



REPÚBLICA DE CUBA

**M**anuales  
**A**eronáuticos  
**C**ubanos

**MANUAL DE PROYECTO  
DE AYUDAS VISUALES DE  
AERODROMOS**

**INSTITUTO DE AERONÁUTICA CIVIL DE CUBA  
IACC**



# **MANUAL DE AYUDAS VISUALES DE AERODROMOS**

**SEGUNDA EDICIÓN – Febrero 2011**

**INSTITUTO DE AERONÁUTICA CIVIL DE CUBA**

CAPÍTULO I. – CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS AYUDAS VISUALES  
TERRESTRES, QUE DEBEN UTILIZARSE EN LOS AERÓDROMOS  
DE LA REPUBLICA DE CUBA.

1.1 Introducción.

1.1.1 Finalidad.

1.1.1.1 El objetivo principal de este capítulo, es proporcionar a todo el personal técnico una idea general del Capitán de una aeronave, en cuánto a la utilización de las ayudas y referencias visuales, y cómo tiene que depender de ellas para la realización de la aproximación, el aterrizaje y evolución en la superficie del aeródromo. La información contenida en este manual, se proporciona con el objeto de ser aplicada en los aeródromos del territorio nacional y aprueban y ratifican los procedimientos y métodos descritos en este Manual.

1.2. Factores Operacionales.

1.2.1 Problemas del piloto.

1.2.1.1 En sus movimientos, el ser humano comienza a evolucionar en dos dimensiones. Cuando todavía no se yergue para andar, interpreta las referencias visuales y utiliza su sentido del equilibrio para desplazarse sobre la superficie de la tierra. Este proceso largo y gradual, continúa hasta que, con el transcurso del tiempo, aprende a andar erguido y a servirse de diversos tipos de medios mecánicos de transporte sobre tierra y agua, contando para aquel entonces con años de experiencia a los que puede acudir. Tan pronto como se hace al aire debe tener en cuenta una tercera dimensión, y esto significa que todos sus años de experiencia para resolver problemas bidimensionales, no serán de gran utilidad.

1.2.1.2 Hay dos maneras de gobernar una aeronave en vuelo, bien por medio del piloto automático o manualmente. El piloto puede gobernar la aeronave manualmente sea sirviéndose del tablero de instrumentos, cuando un sistema directo de vuelo puede efectuar algunas evaluaciones para él, o bien puede gobernarla por sí solo, por referencia del mundo exterior y realizar sus propias apreciaciones utilizando las referencias visuales. El último método supone la referencia a priori de condiciones de buena visibilidad y de un horizonte bien definido, que puede ser el horizonte real o el aparente, debido a los desniveles percibidos en el relieve o al detalle de la superficie de la tierra.

1.2.1.3 Cuando se pilotea un avión en condiciones de vuelo visual, las tareas más difícil es la de juzgar la aproximación de una pista y realizar las operaciones de aterrizaje subsiguientes. Durante la aproximación, no sólo debe vigilarse cuidadosamente la velocidad, sino también realizar al mismo tiempo correcciones continuas en las tres dimensiones, a fin de seguir la trayectoria de vuelo correcta, esta puede definirse como la intersección de varios planos de dos planos en ángulo recto, de los cuales el plano vertical contiene la prolongación del eje de la pista y el otro contiene la pendiente de aproximación.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.2.1.4 El mantenimiento de una pendiente de aproximación precisa, sin ayuda del sistema indicador de pendiente de aproximación, se ha hecho aún más difícil con la introducción del motor a reacción. Las antiguas aeronaves de hélice respondían casi instantáneamente a un aumento de la potencia; las hélices girando a mayor velocidad aceleraban la corriente de aire por encima de las alas, lo que originaba mayor sustentación. El motor de reacción no sólo es más lento para responder a un aumento del reglaje del mando de los gases, sino que además no tiene efecto directo al flujo del aire sobre el ala. No se producirá ningún aumento de la sustentación hasta que haya acelerado toda la masa de la aeronave como consecuencia de un aumento del empuje.
- 1.2.1.5 Es esencial, que las aeronaves crucen el umbral de la pista con un margen suficiente de altura y de velocidad. A fin de efectuar una toma de contacto suave, tanto en velocidad horizontal como en la de descenso, las que deben producirse simultáneamente durante la maniobra conocida por el nombre de enderezamiento en el aterrizaje, de modo que las ruedas toquen la pista, justamente antes o en el mismo momento de producirse la pérdida de sustentación de las alas.
- 1.2.1.6 Después de la toma de contacto, el piloto continúa necesitando la guía direccional para mantener su aeronave sobre el eje de la pista o cerca del mismo (a velocidades de contacto que a veces exceden de los 255 Km/h ó 138 nudos). El piloto también necesita información a partir de la cual puede juzgar la longitud de pista restante y, una vez que haya reducido suficientemente la velocidad de su aeronave, habrá que indicarle de antemano una salida adecuada de la pista, para lo que debe estar bien delimitada la anchura de la calle de salida.
- 1.2.1.7 Una vez que haya salido de la pista, el piloto debe conducir un aparato de difícil manejo, a lo largo de un verdadero laberinto de calles de rodaje hasta llegar al puesto de estacionamiento que se le ha asignado en una plataforma la que la mayoría de las veces está congestionada. Al piloto no sólo se le deben dar instrucciones clara sobre la ruta a seguir y advertirle que se abstenga de cruzar cualquier pista en uso, sino que también es preciso protegerle de las aeronaves y vehículos que circulan por las calles de rodaje en dirección distinta a la suya.
- 1.2.1.8 Si consideramos el caso más crítico, el de los reactores de gran tamaño, el piloto que efectúa el rodaje, tiene que conducir uno de los triciclos más grandes, más pesados y e ineficaces desde el punto de vista de impulsión que se haya construido jamás. Sentado a una altura no inferior a 6 m por encima del nivel del suelo, el punto más próximo que puede ver el piloto se encuentra a una distancia aproximadamente superior a 12 m por delante de él. El tren de nariz de su aparato se encuentra a varios metros detrás del asiento del piloto (lo que plantea sus propios problemas especiales cuando el piloto tiene que tomar una curva), mientras que el eje de los trenes principales está por lo menos a 27m por detrás del piloto. El piloto no posee, por supuesto, de "transmisión directa" para propulsar las ruedas, sino que debe utilizar el empuje de sus reactores, que tienen un rendimiento notablemente inferior a bajas velocidades de avance. Al igual que en el caso de muchos aviones a reacción modernos de las alas en flecha (prescindiendo de su tamaño), le resulta a menudo imposible ver los extremos de las alas desde el puesto de pilotaje.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

