

Doc 9328
AN/908



Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Tercera edición — 2005

Organización de Aviación Civil Internacional

Publicado por separado en español, francés, inglés y ruso, por la Organización de Aviación Civil Internacional. Toda la correspondencia, con excepción de los pedidos y suscripciones, debe dirigirse al Secretario General.

Los pedidos deben dirigirse a las direcciones siguientes junto con la correspondiente remesa (mediante giro bancario, cheque u orden de pago) en dólares estadounidenses o en la moneda del país de compra. En la Sede de la OACI también se aceptan pedidos pagaderos con tarjetas de crédito (American Express, MasterCard o Visa).

International Civil Aviation Organization. Attention: Document Sales Unit, 999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7
Teléfono: +1 (514) 954-8022; Facsímile: +1 (514) 954-6769; Sitatex: YULCAYA; Correo-e: sales@icao.int; World Wide Web: <http://www.icao.int>

Alemania. UNO-Verlag GmbH, Am Hofgarten 10, D-53113 Bonn
Teléfono: +49 (0) 2 28-9 49 0 20; Facsímile: +49 (0) 2 28-9 49 02 22; Correo-e: info@uno-verlag.de; World Wide Web: <http://www.uno-verlag.de>

China. Glory Master International Limited, Room 434B, Hongshen Trade Centre, 428 Dong Fang Road, Pudong, Shanghai 200120
Teléfono: +86 137 0177 4638; Facsímile: +86 21 5888 1629; Correo-e: glorymaster@online.sh.cn

Egipto. ICAO Regional Director, Middle East Office, Egyptian Civil Aviation Complex, Cairo Airport Road, Heliopolis, Cairo 11776
Teléfono: +20 (2) 267 4840; Facsímile: +20 (2) 267 4843; Sitatex: CAICAYA; Correo-e: icao@idsc.net.eg

Eslovaquia. Air Traffic Services of the Slovak Republic, Letové prevádzkové služby Slovenskej Republiky, State Enterprise, Letisko M.R. Štefánika, 823 07 Bratislava 21 / Teléfono: +421 (7) 4857 1111; Facsímile: +421 (7) 4857 2105

España. A.E.N.A. — Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 14, Planta Tercera, Despacho 3. 11, 28027 Madrid / Teléfono: +34 (91) 321-3148; Facsímile: +34 (91) 321-3157; Correo-e: sssc.ventasaoaci@aena.es

Federación de Rusia. Aviaizdat, 48, Ivan Franko Street, Moscow 121351 / Teléfono: +7 (095) 417-0405; Facsímile: +7 (095) 417-0254

Francia. Directeur régional de l'OACI, Bureau Europe et Atlantique Nord, 3 bis, villa Émile-Bergerat, 92522 Neuilly-sur-Seine (Cedex)
Teléfono: +33 (1) 46 41 85 85; Facsímile: +33 (1) 46 41 85 00; Sitatex: PAREUYA; Correo-e: icaournat@paris.icao.int

India. Oxford Book and Stationery Co., Scindia House, New Delhi 110001 o 17 Park Street, Calcutta 700016
Teléfono: +91 (11) 331-5896; Facsímile: +91 (11) 332-2639

Japón. Japan Civil Aviation Promotion Foundation, 15-12, 1-chome, Toranomon, Minato-Ku, Tokyo
Teléfono: +81 (3) 3503-2686; Facsímile: +81 (3) 3503-2689

Kenya. ICAO Regional Director, Eastern and Southern African Office, United Nations Accommodation, P.O. Box 46294, Nairobi
Teléfono: +254 (20) 622 395; Facsímile: +254 (20) 623 028; Sitatex: NBOCAYA; Correo-e: icao@icao.unon.org

México. Director Regional de la OACI, Oficina Norteamérica, Centroamérica y Caribe, Av. Presidente Masaryk No. 29, 3er. Piso, Col. Chapultepec Morales, C.P. 11570, México, D.F.
Teléfono: +52 (55) 52 50 32 11; Facsímile: +52 (55) 52 03 27 57; Correo-e: icao_nacc@mexico.icao.int

Nigeria. Landover Company, P.O. Box 3165, Ikeja, Lagos
Teléfono: +234 (1) 4979780; Facsímile: +234 (1) 4979788; Sitatex: LOSLORK; Correo-e: aviation@landovercompany.com

Perú. Director Regional de la OACI, Oficina Sudamérica, Apartado 4127, Lima 100
Teléfono: +51 (1) 575 1646; Facsímile: +51 (1) 575 0974; Sitatex: LIMCAYA; Correo-e: mail@lima.icao.int

Reino Unido. Airplan Flight Equipment Ltd. (AFE), 1a Ringway Trading Estate, Shadowmoss Road, Manchester M22 5LH
Teléfono: +44 161 499 0023; Facsímile: +44 161 499 0298 Correo-e: enquiries@afeonline.com; World Wide Web: <http://www.afeonline.com>

Senegal. Directeur régional de l'OACI, Bureau Afrique occidentale et centrale, Boîte postale 2356, Dakar
Teléfono: +221 839 9393; Facsímile: +221 823 6926; Sitatex: DKRCAYA; Correo-e: icaodkr@icao.sn

Sudáfrica. Avex Air Training (Pty) Ltd., Private Bag X102, Halfway House, 1685, Johannesburg
Teléfono: +27 (11) 315-0003/4; Facsímile: +27 (11) 805-3649; Correo-e: avex@iafrica.com

Suiza. Adeco-Editions van Diermen, Attn: Mr. Martin Richard Van Diermen, Chemin du Lacuez 41, CH-1807 Blonay
Teléfono: +41 021 943 2673; Facsímile: +41 021 943 3605; Correo-e: mvandiermen@adeco.org

Tailandia. ICAO Regional Director, Asia and Pacific Office, P.O. Box 11, Samyaek Ladprao, Bangkok 10901
Teléfono: +66 (2) 537 8189; Facsímile: +66 (2) 537 8199; Sitatex: BKKCAYA; Correo-e: icao_apac@bangkok.icao.int

3/04

Catálogo de publicaciones y ayudas audiovisuales de la OACI

Este catálogo anual comprende los títulos de todas las publicaciones y ayudas audiovisuales disponibles.

En suplementos mensuales se anuncian las nuevas publicaciones y ayudas audiovisuales, enmiendas, suplementos, reimpressiones, etc.

Puede obtenerse gratuitamente pidiéndolo a la Subsección de venta de documentos, OACI.

**Doc 9328
AN/908**



Manual de métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista

Aprobado por el Secretario General
y publicado bajo su responsabilidad

Tercera edición — 2005

Organización de Aviación Civil Internacional

Índice

	<i>Página</i>
Capítulo 1. Introducción	1-1
Capítulo 2. Definición, objetivo y uso operacional del RVR	2-1
Capítulo 3. Explicación de términos	3-1
Capítulo 4. Fenómenos meteorológicos que reducen la visibilidad	4-1
4.1 Introducción	4-1
4.2 Litometeoros: calima, arena, polvo, humo y cenizas volcánicas.....	4-2
4.3 Hidrometeoros: neblina y niebla	4-3
4.4 Precipitación	4-4
4.5 Impacto de los fenómenos meteorológicos en la visibilidad.....	4-6
Capítulo 5. Métodos de observación	5-1
5.1 Resumen de los métodos de observación.....	5-1
5.2 Evaluaciones necesarias	5-2
5.3 Emplazamiento para las evaluaciones — Generalidades	5-2
5.4 Altura sobre la pista	5-3
5.5 Posición a lo largo de la pista	5-4
5.6 Distancia desde la pista	5-6
5.7 Precisión de las evaluaciones	5-6
5.8 Luces de pista que deben utilizarse	5-6
Capítulo 6. Evaluación del alcance visual en la pista	6-1
6.1 Generalidades.....	6-1
6.2 Claridad óptica de la atmósfera	6-2
6.3 RVR obtenido con balizas u otros objetos negros u oscuros.....	6-3
6.4 RVR obtenido mediante luces	6-3
6.5 Luz e intensidad luminosa	6-5
6.6 Umbral visual de iluminación (E_T).....	6-12
6.7 Precisión de la evaluación del RVR.....	6-14
Capítulo 7. Transmisómetros	7-1
7.1 Principio de funcionamiento	7-1
7.2 Características del instrumento	7-4
7.3 Calibración del transmisómetro	7-6
7.4 Errores de calibración	7-6

	<i>Página</i>
Capítulo 8. Medidores de la dispersión frontal	8-1
8.1 Principio de funcionamiento.....	8-1
8.2 Características del instrumento	8-3
8.3 Calibración del medidor de la dispersión frontal.....	8-7
8.4 Errores del medidor de dispersión frontal.....	8-9
Capítulo 9. Sistemas de medición del RVR por instrumentos	9-1
9.1 Componentes de los sistemas de medición del RVR por instrumentos.....	9-1
9.2 Verificaciones de la actuación y mantenimiento.....	9-4
9.3 Integridad y fiabilidad de los sistemas de medición del RVR por instrumentos.....	9-5
9.4 Método de evaluación de la actuación de un instrumento	9-5
Capítulo 10. Observadores humanos	10-1
10.1 Introducción	10-1
10.2 Observaciones visuales mediante luces.....	10-1
10.3 Calibración de las observaciones visuales.....	10-2
10.4 Observaciones visuales mediante balizas especiales a lo largo del borde de la pista	10-4
10.5 Errores de los sistemas de observadores humanos	10-4
Capítulo 11. Métodos de transmisión y de notificación	11-1
11.1 Métodos de transmisión y presentación en pantalla del RVR	11-1
11.2 Procedimientos de notificación	11-1
11.3 Gama de valores por notificar.....	11-2
11.4 Incrementos en la escala de notificación.....	11-2
11.5 Período para promediar y frecuencia de actualización	11-4
11.6 Indicación de las variaciones del RVR en los informes METAR/SPECI	11-5
Capítulo 12. Promulgación de información sobre el sistema de evaluación del RVR.....	12-1
Apéndice A. Ley de Allard	A-1
Apéndice B. Ley de Koschmieder	B-1
Apéndice C. Transmitancia del parabrisas	C-1
Apéndice D. Longitud de la línea de base	D-1
Apéndice E. Cálculos del influjo en el RVR de los errores de calibración del transmisómetro.....	E-1
Apéndice F. Cálculos del efecto en el RVR del error de MOR (visibilidad), del error de intensidad luminosa y del error de umbral visual de iluminación	F-1
Apéndice G. Cuestiones pendientes	G-1
Apéndice H. Bibliografía	H-1

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 La primera edición de este manual se publicó en 1973, como circular (Circular 113, *Métodos para la observación y la información del alcance visual en la pista*). Se basaba en la información proporcionada por varios Estados acerca de sus respectivos métodos de evaluación del alcance visual en la pista (RVR). Debido a numerosas modificaciones subsiguientes de las disposiciones que rigen el RVR y que figuran en el Anexo 3 — *Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional* y también debido a modificaciones en los métodos de los Estados para evaluar el RVR, fue necesario publicar una edición revisada del texto de la circular. En 1981, previendo que el documento tendría una amplia divulgación para su uso en las operaciones, se publicó como manual y se incluyó la información actualizada acerca de los métodos de evaluación que presentaron diversos Estados, junto con información relativa a los adelantos técnicos y a la investigación.

1.2 Como consecuencia de las enmiendas subsiguientes de las disposiciones del Anexo 3 relacionadas con la evaluación del RVR en los dos últimos decenios, se vio claramente en 1995 que era necesario revisar el manual. En particular, se consideraba necesaria la orientación detallada respecto a los medidores de la dispersión frontal después de que se efectuaran comparaciones entre las lecturas de los transmisómetros y de los medidores de la dispersión frontal en varios Estados que habían indicado que estos medidores de la dispersión frontal tenían la capacidad de producir resultados comparables a los de los transmisómetros.

1.3 El objetivo del presente manual es prestar ayuda a los Estados a establecer sistemas eficaces de medición del RVR o, en los casos en que ya existan esos sistemas, a actualizarlos y normalizarlos. Esto es particularmente importante por el hecho de que se utilizan numerosos métodos distintos de evaluación. También se espera que el manual estimule una nueva investigación y adelantos en el campo de la evaluación del RVR.

1.4 En conclusión, debe destacarse que nada en este manual ha de interpretarse como contradictorio o en conflicto con las disposiciones sobre el RVR que figuran en el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3, y Apéndice 3, 4.3.

Nota.— RVR es una abreviatura aprobada por la OACI con el significado de alcance visual en la pista y normalmente se emplea en este manual en lugar del nombre completo. (Véanse los Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Abreviaturas y códigos de la OACI (PANS-ABC, Doc 8400).

Capítulo 2

DEFINICIÓN, OBJETIVO Y USO OPERACIONAL DEL RVR

2.1 En el Anexo 3, Capítulo 1 se define el RVR como:

“Distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que señalan su eje”.

2.2 Esta definición fue formulada por la Octava Conferencia de navegación aérea (Montreal, 1974). De la definición se infiere que el RVR no es una “observación” ni una “medición” de un parámetro meteorológico tal como la dirección y la velocidad del viento en la superficie, la temperatura y la presión; se trata de una evaluación, que se basa en cálculos en los que se tienen en cuenta varios elementos, inclusive factores atmosféricos tales como el coeficiente de extinción de la atmósfera, los factores físicos y biológicos tales como el umbral visual de la iluminación y factores operacionales tales como la intensidad de las luces de pista. Por consiguiente, la evaluación del RVR es mucho más compleja que la mera observación de los parámetros meteorológicos y, por esta razón, es necesario disponer de información y guía detalladas sobre el tema.

2.3 El objetivo principal del RVR es proporcionar información sobre las condiciones de visibilidad en la pista a los pilotos, a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo (ATS) y demás usuarios aeronáuticos, durante los períodos de escasa visibilidad, ya sea por la niebla que es la causa más frecuente de visibilidad escasa en muchos lugares, ya sea por otras causas tales como lluvia, nieve o tormentas de arena. En particular, se necesita el RVR para evaluar si las condiciones están por encima o por debajo de las mínimas operacionales especificadas para el despegue y el aterrizaje. Debe señalarse que con este fin los valores del RVR suplen a la visibilidad notificada y que en las aproximaciones de precisión no es normalmente admisible iniciar una aproximación si los valores aplicables del RVR están por debajo de las mínimas requeridas.

2.4 Las mínimas de utilización del aeródromo comúnmente aceptables para diversas categorías de pistas (definidas en el Anexo 14 — *Aeródromos*, Volumen I — *Diseño y operaciones de aeródromos*) se especifican en el *Manual de operaciones todo tiempo* (Doc 9365) (véase también 6.5.4). La evaluación de la gama de valores del RVR (es decir, desde 50 m hasta 2000 m) ha sido concebida para cubrir la mayoría de las mínimas de utilización de aeródromo. Por lo tanto, requiere una alta resolución en la notificación del RVR, según lo indicado en 11.4.

2.5 Desde el punto de vista de las operaciones, se supone a veces que el RVR tiene un significado más amplio que el definido en 2.1, y que muchos pilotos lo interpretan como una indicación de la orientación visual que puedan tener durante las fases de aproximación final, enderezamiento, toma de contacto y recorrido en tierra. De este modo, el piloto puede suponer que el RVR proporciona una indicación de las condiciones generales de alcance visual. Sin embargo, puesto que el RVR se aplica únicamente al alcance visual en la pista, las condiciones durante la aproximación pueden ser totalmente distintas. Hasta que el piloto se encuentre realmente sobre la pista, la visión desde el puesto de pilotaje hasta el suelo representa más bien un alcance visual oblicuo (SVR) y como tal puede estar influenciada por densidades de niebla que varían en función de la altura. Si bien el SVR sería una representación ideal del

alcance visual, actualmente no hay un requisito de SVR debido a las dificultades inherentes a su medición o evaluación y al hecho de que en los últimos años ha sido insignificante la investigación realizada para su evaluación. Además, ahora se reconoce ampliamente que, durante los últimos decenios, el uso del RVR ha permitido llevar a cabo con seguridad las operaciones en condiciones de mala visibilidad.

2.6 El hecho de que el RVR depende tanto de los parámetros meteorológicos como de los parámetros operacionales complica la asignación de la responsabilidad en la evaluación del RVR. Algunos Estados asignan la responsabilidad de la evaluación del RVR a la oficina meteorológica mientras que otros consideran que esto incumbe al proveedor del ATS.

Capítulo 3

EXPLICACIÓN DE TÉRMINOS

3.1 Estas explicaciones se basan en general en las definiciones científicas establecidas, algunas de las cuales se han simplificado para beneficio de los que no son especialistas. Se han marcado con un asterisco (*) las definiciones aprobadas de la OACI y con un doble asterisco (**) las definiciones publicadas de la OMM¹. Las unidades, cuando procede, están indicadas entre paréntesis.

3.2 Al considerar las definiciones, se ha supuesto lo siguiente:

- a) el coeficiente de extinción, el alcance óptico meteorológico, la transmisividad y la transmitancia pueden ser definidas en términos de flujo luminoso y son intercambiables para cuantificar la claridad (es decir transparencia) de la atmósfera (véase 6.2.1);
- b) en todas las definiciones, el flujo luminoso ha sido definido por la Comisión Internacional de Alumbrado (CIE) como respuesta de visión humana; y
- c) se indique o no, las cantidades relacionadas con el flujo luminoso están relacionadas con una fuente de luz incandescente de una temperatura de color de 2 700 K.

Alcance óptico meteorológico (MOR).** La longitud del trayecto en la atmósfera requerida para reducir el flujo luminoso en un haz colimado procedente de una lámpara incandescente con una temperatura de color de 2 700 K, a 0,05 de su valor original, siendo evaluado el flujo luminoso mediante la función de luminosidad fotométrica de la Comisión Internacional de Alumbrado (CIE) [metro (m) o kilómetro (km)].

Nota 1.— La relación entre el alcance óptico meteorológico y el coeficiente de extinción (en el umbral de contraste de $\epsilon = 0,05$) utilizando la ley de Koschmieder es: $MOR = -\ln(0,05)/\Phi \cdot 3/\Phi$. MOR = visibilidad en determinadas condiciones (véase lo que sigue).

Nota 2.— Aplicando las hipótesis indicadas en 3.2, la definición puede también enunciarse como sigue: la longitud del trayecto en la atmósfera requerida para reducir el flujo luminoso de un haz colimado a 0,05 de su valor original.

Alcance visual. Distancia máxima, por lo general en sentido horizontal, a la cual una fuente luminosa o un objeto resulta visible en condiciones particulares de transmitancia y de luminancia de fondo.

Alcance visual en la pista (RVR)*. Distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que señalan su eje (metro, m).

1. Guía sobre instrumentos meteorológicos y métodos de observación, Capítulo 9 (OMM-Núm. 8)

Alcance visual oblicuo (SVR). El alcance visual de un objeto especificado o de la luz a lo largo de una línea de visión que difiere significativamente de la horizontal; por ejemplo, el alcance visual de objetos o luces en tierra vistos desde una aeronave en la aproximación (metro, m).

Coefficiente de extinción (Φ).** La proporción del flujo luminoso perdido por un haz colimado, emitido por una fuente incandescente de una temperatura de color de 2 700 K, al recorrer la longitud de una distancia unidad por la atmósfera (por metro, m^{-1}).

Nota 1.— El coeficiente es una medida de la atenuación debida a la absorción y a la dispersión.

Nota 2.— Con las hipótesis indicadas en 3.2, puede también enunciarse la definición de la forma siguiente: la proporción del flujo luminoso perdido por un haz colimado al recorrer la longitud de una distancia unidad por la atmósfera.

Contraste de luminancia (C). Relación de la diferencia de la luminancia de un objeto y la luminancia de su fondo, con la luminancia del fondo (adimensional).

Flujo luminoso (M).** La cantidad derivada del flujo radiante al evaluar la radiación de conformidad con su acción en un observador fotométrico normalizado de la Comisión Internacional de Alumbrado (CIE) (lumen, lm).

Nota.— El flujo radiante representa la intensidad de un haz luminoso mientras que el flujo luminoso representa la magnitud de la respuesta del ojo humano al haz luminoso.

Iluminancia (E).** El flujo luminoso recibido por unidad de área (lux, lx).

Intensidad luminosa (I).** El flujo luminoso por unidad de ángulo sólido (candela, cd).

Ley de Allard. Ecuación que relaciona la iluminación (E) producida por una fuente luminosa de intensidad (I) sobre un plano normal a la línea de visión, a la distancia (x) de la fuente, en una atmósfera con una transmisividad (T).

Nota.— Aplicable al alcance visual de las luces — véase el Apéndice A.

Ley de Koschmieder. La relación entre el contraste de luminancia aparente (C_x) de un objeto, observado frente al horizonte celeste por un observador distante y su contraste de luminancia inherente (C_0), es decir, el contraste de luminancia que el objeto tendría frente al horizonte cuando se observa a una distancia muy corta.

Nota.— Aplicable al alcance visual de los objetos durante el día — véase el Apéndice B.

Luminancia (brillantez fotométrica) (L). La intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada (candela por metro cuadrado, cd/m^2).

Medidor de dispersión. Instrumento para estimar el coeficiente de extinción midiendo el flujo disperso por un haz luminoso mediante las partículas presentes en la atmósfera.

Transmisividad (o coeficiente de transmisión) (T). Fracción del flujo luminoso que permanece en un haz después de atravesar un trayecto óptico de una unidad de distancia por la atmósfera (adimensional).

Transmisómetro. Instrumento que mide directamente la transmitancia entre dos puntos del espacio; es decir, a lo largo de un trayecto de longitud especificada o de una línea básica.

Transmitancia (t_b). La transmisividad dentro de un trayecto óptico de una longitud b determinada en la atmósfera (adimensional).

Umbral de contraste (ϵ)**. Contraste de luminancia mínimo que puede ser detectado por el ojo humano; es decir, el valor que permite distinguir a un objeto de su fondo (adimensional).

Nota.— *El umbral de contraste varía de una persona a otra.*

Umbral visual de iluminación (E_7). La mínima iluminancia requerida por el ojo humano para alcanzar a ver una pequeña fuente luminosa visible (lux, lx).

Visibilidad (V)*. La visibilidad para fines aeronáuticos es el más grande de los siguientes valores:

- a) la mayor distancia a la que un objeto negro de dimensiones convenientes situado cerca del suelo puede ser observado y reconocido frente a un fondo brillante;
- b) la distancia máxima a la que pueden ser observadas e identificadas frente a un fondo no iluminado las luces de intensidad cercana a las 1 000 candelas.

Nota.— *Las dos distancias tienen valores distintos en el aire con un determinado coeficiente de extinción y lo indicado en b) varía con la iluminación de fondo. Se representa lo indicado en a) mediante el alcance óptico meteorológico (MOR).*

Capítulo 4

FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE REDUCEN LA VISIBILIDAD

4.1 INTRODUCCIÓN

4.1.1 La visibilidad está siempre hasta cierto punto restringida por la dispersión de la luz y por la absorción de partículas atmosféricas (p. ej., cristales microscópicos de sal, polvo y partículas de hollín, gotitas de agua), que se encuentren en suspensión o que descendan por la atmósfera. Incluso sin tales partículas, la dispersión molecular (dispersión Rayleigh) limita la visibilidad. Por lo tanto, nunca se da en la atmósfera una visibilidad infinita, aunque es frecuentemente posible alcanzar a ver a grandes distancias. En este capítulo se examinan los fenómenos meteorológicos que pueden hacer que disminuya la visibilidad, poniéndose énfasis particular en aquellos que pueden disminuir la visibilidad hacia la gama de valores RVR, es decir, por debajo de 1 500 m. En la Tabla 4-1 se presenta una lista de los fenómenos meteorológicos más comunes y algunas de sus características. Las gamas de valores MOR indicadas son valores ordinarios basados en la experiencia. El tema de la absorción es pertinente para los medidores de la dispersión solamente cuando tiene aplicación la dependencia de la longitud de onda, en cualquier instrumento con una respuesta óptica que no esté centrada en 0,55 μm (es decir, respuesta máxima para la visión humana).

Tabla 4-1. Fenómenos meteorológicos comunes que reducen la visibilidad

<i>Fenómeno meteorológico</i>	<i>Valores MOR ordinarios (m)</i>	<i>Absorción</i>	<i>Dependencia de longitud de onda</i>
Tempestad de arena		Sí	Posible
Tempestad de polvo		Sí	Posible
Humo		Posible	Posible
Calima	1 000 – 5 000	Posible	Sí
Neblina	1 000 – 5 000	No	No
Niebla	30 – 1 000	No	No
Llovizna	> 1 000	No	No
Lluvia	> 1 000	No	No
Nieve	> 300	No	No
Ventisca alta	> 50	No	No

4.1.2 En muchas partes del mundo la neblina y la niebla son las causas principales de una disminución de la visibilidad que sea significativa para las operaciones. La precipitación fuerte puede también ser causa de visibilidad escasa que restringe las operaciones de las aeronaves. La nieve es uno de los factores más comunes que reducen la visibilidad en climas fríos. La arena y el polvo (incluidas las tempestades de polvo y de arena) pueden llevar a una disminución brusca de la visibilidad en zonas áridas y de desierto.

4.2 LITOMETEOROS: CALIMA, ARENA, POLVO, HUMO Y CENIZAS VOLCÁNICAS

4.2.1 El alcance visual reducido debido a polvo u a otras partículas microscópicas (secas) en la atmósfera se denomina calima. En condiciones de calima, la dispersión de la luz azul es superior a la de la luz roja de forma que pueden observarse los objetos oscuros como si se vieran a través de un velo de azul pálido. La visibilidad no es necesariamente constante en cualquier dirección puesto que pueden frecuentemente ocurrir variaciones debidas al humo y a otras impurezas en zonas residenciales e industriales. La calima y otros litometeoros se notifican solamente cuando la visibilidad es de 5 000 m o inferior (excepto en el caso de ventisca baja de arena y cenizas volcánicas que siempre se notifican por motivos operacionales).

4.2.2 Los litometeoros de pequeñas partículas (calima, humo y cenizas volcánicas) pueden permanecer en suspensión en la atmósfera más o menos indefinidamente. Solamente en condiciones anómalas, tales como humo denso de grandes incendios, estos fenómenos reducirán la visibilidad a un valor inferior a 1 500 m.

4.2.3 Los litometeoros de grandes partículas (arena y polvo) requieren velocidades importantes del viento para permanecer suspendidos en la atmósfera, lo cual solamente ocurre en asociación con los siguientes fenómenos:

a) *tempestad de arena*

Viento fuerte y turbulento que porta arena por el aire, siendo el diámetro de la mayoría de las partículas de valores comprendidos entre 0,08 mm y 1 mm. En contraste con la tempestad de polvo, las partículas de arena están en la mayoría de los casos limitadas a los 2 m inferiores, y pocas veces se levantan a una altura superior a 15 m sobre el suelo. Se originan tempestades de arena en las regiones del desierto en las que hay arena suelta, frecuentemente en forma de dunas, apenas mezclada con el polvo. Se deben a vientos fuertes causados o aumentados por el calor de la superficie y tienden a formarse durante el día y a extinguirse por la noche.

La parte delantera de una tempestad de arena puede tener la apariencia de una muralla ancha y alta. Las murallas de arena van frecuentemente acompañadas de cumulonimbus que pueden estar escondidos por las partículas de arena; y también pueden estar presentes sin ninguna clase de nubes a lo largo del borde frontal de una masa de aire frío que avance.

b) *tempestad de polvo*

Un viento fuerte y turbulento en una zona extensa levanta con su energía partículas de polvo. Estas condiciones ocurren frecuentemente en períodos de sequía sobre zonas de tierra normalmente arable, proporcionando así partículas muy finas de polvo que se distinguen de las tempestades más comunes de arena de las regiones del desierto.

Habitualmente las tempestades de polvo ocurren repentinamente en forma de una muralla de polvo que puede ser de varios kilómetros de longitud que avanza y frecuentemente llega hasta más de 3 000 m de altura. Por delante de la tempestad de polvo puede haber algunos remolinos de polvo (ya sea separados o fusionándose con la masa principal) y por delante de la muralla de polvo el aire es muy caliente y el viento ligero. Las murallas de polvo van frecuentemente acompañadas de cumulonimbus que pueden estar escondidos por las partículas de polvo; también pueden presentarse sin ninguna clase de nubes a lo largo del borde frontal de una masa de aire frío que avanza.

c) *remolinos de polvo/arena*

Columna de aire en rápida rotación que se encuentra habitualmente sobre terreno seco y polvoriento o arenoso que transporta polvo y otros materiales ligeros recogidos del terreno. Los remolinos de polvo o de arena tienen unos pocos metros de diámetro. Normalmente se extienden en la vertical a una altura no superior a los 60 a 90 m (200 a 300 ft). Los remolinos de polvo y arena que ya están bien desarrollados en regiones del desierto muy calientes pueden alcanzar una altura de 600 m (2 000 ft).

4.3 HIDROMETEOROS: NEBLINA Y NIEBLA

4.3.1 La neblina es un oscurecimiento atmosférico producido por gotitas de agua microscópicas en suspensión o por partículas hidrosópicas mojadas que produce generalmente un velo delgado de color gris sobre el paisaje. Las partículas inmersas en la neblina tienen principalmente diámetros del orden de unas pocas decenas de micrómetros.

4.3.2 Se notifica la neblina cuando la visibilidad es por lo menos de 1 000 m pero no superior a 5 000 m y la humedad relativa es superior al 90%.

4.3.3 La niebla es un oscurecimiento atmosférico en las capas inferiores de la atmósfera producida por gotitas de agua o cristales de hielo en suspensión concentrada, siendo el aire de una humedad relativa de aproximadamente 100%. En condiciones frías, la suspensión puede ser de cristales de hielo y la niebla resultante se denomina *niebla engelante*.

4.3.4 Se clasifica en general la niebla en función del proceso físico que produce la saturación o casi saturación del aire. La *niebla de radiación* se forma como resultado del enfriamiento radiativo habitualmente en noches sin nubes y condiciones de viento ligero. La *niebla de advección* se forma cuando el aire caliente y húmedo del mar o de la tierra se enfría al pasar por encima de una superficie más fría. La *niebla de mar* es una niebla de advección que se forma cuando el aire caliente de la tierra se aleja por encima del agua más fría. Se produce la *niebla de evaporación (niebla de vapor)* dentro de una masa de aire más fría y estable debido a la rápida evaporación de una superficie de agua subyacente más caliente. La *niebla de laderas* se forma cuando se enfría el aire que sopla al ascender por una ladera llevando al *oscurecimiento de montaña*. Las nubes se forman por este mismo proceso y cuando los stratus descienden hasta el suelo se denominan niebla.

4.3.5 Se notifica la niebla cuando la visibilidad es inferior a 1 000 m.

4.3.6 Mientras existe la niebla, cambian sus características y las condiciones visuales dentro de la misma (véase también 11.5.2). Para fines descriptivos puede decirse que la mayoría de las nieblas pasan por tres fases:

a) *fase de formación de la niebla*

Es el tiempo que transcurre desde que se presentan los primeros signos de niebla hasta que la misma es continua sobre una zona relativamente extensa. En el caso de la niebla de advección que sopla y pasa por un aeródromo, esta fase puede durar sólo unos pocos minutos. En el otro extremo, pueden pasar varias horas hasta que la niebla de radiación llegue a esta fase, pero también puede formarse con bastante rapidez. La niebla de radiación puede aparecer en primer lugar como niebla muy cercana al suelo formando parches densos. Más tarde pueden formarse grandes parches aislados que se desplazan lentamente empujados por vientos suaves. Por la noche, la existencia de esos parches no es evidente hasta que uno de ellos encuentra un instrumento, y esto lleva a un valor bajo del RVR. Inversamente, puede formarse la niebla cercana al suelo y extenderse a todo el aeródromo o a parte del mismo. En consecuencia, durante el período de formación de la niebla, especialmente la niebla de radiación, pueden existir grandes variaciones locales, espaciales y temporales de la visibilidad y el RVR notificado por cada uno de los instrumentos pudiera no ser representativo de la totalidad de la pista.

b) *fase principal de la niebla*

Esto se aplica a todo tipo de niebla que se ha formado como una capa continua sobre una zona relativamente extensa que comprende parte del aeródromo o su totalidad, hasta que comience a desintegrarse o dispersarse. Esa niebla puede ser uniforme en el espacio y los cambios temporales de la visibilidad pueden ser reducidos y acontecer con lentitud. Sin embargo, en otros casos pueden presentarse variaciones de la visibilidad de hasta un 50% dentro del cuerpo principal de la niebla. Por lo general, las condiciones de la visibilidad se representan con bastante fidelidad mediante observaciones y mediciones con instrumentos. Puesto que las variaciones son progresivas, pueden fácilmente discernirse las tendencias.

c) *fase de desintegración*

Esta fase abarca el período de desintegración o dispersión de la niebla. Pueden presentarse grandes variaciones de la visibilidad dentro de la niebla, pero estas variaciones pueden también ser reducidas. Normalmente las mediciones de los instrumentos son bastante representativas, salvo cuando la niebla de radiación comienza a levantarse del suelo pasando a ser nubes de stratus bajos.

4.4 PRECIPITACIÓN

4.4.1 La precipitación es un hidrometeoro que está constituido por partículas de agua, en forma líquida o sólida que caen de la atmósfera y llegan al suelo. La precipitación comprende *llovizna, lluvia, nieve, cinarra, cristales de hielo (polvo de diamante), hielo granulado, granizo, granizo menudo o nieve granulada*.

4.4.2 La precipitación puede caracterizarse según el tamaño de las gotitas y el estado físico, de la forma siguiente:

a) *llovizna*

Precipitación bastante uniforme constituida exclusivamente por gotas finas de agua de diámetros desde 0,2 a 0,5 mm. Las gotas parecen flotar sobre el suelo y están muy cercanas las unas de las otras. La llovizna cae habitualmente desde nubes de stratus bajos y nubes stratocumulos.

b) *lluvia*

Precipitación en forma de gotas de agua líquida, cuyo tamaño varía desde 0,5 mm hasta un máximo de 6 mm de diámetro (en general, se rompen las gotas de diámetro superior a 6 mm). La lluvia puede ser continua o en forma de chubascos.

c) *nieve*

Precipitación sólida en forma de cristales de hielo. Los cristales se ramifican habitualmente para formar estrellas de seis puntos y entrelazadas para formar copos de nieve. La nieve puede ser continua o caer en chubascos.

d) *cinarra*

Precipitación de granos blancos y opacos, muy pequeños, de hielo, parecidos al hielo granulado, pero que son bastante llanos o alargados y que no rebotan fácilmente o se rompen al caer sobre el suelo duro. Su diámetro es en general inferior a 1 mm.

e) *cristales de hielo* (polvo de diamante)

La precipitación de cristales de hielo no ramificados en forma de agujas, columnas o placas, frecuentemente son tan delgadas que parecen estar suspendidas en el aire. Caen desde un cielo despejado.

f) *hielo granulado*

Precipitación de partículas de hielo transparentes o translúcidas de pequeño tamaño (diámetro inferior a 5 mm).

g) *granizo*

Precipitación de partículas de hielo (pedruscos) cuyo diámetro está en general comprendido entre 5 y 50 mm, duras y en parte transparentes que caen por separado o se congelan juntas formando trozos irregulares. El granizo desciende desde nubes cumulonimbus y adopta la forma de chubascos.

h) *granizo menudo o hielo granulado*

Partículas de hielo translúcido de un diámetro de hasta 5 mm que, al caer sobre suelo duro, rebotan con un sonido audible. El granizo menudo está constituido por nieve granulada total o parcialmente encajada en una capa de hielo y está en una etapa intermedia entre la nieve granulada y el granizo.

4.4.3 Los chubascos están asociados a nubes convectivas. Se caracterizan por su principio y término brusco y por variaciones en general rápidas y fuertes de intensidad de precipitación. Las gotas y las partículas sólidas que caen en un chubasco son en general de tamaño superior al de las que caen en una precipitación distinta a un chubasco.

4.4.4 En relación con la nieve, se emplean las características de “ventisca baja” y “tempestad de nieve”. La ventisca baja significa que la nieve se levanta de la superficie por causa del viento hasta una altura inferior a 2 m (6 ft) por encima del suelo (la altura supuesta de los ojos de un observador). La tempestad de nieve indica que las partículas de nieve se levantan de la superficie por causa del viento hasta una altura de 2 m o más por encima del suelo.

4.5 IMPACTO DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EN LA VISIBILIDAD

4.5.1 La precipitación líquida (lluvia, llovizna), con muy poca frecuencia reduce por sí sola la visibilidad hasta la gama de valores del RVR. Sin embargo, las condiciones de la precipitación líquida pueden llevar a valores del RVR importantes para las operaciones cuando la precipitación está acompañada de niebla lo cual ocurre frecuentemente con la llovizna, o cuando la precipitación es particularmente fuerte. Además, la niebla de vapor generada por aire húmedo más frío que se mueve por encima de una pista caliente y mojada puede también reducir la visibilidad hasta la gama de valores del RVR.

4.5.2 La precipitación sólida (diversas formas de nieve) es más eficaz que las gotitas de agua para dispersar la luz, y, por lo tanto, reducirá frecuentemente la visibilidad hasta valores RVR que son de importancia para las operaciones. En particular, en condiciones de vientos fuertes, la ventisca alta puede llevar a condiciones de valores muy bajos del RVR. Además, la ventisca baja, densa y muy extendida puede impedir que el piloto vea totalmente o parcialmente las luces de pista aunque la visibilidad notificada sea alta. Pueden ocurrir fenómenos similares con la ventisca baja de arena.

Capítulo 5

MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

5.1 RESUMEN DE LOS MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

5.1.1 En la actualidad existen dos métodos principales de observación que se describen a continuación. En este contexto, *observar* implica hacer mediciones con instrumentos u observaciones visuales de los parámetros físicos (p. ej., transmitancia, coeficiente de extinción, número de luces de borde de pista visibles, etc.) que puedan servir de fundamento para la *evaluación* del RVR.

a) *Método con instrumentos*

Una práctica ordinaria para determinar el RVR con instrumentos es la de utilizar un transmisómetro (véase el Capítulo 7) para medir la transmitancia de la atmósfera, o un medidor de la dispersión frontal (véase el Capítulo 8) para medir el coeficiente de extinción atmosférica. Se calcula seguidamente el RVR teniendo en cuenta lo que se mide (es decir, la transmitancia o el coeficiente de extinción), las características de las luces y la sensibilidad de detección prevista de los ojos del piloto en las condiciones reinantes de luminancia de fondo (véase el Capítulo 6). Existen otros métodos con instrumentos pero en la actualidad solamente se recomiendan para evaluar el RVR los transmisómetros y los medidores de la dispersión frontal.

b) *Método de observadores*

Un observador cuenta el número de luces de pista o de balizas visibles desde una posición de observación cerca de la pista. Este número se convierte a valores del alcance visual en la pista, teniéndose debidamente en cuenta las diferencias de la intensidad de la luz, el fondo, etc., desde las diversas posiciones de observación del observador y del piloto. Algunas veces, cuando es difícil contar las luces de pista, se efectúan las observaciones respecto a una hilera especial de luces de pista o de otras luces que se colocan cerca de la pista. (En el Capítulo 10 se estudia la notificación de los observadores).

5.1.2 Para satisfacer los requisitos de una rápida actualización de la información sobre cambios del RVR, la tendencia ha sido de utilizar sistemas automatizados capaces de dar lecturas digitales del RVR, con el complemento a veces de registros en papel impreso o en cinta magnética.

5.1.3 Las evaluaciones humanas no son prácticas ni se recomiendan para pistas de aproximación de precisión y muy en particular no son prácticas para operaciones de las Categorías II y III, por los siguientes motivos:

a) la precisión y la uniformidad son de peor calidad que los sistemas de medición del RVR por instrumentos (véase 5.7.2);

b) múltiples lugares a lo largo de la pista deben ser supervisados simultáneamente (véase 5.5.4);

- c) no puede cumplirse con la frecuencia de actualización ni con el período para promediar según lo requerido (véase 11.5); y
- d) no pueden indicarse las fluctuaciones del RVR, incluidas las tendencias (véase 11.6).

5.1.4 En aplicación de la Enmienda 72 del Anexo 3, el uso de sistemas por instrumentos es ahora obligatorio para las operaciones de Categorías II y III y se recomienda para las operaciones de aproximación y aterrizaje por instrumentos de Categoría I. (Véase el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.2.1 y 4.3.2.2).

5.2 EVALUACIONES NECESARIAS

5.2.1 Lo relativo a la evaluación y a la notificación del RVR se presenta en el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3 y Apéndice 3, 4.3.

5.2.2 De conformidad con el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3.1, el RVR se evaluará en todas las pistas destinadas a operaciones de aproximación y aterrizaje por instrumentos de Categorías II y III.

5.2.3 Además, se indica en el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3.2 que el RVR debería evaluarse en todas las pistas que se prevea utilizar durante períodos de visibilidad reducida, incluyendo:

- a) las pistas para aproximaciones de precisión destinadas a operaciones de aproximación y aterrizaje por instrumentos de Categoría I;
- b) las pistas utilizadas para despegues y dotadas de luces de borde o de eje de pista de alta intensidad.

Nota. C Las pistas para aproximaciones de precisión se definen en el Anexo 14, Volumen I, Capítulo 1, bajo el título "Pista de vuelo por instrumentos".

