

MANUAL DE
BUSQUEDA Y SALVAMENTO

CAPITULO 6

Principios aplicables a la planificación y
evaluación de la búsqueda

CAPITULO 6

PRINCIPIOS APLICABLES A LA PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA BÚSQUEDA

1. Perspectiva general

1.1 En el presente capítulo se describen los principios básicos de la teoría de la búsqueda. Se ofrecen ejemplos prácticos para cada concepto en los que se muestra la aplicación de los mismos al problema de planificar la búsqueda. Estos ejemplos sólo requieren conocimientos básicos de aritmética y una comprensión de los conceptos básicos sobre probabilidades a los que nos enfrentamos cotidianamente. Si bien se considera a veces que la planificación de la búsqueda es compleja, todos los pasos son relativamente sencillos.

1.2 La planificación de la búsqueda consta de los siguientes pasos:

- **evaluar** la situación, incluidos los resultados de todas las búsquedas anteriores;
- **calcular** la situación del lugar del siniestro y la probabilidad de error de dicho cálculo;
- **analizar** el desplazamiento de los supervivientes después del suceso y calcular la probabilidad de error de dicho cálculo;
- **utilizar** estos resultados para calcular la situación más probable (datum*) de los supervivientes y la incertidumbre (error probable de la posición) sobre el lugar del suceso;
- **determinar** el mejor modo de utilización de los medios de

búsqueda disponibles para aumentar al máximo las probabilidades de encontrar a los supervivientes (asignación óptima de esfuerzos para la búsqueda);

- **definir** las subáreas de búsqueda y la configuración de la misma para proceder a la asignación a medios de búsqueda específicos;
- **facilitar** un plan de medidas de búsqueda que contenga una descripción de la situación, descripciones del objeto de la búsqueda, responsabilidades específicas para conseguir medios, instrucciones para la coordinación en el lugar del siniestro y prescripciones para la notificación por los medios de búsqueda.

1.3 Estas medidas se repiten hasta que se localice a los supervivientes o hasta que la evaluación de la situación revele que sería inútil proseguir con la búsqueda.

* El término datum se utilizará en el presente capítulo con el significado de un punto, línea o zona geográfica utilizada como referencia en la planificación de la búsqueda. Se utiliza asimismo con una definición análoga en topografía, cartografía y geología.

2. Evaluación de la situación

2.1 Se debe evaluar y analizar correctamente toda la información recibida antes de llevar a cabo una búsqueda, y hacerlo a intervalos regulares durante la

realización de las mismas. Las preocupaciones fundamentales son cerciorarse de que se evalúen debidamente las pistas sobre el estado y el lugar en el que se encuentran los supervivientes y garantizar la seguridad de los medios de búsqueda y sus tripulaciones. Entre las pistas que pueden indicar el estado y el lugar en el que se encuentran los supervivientes cabe citar:

- a) **Intenciones.** La ruta proyectada de la nave en peligro constituye siempre una pista importante para encontrar el lugar donde se ha producido probablemente el suceso. Incluso cuando la nave en peligro se halle en condiciones de transmitir su propia posición, la comparación de dicha información con la ruta proyectada puede ser una indicación importante. Si la posición de la nave está cerca de donde tenía previsto encontrarse en ese momento, el planificador de la búsqueda deberá asignar un grado elevado de confianza a la derrota prevista. No obstante, si la posición no concuerda con las intenciones de la nave, habrá que investigar otras posibilidades.
- b) **Última posición conocida UPC**
La última posición conocida de la nave y su momento respectivo de notificación son pistas importantes puesto que descartan todas las posibilidades en momentos anteriores. Asimismo indican si la nave estaba siguiendo debidamente la derrota proyectada y su velocidad real para avanzar hacia ese punto. Si se conoce el momento pero no el lugar en el que se produjo el suceso, esta información permitirá al planificador de la búsqueda calcularlo con más precisión.
- c) **Peligros potenciales.** Otra pista para averiguar el lugar y el

momento en que se produjo el suceso es toda la información disponible sobre los riesgos existentes a lo largo de la ruta proyectada de la nave. Uno de los riesgos más comunes son las condiciones meteorológicas adversas. Unos cálculos razonables de los movimientos de la nave antes del suceso, acompañados de información sobre los movimientos y la intensidad de los frentes y las tormentas, etc., pueden permitir al planificador calcular el lugar y el momento en que probablemente se produjo dicho suceso.

- d) **Estado y capacidades.** Es probable que la nave haya sufrido un siniestro que haya provocado que avance de manera más lenta o que se haya producido un cambio de planes. Asimismo, indican en qué medida la nave está en situación de hacer frente a condiciones meteorológicas adversas. El tipo y el estado de las ayudas a la navegación indican en qué medida el avión puede mantener el rumbo previsto y las probabilidades de que se haya perdido. La disponibilidad, el tipo y el estado de las embarcaciones de supervivencia, como por ejemplo las balsas salvavidas, dan pistas con respecto al desplazamiento de los supervivientes después del suceso.
- e) **Comportamiento de la tripulación.** La experiencia, formación, costumbres, estado de salud y las medidas que probablemente adopte la tripulación de la nave dan pistas con respecto al comportamiento antes y después del suceso, y cuando se analizan con otras pistas pueden contribuir a que se calcule con más

exactitud el momento y el lugar en el que se produjo el siniestro y todos los movimientos voluntarios ulteriores de los supervivientes.

f) **Condiciones ambientales** en el lugar del suceso. Las condiciones en el lugar del suceso proporcionan pistas sobre la supervivencia de las personas. Se tendrán en cuenta aspectos como temperaturas extremas, disponibilidad de agua potable o presencia de animales peligrosos. Las condiciones del lugar del suceso pueden tener repercusiones también en el desplazamiento posterior. Los supervivientes en tierra pueden alejarse del lugar del suceso para buscar refugio, agua, o para evitar o escapar de los posibles peligros de la zona, etc. Los supervivientes en el mar se alejarán del lugar del suceso por la influencia de los vientos y las corrientes de la zona.

g) **Resultados de búsquedas anteriores.** Cuando los resultados de la búsqueda sean negativos, es decir, cuando se haya llevado a cabo una búsqueda pero no se haya localizado a los supervivientes, las consecuencias del proceso de planificación de la búsqueda no son obvias. Sin embargo, los resultados negativos de una búsqueda proporcionan pistas importantes que pueden contribuir a localizar a los supervivientes en búsquedas posteriores.

3. Determinación del lugar del suceso

3.1 La primera medida que se ha de adoptar tanto en las búsquedas en tierra como en el mar es determinar los límites del

área en el que se hallan posiblemente los supervivientes. Por lo general, esto se logra estableciendo la distancia máxima que podrían haber viajado los supervivientes entre el momento de su última posición conocida y el momento conocido o supuesto en que se produjo el suceso y trazando un círculo alrededor de la última posición conocida. Si se conocen los límites externos de los lugares en los que ha podido ocurrir el suceso, el planificador de la búsqueda podrá determinar dónde buscar más información relacionada con la nave o las personas desaparecidas y si podría ser pertinente realizar un informe al respecto. Sin embargo, por lo general, no resulta práctico llevar a cabo búsquedas sistemáticas en un área tan extensa.

3.2 Un datum puede ser un punto, una línea o un área. El datum correspondiente a la situación de peligro inicial se calcula en primer lugar a partir de los hechos conocidos sobre el caso, y posiblemente a partir de algunas suposiciones que pueden ser ciertas. Este datum correspondiente al suceso se ajusta entonces para tener en cuenta los cálculos de los movimientos de los supervivientes tras el siniestro y se calcula un nuevo datum en el que se base la búsqueda. Por último, se evalúa el grado de incertidumbre del nuevo datum y se calculan los límites con respecto al área más pequeña en la que se hallen todos los posibles lugares del suceso de acuerdo con la hipótesis en la que se basa el nuevo datum. Esta zona se denomina "área de posibilidades" con respecto a dicha hipótesis.

3.3 Error de la posición del suceso (X)

3.3.1 Incluso cuando se notifique una posición concreta, se ha de tener en cuenta un cierto margen de error de la posición basándose en las capacidades de navegación de la fuente de información y en la distancia recorrida desde que se determinara por última vez la posición. El error probable de la posición es el radio de un círculo en el que

hay un 50% de probabilidades de que se encuentre el lugar del suceso.

4. Desplazamiento de los supervivientes después del siniestro

4.1 Los supervivientes de un siniestro se pueden alejar del lugar donde se ha producido el suceso antes de que llegue ayuda. Una aeronave puede planear una distancia considerable a raíz de una falla de motor. Un piloto puede lanzarse en paracaídas y caer en tierra, alejándose durante el descenso. Los movimientos de los supervivientes en tierra estarán condicionados en gran medida por su estado, sus conocimientos sobre cómo sobrevivir en situaciones de peligro, el terreno, y posiblemente las condiciones meteorológicas.

4.2 Pueden alejarse del lugar del suceso para buscar agua, refugio, comida o núcleos de población. Con respecto a las aeronaves en tierra, por lo general es preferible localizar primero el lugar del aterrizaje forzoso o el lugar donde se ha estrellado, y a continuación buscar a los supervivientes en las proximidades.

4.3 Deriva aeronáutica

4.3.1 Cuando una aeronave sufre un siniestro, como por ejemplo una falla de motor, lo cual hace que sea peligroso o imposible seguir volando, el piloto tratará por lo general de descender de la forma más segura posible, bien planeando, utilizando un paracaídas, o combinando estos dos métodos.

- a) **Planeo.** El descenso más seguro puede hacer necesario planear o volar a una potencia considerablemente reducida hacia el lugar disponible más apropiado para efectuar un aterrizaje forzoso fuera de un aeródromo. Las aeronaves pueden planear durante una distancia considerable. Los factores clave son la velocidad del

descenso sin motor, la velocidad aérea del planeo y la altura. Se debe tener en cuenta que las velocidades de planeo varían considerablemente, se preguntará al fabricante de la aeronave en peligro o a pilotos que tengan experiencia con ese tipo de aeronave cuáles son las características del planeo y del aterrizaje forzoso.

- b) **Deriva de los paracaídas.** Si se dispone de paracaídas, el piloto al mando puede optar por este método de descenso. La situación es inusual en la aviación civil, pero es más corriente en la aviación militar. Si los supervivientes abandonan la aeronave mientras está en el aire, el lugar en el que aterricen y aquél en el que se estrelle la aeronave pueden estar alejados entre sí y también con respecto a la situación de los paracaídas. Las características del desplazamiento de los paracaídas civiles modernos pueden variar considerablemente. En los casos de los paracaídas civiles, se consultará al fabricante del paracaídas o a otra fuente que tenga conocimientos al respecto y se les pedirá la información necesaria para determinar cuánto se pueden haber alejado los supervivientes durante el descenso.

4.4 Establecimiento de un nuevo datum

4.4.1 La distancia estimada de la deriva de un objeto se calcula como el número de horas transcurridas desde que se calculó el último datum multiplicado por la velocidad de la deriva, utilizando la fórmula común:

$$\text{distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

- a) Puntos de referencia. La actualización de un punto de referencia anterior para tener en cuenta el movimiento a la deriva y producir un nuevo punto de referencia se efectúa desplazándose del datum anterior en la

dirección del vector de la deriva con respecto a una distancia igual a la distancia estimada de la deriva, como se ilustra en la siguiente figura.



Determinación de un nuevo datum (distancia de la deriva = velocidad de deriva x tiempo a la deriva)

5. Error probable total de la posición

5.1 La determinación del datum está sujeta a un número de errores. Es importante conocer el efecto total de dichos errores porque este efecto determina la superficie del área circundante en la que se va a llevar a cabo la búsqueda con el esfuerzo disponible para la misma a fin de aumentar al máximo las probabilidades de encontrar el objeto de la búsqueda.

6. Error de la posición del medio SAR (Y).

6.1 La capacidad de los medios de búsqueda para localizar con precisión el área de búsqueda tiene repercusiones en el tamaño de la zona que es preciso abarcar. El error probable de la posición del medio de búsqueda se puede calcular utilizando distintas orientaciones para calcular la magnitud del error probable de la posición con respecto a distintos tipos de naves y de equipo de navegación.

7. Error probable total de la posición (E).

7.1 El error probable total de una posición es una función del error probable de la posición estimada del siniestro (X), del error probable de los movimientos estimados de los supervivientes después del siniestro (D) y del error probable de la posición del medio de búsqueda (Y). La fórmula para calcular el error probable total de la posición es:

$$E = \sqrt{D_o^2 + X^2 + Y^2}$$

7.2 Cuando se puedan pasar por alto los movimientos de los supervivientes tras el suceso, la fórmula anterior deberá ser:

$$E = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

8 Factores de la planificación y evaluación de la búsqueda

8.1 **Caso hipotético:** Conjunto coherente de hechos conocidos e hipótesis que describe lo que le puede haber sucedido a los supervivientes. Por lo general, consta de una secuencia de acontecimientos reales y supuestos que empiezan antes del suceso y continúan hasta el tiempo presente. Las hipótesis más probables se utilizan como base para planear búsquedas.

8.1.1 Área de posibilidad:

- 1) El área más pequeña que abarca todos los lugares posibles en los que se puedan encontrar los supervivientes o los objetos de la búsqueda.
- 2) En un caso hipotético, el área de posibilidad es el área más pequeña que abarca todos los lugares posibles en los que se puedan encontrar los supervivientes u objetos de la búsqueda de acuerdo con los hechos o supuestos utilizados en la hipótesis.

8.1.2 **Objeto de la búsqueda:** El objeto de la búsqueda puede ser una aeronave, desaparecida o en peligro, o los supervivientes u objetos, o pruebas relacionadas con éstos, respecto de los cuales se lleva a cabo una búsqueda. Es decir, cualquier objeto o señal de los supervivientes o su nave, que pueda conducir a los medios de búsqueda hacia los supervivientes o facilitar más pistas sobre su estado o el lugar en el que se encuentran.

8.1.3 **Anchura del barrido (W):** Medida de la eficacia con la que un sensor determinado puede detectar cierto objeto en las condiciones ambientales reinantes. Los valores relativos a la anchura del barrido para diversas combinaciones de sensores, objetos de la búsqueda y condiciones ambientales, se calculan a partir de las tablas relativas a la

anchura del barrido, proporcionadas por los distintos operadores.

8.1.4 **Esfuerzo de la búsqueda:** El área cubierta efectivamente por un medio de búsqueda dentro de la subárea que se le ha asignado. El esfuerzo de la búsqueda se calcula como el producto de la velocidad de la búsqueda (V), la duración de la búsqueda (T) y la anchura del barrido (W).

$$Z = V \times T \times W.$$

8.1.5 Factor de esfuerzo (fZ):

- 1) Para puntos de referencia, el factor de esfuerzo es igual al cuadrado del error probable total de la situación.

$$(E;) fZ_p = E^2.$$

- 2) Para líneas de referencia, el factor de esfuerzo es igual al producto del error probable total de la situación (E) y la longitud de la línea (L).

$$fZ_l = E \times L.$$

8.1.6 **Esfuerzo relativo (Zr):** Cantidad de esfuerzo de búsqueda disponible (Z) dividida por el factor de esfuerzo. El esfuerzo relativo relaciona la magnitud del esfuerzo disponible para una búsqueda determinada con la de la distribución de probabilidades del lugar del objeto de la búsqueda con respecto a dicha búsqueda. $Z_r = Z/fZ$.