1.2.2 Las cuatro “C”

1.2.2.1 Existen cuatro elementos principales que poseen en sí las características del sistema completo de iluminación de aeropuertos, tal como se ha perfeccionado, gracias a los programas de investigación y desarrollo así como la experiencia práctica adquirida durante un largo período. Para recordarlos mejor se le ha dado el nombre de las Cuatro C, siendo los mismos: Configuración, color, candela y cobertura. La configuración y el color proporcionan información esencial para la orientación dinámica en tres dimensiones. La configuración proporciona información de guía y el color informa al piloto de su desplazamiento en el seno del sistema. Las candelas y la cobertura se refieren a las características de la luz, que son elementos absolutamente necesarios para el proceso correcto de diferenciación de la configuración y el color. Un piloto competente estaría familiarizado con los sistemas de configuración y de color y también estaría enterado de los cambios en las candelas que aumentan y disminuyen la intensidad luminosa. Para todos los sistemas de iluminación de aeropuerto, comprendido entre los grandes aeropuertos internacionales hasta los campos de aviación utilizados por aeronaves pequeñas, rigen con grandes variaciones lo referido cuatro elementos que analizan en los párrafos que siguen.

1.2.2.2 Configuración; Esta característica se refiere al desplazamiento de los componentes y al espaciado de las luces y señales dentro del sistema. Las luces están dispuestas en filas longitudinales y transversales con respecto al eje de la pista, mientras que las señales pintadas en la pista están únicamente alineadas longitudinalmente con el eje de la pista. La ilusión visual de una pista, que aparece más corta al verse las señales transversales a ángulos de aproximación, hace que sea imposible su utilización.

1.2.2.3 El espaciado de las bases de las luces, varía esencialmente atendiendo a sí las luces están dispuestas en sentido longitudinal o transversal. Es evidente que la vista en perspectiva de los sistemas de ayudas visuales para el piloto hace que las luces muy espaciadas en fila longitudinal produzcan un efecto lineal. En cambio, para lograr un efecto lineal con las luces dispuestas en fila transversal, es preciso que el espaciado entre las luces sea pequeño. Otro factor que influye en el espaciado de las luces lo constituye las condiciones de visibilidad durante la utilización del sistema de guía visual. Cuando las operaciones se realizan en condiciones de visibilidad más reducida, se requieren espaciados menores, especialmente en las filas longitudinales, con el objetivo de proporcionar referencias visuales apropiadas dentro del campo visual restringido.

1.2.2.4 El emplazamiento de las luces de borde de pista, de umbral y de extremo de pista, nunca ha dado ningún problema, ya que su propia designación, indica su emplazamiento. Sin embargo el emplazamiento de las luces de umbral, ha sido un tanto complicado debido a consideraciones relativas a los umbrales desplazados. El perfeccionamiento de los nuevos dispositivos de fijación de luces semiempotradas, ha resuelto el problema, y ahora es posible instalar iluminación de umbral desplazado conforme a una configuración normalizada en el pavimento de la pista propiamente dicha. El espaciado de las luces utilizada para la iluminación de borde de pista, ha variado muy poco desde que se comenzaron a iluminar las pistas, debido a que la guía visual principal, en condiciones de visibilidad reducida, se proporciona en vez de por luces de borde de pista por los nuevos sistemas,

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

recientemente perfeccionados, la iluminación de eje de pista y de zona de toma de contacto.

- 1.2.2.5 Aún cuando el perfeccionamiento de la iluminación de pista se ha efectuado sin muchas complicaciones, la investigación y mejora de las luces de aproximación ha dado lugar, en diversos estados, a diferencias importantes con respecto al desplazamiento y al espaciado de los sistemas. Durante el estudio de las operaciones en pistas para aproximaciones de precisión Categoría II, se convino que era necesaria una configuración normalizada con una longitud no inferior a 300m antes del umbral; lo que han cumplido los estados satisfactoriamente.
- 1.2.2.6 Color. – La función de las señales luminosas de color consiste en identificar los diferentes sistemas de iluminación del aeródromo, transmitir instrucciones o información, y hacer que resalten más las distintas secciones del aeródromo. Así pues las luces de borde de pista son blancas y las de borde de calle de rodaje azules; la lámpara de señales con luces rojas, blanca y verdes sirven para transmitir instrucciones al tránsito en tierra y en el aire; y las luces rojas de indicación de obstáculos se ven mejor sobre un fondo de luces blancas que las de otro color. Además, el color rojo sirve para advertir el peligro.
- 1.2.2.7 Con una selección adecuada de los límites de color, pueden reconocerse los colores rojos, blanco o amarillo, verde y azul. Es posible distinguir el blanco del amarillo únicamente:
- a) Si las luces de los dos colores se muestran simultáneamente en partes adyacentes del mismo sistema de señales; o
  - b) Si el color blanco y amarillo se muestran como fases sucesivas de la misma señal (por ejemplo, los destellos blancos y amarillos del faro de un hidroaeródromo); o
  - c) Si la luz tiene una dimensión apreciable que impide percibirla como una fuente puntiforme.

Debido a la limitación impuesta por los colores identificables, éstos tienen más de un significado, el emplazamiento y la configuración de las luces de colores permiten efectuar la diferenciación que se precise de su significado. Así el color verde se utiliza para las luces de umbral, (en otros países como luces de eje de calle de rodaje), y como una señal de “siga” emitida por la lámpara o proyector de señales, al igual que para las luces de control de tránsito.

- 1.2.2.8 Las luces de color se suelen obtener utilizando una fuente de luz blanca conjuntamente con el filtro luminoso apropiado. Este filtro es corriente de vidrio y puede ser una pieza adicional colocada sobre un dispositivo luminoso, el cual de no colocarse, se obtendría una señal de color blanco, o bien puede ser parte del sistema óptico del dispositivo. En cualquiera de los dos casos, el filtro actúa de modo que suprime la luz de longitudes de onda no deseada, sin que agregue luz de longitudes de onda deseada. Además, alguna cantidad de luz de la longitud de onda deseada, queda eliminada. Por lo tanto, la intensidad de un dispositivo que emite luz de color, es inferior a la de un dispositivo proyectado para emitir luz blanca. Con relación a la posible intensidad de una señal blanca, las intensidades de una señal de color suelen equivaler aproximadamente al 40% para el amarillo, el 20% para el rojo y el 2% para el azul.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

1.2.2.9 Sin embargo, debería observarse que puesto en el umbral, en el caso de la luz roja es aproximadamente a la mitad de la intensidad de la luz blanca, la intensidad eficaz de una luz roja producida colocando un filtro rojo a un dispositivo que emite luz blanca es superior al valor del porcentaje indicado anteriormente. Por ejemplo, la adición de un filtro rojo con un valor de transmitancia del 20% reduce la intensidad eficaz a un 40% aproximadamente de la intensidad de una luz blanca en vez del 20%.