5.2.4 Cuando se requieran evaluaciones del RVR, de conformidad con el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3.3, deberían efectuarse y notificarse en el curso de todos los períodos durante los cuales se observe que la visibilidad horizontal o el RVR sean inferiores a 1 500 m.

5.2.5 Puede notificarse el RVR para valores que oscilen entre 50 m y 2 000 m (véase el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.6.2). Debe destacarse que los valores en el intervalo de 1 500 m a 2 000 m se notificarían únicamente en situaciones en las cuales la visibilidad sea inferior a 1 500 m.

5.3 EMPLAZAMIENTO PARA LAS EVALUACIONES — GENERALIDADES

5.3.1 Deberían establecerse sistemas de evaluación del RVR que sean representativos de la posición de observación del piloto en la medida de lo posible sin que se infrinjan las disposiciones sobre obstáculos del Anexo 14 — *Aeródromos, Volumen I — Diseño y operaciones de aeródromos*; y, en el caso de observadores humanos, sin ningún riesgo para los observadores. Estas disposiciones requieren que los objetos que, a causa de sus funciones, requieran estar situados dentro de una franja¹ para satisfacer los requisitos de la navegación aérea, deberían ser frangibles y deberían emplazarse de tal forma que se reduzca a un mínimo el riesgo de colisión (Anexo 14, Volumen I, 9.9).

1. La "franja" de una pista de aproximación de precisión o de una pista de aproximación por instrumentos debería prolongarse a una distancia mínima de 150 m a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la longitud de la franja (Anexo 14, Volumen I, 3.4.3 y 3.4.4).

5.3.2 Puesto que el RVR no puede ser medido directamente sobre la pista, el error proveniente de la diferencia entre las condiciones en la pista y en el lugar en el que se evalúa el RVR puede tener un impacto en las operaciones. Habitualmente se instalan los sistemas de evaluación del RVR a una distancia de hasta 120 m desde el eje de la pista sobre la hierba o sobre una superficie de arena, que a veces puede estar cubierta de nieve en invierno. Por el contrario, la pista está construida de hormigón o de asfalto, y puede calentarse con más rapidez que las superficies de hierba, nieve o arena circundantes. La diferencia resultante de temperaturas entre la pista y las zonas circundantes influirá en la distribución de la niebla y puede llevar a un valor superior del RVR a lo largo de la pista que el evaluado mediante los instrumentos. Este efecto puede ser incluso mayor por razón de los movimientos de aeronaves sobre la pista. Por lo menos a corto plazo, los movimientos de aeronaves sobre la pista pueden llevar a que se disipe la niebla por razón de los gases de escape calientes y de la turbulencia generada. Sin embargo, los gases de escape contienen núcleos de condensación y vapor de agua que pueden llevar a que la niebla sea incluso más densa a largo plazo. En climas fríos, durante las inversiones de superficie, una sola operación de vuelo puede ser suficiente para la formación de niebla debido a la turbulencia generada. Este tipo de niebla desaparece frecuentemente poco después de formarse. Si la niebla está producida por advección, la dirección del viento y los obstáculos pueden llevar a una distribución no homogénea de la niebla. Si la niebla no es homogénea, el volumen de medición del instrumento utilizado puede influir en que el RVR evaluado sea o no representativo. Esto se ilustra de forma óptima mediante el ejemplo de niebla parcheada en la que los instrumentos pueden estar completamente cubiertos por un parche de niebla mientras que al mismo tiempo la visibilidad sobre la pista es relativamente buena, o viceversa.

5.3.3 En climas fríos debe tenerse en cuenta la remoción de la nieve al colocar los sensores del RVR cerca de las calles de rodaje; el equipo de remoción de la nieve puede lanzarla hacia los sensores y dañarlos o influir en su actuación.

5.4 ALTURA SOBRE LA PISTA

5.4.1 En un principio se supuso que una altura de los ojos del piloto de 5 m sobre la pista sería representativa del puesto de observación del piloto por encima de la pista. Como las luces de pista se encuentran cerca del nivel del terreno, esto implica un promedio de altura de unos 2,5 m desde la trayectoria de la luz hasta los ojos del piloto. Por consiguiente, se recomienda evaluar el RVR a una altura de aproximadamente 2,5 m (7,5 ft) (véase el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.1.1).

5.4.2 En el sistema de observadores, sería ideal que los ojos del observador estuvieran a una altura de 5 m, a la misma altura que la posición de visión de los pilotos. En la práctica, el observador está habitualmente en el suelo. En algunos aeródromos es imposible ver e identificar todas las luces requeridas desde una altura tan baja, a causa de los baches y hendiduras de la pista o de bancos de nieve a lo largo de las pistas. En tales casos, las evaluaciones deberían efectuarse desde una plataforma elevada o desde una posición por encima de un vehículo. Además, es a veces necesario hacer observaciones desde posiciones elevadas para obtener una mejor visibilidad de las luces situadas en el lado opuesto de la pista cuando éstas se utilicen para evaluaciones del RVR.

5.4.3 En la práctica, la altura de los ojos del piloto puede variar significativamente respecto al valor de 5 m supuesto en 5.4.1. En la Figura 5-1 se ilustra esta variación respecto a aeronaves comerciales matriculadas en Estados Unidos; puede esperarse que haya variaciones semejantes respecto a aeronaves de otros Estados. Las cifras representan el porcentaje acumulado de las alturas de los parabrisas de los aviones. Cada punto representa el aporte de un tipo particular de aeronave. En la distribución de alturas predomina un elevado porcentaje de las de aeronaves de reacción de transporte comercial de fuselaje estrecho, representado por tres escalones grandes verticales en el porcentaje acumulado de alturas entre 3 y 4 m. El gran escalón horizontal en la parte superior de la figura corresponde al Boeing-747 que tiene el parabrisas más elevado de puesto de pilotaje. La altura media (correspondiente al 50% de las aeronaves)

es aproximadamente de 3,6 m. La altura de 5 m supuesta en 5.4.1 tiene una percentila 89. Aunque la altura de los ojos del piloto puede ser casi un factor superior en dos o incluso inferior en tres que el valor de 5 m, no sería práctico variar la altura de medición de un aeropuerto a otro, basándose en la altura ordinaria de los ojos del piloto en dicho aeropuerto.

5.4.4 A pesar de estas diferencias en la altura de la vista del piloto de la aeronave sobre la pista, la intensidad luminosa dirigida hacia el piloto desde las luces de borde de pista y desde las luces de eje de pista, de conformidad con las especificaciones de la OACI, no varía mucho. Por consiguiente, el RVR no es muy sensible a las variaciones de la altura de los ojos del piloto de diversas aeronaves, en cuanto atañe a la intensidad de las luces de pista. (Véase 6.5).

5.4.5 Sin embargo, si la disminución de la visibilidad varía en función de la distancia desde el suelo, el valor eficaz del RVR *puede* depender de la altura de los ojos del piloto. Debería prestarse atención al influjo posible de la vegetación, de bancos de nieve, etc., puesto que:

- a) pueden hacer que disminuya la densidad de la niebla cerca del suelo y por lo tanto que aumente la variación del RVR en función de la altura de los ojos del piloto; y
- b) pueden apantallar al instrumento e impedir que se obtenga una medición representativa.

En general, la vegetación y los bancos de nieve en las cercanías de las pistas y los sensores del RVR deberían mantenerse muy por debajo de la altura mínima de los ojos del piloto y de la altura de los instrumentos de medición.

5.5 POSICIÓN A LO LARGO DE LA PISTA

5.5.1 Como frecuentemente la visibilidad no es uniforme (p. ej., niebla parcheada), lo ideal sería que las observaciones se extendieran a la totalidad de la longitud de la pista. Esto es, sin embargo, imposible en la práctica puesto que tal cobertura requeriría la instalación de un número excesivo de instrumentos. Es usual, por lo tanto, hacer las observaciones cerca de la zona de toma de contacto y en otros emplazamientos seleccionados para que indiquen satisfactoriamente las condiciones de aquellas partes de la pista de interés primordial, normalmente el punto medio y el extremo de parada. Por supuesto, esto puede llevar a veces a resultados contradictorios, particularmente en el caso de niebla parcial cuando, por ejemplo, un instrumento cerca de la zona de toma de contacto podría dar un RVR de 2 000 m, mientras que un segundo instrumento cerca del punto central de la pista a unos 1 500 m del instrumento de la zona de toma de contacto pudiera indicar un RVR de 500 m.

5.5.2 En el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3.4, se exige que las evaluaciones del RVR sean representativas de la zona de toma de contacto y de la parte media y de la más lejana de la pista. El emplazamiento para que las observaciones sean representativas de la zona de toma de contacto debería estar a unos 300 m a lo largo de la pista desde el umbral. El emplazamiento para que las observaciones sean representativas de la parte central y del extremo de parada de la pista debería estar a una distancia de 1 000 m a 1 500 m a lo largo de la pista desde el umbral y a una distancia aproximada de unos 300 m del otro extremo de la pista. Debería decidirse acerca de la posición exacta de estos emplazamientos y, de ser necesario, de otros, después de que se consideren los factores aeronáuticos, meteorológicos y climatológicos, tales como longitud de la pista, emplazamiento de las ayudas para la navegación, edificios adyacentes o el lugar de pantanos y otras zonas que se presten a formación de niebla.

5.5.3 En las instalaciones actuales se atiende cuidadosamente a estas disposiciones. En todas existe un lugar de observación frente a la zona de toma de contacto, por lo general a 300 m del umbral y en muchas instalaciones los sistemas de instrumentos para medición del RVR cuentan con emplazamientos suplementarios de observación. Uno de estos instrumentos se coloca generalmente cerca del extremo de parada, que se convierte en la zona de toma de contacto cuando se utiliza la pista en sentido opuesto.

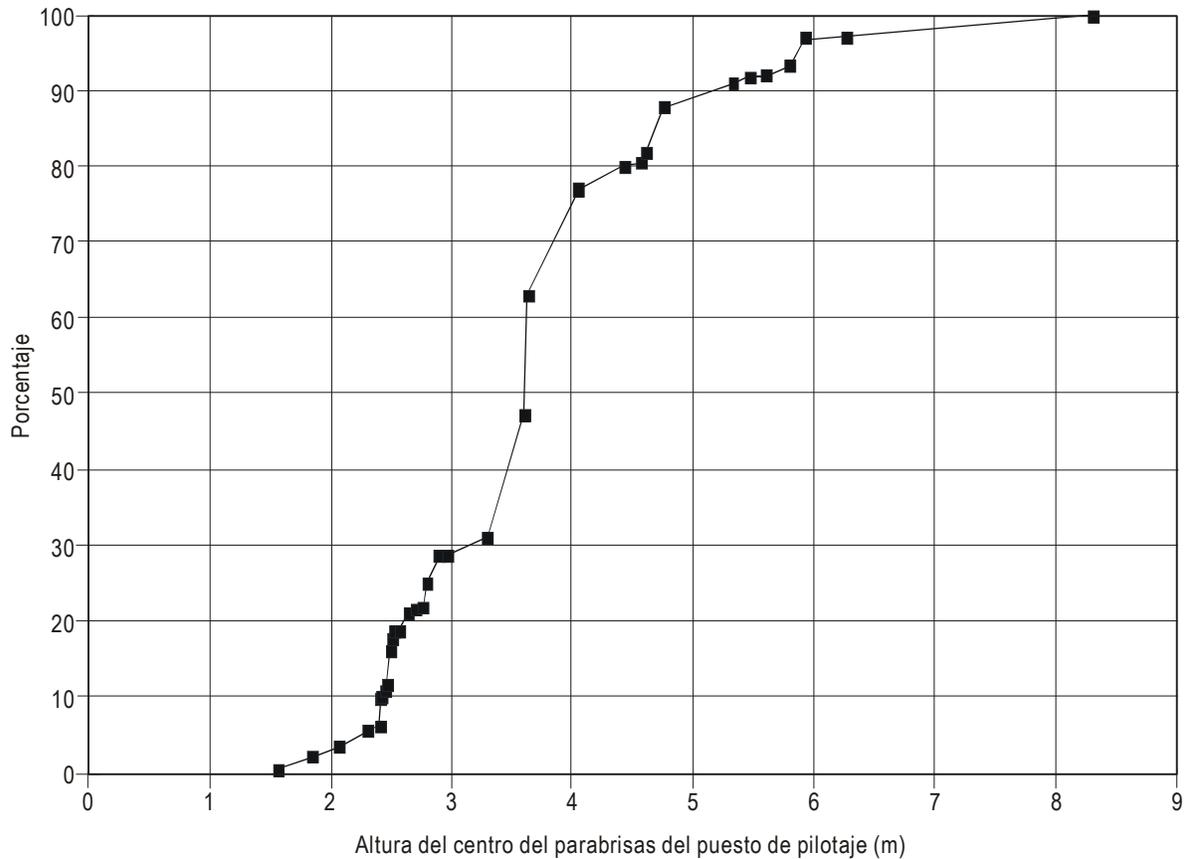


Figura 5-1. Distribución acumulada de las alturas del parabrisas de puesto de pilotaje en aeronaves comerciales estadounidenses (1994)

5.5.4 Para todas las operaciones todo tiempo se exige proporcionar el RVR y el nivel de detalles presentados depende de la categoría de operaciones del aeródromo. Los requisitos detallados para operaciones todo tiempo se presentan en los planes regionales de navegación aérea de la forma siguiente:

Operaciones de aproximación que no sea de precisión y de Categoría I

- un emplazamiento que proporcione información que sea representativa de la zona de toma de contacto;

Operaciones de Categoría II

- lo mismo que para la Categoría I más un segundo emplazamiento que sea representativo de la parte central de la pista;

Operaciones de Categoría III

- lo mismo que para la Categoría II, pero en general con una tercera posición que sea representativa del extremo de parada de la pista, a no ser que las evaluaciones en dos emplazamientos sean suficientes para las operaciones previstas.

5.5.5 Como la visibilidad puede variar considerablemente a lo largo de una pista, particularmente cuando se está formando la niebla, puede obtenerse información útil con múltiples instrumentos incluso si se realizan exclusivamente operaciones de la Categoría I.

5.6 DISTANCIA DESDE LA PISTA

5.6.1 El punto desde el cual se efectúa la evaluación del RVR debería presentar el riesgo mínimo para las aeronaves y para los instrumentos y para los observadores que nunca deberían estar expuestos al riesgo de que la aeronave choque con ellos al despegar o aterrizar. Por otro lado, para que las observaciones puedan ser estrictamente representativas de las condiciones reinantes en la pista, los emplazamientos de observación deberían estar cerca de la pista. Esto se reconoce en el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.1.2, donde se indica que es conveniente que las evaluaciones del alcance visual en la pista se efectúen a una distancia lateral del eje de la pista no mayor de 120 m.

5.6.2 Las disposiciones reglamentarias relativas a la construcción y al emplazamiento del equipo y de las instalaciones figuran en el Anexo 14, Volumen I, 9.9, y otros textos de orientación pertinentes figuran en el *Manual de servicios de aeropuertos*, Parte 6 — *Limitación de obstáculos* (Doc 9137). En la Figura 5-2 se indican los lugares más cercanos de la pista en los que está permitido emplazar los diversos instrumentos meteorológicos sin que se infrinja lo relativo a las superficies de transición.

5.6.3 En cuanto a la seguridad de los observadores, debe señalarse que las especificaciones en cuanto a limitación de obstáculos del Anexo 14 tienen relación con la faja de pista y las correspondientes superficies de transición impiden eficazmente la colocación y utilización de vehículos u otras estructuras no frangibles de evaluación del RVR (sean fijas o móviles) dentro de la faja de pista en cualquier momento cuando el control de tránsito aéreo (ATC) haya dado la autorización para que la aeronave aterrice o despegue (véase también 10.2.1).

5.7 PRECISIÓN DE LAS EVALUACIONES

5.7.1 La precisión debería ser compatible con los requisitos de informar acerca del RVR a determinados incrementos. Las recomendaciones vigentes relativas a los incrementos de notificación figuran en el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.6.1. Estas recomendaciones se analizan detalladamente en 11.4.

5.7.2 Ya en 1974, cuando se debatió acerca del asunto de la precisión en la Octava Conferencia de navegación aérea se indicó que las observaciones efectuadas sin ayuda de instrumentos eran menos precisas que las obtenidas con instrumentos. La discrepancia entre las precisiones de estos dos tipos de evaluaciones del RVR ha continuado aumentando y solamente los valores del RVR determinados por instrumentos se acercarán probablemente a las precisiones indicadas bajo el título de “precisiones operacionalmente convenientes”² que se presentan en el Anexo 3, Adjunto A.

5.8 LUCES DE PISTA QUE DEBEN UTILIZARSE

5.8.1 Al aterrizar en condiciones de escasa visibilidad (Categoría I y Categoría II), el piloto debe en general alcanzar a ver un número de luces de aproximación y de pista o de señales cuando desciende a la

2. No se pretende que la precisión operacionalmente conveniente constituya un requisito operacional; ha de interpretarse como una meta manifestada por los explotadores.

altura de decisión o por debajo de la misma. Existe un requisito similar para fines de supervisión a alturas por debajo de 30 m (100 ft) en las operaciones de Categoría III [véase el *Manual de diseño de aeródromos*, Parte 4 — *Ayudas visuales* (Doc 9157)]. Por último, al aterrizar (y con la rueda delantera de aterrizaje desplegada), el piloto debe alcanzar a ver las luces de pista o las señales desde la altura del puesto de pilotaje. En la Figura 5-3 se presenta una configuración ordinaria de luces de aproximación y de pista en los 300 m internos de la aproximación para Categorías II y III.

5.8.2 Es muy conveniente que las evaluaciones del RVR se basen en las luces que sirven de guía principal a los pilotos. Donde se hayan instalado tanto luces de borde de pista como luces de eje de pista es normal que se utilicen las luces de borde al evaluar el RVR que sea superior a 550 m; sin embargo, si el alcance visual es inferior a este valor los métodos varían de un Estado a otro. Se tiene la tendencia de utilizar luces de eje de pista para valores inferiores del RVR por los siguientes motivos:

- a) las luces de borde de pista a corta distancia proporcionan una peor guía direccional; y
- b) las luces de borde se ven más apagadas que las luces de eje cuando se observan desde fuera del eje.

Se observa la importancia creciente de la orientación que proporcionan las luces de eje a medida que disminuye la visibilidad a partir de la Figura 5-4, al cubrirla progresivamente empezando desde el borde superior mediante una hoja de papel que tenga su borde inferior paralelo a los bordes más largos del diagrama. En algunos Estados se utiliza un espaciado más denso de las luces de borde (30 m) que el indicado en la Figura 5-4 y, por consiguiente, se puede proporcionar una mejor orientación con las luces de borde a valores bajos del RVR. (Véase información más detallada en 6.5).

5.8.3 Debe señalarse que esta transición desde luces de borde hacia luces de eje a medida que disminuye el RVR no es normalmente pertinente para los observadores humanos. Los observadores humanos son en general adecuados solamente para pistas de Categoría I en las que pudiera no haber luces de eje.

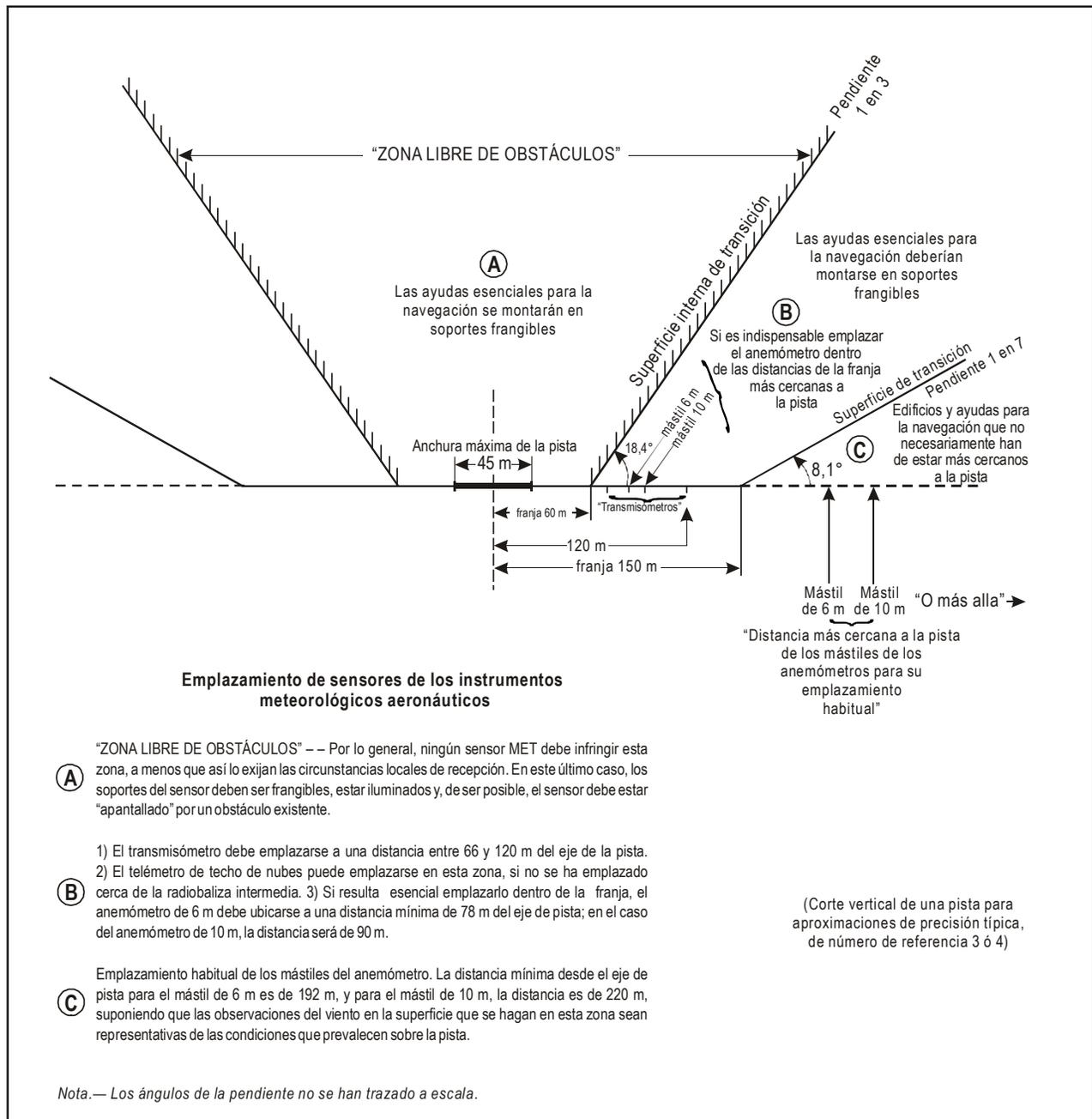


Figura 5-2. Superficies limitadoras de obstáculos

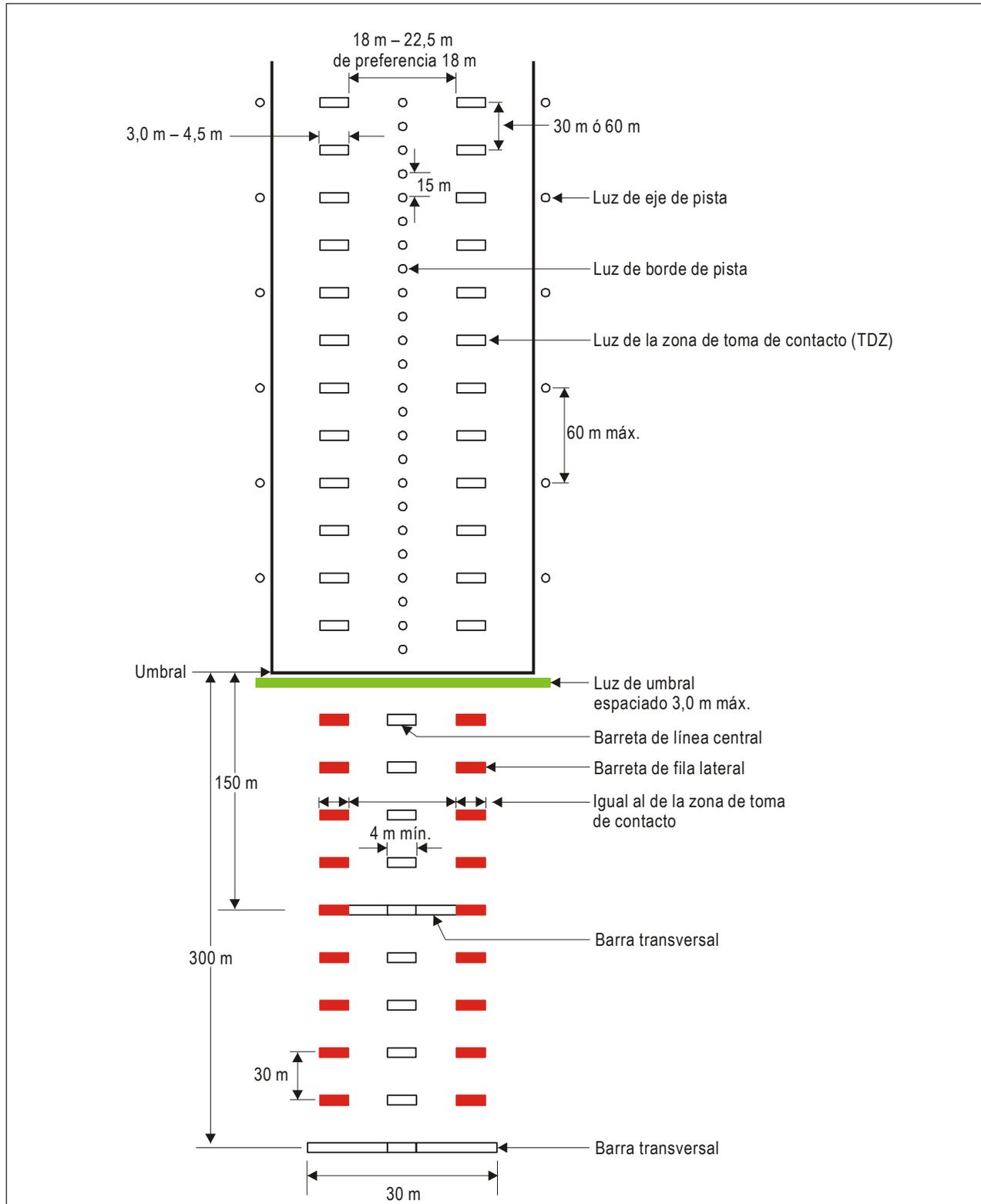


Figura 5-3. Iluminación de pista y de los 300 m internos de la aproximación, en las pistas para aproximaciones de precisión de Categorías II y III

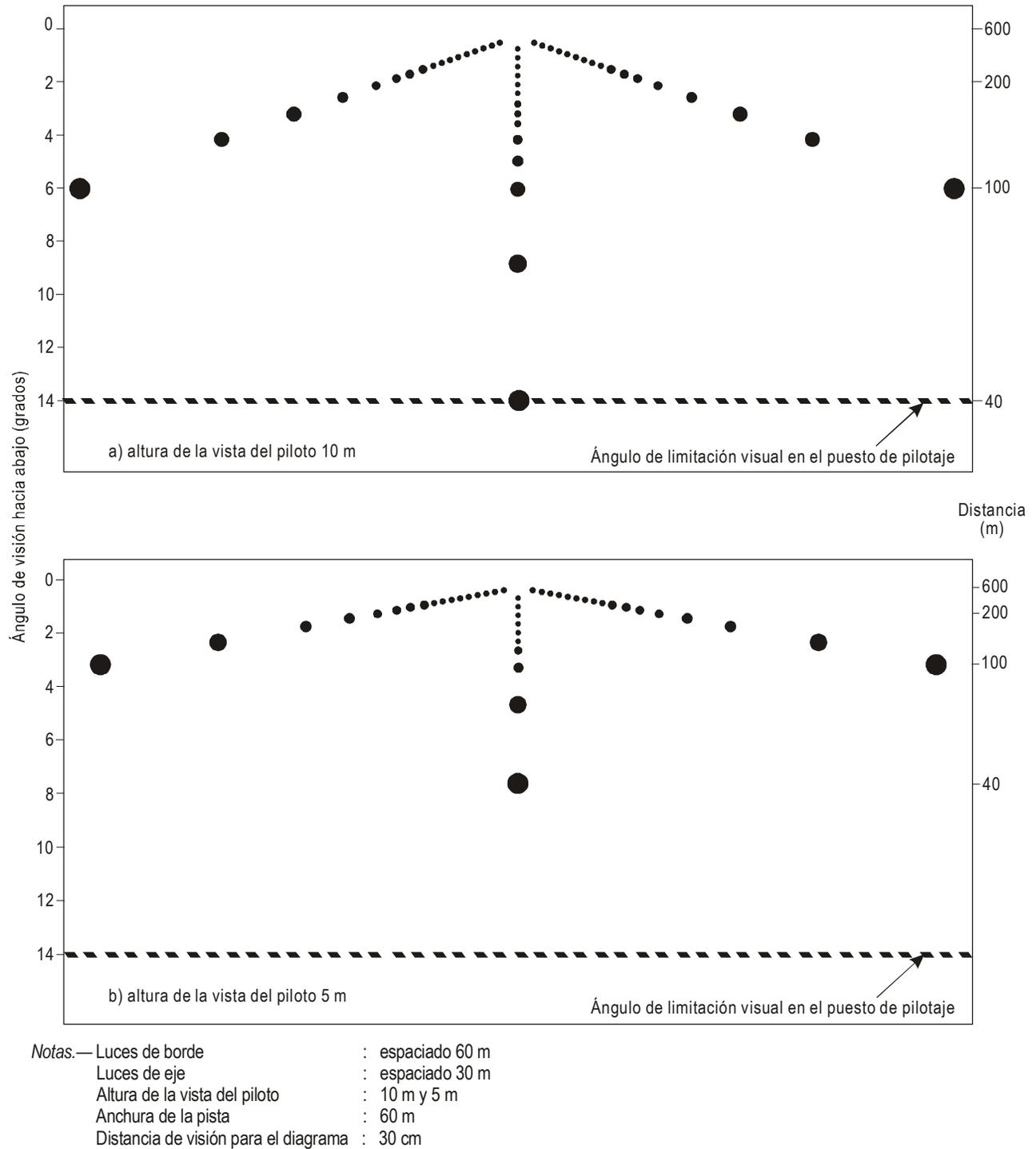


Figura 5-4. Luces de borde y de eje de pista tal como las ve el piloto durante el recorrido de aterrizaje o de despegue

Capítulo 6

EVALUACIÓN DEL ALCANCE VISUAL EN LA PISTA

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 El RVR, tal como se define en 2.1, es la distancia a la cual el piloto puede ver las luces de la pista o las señales de la superficie de la pista. El RVR se evalúa por cálculo a base de la ley de Koschmieder (en el caso de objetos o de señales) o de la ley de Allard (en el caso de luces), teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas prevalecientes.

6.1.2 Se analizan en el Apéndice B y se resumen en 6.3 los aspectos teóricos del alcance visual de objetos y de señales de pista. El fondo teórico del alcance visual de las luces, junto con las relaciones básicas entre las variables de las cuales depende el RVR, se analizan en el Apéndice A y se resumen en 6.4. En las siguientes secciones se presentan los cálculos prácticos implicados en la evaluación del RVR a base de objetos y de luces.

6.1.3 Al evaluar el RVR no se tiene en cuenta el efecto que en la visión del piloto tienen factores tales como:

- a) transmitancia del parabrisas de la aeronave (este aspecto se analiza en el Apéndice C);
- b) lluvia en el parabrisas de la aeronave;
- c) nivel de iluminación del puesto de pilotaje;
- d) iluminación a la que está expuesto el piloto antes del despegue o del aterrizaje, tal como la iluminación de reflectores en la plataforma, una niebla sumamente brillante y el vuelo por encima de luces de aproximación brillantes;
- e) condiciones físicas y psicológicas; p. ej., cansancio o estrés;
- f) variación direccional de la luminancia de fondo (puede disminuir mediante el uso de sensores múltiples de la luminancia de fondo); y
- g) aumento de la luminancia de fondo procedente de la dispersión trasera de las luces de aterrizaje de la aeronave (especialmente significativa en condiciones de nieve).

6.1.4 Sería ideal que el valor notificado del RVR representara con precisión lo que el piloto experimenta al aterrizar o al despegar. Este requisito está implicado en la enunciación de una precisión del RVR conveniente y posible según se especifica en el Anexo 3, Adjunto A, en el cual se indica que son iguales los errores del RVR negativos y positivos. Sin embargo, debido a la conveniencia de impedir la obtención de valores del RVR que no sean prudentes (es decir, superiores a los reales), se ha incluido sistemáticamente en los sistemas RVR un sesgo en el sentido de ser más prudentes. Esto lleva a una inherente notificación por defecto del RVR. A continuación se indican los modos por los que los Estados incluyen tales sesgos en sus sistemas respectivos:

- a) en la mayoría de los Estados se redondea hacia abajo el valor estimado hasta el incremento inferior más cercano en la escala de notificación, según lo recomendado por el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.6.1;
- b) todos los Estados asignan un valor nominal inferior a la intensidad de las luces de pista para tener en cuenta el posible envejecimiento y la contaminación de las bombillas (véase 6.4); y
- c) por lo menos en un Estado se aplica un retardo en el valor notificado del RVR, haciendo que descienda el valor notificado tan pronto como se indique un valor inferior pero exigiendo un aumento de 1,5 incrementos antes de aumentar el valor notificado.

Debe prestarse atención al aplicar múltiples sesgos. Si el sesgo añadido a los valores del RVR hace que desciendan muy por debajo de los valores reales, se impide innecesariamente la utilización de la pista en condiciones en las que podrían realizarse sin ningún problema las operaciones normales.

6.2 CLARIDAD ÓPTICA DE LA ATMÓSFERA

6.2.1 Según las definiciones del Capítulo 3, puede expresarse la claridad óptica de la atmósfera mediante diversos parámetros: coeficiente de extinción (σ), alcance óptico meteorológico (MOR), transmitancia (t_b) y transmisividad (T). Estos parámetros pueden relacionarse entre sí mediante las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = -\ln(t_b)/b = -\ln T \quad (1)$$

$$\text{MOR} \approx 3/\sigma \quad (2)$$

$$t_b = e^{-\sigma b} = T^b \quad (3)$$

$$T = e^{-\sigma} \quad (4)$$

En las secciones siguientes de este manual, se seleccionarán los parámetros adecuados de forma que representen óptimamente las necesidades del análisis de que se trate. En particular, en el Capítulo 7, en el que se analizan los transmisómetros, se utilizará la transmitancia o la transmisividad mientras que en el Capítulo 8, que se refiere a los medidores de la dispersión frontal, se utilizará el coeficiente de extinción. En el análisis de los errores del RVR en 6.7 se utilizará el coeficiente de extinción que pertenece igualmente a los transmisómetros y a los medidores de la dispersión frontal. Puesto que el MOR está más íntimamente relacionado con la visibilidad que el coeficiente de extinción, se utilizará el primero para comparar los resultados de aplicar las leyes de Allard y de Koschmieder en 6.4 y 6.7.

6.2.2 El coeficiente de extinción atmosférica (σ) o, en su lugar, la transmitancia atmosférica (t) son los factores más importantes para determinar el RVR a partir de las leyes de Koschmieder (6.3) o de Allard (6.4). El coeficiente de extinción representa la atenuación de la luz por la formación de aerosoles como consecuencia de dos efectos:

- a) la dispersión de la luz; y
- b) la absorción de la luz.

La dispersión es el efecto predominante de la niebla y de la nieve que son los fenómenos meteorológicos más prevalentes que llevan a reducir la visibilidad y a que el RVR descienda por debajo de 1 500 m. La

absorción desempeña una función más importante en el caso de calima, polvo y humo. La extinción debida tanto a la dispersión como a la absorción de la luz se mide mediante un transmisómetro (véanse el Capítulo 7 y el Apéndice A). Solamente se estima mediante el medidor de la dispersión frontal la extinción procedente de la dispersión de las luces (véase el Capítulo 8). En 8.1.1 se esbozan las limitaciones del medidor de la dispersión frontal.

6.3 RVR OBTENIDO CON BALIZAS U OTROS OBJETOS NEGROS U OSCUROS

Se acepta que objetos tales como balizas, árboles pequeños, cabañas etc., pueden ser vistos por el piloto desde el puesto de pilotaje y ser identificados al evaluar la visibilidad si el contraste de luminancia (C) con el firmamento o con el fondo de niebla es superior a 0,05. Puede calcularse para este contraste de luminancia el alcance visual máximo de tales objetos negros u oscuros de tamaño limitado si se conoce la transmitancia atmosférica (t) o el coeficiente de extinción (Φ) (véase el Apéndice B, ecuación 13). Esta distancia calculada, derivada de la ley de Koschmieder, basada en un contraste de luminancia de 0,05 se denomina alcance óptico meteorológico (MOR) (véase la ecuación 2). Con todo, cuando el MOR diurno excede el RVR basado en las luces, se cita habitualmente como RVR. Las hipótesis que conducen a la ecuación 2 puede ser que no tengan aplicación estricta a los objetos y señales reales. Los valores del RVR obtenidos con instrumentos pueden, por consiguiente, contener errores que no ocurrirían en el caso de observaciones humanas directas. Puesto que ordinariamente las luces de pista son más visibles que los objetos en condiciones en las que el RVR limita la utilización de la pista, puede normalmente hacerse caso omiso de esta fuente de error.

6.4 RVR OBTENIDO MEDIANTE LUCES

6.4.1 En el análisis presentado a continuación se han tenido en cuenta al calcular el RVR mediante luces los siguientes factores:

- a) la intensidad de las luces de borde de pista y de eje de pista (I);
- b) la claridad óptica de la atmósfera, expresada en términos de transmisividad (T) o de coeficiente de extinción (Φ); y
- c) el umbral visual de iluminación (E_T) del ojo que se requiere para que sea visible una fuente puntual. Esto está relacionado con la luminancia medida o supuesta del fondo contra el cual se observa la luz.

6.4.2 El RVR obtenido mediante luces está relacionado por la ley de Allard con los factores indicados en 6.4.1:

$$E_T = Ie^{-\sigma R} | R^2 = IT^R | R^2 \quad (5)$$

siendo R = el alcance visual de la luz.

En el Apéndice A se derivan y se indican las diversas fórmulas de la ley de Allard.

6.4.3 En la Figura 6-1 se ilustra gráficamente la ley de Allard, trazándose la razón RVR/MOR en función del MOR para $I = 10\,000$ cd y cinco valores de E_T . Para cada valor de E_T , la razón RVR/MOR disminuye casi linealmente con \log (MOR) para RVR/MOR > 1. Estas curvas pueden ser utilizadas para

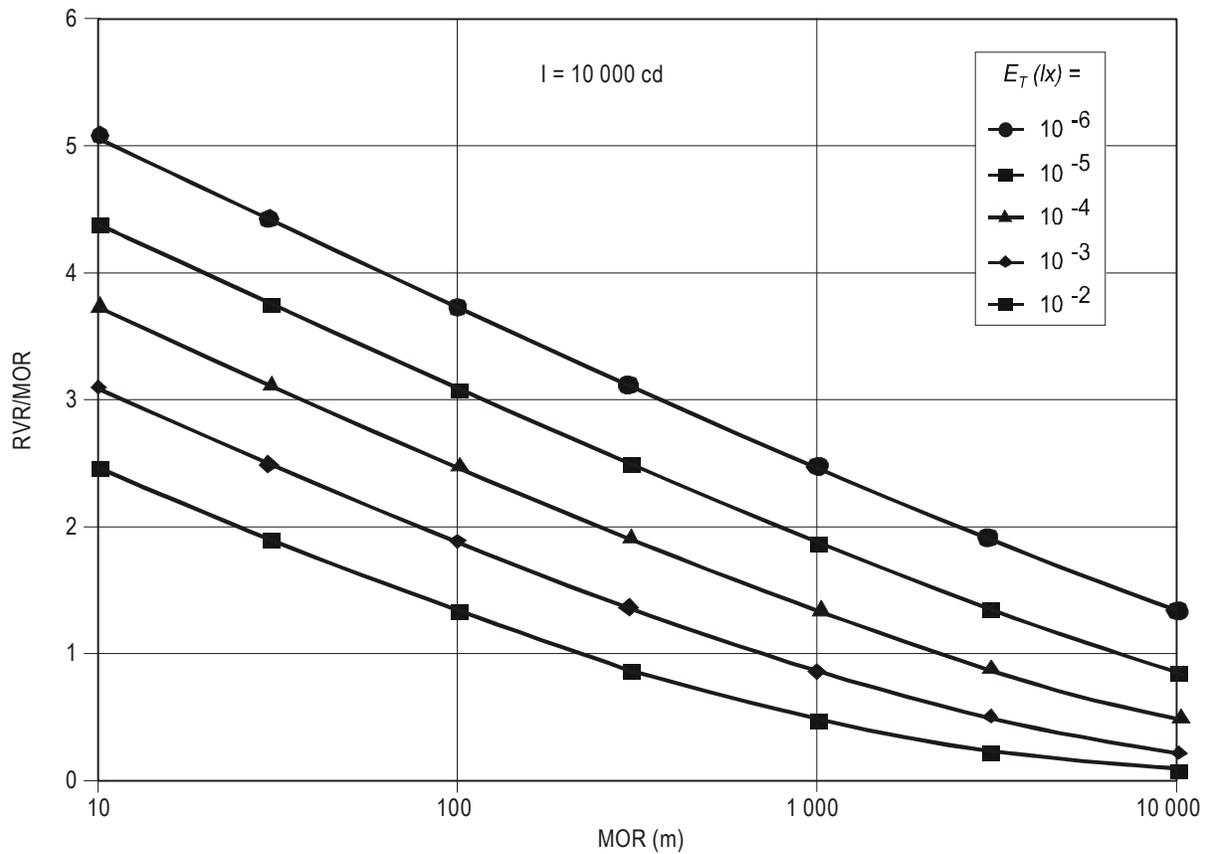


Figura 6-1. Razón RVR/MOR a partir de la ley de Allard

Tabla 6-1. Cálculo del RVR con la ley de Allard para un día normal a la izquierda y una noche normal a la derecha, con el umbral visual de iluminación (E_T) de 10^{-4} y de 10^{-6} lx, respectivamente

MOR (m)	10 000	3 000	1 000	300	100	30
$\sigma (m^{-1})$	0,0003	0,001	0,003	0,01	0,03	0,1
$I (cd)$	<i>RVR (m) — día/noche</i>					
10 000	4 839/13 400	2 653/5 722	1 340/2 468	572/935	247/373	93/133
1 000	2 255/8 646	1 496/4 090	865/1 881	409/749	188/309	75/113
100	877/4 839	703/2 653	484/1 340	265/572	135/247	56/93
10	302/2 255	276/1 469	225/865	150/409	86/188	41/75

estimar el valor del RVR derivado de la ley de Allard. Por ejemplo, considérese la curva central de la Figura 6-1 para $E_T = 10^{-4}$ (condición diurna). Para el MOR = 1 000 m, el valor del RVR es aproximadamente 1,3 el valor del MOR. El valor exacto presentado en la Tabla 6-1 es de 1 340 m. La curva central tendría también aplicación cuando I y E_T disminuyen ambos por el mismo factor, p. ej. $I = 100$ cd y $E_T = 10^{-6}$ (condición nocturna) o $I = 1 000$ cd y $E_T = 10^{-5}$ (condición intermedia).