8.1.7 **Esfuerzo relativo acumulativo (Zrc):** Suma de todos los esfuerzos relativos anteriores más el esfuerzo relativo con respecto al siguiente esfuerzo de la búsqueda planificada.

$$Z_{rc} = Z_{r-1} + Z_{r-2} + Z_{r-3} + \dots + Z_{r-\text{próxima búsqueda}}$$

8.1.8 **Factor óptimo de búsqueda (fs):** Un valor que, multiplicado por el error probable total de la situación (E), produce el radio

óptimo de búsqueda. $R_o = E \ 6fs$. La amplitud del cuadrado (puntos de referencia) o del rectángulo (líneas de referencia) de búsqueda óptima es siempre el doble del radio óptimo de búsqueda. $Amplitud = 2 \times R_o$.

8.1.9 Factor de cobertura (C): Relación entre el esfuerzo de la búsqueda (Z) y el área en que se realiza (A). $C = Z/A$. Con respecto a las búsquedas por barridos paralelos, se puede calcular como la relación entre la anchura del barrido (W) y la separación entre trayectorias (S). $C = W/S$.

8.1.10 Probabilidad de detección (PDD): Probabilidad de que se detecte el objeto de la búsqueda, suponiendo que se encuentre en las áreas en que ésta se está llevando a cabo. La PDD es función del factor de cobertura, el sensor utilizado, las condiciones de la búsqueda y la precisión con que el medio de búsqueda está navegando para seguir la configuración de búsqueda asignada. Mide la eficacia del sensor en las condiciones de búsqueda reinantes.

8.1.11 Probabilidad de éxito (PDE): Probabilidad de que se encuentre el objeto de la búsqueda en una búsqueda determinada. En cada subárea de búsqueda, $PDE = PDC$ (Probabilidad de Contención) \times PDD. Con respecto a varias búsquedas simultáneas o varias búsquedas del mismo objeto en un periodo específico de tiempo (por ejemplo, en un determinado día), la probabilidad total de éxito es la suma por separado de todos los valores de las PDE de cada subárea de búsqueda.

8.1.12 Probabilidad de éxito acumulativa (PDEc): Probabilidad acumulada de encontrar el objeto de la búsqueda con todos los esfuerzos de búsqueda empleados hasta el momento. PDEc es la suma de todos los valores individuales de la PDE.

8.1.13 Cuadrícula: Conjunto de líneas que se cortan perpendicularmente a intervalos iguales.

8.1.14 Célula de la cuadrícula: Un área cuadrada o rectangular formada por pares de líneas de cuadrícula adyacentes y perpendiculares.

8.1.15 Permanencia en el lugar del suceso: El tiempo que puede pasar un medio sobre el lugar del suceso dedicado a las actividades de búsqueda y salvamento.

8.1.16 Plan óptimo de búsqueda: Plan que permite obtener una probabilidad máxima de éxito con el esfuerzo de búsqueda disponible.

8.1.17 Área de búsqueda: El área, determinada por el planificador de la búsqueda, en la que se ha de realizar ésta. Dicha área puede estar subdividida en subáreas de búsqueda a fin de asignar responsabilidades específicas a los medios de búsqueda disponibles.

8.1.18 Duración de la búsqueda (T): Tiempo "productivo" de búsqueda disponible en el lugar del suceso. Esta cifra se toma normalmente como el 85% de la permanencia en el lugar del suceso, lo que deja un margen del 15% para investigar los avistamientos y efectuar los giros de navegación al final de los tramos de la búsqueda.

8.1.19 Velocidad de la búsqueda (V): La velocidad a la que se desplazan los medios de búsqueda mientras se está llevando a cabo la misma.

8.1.20 Subárea de búsqueda: área designada para que realice la búsqueda un medio de búsqueda específico, o tal vez dos medios que trabajen juntos en estrecha coordinación.

8.1.21 Subárea de posibilidad: Cualquier subdivisión del área de posibilidad. Las áreas de posibilidad se dividen por lo general en subáreas para levantar un mapa de probabilidades o para elaborar una descripción de la distribución de los lugares en los que puede hallarse el objeto dentro del

alcance de todos los lugares posibles. Cuando se utiliza de esta forma, se asigna a cada subárea de posibilidad un valor relativo a la probabilidad de contención basado en la probabilidad de que el objeto de la búsqueda se halle en dicha subárea. Las subáreas de posibilidad son por lo general las células de la cuadrícula, pero no se requiere el uso de cuadrículas. Las subáreas de posibilidad pueden o no corresponder a las subáreas de búsqueda designadas.

8.1.22 *Separación entre trayectorias (S):*

En búsquedas por barridos paralelos, la separación entre trayectorias es la distancia entre los centros de barridos adyacentes o, en otras palabras, la distancia entre trayectorias adyacentes de medios de búsqueda o tramos de la búsqueda.

8.2 Caso hipotético: La información disponible sobre un suceso SAR es a menudo incompleta, puede ser errónea y conducir a equivocaciones. A fin de subsanar estas deficiencias, el planificador de la búsqueda debe crear una o más relaciones de hechos sobre lo que les ha podido ocurrir a los supervivientes desde la última vez en que se supo que estaban a salvo hasta el presente. A estas relaciones, que se basan parcialmente en hechos y supuestos, se les llama hipótesis. Las hipótesis son la base para planificar una búsqueda.

8.2.1 Para ser válidas, las hipótesis deben concordar con los hechos conocidos sobre la situación. Para justificarla como base de la búsqueda, una hipótesis debe tener muchas probabilidades de ser cierta. Si existen varias hipótesis, el planificador de la búsqueda debe decidir cuáles tienen más probabilidades de ser ciertas, y proceder de acuerdo con ellas. A medida que se dispone de más información, los planificadores de la búsqueda deberán modificar, descartar o elaborar nuevas hipótesis según sea necesario, a fin de cerciorarse de que todos los casos hipotéticos que se tienen en cuenta son consecuentes con todos los datos disponibles. La creación, reevaluación,

modificación y eliminación de casos hipotéticos precisa un juicio bien fundado, experiencia, conocimientos, habilidad y autodisciplina.

8.2.1.1 **Área de posibilidad:** Este término se utiliza con dos sentidos. El primer uso define todos los lugares en los que puede hallarse el objeto de la búsqueda, independientemente de las probabilidades de encontrar a los supervivientes en dicho lugar. El segundo uso define un área, por lo general mucho más pequeña, que abarca todos los lugares en los que se puede hallar el objeto de la búsqueda o los supervivientes, de acuerdo con un determinado caso hipotético elaborado por el planificador de la búsqueda.

- a) El primer significado de área de posibilidad es el área más pequeña que abarque todos los lugares posibles desde el punto de vista físico, por muy improbable que esto pueda ser. Por ejemplo, el área de posibilidad con respecto a una aeronave desaparecida es un área circular aproximadamente centrada en la última situación conocida de la aeronave, y que se extienda en todas las direcciones hasta donde le permita continuar el combustible que le quede, teniendo en cuenta los efectos del viento en todas las altitudes posibles a las que pueda haber estado la aeronave.

Es útil conocer la extensión de dicha área para decidir a qué aeródromos y otros servicios (policía, bomberos, etc.) se va a pedir más información sobre la aeronave.

- b) El segundo significado del área de posibilidad es el área más pequeña que abarca todos los lugares en los que se pueden hallar el objeto de la búsqueda o los supervivientes de acuerdo con

una hipótesis particular. A esto se llama el área de posibilidad del caso hipotético. Por lo general, esta área es mucho más reducida y es muy útil para planificar búsquedas. De hecho, la función primordial de la elaboración de hipótesis es centrar el esfuerzo de la búsqueda de modo que se busque con eficacia en los lugares más probables.

8.2.1.2 Objetos de la búsqueda: Si bien el objetivo final de una búsqueda es localizar y prestar auxilio a personas en apuros, los planificadores tienen que estar alerta con respecto a objetos o señales que puedan facilitar pistas sobre el lugar en el que se encuentran. Entre los objetos de la búsqueda cabe citar:

- Botes, balsas y otras embarcaciones de supervivencia
- Desechos flotantes u otras pruebas del suceso acaecido
- Señales, de los supervivientes o su equipo. Dichas señales pueden ser visuales, auditivas o electrónicas.

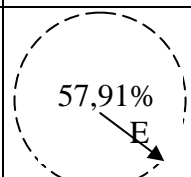
8.2.1.2.1 Todos los objetos tienen características que determinan la facilidad con la que pueden detectarlos diferentes sensores en distintas condiciones ambientales. Algunos, especialmente en el medio marino, tienen también características que determinan el posible alcance de su desplazamiento tras el suceso.

8.2.1.3 Probabilidad de contención PDC: Una vez que se haya establecido un datum para una búsqueda, el planificador de la misma debe decidir exactamente dónde y cómo proceder a la búsqueda del área circundante. El área de posibilidad se define como el área más reducida que abarque todos los lugares en los que se puedan hallar los supervivientes PDC = 100%) de acuerdo con los hechos y las suposiciones (hipótesis)

que se están teniendo en cuenta. Incluso un área de posibilidad de una hipótesis puede ser demasiado extensa para buscar eficazmente con los medios de búsqueda disponibles. A menudo es más probable que los supervivientes se hallen en ciertas subáreas que en otras. En este caso, el planificador de la búsqueda dividirá el área de posibilidades en subáreas y calculará la PDC con respecto a cada subárea. Una técnica simple es trazar una cuadrícula en el área de posibilidad, dividiéndola en una serie de cuadrículas.

8.2.1.4 A continuación, es preciso asignar un valor de PDC a cada cuadrícula a fin de elaborar un mapa de probabilidad. Estos valores pueden ser aproximaciones subjetivas basadas en el juicio mejor fundado del planificador de la búsqueda, o pueden obtenerse a partir de una distribución estándar de probabilidades supuestas. En cualquiera de los dos casos, es importante cerciorarse de que el resultado de la suma del total de todas las probabilidades de las cuadrículas es un 100%.

8.2.1.5 Mapa de probabilidad: En la figura se muestran las probabilidades específicas numéricas, expresadas en forma de porcentajes, relacionadas con cada cuadrícula colocada la distribución estándar supuesta inicial en torno a un punto de referencia. La distribución es de tipo circular normal. Hay un 50% de probabilidades de que el objeto de la búsqueda se halle en el círculo punteado cuyo radio es el error probable total de la situación (E). En el área restante en las esquinas de la cuadrícula central hay un 7,91% de probabilidades de que se encuentre el objeto de la búsqueda, lo que hace que la PDC total con respecto a la cuadrícula sea 57,91%.

1,42 %	9,08%	1,42%
9,08 %	57,91% 	9,08%

1,42%	9,08%	1,42%
-------	-------	-------

Mapa de probabilidad con respecto a un punto de referencia

8.2.1.6 En la figura se muestran las probabilidades iniciales de las células de la cuadrícula tal y como pueden presentarse con respecto a una línea de referencia. Antes

de que se lleve a cabo una búsqueda, el total de todas las cuadrículas deberá ser igual en teoría a un 100%. En la práctica, el total inicial puede variar ligeramente debido a errores cometidos al redondear las probabilidades con respecto a las cuadrículas por separado. Posteriormente se utilizarán mapas de probabilidad semejantes para mostrar cómo se calcula la probabilidad de éxito en una búsqueda.

	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%
Línea de referencia	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%
	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%
	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

Ejemplo de un mapa de probabilidades completo con respecto a una línea de referencia

9. Anchura del barrido (W):

9.1 Cabe hacer una analogía entre barrer una zona visualmente o con sensores electrónicos y barrer el suelo con una escoba. Por lo general, el modo más eficaz de barrer un suelo es mediante una serie de escobadas paralelas dejando el mismo espacio entre unas y otras. Con una escoba, la anchura de la escobada es igual a la anchura de la escoba. El mismo principio se aplica a las búsquedas, aunque el efecto de un solo barrido no está tan claramente definido como cuando se barre con una escoba. La anchura del barrido es una medida de la habilidad para detectar un

objeto de la búsqueda. Los objetos grandes son más fáciles de detectar que los pequeños, por lo que tienen una mayor anchura de barrido visual. Todos los objetos son más fáciles de detectar cuando está despejado que cuando hay bruma, lo que hace que la anchura del barrido visual de un objeto de la búsqueda sea superior en un día despejado que en un día con bruma.

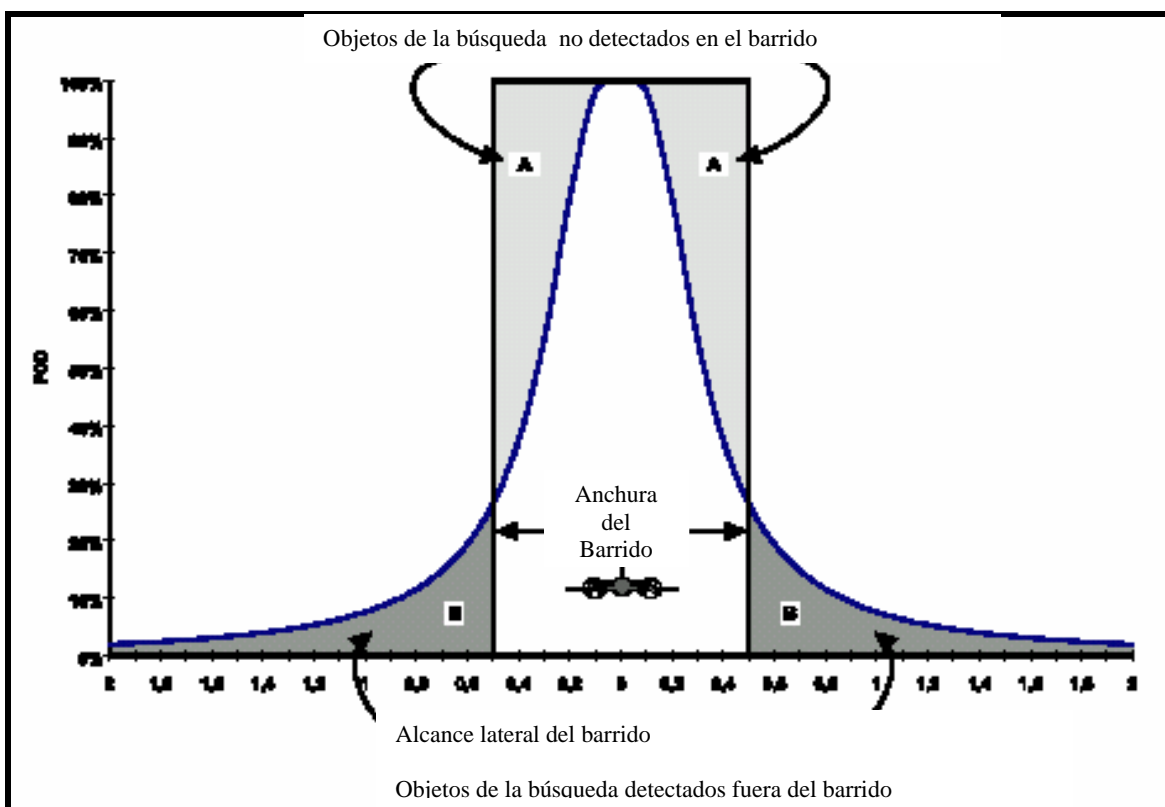
9.2 Los objetos de metal son por lo general más fáciles de detectar por radar que los de tamaño y forma similares pero de fibra de vidrio, lo que significa que los objetos de metal tienen por lo general una mayor anchura del barrido por radar que los

de fibra de vidrio. Se puede estimar una anchura del barrido para cada combinación de sensor, objeto y condiciones ambientales utilizando las tablas de valores, que se muestran más abajo, basadas en pruebas y experimentos realizados durante muchos años. No se detectarán todos los objetos de la búsqueda que se hallen dentro de la mitad de la anchura del barrido a cada lado del medio de búsqueda, y habrá ocasiones en que los objetos de la búsqueda se detecten a mayores distancias.

halla dentro de dicha distancia. Esta característica resulta de la definición matemática de la anchura del barrido utilizada en la teoría de la búsqueda. En la figura se muestra el perfil de detección (denominado también curva de alcance lateral) y la anchura del barrido con respecto a una búsqueda visual en condiciones ideales.