1.2.2.10 Candela. – Es la iluminación producida por una luz medida en el ojo de un observador que determinará si la luz será vista. La iluminación producida a una distancia V por una fuente de luz de intensidad I, medida en candelas, en una atmósfera que tenga una transmisibilidad (transmitancia por unidad de distancia) T viene dada por la ley de Allard:

$$E = IT \frac{V^2}{V}$$

Cuando la iluminación es igual a  $E_c$ , que es la iluminación mínima perceptible, la luz es justamente visible y V es igual al alcance visual de la luz. Los valores correspondientes a la iluminancia mínima perceptible que se utiliza para determinar el alcance visual son:

Umbral de iluminación

	Lux	candela- km
Noche	$8 \times 10^{-7}$	0,8
Valor intermedio	$10^{-5}$	10
Día normal	$10^{-4}$	100
Día luminoso (niebla con el sol)	$10^{-3}$	1000

1.2.2.11. - La relación entre la transmisibilidad, T, la distancia V, y la relación intensidad a iluminancia, I/E, se ilustra en la figura 1- 1. Las intensidades de las luces utilizadas en la iluminación de un aeródromo, oscilan entre 10 y 2 000 000 de candelas. La transmisibilidad de ola atmósfera sufre considerables variaciones, fluctuando entre más de 0,95 por km en tiempo muy despejado a menos de 10 en condiciones de niebla densa.

1.2.2.12. – Según se desprende de la figura 1- 1, una luz de intensidad relativamente baja, es visible a gran distancia en condiciones de tiempo despejado. Por consiguiente, en el caso de una luz cuya intensidad fuese 90 candelas, I/E sería de 80/0,8 ó 100, y el alcance visual sería de unos 7 km. Sin embargo, en presencia de niebla se acusa el efecto de la ley del rendimiento decreciente a distancias relativamente cortas. Por ejemplo, sí la transmitancia fuese de 10 por kilómetro (niebla densa), una luz con una intensidad de 80 candelas sería visible a unos 0,17 km, y una luz con una intensidad de 80 000 candelas sería visible a más de 0,3 km aproximadamente. por

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

lo tanto, a menudo resulta imposible hacer que las luces de borde de pista proporcionen guía suficiente en condiciones de Categorías II y III aun cuando se aumente la intensidad de las luces que fueron proyectadas para ser utilizadas con tiempo más despejado. Por lo tanto, el sistema de iluminación de pista se agregaron las luces de zona de toma de contacto y de eje de pista de espaciado reducido con objeto de que fuesen menores las distancias a las cuales es preciso que sean visible las luces.

- 1.2.2.13. – Otro efecto de la atmósfera que debe tener se presente, consiste en el aspecto tan distinto que la transmitancia atmosférica da a las luces, por ejemplo, una luz de 80 000 candelas que sería justamente visible a 0,3km cuando la transmisibilidad <sup>-20</sup> fuese de 10 por kilómetro produciría una iluminancia un millón de veces superior a la que se precisaría para ser apenas visible en una atmósfera completamente despejada. En este caso sería necesario reducir la intensidad de la luz. Sin embargo, aún cuando la intensidad se redujera a 0.1% de su valor máximo, la intensidad de ésta sería aún mucho mayor que lo deseado. Por lo tanto, si bien es necesaria la atenuación de las luces de alta intensidad y de las luces de pista, el procedimiento no puede contrarrestar los efectos de las variaciones de la transmitancia atmosférica.