6.4.4 Normalmente se selecciona la intensidad de las luces de pista de forma que $RVR > MOR$ para $RVR < 1 000$ m. En el valor mínimo del MOR trazado en la Figura 6-1 (10 m), el RVR puede ser hasta cinco veces superior al MOR ($I = 10 000$ cd y $E_T = 10^{-6}$ por la noche). Para $RVR > MOR$, la razón RVR/MOR varía regularmente a incrementos de 0,5 a 0,7, a medida que I o E_T varía por un factor de diez. Obsérvese que el RVR notificado será igual al MOR durante el día mientras que el RVR obtenido a partir de la ley de Allard sería inferior al MOR.

6.4.5 Debería apreciarse la importancia relativa de los tres factores que intervienen en el cálculo del RVR. Con este fin, se ha preparado la Tabla 6-1. Debe comprenderse que el umbral visual de iluminación (E_T) puede intercambiarse con la intensidad luminosa (I). Por ejemplo, si E_T disminuye en un orden de magnitud (es decir, factor de 10), p. ej., desde 10^{-4} a 10^{-5} lx, entonces el alcance visual será el mismo según la ley de Allard, si también disminuye en un orden la intensidad luminosa (I). Los cambios de la intensidad luminosa o del umbral visual de iluminación tienen un impacto relativamente pequeño en el RVR. Para el caso $\Phi = 0,001 \text{ m}^{-1}$ (es decir, MOR = 3 000 m), una disminución de un orden de la intensidad o, la misma reducción en el umbral visual de iluminación, lleva a una disminución del 44% del RVR desde 2 654 hasta 1 497 m.

6.5 LUZ E INTENSIDAD LUMINOSA

6.5.1 Tal como se esbozó en 6.4, el cálculo del RVR para las luces se basa en la ley de Allard, según la cual la distancia hasta la luz más alejada que todavía sea perceptible depende, además de otros factores que se analizan en las dos secciones siguientes, de la intensidad luminosa I en la dirección de la luz hacia el observador.

6.5.2 La intensidad de las luces de borde de pista de alta intensidad puede variar desde un valor máximo de 15 000 cd en el centro, hasta un valor tan bajo como 5 000 cd en la periferia del haz principal¹. La intensidad de una luz de eje de pista puede variar de forma análoga, si bien los valores son más bajos. La actuación recomendada de las luces de borde de pista y de eje de pista se presentan en el Anexo 14 — *Aeródromos, Volumen I — Diseño y operaciones de aeródromos* y en el *Manual de diseño de aeródromos, Parte 4 — Ayudas visuales* (Doc 9157). Las características indicadas representan las dimensiones mínimas del haz a un valor nominal máximo. En la práctica, se fabrican las luces de forma que excedan las intensidades mínimas recomendadas por un margen considerable. Sin embargo, este margen está hasta cierto punto compensado mediante las tolerancias de fabricación e instalación y por el hecho de que las lámparas rinden menos de lo previsto. En los cálculos del RVR, no debería utilizarse la intensidad luminosa nominal que corresponde a una luz nueva ordinaria; en su lugar, es necesario reducir esos valores debido a la contaminación y al envejecimiento; se propusieron en la quinta reunión del Grupo de expertos sobre ayudas visuales (1970) disminuciones del 20% de estos valores para las luces de borde de pista y del 50% para las luces de eje de pista. Debe observarse que las luces de eje de pista pueden estar en parte cubiertas por la nieve o por arena en condiciones meteorológicas adversas. Además, cuando hay nieve fuerte o una tempestad de arena, la nieve y la arena a la deriva pueden hacer que disminuya la intensidad

1. Estas cifras se basan en las intensidades recomendadas por la OACI. El texto de orientación de esta sección no se aplica cuando se emplean luces de intensidades muy diferentes.

luminosa y los valores utilizados en el cálculo del RVR pueden ser significativamente superiores a los observados por el piloto.

6.5.3 El piloto observa cada una de las luces de borde de pista y de eje de pista a ángulos distintos respecto a la horizontal y a la vertical, dependiendo de su distancia a cada luz y al eje de la pista. Por consiguiente, recibirá una distinta intensidad luminosa desde cada luz de borde de pista y luz de eje de pista, según la posición del haz de la luz que tenga en su línea de alcance óptico. A partir de las características conocidas de las luces y teniendo en cuenta los efectos del ángulo de reglaje de elevación y, en el caso de luces de borde de pista, el ángulo de convergencia, puede determinarse la intensidad del haz dirigido hacia el piloto. Los ángulos de convergencia de las luces de borde de pista son de 4,5° y de 3,5°, para anchuras de pista de 60 y de 45 m, respectivamente. Normalmente, el ángulo de elevación de las luces de eje y de borde de pista es de 3,5°. Para fines de ilustración, se presentan en las Figuras 6-2 y 6-3 los diagramas de isocandela de las luces de borde de pista y de las luces de eje de pista², respectivamente, indicándose el lugar de los ojos del piloto dentro de los haces a diversas distancias y para alturas de los ojos del piloto de 5 m y de 10 m. La intensidad luminosa a lo largo de las líneas a la altura de los ojos se trazan también en función de la distancia en las Figuras 6-4 a 6-6:

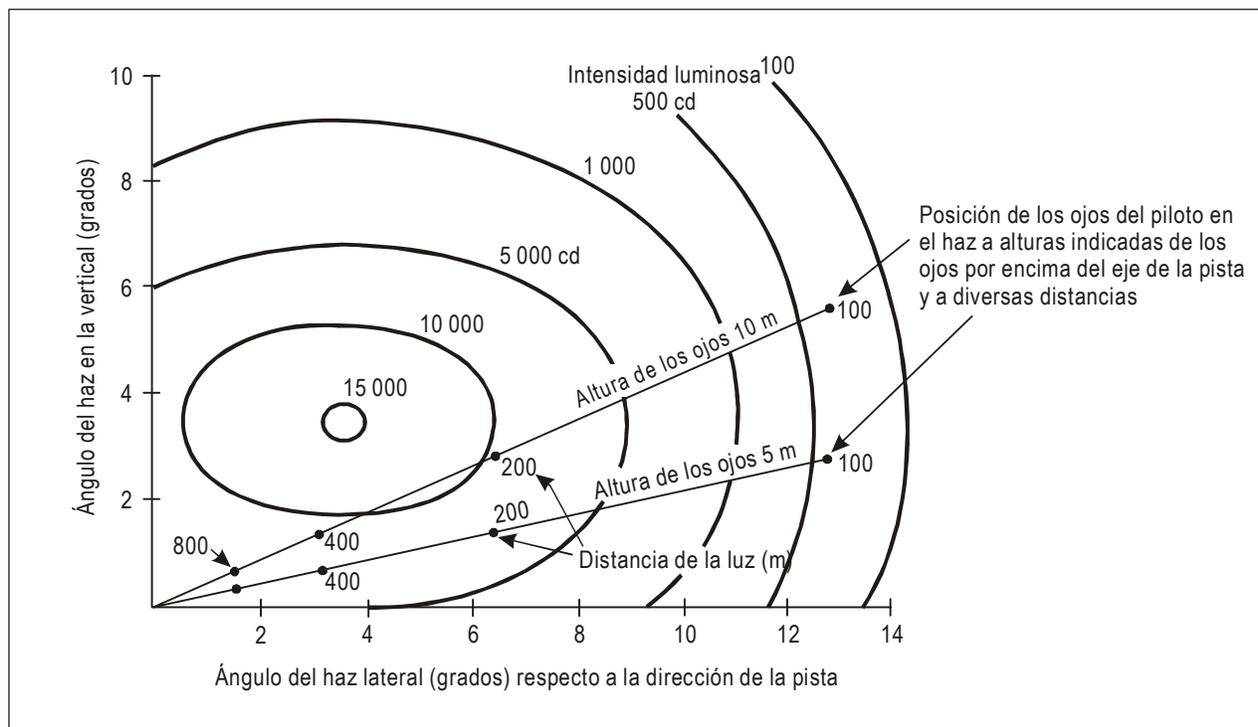


Figura 6-2. Curvas de nivel de isocandela para luces de borde de pista (luces nuevas a un reglaje máximo de intensidad) indicando la posición de los ojos del piloto en el haz a diversas distancias y alturas por encima del eje de la pista

2. Estos diagramas proceden de interpretaciones de los diagramas de isocandela especificados en el Apéndice 2 del Anexo 14 — Aeródromos, Volumen I — Diseño y operaciones de aeródromos. Las luces fabricadas pueden tener una actuación completamente distinta.

- a) en la Figura 6-4 se presenta la variación de la intensidad de la luz de borde de pista dirigida hacia el piloto en función de la distancia cuando el piloto está sobre el eje de la pista. Se trazan las dos curvas para alturas de los ojos de 5 m y de 10 m;
- b) en la Figura 6-5 se presenta la intensidad de las luces de eje de pista para el piloto situado sobre el eje de la pista; y
- c) en la Figura 6-6 se muestra la intensidad de las luces de eje de pista para el piloto que esté desplazado 5 m del eje de la pista.

La diferencia de intensidad para alturas de los ojos de 5 m y de 10 m no es significativa.

6.5.4 Las prácticas de los Estados varían considerablemente en la actualidad respecto a los valores utilizados para las luces y las intensidades luminosas. En algunos Estados solamente se indican las intensidades de las luces de borde de pista dado que su experiencia y sus requisitos no se extienden hacia la Categoría II y particularmente a la Categoría III. Sería ideal que la evaluación del RVR se basara en la

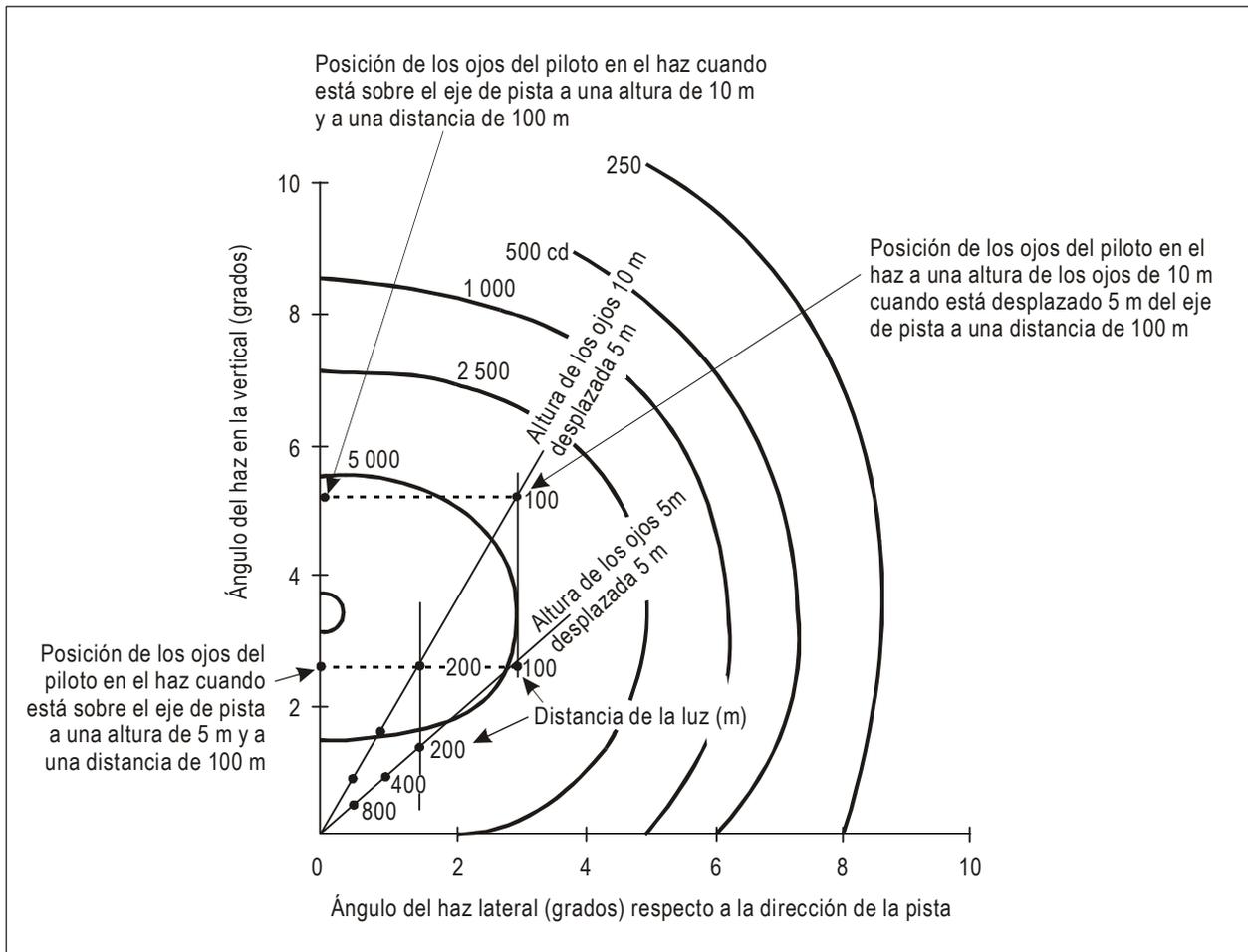


Figura 6-3. Curvas de nivel de isocandela para luces de eje de pista (luces nuevas a un reglaje máximo de intensidad) con espaciado longitudinal de 30 m indicando la posición de los ojos del piloto en el haz a diversas alturas de los ojos y a diversas distancias

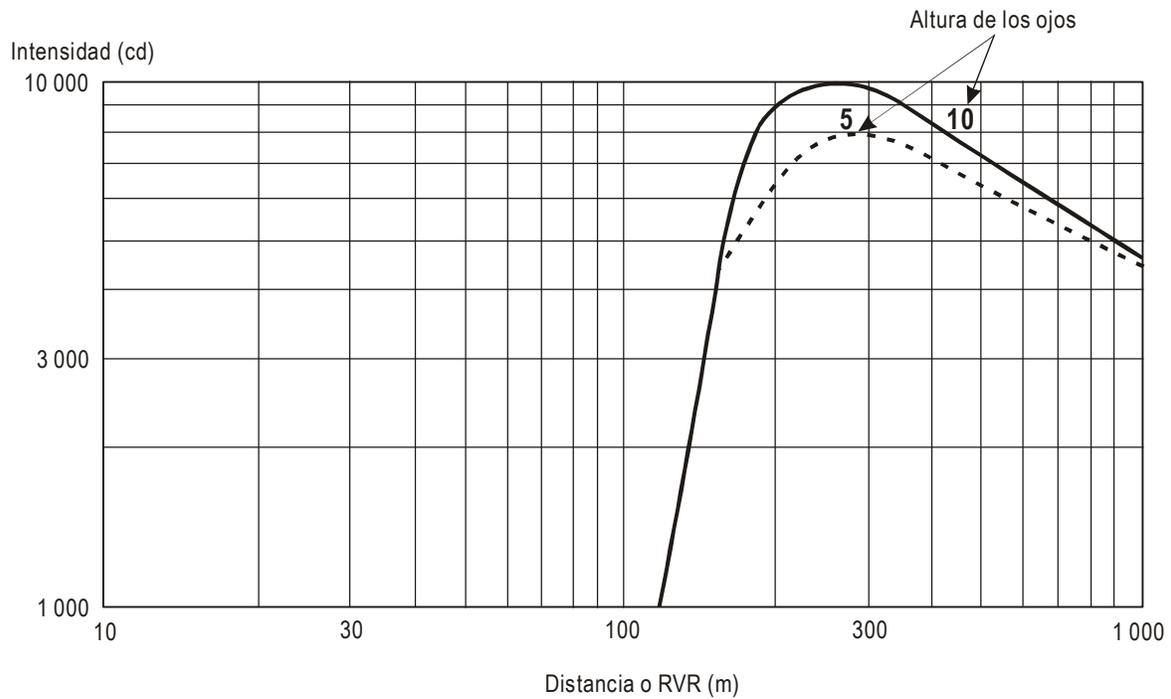


Figura 6-4. Intensidad de las luces de borde de pista observada por el piloto sobre el eje (luces nuevas a un reglaje máximo de intensidad)

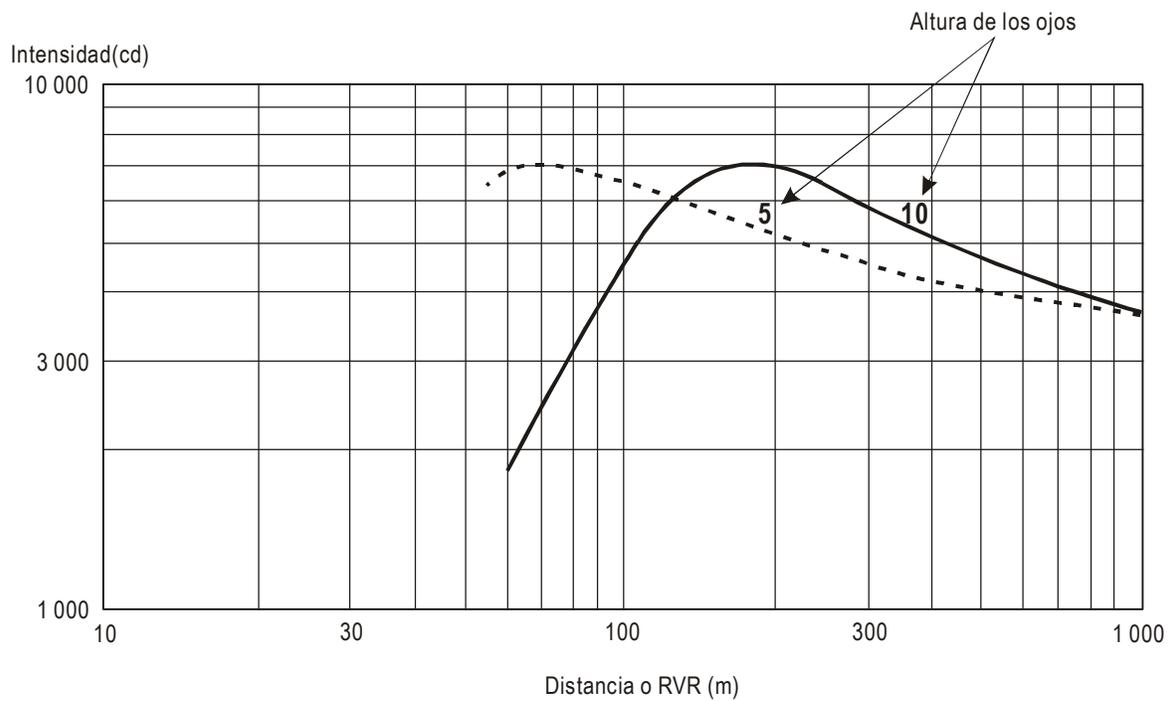


Figura 6-5. Intensidad de las luces de eje de pista observada por el piloto sobre el eje (luces nuevas a un reglaje máximo de intensidad)

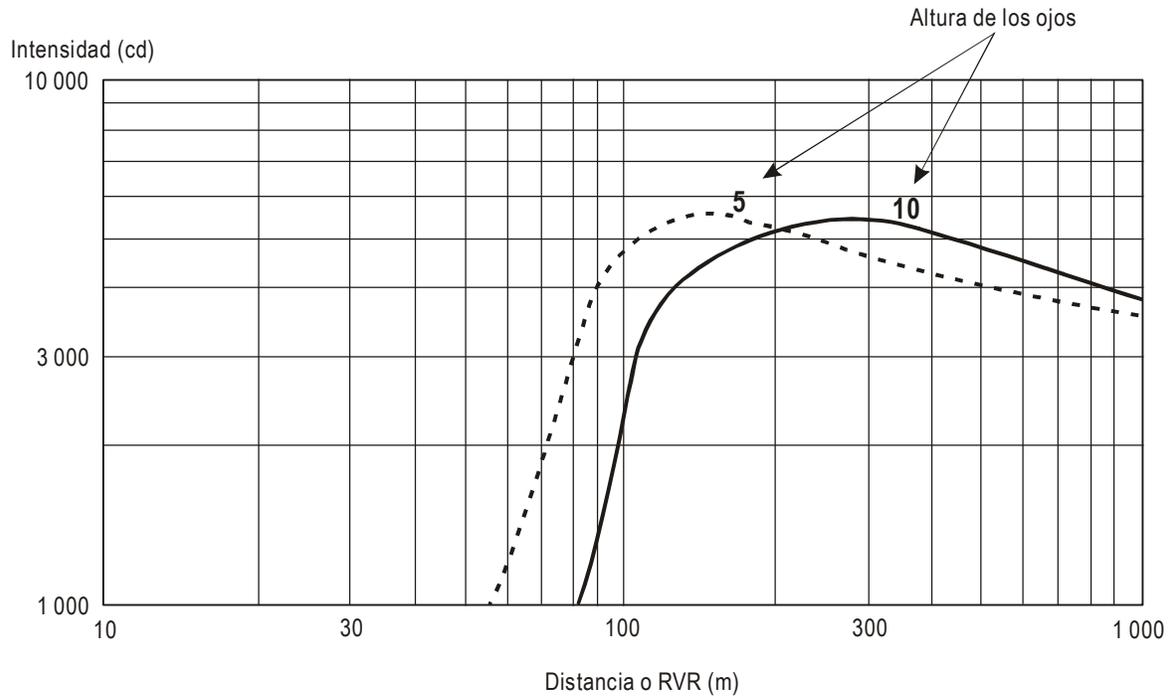


Figura 6-6. Intensidad de las luces de eje de pista: a 5 m fuera del eje (para luces nuevas a un reglaje máximo de intensidad)

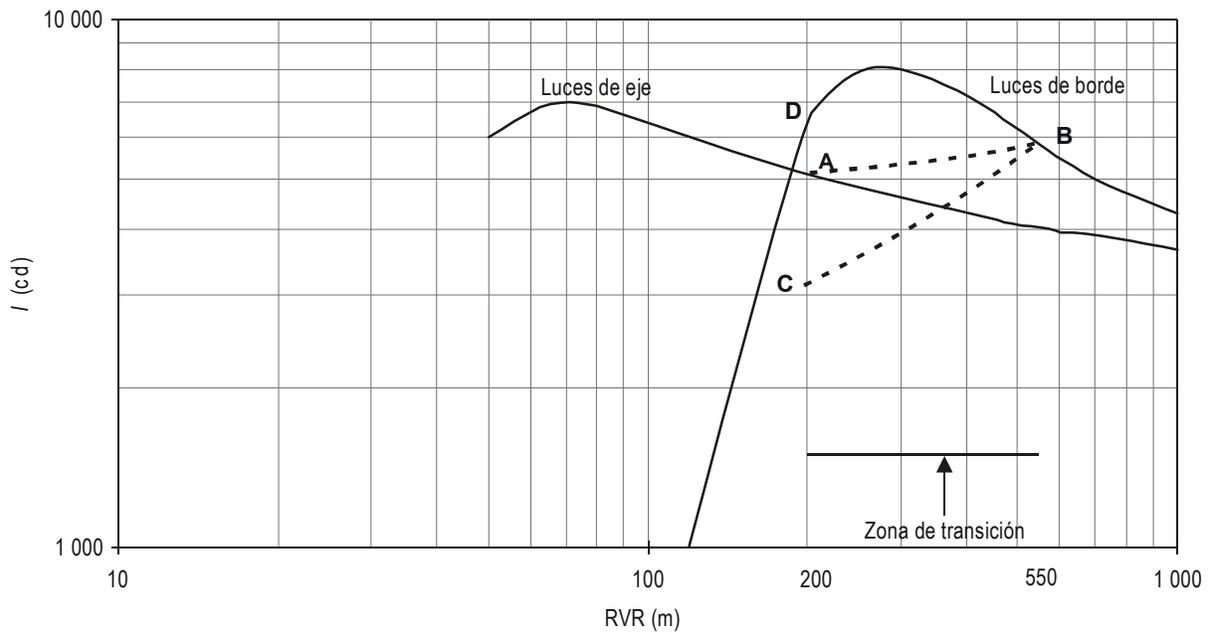


Figura 6-7. Figuras 6-4 y 6-5 combinadas para una altura de los ojos de 5 m

intensidad de las luces dirigidas hacia el piloto desde las luces de borde de pista y de eje de pista más alejadas que todavía sean visibles. Sin embargo, en la selección de las luces debe también considerarse la distinta calidad de la orientación direccional proporcionada por las luces de borde y de eje de pista (véase 5.8). Además, debería tenerse en cuenta la orientación relacionada con los mínimos comúnmente aceptables para la aproximación de precisión que figuran en el *Manual de operaciones todo tiempo* (Doc 9365). Esta orientación indica que los valores mínimos del RVR comúnmente aceptables para aterrizajes de la Categoría I varían desde 550 m a 1 200 m, lo cual depende del sistema de iluminación disponible, mientras que para las Categorías II, IIIA y IIIB los mínimos correspondientes del RVR son de 350 m, 300 m y 100 m, respectivamente. Se requieren luces de borde de pista en todas las pistas de aproximación de precisión, mientras que solamente se requieren luces de eje de pista en pistas de aproximación de precisión de las Categorías II y III. Se recomienda, por consiguiente, la siguiente selección de intensidades luminosas:

- a) para valores del RVR de hasta 200 m, la evaluación debería basarse en las intensidades de las luces de eje;
- b) para valores del RVR comprendidos entre 200 y 550 m, es decir la zona de transición en la que la orientación del piloto varía desde las luces de eje hasta las luces de borde, la evaluación debería basarse en las intensidades luminosas que puedan calcularse mediante una transición lineal desde la intensidad correspondiente a $RVR = 200$ m (punto A de la Figura 6-7) hasta la intensidad correspondiente a $RVR = 550$ m (punto B de la Figura 6-7). Por otro lado, en la zona de transición es posible utilizar una relación lineal entre el RVR y el MOR. Se ilustra este método en la Tabla 6-2;
- c) para valores del RVR por encima de 550 m, la evaluación debería basarse en las intensidades de las luces de borde;
- d) la intensidad luminosa utilizada para este fin debería ser la intensidad de las luces dirigidas a la posición del piloto a 5 m por encima del eje de la pista desde las luces de borde de pista o de eje de pista más alejadas que sean visibles. Para las pistas de aproximación de precisión, el uso de las intensidades pareadas de las luces de eje de pista y de las luces de borde, disminuye significativamente la necesidad de interpolación. Obsérvese que si no existen luces de eje de pista o se apagan o atenúan, todavía debe utilizarse el mismo algoritmo para tener en cuenta la utilidad y la intensidad decrecientes de las luces de borde de pista a valores del RVR escasos.

Nota.— En la Tabla 6-3 se proporciona orientación adicional para el caso en el que no se disponga de luces de eje de pista.

6.5.5 Al calcular el RVR según 6.5.4, deben construirse diagramas polares de isocandela para las luces de eje de pista y luces de borde de la pista según lo descrito en 6.5.3; se utiliza la intensidad obtenida a partir de los diagramas para el cálculo del RVR. En la Figura 6-7 se ilustra este proceso comparando la intensidad de las luces de borde de pista y la de las luces de eje de pista dirigidas hacia el piloto cuyos ojos están a una altura de 5 m.

Nota.— En el pasado, para simplificar la evaluación del RVR, algunos Estados en lugar de utilizar los valores de la intensidad de las luces dirigidas, calculaban un promedio del valor de la intensidad luminosa respecto a todas las luces de la pista. Sin embargo, el Grupo de expertos sobre ayudas visuales (VAP) en su 11ª reunión (1987) convino en que el concepto de promedio de intensidad para definir la distribución de la intensidad luminosa no era preciso y debería ser sustituido por los diagramas de isocandela apropiados (véanse las Figuras 6-2 y 6-3) que más tarde se incluyeron en el Anexo 14.

Tabla 6-2. Uso de intensidades de las luces de borde de pista y de eje de pista para evaluación del RVR cuando se dispone tanto de luces de borde de pista como de luces de eje de pista

<p>1. Luces de borde</p>	<p> Calcular el RVR mediante la intensidad de las luces de borde de pista (superior a la intensidad de las luces de eje). Si se obtiene $RVR > 550$ m, éste sería el valor definitivo del RVR y no es necesaria ninguna medida ulterior; si $RVR \# 550$ m, pase al 2).</p>
<p>2. Luces de eje</p>	<p> Calcular el RVR mediante la intensidad de las luces de eje de pista. Si obtiene un $RVR < 200$ m, entonces éste será el valor definitivo del RVR y no es necesaria ninguna medida ulterior; si el $RVR \geq 200$ m (que también es $\# 550$ m puesto que se ha calculado con una intensidad inferior), pase a 3).</p>
<p>3. Zona de transición</p>	<p><i>Nota.— El RVR es función de: a) la luminancia de fondo (L), b) la intensidad luminosa (I), y c) la claridad óptica de la atmósfera. Esta claridad óptica de la atmósfera puede estar representada por la transmisividad (T), el coeficiente de extinción (σ) o el alcance visual diurno (MOR). Seleccione el MOR que es la opción más natural puesto que tiene una relación más lineal con el RVR en la zona de transición.</i></p> <p> Calcular el MOR_{550} correspondiente a $RVR = 550$ m utilizando la luminancia real de fondo y la intensidad de las luces de borde (Punto B de la Figura 6-7);</p> <p> Calcular MOR_{200} correspondiente a $RVR = 200$ m utilizando la luminancia real de fondo y la intensidad de las luces de eje (Punto A de la Figura 6-7);</p> <p> Sea MOR_t el medido (lo cual puede calcularse directamente a partir de los resultados de los sensores). Obsérvese que el $MOR_t < MOR_{550}$ y $MOR_t > MOR_{200}$;</p> <p> Calcular α de modo tal que $MOR_t = \alpha \cdot MOR_{550} + (1 - \alpha) \cdot MOR_{200}$. Entonces el valor definitivo del $RVR = \alpha \cdot 550 + (1 - \alpha) \cdot 200$.</p>

Tabla 6-3. Uso de la intensidad de luces de borde de pista cuando no se dispone de luces de eje de pista

<p>$RVR > 550$ m</p>	<p> Uso de la intensidad de luces de borde de pista.</p>
<p>200 m $\#$ $RVR \# 550$ m</p>	<p><i>Nota.— La intensidad completa de las luces de borde de pista no puede ser aplicada (si se hiciera así, el valor del RVR sería superior al correspondiente valor del RVR para una pista equipada con luces de eje).</i></p> <p> Supóngase que la intensidad eficaz de las luces de borde de pista correspondientes a un $RVR = 200$ m se reduce a una fracción (p. ej., por un factor de dos desde la intensidad del punto C hasta la intensidad del punto D de la Figura 6-7);</p> <p> Calcular MOR_{200} correspondiente a $RVR = 200$ m con la luminancia real de fondo y la intensidad reducida de las luces de borde;</p> <p> Aplíquese el mismo proceso que en el caso de la transición entre luces de borde y luces de eje según la Tabla 6-2.</p>
<p>$RVR < 200$ m</p>	<p> Notifíquese un RVR inferior a 200 m.</p>

6.5.6 Como regla general, se determina el RVR respecto a tres reglajes de la intensidad regulados por la torre de control (aunque puede disponerse de otros reglajes). Ordinariamente estos reglajes son del 100%, del 30% y del 10%. Sean cuales fueren las intensidades aplicadas, no es recomendable que el RVR se calcule para una intensidad del 3% o menos del reglaje máximo (véase el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.5). Se considera que los niveles de iluminación de pista del 3% o menos, son “luces de pista apagadas” para fines de la evaluación del RVR. Esto se debe a las variaciones de la visión humana en el extremo rojo del espectro y también a las tolerancias de las lámparas de la pista. En el *Manual de diseño de aeródromos*, Parte 4 — *Ayudas visuales* (Doc 9157) se presenta orientación sobre los reglajes de la intensidad luminosa.

6.5.7 Para una pista con las luces encendidas, el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.5, exige que el cálculo del RVR para los informes locales ordinarios y especiales debería basarse en la intensidad luminosa que se utilice en la práctica en esa pista. Para una pista con las luces apagadas (o con la mínima intensidad, en espera de que se reanuden las operaciones), el cálculo del RVR debería basarse en la intensidad luminosa que resulte más adecuada para su uso operacional en las condiciones reinantes. Esto no puede hacerse de una manera directa mediante sistemas plenamente automatizados si los reglajes de la intensidad transmitidos a la computadora están enlazados con el panel de control de tránsito aéreo o con un dispositivo monitor de la luz actual. Además, si la iluminación del campo de aviación no está en funcionamiento con el reglaje requerido de la intensidad, el dispositivo monitor de la luminancia de fondo puede proporcionar un valor distinto del correspondiente a las luces encendidas. Sin embargo, puede calcularse por separado un valor del RVR a partir de la ley de Allard utilizándose la lectura de la transmitancia o del coeficiente de extinción y los valores supuestos de otras variables. Las disposiciones precedentes no se aplican a valores del RVR incluidos en los METAR/SPECI, en cuyo caso el valor notificado debe basarse en la intensidad luminosa máxima disponible en la pista.

6.5.8 Cada uno de los Estados selecciona los procedimientos para el reglaje de la intensidad luminosa. Debe señalarse, sin embargo, que un sistema automatizado para el RVR puede indicar el valor máximo de la visibilidad correspondiente al reglaje máximo de la intensidad luminosa, pero los pilotos puede ser que no experimenten un aumento similar cuando se aumenta al máximo el reglaje de las luces. Esta condición puede ocurrir cuando la luz dispersa de la iluminación de pista levanta la luminancia de fondo y con ello disminuye la ventaja de un aumento de la intensidad de las luces de pista. Un reglaje superior de las luces puede también llevar a “deslumbrar” al piloto; es decir, el resplandor que pueden producir los reglajes más elevados de la luz puede en realidad dificultar la visión del piloto.

6.6 UMBRAL VISUAL DE ILUMINACIÓN (E_T)

6.6.1 Para que una luz sea perceptible, tiene que iluminar al ojo hasta un nivel por encima del umbral de iluminación detectable (E_T) — véase el Apéndice A. El umbral no es constante sino que está influenciado por diversos factores, el principal de los cuales es la luminancia de fondo, es decir, el brillo del fondo contra el cual se observa la luz.

6.6.2 Para poder comparar los valores del RVR de diversos aeródromos, el Grupo de expertos sobre operaciones todo tiempo propuso como texto de orientación, en su cuarta reunión (1971), los umbrales de iluminación indicados en la Tabla 6-4.

6.6.3 Los cuatro umbrales de iluminación están aproximadamente a intervalos iguales en una escala logarítmica y se prestan para ser utilizados en el cálculo del RVR.

6.6.4 En la Figura 6-8 se ilustra la relación anteriormente mencionada entre umbral de iluminación y luminancia de fondo. La escala de la luminancia de fondo de izquierda a derecha va desde la niebla en la noche más oscura hasta la del día más brillante. El umbral de iluminación varía en más de tres órdenes de magnitud, o sea más de 1 000 veces entre la niebla en la oscuridad y en un día brillante.

Tabla 6-4. Incrementos de umbral de iluminación

Condición	Umbral de iluminación (lx)	Luminancia de fondo (cd/m ²)
De noche	8×10^{-7}	# 50
Valor intermedio	10^{-5}	51 – 999
Día normal	10^{-4}	1 000 – 12 000
Día brillante (niebla con sol)	10^{-3}	> 12 000

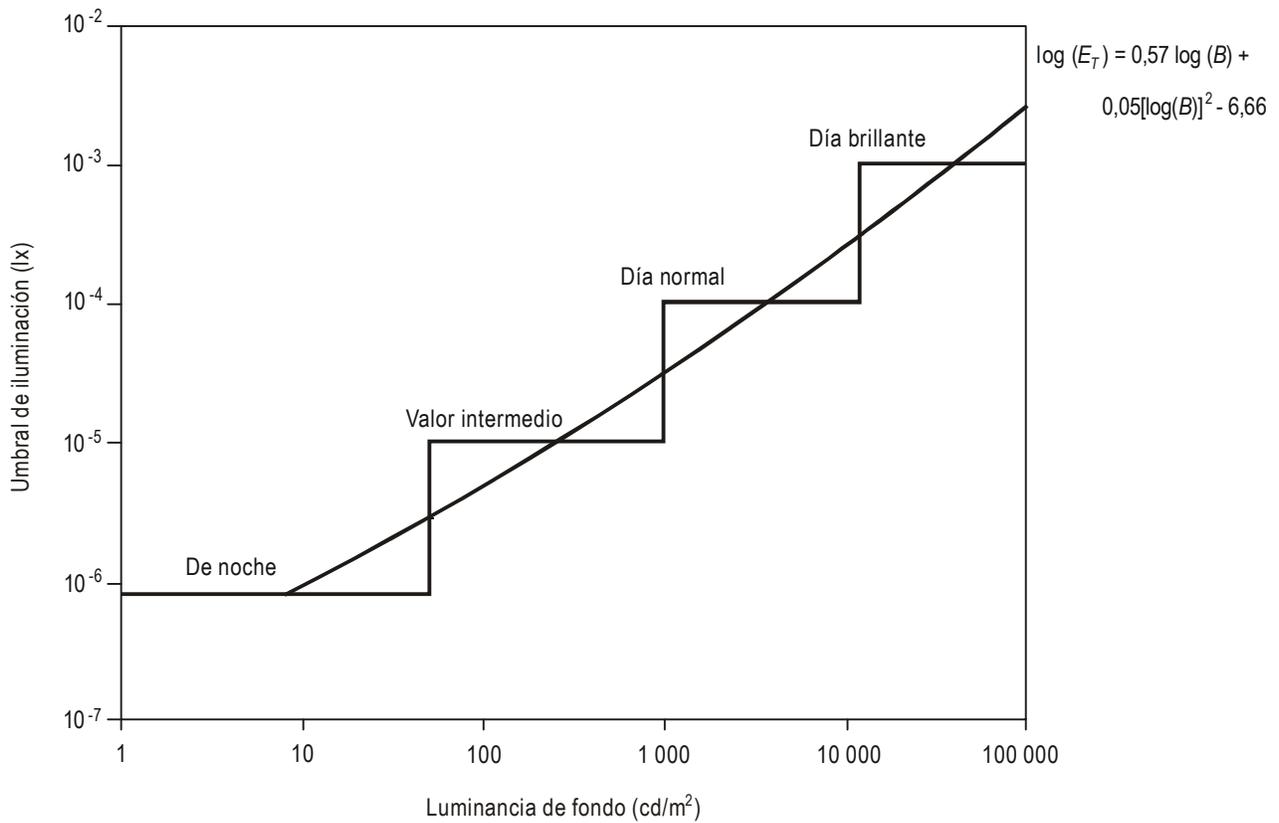


Figura 6-8. Relación entre el umbral de iluminación E_T (lx) y la luminancia de fondo B (cd/m²)

6.6.5 Algunos Estados emplean los valores escalonados de umbral de iluminación indicados en la Tabla 6-4 e ilustrados en la Figura 6-8. El número de escalones puede depender del lugar geográfico (es decir, longitud del crepúsculo). A veces se realiza automáticamente la conmutación desde un valor de umbral a otro, junto con la supervisión de la luminancia de fondo efectuada con un sensor.