* Este perfil se basa en la ley del cubo inverso de la detección visual, propuesta por primera vez por B.O Koopman en 1946, y que se explica de nuevo en su libro Search and Screening, Pergamon Press, 1980.

9.3 De hecho, la probabilidad de detectar un objeto de la búsqueda si éste se halla fuera de la mitad de la anchura del barrido a partir de la trayectoria del medio es igual a la probabilidad de que no se lo detecte si se



Perfil de detección en búsquedas visuales con respecto a un único barrido en las condiciones ideales para la búsqueda

a) Cálculo de la anchura del barrido. Los valores reales para las anchuras del barrido dependen del sensor, el objeto de la búsqueda, y de las condiciones

ambientales en el lugar del suceso. En el apéndice de este capítulo se facilitan valores de la anchura del barrido sin corregir y los factores de corrección, para

ayudar al planificador de la búsqueda a calcular los valores de la anchura del barrido con respecto a una serie de circunstancias determinadas. La anchura del barrido utilizada al planear y evaluar la búsqueda se calcula como el producto de la anchura del barrido sin corregir por todos los factores de corrección.

10. Esfuerzo de la búsqueda (Z):

10.1 El número de medios de búsqueda disponibles y sus capacidades determinan el esfuerzo de búsqueda disponible. Entre los factores que han de tenerse en cuenta cabe citar las velocidades de la búsqueda, la duración de la búsqueda, los sensores, las condiciones meteorológicas, las altitudes de la búsqueda, la visibilidad, el terreno, el tamaño del objeto de la búsqueda, etc. Estos factores determinan la anchura del barrido y cuánta distancia puede abarcar un medio de búsqueda en el área de búsqueda. La velocidad, la duración y la anchura del barrido de la búsqueda determinan el esfuerzo de búsqueda disponible de cada medio.

- a) Cálculo del esfuerzo de la búsqueda. El esfuerzo disponible de la búsqueda es el producto de la velocidad de la búsqueda (V), la duración de la búsqueda (T), y la anchura del barrido (W):

$$Z = V \times T \times W$$

El esfuerzo total de búsqueda (Zt) disponible de varios medios es la suma de los esfuerzos disponibles de todos los medios.

$$Z_t = Z_{f\pm 1} + Z_{f\pm 2} + Z_{f\pm 3} + \dots$$

10.2 **Factor del esfuerzo (fZ):** A fin de determinar el área óptima en la que se ha de proceder a la búsqueda en torno a un punto de referencia o a lo largo de una línea de

referencia con una cantidad determinada de esfuerzo de búsqueda, es necesario comparar la magnitud del esfuerzo disponible con el tamaño de la distribución de probabilidades en cuanto a los lugares donde puede hallarse el objeto de la búsqueda. La base para dicha comparación es el factor del esfuerzo, que es proporcional al área cubierta por la distribución.

- a) Puntos de referencia. Con respecto a los puntos de referencia, el factor del esfuerzo es el error probable total de la situación al cuadrado (E):

$$fZ_p = E^2$$

- b) Líneas de referencia. Con respecto a las líneas de referencia, el factor del esfuerzo es el producto del error probable total de la situación (E) y la longitud de la línea (L):

$$fZ_l = E \times L$$

- c) Puntos de referencia conectados por una línea de referencia. Se supone que la distribución de probabilidades centrada en una línea de referencia "simple" es uniforme a lo largo de la línea y por lo general se distribuye a cada lado de la misma. Se supone que la probabilidad de que el objeto de la búsqueda se halle más allá de cada extremo de la línea es nula. Cuando dos puntos de referencia están conectados mediante una línea de referencia, ésta es una aproximación razonable si la distancia entre cada datum es importante comparada con el promedio de sus respectivos errores probables totales.

Nota: Con respecto a esfuerzos relativos mayores (Zr mayor que 10) o distancias cortas entre los puntos de

referencia (L menor que $5x E$), una alternativa es incrementar el valor de L de modo que la línea de referencia se extienda más allá de los puntos de referencia. Otra posibilidad es evaluar las áreas de búsqueda basándose en el factor del esfuerzo en el punto de referencia (fZp) y el factor del esfuerzo en la línea de referencia (fZl), y elegir un factor óptimo de búsqueda en algún punto entre el recomendado con respecto a un punto de referencia y el recomendado con respecto a una línea de referencia. Cuanto más cerca estén entre sí los puntos, más se parecerá la distribución a la de un único punto de referencia. Independientemente de lo mucho que se reduzca L , el factor del esfuerzo no deberá ser **nunca** inferior a E^2 ; es decir, si L es inferior a E , utilícese fZp , y **no** fZl . El planificador de la búsqueda puede modificar la longitud y la anchura del área de la búsqueda para tener en cuenta la forma de la distribución.

10.3 Esfuerzo relativo (Z_r). Para determinar el área óptima en la que se ha de proceder a la búsqueda en torno a un punto de referencia o a lo largo de una línea de referencia con una determinada cantidad de esfuerzo de búsqueda, es necesario comparar la magnitud del esfuerzo disponible con el tamaño de la distribución de probabilidades relativas a los lugares en los que puede hallarse el objeto de la búsqueda, lo que se logra calculando la relación entre el esfuerzo disponible y el factor del esfuerzo, como se indica a continuación:

$$Z_r = Z/fz$$

10.4 Esfuerzo relativo acumulativo (Z_{rc}). Es necesario también tener en cuenta todos los esfuerzos previos a la hora de determinar el área óptima de búsqueda en la que se ha de proceder a la búsqueda con los esfuerzos de los que se disponga o de los que se prevea disponer, lo que se logra calculando la suma de todos los esfuerzos relativos anteriores y el esfuerzo calculado para la siguiente búsqueda. Por consiguiente:

$$Z_{rc} = Z_{r-1} + Z_{r-2} + Z_{r-3} + \dots + Z_{r-\text{próxima búsqueda}}$$

10.5 El esfuerzo relativo acumulativo se basa en los gráficos sobre el factor óptimo de búsqueda, ilustrado en el apéndice del capítulo, para determinar el factor óptimo de búsqueda que se ha de utilizar en la planificación de una siguiente búsqueda. El esfuerzo relativo acumulativo se utiliza en vez del esfuerzo acumulativo para cerciorarse de que se tienen en cuenta automáticamente todos los cambios en el error probable total de la situación efectuados desde una búsqueda hasta la siguiente, a la hora de calcular el factor de la búsqueda óptima.

Nota: El esfuerzo relativo y el esfuerzo relativo acumulativo se utilizan sólo para planificar búsquedas óptimas alrededor de puntos de referencia o a lo largo de líneas de referencia.

10.6 Factor óptimo de búsqueda (f_s). El factor óptimo de búsqueda se utiliza junto con el error probable total de la situación (E) para calcular el tamaño óptimo de la siguiente área de búsqueda. El radio óptimo de búsqueda es:

$$R_o = f_s \times E$$

10.7 Factor de cobertura (C). El factor de cobertura compara la cantidad de búsqueda realizada en un área en relación con el tamaño de dicha área. Con respecto a

métodos de búsqueda precisos de navegación que abarquen el área, es una medida que determina hasta qué punto se ha cubierto la misma:

- a) Definición universal. El factor de cobertura es la función del esfuerzo de la búsqueda (Z) desplegado en una subárea en relación con dicha área (A). Es decir,

$$C = Z/A$$

- b) Ejemplo 1. Si el esfuerzo de búsqueda disponible es 1000 millas marinas cuadradas y el área que se somete a la búsqueda tiene 2000 millas marinas cuadradas, el factor de cobertura con respecto a la búsqueda en toda el área será 1000/2000 ó 0,5. El factor de cobertura en la mitad del área será 1000/1000 ó 1,00 con respecto a la mitad del área sometida a la búsqueda y cero con respecto a la otra mitad.

- c) Definición de barrido paralelos. Con respecto a configuraciones de búsqueda por barridos paralelos, una forma equivalente de calcular el factor de cobertura es calcular la relación entre la anchura del barrido (W) y la separación entre trayectorias (S), lo que se expresa como se indica a continuación:

$$C = W/S$$

- d) Ejemplo 2. Si mediante una configuración de búsqueda por barridos paralelos se abarca completamente una subárea de búsqueda cuya separación entre trayectorias es de 5 millas náuticas y la anchura del barrido con respecto al objeto de la búsqueda es de 3 millas náuticas,

el factor de cobertura será 3/5 ó 0,6.

10.8 Probabilidad de detección (PDD). La probabilidad de detección mide la intensidad con la que se ha buscado en un área. Por consiguiente, la (PDD) está estrechamente vinculada al factor de cobertura. De hecho, la PDD es una función de cuánto se ha buscado en un área, el perfil de detección del sensor, y el método de desplazamiento del sensor por el área.

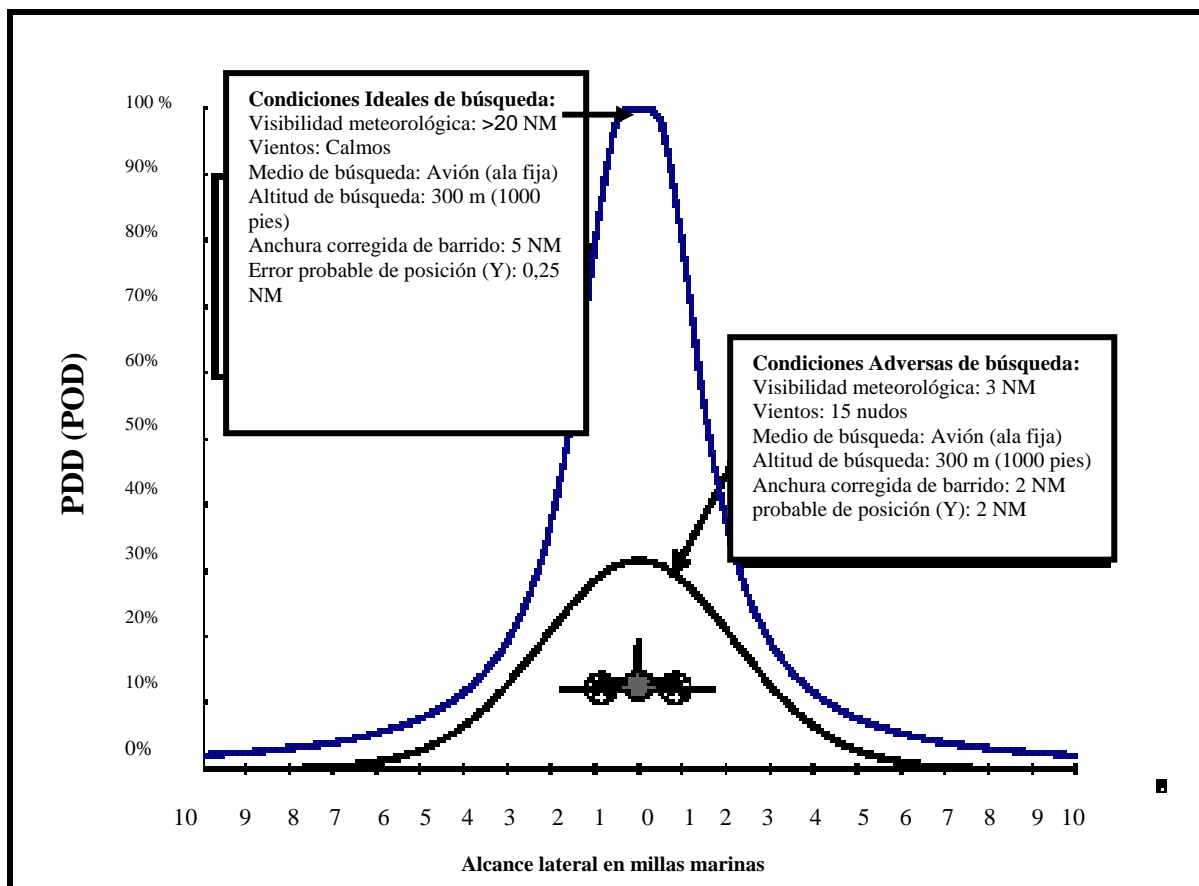
10.9 Las configuraciones de búsqueda por barridos paralelos tienden a maximizar la PDD si se llevan a cabo perfectamente.

10.10 El empeoramiento de las condiciones, debido al tiempo, al error de navegación del medio de búsqueda, o a ambos, tiene repercusiones negativas en la PDD además de que puede disminuir la anchura del barrido a medida que empeoran las condiciones, el perfil de detección puede cambiar de modo que se reduzca la ventaja de la detección obtenida mediante los barridos paralelos.

10.11 Probabilidad de éxito (PDE). La probabilidad de éxito es la probabilidad de encontrar el objeto de la búsqueda. La PDE es la verdadera medida de la eficacia de la búsqueda. Encontrar el objeto de la búsqueda depende de dos aspectos: disponer de sensores capaces de detectarlo, y colocar dichos sensores lo suficientemente cerca del objeto para que sea probable que lo detecte. La PDD mide las probabilidades de detectar el objeto si éste se encuentra realmente en el área en la que se está buscando. La PDC mide la probabilidad de que el objeto se halle en el área en la que se está rastreando. Una intensa búsqueda (PDD 100%) en un área en la que casi no hay probabilidades de que se halle el objeto (PDC %) no tiene apenas probabilidades de tener éxito (PDE 0%). De la misma manera, una búsqueda deficiente en un área (PDD 0%) en la que casi seguramente se encuentra el objeto de la búsqueda (PDC 100%) tampoco tiene probabilidades de tener éxito (PDE 0%). Si

la (PDD o la PDC) es cero, también es nula la probabilidad de éxito con respecto a ese esfuerzo en concreto. En otras palabras, si el objeto de la búsqueda no se halla en el área de búsqueda, no se encontrará dicho objeto por muchos esfuerzos que se desplieguen; y el no buscar en el área en la que se encuentre el objeto de la búsqueda no tendrá nunca éxito. Solamente si tanto la (PDD) como la PDC son igual a 100%, está garantizado el

éxito. Por lo general, las PDE se sitúan entre dichos extremos. Pueden darse todos los valores intermedios con respecto a la PDE a partir de diferentes combinaciones de valores con respecto a la PDC y la (POD).