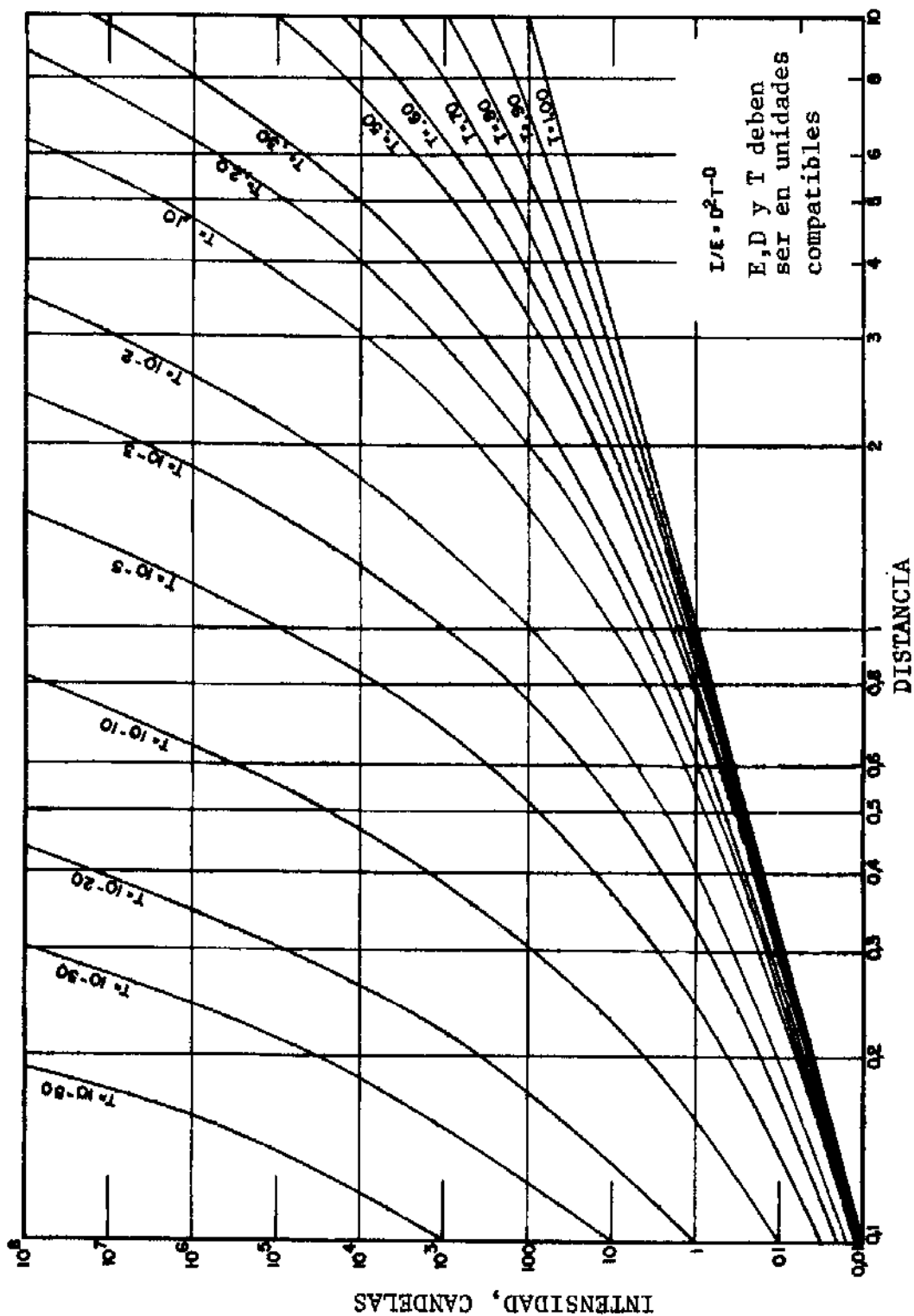


Figura I-1.- La intensidad requerida para producir una iluminancia, igual a la unidad, trazada en función de la distancia para varios valores de transmisibilidad atmosférica. Puede utilizarse cualquier conjunto, de unidades compatibles.

1.2.2.14. - Cobertura. -Las primeras luces terrestres sólo eran lámparas simples con cubierta de vidrio transparente. La luz emitida tenía, esencialmente, la misma intensidad de todas las direcciones. A medida que se dejó sentir la necesidad de disponer de mayores intensidades, comenzaron a instalarse luces dotadas de reflectores, lentes

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

o prismas. Reorientando los haces luminosos de modo que se concentrasen en las direcciones que debían iluminarse, fue posible aumentar la intensidad en direcciones sin que fuese necesario aumentar el consumo de energía. Además, se redujo el deslumbramiento molesto causado por las lámparas cercanas, reorientando parte de la luz emitida en las direcciones desde las cuales sólo sería visible a distancias cortas, hacia direcciones en que la luz fuese visible a mayores distancias, en condiciones de mejor visibilidad. Cuando más estrecha sea la abertura del haz luminosa producido por el dispositivo óptico, mayor sería la intensidad de la luz dentro del haz.

1.2.2.15- Es necesario destacar que cuando las exigencias de la operación varían, para poder conseguir la performance máxima es generalmente necesario diseñar un nuevo haz de luz. Por ejemplo, con la llegada de las aeronaves a reacción, se hizo necesario conseguir que los faros aeronáuticos abarcaran altitudes de hasta 9000m. No era suficiente elevar simplemente el haz del faro, ya que éste habría disminuido considerablemente la cobertura a las altitudes que vuelan las aeronaves pequeñas de hélice, tal cuál se indica en la figura 1- 2 curvas “a” y “b”. En vez de esto, a base de modificar el diseño de la lámpara, el abanico del haz vertical del faro se aumentó para proporcionar la cobertura indicada en la curva “c”. De igual modo, es necesario modificar el abanico del haz de las luces de aproximación y de pista previstas para las operaciones de la Categoría I, con el objeto de conseguir también la cobertura deseada para la categoría II y especialmente para la Categoría III.

1.2.3 El elemento humano en el empleo de las ayudas visuales terrestre.

1.2.3.1 Son muchos los factores que determinan de qué manera reaccionan efectivamente los pilotos a las ayudas visuales, al captarlas, comprenderlas y al actuar a base de los elementos de orientación e información que perciben al hacer la aproximación. Si bien no sería posible determinar la causa y efecto de todas las actividades concomitantes, los aspectos que siguen conciernen a quienes se ocupan de los proyectos de los sistemas y de la “sugestión visual” dentro del ambiente, así como de la posibilidad de error del piloto al éste hacer las aproximaciones y los aterrizajes.

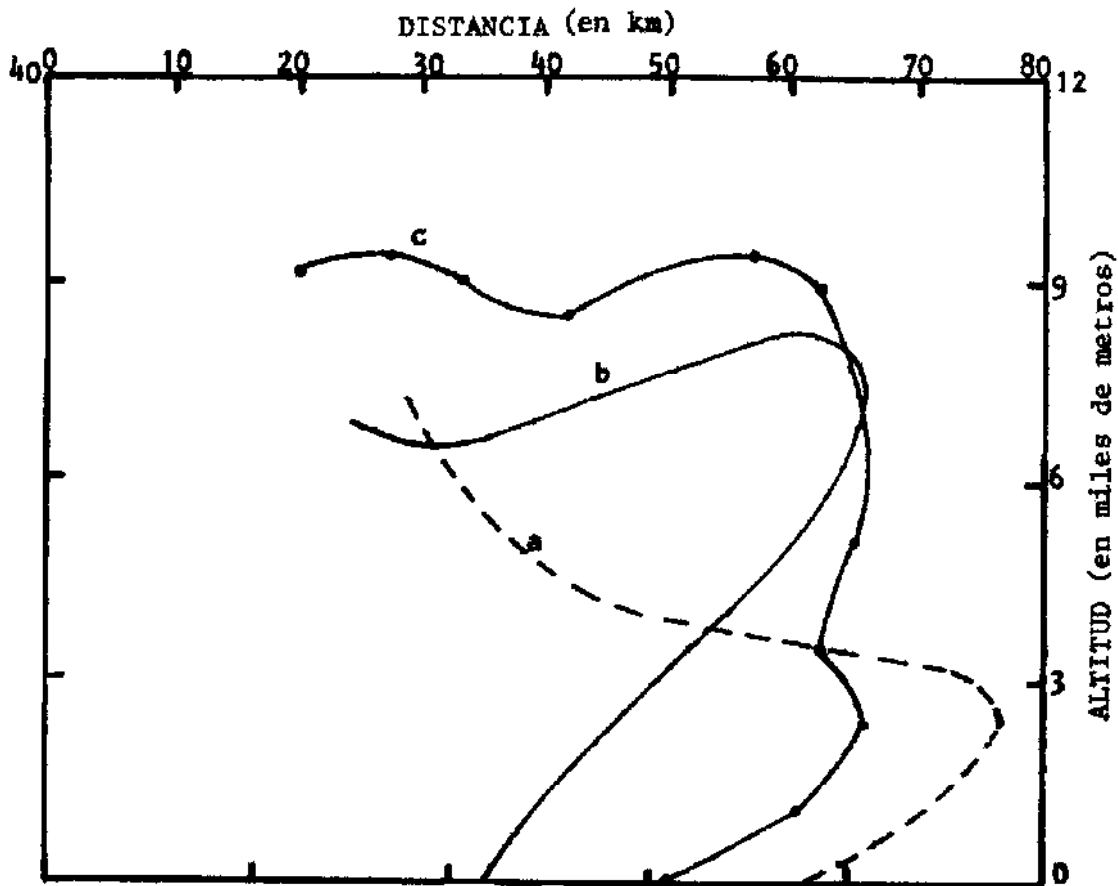
1.2.3.2 Normalización de sistemas. El piloto siempre ve en perspectiva el sistema de iluminación de aproximación y de pista, nunca en planta, y sólo en las mejores condiciones meteorológicas tendría una vista completa del sistema. Frecuentemente ha de interpretar la guía proporcionada por un “seguimiento visual móvil” luminoso que se desplaza hacia la parte inferior de su parabrisas a medida que avanza a lo largo de su trayectoria de aproximación. La longitud de este segmento variará según la altura de la aeronave y el avance visual oblicuo desde el puesto de pilotaje, como puede apreciarse en la figura 1- 3. La información que el piloto puede adquirir de un tramo relativamente corto de la configuración luminosa de aproximación es excesivamente limitada cuando percibe esta configuración a una velocidad elevada en condiciones de visibilidad reducida. Es sabido que el piloto cuenta con pocos segundos para ver las ayudas visuales y reaccionar en condiciones de visibilidad reducida, es de suma importancia que la configuración de las luces sea, además de simple, normalizada.