6.6.6 Dados los cambios elevados de E_T entre cada uno de los cuatro escalones de la Figura 6-8, varios Estados opinan que debería supervisarse la luminancia de fondo y debería obtenerse el E_T a partir de una relación continua tal como la indicada en la curva de la Figura 6-8. La ecuación $[(E_T \text{ en lux (lx)})]$ suele proporcionar una aproximación a la curva suavizada de esta figura:

$$\log (E_T) = 0,57 \log (B) + 0,05[\log(B)]^2 - 6,66 \quad (6)$$

Al aplicar esta ecuación, los valores del umbral de iluminación de E_T por debajo de 8×10^{-7} lx deberían aceptarse como 8×10^{-7} lx para tener en cuenta el hecho de que el puesto de pilotaje no está nunca completamente a oscuras. La ecuación 6 ha sido obtenida a partir de los valores escalonados de la Tabla 6-4 trazándose una curva que corta a los escalones por la mitad. En 6.7.9 se presentan los errores generados utilizando la relación escalonada. Se ha manifestado asimismo la opinión de que aunque el trazado de la pendiente de la curva esté bien, quizá su posición en la vertical en la Figura 6-8 no sea la óptima por varias razones. Por ejemplo, pudiera ser satisfactoria para un observador en tierra pero umbrales más elevados pudieran tener aplicación para los pilotos cuya visión es a través de un parabrisas (véase el Apéndice C). Sería deseable profundizar en la investigación acerca del umbral de iluminación (véase el Apéndice G).

6.6.7 Se ha puesto en duda que los valores recomendados del umbral de iluminación sean siempre representativos. Por ejemplo, la luminancia de fondo por la noche aumenta cuando la niebla se hace más densa debido a la dispersión frontal de la luz por parte de los sistemas de aproximación y de iluminación de la pista. Para contrarrestar este efecto, algunos Estados hacen que disminuya el reglaje de la intensidad de las luces por la noche en condiciones de escasa visibilidad. Esto tiene por ende la ventaja de que disminuya la luminancia de fondo sin un claro influjo en el RVR. Incluso así, la experiencia ha demostrado que en el extremo inferior de la Categoría III por la noche, cuando las luces están al 100% de su reglaje, las condiciones de luminancia de fondo pudieran estar quizás mejor representadas por un umbral de 10^{-5} lx que por el valor recomendado de aproximadamente 10^{-6} lx que está destinado a ser aplicado a condiciones de buena visibilidad por la noche y a intensidades luminosas bajas o moderadas.

6.7 PRECISIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL RVR

6.7.1 En un sistema de medición automática del RVR, se calcula ordinariamente el RVR (véase 9.1.4) mediante la ley de Koschmieder (Apéndice B) y la ley de Allard (Apéndice A); Se toma como valor notificado del RVR el mayor de los dos valores. En la Figura 6-9 se indica cuál de ambas leyes proporciona el mayor valor del RVR, como función de RVR y de la luminancia de fondo (utilizándose la ecuación 6 para E_T). En las dos curvas se indican los límites entre las dos leyes para dos intensidades de las luces de pista (1000 y 10 000 cd). En relación con una determinada curva de intensidad luminosa, si el valor del RVR y el punto de luminancia de fondo están por encima de la curva, se determinó el RVR mediante la ley de Koschmieder (RVR = MOR). Si el punto está por debajo de la curva, se determinó el RVR mediante la ley de Allard (RVR > MOR). Por ejemplo, considérese un valor de 1 000 cd/m² para la luminancia de fondo; para una intensidad de la luz de pista de 1 000 cd, se aplicará la ley de Allard para RVR < 1 100 m y la ley de Koschmieder para RVR > 1 100 m. Si aumenta a 10 000 cd la intensidad de las luces de pista, el punto de cambio entre las dos leyes aumenta hasta RVR = 4 000 m. Puesto que los límites operacionales del RVR son de 800 m (Categoría I) o menos, se aplicará la ley de Allard para las operaciones de aeropuerto excepto en condiciones de una luminancia de fondo muy brillante respecto a la intensidad de las luces de

borde de pista máxima ordinaria de 10 000 cd. La ley de Koschmieder puede pasar a ser importante para los límites RVR operacionales cuando las luces de pista no son de intensidad máxima.

6.7.2 Se calcula el RVR a partir de los tres parámetros medidos ϕ , I y B que se indican en la Tabla 6-5. Tanto la ley de Allard como la ley de Koschmieder están sujetas a errores en cuanto al valor de ϕ . Solamente la ley de Allard está sometida a errores en cuanto a I y B . Para un determinado porcentaje de error de medición, el valor del RVR es mucho más sensible a los errores de ϕ que a los errores de I y B . En consecuencia, la actuación del instrumento que mide el coeficiente de extinción ϕ ha recibido más atención que la determinación de la intensidad de las luces de pista y la actuación del medidor de la luminancia de fondo. Además, los valores de precisión que pueden lograrse incluidos en el Anexo 3, Adjunto A (véase 6.7.4) deberían ser mejores para la visibilidad que para el RVR puesto que los errores de I y B solamente influyen en el RVR y no en la visibilidad. Aunque un determinado error de I y B tiene una repercusión menor que un error de ϕ , las variaciones de I y B pueden ser lo suficientemente grandes para influir en la precisión del RVR de modo comparable a la variación de ϕ . Se presentará en dos etapas el análisis de la precisión del RVR, según lo indicado en la Tabla 6-5. En primer lugar se considerará la precisión en la medición de los parámetros. En segundo lugar se atenderá a la repercusión de los errores de los parámetros en el RVR calculado mediante la ley de Koschmieder o mediante la ley de Allard. En la Tabla 6-5 se indican los párrafos en los que figuran estas presentaciones. Obsérvese que por ser la ley de Allard habitualmente operativa cuando el RVR es suficientemente bajo para limitar las operaciones de los aeropuertos y por depender la precisión del RVR de los errores independientes de tres parámetros en el caso de la ley de Allard, no puede definirse ninguna relación sencilla entre la precisión general del RVR y la precisión de los sensores para determinar los requisitos de precisión de los sensores en términos de los requisitos de precisión del RVR.

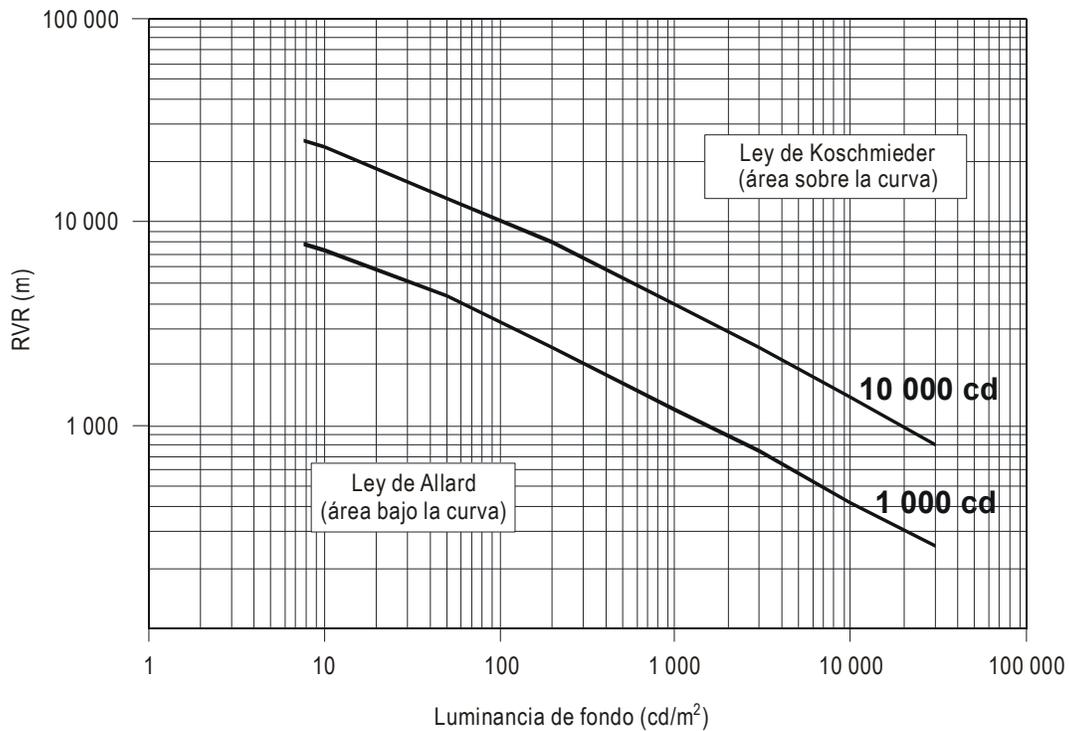


Figura 6-9. Punto de desglose entre la ley de Koschmieder y la ley de Allard para intensidades luminosas de 1 000 y 10 000 cd

6.7.3 El objetivo de notificar el valor del RVR es para que el piloto pueda saber a qué distancia alcanzará a ver la pista. Los errores de estos valores proceden de una serie de factores, tales como:

Tanto para la ley de Koschmieder como para la ley de Allard:

- a) variaciones de la agudeza visual del piloto;
- b) variaciones en los puestos de pilotaje de la aeronave;
- c) variaciones espaciales del fenómeno meteorológico entre el punto de observación del piloto y el lugar en el que se mide el coeficiente de extinción;
- d) errores de medición de los sensores que miden el coeficiente de extinción (ϕ) o la transmisividad (T);

Para la ley de Koschmieder:

- e) blancos de visibilidad que no son ideales;

Para la ley de Allard:

- f) variaciones angulares y temporales de la intensidad luminosa;
- g) diferencias entre la intensidad real de la luz de pista y la supuesta (I);
- h) diferencias de la luminancia de fondo según la visión del piloto y en la dirección desde la que se mide la luminancia de fondo;
- i) errores en la medición de la luminancia de fondo (B); y
- j) errores en la relación del umbral de iluminación a la luminancia de fondo.

De todos estos errores, solamente los indicados en d), g) e i) corresponden directamente a la actuación de un sistema RVR automatizado. En general, la meta de diseño de un sistema RVR es asegurar que los errores de medición son más pequeños que las otras fuentes de error. Obsérvese que también pueden controlarse algunas de las otras fuentes de error. Por ejemplo, pueden disminuirse las variaciones de la intensidad de las luces de pista fijando tolerancias más estrictas en la corriente de las lámparas y manteniendo cuidadosamente las luces de pista. Pueden evitarse diferencias direccionales de la luminancia de fondo utilizando sensores múltiples de luminancia de fondo.

**Tabla 6-5. Parámetros que influyen en el cálculo del RVR.
Los números se refieren a los párrafos en los que se presentan los textos**

<i>Parámetro</i>	<i>Precisión de la medición</i>	<i>Ley de Koschmieder</i>	<i>Ley de Allard</i>
Coeficiente de extinción (ϕ)	6.7.4	6.7.5	6.7.6
Intensidad de las luces de pista (I)	6.7.7		6.7.8
Luminancia de fondo (B)	6.7.9		6.7.10

6.7.4 Se considera la precisión de las mediciones del coeficiente de extinción en los siguientes lugares:

- a) las precisiones que pueden lograrse para la visibilidad y el RVR según el Adjunto B del Anexo 3 fueron proporcionadas por la Organización Meteorológica Mundial. Se sobreentiende que reflejan las precisiones que pueden lograrse para las mediciones del coeficiente de extinción (Φ) (véase 6.7.2), o por otro lado del MOR (véase la ecuación 2 respecto a la relación entre Φ y MOR).
- b) se analizan en 7.4 las precisiones que pueden lograrse con los transmisómetros; y
- c) se analizan en 8.4 las precisiones que pueden lograrse con los medidores de la dispersión frontal.

6.7.5 Los errores del coeficiente de extinción medido son los únicos errores instrumentales que influyen en la ley de Koschmieder (Apéndice B). Para errores moderados, el error fraccionario del RVR es el mismo que el error fraccionario del coeficiente de extinción.

6.7.6 Los errores del coeficiente de extinción medido tienen un influjo más complejo en la ley de Allard. El error fraccionario del RVR es más pequeño que el error fraccionario del coeficiente de extinción. En la Figura 6-10 se muestra la relación de la magnitud del error fraccionario del RVR al error fraccionario del coeficiente de extinción en función de la luminancia de fondo y del RVR para una intensidad de luces de pista de 10 000 cd. La relación del error del RVR al error del coeficiente de extinción disminuye al aumentar la luminancia de fondo hasta un valor mínimo de 0,6 (véase el Apéndice F), cuando las luces son menos visibles que los objetos negros y cuando se aplica la ley de Koschmieder en lugar de la ley de Allard. En las Figuras 6-11 y 6-12, para intensidades luminosas de 10 000 cd y de 1 000 cd, respectivamente, la relación entre el error fraccionario del RVR y el error fraccionario del coeficiente de extinción se desarrolla y se traza como función del MOR, en lugar de la luminancia de fondo. La gama de valores trazados en las Figuras 6-11 y 6-12 corresponde a luminancias de fondo desde 7 hasta 30 000 cd/m². La relación del error RVR llega a un límite inferior de 0,6 en la transición desde la ley de Allard hacia la ley de Koschmieder cuando RVR = MOR. Para $I = 10\ 000$ cd, se llega a este límite solamente para RVR = 1 000 m. Para $I = 1\ 000$ cd, se llega al límite tanto a 300 m como a 1 000 m.

6.7.7 La intensidad luminosa varía en función del ángulo de observación según lo indicado en 6.5. En el entorno de ángulos de observación normales, la variación de la intensidad para lámparas nuevas es ligeramente inferior a un factor de dos por comparación con las intensidades nominales de las luces de borde (10 000 cd) y de las luces de eje (5 000 cd). El envejecimiento de las lámparas y la contaminación o deterioro de la ventanilla exterior pueden llevar a reducciones adicionales de la intensidad luminosa. Puesto que las luces están empotradas en el pavimento de la pista, son particularmente susceptibles a pérdidas por contaminación. La combinación de las variaciones angulares y las pérdidas por envejecimiento y contaminación pueden fácilmente llevar a pérdidas totales de la intensidad luminosa de un valor tan grande como un factor de cuatro. En la mayoría de los Estados (véase 6.5) se tienen en cuenta estas fuentes diversas de disminución de la luz y se opta por calcular la ley de Allard con un límite inferior de intensidad luminosa (véase 6.5.2) que proporciona un valor del RVR prudente (es decir inferior al previsto para luces nuevas y limpias). En la práctica actual la sustitución y limpieza de las luces pueden no ir acompañadas de un programa sistemático para asegurar que se mantienen las intensidades de las luces de pista por encima del límite de intensidad mínimo utilizado para el cálculo del RVR.

6.7.8 El influjo de los errores de la intensidad luminosa en el RVR depende de la rapidez con la que decae la intensidad luminosa al aumentar la distancia según la ley de Allard (Apéndice A). Las variaciones de la intensidad tienen un influjo mayor para el decaimiento lento de la dispersión del haz (inversamente al cuadrado de la distancia) y un efecto menor para el decaimiento rápido por razón de la atenuación

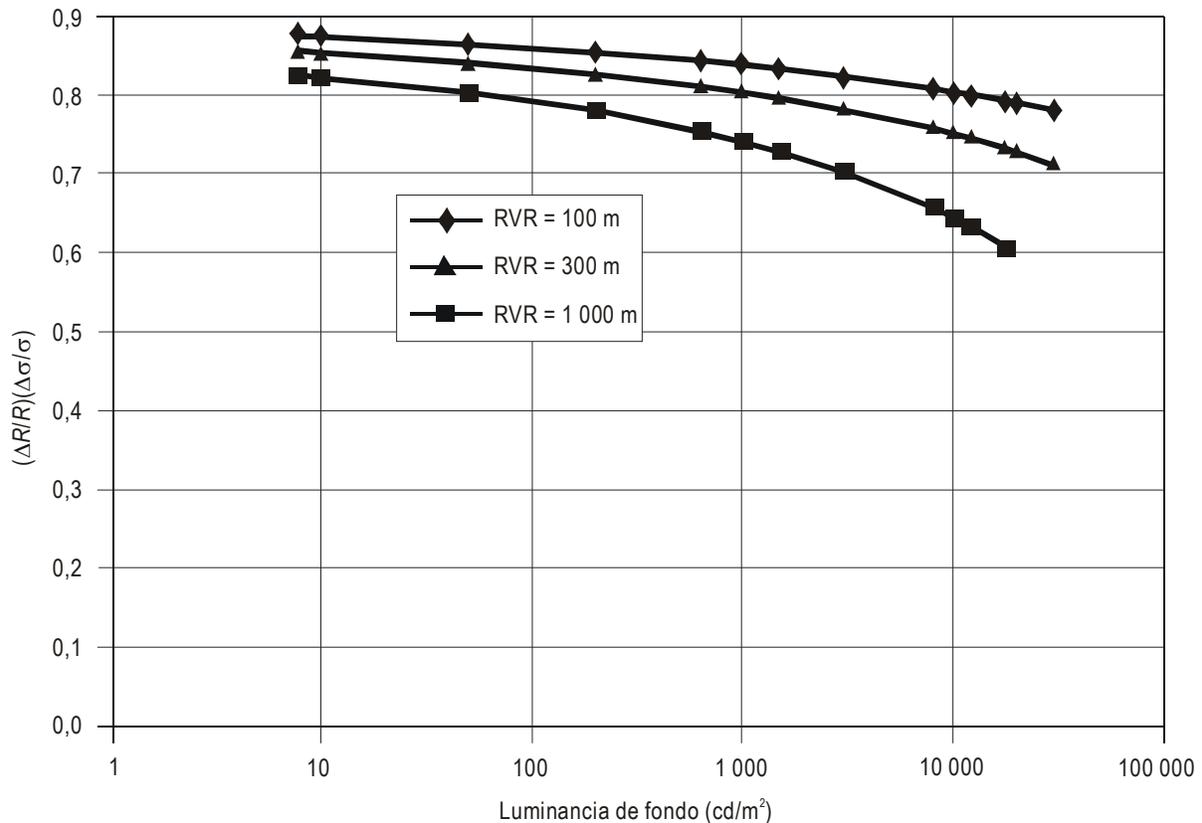


Figura 6-10. Relación del error fraccional del RVR ($\Delta R/R$) al error fraccional del coeficiente de extinción ($\Delta \Phi/\Phi$) para intensidad luminosa de 10 000 cd

exponencial. Por ejemplo, en cielo despejado ($\Phi = 0$) si disminuye I por un factor de cuatro, la ley de Allard (ecuación 5) da una reducción de R de un factor de dos, que es grande. Por otro lado, durante el día $E_T = 10^{-4}$, $\Phi = 92 \text{ km}^{-1}$, e $I = 10\,000 \text{ cd}$, R es de 100,1 m. Si se reduce I por un factor de cuatro a 2 500 cd, R es 87,8 m, una reducción del 12,2%, que es relativamente pequeña. Las Figuras 6-13 y 6-14 son similares a las Figuras 6-11 y 6-12 y muestran los efectos de pequeños errores fraccionarios de la intensidad en los errores fraccionarios del RVR. Las relaciones aumentan con el MOR y llegan a un límite superior de 0,2 en la transición desde la ley de Allard a la ley de Koschmieder (Apéndice F). Obsérvese que, puesto que la intensidad luminosa y el umbral de iluminación son entradas inversas en la ley de Allard, la relación de los errores del RVR a los errores del umbral de iluminación tienen los mismos valores absolutos indicados en las Figuras 6-13 y 6-14. Los errores de la intensidad luminosa suficientemente grandes para tener un efecto significativo en el RVR son demasiado grandes para el análisis diferencial de las Figuras 6-12 y 6-13. Por consiguiente, se proporcionan las Figuras 6-15 y 6-16 para ilustrar la forma en que los factores de reducción de la intensidad de cuatro y de dos disminuyen el RVR para las intensidades luminosas supuestas de 10 000 y 1 000 cd, respectivamente. Se utiliza la ecuación 6 para determinar el valor de E_T a partir de la luminancia de fondo (B). Se trazan los errores del RVR para tres valores representativos del RVR: 100, 300 y 1 000 m. Cuando la intensidad de las luces de pista es inferior a la supuesta en los cálculos del RVR, el valor notificado del RVR es superior al valor actual del RVR. Las figuras ilustran los siguientes efectos:

- a) en todos los casos el error del RVR aumenta a medida que se incrementa la luminancia de fondo (B); el valor del incremento es aproximadamente un factor de dos. Sin embargo, en algunos casos el incremento de la luminancia de fondo llega a la región (véase la Figura 6-9) en la que se determina el RVR mediante la ley de Koschmieder; en tal caso, la reducción del RVR por cambios de la intensidad luminosa desciende a cero, puesto que la ley de Koschmieder no tiene nada que ver con las luces de pista;
- b) el error del RVR por un factor de reducción de cuatro en la intensidad luminosa es aproximadamente el doble que cuando hay una reducción de un factor de dos;
- c) el error fraccionario del RVR es algo superior para valores más elevados del RVR; y
- d) los errores del RVR son sólo ligeramente superiores para luces de 1 000 cd que para luces de 10 000 cd. Sin embargo, puesto que se llega con más rapidez a la región de Koschmieder al aumentar B para luces de 1 000 cd que para luces de 10 000 cd, los errores máximos son similares para ambas intensidades luminosas (menos del 13% para un factor de dos de pérdida de la intensidad y menos del 23% para un factor de cuatro de pérdida de la intensidad).

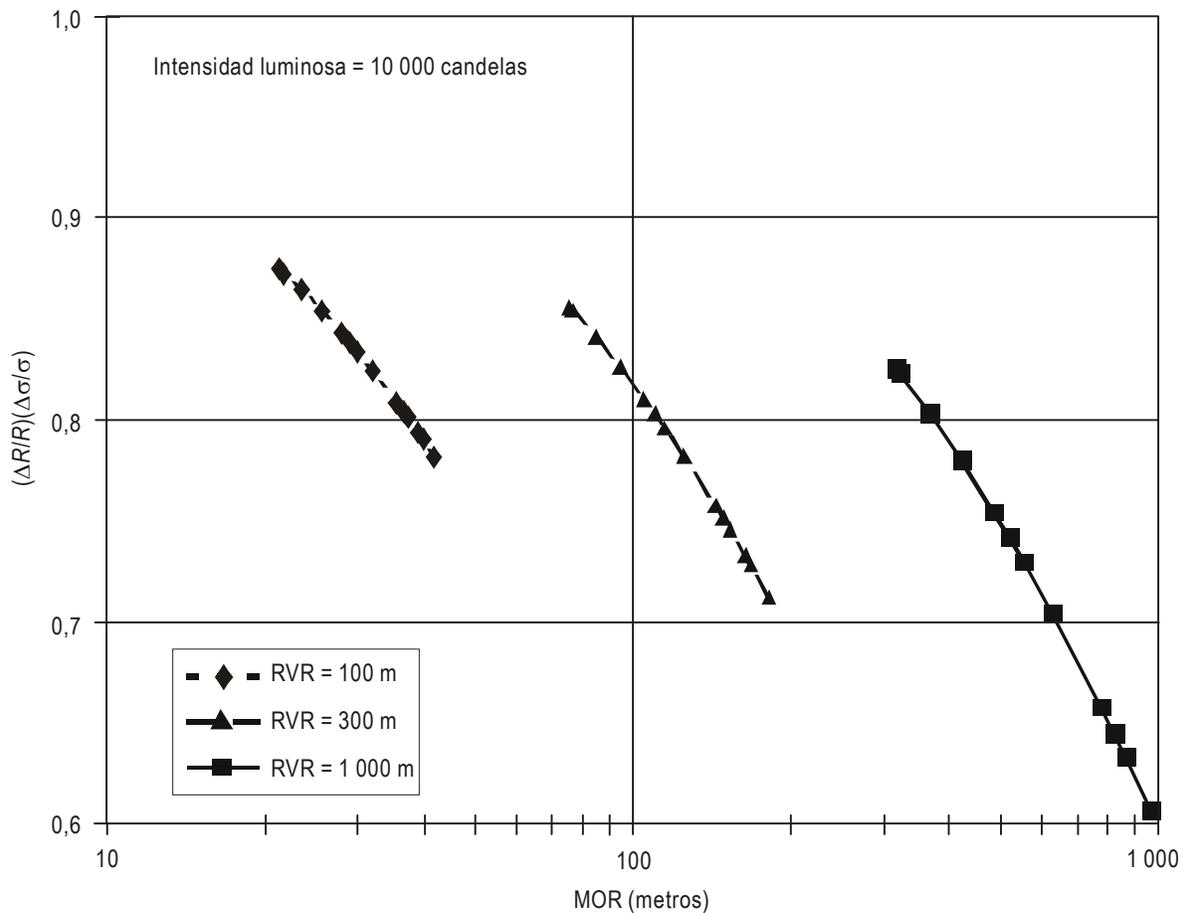


Figura 6-11. Relación del error fraccionario del RVR ($\Delta R/R$) al error fraccionario del coeficiente de extinción ($\Delta \sigma/\sigma$) para intensidad luminosa de 10 000 cd

6.7.9 Los errores de la luminancia de fondo en mediciones por instrumentos son en general muy inferiores a un factor de dos, con dos posibles excepciones:

- a) cuando las ventanillas del medidor de la luminancia de fondo están cubiertas de nieve, son posibles errores superiores a un factor de cuatro; y
- b) cuando se utiliza un pequeño número de escalones de umbral de iluminación para determinadas gamas de los valores de la luminancia de fondo en lugar de una curva continua (véase la Tabla 6-4 y la relación escalonada de la Figura 6-8), los valores del umbral de iluminación están de acuerdo con la curva continua en el centro de cada gama de valores de la luminancia de fondo pero están en desacuerdo por un factor aproximado de tres en el borde de cada gama de valores. En la Tabla 6-6 se presenta un análisis detallado de estos errores a ambos lados de los escalones de umbral de iluminación. En el peor de los casos, el error del RVR puede ser superior al 20%; por razón de estos errores, debe ejercerse precaución al utilizar la relación escalonada (6.6.6).

La variación direccional de la luminancia de fondo no es normalmente un factor en condiciones de visibilidad reducida. Sin embargo, pueden presentarse grandes variaciones para una capa fina de niebla sin nubes altas y cuando el sol está a un ángulo de elevación bajo.

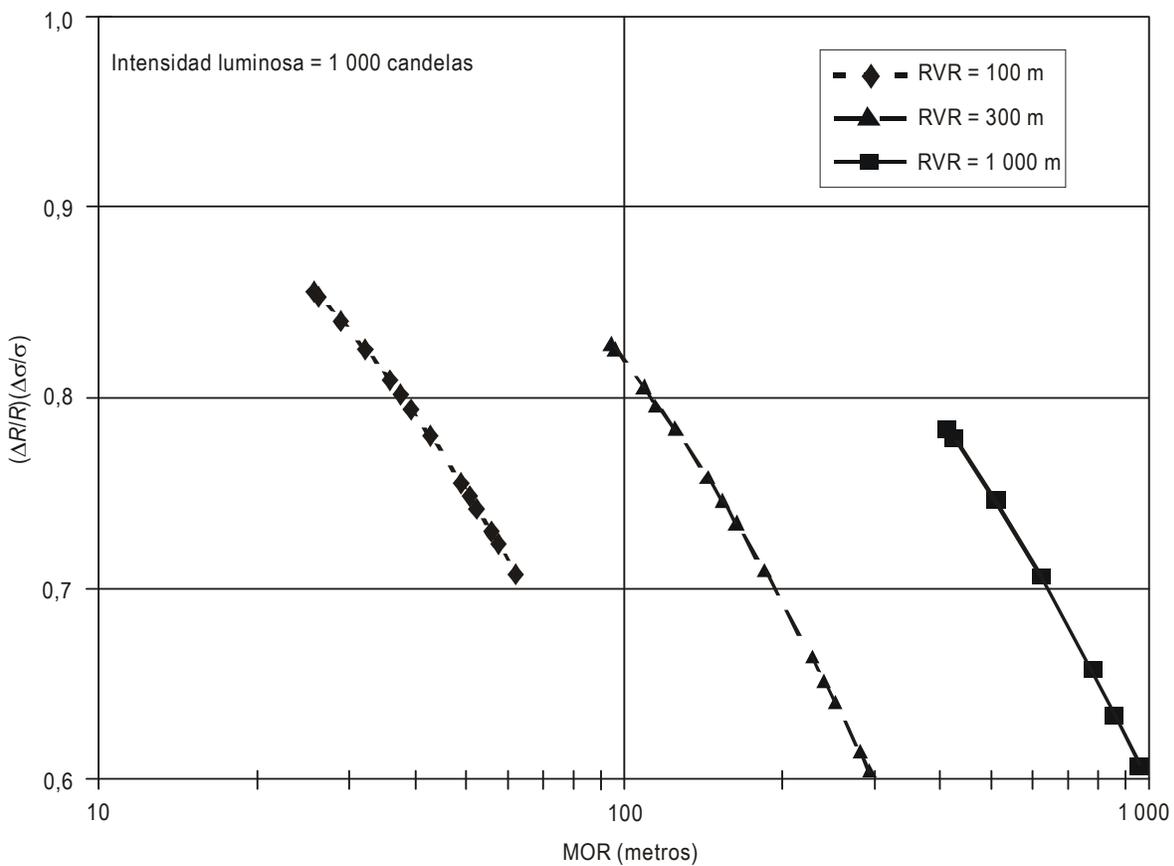


Figura 6-12. Relación del error fraccional del RVR ($\Delta R/R$) al error fraccional del coeficiente de extinción ($\Delta \sigma/\sigma$) para intensidad luminosa de 1 000 cd

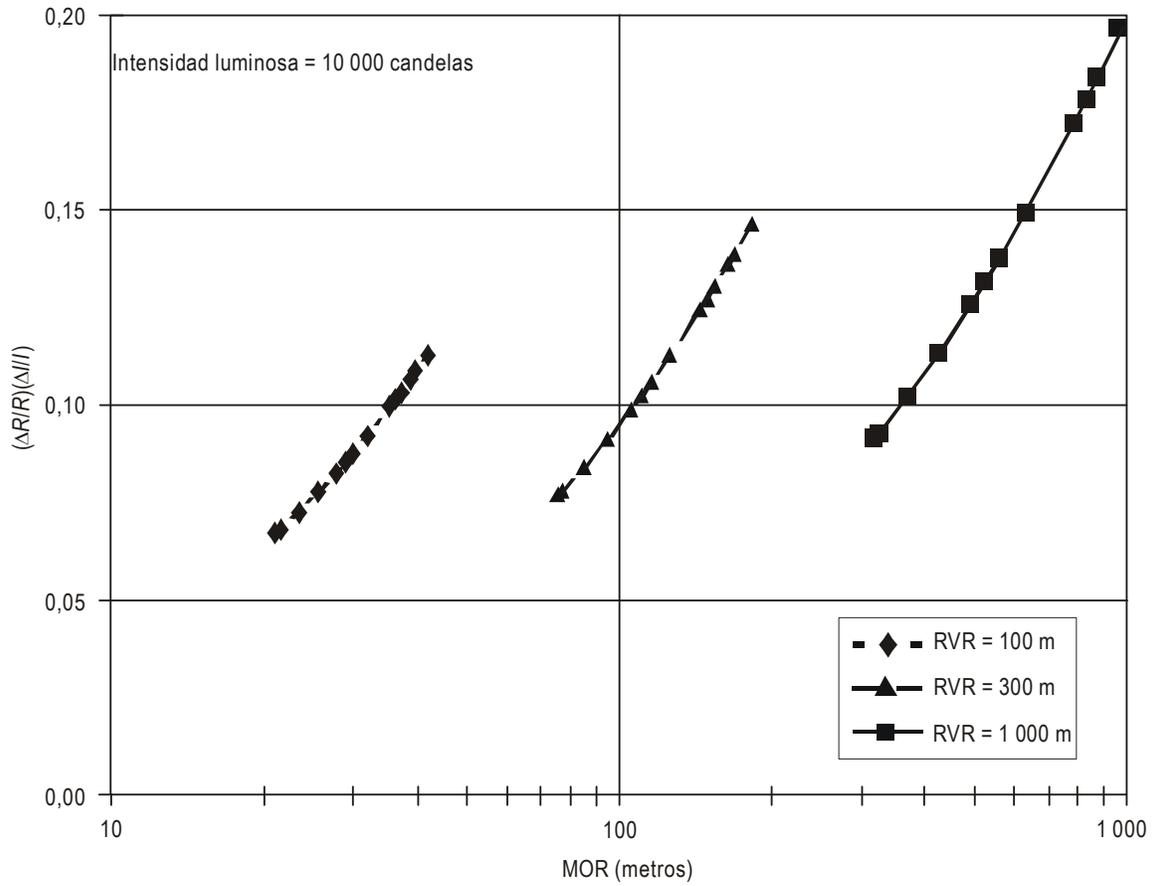


Figura 6-13. Relación del error fraccional del RVR ($\Delta R/R$) al error fraccional de la intensidad luminosa ($\Delta I/I$) para la intensidad luminosa de 10 000 cd

Tabla 6-6. Errores máximos de porcentaje del RVR utilizando la relación escalonada entre el umbral de iluminación y la luminancia de fondo

Umbral de iluminación verdadera (log)	Umbral de iluminación escalonado (log)	Coeficiente de extinción (1/km)						
		2	4	8	16	32	64	128
-3,50	-3,00	0	-18	-17	-15	-13	-12	-11
	-4,00	16	21	18	15	14	12	11
-4,50	-4,00	-18	-16	-14	-12	-11	-10	-9
	-5,00	19	16	14	13	11	10	9
-5,55	-5,00	-15	-14	-12	-11	-10	-9	-8
	-6,10	16	14	13	11	10	9	9

6.7.10 Los errores del RVR procedentes de errores de la luminancia de fondo son similares a los provenientes de errores de la intensidad luminosa (véase 6.7.8). Para el mismo error fraccionario, los errores de luminancia de fondo son ligeramente más pequeños ya que las pendientes log-log del umbral de iluminación en comparación con las curvas de luminancia de fondo son inferiores a uno (véase la Figura 6-8). En las Figuras 6-17 y 6-18 se muestra la forma en que las reducciones de la luminancia de fondo por factores de cuatro y de dos aumentan el RVR para intensidades luminosas de 10 000 cd y de 1 000 cd, respectivamente. Las reducciones en la luminancia de fondo medida (B) por debajo del valor verdadero llevan a notificar un valor del RVR superior al real. Una reducción del B medido pudiera proceder, por ejemplo, de nieve en la ventanilla del medidor de la luminancia de fondo. En las figuras se indican los siguientes efectos:

- a) en todos los casos el error del RVR aumenta a medida que se incrementa la luminancia de fondo (B); el aumento del incremento es aproximadamente de un factor de tres. Esta variación es superior a la observada para los errores de intensidad de luces de pista porque la pendiente log-log de la Figura 6-8 aumenta para valores mayores de B . Sin embargo, en algunos casos los valores más altos de luminancia de fondo están en la región (véase la Figura 6-9) en la que el RVR se determina mediante la ley de Koschmieder; en este caso, la reducción de la luminancia de fondo no tiene ningún influjo en el valor del RVR;

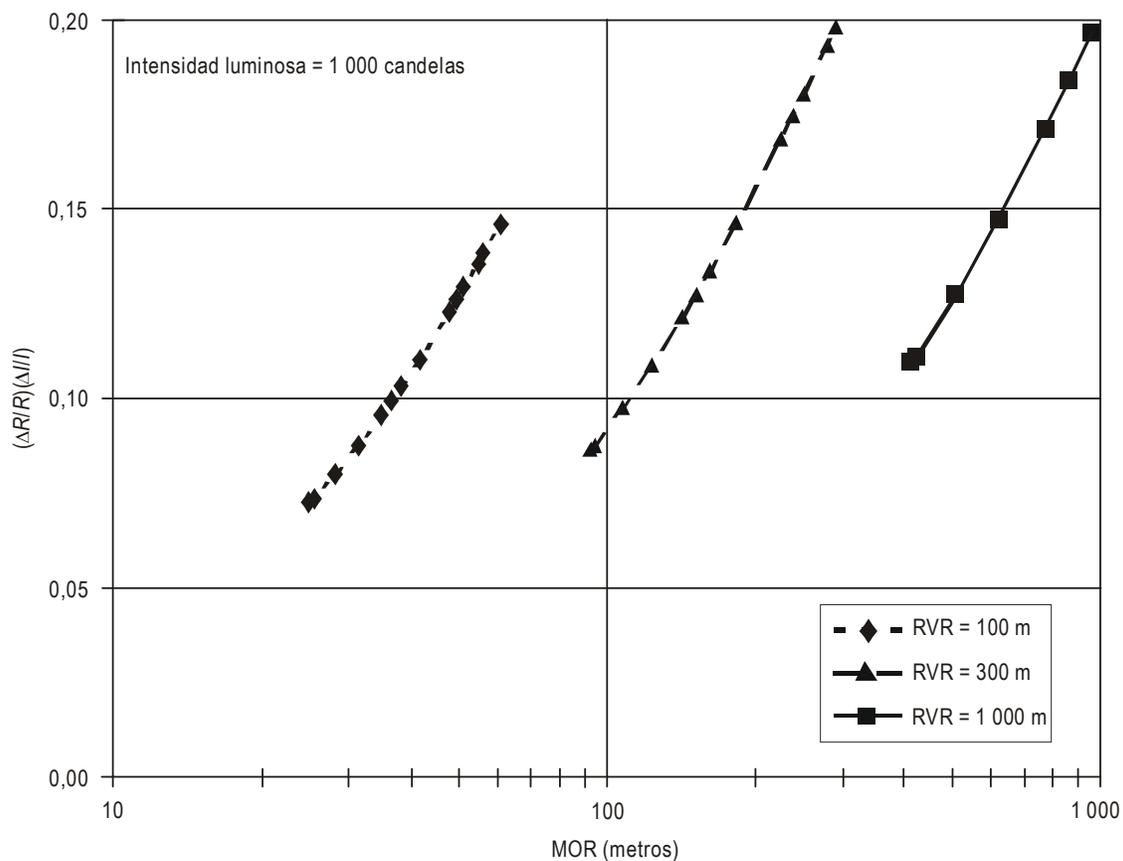


Figura 6-14. Relación del error fraccionario del RVR ($\Delta R/R$) al error fraccionario de la intensidad luminosa ($\Delta I/I$) para intensidad luminosa de 1 000 cd

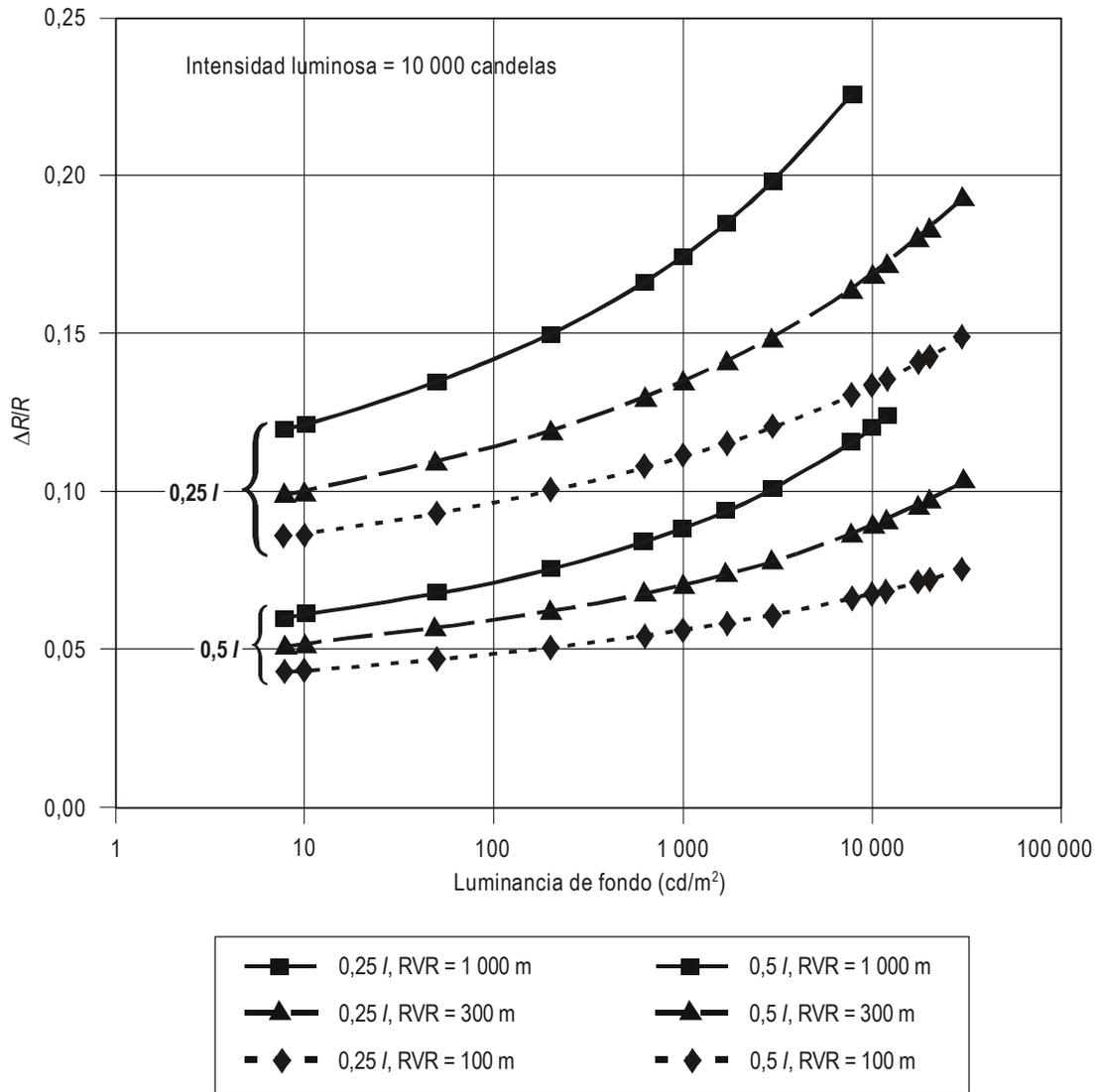


Figura 6-15. Reducción fraccional del RVR ($\Delta R/R$) para reducciones de la intensidad de las luces de pista por factores de cuatro (0,25 I) y de dos (0,5 I) respecto a la intensidad luminosa supuesta de 10 000 cd