Ejemplo de perfiles de detección con búsqueda visual con respecto a un único barrido (objeto de la búsqueda: bote de 7 m (23 pies))

a) La ecuación que expresa la relación entre la PDE y la PDC y PDD es la siguiente:

$$PDE = PDC \times PDD$$

b) Ejemplo. Si la PDC con respecto a una subárea es 65% (0,65) y el esfuerzo de búsqueda desplegado en dicha subárea produce un factor de cobertura de 1,0, se

calcula que la PDD en condiciones ideales es 79% (0,79). Por consiguiente, la PDE con respecto a dicha subárea se calcula como sigue:

$$PDE = 0,65 \times 0,79 = 0,51 \text{ ó } 51\%$$

11.12 En condiciones de búsqueda adversas, la PDE será

$$PDE = 0,65 \times 0,63 = 0,41 \text{ ó } 41\%$$

10.13 Probabilidad de éxito acumulativa (PDEc). La probabilidad de éxito acumulativa mide la eficacia de todas las búsquedas que se han llevado a cabo hasta la fecha. Es la suma de todos los valores de PDE correspondientes a cada búsqueda. Por ejemplo, si la PDE con respecto a la primera búsqueda era 40% y con respecto a la segunda búsqueda 35%, el total de PDC con respecto a ambas búsquedas será 75%, lo que a su vez significa que tan sólo hay un 25% de probabilidades restantes de que el objeto de la búsqueda se encuentre en el área de posibilidad. De hecho, la PDE acumulativa una vez que ha finalizado la búsqueda es:

$$PDEc = PDE1 + PDE2 + PDE3 + \dots + PDCn, \\ \text{e igualmente}$$

$$PDEc = 1 \pm (\text{El total de todos los valores de las cuadrículas con respecto a las PDC nuevas en el área de posibilidad tras la búsqueda})$$

10.14 Se puede considerar la búsqueda como un medio de deducir las probabilidades del área de posibilidades de una hipótesis y convertirlas en PDE y PDEc. A medida que las PDEc aumentan hacia 100%, el total de PDC en el área de posibilidades de la hipótesis disminuye hacia 0%. Un valor elevado de PDEc indica que es probable que fracasen los esfuerzos que se vayan a desplegar en el área de posibilidades de dicha hipótesis.

11. Asignación óptima de esfuerzos para la búsqueda

11.1 El problema del planificador de la búsqueda se reduce a determinar cómo utilizar con la máxima eficacia los medios de búsqueda disponibles. Es preciso localizar a los supervivientes rápidamente si se quiere salvar sus vidas. Habida cuenta de que la actividad de búsqueda es costosa y que a veces se pone en peligro los medios de búsqueda, es importante lograr una mayor

eficacia en la realización de la misma. En los siguientes párrafos se describe una estrategia para el despliegue de medios de búsqueda en la que se maximiza la eficacia de la misma, logrando esto de la manera que se indica a continuación:

- Dividiendo el área de posibilidades de la hipótesis en subáreas;
- Calculando una PDC con respecto a cada subárea;
- Elaborando un plan de búsqueda que maximice las PDE;
- Llevando a cabo el plan de búsqueda;
- Actualizando los valores relativos a todas las PDC a fin de tener en cuenta los resultados de la búsqueda; y
- Utilizando los valores actualizados relativos a las PDC para maximizar las PDE para la siguiente búsqueda.

11.2 Esta estrategia es además autocorrectora. Incluso si la opción inicial de PDC no sitúa al objeto de la búsqueda en una subárea con un elevado valor de PDC, la adopción de esta estrategia tenderá a desplazar el foco de la búsqueda hacia el lugar donde realmente se hallan los supervivientes.

12. Asignación de esfuerzos

12.1 Durante la mayor parte del tiempo, el planificador de la búsqueda no dispone de suficientes medios de búsqueda para alcanzar un factor de cobertura elevado en todos los lugares en los que pueden hallarse los supervivientes, o incluso en todos los relacionados con una hipótesis particular.

12.2 El problema entonces es decidir dónde se ha de desplegar el esfuerzo de la búsqueda y cómo concentrarlo para maximizar las probabilidades de éxito. El

planificador debe decidir si se va a proceder a la búsqueda en un área pequeña con un elevado factor de cobertura o en un área mayor con un factor de cobertura inferior. Por lo general, la mejor decisión es la que maximiza las PDE. Para maximizar las PDE se ha de tener en cuenta:

- De cuánto esfuerzo se dispone; y de cómo se distribuyen las probabilidades con respecto a los lugares en los que puede hallarse el objeto de la búsqueda.

13. Distribuciones uniformes

13.1 De acuerdo con la teoría de la búsqueda, la mejor forma de buscar probabilidades distribuidas uniformemente para ubicar los lugares en los que se puede hallar el objeto de la búsqueda es el despliegue uniforme del esfuerzo disponible por toda el área de posibilidades de la hipótesis. Con este método siempre se obtendrá el máximo de PDE, aunque puede que los valores relativos a las PDD sean bajos. En la práctica, sin embargo, no se recomiendan los factores de cobertura inferiores a 0,5. Los mapas relativos a la probabilidad inicial para las distribuciones uniformes se levantan por lo general colocando una cuadrícula dividida en células del mismo tamaño sobre el área de posibilidades y asignando a cada célula el mismo número de probabilidades. El número de probabilidades por célula será igual a 1,0 (o 100%) dividido por el número de células. En una cuadrícula de 10×10 (100 células), se asignará a cada célula una PDC de 1%.

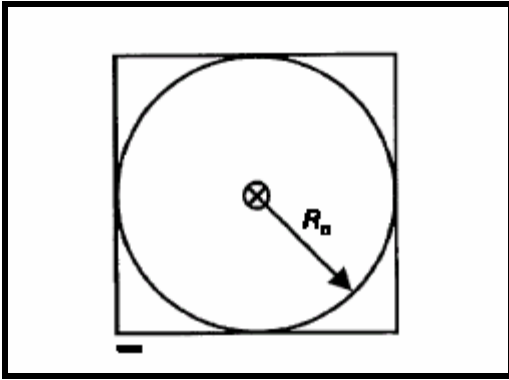
13.2 Distribuciones concentradas alrededor de un punto de referencia.

Cuando se utilice una única posición como datum para planificar una búsqueda, se supone que la distribución de las probabilidades con respecto a la situación del objeto de la búsqueda es de tipo circular normal. Cuando se representan en un gráfico en tres dimensiones (X, Y, y la densidad de probabilidades).

13.3 El área óptima de búsqueda para la siguiente búsqueda alrededor de un punto de referencia se obtiene a través de lo indicado a continuación:

- 1) Calculando el esfuerzo relativo disponible para la siguiente búsqueda (Z_r);
- 2) Calculando el esfuerzo relativo acumulativo (Z_{rc}) sumando todos los esfuerzos relativos anteriores y el esfuerzo relativo disponible para la siguiente búsqueda;
- 3) Utilizando Z_{rc} para encontrar el factor óptimo de búsqueda (f_s);
- 4) Multiplicando el error probable total de la situación (E) por el factor óptimo de búsqueda (f_s) para obtener el radio óptimo de búsqueda (R_o), y trazando un círculo con dicho radio cuyo centro sea la situación del datum; y
- 5) Dibujando un cuadrado alrededor del círculo con la longitud de un lado igual a $2R_o$ y calculando su área como $4 \times R_o^2$.

13.4 Una vez que se haya encontrado el área óptima de búsqueda, el planificador de la misma puede determinar el factor óptimo de cobertura (C), la correspondiente probabilidad de detección (PDD), y la probabilidad de éxito acumulativa (PDEc) prevista, tal como se muestra en los ejemplos siguientes. El planificador de la búsqueda puede entonces proceder a la división del área en subáreas y a la elección de las configuraciones de búsqueda que es preciso asignar a medios de búsqueda concretos, y que se examinan en el .



El cuadrado de la búsqueda óptima con respecto a un punto de referencia

13.5 Distribuciones concentradas a lo largo de una línea de referencia. Cuando se utilice una línea como datum para planificar una búsqueda, se supone que la distribución de las probabilidades de ubicar el lugar en el que se halla el objeto de la búsqueda es uniforme a lo largo de la línea y normal a ambos lados. En el apéndice del capítulo se facilitan instrucciones para elaborar mapas de probabilidad con respecto a líneas de referencia, usando cuadrículas con células de distinto tamaño.

13.6 Distribuciones generalizadas. La técnica descrita a continuación se puede aplicar a cualquier mapa de probabilidades. Sin embargo, se aplica por lo general a mapas de probabilidades en los que la distribución de probabilidades sobre los lugares en los que se puede hallar el objeto de la búsqueda no se centre en un punto o una línea, o difiera de una de las distribuciones normalizadas en algún otro respecto. Los subpárrafos a) y b) describen en líneas generales un método de pruebas múltiples para determinar la mejor forma de utilizar el esfuerzo de búsqueda disponible. En los subpárrafos restantes se explican más a fondo los preparativos necesarios y se facilitan ejemplos sobre el uso de esta técnica con un ejemplo de un problema de planificación de la búsqueda.

- a) **Método de pruebas múltiples.** La única forma de determinar la asignación óptima de esfuerzos de búsqueda con respecto a

distribuciones no normalizadas es realizando pruebas múltiples en las que el esfuerzo disponible se aplique a diferentes áreas en el mapa de probabilidades. Se deberá modificar la longitud, la anchura y la posición de cada área de prueba de modo que éstas abarquen un máximo de probabilidades. Se calcula la PDE de cada área de prueba, y la que más PDE tenga será el área en que se llevará a cabo la búsqueda. Se recomiendan tres pruebas en las que se pongan a prueba búsquedas con un factor de cobertura de 1,0, 0,5 y 1,5 para averiguar cuál produce la PDE más elevada. A fin de calcular el área (A) en la que se puede llevar a cabo la búsqueda con una cantidad determinada de esfuerzo de búsqueda (Z) con tres coberturas diferentes (C):

$$C = Z/A$$

13.7 La fórmula resultante con respecto a A como función de esfuerzo y factor de cobertura es:

$$A = Z/C$$

- b) **Realización de las pruebas:** En la primera prueba, la cantidad de área en la que se puede llevar a cabo la búsqueda equivale exactamente al esfuerzo de búsqueda disponible. Para realizar la primera prueba, se prepara un mapa de probabilidades y se forman uno o más rectángulos que tengan un área total que equivalga al esfuerzo disponible para la búsqueda.

13.8 Se pueden necesitar muchos rectángulos en situaciones en las que existan varias cuadrículas con elevadas probabilidades pero con suficiente separación entre sí de modo que no sea oportuno (tal vez incluso

no sea posible) incluirlas en un único rectángulo conservando un factor de cobertura razonable. La longitud y la anchura de los rectángulos se eligen de modo que, cuando se tracen en el mapa de probabilidades, las áreas propuestas para la búsqueda abarquen el máximo número de probabilidades. A continuación se calcula la PDE con respecto a la búsqueda con un factor de cobertura 1,0. Se realiza una prueba similar para cada uno de los factores restantes con cobertura para las pruebas. En la segunda prueba, el área de búsqueda es dos veces mayor que el esfuerzo disponible, y, en la tercera, el área de búsqueda equivale a 2/3 del esfuerzo de búsqueda disponible.

13.9 La prueba que produzca el valor más alto de PDE se utilizará para planificar la búsqueda. Si hay tiempo y los medios de cálculo lo permiten, se pueden realizar más pruebas para tratar de producir un valor más elevado de PDE. Por lo general, es preferible buscar primero en las áreas con las densidades de probabilidad más elevadas, y dejar las áreas con una densidad de probabilidades inferior para después. Si las células del mapa de probabilidades tienen el mismo tamaño, se pueden utilizar directamente los valores de la PDC. Si son de diferente tamaño, puede ser necesario dividir las PDC por las áreas de sus respectivas cuadrículas a fin de determinar en dónde son más elevadas las densidades de probabilidades.

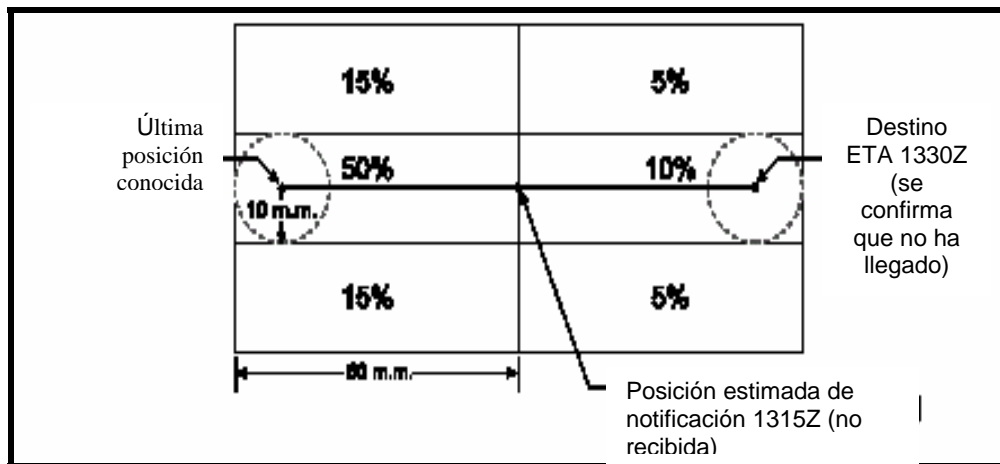
- a) **Preparación detallada.** Tras determinar el área de posibilidades con respecto a una hipótesis, el planificador de la búsqueda debe dividirla en células que formen una cuadrícula y asignar a cada célula una PDC para crear el mapa de probabilidades inicial. La suma de todas las PDC en el mapa de probabilidades inicial deberá ser 100%.