1.2.3.3 Diferencias individuales. La agudeza visual y la sensibilidad frente al deslumbramiento varían según los pilotos y en parte dependen de la edad, grado de fatiga y de la adaptación a los niveles de luz utilizados. Además, las aptitudes, reacciones y respuestas de un mismo piloto, varían con arreglo a sus condiciones y

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

en el momento en que se trate. Asimismo el sistema de guía visual debe poder atender por igual a los pilotos con menos experiencia, así como a cualquier tipo de piloto.

- 1.2.3.4 Factores que intervienen en la función visual. Hay varios factores, de los que dos de ellos, los más importantes se deben tomar en consideración con el objeto de proporcionar siempre al piloto la mejor guía visual. En primer lugar, es esencial que el reglaje de la intensidad se adapte bien a las condiciones del medio ambiente. En segundo lugar, las intensidades de cada una de las diversas secciones que forman el conjunto del sistema deben adaptarse entre sí, particularmente cuando se utiliza el color, estos dos factores garantizan que el piloto no deje de darse cuenta de una referencia esencial, tal como las luces verdes del umbral, si la intensidad es demasiado débil, ni tampoco que le deslumbren algunas luces que sean demasiado brillantes para las condiciones existentes en el momento que se trate.
- 1.2.3.5 Todo esto obedece a dos razones, que los sistemas de iluminación de aproximación y de pista tengan distribuciones que hagan resaltar el eje de pista. La primera razón es evidente, puesto que el aterrizaje debería efectuarse idealmente a lo largo de la pista. La segunda razón es que la región de visión aguda del ojo, corresponde a un ángulo de sólo 1,5° aproximadamente.
- 1.2.3.6 Los estudios han demostrado que el tiempo medio que requiere un piloto para desplazar su mirada de las referencias visuales exteriores a los instrumentos y hacia el exterior nuevamente, es de 2,5 seg. Si se tiene en cuenta que la aeronave de gran performance recorrerá unos 150m en este intervalo de tiempo, es evidente que, en la medida de lo posible, las ayudas visuales deberían proporcionar la máxima guía así como la mayor información posible que permita al piloto consultar sus instrumentos para fines de verificación. Otros miembros de la tripulación se encargan de anunciar la información crítica proporcionada por los instrumentos, los cuales constituye un procedimiento apropiado para reforzar la seguridad de las operaciones en condiciones de visibilidad reducida.
- 1.2.3.7 Grado de actividad visual. Es considerable el esfuerzo del piloto para conocer si los datos, satisfacen ciertas condiciones, particularmente cuando la situación se desarrolla de acuerdo a las previsiones, y la referencia sucesiva confirman lo que ha sucedido. En este caso, el piloto, debe analizar un sistema de datos que evoluciona rápidamente, además puede aprovechar su capacidad para apreciar la situación y ejecutar una serie de respuestas apropiadas, ajustadas con precisión en el tiempo y atendiendo a su importancia. La capacidad del piloto puede malograrse cuando los datos de entrada no coinciden con las previsiones y sean ambiguos o tengan un carácter transitorio. En este caso, el piloto puede verse comprometido a ejecutar un procedimiento de aproximación, cuando, en realidad, las condiciones exigen que interrumpa la aproximación.



**Condiciones nocturnas**

- Curva a - Cobertura de los faros anteriores a la época de los aviones de reacción
- Curva b - Cobertura de los faros elevados anteriores a la época de los aviones de reacción.
- Curva c - Cobertura de los faros modificados de conformidad con lo previsto en el Anexo 14, 5.3.3.5.

Figura 1-2.- Cobertura de los faros de aeródromo.