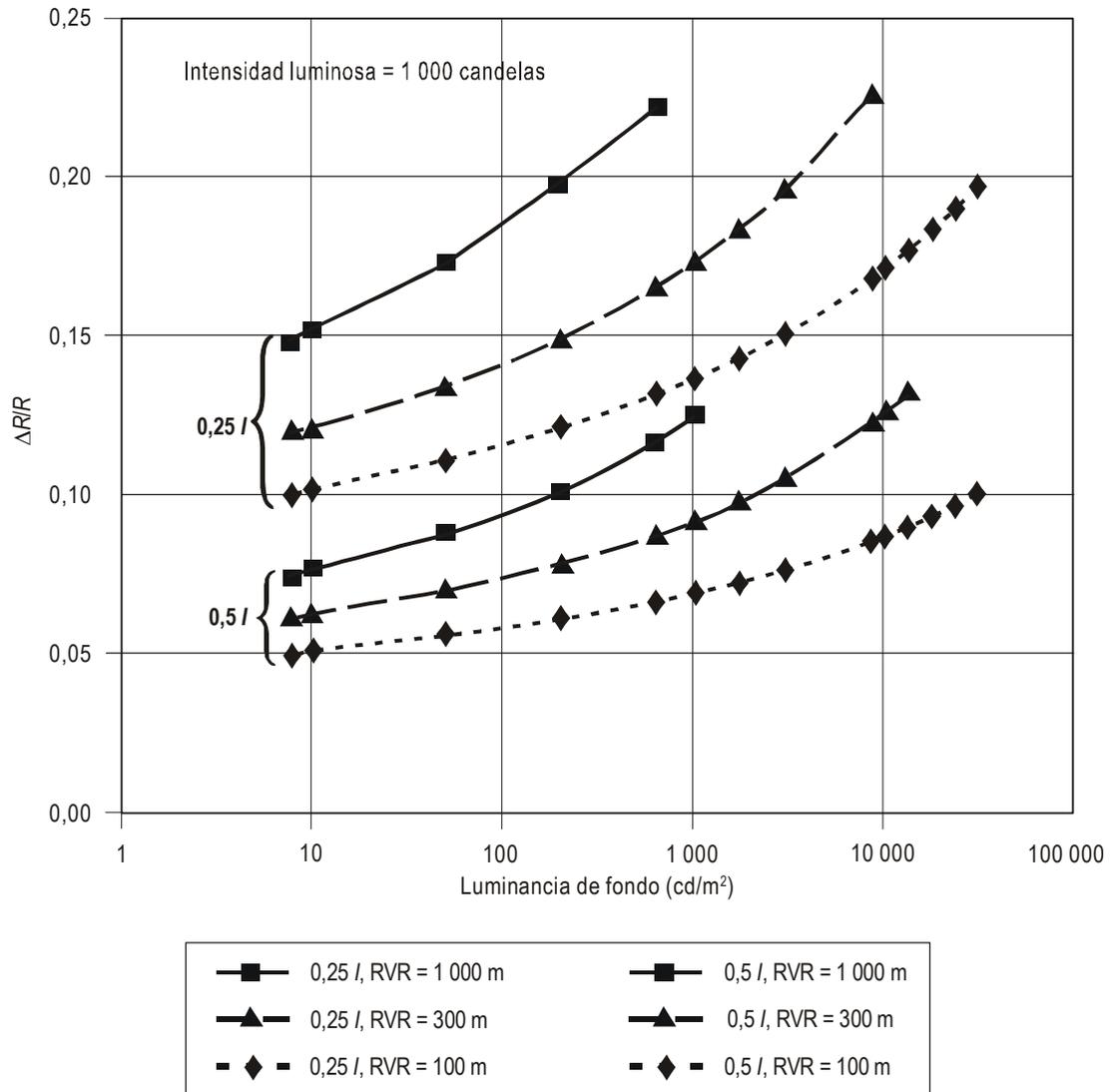


Figura 6-16. Reducción fraccional del RVR ($\Delta R/R$) para reducciones de la intensidad de las luces de pista por factores de cuatro (0,25 I) y de dos (0,5 I) respecto a la intensidad luminosa supuesta de 1 000 cd

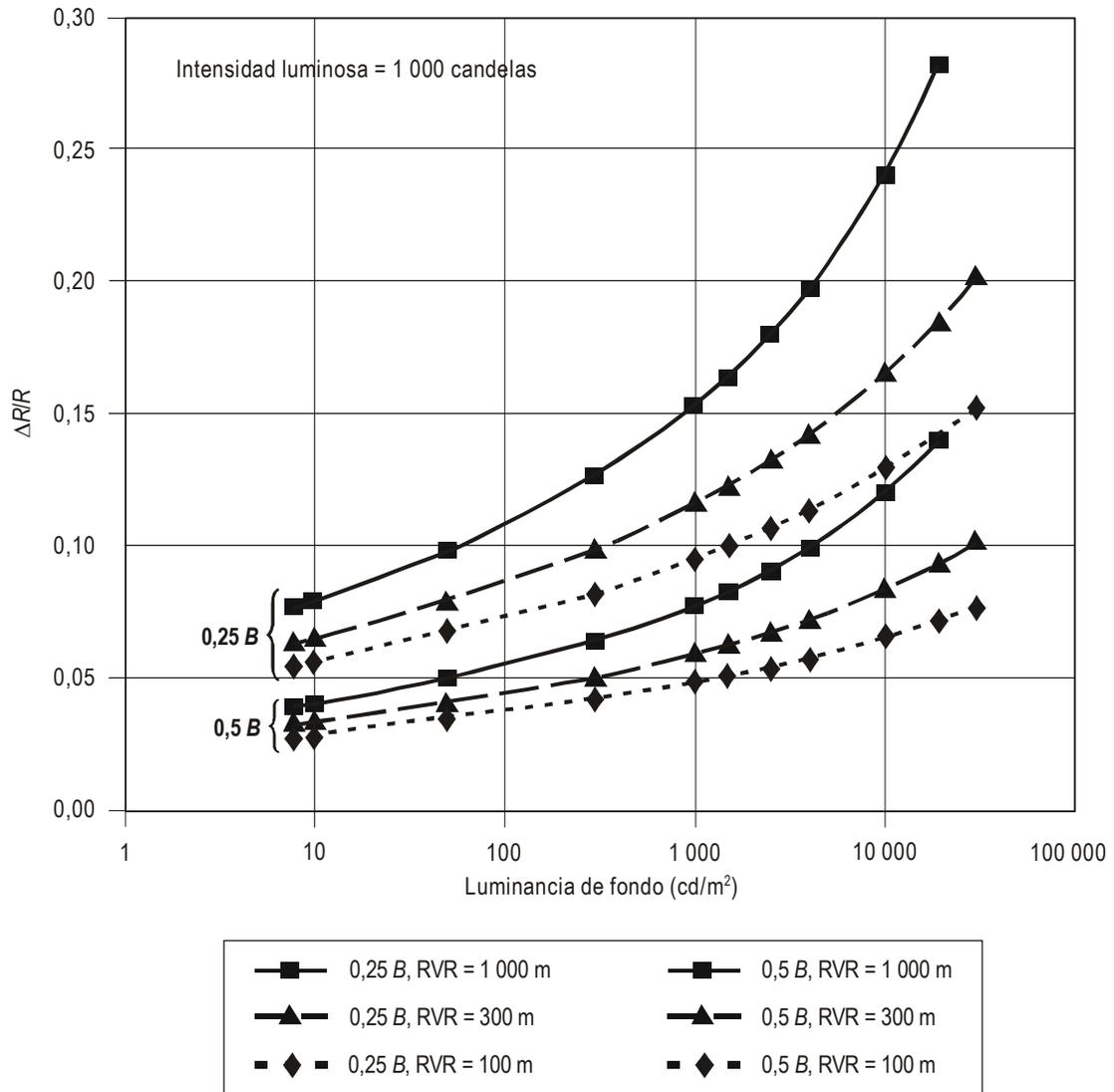


Figura 6-17. Aumento fraccional del RVR ($\Delta R/R$) para reducciones de la luminancia de fondo medida por factores de cuatro (0,25 B) y de dos (0,5 B) para intensidad de las luces de pista de 10 000 cd

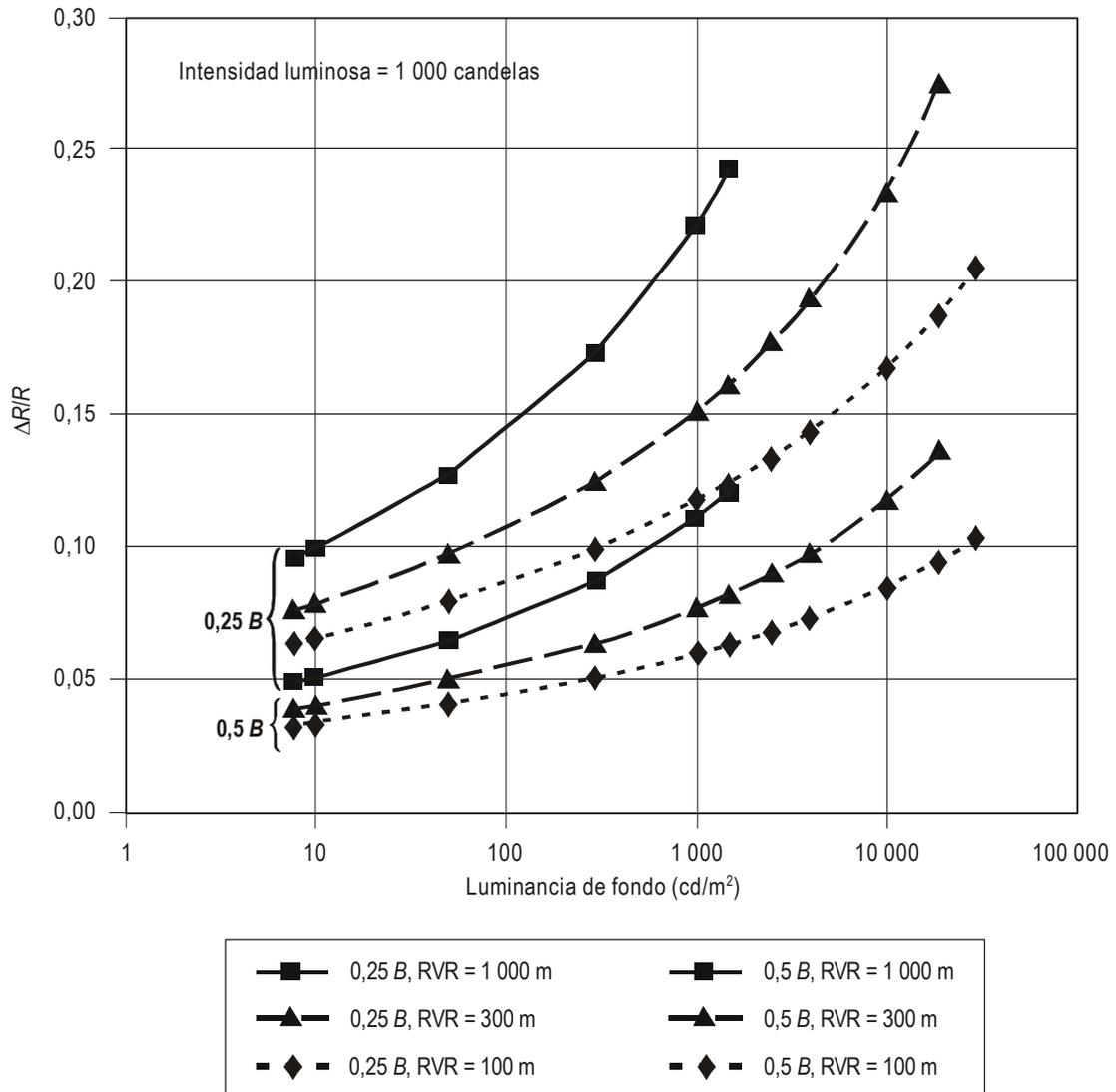


Figura 6-18. Aumento fraccional del RVR ($\Delta R/R$) para reducciones de la luminancia de fondo medida por factores de cuatro (0,25 B) y de dos (0,5 B) para intensidad de las luces de pista de 1 000 cd

- b) el error del RVR por un factor de reducción de cuatro de la luminancia de fondo es aproximadamente doble que el correspondiente a un factor de reducción de dos;
- c) el error fraccionario del RVR es algo superior para valores más elevados del RVR; y
- d) los errores del RVR son ligeramente superiores para luces de 1 000 cd que para luces de 10 000 cd. Sin embargo, ya que se llega a la región de Koschmieder más rápidamente al haber un incremento de B para luces de 1 000 cd que para luces de 10 000 cd, los errores máximos son similares para ambas intensidades luminosas (menos del 14% para una pérdida de luminancia de fondo de un factor de dos y menos del 28% para una pérdida de luminancia de fondo de un factor de cuatro).

6.7.11 En la Tabla 6-7 se resume el influjo de los cambios de los tres parámetros RVR, es decir Φ , I y B en RVR. Se indican para dos valores de la luminancia de fondo B y para tres valores del RVR los cambios de parámetros necesarios para que el RVR disminuya en un 10%. El RVR es mucho más sensible a los cambios de Φ que a los cambios de los otros dos parámetros. Los cambios del RVR son más sensibles a cambios de I y de B durante el día que durante la noche. Puede señalarse que la Tabla 6-7 se ha preparado solamente para fines de ilustración y que por el hecho de no ser relación lineal, los cambios que aumentarían el RVR en un 10% no serían proporcionales a los indicados en la tabla.

Tabla 6-7. Cambios (en porcentaje) de los parámetros que reducen el RVR en un 10% para $I = 10\ 000\ \text{cd}$

Parámetro	Noche, $B = 8\ \text{cd/m}^2$			Día, $B = 10\ 000\ \text{cd/m}^2$		
	RVR (m)					
	100	300	1 000	100	300	1 000
Φ	11	12	12	13	13	16
I	-80	-74	-69	-64	-54	-44
B	881	637	429	185	129	79

Capítulo 7

TRANSMISÓMETROS

7.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

7.1.1 El transmisómetro mide directamente la transmitancia atmosférica entre dos puntos del espacio. Podría decirse, en otras palabras, que evalúa el coeficiente medio de extinción, incluyendo tanto los factores de dispersión como los de absorción, y proporciona un método fiable de evaluar la extinción sin tener en cuenta el estado atmosférico que produce la visibilidad reducida, por ejemplo, niebla, lluvia, nieve, polvo, etc.

7.1.2 En la Figura 7-1 se ilustran en forma de diagrama las dos formas de transmisómetros más comúnmente empleadas. Ambas formas consisten esencialmente en que el transmisómetro dirija un haz de luz hacia un fotodetector de un dispositivo receptor. En una de las configuraciones, a veces denominada transmisómetro de “extremo doble” [véase la Figura 7-1 a)], el haz de luz se dirige directamente al receptor. La distancia que recorre la luz desde el transmisor hasta el receptor se denomina ordinariamente “línea de base”. En la segunda configuración, se combinan el transmisor y el receptor en un solo dispositivo, devolviéndose el haz transmitido mediante un retrorreflector; por consiguiente, la longitud efectiva (línea de base) del haz luminoso recorre dos veces la distancia entre el haz inicial y el dispositivo que aloja al reflector. El transmisor se conoce como “reflectante”, de “línea de base doblada” o de “extremo único”. Se separa el haz reflejado en el transmisor/receptor del haz transmitido [p. ej., mediante un separador del haz según se indica de forma esquemática en la Figura 7-1 b)]. En algunos sistemas de transmisómetro se permite el funcionamiento de doble línea de base, es decir están equipados de un transmisor y de dos receptores.

7.1.3 Al considerar las opciones de transmisómetro para un sistema RVR, es necesario decidir en primer lugar acerca de los valores del RVR que hayan de evaluarse, puesto que esto determina las longitudes óptimas de la línea de base del transmisómetro. Por ejemplo, considérese la gama total de valores del RVR desde 50 m hasta 2 000 m. Las mediciones extremas de MOR se presentan al observar luces (ley de Allard) de noche para un RVR = 50 m y para observar objetos (ley de Koschmieder) durante el día con un RVR = 2 000 m. Si se supone una intensidad de las luces de pista de 10 000 cd y un valor nocturno de E_7 de 10^{-6} lx, entonces según la ley de Allard, el RVR = 50 m ocurrirá para MOR = 9,87 m. De conformidad con la ley de Koschmieder, el RVR es igual al MOR. Por consiguiente, un transmisómetro en la gama total de valores del RVR debe medir el MOR desde 9,87 m hasta 2 000 m. A continuación se describen los factores que han de tenerse en cuenta respecto a las longitudes de la línea de base:

- a) El transmisómetro tiene una relación no lineal entre transmitancia y RVR. Cuanto más corta sea la longitud de la línea de base, mayor será la precisión requerida en la medición de la transmitancia respecto a cualquier precisión exigida del RVR. Para líneas de base muy cortas, solamente se utilizan los pocos valores superiores de porcentaje de la distancia de transmitancia al evaluar el RVR y, por consiguiente, son muy estrictos los requisitos de linealidad y de precisión.
- b) A medida que se incrementa la longitud de la línea de base del transmisómetro aumenta el valor mínimo del RVR que pueda evaluarse. En general, no pueden utilizarse

transmisómetros para la evaluación de valores del RVR inferiores a la longitud de la línea de base del transmisómetro, puesto que la transmitancia desciende a valores muy bajos a medida que el RVR se aproxima a la longitud de la línea de base.

- c) Para cualquier gama dada de valores del RVR, la gama dinámica a la que los transmisómetros deben funcionar aumenta al incrementarse la longitud de la línea de base. Un aumento de la gama dinámica puede ser logrado aumentando la intensidad luminosa del transmisómetro o la sensibilidad del receptor o utilizando sistemas de línea de base doble.

7.1.4 El umbral de ruido del transmisómetro influye de modo importante en la opción de la longitud de la línea de base. Todos los transmisómetros generan ruido eléctrico y esto limita la transmitancia mínima que pueda medirse. Este ruido se debe en primer lugar a la desviación de la luz dentro del transmisómetro. En algunos sistemas actuales se procura superar este defecto midiendo la salida de ruido y sustrayéndola en el cálculo del RVR. Puesto que este nivel de ruido no es constante, esta práctica puede conducir a errores a menos que se realice frecuentemente una calibración del ruido. La transmitancia mínima puede estar relacionada con la longitud máxima de la línea de base y esto se considera en el Apéndice D.

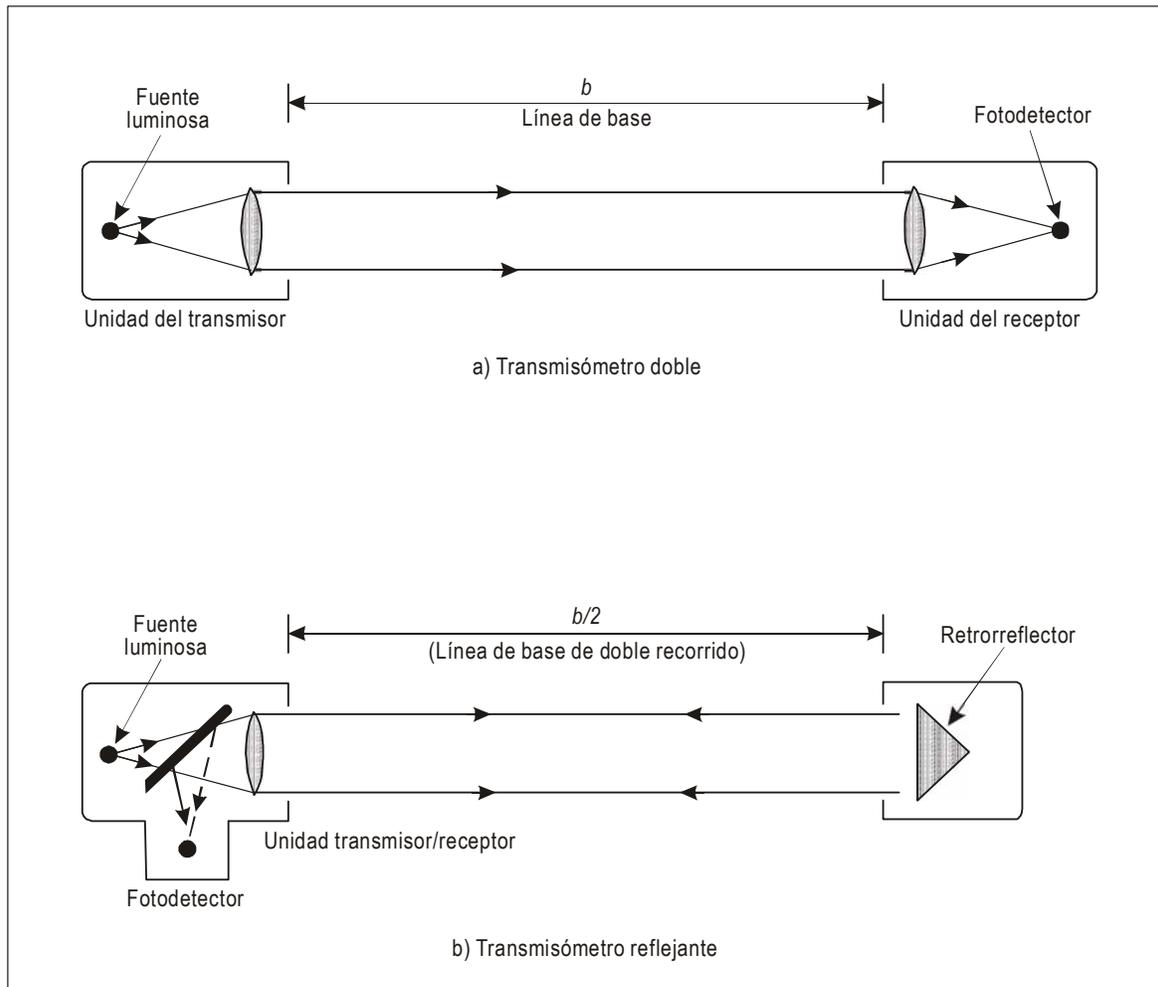


Figura 7-1. Diagramas esquemáticos de dos formas de transmisómetro

7.1.5 Puesto que para atender a la gama total de valores del RVR (MOR desde 10 m a 2 000 m) se requiere una elevada resolución y estabilidad, se utilizan en muchos Estados dos instrumentos o un instrumento de línea de base doble para atender a valores del RVR desde 50 m hasta 2 000 m. El requisito de un solo transmisómetro para toda la gama de valores del RVR puede expresarse mediante la resolución requerida del convertidor A/D utilizado para medir la señal luminosa transmitida. Se requiere una elevada resolución en el extremo superior del RVR para la resolución de pequeñas modificaciones de la transmitancia y en el extremo inferior del RVR para detectar una pequeña fracción de la luz recibida respecto a la recibida para una transmitancia del 100%. En la Figura 7-2 se muestra la forma en que estos dos requisitos dependen de la línea de base seleccionada para el transmisómetro, suponiéndose que una precisión del RVR del 10% corresponde a la resolución de un bit. La línea de base óptima es aproximadamente de 17 m y el convertidor A/D debe tener por lo menos una resolución de 8 bits. Un instrumento práctico tendría una resolución más elevada (p. ej., de 10 bits o más) de forma que la resolución del convertidor A/D no es la fuente predominante de errores en la mayoría de los sistemas que se están utilizando.

7.1.6 Solamente existen unas pocas fuentes de error inherentes al transmisómetro:

a) Puesto que el objetivo de obtener el valor del RVR es estimar la visión humana, puede llegarse a errores cuando la respuesta de longitud de onda del instrumento es distinta a la de la visión humana. Ocurrirían solamente errores importantes respecto a fenómenos meteorológicos que tengan una variación significativa del MOR en función de la longitud de onda (p. ej., calima, véase la Tabla 4-1).

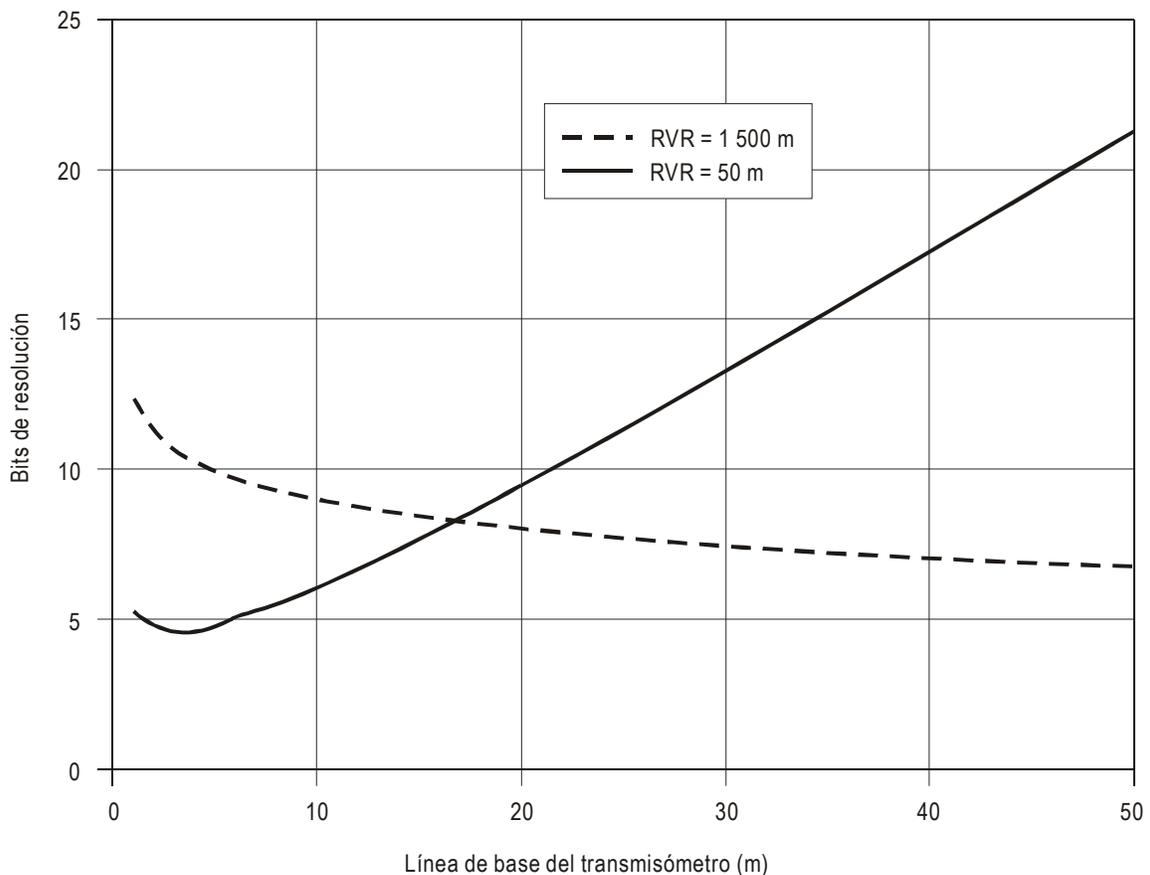


Figura 7-2. Resolución del convertidor A/D para cubrir la gama completa de RVR

- b) El instrumento determina la transmisividad suponiéndose que la señal del receptor representa la intensidad luminosa inicial menos la luz del haz absorbida o dispersada. Esta suposición no es válida cuando la luz está también dispersada hacia el receptor por dispersión frontal procedente del fenómeno meteorológico. Esta fuente de error puede disminuirse hasta un valor insignificante si el haz del transmisor y el campo de vista del receptor son suficientemente estrechos (véase 7.2.3).
- c) En el caso de líneas de base cortas, la longitud exacta de la línea de base puede estar sujeta a incertidumbres con lo que se introducen errores de medición. El sistema óptico del transmisor está normalmente cubierto por una capota para impedir la contaminación de la ventanilla. Ordinariamente se define la línea de base como la distancia desde extremo de capota a extremo de capota y se supone que los fenómenos meteorológicos no penetran en las capotas. Esta hipótesis puede no ser válida en todas las condiciones meteorológicas, tales como niebla, neblina, etc., que pueden penetrar en la estructura de la capota. Por otro lado, en muchos instrumentos se utilizan sopladores para proteger su sistema óptico de la contaminación y para impedir que las condiciones meteorológicas penetren en la capota. Desafortunadamente, en condiciones de viento ligero, tales sopladores pueden dejar libre parte del trayecto delante de la capota y hacer que la línea de base real sea más corta que la línea de base nominal.

7.1.7 La recopilación de la luz de dispersión frontal por parte del receptor del transmisómetro lleva a un error de medición que se expresa de forma conveniente como error fraccionario del coeficiente de extinción (inferior al verdadero coeficiente de extinción). El error fraccionario aumenta con el radio de las partículas dispersas pero puede ser considerado como independiente de la línea de base. En el caso de partículas de dimensión muy superior a la longitud de onda de la luz, el error es aproximadamente proporcional al radio de las partículas y a la anchura angular del receptor. En el caso de una partícula de $10 \mu\text{m}$ (es decir, el radio máximo de partículas ordinario en las nieblas) y con una longitud de onda de $0,55 \mu\text{m}$ (máximo de respuesta de la visión humana), el error será inferior al 5% si el semiángulo del receptor es inferior a 0,001 radianes.

7.1.8 La luz de fondo se sumará a la luz original que llega al receptor y para evitar los errores consiguientes, es normal modular la fuente luminosa del transmisómetro o, de otra forma, eliminar la luz de fondo no deseada. A pesar de estas precauciones, la linealidad del fotodetector puede todavía influir mediante iluminaciones ambientales muy elevadas tales como la luz del sol directa o reflejada en un espejo que producirán errores de medición. Para impedir que la luz directa del sol llegue al fotodetector del receptor es práctica común inclinar el transmisómetro hacia abajo de forma que el eje del haz de medición descienda unos $0,5^\circ$, respecto a la horizontal.

7.2 CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO

7.2.1 Se dispone en el comercio de numerosas clases de transmisómetros. Se utilizan diversas fuentes luminosas, incluidas las lámparas de filamento de tungsteno, los tubos de descarga de impulsos xenon, las lámparas halógenas de tungsteno moduladas, y los diodos emisores de luz (LED) de amplitud modulada.

7.2.2 En algunos transmisómetros hay poca pérdida de luz y el haz puede ser de baja intensidad; en otros puede utilizarse un haz de elevada intensidad que es también ancho y, por consiguiente, puede ser visible externamente. En este caso puede ser necesario dirigir la línea de base a un ángulo hacia afuera de la dirección de la luz de forma que esta luz no deslumbré a los pilotos.

7.2.3 Para evitar los errores de dispersión frontal, el transmisor y el receptor deben tener haces estrechos alineados en un eje común. El uso de ángulos de haz estrecho y la consiguiente necesidad de

una fina alineación óptica obligan a que los equipos sean mecánicamente rígidos y estén montados en cimientos firmes, puesto que pequeños cambios de alineación pueden llevar a grandes cambios en la salida del receptor. Los cambios debidos a una alineación errónea pueden ser erróneamente interpretados como variaciones de las condiciones atmosféricas. A veces el campo de visión del receptor es exactamente de la amplitud suficiente para observar por completo al transmisor. En algunos casos los requisitos de anchura de haz y de alineación hacen que no sea práctico lograr las funciones de línea de base doble (una larga y la otra corta) utilizándose un solo transmisor con dos receptores independientes. En primer lugar, el transmisor no puede dirigirse simultáneamente a ambos receptores. En segundo lugar, aunque el diámetro del transmisor sea lo suficientemente estrecho para eliminar los errores de dispersión frontal respecto a una línea de base larga, el receptor con línea de base corta tendrá que funcionar con un campo de visión mucho más amplio para observar por completo al transmisor y, por consiguiente, habrá de recopilar más de la luz de dispersión frontal. Sin embargo, pueden superarse estos problemas si el transmisor emite dos haces separados.

7.2.4 Un factor que debe tenerse en cuenta al trabajar con transmisómetros es el de la contaminación de las superficies ópticas. Este efecto puede reducirse a un mínimo mediante capotas y soplado de aire. Sin embargo, es importante asegurarse de que las capotas y los sistemas de circulación de aire no interfieren en el trayecto de medición [véase 7.1.6.c)]. En los sistemas en los que pueda determinarse con precisión el índice de contaminación, podría aplicarse una compensación respecto a tal contaminación.

7.2.5 La alta precisión general requerida en los transmisómetros exige que la fuente luminosa sea de intensidad constante o es preciso supervisar la intensidad luminosa y corregir la medición respecto a cualquier variación de la intensidad. Además, el transmisómetro, a título de sistema, debería contar con medios de calibración y deberían preverse los ajustes automáticos para derivas a largo y a corto plazo.

7.2.6 A continuación se resumen las ventajas e inconvenientes del transmisómetro. Entre las ventajas pueden citarse:

- a) El instrumento es de calibración automática. En un día despejado puede convalidarse la calibración independientemente para cada instrumento.
- b) Se miden correctamente los efectos de absorción.
- c) La precisión de la medición no depende de los fenómenos meteorológicos que hacen disminuir la visibilidad.

Entre los inconvenientes pueden citarse:

- a) Para preservar la alineación, el instrumento debe estar firmemente instalado en tierra. Puede constituir un reto la frangibilidad del instrumento, particularmente si la medición se realiza a bastante altura sobre el suelo. Puede ser difícil mantener la alineación en lugares con suelo inestable (p. ej., tundra, montones de escarcha).
- b) Es técnicamente difícil cubrir la gama completa de valores del RVR desde 50 m hasta 2 000 m con un solo instrumento.
- c) Las mediciones del transmisómetro son particularmente sensibles a errores ocasionados por la contaminación de la ventanilla, especialmente en la gama superior de transmisibilidad.
- d) No debe calibrarse nuevamente el transmisómetro en condiciones de escasa visibilidad.

7.3 CALIBRACIÓN DEL TRANSMISÓMETRO

7.3.1 La gama de transmitancia del transmisómetro es de 0 a 1, el valor 0 (cero) corresponde a visibilidad nula y el valor 1 (unidad) de la escala completa corresponde a visibilidad infinita. Existen varias maneras de establecer estos puntos extremos y aunque se sale del alcance de este manual la descripción completa de los mismos, en los párrafos siguientes se presenta brevemente un esbozo de los principales métodos aplicados. Inicialmente puede establecerse la linealidad de los transmisómetros mediante la calibración a base de filtros de referencia.

7.3.2 Básicamente, el punto cero se determina oscureciendo la luz proveniente del receptor. La calibración de la escala total se determina por comparación directa con la distancia a la que un observador puede alcanzar a ver determinados objetos y luces de intensidad conocida. La calibración solamente debe efectuarse en condiciones de elevada visibilidad, preferiblemente con visibilidades superiores a 10 km y en ningún caso inferiores a 5 km. La distancia de observación debe ser tan cerca como sea posible del MOR, puesto que habitualmente se utiliza el MOR para la conversión a fin de obtener la transmitancia. En caso de que se hayan utilizado luces para la evaluación, debe efectuarse la conversión a un valor del MOR. Si se dispone en el emplazamiento de otros instrumentos bien calibrados, estos pueden utilizarse para obtener el valor del MOR de referencia. Puede convertirse el MOR así determinado para obtener la transmitancia y se ajusta la calibración en consecuencia. Puesto que las pérdidas por trayecto atmosférico quizá no sean homogéneas, pudiera existir una correspondencia deficiente entre las pérdidas a lo largo del paso de la luz transmitida y el valor del MOR de referencia. Por consiguiente, esta técnica de calibración debe aplicarse con precaución.

7.4 ERRORES DE CALIBRACIÓN

7.4.1 Existen tres tipos de errores de calibración del transmisómetro:

- error por desplazamiento de la referencia cero;
- errores de escala; y
- desviación de la referencia.

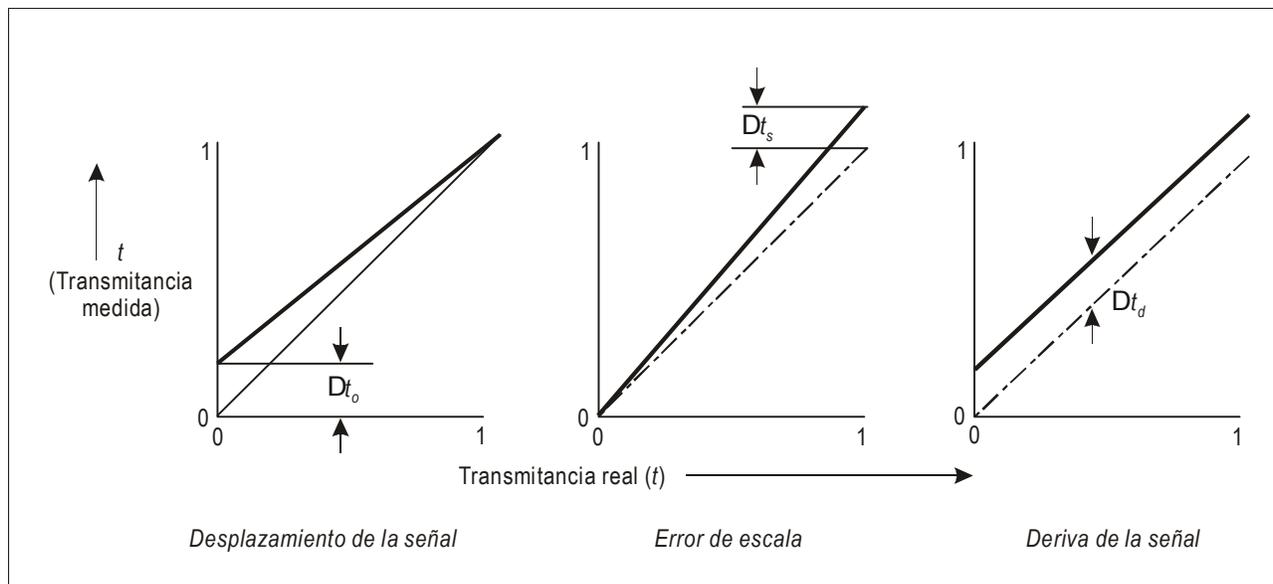


Figura 7-3. Tres errores de calibración

Estos errores se ilustran en la Figura 7-3 y se describen a continuación. Los valores ordinarios se presentan en el Apéndice E.

7.4.2 El desplazamiento de la referencia (Δt_0) ocurre cuando el punto cero de la escala de transmitancia es incorrecto. Esto da lugar a errores crecientes del RVR hacia el extremo inferior de la gama de valores útiles del transmisómetro. Esto se ilustra en las partes de la izquierda de las curvas R y V de la Figura 7-4, indicándose las características de un aumento extremadamente rápido del error.

7.4.3 El error de escala (Δt_s) procede de que el punto superior de la calibración es incorrecto. Esto lleva a que el error del RVR aumente con la distancia según se ilustra en las partes de la derecha de las curvas de la Figura 7-4. Se denomina error de escala puesto que parece ser un error de la pendiente de la curva de calibración.

7.4.4 El error de desviación de la referencia procede de que la calibración completa se modifica por una cantidad Δt_d . La magnitud de este error es habitualmente muy inferior a la del error de desplazamiento de la referencia y a la del error de escala.

7.4.5 Estos errores dan lugar a errores fraccionarios de $\Delta\Phi/\Phi$ en el coeficiente de extinción y a un error idéntico $\Delta V/V$ en el MOR (véase también la Figura 7-4); de modo análogo, a un error fraccionario $\Delta R/R$ en el RVR. Esto se explica en 6.7 y en el Apéndice E. A modo de ilustración, la variación del error fraccionario $\Delta V/V$ en relación con V se indica en la Figura 7-4 a) y la correspondiente variación del $\Delta R/R$ con RVR se indica en la Figura 7-4 b). Las curvas ilustran las características mencionadas en 7.4.2 y 7.4.3, en particular el efecto que el error de desplazamiento de la referencia tiene en cuanto a limitar la gama mínima útil de valores de funcionamiento del transmisómetro.

7.4.6 Los errores del transmisómetro y la resolución mínima de transmitancia debida al umbral de ruido (según lo explicado en 7.1.4) son factores importantes en cuanto a seleccionar y mantener un sistema de transmisómetros. Es esencial evaluar plenamente este asunto y tenerlo en cuenta en el seleccionamiento, el reglaje, la calibración y el mantenimiento del sistema deseado.