A continuación, el planificador de la búsqueda calculará el esfuerzo de búsqueda disponible

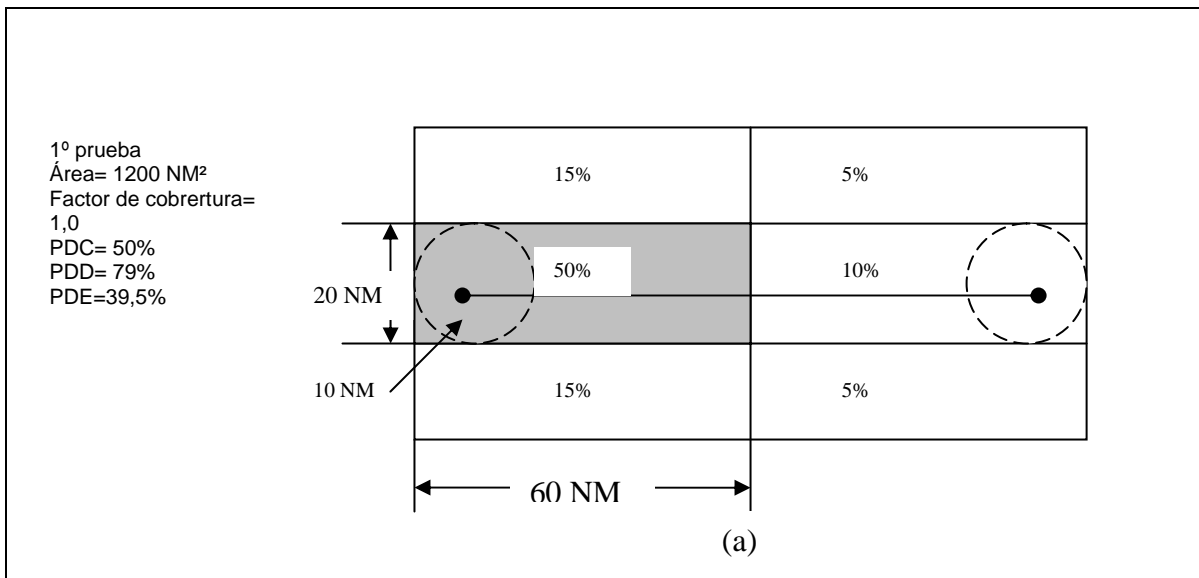
y el área que se puede abarcar en cada prueba. Si el mapa de probabilidades está formado por células del mismo tamaño, al planificador de la búsqueda le puede resultar útil fijarse en el número de células que puede abarcar con respecto a los tres factores de cobertura. Por ejemplo, si el mapa de probabilidades está formado por células que miden 10 NM de lado de modo que cada una abarque 100 NM² y el esfuerzo de búsqueda disponible es 1600 NM², un factor de cobertura de 1,0 puede abarcar 16 células, un factor de cobertura de 0,5 puede abarcar 32 células, y un factor de cobertura de 1,5 puede abarcar 10 667 células. Por motivos de conveniencia, puede que el planificador desee modificar el área de prueba y cobertura de modo que se utilice para la prueba un número entero de células que formen un rectángulo. En el último ejemplo, probablemente sería más fácil someter a prueba las 10 células superiores con un factor de cobertura de 1,6, las 11 células superiores con un factor de cobertura de 1,4, o las 12 células superiores con un factor de cobertura de 1,3, en especial si los lugares en los que se encuentran en el mapa de probabilidades forman un rectángulo. (El único rectángulo formado por 11 células es uno que tenga una célula de anchura y 11 de longitud. Esto puede resultar apropiado con respecto a una línea de referencia, pero, en otras situaciones, los números impares de células no son por lo general adecuados a efectos de planificación de la búsqueda.) A veces puede ser útil formar un rectángulo más fácil incluyendo unas pocas células con un número bajo de probabilidades, adyacentes a

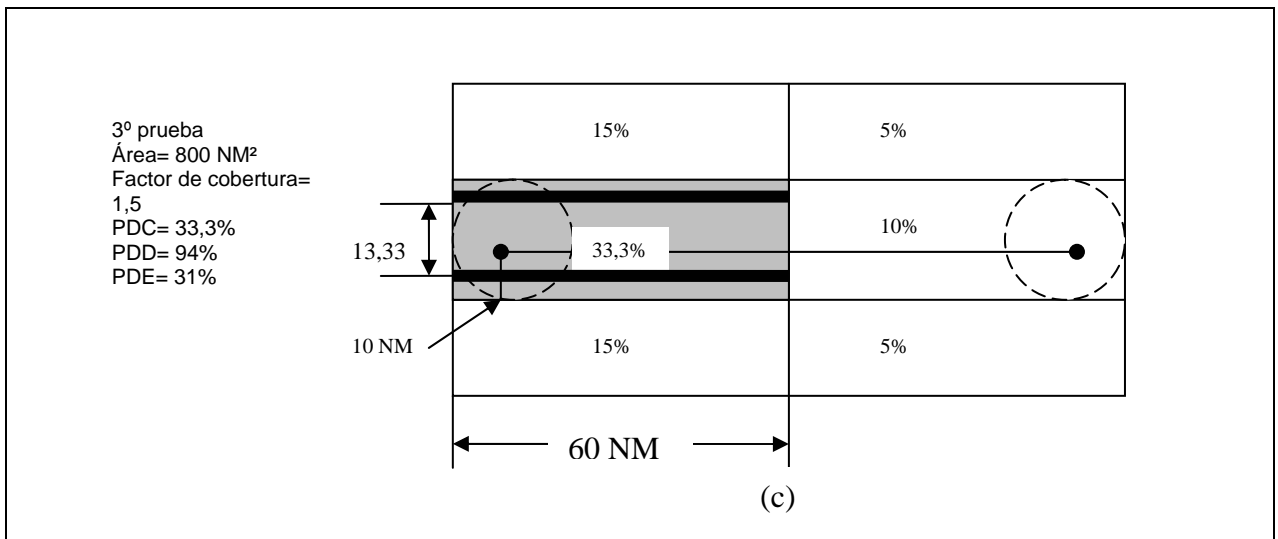
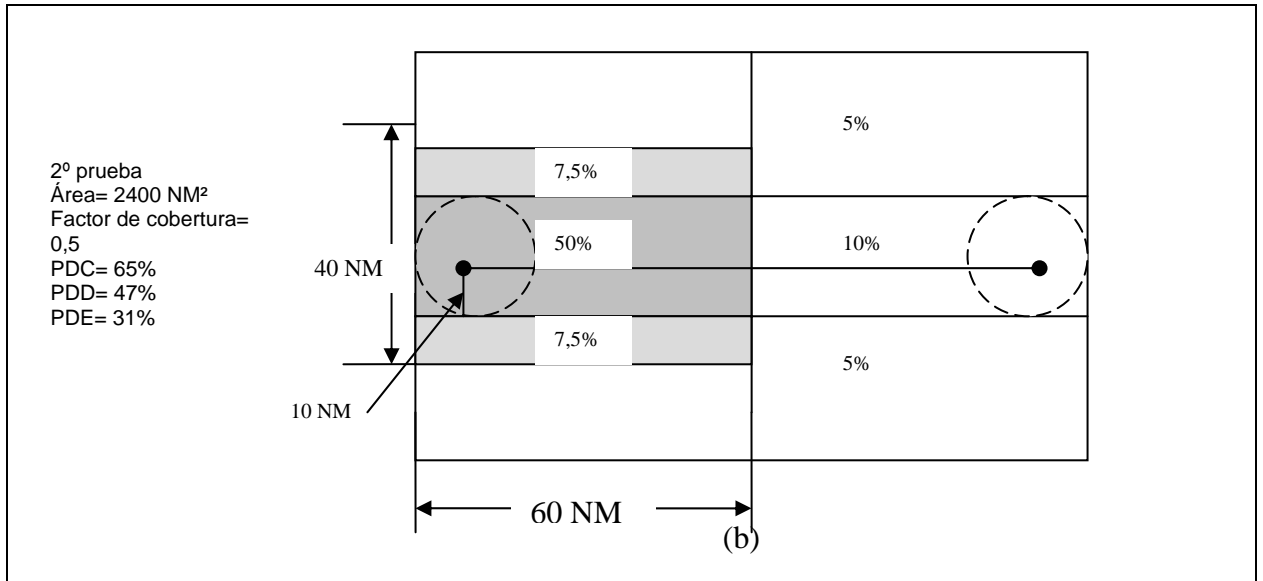
las células con probabilidades elevadas. Este tipo de modificaciones producirá resultados válidos, al mismo tiempo que elimina a menudo la necesidad de ocupar-

se de fracciones de células o formas no rectangulares.

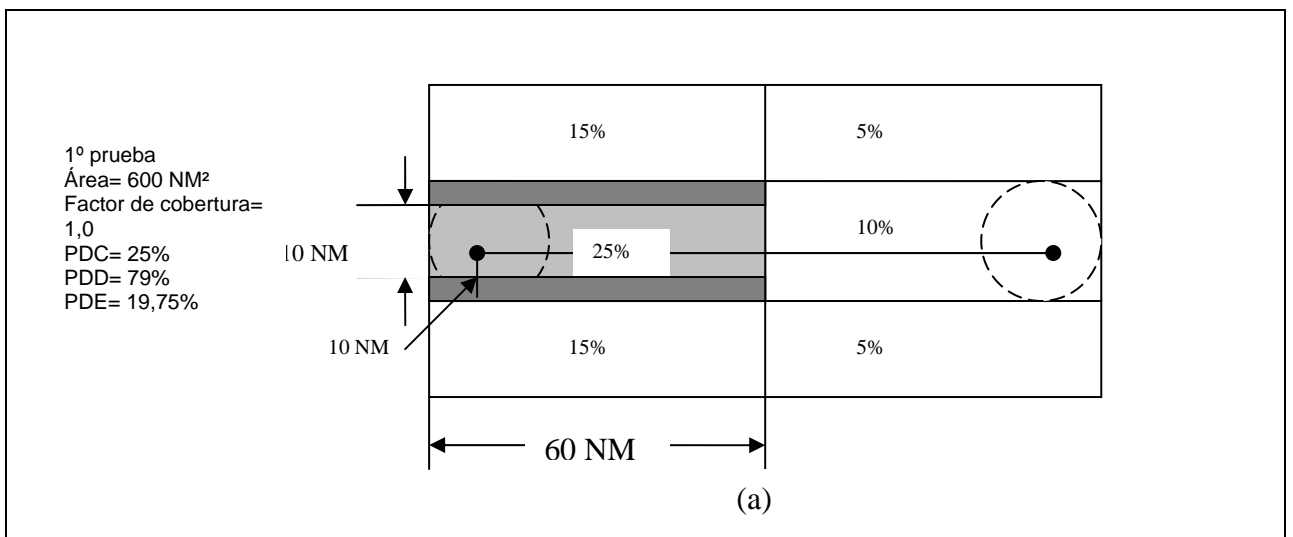


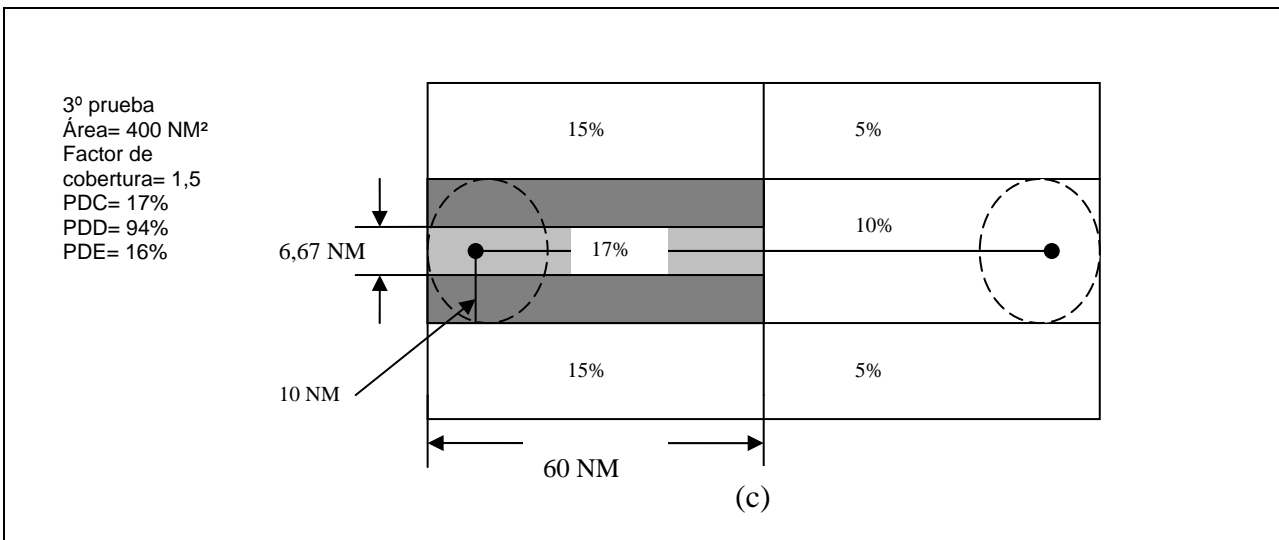
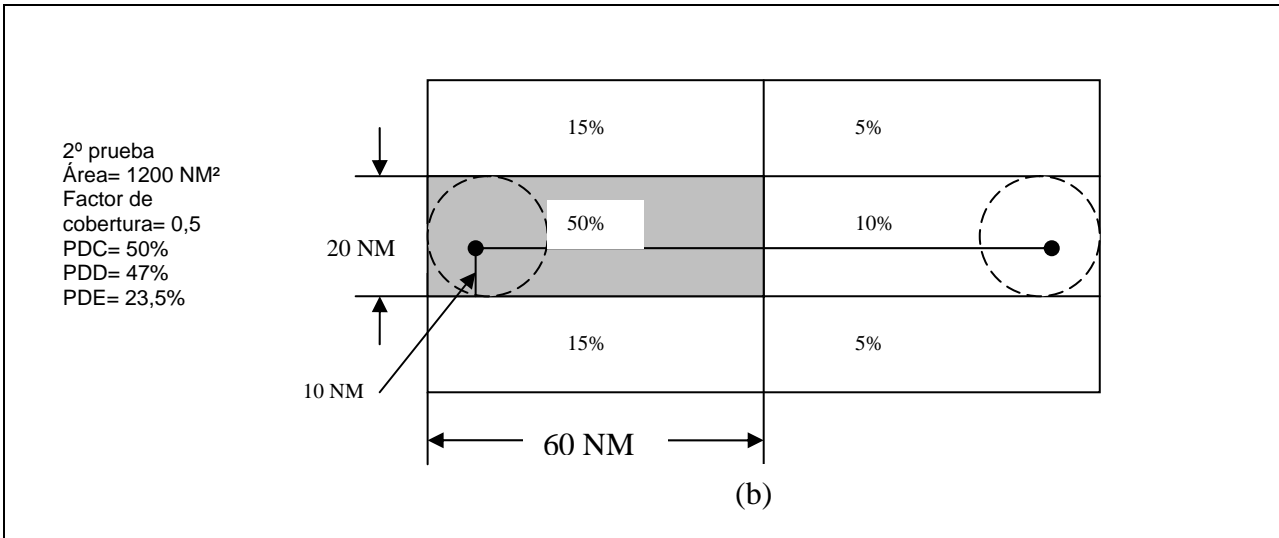
Hipótesis del planificador de la búsqueda con los correspondientes valores de la PDC