DIBUJO NO HECHO A ESCALA

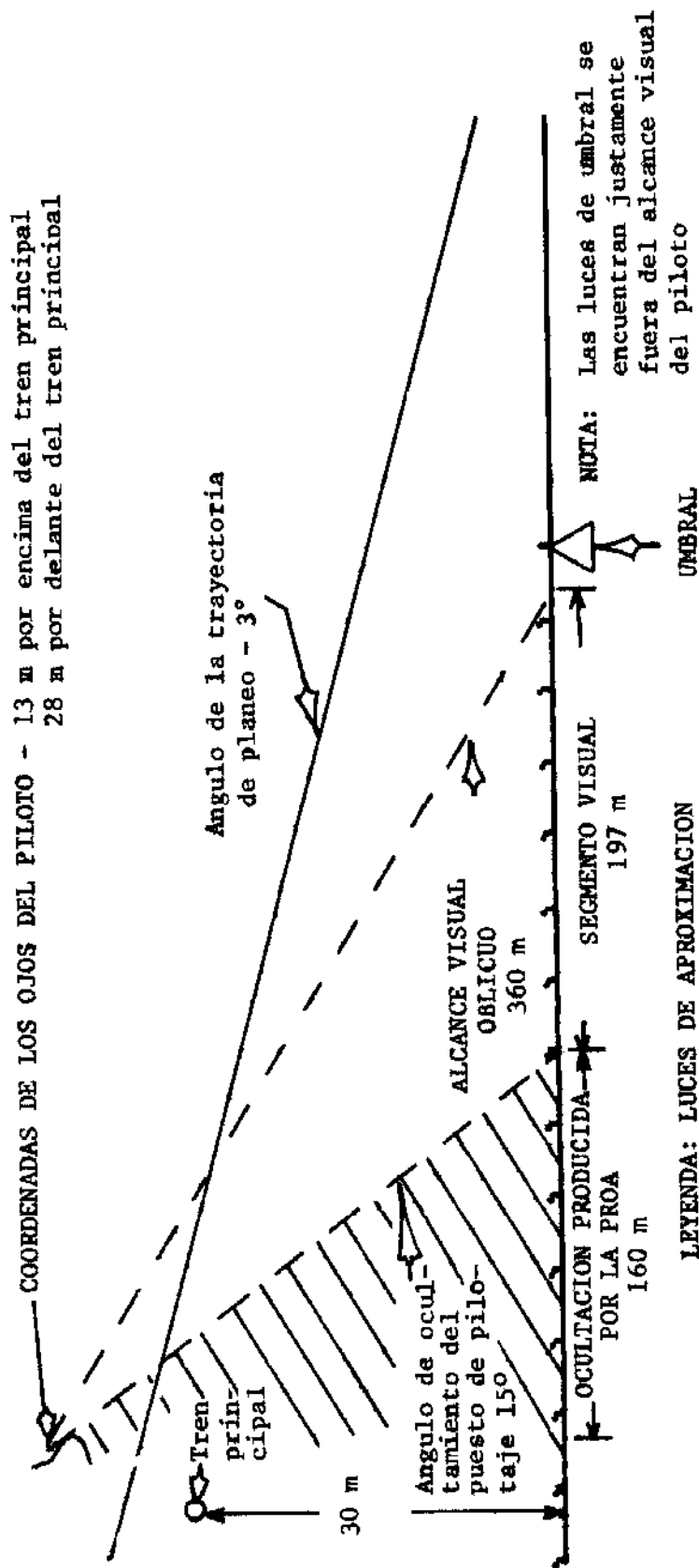


Figura 1-3.- Segmento visual desde un avión de reacción de fuselaje ancho a 30 m.  
El alcance visual oblicuo es de 360 m