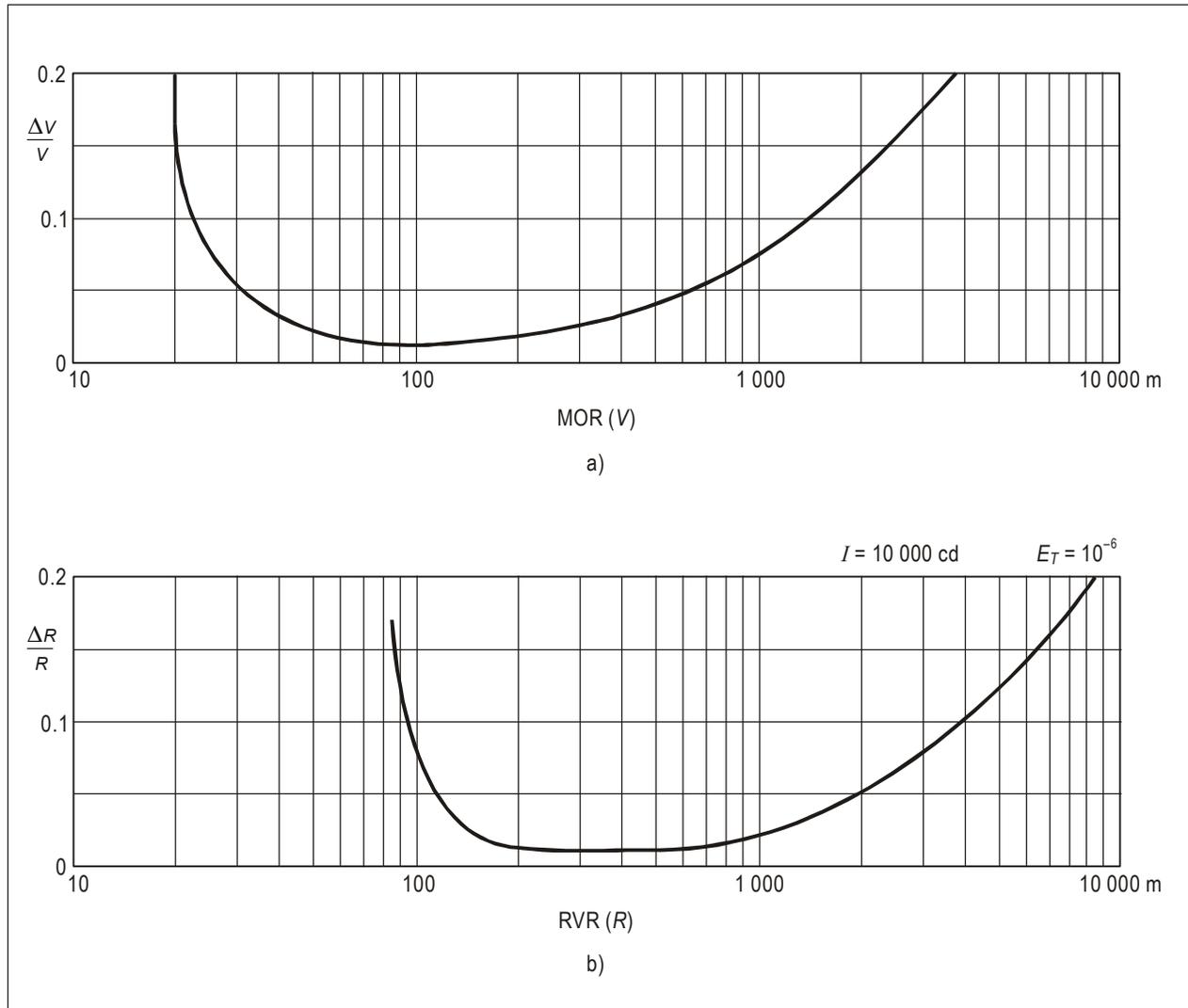


Figura 7-4. Errores ordinarios al calcular MOR y RVR como consecuencia de errores de calibración ilustrados en la Figura 7-3

Capítulo 8

MEDIDORES DE LA DISPERSIÓN FRONTAL

8.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

8.1.1 El transmisómetro (Capítulo 7) mide la fracción de la luz (transmitancia) de un haz luminoso que no ha sido absorbida ni dispersada al recorrer una determinada distancia por la atmósfera. El estudio de la visión humana ha demostrado que la transmitancia, o el coeficiente de extinción que se obtiene fácilmente a partir de la transmitancia, es el parámetro correcto para caracterizar la degradación de la visión como consecuencia de precipitación o de aerosoles. A diferencia del transmisómetro, el medidor de la dispersión frontal mide una parte pequeña de la luz dispersada de un haz luminoso (véase la Figura 8-1) dirigido hacia una banda relativamente estrecha de ángulos de dispersión. Se utilizan seguidamente los valores obtenidos por el medidor de la dispersión frontal para estimar el coeficiente de extinción; se supone que la señal dispersa es proporcional al coeficiente de extinción. La validez de la estimación depende de las características físicas de las partículas en dispersión de la forma siguiente:

- a) *Densidad de las partículas.* Puesto que tanto la señal del medidor de dispersión frontal como el coeficiente de extinción son proporcionales a la densidad de las partículas, las variaciones de la densidad de las partículas no pueden influir en la validez de los valores obtenidos con el medidor de la dispersión frontal.
- b) *Función de dispersión de las partículas* (es decir, distribución angular de la luz dispersa). La respuesta del medidor de la dispersión frontal depende de la fracción de luz dispersa hacia la gama de ángulos detectados. Puesto que las partículas de distinta clase tienen distintas funciones de dispersión, la relación de la señal dispersa al coeficiente de extinción (es decir, el factor de calibración del medidor de la dispersión frontal) puede depender de la clase de partículas objeto de dispersión. Un modo de atender a este problema es seleccionar un ángulo de dispersión al cual la función de dispersión se acerca lo más posible a ser proporcional al coeficiente de extinción para fenómenos meteorológicos que reducen la visibilidad a la gama de valores del RVR. Otro enfoque es determinar los fenómenos meteorológicos y aplicar una calibración distinta a diversos tipos de condiciones meteorológicas.
- c) *Absorción de las partículas.* Esto puede constituir un problema por el hecho de que el medidor de la dispersión frontal no puede detectar la absorción. Sin embargo, cuando la magnitud de la absorción es proporcional a la magnitud de dispersión, el efecto de absorción modifica sencillamente la proporcionalidad entre la señal objeto de dispersión y el coeficiente de extinción total.

8.1.2 En muchos aeropuertos la niebla y la nieve son los fenómenos meteorológicos más comunes que reducen la visibilidad a la gama de valores por notificar del RVR. En estas condiciones meteorológicas, se experimenta normalmente muy poca variación de la absorción y muy poca variación del coeficiente de extinción. La lluvia fuerte, el humo, la arena y el polvo son otros fenómenos meteorológicos que reducen notablemente la visibilidad; estando algunos de estos fenómenos asociados a una absorción significativa. Una evaluación precisa del RVR con el medidor de la dispersión frontal en presencia de estos fenómenos

puede exigir que se determinen los fenómenos y se aplique una calibración distinta a la utilizada en el caso de niebla y de nieve.

8.1.3 En la lista siguiente se describen las características de dispersión de los diversos fenómenos meteorológicos que llevan a una disminución de la visibilidad:

- a) *Niebla*. La niebla tiene un máximo relativamente estrecho de dispersión en la dirección hacia adelante, muy poca dispersión a 90° , más dispersión a 180° y máximos pequeños a ángulos del arco iris. La magnitud de la dispersión en la gama desde 30° hasta 50° es más o menos independiente de la distribución de tamaños de gotas y, por consiguiente, los medidores de la dispersión frontal que funcionan a un ángulo dentro de esta gama de valores han proporcionado la actuación más uniforme. Por el contrario, los instrumentos de dispersión trasera (dispersión a 180°) están caracterizados por una respuesta variable a la niebla.
- b) *Nieve*. La nieve está caracterizada por una dispersión que varía con mucha más lentitud que en el caso de la niebla. La luz se dispersa con más uniformidad a cualquier ángulo. A un ángulo aproximado de 40° , la niebla y la nieve tienen la misma relación de dispersión a coeficiente de extinción; por lo tanto, este ángulo es útil para un medidor de la dispersión frontal que no puede determinar el fenómeno que reduce la visibilidad. Por el contrario, los instrumentos de dispersión trasera acusan una respuesta elevadamente anómala a la nieve.
- c) *Lluvia*. La lluvia está caracterizada por un máximo de dispersión frontal mucho más estrecho que en el caso de la niebla. El máximo es tan estrecho que no puede influir de forma significativa en la visión humana ni puede ser detectado por un transmisómetro. Por consiguiente, con un medidor de la dispersión frontal puede subestimarse el RVR en caso de lluvia hasta un factor de dos por relación a un transmisómetro. Puesto que la lluvia que no está mezclada con la niebla es en muy pocas ocasiones lo suficientemente intensa para reducir de modo claro el RVR, no se ha prestado mucha atención a este asunto en el

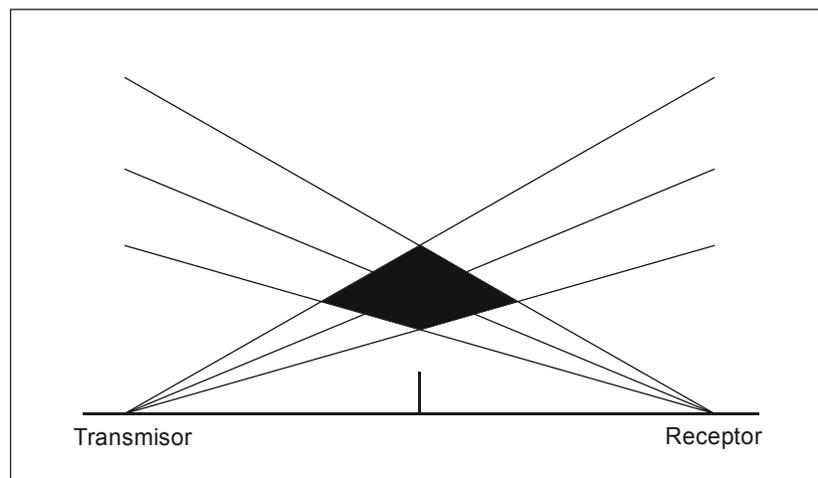


Figura 8-1. Principio del medidor de dispersión frontal

diseño de los medidores de la dispersión frontal. Si un medidor de la dispersión frontal puede determinar que la lluvia es el único fenómeno que reduce la visibilidad, puede también corregir la consiguiente subestimación del RVR. Sin embargo, tal corrección pudiera llevar a notificar un RVR superior al real en caso de que alguna clase de niebla se mezcle con la lluvia pero no sea detectada y, por lo tanto, no se tenga en cuenta.

- d) *Pequeñas partículas aerosoles* (calima o humo). La función de dispersión de partículas cuyo diámetro es inferior a la longitud de onda de la luz varía significativamente en función de la longitud de onda, pero varía mucho menos en función del ángulo que en el caso de partículas de mayor diámetro. La diferencia lleva a una dispersión mayor respecto al coeficiente de extinción a los ángulos utilizados en los medidores de la dispersión frontal. Parte de esta diferencia puede ser compensada por la absorción que pudieran producir tales fenómenos. Por lo tanto, la proporcionalidad entre la luz objeto de dispersión y el coeficiente de extinción será distinta a la correspondiente a la niebla y dependerá de la longitud de onda seleccionada para la medición. Los efectos de la longitud de onda y de la función de dispersión llevan a calibraciones aproximadamente iguales de la visión humana (centrada en el color verde) en los medidores de la dispersión frontal para el caso de la calima y de la niebla si se utiliza la luz roja para el instrumento.
- e) *Partículas de absorción* (humo, arena y polvo). Puesto que el medidor de la dispersión frontal no puede medir la absorción, los valores obtenidos con el medidor de la dispersión frontal pueden estimar por exceso el RVR en el caso de partículas de absorción. Si pueden determinarse las partículas y se ha cuantificado para el fenómeno la respuesta del medidor de la dispersión frontal, entonces puede corregirse el valor del RVR.

8.1.4 Puesto que la referencia del medidor de la dispersión frontal depende de la densidad y tipo de las partículas y de la geometría del instrumento de forma bastante compleja, se determina empíricamente la calibración del medidor de la dispersión frontal comparando los datos de salida de los sensores con la medición de un transmisómetro de referencia en condiciones meteorológicas adecuadas.

8.2 CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO

8.2.1 Un medidor ordinario de la dispersión frontal está constituido por un transmisor y un receptor separados por aproximadamente un metro (véase la Figura 8-1). Se han sometido a prueba en los últimos decenios una diversidad de diseños del medidor de la dispersión frontal. En los diseños actuales se han resuelto muchos de los problemas que afectaban a los primeros modelos.

8.2.2 En los primeros diseños se empleaban fuentes luminosas incandescentes cortadas con una frecuencia de modulación aproximada de 300 Hz, mientras que en los diseños actuales se emplean lámparas de destellos o diodos emisores de infrarrojo eléctricamente modulados. El impulso corto de luz o una frecuencia más elevada de modulación de estos equipos han eliminado prácticamente los efectos de la luz solar que se observaban en los primeros diseños. Con las nuevas fuentes luminosas se han disminuido también los requisitos de mantenimiento. Obsérvese que el empleo de luz infrarroja para la medición proporciona resultados válidos en caso de niebla y de nieve pero se obtendrán mediciones incorrectas en el caso de partículas más pequeñas de aerosol con tamaños comparables a la longitud de onda (p. ej., calima).

8.2.3 Los primeros diseños estaban sujetos a contaminación de la ventanilla (p. ej., nieve que se acumulaba en las ventanillas del instrumento). Se han resuelto en gran parte estos problemas en la mayoría de los diseños recientes (véase la Figura 8-2) en los que se emplea una geometría de dispersión orientada hacia abajo.

8.2.4 En lo que sigue se resumen las ventajas y los inconvenientes de los medidores de la dispersión frontal. Se presentarán más detalles en los párrafos subsiguientes.

Algunas de las ventajas son:

- a) Por su tamaño pequeño y peso liviano, los medidores de la dispersión frontal pueden montarse en un solo poste frangible. No están afectados por condiciones de inestabilidad del suelo.
- b) Un medidor de la dispersión frontal puede fácilmente cubrir la gama total de valores del RVR con un solo instrumento.
- c) Un medidor de la dispersión frontal es relativamente insensible a la contaminación de la ventanilla y normalmente no requiere una limpieza frecuente. Además, la geometría de dispersión orientada hacia abajo hace que disminuya la posibilidad de contaminación de la ventanilla o de que la precipitación golpee en la ventanilla.
- d) Un medidor de la dispersión frontal puede ser reparado, calibrado y puesto nuevamente en servicio en la mayoría de las condiciones meteorológicas, incluidas las de escasa visibilidad (a excepción de la precipitación con ventisca o vientos fuertes).

Algunos de los inconvenientes son:

- a) Un medidor de la dispersión frontal no es autocalibrable. Debe establecerse un proceso para trazar la calibración de cada uno de los medidores de la dispersión frontal por referencia a un transmisómetro.
- b) La relación de una medición del medidor de la dispersión frontal con el coeficiente de extinción puede depender de la índole del fenómeno que reduce la visibilidad, particularmente cuando es importante la absorción. Puede corregirse esta variación si el sensor puede determinar con precisión cuál es el fenómeno que reduce la visibilidad. Sin embargo, tales correcciones pudieran ser imprecisas respecto a fenómenos mixtos (p. ej., lluvia y niebla, lluvia y nieve).
- c) Deben mantenerse tolerancias de fabricación estrictas para la geometría de dispersión a fin de impedir variaciones de calibración de una unidad a otra.
- d) Los obstáculos no detectados de las ventanillas del sensor (p. ej., acumulación de nieve) pueden llevar a notificar valores del RVR superiores a los reales. Con la geometría de dispersión orientada hacia abajo (véase la Figura 8-2) se reduce significativamente la posibilidad de acumulación de nieve.

8.2.5 Los medidores de la dispersión frontal manifiestan una relación lineal entre la señal óptica y el coeficiente de extinción; la salida de la señal es proporcional al coeficiente de extinción. Esta característica tiene dos repercusiones:

- a) Un solo medidor de la dispersión frontal puede fácilmente cubrir toda la gama de notificación del RVR.
- b) Las pérdidas en la ventanilla por contaminación llevan a errores proporcionales en las mediciones del medidor de la dispersión frontal.

8.2.6 La proximidad entre las cabezas de los sensores y el volumen de dispersión hace que no sea práctico utilizar sopladores para proteger las ventanillas de la contaminación; el soplador puede distanciar la niebla del volumen de dispersión. Por consiguiente, se han elaborado métodos para corregir las pérdidas en la ventanilla de forma que puedan ser largos los intervalos entre limpiezas de ventanilla (p. ej., tres meses). Se han adoptado dos enfoques:

- a) *Empleando dos transmisores y dos receptores y una geometría horizontal de dispersión (véase la Figura 8-3).* Cada receptor apunta directamente a un transmisor y detecta la señal dispersa por el otro. Se activan alternativamente los transmisores. Las señales resultantes pueden determinar el coeficiente de extinción independientemente de cualquier pérdida por ventanilla. La acumulación de nieve en las ventanillas se detecta fácilmente; si sólo está taponada una ventana, el coeficiente de extinción puede todavía determinarse aunque ya no puedan corregirse los errores de pérdida en ventanilla.
- b) *Midiendo la cantidad de luz dispersa internamente desde las ventanillas para estimar la pérdida en ventanilla.* Este método funciona bien en el caso de contaminación seca pero adolece de muchos problemas cuando hay señales espurias de gotitas de agua producidas por ventisca de lluvia o de nieve. También puede detectarse la acumulación de nieve como una gran señal invariable en la ventana. El uso de una geometría de dispersión orientada hacia abajo reduce dramáticamente la contaminación así como la presencia de gotitas de agua.

Obsérvese que los valores notificados del RVR serán superiores a los reales si no se compensan por completo las pérdidas en ventanilla. La acumulación de nieve representa el caso más desfavorable y debe evitarse o detectarse para asegurarse de que no se notifican valores del RVR que puedan ser erróneos.

8.2.7 Mientras que cada transmisómetro puede ser autocalibrado (véase 7.3), la calibración de un medidor de dispersión frontal es más complicada. Intervienen dos elementos:

- a) La respuesta de un medidor de dispersión frontal depende de muchas variables, tales como la intensidad del transmisor, la sensibilidad del receptor, los tamaños y superposición de haces de transmisor y receptor y el ángulo medio de dispersión. Sería muy difícil calibrar por separado cada uno de estos factores. En su lugar, se simula una dispersión de niebla densa utilizándose una unidad de calibración del medidor de la dispersión (SCU), cuyo diseño es propio de cada medidor de dispersión frontal. Una SCU consiste ordinariamente en una placa de dispersión difusa (véase la Figura 8-4) acompañada de un método de atenuar la gran señal dispersa por la placa para que disminuya hasta la gama dinámica de valores del receptor. La SCU puede estar constituida por dos unidades separadas (p. ej., placa de dispersión y atenuador) o para facilitar la medición, pueden combinarse todos los componentes en una sola unidad. Puede recancelarse el medidor de dispersión frontal a un valor normalizado midiendo una SCU y estableciendo la ganancia para conseguir la respuesta nominal de la SCU.
- b) La señal dispersa obtenida con un medidor de la dispersión frontal no puede estar directamente relacionada con el coeficiente de extinción. En último término la señal del medidor de dispersión frontal debe compararse con las mediciones directas del coeficiente de extinción obtenidas a partir de un transmisómetro. Podría utilizarse tal comparación para determinar el valor equivalente del coeficiente de extinción en una SCU.

Puesto que el proceso de calibración es típico para convalidar el diseño de cada uno de los medidores de la dispersión frontal, esto se analizará con más detalle en 8.3.



Figura 8-2. Medidor de la dispersión frontal orientado hacia abajo



Figura 8-3. Medidor de dispersión frontal de cuatro cabezas

8.2.8 Si el medidor de la dispersión frontal ha de representar bien el coeficiente de extinción atmosférica, la atmósfera en su volumen de dispersión debe ser similar a la de la atmósfera libre. Deben evitarse dos efectos:

- a) Las cabezas y los brazos de montaje del medidor de la dispersión frontal no deben bloquear el viento que transporta partículas que reducen visibilidad y que se dirige libremente hacia el volumen de dispersión (posiblemente significativo para la niebla y para la nieve). Puede reducirse a un mínimo este problema si las cabezas y su soporte son pequeñas y situadas muy lejos del volumen de dispersión. Los efectos de bloqueo del viento pueden disminuirse a un porcentaje pequeño.
- b) Debe alejarse el calor de la cabeza de los sensores o del equipo electrónico del volumen de dispersión. La geometría de orientación hacia abajo es menos susceptible a este problema que otras geometrías de dispersión puesto que las cabezas están situadas por encima del volumen de dispersión.

8.2.9 Puesto que se realizan promedios de los valores del medidor de la dispersión frontal en un volumen muy pequeño del espacio, se ha planteado la cuestión de si los medidores de la dispersión frontal darán valores representativos del RVR en la pista lo mismo que un transmisómetro que realiza una integración en toda la longitud de su línea de base b (m). Si pasa por el medidor de dispersión frontal una niebla soplada por el viento, entonces el promedio de diferencia espacial entre las dos mediciones puede ser mucho menor que la diferencia nominal entre el pequeño volumen de dispersión y una línea de base larga. En el caso de una velocidad del viento v (m/s), el promedio en un minuto de la medición del medidor de la dispersión frontal será eficaz a lo largo de una distancia de $60X v$ (m).

8.2.10 Estudios realizados sobre el terreno en Estados Unidos han demostrado que los medidores de la dispersión frontal y los transmisómetros tienen funciones comparables en cuanto a estimar el coeficiente de extinción a una distancia de 150 m del instrumento.

8.3 CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE LA DISPERSIÓN FRONTAL

8.3.1 La calibración sobre el terreno de un determinado medidor de la dispersión frontal es directa:

- a) se limpia la ventanilla;
- b) se bloquean los haces y se determina la lectura del coeficiente de extinción cero; y
- c) se instala en el sensor y se mide una SCU (véase 8.2.7). Se ajusta la ganancia del sensor para obtener una lectura igual al equivalente designado del calibrador para "coeficiente de extinción de niebla", que se marca en la SCU.

Aunque el procedimiento es sencillo, la validez de la calibración depende de que sean correctos el "coeficiente de extinción de niebla" del calibrador y la actuación adecuada del procedimiento de calibración. No hay modo de verificar independientemente la calibración sobre el campo. En instalaciones con múltiples sensores del coeficiente de extinción, la uniformidad entre mediciones realizadas en distintos lugares puede dar alguna validación de la calibración en condiciones homogéneas.

8.3.2 La "senda de auditoría" para la calibración del medidor frontal debe seguir la pista a la calibración refiriéndola a la medición de niebla de un transmisómetro. El proceso de calibración es propio de cada diseño de medidor de dispersión frontal. Están implicadas varias etapas:

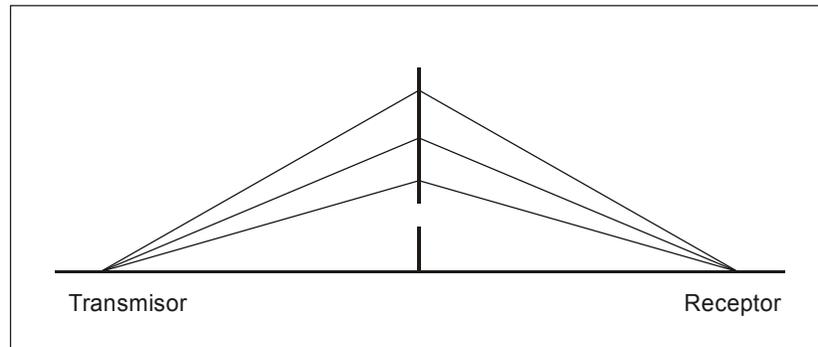


Figura 8-4. Medidor de dispersión frontal con una unidad de calibración del medidor de dispersión (SCU)

- a) Una serie de equipos de medidor de dispersión frontal funcionan en condiciones de niebla cerca de uno o más transmisómetros. Puesto que la calibración puede variar un tanto de un suceso de niebla al siguiente (se han observado variaciones de suceso a suceso de una magnitud equivalente al $\pm 7\%$), debe promediarse la calibración respecto a muchos sucesos de niebla. Las variaciones de calibración de un grupo de sucesos a otro son ordinariamente inferiores al $\pm 3\%$. La varianza del proceso de calibración de la niebla se reduce restringiendo la comparación de medidor de dispersión frontal y transmisómetro a condiciones de niebla razonablemente homogénea (p. ej., variaciones de hasta el 10%). Puede someterse a prueba la homogeneidad comparando las lecturas de dos transmisores perpendiculares u observando la variación temporal de un solo transmisómetro.
- b) Una vez completada la calibración del medidor de dispersión frontal comparándolo con los transmisómetros, se conoce hasta un pequeño porcentaje la calibración de cada medidor de dispersión frontal. Seguidamente puede calibrarse una SCU instalándola en cada uno de los equipos calibrados y promediando las lecturas del coeficiente de extinción.
- c) Es conveniente dar un paso adicional en la senda de auditoría para calibración. Una SCU principal medida en unidades calibradas de transmisómetro puede ser utilizada para calibrar otros medidores de dispersión frontal en la fábrica los cuales se utilizan seguidamente para medir nuevas SCU.

En la práctica puede mantenerse a un valor de muy poco porcentaje la condición de intercambiar las SCU. La fuente principal de error en la senda de auditoría para calibración es el uso de dispersión de SCU para representar la dispersión volumétrica de la niebla. En el proceso de calibración se supone una relación fija de SCU a volumen de niebla dispersa. Esta relación depende de la uniformidad de la geometría de dispersión entre una unidad y la siguiente. Frecuentemente las pruebas sobre el terreno han manifestado diferencias significativas (p. ej., del 15%) entre medidores de la dispersión frontal que han sido calibrados con la misma SCU. Las simulaciones por computadora han demostrado la forma en la que la tolerancia de fabricación se convierte en diferencias de calibración. Para una SCU basada en una placa de dispersión, son particularmente importantes dos efectos: a) la forma en que se superponen los haces del transmisor y del receptor en el lugar de la SCU (véanse las Figuras 8-5 y 8-6); y b) el promedio de ángulo de dispersión

del sensor. El primer efecto hace que disminuya mucho más la dispersión de la placa que la dispersión del volumen. El segundo efecto es importante porque la dispersión procedente de la niebla varía con mucha más rapidez en relación con el ángulo que la dispersión procedente de la placa del calibrador. Dada la influencia de la geometría de dispersión en la calibración es importante que: a) las unidades utilizadas para determinar la calibración de la niebla por referencia al transmisómetro provengan del centro de la distribución de calibración en la línea de producción de los medidores de la dispersión frontal; y b) las tolerancias de fabricación deben ser tan estrictas como sea posible para que disminuya la amplitud de la distribución.

8.3.3 Debido a los efectos de envejecimiento de los instrumentos o de las SCU, la calibración de un medidor de dispersión frontal podría manifestar una deriva sistemática durante la vida útil del sistema de medición del RVR. La calibración de las SCU debe remontarse periódicamente al transmisómetro de referencia.

8.4 ERRORES DEL MEDIDOR DE DISPERSIÓN FRONTAL

8.4.1 Las comparaciones entre los medidores de la dispersión frontal y los transmisómetros en caso de niebla homogénea demuestran una dispersión típica en la relación de mediciones, promediadas en un minuto, del coeficiente de extinción, aproximadamente de $\pm 5\%$, o menos, entre los límites del 25 y del 75% de la distribución de esta relación. Esta dispersión puede indicar la variación de la calibración en distintos tipos de niebla. En condiciones de nieve se observan dispersiones superiores a esta relación entre los límites del 25 y del 75% ($\pm 10\%$ o menos). Se observan dispersiones algo más pequeñas de esta relación en condiciones de niebla y de nieve con sensores que tienen mayores volúmenes de dispersión. La dispersión mayor en condiciones de nieve puede ser consecuencia de distintos tipos de nieve y de promediar respecto a un número pequeño de copos de nieve que pasan cada minuto por el volumen de dispersión. Respecto a los resultados obtenidos en Estados Unidos, consúltese D.C. Burnham, E.A. Spitzer, T.C. Carty, y D.B. Lucas: "United States Experience using forward-scatter meters for runway visual range" (Experiencia de Estados Unidos utilizando medidores de dispersión frontal para el alcance visual en la pista). Informe núm. DOT/FAA/AND-97/1, Departamento de Transporte EUA, Administración Federal de Aviación, marzo de 1997.

8.4.2 Los medidores de la dispersión frontal pueden manifestar variaciones sistemáticas de calibración para distintos fenómenos meteorológicos que disminuyen la visibilidad. Hasta el presente se han medido tales variaciones respecto a la niebla, lluvia, nieve y calima. Un ángulo de dispersión conveniente aproximadamente de 40° proporcionará calibraciones de igual mediana, para niebla y nieve. Los medidores de la dispersión frontal que pueden obtenerse en el mercado manifiestan diferencias de calibración entre nieve y niebla de hasta $\pm 30\%$.

8.4.3 Las simulaciones por computadora en los Estados Unidos sugieren que con tolerancias estrictas de producción y con un buen diseño de la geometría de dispersión, las variaciones de una unidad a otra en la calibración mediana de la niebla de un medidor de dispersión frontal pueden ser controladas hasta un $\pm 7\%$. No se llega a tolerancias tan estrictas en todos los medidores de la dispersión frontal. Debido a esta posible fuente de error, en los ensayos sobre el terreno de los medidores de la dispersión frontal deben incluirse múltiples unidades de cada modelo (véanse 9.4.6 a 9.4.8).

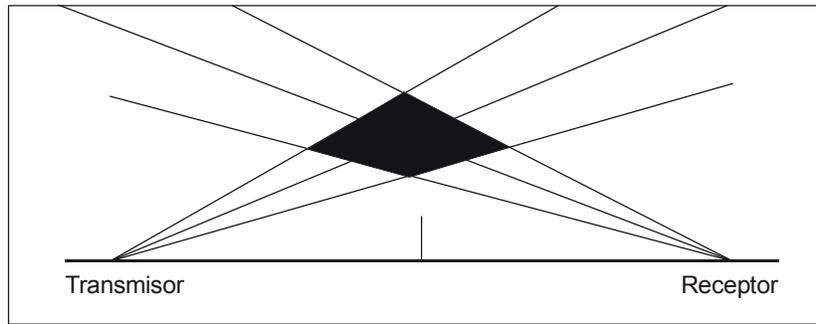


Figura 8-5. Dispersión volumétrica con error de alineación

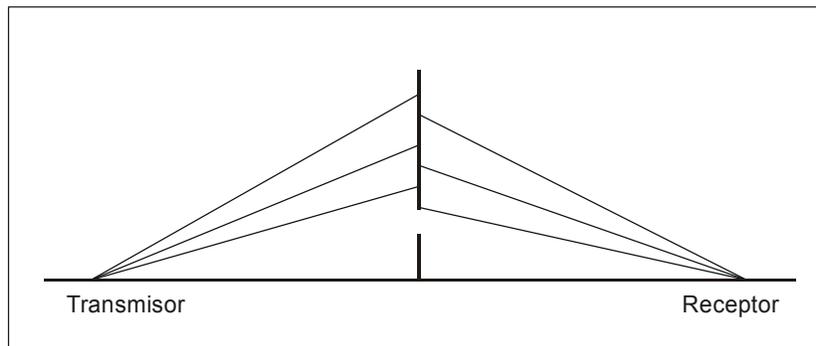


Figura 8-6. Dispersión de la unidad de calibración del medidor de dispersión (SCU) con error de alineación

Capítulo 9

SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL RVR POR INSTRUMENTOS

9.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL RVR POR INSTRUMENTOS

9.1.1 La complejidad de los sistemas de medición del RVR por instrumentos suele variar desde sistemas sencillos con un solo instrumento hasta sistemas complejos y plenamente automatizados con dos, tres o cuatro instrumentos por pista.

9.1.2 En los sistemas más sencillos instalados en el pasado, el operador humano lee la información (es decir, la transmitancia t_b) transmitida por el instrumento y calcula el correspondiente RVR mediante tablas que dependen de las intensidades luminosas reales y de los valores de umbral del ojo. Este proceso tiene un valor limitado debido al tiempo necesario para hacer las evaluaciones del RVR y actualizarlas y, por consiguiente, debe modernizarse. La moderna tecnología permite en la actualidad un cálculo digital del RVR en base a la medición de la transmitancia y de la luminancia así como a los valores conocidos de la intensidad de las luces de pista. El sistema por computadora o automatizado que se utilice puede ser propio de una evaluación del RVR o puede ser parte de un sistema integrado de observación de las condiciones meteorológicas en el aeropuerto.

9.1.3 En la Figura 9-1 se muestra un diagrama de un sistema plenamente automatizado de medición del RVR respecto a tres pistas con una presentación digital en pantalla que proporciona información para las dos pistas simultáneamente en uso. La pista en posición horizontal en esta ilustración cuenta con cuatro instrumentos y las pistas convergentes tienen tres instrumentos, dos de los cuales son comunes con la otra pista. En algunos grandes aeropuertos con pistas paralelas, cada una de ellas tiene posiblemente tres o cuatro instrumentos. Cuando se utilizan tres instrumentos, se recomienda que estén situados en tres puntos, uno a lo largo de la zona de toma de contacto, otro en la posición correspondiente al extremo de parada, y un tercero en el centro de la pista (véase 5.5).

9.1.4 En la Figura 9-2 se ilustra otro sistema automatizado ordinario en el que se muestran los diversos componentes del sistema de medición del RVR: instrumento (el transmisómetro indicado en la Figura 9-2), un sensor de la luminancia de fondo (véase lo que sigue), una grabadora, una computadora del RVR (especializada o parte del sistema integrado de observación) y medios para proporcionar datos de entrada de las intensidades luminosas. Se presentan en pantalla digitalmente los valores calculados del RVR de distintas estaciones, según lo necesario, incluidos los indicadores en las dependencias apropiadas de los servicios de tránsito aéreo. Estas presentaciones en pantalla pueden ser independientes o pueden ser utilizadas para el conjunto completo de parámetros meteorológicos del aeródromo.

Nota.— Los Capítulos 7 y 8 tratan de los instrumentos que miden el coeficiente de extinción (Φ) o la transmisividad (T) por lo que no se trata de ellos en el presente capítulo.

9.1.5 Sensor de la luminancia de fondo (B)

Un sensor de la luminancia de fondo es un componente básico del sistema de medición del RVR. Idealmente, con este sensor debería medirse el brillo del fondo frente al cual el piloto observaría las luces de pista. Sin embargo, surgen dificultades por dos motivos principales:

- las *luces de pista* no deben iluminar directamente el sensor e influir así en la medición; y
- debe evitarse que la *luz directa del sol* se dirija al sensor.

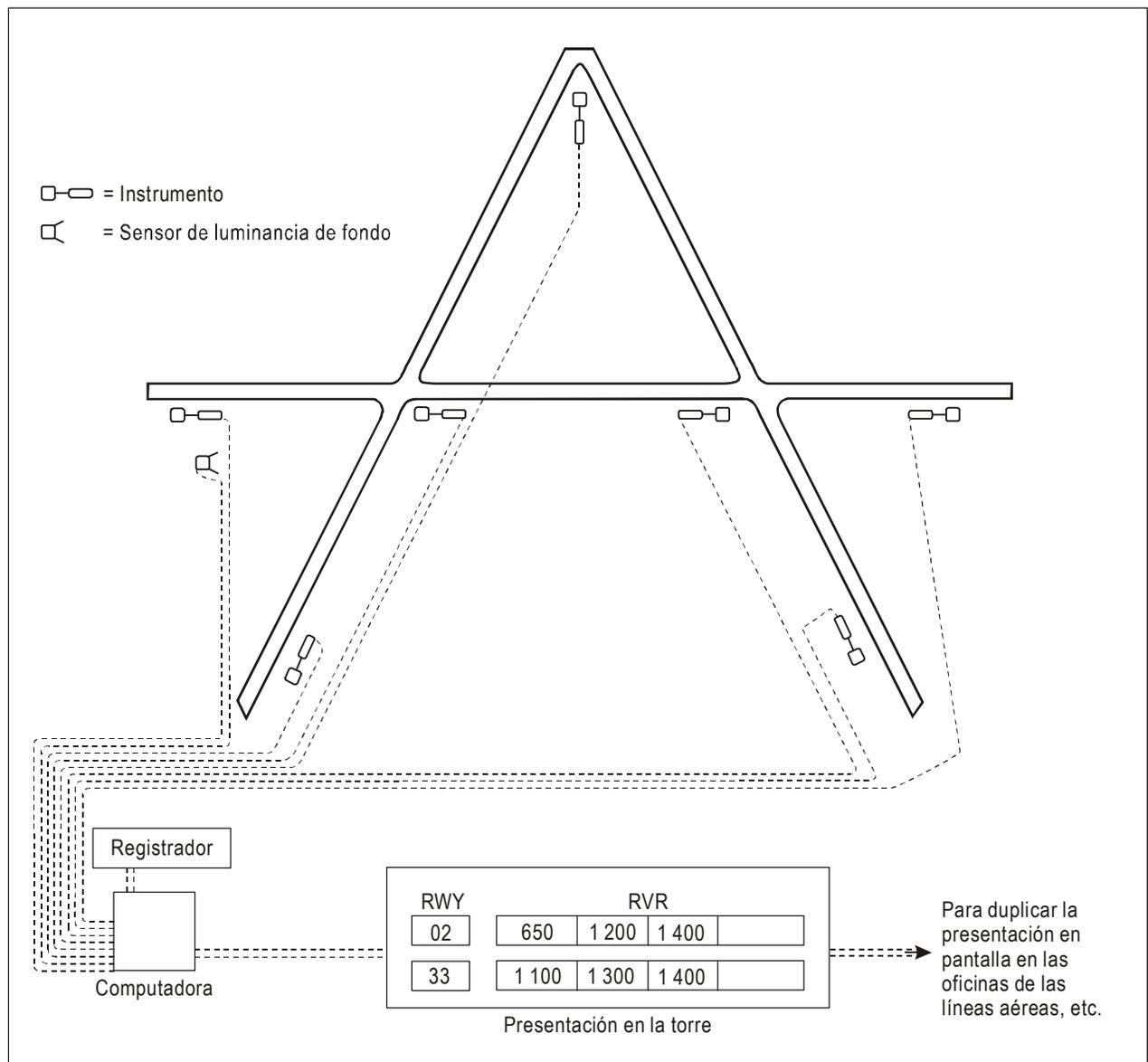


Figura 9-1. Diagrama de un sistema automatizado de medición del alcance visual en la pista

Aunque debe evitarse el efecto directo de las luces de pista, algunos Estados desean detectar el efecto indirecto de las luces de pista al aumentar la luminancia de fondo contra el cual se observan las luces de pista. En este caso, debe colocarse cuidadosamente el sensor de luminancia de fondo para evitar la luz directa de la pista pero al mismo tiempo debe ser sensible a la luz dispersa de pista. En otros Estados se coloca el sensor de luminancia de fondo en un lugar en el que no pueden ser detectadas las luces de pista. Por ejemplo, en el Reino Unido los dispositivos monitores del firmamento norte se colocan a un ángulo de elevación de 22,5°. En la práctica, evitar la luz directa del sol significa que el RVR observado por el piloto frente a un fondo iluminado (p. ej., contra el sol a ángulos bajos de elevación) es inferior al RVR notificado por el sistema de instrumentos.

Nota.— Puede utilizarse en los aeródromos un solo sensor de luminancia de fondo, incluso si están equipados con varios instrumentos. Sin embargo, para mejorar la calidad de representación de las mediciones y la fiabilidad del sistema (es decir eliminar puntos aislados de falla), puede ser preferible utilizar dos o más sensores. Por ejemplo, en Alemania se utiliza un sensor independiente de la luminancia de fondo en el extremo de cada pista.