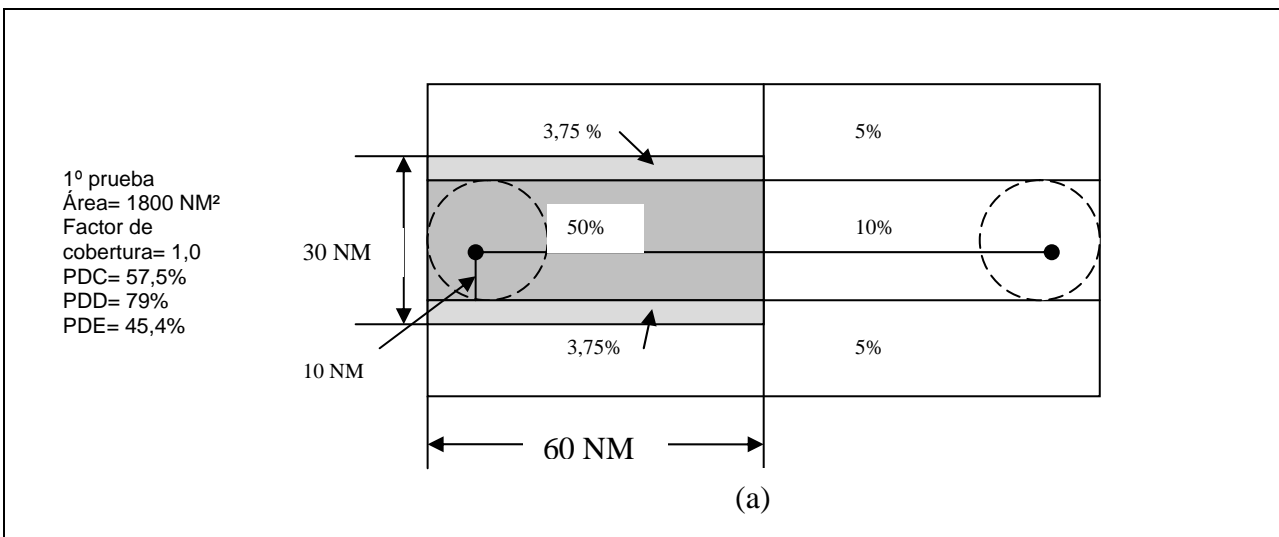


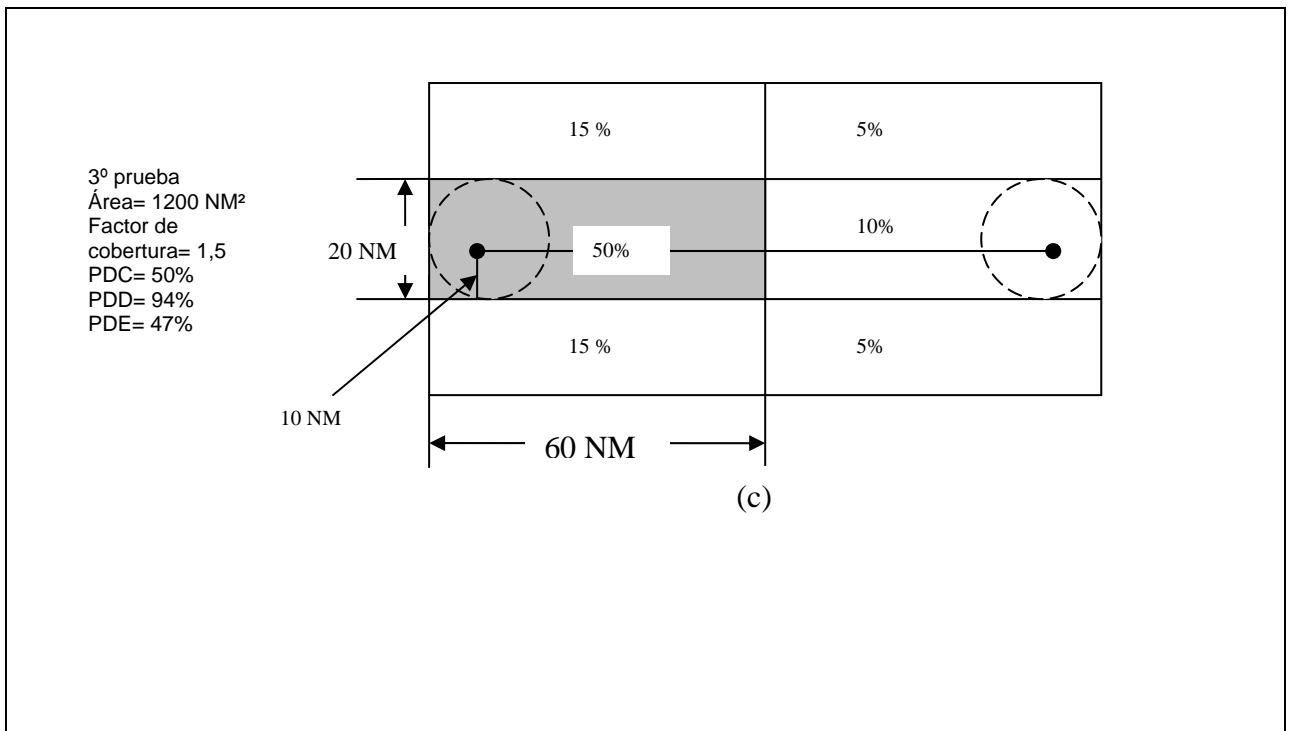
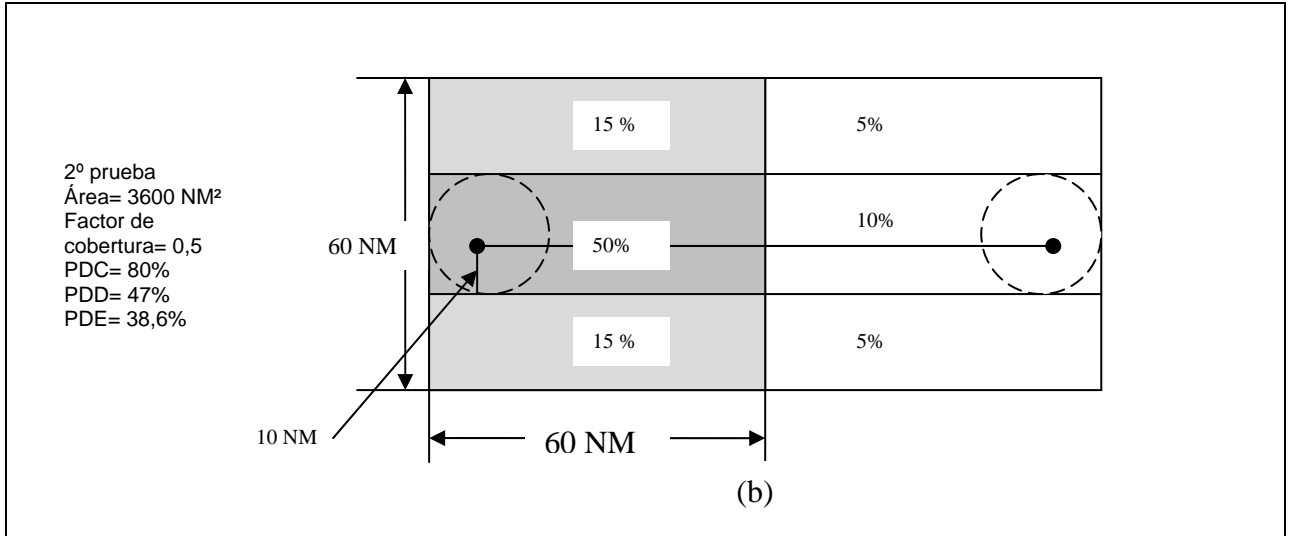
Esfuerzo disponible = 1200 NM²



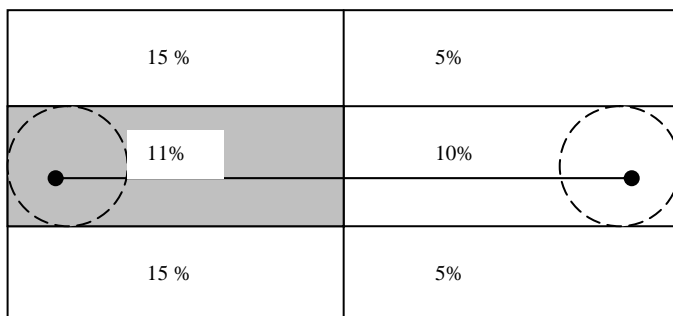


Esfuerzo disponible = 600 NM²

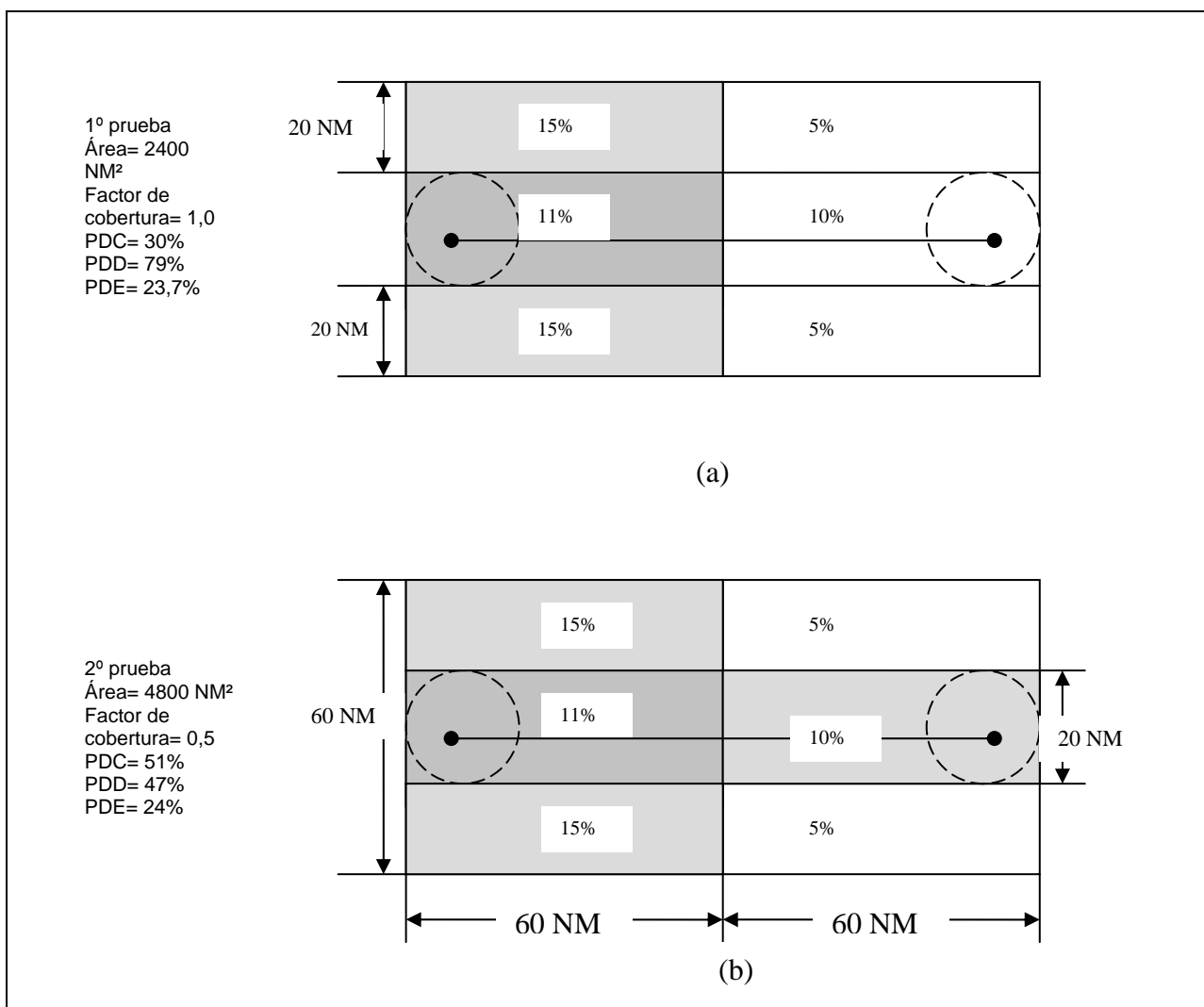


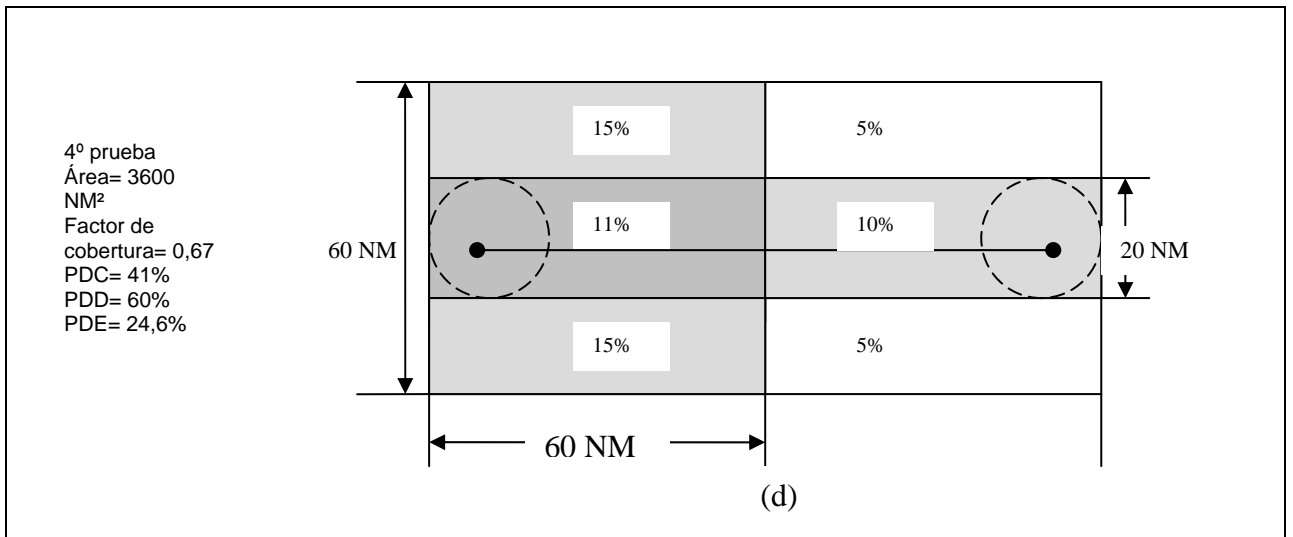
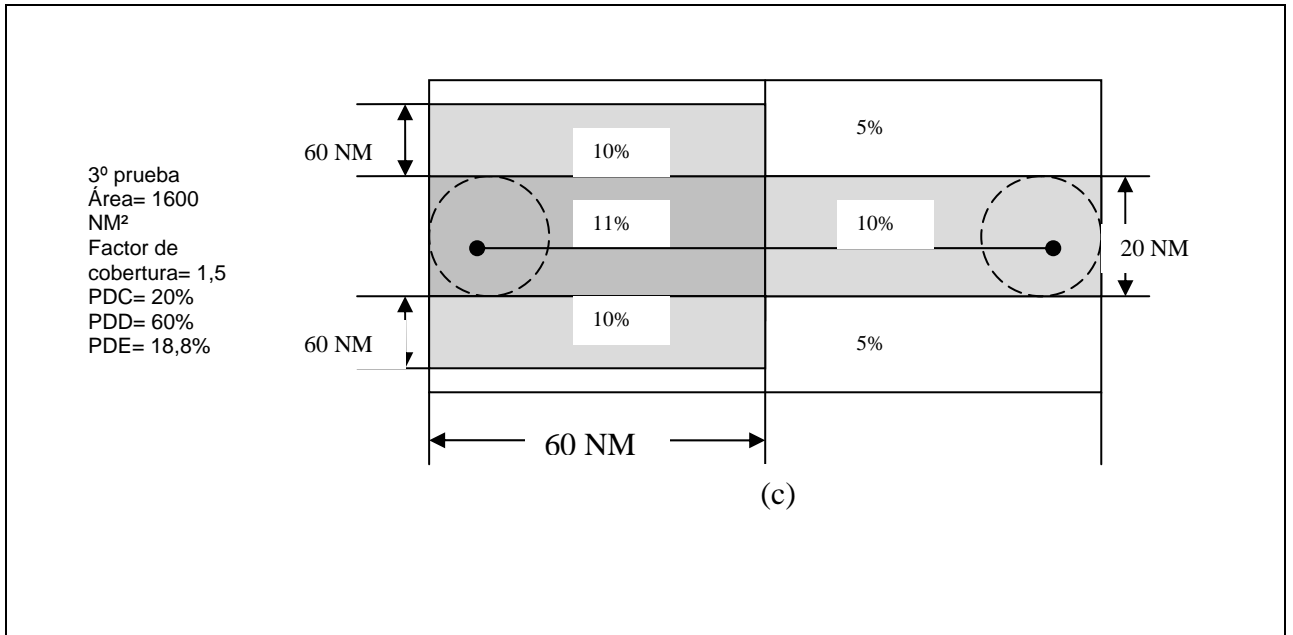