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.2.3.8 Las condiciones anteriores indican que es sumamente importante asegurarse de que el sistema de guía visual, funcione como sistema. Los elementos que lo componen deben estar equilibrados desde el punto de vista de la intensidad y el espaciado, de modo que se garantice que el piloto vea una configuración que pueda reconocer como el sistema normal que espera ver de una masa de elementos sin coordinación en la algunos neutralizan la percepción de otros. Como mejor se consigue reducir el grado de actividad visual es mediante la normalización, equilibrio e integridad de elementos. Un sistema incompleto en el que falten muchos proyectores puede darle la impresión al piloto de que se trata de sistemas separados, dependiendo de la posición de los ojos, cuya visión queda limitada por los ángulos de ocultamiento y por la posible limitación de la visibilidad debido a la presencia de bancos de niebla u otras condiciones. Es posible quedar momentáneamente desorientado cuando el piloto traslada su vista desde el tablero de instrumentos a un sistema incompleto o visualmente desequilibrado.
- 1.2.3.9 Ilusiones visuales durante la aproximación para el aterrizaje. Los pilotos tienen que hacer frente a problemas visuales cuando efectúan la aproximación a una pista que no se proporciona guía sirviéndose de ayudas visuales o no visuales en la dirección del ángulo correcto de pendiente de aproximación. Algunos de estos problemas se clasifican corrientemente en la categoría de ilusiones visuales, si bien, en vez de referencias falsas o que pueden producir error lo que en realidad ocurre es que no hay una ausencia o son pocas las referencias visuales para facilitar que el piloto aprecie la altura/distancia. Al examinar los problemas de aproximación visual que se enumeran posteriormente, se ha supuesto que no hay ayudas visuales/no visuales o que, si las hay, no se utilizan para guiar al piloto a lo largo de la pendiente de aproximación de la pista.
- 1.2.3.10 Problemas relacionados con el terreno. Cuando volamos, durante el día, sobre grandes superficies de agua, sobre terrenos desprovistos de características distintivas, terrenos situados a una altura inferior a la de las pistas, (valles profundos, aeropuertos construidos en cimas de montañas vertientes abruptas, etc.) para aproximarnos a las pistas, se pueden presentar problemas de apreciación de la altura/distancia, además durante las noches oscuras en el área de aproximación y sus proximidades, puede presentarse insuficiencias en la iluminación por fuentes luminosas ajenas a las aeronaves. Sin embargo, la iluminación por fuentes ajenas, de valles profundos, vertientes abruptas, etc., se puede aplicar el proceso de toma de decisiones, por cuanto los pilotos pueden creer que su aeronave se encuentra demasiada altura, cuando en realidad está en la pendiente de aproximación correcta hacia la pista. Es probable que la ejecución de una maniobra de compensación reduzca el ángulo de pendiente de aproximación con respecto a la pista.
- 1.2.3.11 Los despegues sobre grandes extensiones de agua o de terreno árido en condiciones de bruma, incluso durante las horas diurnas, pueden resultar peligrosos para los pilotos, que no puedan por una u otra razón, realizar vuelos por instrumentos. Este problema es aún más agudo, si las referencias visuales no pueden verse después del despegue sin que los pilotos tengan que girar mucho la cabeza para establecer referencias visuales con el terreno, pues al inclinarse la cabeza, cuando la aeronave está girando, puede provocar desorientación situación conocida como vértigo, y éste va acompañado generalmente de náuseas. Para evitar esto, los pilotos deben estar habilitados para realizar vuelos por instrumentos, pues de lo contrario, las consecuencias podrían ser fatales.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.2.3.12 Problemas relacionados con la iluminación de aproximación y de pista. Teniendo en cuenta que las luces brillantes parecen estar más próximas a las que tienen menos brillo, o en las que éste ha sido reducido, el mantenimiento de una intensidad razonable equilibrada de las luces de aproximación y de pista, desempeña un papel importante al juzgar la altura/distancia durante la aproximación. Al considerar los problemas conexos con la percepción ilusoria, este factor es de la mayor importancia, cuando la visibilidad permite al piloto ver tanto los sistemas de luces de aproximación como el de iluminación de pista durante la aproximación. Dado que la disposición de las luces de aproximación no permite una referencia visual para juzgar la altura/distancia tan buena como la permite la configuración de las luces de pista. Las luces de aproximación brillantes combinadas con las luces de brillo reducido de la pista, plantean al piloto un problema más grave que el que lo constituye el caso inverso. Las luces de aproximación más brillantes atraen la atención del piloto, y debido a que las luces más brillantes dominan la escena y también apantallan las luces de pista, más distantes, las referencias para determinar la altura/distancia se ven degradadas.
- 1.2.3.13 Si las luces situadas en un borde de pista son más brillantes que las del otro borde, los pilotos tendrán que inclinar lateralmente la aeronave apartándose más del brillante en un esfuerzo por equilibrar las intensidades. Normalmente, los dos bordes de la iluminación de pista permiten buen equilibrio, pero cuando en uno de los bordes se produce una descarga de energía eléctrica debido a una conexión accidental a tierra, las luces de este borde tendrán menos intensidad que las del otro borde, situación que también puede presentarse cuando hay vientos cruzados.
- 1.2.3.14 Cuando se desciende hacia un terreno cubierto de niebla, en capas delgadas, puede resultar bastante peligroso, por cuanto los haces luminosos del sistema de luces de aproximación y de iluminación de pista, que son visibles a través de la niebla mientras se realiza la aproximación, decrecen rápidamente en su alcance o desaparecen completamente cuando la aeronave se aproxima y penetra en la parte superior de la capa de niebla. En condiciones de nieblas de superficie, las referencias luminosas no son visibles a bajas alturas, y los pilotos que vuelan estrictamente por referencia visual, entre el momento que son visibles las referencias visuales y el que ya no es posible percibirlas, pueden recibir falsa impresión de que la aeronave está subiendo en vez de descender. Si se reacciona a la impresión de que la aeronave asciende, aumentando aún más la velocidad vertical de descenso cuando se está a baja altura sin referencias visuales, o en el mejor del caso sirviéndose de las referencias visuales limitadas, esto, por supuesto, hará que la aeronave choque con el terreno o la pista a una elevada velocidad vertical de descenso.
- 1.2.3.15 Problemas relacionados con las dimensiones de pista y contraste. Las pistas de diversas anchuras y longitudes pueden hacer que los pilotos juzguen erróneamente el ángulo de pendiente de aproximación, por cuánto las pistas anchas y largas parecerán más próximas que las pistas estrechas y cortas. Los pilotos de aeronaves de gran tamaño llegan y salen, normalmente, de aeropuertos que presentan imágenes en perspectiva razonablemente uniforme. Es posible que los pilotos de aeronaves pequeñas utilicen pistas de anchuras y longitudes que varíen considerablemente; por tanto, el piloto de una aeronave es el que, normalmente, se ve más frecuentemente expuesto a problemas durante la aproximación y el aterrizaje en relación con la configuración de la pista, y tenderá a utilizar ángulos de pendiente

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

de aproximación inferiores a los normales en los aterrizajes en pistas de gran tamaño.

- 1.2.3.16 Cuando una aeronave en aproximación vuela en dirección al sol en días claros, ello puede proporcionar problemas visuales extremadamente difíciles. En ciertas condiciones, el resplandor entorpece la visión hasta el punto de que resulta difícil la localización de la pista y cuando ello se logra, resulta difícil observarla durante la aproximación. Además del problema de deslumbramiento, el contraste de la pista queda modificado (normalmente atenuado) por el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la pista lo que hace que se vea “contraluz” todo cuanto se halla en torno al pavimento y reduce también el contraste de las señales de pista.
- 1.2.3.17 Del mismo modo que los pilotos que se aproximan a una pista se ven atraídos por las luces más brillantes, éstos también se ven atraídos por lo pavimento que tienen mayor contraste con el terreno que los rodea. Así, se ha dado el caso de aeronaves que han aterrizado en calles de rodajes paralelas a las pistas, por cuanto el piloto ha visto en primer término la calle de rodaje, y han seguido concentrándose en ella durante la aproximación y el aterrizaje. Un incidente de este tipo ocurrió, cuando un piloto de un avión de transporte de gran tamaño se aproximaba al aeropuerto donde tenía su base, donde se habían quitado grandes cantidades de nieve tanto de la pista como la calle de rodaje que corría paralela a la primera, debido a lo cual la superficie negra de la calle de rodaje ofrecía un contraste excelente con respecto a la nieve, mientras que la pista de hormigón se destacaba débilmente de la nieve a sus costados.
- 1.2.3.18 Problemas relacionados con la experiencia. Los cambios en las referencias visuales conocidas respecto a las cuales se suele estar acostumbrado, pueden dar lugar a problemas de percepción ilusoria. Los pilotos acostumbrados a sobrevolar árboles de gran tamaño pueden aproximarse a las pistas con ángulos inferiores a los normales cuando sobrevuelan “montes bajo” que parezcan ser de la misma variedad que los árboles de más altura. Los pilotos que vuelan mayormente sobre terreno plano, pueden tener dificultades para juzgar la aproximación a una pista emplazada en terreno ondulado o montañoso. Otro ejemplo sería el de los pilotos acostumbrados a volar zonas con gran densidad de construcciones y deben aterrizar en pistas situadas en zonas despejadas desprovistas de objetos verticales elevados contruidos o naturales.
- 1.2.3.19 Problemas relacionados con la aeronave. Por mucha experiencia que posean los pilotos, las aeronaves, pueden darle errores al acercarse a la aproximación, pues por consecuencia de la lluvia los cristales pueden estar mojados, y esto provoca ondulaciones y manchas que distorsionan la visión, extinguiéndose las configuraciones geométricas de las ayudas visuales en tierra, es por lo que es aconsejable mantener los cristales limpios utilizando los sistemas de limpiaparabrisas, al efectuar la aproximación para aterrizar en condiciones de lluvia densa.
- 1.3. – Requisitos operacionales.
- 1.3.1 Generalidades.
- 1.3.1.1 Los requisitos operacionales que deben satisfacer las ayudas visuales, varían de acuerdo al tipo de aeronave utilizada, las condiciones meteorológicas en el punto de



MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

destino, el tipo de radioayuda para la navegación utilizada para la aproximación, las características físicas de la pista o de calle de rodaje, y de la disponibilidad de información de aterrizaje sirviéndose de radiocomunicaciones.