9.1.6 Dispositivo monitor de la intensidad de luces de pista (I)

Un dispositivo monitor de la intensidad de luces de pista, que puede ser parte de un sistema de medición del RVR por instrumentos, proporciona información acerca del reglaje de las luces de pista. Aunque en los Estados se notifica el RVR con base en un reglaje supuesto de intensidad de las luces de pista (es decir, la intensidad luminosa máxima), en la mayoría el RVR notificado, incluido en los informes locales, se basa en el reglaje actual de las luces de pista conforme a lo indicado en el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.5. En algunos Estados se utiliza el reglaje del panel de control de la torre para definir la intensidad luminosa utilizada en el

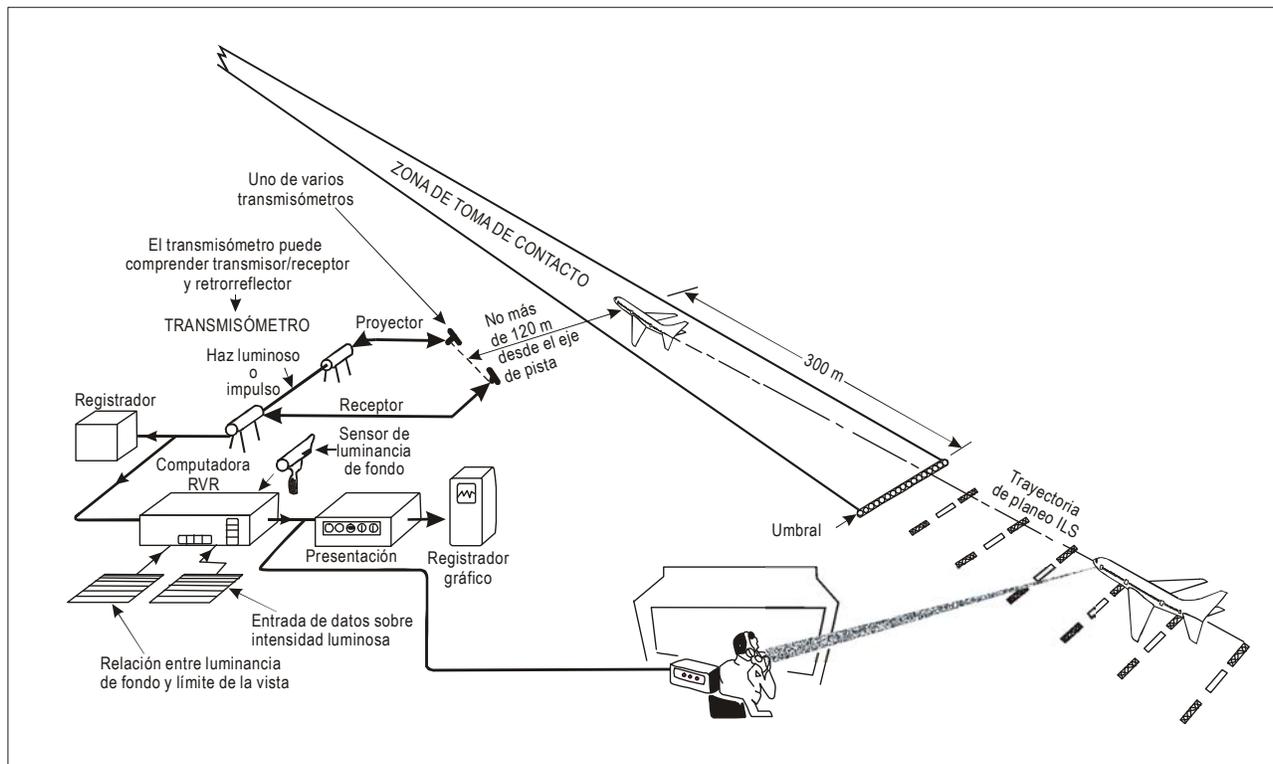


Figura 9-2. Ejemplo de un sistema automatizado de medición del alcance visual en la pista con transmisómetro

cálculo del RVR. Sin embargo, pudiera ser preferible captar los valores reales de salida o de corriente de las luces de pista.

9.1.7 Cálculo del RVR

9.1.7.1 El cálculo del RVR en los sistemas automatizados se realiza habitualmente mediante una computadora alimentada por los valores vigentes aplicables de las tres variables T (o ϕ), B e I . La computadora calcula el RVR mediante las leyes de Allard y de Koschmieder; se toma el mayor de estos dos valores como valor del RVR por notificar. Deberían redondearse hacia abajo los valores calculados del RVR hasta el incremento inferior más cercano de la escala de notificación.

9.1.7.2 En varios Estados se han instalado en la estación meteorológica o en algún otro lugar, una grabadora que representa en pantalla los valores del RVR y del MOR. Con este fin resulta ventajoso utilizar escalas logarítmicas. En algunos Estados se archivan los datos por un período de tiempo determinado (p. ej., un mes).

9.1.7.3 Podría también utilizarse un registrador gráfico analógico y temporal pero es más común un registrador digital. Es práctica común registrar el RVR y los datos de salida directos de todos los instrumentos en funcionamiento, es decir registrar la transmitancia o el coeficiente de extinción de la atmósfera en los diversos emplazamientos. En algunos Estados se registra también el reglaje de intensidad, el umbral visual de la iluminación utilizado, la luminancia de fondo y a veces la ley (es decir de Allard o de Koschmieder) que se utiliza.

9.1.7.4 Debe efectuarse un trazado suave de los datos básicos para superar las fluctuaciones de ruido y otras no importantes antes de que puedan procesarse los datos para obtener el RVR. Debería emplearse para los informes locales un período para promediar de 1 minuto según lo recomendado en el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.4. Debería aplicarse un período para promediar de 10 minutos para los METAR y SPECI (véase 11.5).

9.2 VERIFICACIONES DE LA ACTUACIÓN Y MANTENIMIENTO

9.2.1 Es práctica normal verificar el funcionamiento de los instrumentos, sensores, calculadoras y sistemas de datos a intervalos regulares y realizar el mantenimiento. Las limitaciones de mantenimiento y la periodicidad dependen del tipo de instrumentos utilizados, de las condiciones locales y de las recomendaciones del fabricante.

9.2.2 La actuación adecuada de los transmisómetros requiere una atención periódica (diaria en algunas condiciones), para mantener limpias las ventanillas, asegurarse de la alineación adecuada de transmisores y receptores y mantener correcta la calibración al 100%.

9.2.2.1 La actuación óptima de los transmisómetros exige que se limpien cuidadosamente los elementos ópticos. Deben verificarse los instrumentos y debe limpiarse el sistema óptico en la medida necesaria después de perturbaciones atmosféricas, puesto que la precipitación acompañada de vientos fuertes puede contaminar rápidamente, o en el caso de nieve, obstruir las ventanillas. Las pérdidas en ventanillas pueden llevar a serios errores de medición.

9.2.2.2 En algunos transmisómetros se aplica una compensación interna por contaminación que reduce la necesidad de limpiar elementos ópticos. Sin embargo, la compensación interna de la contaminación puede introducir errores si la contaminación real es superior a la supuesta en la compensación. Pueden determinarse estos errores si se demuestra que la transmitancia medida es demasiado baja en condiciones limpias.

9.2.2.3 Los errores de alineación son particularmente probables en zonas en las que es común que se acumule la escarcha.

9.2.2.4 Debe verificarse la calibración del transmisómetro durante períodos de elevada visibilidad (p. ej., visibilidad superior a 10 km) cuando no existan perturbaciones locales tales como corrientes fuertes ascendentes o lluvia fuerte. Durante la calibración, la visibilidad debería permanecer estable. Pueden verificarse las condiciones uniformes necesarias para una válida calibración observando que la lectura de la transmitancia es relativamente constante o, si se dispone de otros instrumentos calibrados, observando si son constantes las lecturas en diversos lugares.

9.2.3 Los medidores de la dispersión frontal son menos sensibles a la contaminación de los elementos ópticos. Debe realizarse una verificación periódica de la calibración, de conformidad con las recomendaciones del fabricante. Lo mismo que en el caso del transmisómetro, es necesario limpiar cualquier filamento de la rejilla del campo óptico. Puede realizarse la calibración en una amplia gama de condiciones meteorológicas, excluyéndose la precipitación de ventisca y vientos fuertes. El personal de mantenimiento y de operaciones debe ser consciente de la posibilidad de acumulación durante períodos de ventisca de nieve puesto que esta condición pudiera llevar a una estimación excesiva del RVR. Dependiendo del diseño del sensor puede ser necesario en estas condiciones una limpieza frecuente o alejar impurezas de las lentes del sensor.

9.3 INTEGRIDAD Y FIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL RVR POR INSTRUMENTOS

La tercera reunión del Grupo de expertos sobre operaciones todo tiempo formuló la Recomendación 3/10 por la que se invitaba a los Estados a adoptar medidas para asegurarse de que los sistemas de medición del RVR por instrumentos gozaban de las mismas características de integridad y fiabilidad que otras instalaciones de tierra para operaciones todo tiempo. La fiabilidad es la capacidad del sistema para desempeñar una función requerida en determinadas condiciones durante un período estipulado de tiempo. Es una característica del sistema que se expresa como la probabilidad de que desempeñe la función requerida en las condiciones establecidas por un período de tiempo estipulado. La integridad es la condición del sistema que no está influenciado por ningún deterioro de sus partes constitutivas. Por consiguiente, es la capacidad del sistema para indicar los valores del RVR con la precisión “nominal”.

9.4 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA ACTUACIÓN DE UN INSTRUMENTO

9.4.1 Introducción

En el Anexo 3, Adjunto A, se indica cuál es la precisión deseable para las operaciones según lo manifiestan los usuarios del RVR. La precisión definitiva de un valor del RVR es difícil de evaluar, puesto que el RVR es una combinación de varios parámetros. Por consiguiente, la actuación de un instrumento es difícil de expresar en términos de RVR. Los datos de salida de un instrumento pueden ser la transmitancia (t_b) o el coeficiente de extinción (\mathcal{P}) que pueden expresarse en función del alcance óptico meteorológico (MOR) (véase 6.2). En ambos casos, el parámetro común es el MOR, por lo que es más fácil expresar la actuación de un instrumento en términos del MOR.

9.4.2 Expresión de la actuación

Al expresar la actuación de un instrumento en términos de precisión con un solo número (por ejemplo, $\pm 10\%$) no se proporciona mucha información acerca de la actuación real del instrumento. Puede plantearse la cuestión de si el 10% es una desviación normal del error, un error medio, un error de mediana

máxima, un error de repetibilidad o un error de media cuadrática (rms). Las numerosas comparaciones de instrumentos del pasado (y el método de prueba descrito en este lugar) han sido todas ellas utilizadas para el mismo tipo de análisis de datos, basado en trazado de casillas para distintas clases (gamas de valores) del MOR. En estas casillas se dibuja la distribución de la relación entre el MOR medido por el instrumento y el que se utiliza como referencia: mediana, límites del 25% y del 75% (intervalo del 50%), límites del 5% y del 95% (intervalo del 90%), y algunas veces otros más. Por consiguiente, la actuación de un instrumento se representa mejor mediante la relación de distribución (p. ej., valor de la mediana) y los intervalos que incluyen un determinado porcentaje (p. ej., 50, 90 y 99%) de las mediciones.

9.4.3 Referencias

En virtud del principio de medición utilizado por un transmisómetro, puede ser utilizado como instrumento de referencia durante las pruebas sobre el terreno. Sin embargo, un transmisómetro está sometido a una atenuación adicional por contaminación de la ventanilla. Por consiguiente, el transmisómetro debe estar bien mantenido y sus datos deben ser cuidadosamente verificados antes de que se utilice como referencia. Puede realizarse una verificación doble de estos datos mediante valores de datos de medidores conocidos de la dispersión frontal. Para valores elevados del MOR, las grandes diferencias entre valores obtenidos con transmisómetros y con medidores de la dispersión frontal pueden ser un indicio de contaminación de la ventanilla del transmisómetro. Un medidor de la dispersión frontal "reconocido" es un instrumento cuyas características han sido verificadas durante comparaciones previas y que no está caracterizado por ningún sesgo. Cuando se verifica de forma regular un conjunto de tales medidores de la dispersión frontal por comparación con transmisómetros, pueden ser utilizados como parte de los datos de referencia. Por lo tanto, una referencia "ideal" es un conjunto de instrumentos por lo menos con dos transmisómetros (idealmente utilizando dos líneas de base distintas) y dos medidores de la dispersión frontal que manifiestan valores de mediana con un sesgo inferior al 5% al compararse con los transmisómetros. Con tal conjunto de instrumentos, el valor de referencia puede adoptarse minuto tras minuto como la mediana de los valores del MOR de distintos instrumentos. Al comparar los instrumentos, es necesario verificar que la niebla es homogénea. En caso de nieblas no homogéneas esto puede perturbar firmemente la relación de distribución del MOR del instrumento. Por lo tanto, deben identificarse tales períodos y excluirse del análisis de datos. Un criterio automático para detectar y excluir períodos no homogéneos se describe en 9.4.8.

9.4.4 Factores externos que influyen en los instrumentos

9.4.4.1 La salida de un instrumento puede estar influenciada por factores externos tales como:

- a) precipitación;
- b) clase de precipitación;
- c) luminancia ambiental; y
- d) temperatura.

Debe someterse a prueba la actuación de un instrumento en las condiciones pertinentes, las cuales deberían ser homogéneas, p. ej.,:

- precipitación líquida;
- precipitación sólida (nieve);
- condiciones diurnas sin precipitación;

- condiciones nocturnas sin precipitación; y
- temperaturas extremas.

9.4.4.2 Además, al evaluar el medidor de la dispersión frontal deben tenerse en cuenta los siguientes elementos:

- a) *La respuesta mediana del medidor de dispersión frontal que puede ser distinta para los diversos fenómenos meteorológicos que influyen en el RVR.* Por ejemplo, en un aeródromo la niebla y la nieve pueden ser el fenómeno más frecuente que produce una disminución del RVR mientras que en otro aeródromo los valores bajos del RVR están exclusivamente asociados a la niebla.
- b) *La uniformidad de la respuesta mediana a la niebla en una unidad u otra.* Deberían someterse a prueba varias unidades, preferiblemente de distintos lotes de fabricación.
- c) *La acumulación de contaminación en la ventanilla durante la prueba.* Es importante comprobar si la contaminación de la ventanilla influye en los resultados de la prueba. Puede evaluarse la contaminación de ventanilla midiendo una SCU (8.3) antes y después de limpiar la ventanilla.

9.4.5 Presentación de los resultados

Deberían presentarse los resultados mediante gráficos en los que se muestre la distribución de la relación entre la salida del instrumento sometido a prueba y el valor de referencia. Esta relación debería promediarse en un minuto y debería calcularse cada minuto. Ha de calcularse la distribución para las siguientes gamas de valores del MOR: 0-100, 100-200, ..., 800-900, 900-1 000, 1 000-1 200, 1 200-1 500 y 1 500-2 000 m. En una representación gráfica ordinaria (véase la Figura 9-3), una X representa la mediana, un rectángulo representa el intervalo de 50% (es decir, límites del 25% y del 75%), una línea horizontal representa el intervalo del 90% (es decir, límites del 5% y del 95%). Las escalas X (relación) e Y (MOR de referencia) son logarítmicas. Los símbolos |, > y < indican el límite del 99%, valores mínimo y máximo, respectivamente. Se indica el número de puntos de datos seleccionados a la derecha de la figura.

9.4.6 Período de prueba

El período de prueba debería abarcar por lo menos 10 sucesos independientes con un MOR por debajo de 500 m. De ser aplicable, deberían observarse por lo menos tres sucesos de nieve y tres sucesos de precipitación líquida. Generalmente es apropiado un período de pruebas en invierno de seis meses. Deben registrarse cada minuto durante el período de prueba los datos del instrumento. Un observador humano, o un sensor del tiempo presente, deberían utilizarse para estratificar el período de prueba en las siguientes clases:

- a) ninguna precipitación;
- b) precipitación líquida; o
- c) precipitación sólida (nieve).

9.4.7 Campo de prueba

En el campo, las condiciones de instalación dictadas por el fabricante para el instrumento deben ser respetadas. A este respecto, los instrumentos deben colocarse tan cerca como sea posible uno de otro teniendo en cuenta su interferencia mutua y a no más de 50 m de los instrumentos de referencia. Todos los instrumentos deberían montarse a una altura uniforme (desviación máxima del 20%). El lugar de la prueba debería seleccionarse para que puedan someterse a prueba los instrumentos en condiciones de escasa visibilidad (MOR por debajo de 200 m), preferiblemente durante sucesos de precipitación líquida y de precipitación sólida. Pueden utilizarse lugares específicos para condiciones de arena y polvo.

9.4.8 Detección de períodos homogéneos

El análisis de los datos debe realizarse solamente durante sucesos “homogéneos”. La experiencia del pasado demuestra que es posible utilizar la variabilidad del tiempo en el MOR para detectar períodos no homogéneos. Durante tales períodos el MOR medido por determinado instrumento cambia habitualmente con gran rapidez. Por consiguiente, la estabilidad del MOR a lo largo de un breve período de tiempo es un indicador de su homogeneidad espacial (a la escala del campo de prueba). Para cada punto de datos, puede construirse un indicador de homogeneidad calculando el valor medio y la desviación normal de los valores del MOR durante el período que empieza cinco minutos antes del suceso y termina cinco minutos después del suceso. La relación entre la desviación normal y el valor medio constituye el indicador. Si esta relación es superior a 0,1, puede sospecharse que las condiciones en determinado minuto son “no homogéneas”. Para valores bajos del MOR, el uso del umbral de 0,1 excluye habitualmente entre el 10% y el 20% de los datos por un período de varios meses.

9.4.9 Informe de la prueba

En el informe de la prueba de campo deben describirse las siguientes características:

- el conjunto de instrumentos de referencia utilizados;
- el emplazamiento de los instrumentos;
- el período de prueba;
- las condiciones meteorológicas durante la prueba;
- el método empleado para determinar las condiciones del tiempo presente;
- la aplicación del método para filtrar los períodos “no homogéneos”; y
- los resultados, por expresar como trazado de casillas, de la relación del MOR a la referencia, para distintas gamas de valores del MOR y distintas condiciones meteorológicas y diurnas (sin precipitación, nieve, lluvia, día, noche).

Al considerar tal informe, la actuación de un instrumento es la síntesis de los valores medianos y de los intervalos del 90% para las distintas gamas de valores del MOR y condiciones meteorológicas. En la Figura 9-3 se muestran ejemplos de diagramas de trazados de casillas.

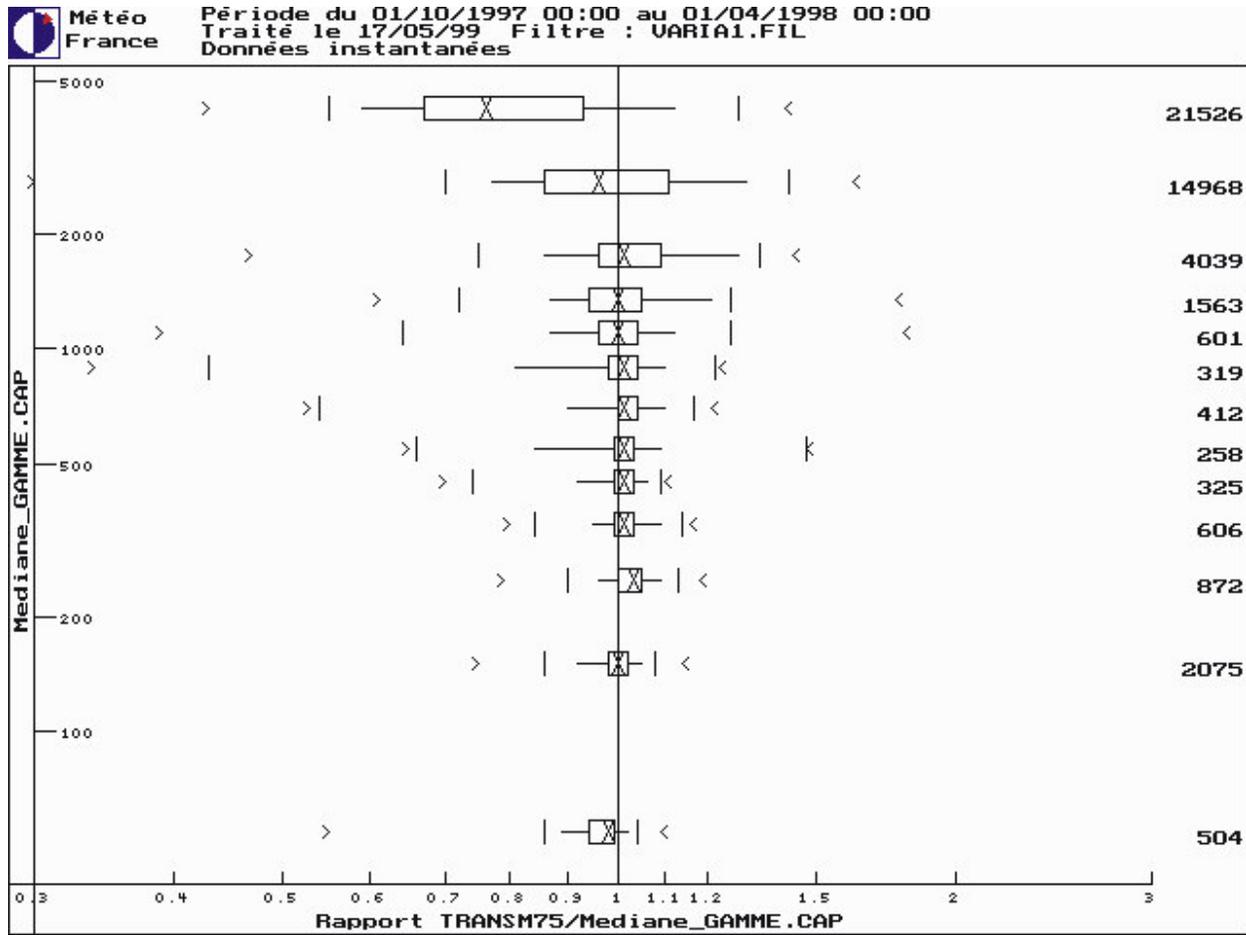


Figura 9-3 a). Ejemplo de un diagrama de trazado de casillas para un transmisómetro por un período de seis meses (1 de octubre de 1997 a 1 de abril de 1998)

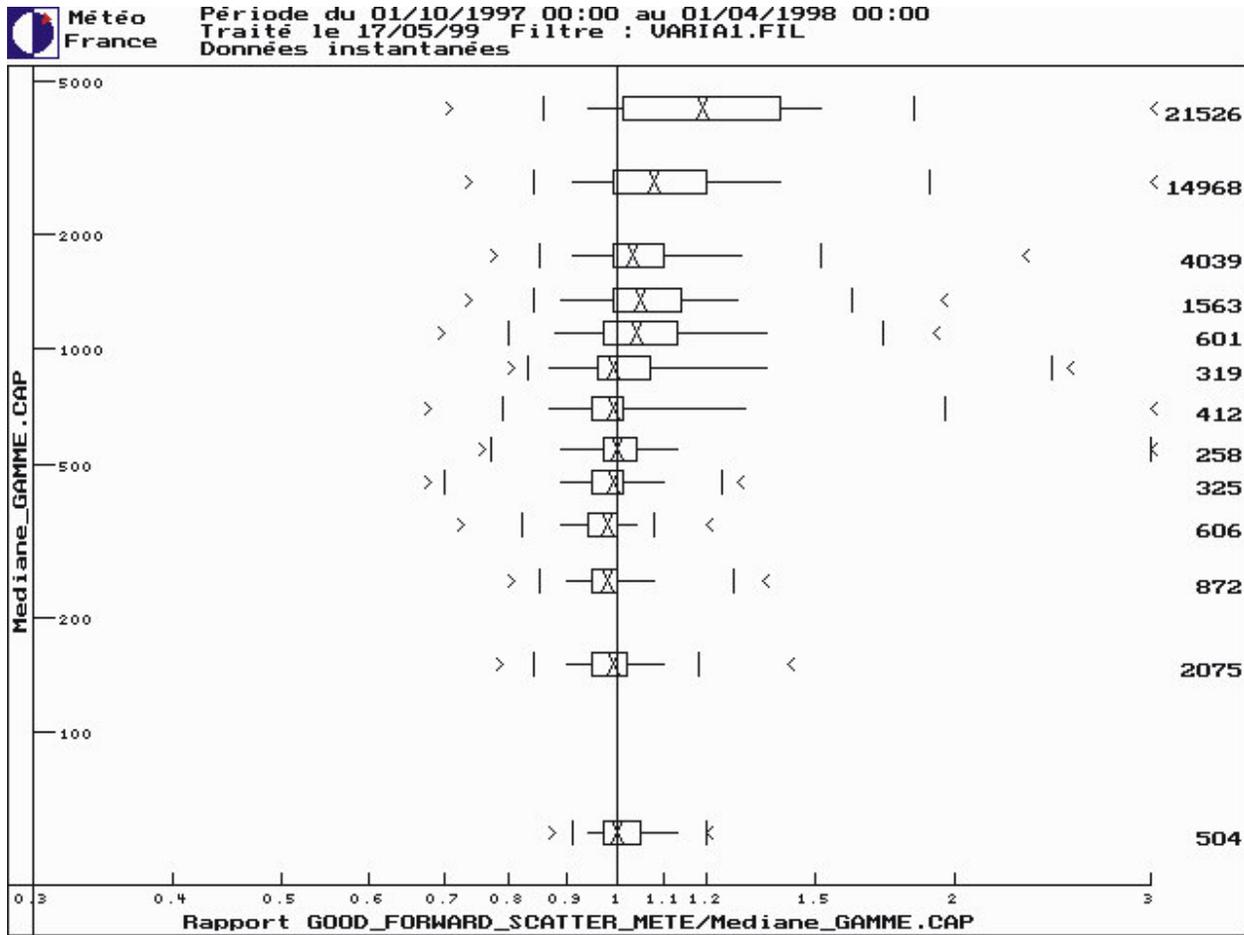


Figura 9-3 b). Ejemplo de un diagrama de trazado de casillas para un medidor de dispersión frontal con buena actuación por un período de seis meses (1 de octubre de 1997 a 1 de abril de 1998)

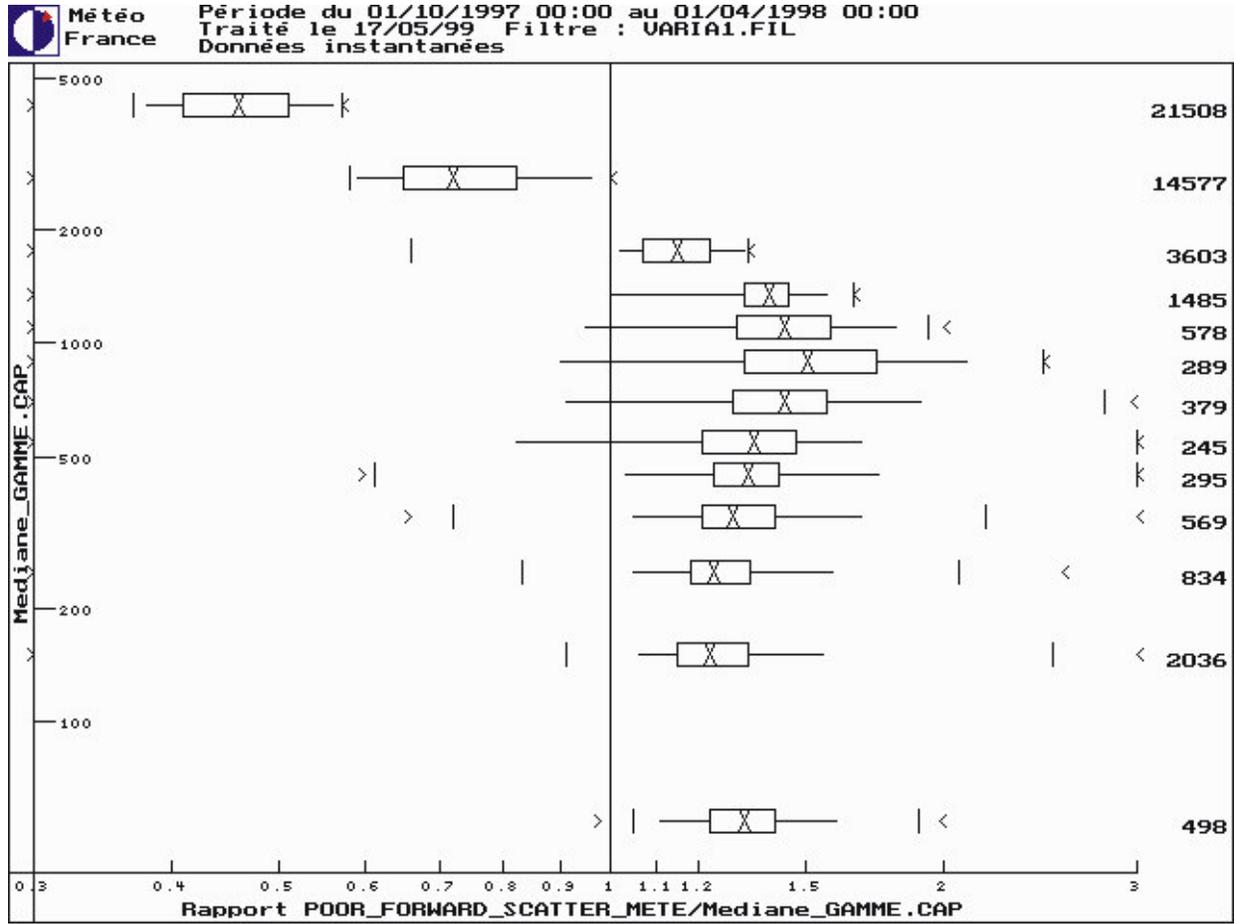


Figura 9-3 c). Ejemplo de un diagrama de trazado de casillas para un medidor de dispersión frontal con actuación deficiente por un período de seis meses (1 de octubre de 1997 a 1 de abril de 1998)

Capítulo 10

OBSERVADORES HUMANOS

10.1 INTRODUCCIÓN

Antes de introducirse los sistemas de medición del RVR por instrumentos, el método para evaluar el RVR se basaba en observaciones visuales mediante luces o señales especiales, realizadas por un observador humano. En algunos Estados todavía constituye el único sistema disponible mientras que en otros se mantiene como sistema permanente para ser utilizado en caso de falla del sistema por instrumentos. Debido a su debilidad inherente (véase 5.3.1) debe utilizarse solamente el método de observadores humanos en las siguientes circunstancias:

- a) en aeródromos en los que ocurre con poca frecuencia la niebla o cualquiera de los demás fenómenos meteorológicos que reducen el RVR por debajo de 1 500 m (no recomendado para Categorías II y III);
- b) en el caso de pistas de aproximación que no son de precisión; y
- c) como método suplementario en caso de falla del sistema por instrumentos (no recomendado para Categorías II y III).

10.2 OBSERVACIONES VISUALES MEDIANTE LUCES

10.2.1 Para el método de observaciones visuales mediante luces, debe evaluarse idealmente el RVR a una altura de 5 m sobre el eje de la pista y el observador debe contar las luces de pista desde el umbral de la pista o desde la zona de toma de contacto. Si fuera posible evaluar de este modo el RVR, la posición de observación correspondería idealmente a lo que el piloto observa. Sin embargo, durante las operaciones de vuelo, el observador con el vehículo de observación debe retirarse de la pista y de su zona inmediata para cumplir con las disposiciones relativas a obstáculos del Anexo 14 — *Aeródromos*, Volumen I — *Diseño y operaciones de aeródromos*. Puesto que también es necesario que el piloto cuente continuamente con información sobre el RVR durante las operaciones de vuelo, es obvio que no pueden realizarse las evaluaciones humanas del RVR desde la pista misma. En su lugar, se selecciona una posición de observación para que pueda realizarse la evaluación continua del RVR desde lugares seguros. Además, las estructuras para la observación del RVR deben ser tan frangibles como sea posible en armonía con este objetivo. En todas las aplicaciones de sistemas de observadores humanos del RVR, estos deben satisfacer las normas de visión especificadas y ser sometidos a verificaciones periódicas de su agudeza visual.

Nota.— Cuando no sea posible evaluar el RVR desde un emplazamiento fuera de la pista por determinadas condiciones locales, tales como terreno desnivelado o presencia de bancos de nieve, pudiera evaluarse desde un lugar en la misma pista. En estos casos, es preciso que estén en vigor disposiciones para asegurarse de que se han retirado de la pista todos los objetos móviles siempre que la pista esté siendo utilizada para despegues o aterrizajes.

10.2.2 Normalmente se cuentan las luces de borde de pista del lado opuesto a la posición de observación; de ese lugar no son lo suficientemente visibles las luces de eje, por tener guarniciones a ras. Además, las pistas con luces de eje tienden a estar equipadas con sistemas de medición del RVR por instrumentos. Empleando las luces del lado alejado se proporciona una evaluación mejor de las condiciones a lo largo de la pista que la que se lograría utilizando las luces del mismo lado. En un sistema básico de observadores humanos, se mide la distancia en línea recta desde el punto de observación hasta cada una de las luces y esto se convierte en valores del RVR notificados, pero este método es de una imprecisión considerable, aunque eso sea desde el punto de vista conservador (seguro) si la intensidad de las luces no es uniforme a todos los ángulos de azimut (véase 10.3). Las luces de borde están ordinariamente espaciadas a 60 m, excepto en las intersecciones con calles de rodaje, en las que la distancia es distinta (p. ej., 120 m). El RVR visualmente evaluado es la distancia en el sentido de la pista entre el observador y la luz de borde más lejana visible. Se prepara frecuentemente una tabla sencilla de conversión en la que se relaciona el número de luces observadas con el RVR por notificar. En la Tabla 10-1 se presenta un ejemplo de tabla de conversión.

10.2.3 Contar las luces de borde de pista visibles, sea al lado cercano sea al lado alejado de la pista es una tarea difícil porque se confunden las luces de borde con otras luces blancas del aeródromo; además, la percepción del observador respecto a espaciado entre luces se hace cada vez menor a medida que aumenta la distancia con lo que es difícil contar con precisión el número de luces. Por consiguiente, en algunos Estados se usan para evaluar el RVR otras luces — idénticas a las luces de pista en uso y con la misma intensidad variable. Puesto que el observador y las hileras de luces utilizadas están más allá de los límites de obstáculos, pueden efectuarse evaluaciones del RVR durante operaciones de vuelo, a condición de que estas luces no den una indicación falsa de la posición de la pista a los pilotos (véase el Anexo 14, 5.3.1.2). En algunos sistemas se incluye la posibilidad de conmutar estas otras luces encendiéndolas y apagándolas para ayudar al observador. El uso de hileras de luces separadas requiere procedimientos especiales de calibración (véase 10.3) que pueden ser difíciles de realizar. Estas clases de luces requieren también una limpieza periódica lo mismo que las otras luces de pista.

10.3 CALIBRACIÓN DE LAS OBSERVACIONES VISUALES

10.3.1 Como el puesto de evaluación del RVR es distinto del que está situado a una altura de 5 m por encima del eje de la pista, debe realizarse una calibración del sistema. La calibración es también importante cuando se utilizan luces especiales, hileras de luces especializadas, en lugar de luces de borde o de eje. Esto se hace contando simultáneamente, por lo menos dos observadores, el número de luces visibles desde: a) el puesto de observación (frecuentemente situado en tierra) y b) desde el punto de referencia, es decir, el eje de la pista a una altura de 5 m. Esto debe realizarse en una diversidad de condiciones de visibilidad que abarcan la gama requerida de valores de notificación del RVR. En base a una muestra estadísticamente suficiente de observaciones pareadas, se puede preparar una tabla de conversión similar a la del ejemplo indicado en la Tabla 10-1. Teóricamente, la tabla de conversión debe basarse en diversas condiciones de iluminación de luz ambiente (p. ej., noche, crepúsculo, día, día brillante). Sin embargo, las pruebas realizadas en el Reino Unido han indicado que hay poca diferencia de calibración en diversas condiciones de luz ambiental y que es muy difícil, y a veces imposible, distinguir cada una de las luces para la calibración durante el día. Esta clase de método de calibración requiere condiciones meteorológicas muy especiales cuando se realiza la calibración. Debería excluirse toda clase de fenómenos meteorológicos no homogéneos, p. ej., niebla parcheada.

10.3.2 El método descrito en 10.3.1 es difícil de aplicar puesto que no se dispone fácilmente de las condiciones de visibilidad pertinentes para fines de calibración. Por otro lado, puede determinarse la calibración a partir del conocimiento de las intensidades luminosas que se dirigen en haz hacia el observador y hacia el piloto (véase la Figura 6-2). En el Reino Unido, se determina la calibración mediante un medidor de la visibilidad Gold. Esto comprende un filtro de densidad indefinidamente variable por el cual

Tabla 10-1 Muestra de tabla de conversión en el caso en que las luces de borde estén espaciadas a 60 m y cuando la primera luz está a 50 m del observador. Los incrementos de notificación son los utilizados en la región Europa (véase 11.4.2). Los valores mínimo y máximo notificados son de 50 y de 1 200 m, respectivamente.

<i>Número de luces de borde visibles para un observador en el puesto de observación</i>	<i>RVR observado (en m)</i>	<i>RVR por notificar (en m)</i>
1	50	50
2	110	100
3	170	150
4	230	225
5	290	275
6	350	350
7	410	400
8	470	450
9	530	500
10	590	550
11	650	650
12	710	700
13	770	750
14	830	800
15	890	800
16	950	900
17	1 010	1 000
18	1 070	1 000
19	1 130	1 100
20	1 190	1 100
21	1 250	1 200

puede observarse una determinada luz de borde de pista. Se observa cada luz a través del medidor Gold desde el puesto de evaluación del RVR a la altura normal del ojo del observador y seguidamente desde el eje de la pista en la perpendicular al puesto de evaluación del RVR a una altura de 5 m. Se ajusta el filtro en ambos lugares de forma que la luz esté casi apagada. Aplicando una fórmula a las lecturas del medidor Gold cuando la luz está casi apagada en los dos puntos, puede prepararse una tabla de conversión del número de luces visible desde el puesto de evaluación del RVR, al RVR por notificar. Para suprimir la mayoría de las fuentes de error, se toman dos conjuntos de lecturas en una noche clara por dos personas encargadas de la calibración, utilizando medidores Gold por separado en cada una de las dos noches sucesivas y se hace un promedio de todos los ocho pares de lectura. El personal de calibración debe satisfacer los mismos criterios de agudeza visual que los observadores del RVR.

10.4 OBSERVACIONES VISUALES MEDIANTE BALIZAS ESPECIALES A LO LARGO DEL BORDE DE LA PISTA

10.4.1 Si se utiliza una pista por la noche, debe estar equipada de luces de borde de pista, de conformidad con el Anexo 14, Volumen I, 5.3.9.1. Estas luces de borde pueden también utilizarse para evaluar el RVR según lo descrito en 10.2. Además, por la noche las balizas de superficie no serían lo suficientemente visibles para evaluar el RVR. Sin embargo, para observaciones visuales diurnas, sería útil evaluar el RVR mediante una hilera de balizas especiales colocadas cerca de la pista.

10.4.2 Las balizas visuales pueden colocarse en hileras cerca del puesto de observación teniendo en cuenta las disposiciones de franqueamiento de obstáculos para las pistas. Además, las balizas deberían ser de tal forma que los pilotos no las confundan con las balizas de borde de pista (véase el Anexo 14, Volumen I, 5.5). Las balizas son habitualmente de forma de prismas triangulares en ambos lados o tableros rectangulares verticales y están pintadas de forma que presenten la apariencia de dos superficies, de 1 a 1,5 m², lado a lado, una negra (o roja) y una blanca. Se ponen a distancia de 4 a 10 m del borde de la pista, con máxima frecuencia al lado opuesto de un observador y están habitualmente espaciadas a intervalos regulares de hasta 100 m. Esto lleva a una serie de pasos ligeramente irregulares en la escala de observación porque la línea de visión del observador hacia las balizas no es paralela a la pista. Puede superarse esta dificultad mediante un espaciado variable de las balizas diseñado para que proporcionen escalones uniformes en la escala de observación.

10.5 ERRORES DE LOS SISTEMAS DE OBSERVADORES HUMANOS

Idealmente, el RVR notificado debería corresponder a las condiciones que el piloto ha de experimentar sobre la pista al aterrizar o despegar. Sin embargo, ocurren errores en las observaciones visuales debido a varios factores:

- a) *Diferencias de exposición a las luces.* Pueden presentarse diferencias significativas en la luminancia de fondo y por luces extrañas a las que están expuestos el observador y el piloto. Esto puede ser importante cuando no se realizan las observaciones en el eje de la pista (p. ej., utilizándose una hilera independiente de luces en una dirección distinta de aquella a la que está orientada la pista en servicio).
 - b) *Variaciones de la agudeza visual de los observadores.* Los pilotos pueden verificar periódicamente su agudeza visual y se les exige en general tener muy buena agudeza visual pero esto no tiene necesariamente aplicación al personal que realiza las evaluaciones del RVR. Un grupo de observadores puede tener una distinta agudeza visual según las distancias, variaciones significativas en el umbral de iluminación visual en distintas condiciones de luminancia de fondo u otras características de deterioro de la agudeza visual.
 - c) *Exposición del observador a elevados niveles de iluminación.* Esto ocurre justo antes de realizarse las observaciones visuales cuando se utilizan luces lo cual sería el caso cuando el observador abandona el área iluminada para realizar observaciones nocturnas, lo cual degradaría la capacidad del observador de ver las luces y se estimarían por defecto los valores del RVR, lo cual podría llevar a una desviación innecesaria de aeronaves a otros aeródromos de alternativa. Esta dificultad puede superarse permitiendo varios minutos de ajuste a las condiciones de iluminación fuera de la estación.
 - d) *Orientación del haz de luces de borde de pista.* Las luces de borde de pista están orientadas de forma que las intensidades del haz tengan un valor elevado en el eje de la pista mientras que la intensidad decae rápidamente hacia los bordes. Puesto que las luces de pista no se observan en el eje, las intensidades dirigidas hacia el observador son inferiores. Si no se emprende con cuidado la calibración de la observación visual según lo descrito en 10.3, ocurrirán errores en los valores notificados del RVR.
-

Capítulo 11

MÉTODOS DE TRANSMISIÓN Y DE NOTIFICACIÓN

11.1 MÉTODOS DE TRANSMISIÓN Y PRESENTACIÓN EN PANTALLA DEL RVR

11.1.1 Cuando se utilizan sistemas por instrumentos para evaluar el RVR éste se presentará automáticamente en la pantalla de la estación meteorológica como RVR digital en tiempo real; se instalarán presentaciones en pantalla del RVR equivalentes relacionadas con los mismos lugares de observación y conectadas con los mismos dispositivos de medición en las correspondientes dependencias de los servicios de tránsito aéreo (ATS) (véanse el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.3.1 y el Anexo 11, 7.1.4.4).