Esfuerzo disponible 1800 NM

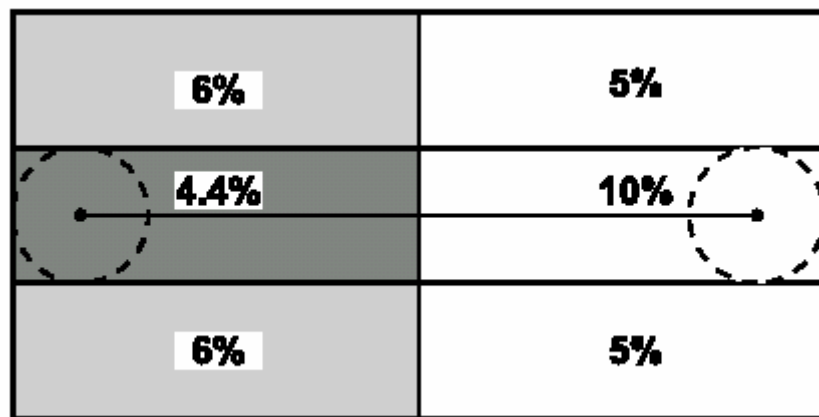


Valores de la PDC después de la primera búsqueda (PDEc = 39%)





Esfuerzo disponible = 24 00 NM²



Valores de la PDC después de la segunda búsqueda (PDEc = 63,6%)

13.10 **Otros factores.** En los párrafos anteriores se describe cómo asignar de forma óptima esfuerzos de búsqueda basándose en consideraciones teóricas. También hay muchas consideraciones prácticas que se oponen a las teóricas y que pueden ejercer una influencia en el plan de búsqueda definitivo. Algunos de los aspectos que debe evaluar el planificador son:

- a) **Aumentos previstos sobre la incertidumbre en cuanto al lugar en el que se encuentran los supervivientes.** Si los supervivientes están, o pueden estar, desplazándose, la incertidumbre en cuanto al lugar en el que se pueden hallar aumenta cada hora que pasa. En algunos casos, sin embargo, el aumento será repentino y grande. Por ejemplo, los lugares del suceso posibles se pueden limitar a un cañón o a un valle (en tierra), o a una bahía, estuario o estrecho (en el mar). Si los supervivientes están desplazándose y no se los localiza rápidamente, la distribución de los lugares posibles se puede expandir más allá del área limitada, que se dispersa y se vuelve bastante extensa con rapidez, lo que complicará en gran medida el problema de planificación de la búsqueda. Por consiguiente, el planificador deberá desplegar los medios de búsqueda disponibles de forma que se evite la probabilidad de "salirse" del área inicial, más limitada, y de dispersarse en un área mucho más extensa y menos definida. Esta estrategia puede reducir la PDE en las primeras búsquedas pero aumentarla en cambio en las búsquedas posteriores y mantener bajo control el problema que plantea la planificación de la búsqueda.
- b) **Pronóstico de las condiciones meteorológicas de la búsqueda.** Los pronósticos meteorológicos constituyen siempre una consideración importante a la hora de planear búsquedas. Si las condiciones de la búsqueda son adversas, conviene esperar y desplegar los esfuerzos de la misma cuando hayan mejorado las condiciones. De igual modo, si las condiciones meteorológicas son muy buenas o excelentes, pero se prevé un empeoramiento para las búsquedas posteriores, el planificador de la búsqueda deberá tratar de obtener el máximo número de esfuerzos disponibles y desplegarlos antes de que las condiciones se deterioren.
- c) **Tiempos de supervivencia.** Por regla general, las probabilidades de que una persona sobreviva tras un suceso disminuyen rápidamente con el paso del tiempo, en particular para las personas heridas, las personas en el agua o las personas expuestas a temperaturas extremas. Este hecho, unido a las consideraciones teóricas significa que se deberá intentar muy seriamente desplegar un primer esfuerzo importante para la búsqueda a pesar de los problemas de logística y coordinación que puedan plantearse en relación con la organización de un esfuerzo de búsqueda tan considerable con poco tiempo de antelación.
- d) **Desplazamiento del objeto de la búsqueda durante la misma.** Los objetos de la búsqueda, sobre todo los marítimos, se desplazan a menudo mientras los medios de búsqueda los están tratando de ubicar. A pesar de su poca

velocidad en comparación con la de los medios de búsqueda, este desplazamiento puede constituir un factor importante. Si se pasan por alto los efectos del desplazamiento del objeto de la búsqueda, en algunas situaciones, estos efectos pueden eliminar la eficacia de la misma. A fin de evitar que esto ocurra, se orientarán siempre los tramos de la búsqueda en la misma dirección en la que se espera que se desplace el objeto durante la búsqueda. El área de búsqueda se deberá ampliar en la dirección del desplazamiento del objeto de la búsqueda, lo suficientemente lejos como para cerciorarse de que los objetos en el área original al principio de la búsqueda sigan estando en el área ampliada al final de ella.

- e) **Pistas ulteriores.** A veces, nueva información de la que no se disponía antes demuestra que algunas de las suposiciones en las que se basan los planes de búsqueda previos son incorrectas. Si la hipótesis más probable basada en la información más reciente es muy distinta de la anterior, puede ser preciso volver a calcular todos los resultados previos, teniendo en cuenta las repercusiones de la información más reciente. En casos extremos, puede ser incluso necesario descartar todos los resultados previos y empezar de nuevo.
- f) **Consideraciones prácticas.** Existen, por supuesto, muchas otras consideraciones prácticas a la hora de decidir exactamente en qué subáreas se ha de llevar a cabo la búsqueda y qué factores de cobertura se han de utilizar. Entre las cuestiones que pueden tener repercusiones en el plan de

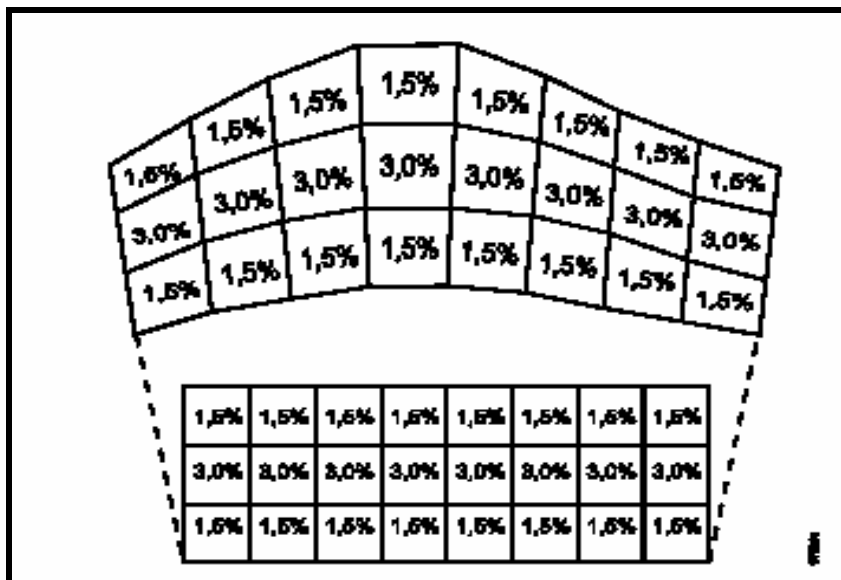
búsqueda final cabe mencionar el mantenimiento de distancias de seguridad entre los medios de búsqueda, sensores del medio de búsqueda y capacidad de navegación, y las configuraciones de búsqueda que se pueden elegir. Los planificadores de la búsqueda deberán modificar las subáreas de búsqueda recomendadas y las coberturas, de ser preciso, a fin de tener en cuenta todas las consideraciones prácticas. Los valores de PDE tienden a ser muy estables cerca del punto de distribución casi óptima de los esfuerzos, lo que otorga al planificador de la búsqueda la libertad necesaria para adaptar la distribución teórica óptima de esfuerzos a las limitaciones impuestas por el entorno y la capacidad de los medios de búsqueda. Por lo general, las modificaciones de poca importancia de los valores óptimos que se requieren para elaborar un plan práctico de búsqueda no tendrán grandes repercusiones en la eficacia de la misma (PDE). Por consiguiente, el planificador de la búsqueda puede introducir dichas modificaciones sin temor. No obstante, después de cada ciclo de búsqueda (por ejemplo, al final de cada día de búsqueda), los planificadores de la búsqueda deberán cerciorarse de que se vuelven a calcular todos los valores del esfuerzo relativo y del esfuerzo relativo acumulativo basándose en el esfuerzo real desplegado en las subáreas de búsqueda. Asimismo, deberán volver a calcular todos los factores de cobertura, los valores de la PDD, PDC nuevos, PDE y PDEc, basándose en las subáreas en las que se ha llevado a cabo la búsqueda y el esfuerzo real desplegado en ellas. Se necesitará

dicha información para planear búsquedas posteriores.

hipótesis utilizada como base para planificar la búsqueda, que:

13.10.1 Utilización de la PDEc. El valor de la PDEc es una indicación del momento en que se reproducen las probabilidades razonables de que una nueva búsqueda en el área actual de posibilidades localice a los supervivientes. Un valor de la PDEc de 99% significa que, independientemente del esfuerzo que se despliegue en el área de posibilidades de la hipótesis en la siguiente búsqueda, las PDE para dicha búsqueda no pueden ser más de 1%. Un valor elevado de la PDEc puede significar, con respecto a la

- a) El objeto de la búsqueda no ha existido nunca o ha dejado de existir y no se puede encontrar. Por ejemplo, las personas y las balsas salvavidas que se hunden con el buque no se pueden localizar buscando en la superficie del océano.



Modificación de un mapa de probabilidades por desplazamiento de la deriva cuando las fuerzas de la deriva varían de un lugar a otro dentro del área de posibilidades (se han exagerado la distancia de la deriva y la expansión del área de posibilidades para que éstas se vean con más claridad)

- b) El objeto de la búsqueda existe pero no se halla en el área de posibilidades de la hipótesis. En este caso, el análisis de la información disponible y las pistas pueden haber sido erróneos, o puede haberse cometido un error en algún punto de importancia crítica, lo que ha podido causar que se envíen medios al lugar equivocado. A medida que los valores de la

PDEc sigan aumentando sin que se haya localizado el objeto de la búsqueda, se ha de tomar en serio la posibilidad de que se hayan evaluado erróneamente los datos disponibles o la posibilidad de la presencia de un dato erróneo.

13.11 Posiciones, en particular, pueden ser objeto de errores. Su valor en tanto que suposiciones, y no hechos, se olvida fácilmente si no se tiene cuidado y se hace

una distinción entre éstas y los hechos conocidos a lo largo del proceso de planificación de la búsqueda. Un examen regular y frecuente y nuevos análisis de toda la información y pistas disponibles contribuirán en gran medida a detectar datos falsos, lo que evitará que se malinterpreten datos correctos y hará que aumente la precisión de la hipótesis que se esté teniendo en cuenta.

14. Resumen

14.1 La estrategia para maximizar la PDE en cada búsqueda facilita orientaciones importantes para que el planificador de la búsqueda decida cuándo y cómo desplegar el esfuerzo disponible para la misma. Con el tiempo, tiende a desplazar el esfuerzo de la búsqueda hacia los supervivientes, incluso si éstos no se hallan en las células que tienen el mayor valor de PDC. Aun cuando los mapas de probabilidades y los valores de PDC sean sólo aproximados, el empleo de esta estrategia producirá resultados mucho mejores que si no se utiliza en absoluto. Cuando el desplazamiento del objeto de la búsqueda no se haya de tener en cuenta, la elaboración y actualización de mapas de probabilidad es relativamente sencilla. Cuando interviene el desplazamiento del objeto de la búsqueda, la actualización de mapas de probabilidad puede resultar muy complicada. En las ayudas informáticas de las que puede disponerse para asistir al planificador de la búsqueda en este complejo aspecto del proceso de planificación de la búsqueda, así como en otros. En ausencia de tales ayudas, el planificador de la búsqueda efectuará cuidadosamente las simplificaciones que sean necesarias para mantener el problema bajo control.

15. Ayudas informáticas para la planificación de la búsqueda

15.1 Uso de computadores para la planificación de la búsqueda. Se pueden utilizar computadores para efectuar cálculos en apoyo de las siguientes funciones de planificación de la búsqueda:

- Calcular los errores probables totales de posición, la anchura de los barridos, la duración de la búsqueda, los esfuerzos y las áreas de la búsqueda, los factores de cobertura, etc.;
- Crear o trazar mapas de probabilidades, actualizarlos y calcular la probabilidad de las estimaciones de éxito PDE y PDEc;
- Calcular la asignación óptima del esfuerzo de búsqueda disponible;
- Calcular los parámetros de la subárea de búsqueda, incluidos el punto de inicio de la búsqueda, las separaciones entre trayectorias, los puntos de giro de cada tramo en la configuración de la búsqueda, los puntos de las esquinas, el punto central, la longitud, la anchura, la orientación, el área, el tiempo que insume la búsqueda a diferentes velocidades, etc.;
- Presentar en pantalla, comparar y combinar pistas y mapas de probabilidades con respecto a diferentes hipótesis;

15.2 Los computadores y los programas informáticos apropiados pueden ser de gran ayuda para el planificador de la búsqueda. Incluso sistemas informáticos relativamente baratos pueden servir de apoyo para la mayoría de las actividades anteriormente mencionadas.