11.1.2 El método habitual de transmitir las evaluaciones humanas del RVR desde un lugar de observación de la pista hacia la dependencia ATS es por teléfono o radioteléfono. Los métodos varían respecto a la etapa a la que las observaciones de la luz o de las balizas se convierten en valores del RVR. En algunos casos, el observador mismo realiza la conversión mientras que en otros casos se notifica el número de luces o de balizas a la torre y en este lugar se realiza la conversión.

11.2 PROCEDIMIENTOS DE NOTIFICACIÓN

11.2.1 La información sobre el RVR se incluye en los informes meteorológicos locales y en los METAR/SPECI siempre que se observa que la visibilidad o el RVR son inferiores a 1 500 m (véase 5.2.3). Las dependencias ATS transmiten estos informes a la aeronave, mediante enlace de datos (es decir, D-ATIS, D-VOLMET) o mediante radiodifusiones aeronáuticas (es decir, ATIS, VOLMET). También se dispone de los datos a través de varios sistemas de divulgación a los pilotos y al personal aeronáutico en tierra en el aeródromo local y en muchos otros aeródromos para fines de aleccionamiento u otros.

11.2.2 Los responsables de efectuar las observaciones humanas deberían notificar el RVR a las dependencias ATS locales correspondientes siempre que observen un cambio en el valor por notificar de conformidad con la escala de notificación que se utilice. De conformidad con el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.3.2 los arreglos para la transmisión de los informes a las dependencias ATS interesadas deberían ser de tal modo que normalmente se complete la transmisión en un plazo de 15 segundos después de terminada la observación. Sin embargo, cuando se evalúa el RVR mediante sistemas por instrumentos, con la correspondiente presentación en pantalla en las dependencias ATS adecuadas (véase 11.1.1), están normalmente en vigor arreglos para utilizar estas presentaciones que satisfagan las necesidades de informes locales ordinarios y especiales, eliminándose así la necesidad de modificaciones de los informes del RVR en las dependencias ATS locales.

11.2.3 Deberían prepararse informes especiales (es decir, tanto informes especiales locales como SPECI) cuando el RVR cambie o pase a valores que se acercan más a las mínimas de utilización de los explotadores que utilizan el aeródromo y a los valores de 150, 350, 600 u 800 m, lo cual corresponde al valor convenido de transferencia entre categorías de operaciones a las que se presta apoyo en los aeropuertos. Sin embargo, cuando se cuenta con presentaciones en pantalla en tiempo real en las dependencias ATS (véase 11.1.1), no es necesario expedir informes especiales locales debido a cambios

del RVR (a condición de que estén en vigor arreglos para el uso de estas presentaciones en pantalla como modo de hacer observaciones que satisfagan las necesidades de informes locales ordinarios y especiales). Entre tanto, se requiere expedir informes SPECI; deberían divulgarse SPECI que representen un deterioro del RVR inmediatamente después de la observación, mientras que un SPECI que represente una mejora del RVR debería divulgarse solamente después de que la mejora se haya mantenido durante 10 minutos.

11.2.4 En los informes locales, debería incluirse el valor correspondiente a la zona de toma de contacto (aproximadamente 300 m desde el umbral) sin ninguna indicación del lugar, si se evalúa el RVR solamente desde una posición a lo largo de la pista. Sin embargo, si se evalúa el RVR desde más de una posición a lo largo de la pista, debería presentarse en primer lugar el valor representativo de la zona de toma de contacto seguido por los valores representativos del punto central (si se dispone) y del extremo de parada. Las posiciones respecto a las cuales estos valores han de ser representativos deberían indicarse mediante las siglas "TDZ", "MID" y "END", respectivamente. Se incluye en la Tabla 11-1 la estructura detallada de los informes.

11.2.5 En los METAR/SPECI, solamente debería presentarse el valor representativo de la zona de toma de contacto y no debería incluirse ninguna indicación sobre la posición en la pista. Cuando se dispone para el aterrizaje de más de una pista, los valores del RVR para la zona de toma de contacto deberían incluirse respecto a todas estas pistas hasta un máximo de cuatro. La selección de las cuatro pistas que han de incluirse debería efectuarse de conformidad con un acuerdo entre las autoridades y los explotadores interesados. Las pistas a las cuales se refieren los valores deberían indicarse en el formulario de la Tabla 11-2 en la que se presenta la estructura detallada de los METAR/SPECI.

11.3 GAMA DE VALORES POR NOTIFICAR

11.3.1 El límite inferior de la gama de valores por notificar debería ser de 50 m. Debajo de este límite debería indicarse meramente en los informes que el RVR es inferior a 50 m, según lo indicado en las Tablas 11-1 y 11-2. Cuando el RVR está por debajo del valor mínimo que pueda ser determinado por el sistema en servicio, debería notificarse mediante las abreviaturas "BLW" (en los informes locales) y "M" (en METAR/SPECI) seguidas del valor mínimo que pueda ser determinado por el sistema.

11.3.2 El límite superior de la gama de notificación debería ser 2 000 m. Por encima de este límite deberían meramente indicarse en los informes que el RVR es más de 2 000 m, según lo indicado en las Tablas 11-1 y 11-2. Cuando el RVR está por encima del valor máximo que pueda ser determinado por el sistema en servicio, debería notificarse mediante las abreviaturas "ABV" (en los informes locales) y "P" (en METAR/SPECI) seguidas del valor máximo que pueda ser determinado por el sistema.

11.4 INCREMENTOS EN LA ESCALA DE NOTIFICACIÓN

11.4.1 Puesto que se adoptan decisiones para las operaciones que algunas veces tienen repercusiones legales, en base al RVR notificado, es esencial incluir alguna precisión en la escala de notificación. No está justificada una escala demasiado fina, puesto que los valores del RVR no pueden ser completamente representativos de las condiciones de observación desde el puesto de pilotaje dadas las variaciones temporales y espaciales y las limitaciones en los procedimientos de observación.

11.4.2 En el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.6.1, se especifica que se utilizará un escalón de notificación de 25 m hasta un valor de 400 m del RVR, un escalón de notificación de 50 m para valores del RVR comprendidos entre 400 m y 800 m y un escalón de notificación de 100 m para valores del RVR por encima de 800 m. En la Tabla 11-3 se presentan las gamas de valores y las resoluciones de la información del RVR por incluir en los informes meteorológicos. Cualquier valor observado del RVR que no corresponda a la escala de notificación utilizada debería redondearse hacia abajo hasta el siguiente incremento de notificación más próximo en la escala.

Tabla 11-1. Estructura detallada de la información sobre el RVR incluida en los informes meteorológicos locales ¹

Contenido detallado	Plantilla	Ejemplos
Nombre del elemento	RVR	RVR RWY 10 BLW 50M;
Pista ²	RWY nn[L] o RWY nn[C] o RWY nn[R]	RVR RWY 14 ABV 2000M;
Sección de la pista ³	TDZ	RVR RWY 32L 400M;
RVR	[ABV o BLW] nn[n][n]M	RVR RWY 16 TDZ 600M MID 500M END 400M;
Sección de la pista ³	MID	RVR RWY 26 500M RWY 20 800M;
RVR	[ABV o BLW] nn[n][n]M	RVR RWY 20R 500M;
Sección de la pista ³	END	RVR RWY 12 ABV 1200M;
RVR	[ABV o BLW] nn[n][n]M	RVR RWY 10 BLW 150M

Notas.—

1. Por incluir si la visibilidad o el RVR < 1 500 m.
2. Por incluir si está en servicio más de una pista.
3. Por incluir si se observa el RVR desde más de una posición a lo largo de la pista.

Tabla 11-2. Estructura detallada de la información sobre el RVR incluida en los mensajes METAR/SPECI ¹

Contenido detallado	Plantilla	Ejemplos
Nombre del elemento	R	R10/M0050; R14L/P2000;
Pista	nn[L]/ o nn[C]/ o nn[R]/	R32/0400; R16L/0650 R16C/0500 R16R/0450; R17L/0450;
RVR	[P o M] nnnn	R26/0550N R20/0800D; R20/0700V1200;
Variaciones del RVR ²	V[P o M] nnnn	R09/0375V0600U; R12/1100U;
Tendencia anterior del RVR ³	U, D o N	R12/P1200; R10/M0150V0500D

Notas.—

1. RVR por incluir si la visibilidad o el RVR < 1 500 m hasta un máximo de cuatro pistas.
2. Por incluir si los valores del RVR, promedio de 1 minuto, durante el período de 10 minutos inmediatamente anterior a la observación varían del valor medio en más de 50 m o en más del 20% (de ambos valores el mayor). El mínimo para un promedio de 1 minuto y el máximo para un promedio de 1 minuto han de notificarse (en lugar del valor medio por 10 minutos).
3. Por incluir si el período de 10 minutos que precede a la observación ha demostrado una tendencia clara de que el RVR medio durante los primeros 5 minutos varía en más de 100 m o en más del valor medio durante los segundos 5 minutos del período.

11.5 PERÍODO PARA PROMEDIAR Y FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN

Nota.— No pueden satisfacerse mediante un sistema de observadores humanos los requisitos relativos a promediar y actualizar los valores del RVR.

11.5.1 En los transmisómetros y en los medidores de la dispersión frontal se tiende a exagerar las fluctuaciones puesto que son muestras de la atmósfera a lo largo de una distancia que es habitualmente más corta que el alcance visual. Promediando se pueden eliminar o por lo menos reducir estas exageraciones. Al mismo tiempo, pueden hacerse observaciones representativas de una zona de más amplitud que la vecindad inmediata del instrumento en el que se obtiene la muestra de la atmósfera. Sin embargo, no debe realizarse un promedio en el que se escondan importantes variaciones y tendencias. Estos puntos se reconocen en el Anexo 3 especificando que las mediciones por instrumentos deberían promediarse para un período de un minuto.

11.5.2 A veces el RVR fluctúa rápidamente varios centenares de metros en menos de un minuto. Los estudios de la niebla han demostrado que tan grandes modificaciones pueden ocurrir cuando el frente de un banco de niebla pasa por un aeropuerto. Sin embargo, pueden ocurrir grandes y rápidas discrepancias del valor del RVR indicado durante períodos de niebla baja. Esto se debe en general a variaciones ligeras de la altura de la cima de la niebla, la cual cubre o deja libre sucesivamente el trayecto o el volumen de medición, pero apenas tiene una importancia real en las operaciones. Las grandes modificaciones pueden también provenir de parches aislados de niebla con los que se encuentra un instrumento a medida que van a la deriva por razón de vientos ligeros. Por lo tanto, según se destacó en el Capítulo 4, es difícil interpretar las grandes fluctuaciones del RVR particularmente cuando se forman nieblas de radiación y los valores calculados no representan necesariamente el RVR real. Sin embargo, las modificaciones rápidas del alcance visual ocasionan dificultades a las dependencias ATS al transmitir la información a la aeronave; a veces es, por consiguiente, deseable redondear las observaciones promediándolas por un período de tiempo.

11.5.3 En los informes meteorológicos locales debería utilizarse un período de un minuto para el promedio. En algunos casos, un promedio sencillo se realiza cada minuto en la computadora del RVR; en otros casos, se presenta en pantalla en tiempo real el valor medio del RVR más reciente promediado por un minuto. En los informes METAR/SPECI, el RVR notificado debería ser el valor medio durante el período de 10 minutos que precede inmediatamente a la observación. Si ocurre una marcada discontinuidad de los valores del RVR durante el período de 10 minutos, solamente deberían utilizarse para obtener los valores medios aquellos valores que ocurran después de la discontinuidad.

Tabla 11-3. Gamas de valores y resoluciones de la información sobre el RVR incluida en los informes meteorológicos

Elemento	Gama de valores		Resolución	
	Informe local	METAR/SPECI		
Pista (ninguna unidad)	01 – 36	01–36	1	
RVR	M	0 – 400	0000 – 0400	25
	M	400 – 800	0400 – 0800	50
	M	800 – 2000	0800 – 2000	100

Nota.— Se considera que ha tenido lugar una discontinuidad marcada cuando hay un cambio abrupto y sostenido del RVR, que dura por lo menos dos minutos, alcanzando o pasando por valores del RVR que corresponden a los criterios para la expedición de informes SPECI (es decir, 150, 350, 600 y 800 m).

11.5.4 En el Anexo 3, Apéndice 3, 4.3.4, se especifica que las mediciones por instrumentos deberían actualizarse por lo menos cada 60 segundos para que puedan suministrarse valores actuales y representativos del RVR. Los períodos entre horas de actualización de los datos del RVR son principalmente entre un segundo (es decir, un índice ordinario de muestreo) y 60 segundos (es decir, el máximo permitido por las disposiciones del Anexo 3).

11.6 INDICACIÓN DE LAS VARIACIONES DEL RVR EN LOS INFORMES METAR/SPECI

Nota.— No pueden indicarse las variaciones del RVR si se utiliza un sistema de observadores humanos.

11.6.1 Se incluye en los METAR/SPECI otra información relativa a las variaciones del RVR. Todas estas variaciones corresponden al período de 10 minutos que precede inmediatamente a la observación. La inclusión de esta información requiere que el sistema de medición del RVR por instrumentos calcule y almacene los valores del RVR de la forma siguiente:

- a) período de 10 minutos que precede inmediatamente a la observación;
- b) dos períodos de 5 minutos que preceden a la observación; y
- c) diez períodos de 1 minuto que preceden a la observación.

11.6.2 Si los valores del RVR (durante el período de 10 minutos) han manifestado una tendencia clara, es decir, el promedio durante los primeros cinco minutos varía en más de 100 m, o en más del valor medio durante los segundos cinco minutos del período, esto debería indicarse mediante la abreviatura “U” para tendencia ascendente y mediante la abreviatura “D” para tendencia descendente. Si no hay una tendencia clara durante el período de 10 minutos, esto debería indicarse mediante la abreviatura “N” (véanse ejemplos en la Tabla 11-2). Cuando no se dispone de indicaciones de tendencia, no debería utilizarse ninguna de estas tres abreviaturas.

11.6.3 Si cualquiera de los valores del RVR en un período de un minuto (durante el período de 10 minutos que precede a la observación) varía respecto al valor medio en más de 50 m o en más del 20% del valor medio (de estos valores el mayor) deberían notificarse los valores medios mínimo y máximo, promedio de un minuto, en lugar del valor medio de 10 minutos (véanse los ejemplos en la Tabla 11-2).

11.6.4 Si ocurre durante el período de 10 minutos una marcada discontinuidad de los valores del RVR, solamente deberían utilizarse para obtener las variaciones aquellos valores que ocurran después de la discontinuidad. (Véase la nota que sigue a 11.5.3 respecto a una definición de discontinuidad marcada).

Capítulo 12

PROMULGACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE EL SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL RVR

12.1 El Anexo 15 — *Servicios de información aeronáutica* exige que en las publicaciones de información aeronáutica (AIP) se incluya información sobre el tipo concreto de sistema de observación y sobre el número de posiciones de observación utilizado para observar y notificar el RVR [Anexo 15, Apéndice 1, GEN 3.5.3 4)]. Además, en el *Manual para los servicios de información aeronáutica* [Doc 8126, Apéndice del Capítulo 5, GEN 3.5, 3 d)] y modelo de AIP incluido (Tabla GEN 3.5.3), se presentan otras descripciones y ejemplos acerca de la forma en que pueda incluirse esta información en la AIP.

12.2 En el Anexo 3, Capítulo 4, 4.6.3.5, se estipula que las dependencias que suministran servicio de tránsito aéreo y de información aeronáutica de un aeródromo deberán ser informadas sin demora de los cambios del estado de funcionamiento del sistema de observación del RVR. En todos los casos es necesario concertar arreglos para informar a las dependencias ATS cuando se descubre un error en el sistema de estimación del RVR por instrumentos.

12.3 En el Anexo 4, *Cartas aeronáuticas*, 13.6.1 k) se exige indicar la posición de los instrumentos de evaluación del RVR en los planos de aeródromo. En el *Manual de cartas aeronáuticas* (Doc 8697) se incluye un ejemplo de presentación de los emplazamientos para evaluación del RVR en el modelo de Carta núm. 11.

12.4 En la Tabla AOP de los planes regionales de navegación aérea se indican los requisitos operacionales detallados para el suministro de evaluaciones del RVR respecto a cada sección de la pista (es decir, TDZ, MID, END).

Apéndice A

LEY DE ALLARD

Nota.— En este apéndice se proporcionan las ecuaciones en apoyo de la Sección 6.4, que trata de la medición del RVR a base de luces.

1. El flujo luminoso de un haz de luz se atenúa al pasar por la atmósfera. La fracción del flujo que permanece después de que la luz atraviesa una distancia (b) se conoce como transmitancia (t_b), denotando el subíndice la distancia (b).

2. La transmitancia (t_b) puede por otro lado expresarse como transmitancia por unidad de distancia. La fracción resultante del flujo recibido con respecto al transmitido se conoce como transmisividad (T) de la atmósfera y está relacionado con la transmitancia mediante la ecuación:

$$t_b = T^b, \text{o} \tag{1}$$

$$T = \sqrt[b]{t_b} \tag{2}$$

3. La transmitancia atmosférica (t_b) se mide generalmente mediante un transmisómetro que transmite y recibe un haz de luz a lo largo de una distancia indicada (b). Por lo tanto, la transmisividad puede determinarse mediante la ecuación 2.

4. En lugar de la transmisividad (T) puede expresarse la característica de atenuación de la atmósfera en términos de coeficiente de extinción (Φ). La relación entre estos parámetros es la siguiente:

$$\sigma = -\ln T \tag{3}$$

siendo \ln el logaritmo natural,

$$\text{por lo tanto } T = e^{-\sigma} \tag{4}$$

$$\text{y de aquí } T^b = e^{-\sigma b} = t_b \tag{5}$$

siendo e la base de los logaritmos naturales.

5. Una fuente de luz de intensidad luminosa (I) produce una iluminancia (E) en un plano normal a los rayos de luz a una distancia dada (x) de la fuente, cuando se transmite por una atmósfera que tenga una transmisividad (T) o un coeficiente de extinción (Φ). Estas variables están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{IT^x}{x^2} = \frac{Ie^{-\sigma x}}{x^2} \tag{6}$$

6. Esta es la iluminancia para el ojo de un observador por la que se determina si puede alcanzarse a ver la luz. Para que pueda alcanzarse a ver la luz, la iluminancia (E) tiene que exceder del umbral visual de iluminación (E_T). La distancia a la que E_T es igual a E es el alcance visual de la luz (R). Por lo tanto con $x = R$:

$$E_T = \frac{IT^R}{R^2} = \frac{Ie^{-\sigma R}}{R^2} \quad (7)$$

Empleando la transmitancia (t_b) medida por un transmisómetro sobre una línea de base (b) en lugar de la transmisividad (T) en la ecuación 2, la ecuación 7 se convierte en lo siguiente:

$$E_T = \frac{It_b^{R/b}}{R^2} \quad (8)$$

7. La relación dada por las ecuaciones 7 y 8 se denomina generalmente ley de Allard.

Apéndice B

LEY DE KOSCHMIEDER

Nota.— En este apéndice se proporcionan las ecuaciones en apoyo de la Sección 6.3, que trata del RVR en base a balizas u otros objetos negros u oscuros.

1. Durante el día, un objeto presenta un brillo fotométrico particular o luminancia (L) como consecuencia de la luz incidente y de sus propiedades reflejantes. Es visible cuando contrasta suficientemente con el fondo.

2. Se dice que un objeto próximo a un observador posee luminancia inherente. A una distancia mayor la luminancia es menor, debido al efecto de la atmósfera y se denomina luminancia aparente.

3. El contraste de un objeto con el fondo contra el cual se observe suele expresarse como la diferencia de luminancia entre el objeto y el fondo, dividida por la luminancia del fondo. Esto se denomina contraste de luminancia (C). La relación entre el contraste de luminancia aparente (C_x) y el contraste de luminancia inherente (C_o) está dada por la ley de Koschmieder.

$$C_x = C_o T^x = C_o e^{-\sigma x} \quad (9)$$

siendo T = transmisividad de la atmósfera; y
 σ = coeficiente de extinción.

4. La luminancia inherente de un objeto negro es igual a cero, pero cuando se observa a cierta distancia tiene una luminancia aparente debida a la luz dispersa de la atmósfera. En consecuencia, el contraste de luminancia inherente es igual a 1 y la ecuación 9 se convierte en:

$$C_x = T^x = e^{-\sigma x} \quad (10)$$

5. A medida que un objeto retrocede hacia esta distancia continúa siendo visible hasta que el contraste de luminancia aparente (C_x) viene a ser numéricamente igual al umbral de contraste (ϵ) a la distancia (x), y de aquí:

$$\epsilon = T^x = e^{-\sigma x} \quad (11)$$

6. El observador meteorológico utiliza los objetos negros o muy oscuros de tamaño conveniente, observados contra el firmamento o el fondo de niebla para evaluar la visibilidad meteorológica durante el día. Se supone que el alcance visual es independiente de la luminancia de fondo y de la dirección de observación respecto al sol.

7. Las investigaciones efectuadas en varios Estados respecto al alcance visual de los objetos, demuestran que el umbral de contraste varía con el tamaño del objeto. Para objetos de forma aproximadamente cuadrada subtendidos a más de $0,5^\circ$, el umbral de contraste (ϵ) que se aplica es del orden de 0,02 y de 0,05 para objetos subtendidos a menos de $0,15^\circ$. Los resultados experimentales de

observaciones efectuadas sobre el terreno, en una amplia gama de condiciones de visibilidad, incluso niebla, sobre tableros de balizas negros confirmaron la validez de la ley de Koschmieder y sugirieron el empleo de un umbral de contraste cercano a 0,05. La OACI y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) consideran que un valor de 0,05 es apropiado para observaciones de la visibilidad. En consecuencia, aplicando este valor a la ecuación 11 se sigue que:

$$e^{-\sigma x} = 0,05 \quad (12)$$

$$\text{por lo tanto, } x = \frac{-\ln(0,05)}{\sigma}; \quad \frac{3}{\sigma} \equiv \text{MOR} \quad (13)$$

8. La distancia definida por la ecuación 13 se denomina alcance óptico meteorológico (MOR).
-

Apéndice C

TRANSMITANCIA DEL PARABRISAS

Nota.— Los párrafos siguientes representan el resultado de una investigación particular. Se incluyen en este manual para fines de información y para estimular a otras investigaciones sobre este tema.

1. Las pérdidas de transmitancia debidas al parabrisas de la aeronave se desprecian normalmente al aplicar los datos relativos al umbral de iluminación, obtenidos en laboratorio y sobre el terreno, al piloto de la aeronave, pero esas pérdidas pueden ser importantes.
2. Cuando la línea de visión pasa por una hoja sencilla de vidrio sin colores con una incidencia ortogonal, la pérdida nominal es aproximadamente del 9%, correspondiente a una transmitancia de 0,91. La mayor parte de esta pérdida se debe a la reflexión de las dos interfaces aire-vidrio.
3. El parabrisas de una aeronave de transporte tiene generalmente cuatro superficies aire-vidrio y dos o más superficies vidrio-plástico. Además, la línea de visión no es perpendicular al parabrisas y éste quizá posea una película eléctricamente conductora que transmite calor para descongelamiento.
4. Se estima que el ángulo de incidencia del parabrisas respecto a la línea de visión de una aeronave ordinaria puede estar entre 45° y 70°. El efecto de este ángulo de incidencia en la transmitancia del parabrisas puede apreciarse en la Tabla C-1 que presenta la transmitancia de una serie de dos láminas de vidrio transparente en función del ángulo de incidencia.
5. En base a las transmitancias presentadas en la Tabla C-1, y a una estimación del efecto de otros factores anteriormente observados, es necesario multiplicar el umbral de iluminación obtenido sin interponer un parabrisas, por un factor del orden de 1,5 a 2,5, a fin de obtener un umbral de iluminación aplicable a un piloto que se encuentre en el puesto de pilotaje de una aeronave. Debe señalarse que no se tiene en cuenta la transmitancia del parabrisas al elaborar los criterios de umbral de iluminación que se consideran en este manual y que se presentan en la Figura 6-8.

Tabla C-1

<i>Ángulo de incidencia del parabrisas respecto a la línea de visión (grados)</i>	<i>Transmitancia del parabrisas</i>
45	0,82
50	0,8
55	0,77
60	0,73
65	0,65
70	0,54
75	0,38

Las transmitancias presentadas en la tabla precedente no comprenden las pérdidas del material de vidrio ni tampoco las pérdidas debidas a la tintura o a las películas conductoras.

Apéndice D

LONGITUD DE LA LÍNEA DE BASE

Nota.— En los párrafos siguientes se presenta el resultado de una investigación particular; se incluyen en este manual para fines de información y para alentar a un trabajo ulterior sobre el tema.

1. Según la ecuación 1 (Apéndice A) puede demostrarse que la longitud máxima de la línea de base del transmisómetro está dada por:

$$b' = \frac{\ln t_{b'}}{\ln T_{b'}} = \frac{\ln t_b}{-\sigma} \quad (14)$$

$$b' = \frac{R \ln t_{b'}}{\ln E_T + 2 \ln R - \ln I} \quad (14a)$$

siendo

b' la longitud máxima de la línea de base
 $T_{b'}$ la transmisividad mínima por medir
 $t_{b'}$ la transmitancia mínima que puede medirse con el instrumento
 E_T el umbral visual de iluminación
 R el alcance visual, y
 I la intensidad luminosa.

Una buena actuación de los instrumentos modernos está representada por un valor mínimo de transmitancia de 0,005 siendo el alcance visual (R) (o RVR) del orden de 100 m.

Se proporcionan a continuación dos ejemplos aplicando la ecuación 14a) con una intensidad luminosa (I) de 10 000 cd:

Para el caso de *día*:

siendo $E_T = 10^{-4}$ lx y RVR = 100 m

puesto que $t_{b'} = 0,005$, $\ln t_{b'} = -5,3$

$$b' = \frac{5,3}{0,092} = 57,5 \text{ m}$$

Análogamente, para el caso de *noche*:

siendo $E_T = 10^{-6}$ lx, RVR = 100 m

por lo tanto $b' = 38.4$ m

Esto ilustra el hecho de que la longitud máxima de la línea de base (b_N) es predominante en condiciones nocturnas, siendo iguales la intensidad y la transmitancia mínima.

Tabla D-1. Relación numérica entre la transmitancia mínima $t_{b'}$ y la longitud máxima de la línea de base b' para el caso de día y para el caso de noche

<i>Día</i>		<i>Noche</i>	
$t_{b'}$ (%)	b' (m)	$t_{b'}$ (%)	b' (m)
5	32,5	5	21,6
1	50	1	33,3
0,5	57,5	0,5	38,4
0,1	75	0,1	50
0,05	82,5	0,05	55
0,01	100	0,01	66,7
0,005	107,5	0,005	71,7

La Tabla D-1 demuestra que una precisión (es decir, la transmitancia mínima que pueda medirse por el instrumento) multiplicada por un centenar permite solamente aumentar al doble la longitud máxima de la línea de base.

Apéndice E

CÁLCULOS DEL INFLUJO EN EL RVR DE LOS ERRORES DE CALIBRACIÓN DEL TRANSMISÓMETRO

Nota.— En lo que sigue se proporciona la base analítica para la Sección 7.4 relativa a errores del transmisómetro.

1. Los errores ordinarios de calibración descritos en el Capítulo 7, 7.4 para diseños actuales de transmisómetro son los siguientes:

- a) Desplazamiento de la señal Δt_o a $< 0,001$ bueno; $< 0,005$ aceptable
- b) Error de escala Δt_s $< 0,005$ muy bueno; $< 0,01$ bueno
- c) Deriva de señal Δt_d $< 0,0001$ buena; $< 0,0005$ aceptable

2. Según lo indicado en la Figura 7-3 la magnitud de los errores con excepción de la deriva de la señal, varía en función de la transmitancia pero se mantiene constante la relación $\Delta t/t$. Aunque se indican los errores como positivos cada uno de ellos pudiera ser positivo o negativo.

3. Para cualquier valor de la transmitancia, puede determinarse el error fraccionario total de $\Delta t/t$. Esto puede expresarse en función de $\Delta\sigma/\sigma = \Delta V/V$ ($V = \text{MOR}$) mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{\log_e t} \cdot \frac{\Delta t}{t} \quad (15)$$

Para errores negativos de t , puede escribirse la ecuación (15) en la forma siguiente:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\log_e \left[1 + \frac{\Delta t}{t} \right]}{\log_e t} \quad (15a)$$

4. Puede demostrarse que los errores fraccionarios $\Delta\sigma/\sigma$ y $\Delta V/V$ están relacionados con el RVR (denotado por R) mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta V}{V} \left[\frac{1}{1 + \frac{2V}{3R}} \right] \quad (16)$$

por lo tanto, puede determinarse la variación de $\Delta V/V$ respecto a V y la variación de $\Delta R/R$ respecto a RVR.

Apéndice F

CÁLCULOS DEL EFECTO EN EL RVR DEL ERROR DEL MOR (VISIBILIDAD), DEL ERROR DE INTENSIDAD LUMINOSA Y DEL ERROR DE UMBRAL VISUAL DE ILUMINACIÓN

Nota.— Los párrafos siguientes se basan en un método común de estimación de errores en caso de influjos independientes de diversos factores. Para simplificar la presentación, se utiliza V en lugar de MOR y R en lugar de RVR. Este apéndice constituye la versión analítica de lo presentado en la Sección 6.7.

1. Puede determinarse el influjo de los errores en a) umbral de iluminación, b) intensidad luminosa y c) MOR (o extinción) en los errores del RVR mediante las tres ecuaciones siguientes:

a) Influjo del umbral de iluminación

$$\frac{\Delta R/R}{\Delta E_T/E_T} = \frac{-1}{2+3R/V} \quad (17)$$

b) Influjo de la intensidad luminosa

$$\frac{\Delta R/R}{\Delta I_V/I_V} = \frac{1}{2+3R/V} \quad (18)$$

c) Influjo del MOR, o por otro lado, del coeficiente de extinción

$$\frac{\Delta R/R}{\Delta V/V} = \frac{1}{1+2V/3R} \quad (19a)$$

o

$$\frac{\Delta R/R}{\Delta \sigma/\sigma} = \frac{-1}{1+2V/3R} \quad (19b)$$

2. Las cantidades $\Delta E_T/E_T$, $\Delta I_V/I_V$ y $\Delta \sigma/\sigma$ se denominan errores fraccionarios de E_T , I_V , V o σ respectivamente. Utilizándose los errores fraccionarios, puede suponerse que el error máximo de $\Delta R/R$ es el siguiente:

$$\Delta R/R = [(\Delta E_T/E_T) - (\Delta I_V/I_V)] \frac{1}{2+3R/V} + (\Delta V/V) \frac{1}{1+2V/3R} \quad (20)$$

3. Si son desconocidos el signo y el valor de los errores absolutos pero se supone que $\overline{\Delta E_T}/E_T$; $\overline{\Delta I_V}/I_V$ y $\overline{\Delta V}/V$ son errores probables, el error RVR probable resultante se obtiene promediando los valores elevados al cuadrado de los errores aleatorios:

$$\overline{\Delta R}/R = \sqrt{[(\overline{\Delta E_T}/E_T)^2 + (\overline{\Delta I_V}/I_V)^2] \left(\frac{1}{2+3R/V}\right)^2 + (\overline{\Delta V}/V)^2 \left(\frac{1}{1+2V/3R}\right)^2} \quad (21)$$

4. Obsérvese que el influjo en el RVR de los errores de los cuatro parámetros E_T , I_V , V (es decir, el MOR) y Φ tiene solamente dos relaciones funcionales, es decir, dos pares (E_T e I_V ; V (MOR) y Φ). En la Tabla F-1 se indica la forma en la que los errores dependen de la relación RVR/MOR para el parámetro que posea una correlación de error positiva (I_V y V). Obsérvese que la relación de los errores fraccionarios es un factor de 3 a 4 veces inferior a los errores de E_T y de I_V por comparación con el caso de los errores para V (MOR) y Φ . (En las Figuras 6-11 a 6-14 se trazan también estas relaciones).

5. En las Tablas F-2 y F-3 se muestra la forma en la que los errores dependen de la RVR y el MOR como variables independientes. Se indican una vez más los parámetros que dan una correlación de error positivo. Los parámetros de alternativa (E_T y Φ) tienen sencillamente signos inversos. Obsérvese que cuando los errores de E_T e I_V se hacen grandes, el análisis diferencial de las ecuaciones 17 a 21 pasa a ser inadecuado. En las Figuras 6-15 y 6-16 se indican los resultados para grandes errores (factores de 2 y de 4) de I_V .

Tabla F-1. Dependencia del error relativo RVR y del error relativo de los parámetros en la relación RVR/MOR

RVR/MOR	$(\Delta R/R)/(\Delta I_V/I_V)$	$(\Delta R/R)/(\Delta V/V)$
1	0,2	0,6
2	0,125	0,75
3	0,091	0,818
4	0,071	0,857
5	0,059	0,882

Tabla F-2. Dependencia de $(\Delta R/R)/(\Delta I_V/I_V)$ en el RVR y el MOR

RVR	MOR							
	10	20	50	100	200	500	1000	2000
100	0,031	0,059	0,125	0,200				
200	0,016	0,031	0,071	0,125	0,200			
500	0,007	0,013	0,031	0,059	0,105	0,200		
1 000	0,003	0,007	0,016	0,031	0,059	0,125	0,200	
2 000	0,002	0,003	0,008	0,016	0,031	0,071	0,125	0,200

Tabla F-3. Dependencia de $(\Delta R/R)/(\Delta V/V)$ en el RVR y MOR

RVR	MOR							
	10	20	50	100	200	500	1000	2000
100	0,938	0,882	0,750	0,600				
200	0,968	0,938	0,857	0,750	0,600			
500	0,987	0,974	0,938	0,882	0,789	0,600		
1 000	0,993	0,987	0,968	0,938	0,882	0,75	0,600	
2 000	0,997	0,993	0,984	0,968	0,938	0,857	0,750	0,600

Apéndice G

CUESTIONES PENDIENTES

1. La cuestión más importante es la necesidad de lograr valores del RVR que se apliquen en todo el mundo a las mismas distancias visuales. A este respecto, es necesario continuar esforzándose en normalizar los sistemas actuales y previstos de medición del RVR así como los métodos operacionales. Esta necesidad se ve realizada por la tendencia actual a aumentar la densidad del tránsito y de las operaciones aun en condiciones de baja visibilidad.

2. Es posible que los puntos siguientes requieran un estudio y consideración ulteriores:

a) variaciones temporales y espaciales de la densidad de la niebla;

En varios Estados se han realizado estudios de la niebla, aunque no se ha resuelto aún lo relativo al efecto de la variabilidad del RVR. Sería conveniente preparar textos de orientación o procedimientos para procesar los datos del RVR registrados en condiciones variables, con el fin de proporcionar un informe lo más útil posible.

b) efecto acumulado de las luces colocadas en hileras, debido a que las luces parecen unirse por el espaciado y por el ángulo al que son observadas por el piloto ;

Esto es de particular interés en relación con la observación de las luces de eje de pista en diversas condiciones de visibilidad.

c) umbral de iluminación del ojo (E_7), teniendo en cuenta las condiciones de observación que se aplican al piloto ;

d) efecto en el RVR y en c) precedente de observar a través de un parabrisas;

e) efecto de los factores humanos (por ej., fatiga y otras condiciones fisiológicas) en la percepción de las luces y en la evaluación del RVR por parte del piloto;

f) pronósticos a corto plazo del RVR;

Esto es de particular importancia ya que actualmente el RVR es un factor básico en cuanto a declarar los mínimos de utilización de los aeródromos.

g) evaluación del RVR en condiciones de oscurecimiento distinto al proveniente de la neblina o de la niebla (por ej., tormenta de arena, tempestad de nieve, etc.).

* Recomendó su estudio la cuarta reunión del Grupo de expertos sobre operaciones todo tiempo.

Apéndice H

BIBLIOGRAFÍA

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI)

Anexo 3 — *Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional*

Anexo 4 — *Cartas aeronáuticas*

Anexo 11 — *Servicios de tránsito aéreo*

Anexo 14 — *Aeródromos, Volumen I — Diseño y operaciones de aeródromos*

Anexo 15 — *Servicios de información aeronáutica*

Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Gestión del tránsito aéreo (PANS-ATM, Doc 4444)

Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Abreviaturas y códigos de la OACI (PANS-ABC, Doc 8400)

Manual de cartas aeronáuticas (Doc 8697)

Manual para los servicios de información aeronáutica (Doc 8126)

Manual de diseño de aeródromos, Parte 4 — Ayudas visuales (Doc 9157)

Manual de servicios de aeropuertos, Parte 6 — Limitación de obstáculos (Doc 9137)

Tercera reunión del Grupo de expertos sobre operaciones todo tiempo (1967), Volumen 2 (Doc 8685, agotado)

Cuarta reunión del Grupo de expertos sobre operaciones todo tiempo (1971) (agotado)

Quinta Conferencia de navegación aérea (1967) (Doc 3720, agotado)

Quinta reunión del Grupo de expertos sobre ayudas visuales (1970) (Doc 8862, agotado)

Undécima reunión del Grupo de expertos sobre ayudas visuales (1987), agotado)

Octava Conferencia de navegación aérea (1974) (Doc 9101, agotado)

Manual de operaciones todo tiempo (Doc 9365)

Novena Conferencia de navegación aérea (1976) (Doc 9168, agotado)

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM)

Guía sobre instrumentos meteorológicos y métodos de observación, 6ª edición, (WMO-No. 8)

OTROS

D. C. Burnham, E.A. Spitzer, T.C. Carty, and D.B. Lucas: "United States Experience using forward-scatter meters for runway visual range" Report No. DOT/FAA/AND-97/1, US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, March 1997.

— FIN —

PUBLICACIONES TÉCNICAS DE LA OACI

Este resumen explica el carácter, a la vez que describe, en términos generales, el contenido de las distintas series de publicaciones técnicas editadas por la Organización de Aviación Civil Internacional. No incluye las publicaciones especializadas que no encajan específicamente en una de las series, como por ejemplo el Catálogo de cartas aeronáuticas, o las Tablas meteorológicas para la navegación aérea internacional.

Normas y métodos recomendados internacionales. El Consejo los adopta de conformidad con los Artículos 54, 37 y 90 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, y por conveniencia se han designado como Anexos al citado Convenio. Para conseguir la seguridad o regularidad de la navegación aérea internacional, se considera que los Estados contratantes deben aplicar uniformemente las especificaciones de las normas internacionales. Para conseguir la seguridad, regularidad o eficiencia, también se considera conveniente que los propios Estados se ajusten a los métodos recomendados internacionales. Si se desea lograr la seguridad y regularidad de la navegación aérea internacional es esencial tener conocimiento de cualesquier diferencias que puedan existir entre los reglamentos y métodos nacionales de cada uno de los Estados y las normas internacionales. Si, por algún motivo, un Estado no puede ajustarse, en todo o en parte, a determinada norma internacional, tiene de hecho la obligación, según el Artículo 38 del Convenio, de notificar al Consejo toda diferencia o discrepancia. Las diferencias que puedan existir con un método recomendado internacional también pueden ser significativas para la seguridad de la navegación aérea, y si bien el Convenio no impone obligación alguna al respecto, el Consejo ha invitado a los Estados contratantes a que notifiquen toda diferencia además de aquellas que atañan directamente, como se deja apuntado, a las normas internacionales.

Procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS). El Consejo los aprueba para su aplicación mundial. Comprenden, en su mayor parte, procedimientos de operación cuyo grado de desarrollo no se estima suficiente para su adopción como normas o métodos recomendados internacionales, así como también materias de un carácter más permanente que se consideran demasiado

detalladas para su inclusión en un Anexo, o que son susceptibles de frecuentes enmiendas, por lo que los procedimientos previstos en el Convenio resultarían demasiado complejos.

Procedimientos suplementarios regionales (SUPPS). Tienen carácter similar al de los procedimientos para los servicios de navegación aérea ya que han de ser aprobados por el Consejo, pero únicamente para su aplicación en las respectivas regiones. Se publican englobados en un mismo volumen, puesto que algunos de estos procedimientos afectan a regiones con áreas comunes, o se siguen en dos o más regiones.

Las publicaciones que se indican a continuación se preparan bajo la responsabilidad del Secretario General, de acuerdo con los principios y criterios previamente aprobados por el Consejo.

Manuales técnicos. Proporcionan orientación e información más detallada sobre las normas, métodos recomendados y procedimientos internacionales para los servicios de navegación aérea, para facilitar su aplicación.

Planes de navegación aérea. Detallan las instalaciones y servicios que se requieren para los vuelos internacionales en las distintas regiones de navegación aérea establecidas por la OACI. Se preparan por decisión del Secretario General, a base de las recomendaciones formuladas por las conferencias regionales de navegación aérea y de las decisiones tomadas por el Consejo acerca de dichas recomendaciones. Los planes se enmiendan periódicamente para que reflejen todo cambio en cuanto a los requisitos, así como al estado de ejecución de las instalaciones y servicios recomendados.

Circulares de la OACI. Facilitan información especializada de interés para los Estados contratantes. Comprenden estudios de carácter técnico.

© OACI 2005
3/05, S/P1/200

Núm. de pedido 9328
Impreso en la OACI