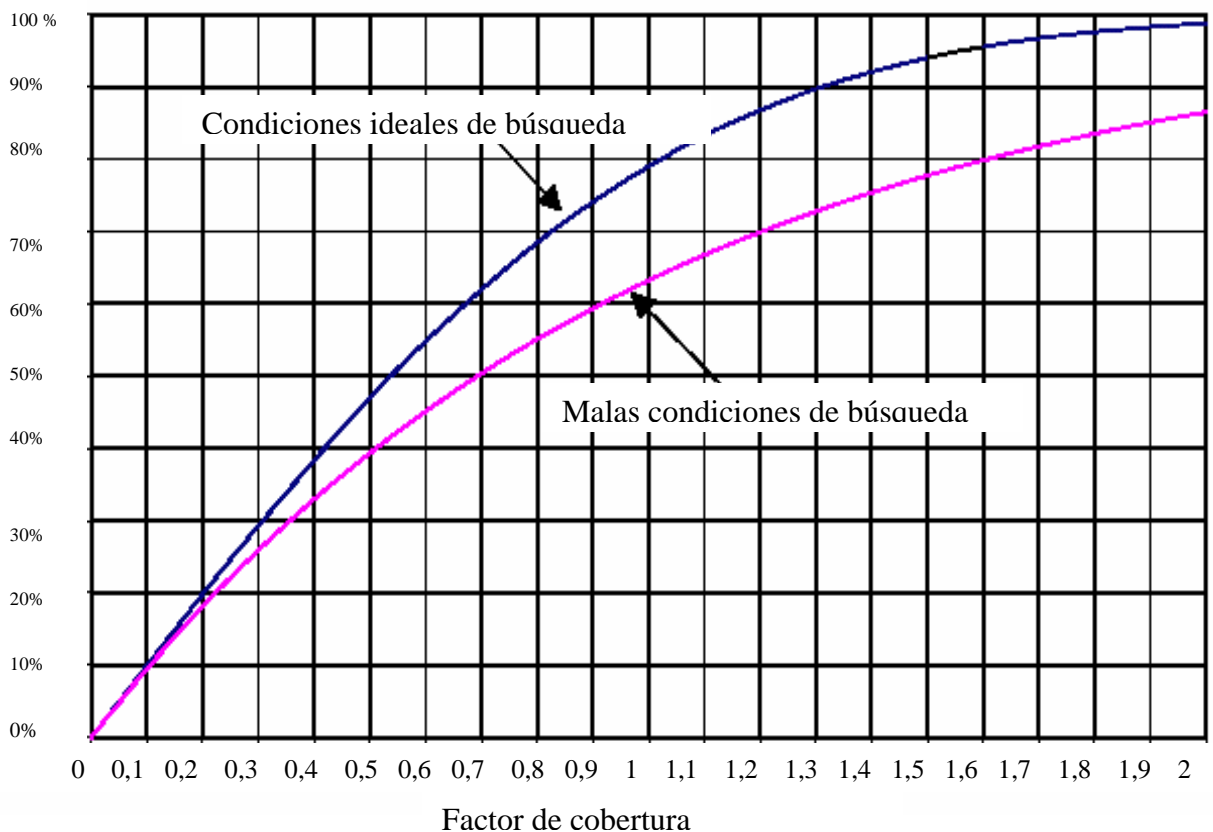
(Dejada intencionalmente en blanco)

APENDICE

AL CAPITULO 6

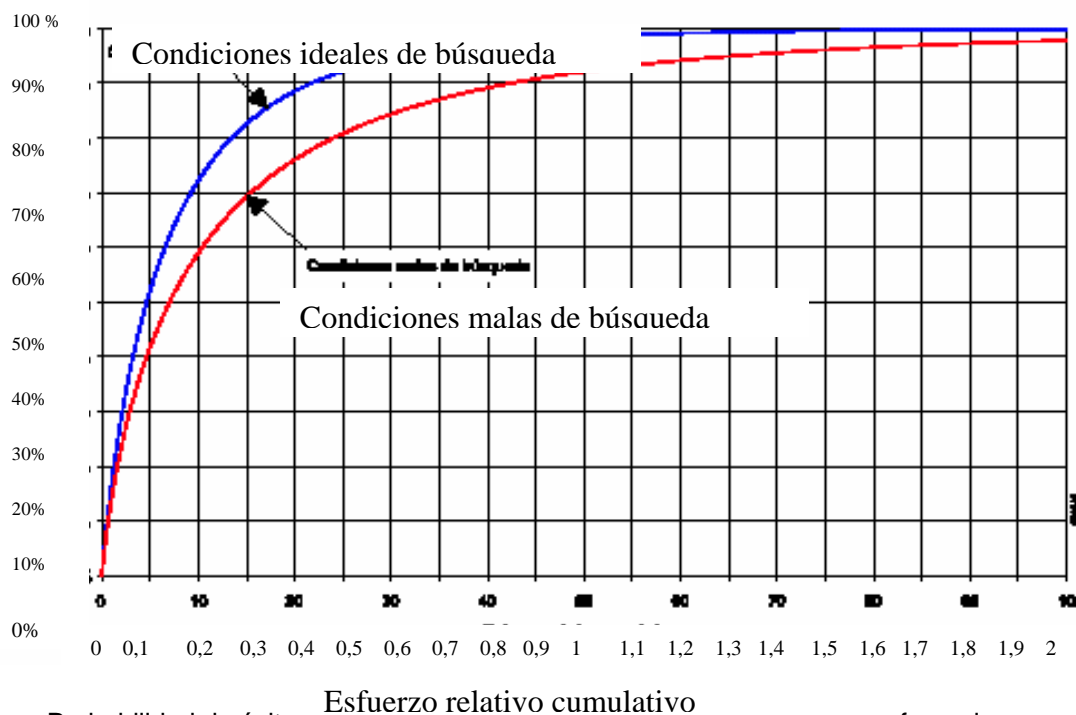
Principios aplicables a la planificación y **Evaluación de la búsqueda**

Gráfico de la probabilidad de detección (PDD (POD))

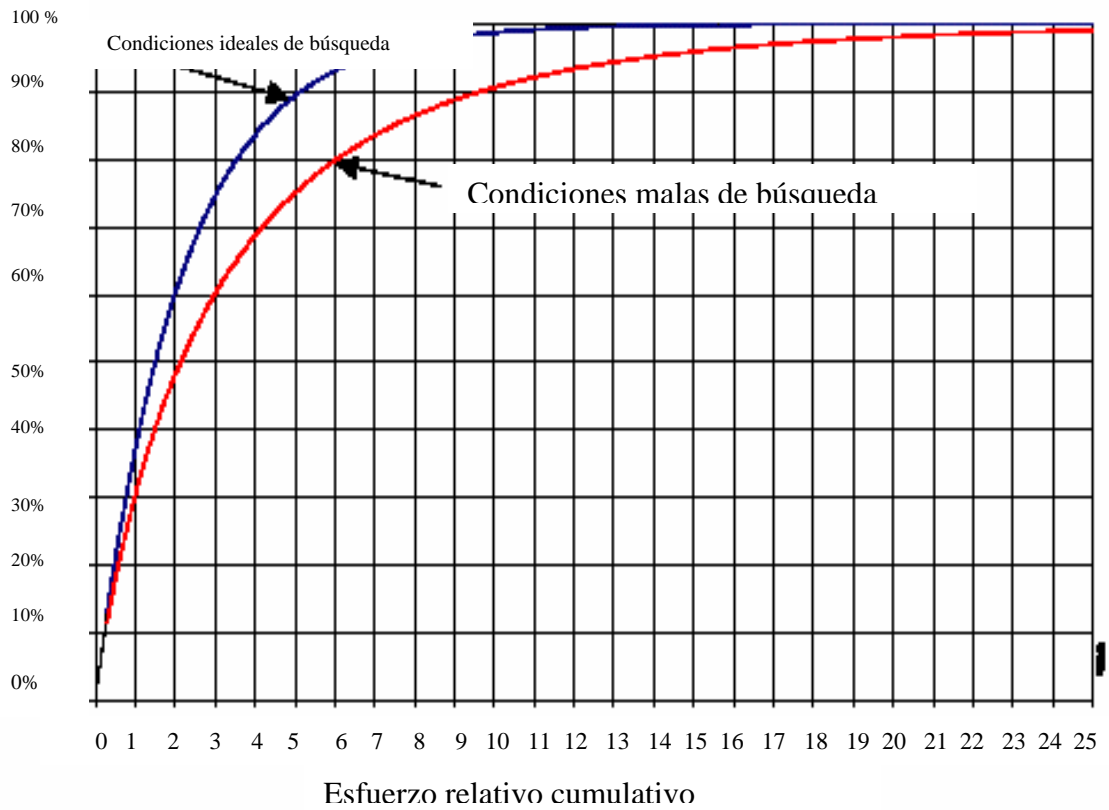


Probabilidad de detección (PDD) media en un área determinada utilizando búsqueda visual y barridos paralelos

Gráficos de la probabilidad de éxito acumulativa



Probabilidad de éxito acumulativa en búsquedas optimas de puntos de referencia



Probabilidad de éxito acumulativa para búsquedas óptimas a lo largo de líneas de referencia

Instrucciones relativas a la preparación de los mapas de probabilidad iniciales para puntos de referencia

1. Introducción

1.1 Antes de que puedan evaluarse por completo los resultados de la primera búsqueda, debe prepararse un mapa de probabilidad. Los siguientes pasos describen la manera de preparar un mapa de probabilidad inicial con los puntos de referencia usando los mapas de probabilidad normalizados con los puntos de referencia que aparecen en este apéndice. (Para que puedan evaluarse plenamente la segunda y subsiguientes búsquedas habrá que mantener actualizado el mapa de probabilidad, de modo que incluya todas las búsquedas realizadas y todo movimiento de búsqueda de objetos que se haya calculado. En la hoja de trabajo sobre la evaluación de la búsqueda figuran los procedimientos de actualización de los mapas de probabilidad).

1.2 Se conocen dos métodos para preparar los mapas de probabilidad con los puntos de referencia. El primer método, más sencillo, es determinar cuál de los mapas de probabilidad normalizado conviene más según la situación; en la práctica se usará una fotocopia. La desventaja de este método es que el planificador debe determinar la escala correcta (en millas por pulgada, kilómetros por centímetro, etc.) que ha de usarse para marcar la información en el mapa de probabilidad. Para que la información sobre las subáreas de búsqueda y otros datos geográficos importantes sea válida, es necesario marcarla en el mapa de probabilidad en la escala correspondiente. El segundo método, el preferido, es trazar en papel de calco o en una hoja de plástico una cuadrícula similar, en la escala debida, que corresponda al mapa o la carta empleada para planificar la búsqueda. La ventaja de este método es que, aparte de trazar la

cuadrícula y anotar los valores PDC (POC) en las células correspondientes, el resto de la información geográfica ya se encuentra en la carta o se marcará en la hoja de plástico (p. ej.: las subáreas de búsqueda).

2. Datos a tener en cuenta:

- 1) Error total probable de la situación
- 2) Anchura del área ajustada de búsqueda
- 3) Radio ajustado de búsqueda
- 4) Factor ajustado de búsqueda
- 5) Mapa de probabilidad normalizado
- 6) Anchura de la célula
- 7) Escala del mapa de probabilidad

3. Utilización:

- 1) Para usarlo, seleccionar el mapa de probabilidad, hacer una copia de trabajo y anotar en ella el error total probable de la situación (E), la anchura de la célula y la escala.
- 2) Para trazar el mapa de probabilidad en una hoja de plástico correspondiente a la carta o mapa que se utilice para planificar la búsqueda, han de seguirse los siguientes pasos:
 - a) Para la primera búsqueda, trazar un círculo de radio 3,0

6E, con centro en el punto de referencia.

- b) Trazar (circunscribir) un cuadrado alrededor del círculo de manera que sus lados sean paralelos a los del área ajustada de la primera búsqueda.
- c) Dividir el cuadrado en la misma cantidad de células del mapa de probabilidad normalizado elegido.
- d) Anotar el valor de la probabilidad de contención de cada célula, tomándolo de la célula correspondiente del mapa de probabilidad normalizado elegido.

3.1 El mapa de probabilidad ya puede utilizarse en la evaluación de la primera búsqueda.

Instrucciones relativas a la preparación de los mapas de probabilidad iniciales para líneas de referencia

1. Introducción

1.1 Antes de que puedan evaluarse por completo los resultados de la primera búsqueda, debe prepararse un mapa de probabilidad. Los siguientes pasos describen la manera de preparar un mapa de probabilidad inicial con las líneas de referencia usando las franjas de probabilidad normalizadas para las líneas de referencia que aparecen en este apéndice. (Para que puedan evaluarse plenamente la segunda y subsiguientes búsquedas habrá que mantener actualizado el mapa de probabilidad, de modo que incluya todas las búsquedas realizadas y todo movimiento de búsqueda de objetos que se haya calculado. En la hoja de trabajo sobre la evaluación de la búsqueda figuran los procedimientos de actualización de los mapas de probabilidad).

2. Datos a tener en cuenta:

- 1) Error total probable de la posición (E)
- 2) Dimensiones del área ajustada de búsqueda
- 3) Radio ajustado de búsqueda
- 4) Factor ajustado de búsqueda
- 5) Mapa de probabilidad normalizado
- 6) Anchura de la célula
- 7) Cantidad de divisiones en la línea de referencia
- 8) Longitud de la célula

3. Utilización:

- 1) Para trazar el mapa de probabilidad en una hoja de plástico correspondiente a la carta o al mapa que se utilice para planificar la búsqueda, han de seguirse los siguientes pasos:
 - a) Trazar, en cada extremo de la línea de referencia, una línea perpendicular a ésta.
 - b) En dichas líneas perpendiculares, marcar en ambos lados los puntos que disten por E de la línea de referencia. Unir los cuatro puntos de manera que formen un rectángulo.
 - c) Dividir el rectángulo en un número de bandas que corresponda a la franja de probabilidad normalizada elegida.
 - d) Dividir las bandas por la cantidad de divisiones deseadas para formar una cuadrícula.
 - e) Dividir el valor de la probabilidad de contención de cada banda por la cantidad de divisiones para obtener el valor PDC de cada célula en dicha banda. En la siguiente figura se muestra un mapa de probabilidad completo con una línea de referencia.

0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%
Línea de referencia							
6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%
2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%
0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

(Dejada intencionalmente en blanco)