1.3.2 Aeropuertos pequeños.

1.3.2.1 Es frecuente que en los aeropuertos proyectados para aeronaves monomotoras o bimotoras pequeñas, con un peso inferior a 5700 Kg, no disponga de ayudas para la aproximación por instrumentos o de instalaciones para el tránsito aéreo. Por lo tanto, las ayudas visuales terrestres en muchos aeropuertos pequeños deben satisfacer todas las necesidades operacionales de los pilotos. Es posible que algunos de estos aeropuertos no cuenten con pistas pavimentadas, situación que agrave el problema de proporcionar a los pilotos de ayuda visuales apropiadas.

1.3.2.2 Los requisitos operacionales enumerados en el orden que normalmente se presenta a los pilotos, son los siguientes:

- a) Ubicación del aeropuerto.
- b) Identificación del aeropuerto.
- c) Información para el aterrizaje, para lo que es necesario conocer:
  1. Dirección y velocidad del viento
  2. Designación de la pista
  3. Estado de la pista (cerrada o habilitada)
  4. Designación de las pistas por orden de referencia. (Normalmente para fines de atenuación del ruido, siempre que la dirección y velocidad del viento, permita el uso de la pista).
- d) Guía para el vuelo en circuito
- e) Guía de aproximación final para la toma de contacto, para lo que se debe tener en cuenta:
  1. Indicación de borde de pista y de umbral
  2. Guía de pendiente de aproximación
  3. Guía para el punto de referencia visual
  4. Indicación del eje de pista. Nota: No es posible indicar el eje de pista en pistas sin pavimentar, las que se usan solamente en condiciones de buena visibilidad, por lo tanto, esta indicación no es tan importante como cuando se trata de aeropuertos donde se autorizan las operaciones en condiciones de visibilidad reducida conjuntamente con la utilización de una ayuda para la aproximación por instrumentos).
- f) Guía par el recorrido en tierra, tener en cuenta:
  1. Indicador de eje de pista (véase la nota 4 del inciso e anterior).
  2. Indicación de borde de pista
  3. Ubicación de las salidas hacia la calle de rodaje
  4. Indicador de extremo de pista
- g) Guía para el rodaje, se tomará en cuenta:
  1. Indicación de borde y/o eje de calle de rodaje
  2. Señalización (letreros de emplazamiento y de guía) hacia las zonas de estacionamiento y servicio.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

3. Señalización letreros de indicación y de guía) hacia la pista de salida.

h) Información para el despegue.

(Nota: La información necesaria es la misma que se da en c) anterior; sin embargo, los pilotos obtienen normalmente toda la información antes de abandonar la oficina de operaciones, sin tener que recurrir a las ayudas visuales).

i) Guía para el despegue

1. Indicación de eje de pista. (Véase la nota e) 4) anterior).
2. Indicación de borde de pista.
3. Indicación de extremo de pista.

### 1.3.3 Aeropuertos importantes.

1.3.3.1 Los aeropuertos importantes disponen, normalmente de radioayudas para la navegación y de instalaciones para el control del tránsito aéreo que se sirven de radiocomunicaciones.

Cuando estos aeropuertos se utilizan en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) sin tener que recurrir a estas radioayudas, las características de las ayudas terrestres son iguales que las que se han indicado para aeropuertos pequeños. Además, los aeropuertos importantes disponen de sistemas para guiar a las aeronaves hacia la plataforma de estacionamiento, así como de sistemas de guía visual para el atraque en las terminales equipadas con pasarelas telescópicas para el desembarque de pasajeros. También es necesario de contar con iluminación de plataforma para facilitar el estacionamiento de la aeronave y proteger a los pasajeros que se trasladan de la aeronave a los edificios terminales y viceversa.

1.3.3.2 Cuando las condiciones meteorológicas son inferiores a las VMC, las ayudas visuales terrestres desempeñan un papel más vital para la seguridad de las operaciones de vuelo. Los vuelos que se realizan en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumento (IMC) imponen la utilización de ayudas visuales complementarias a las que se enumeran anteriormente con respecto a los aeropuertos pequeños. Los requisitos operacionales complementarios siguientes interesan a las cuatro categorías de pista para aproximación por instrumento.

#### 1.3.3.3 Pistas para aproximación que no sean de precisión.

a) Guía para la aproximación final a la zona de toma de contacto.

1. Guía para la alineación con el eje de pista a una distancia de 420m o más antes del umbral.
2. Una indicación de distancia a 300m antes del umbral.

#### 1.3.3.4 Pistas para aproximaciones de precisión – Categoría I.

a) Guía para la aproximación final a la zona de contacto.

1. Guía para la alineación con el eje de la pista sobre una distancia de 900m antes del umbral.
2. Una indicación de distancia a 300m antes del umbral.
3. Guía en la zona de toma de contacto.

#### 1.3.3.5 Pista para aproximaciones de precisión – Categoría II.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- a) Guía para la aproximación final a la zona de contacto.
    - 1. Guía para la alineación con el eje de la pista sobre una distancia de 900m antes del umbral.
    - 2. Indicaciones de distancia a 300m y a 150m antes del umbral.
    - 3. Guía para la alineación en la zona de toma de contacto sobre una distancia de 300m antes del umbral.
    - 4. Guía en la zona de toma de contacto.
  - b) Guía para el recorrido en tierra.
    - 1. Información de la distancia de pista que queda por recorrer.
  - c) Guía para el rodaje.
    - 1. Guía para la salida que conduce a la calle de rodaje.
    - 2. Indicación del eje de calle de rodaje con clave de cambio de dirección.
- 1.3.3.6 Pista para aproximación de precisión – Categoría III. Los requisitos operacionales relativos a ayudas visuales en condiciones meteorológicas Categoría III son, desde el punto de vista de la configuración para la aproximación y el aterrizaje, iguales a los de Categoría II. Las características fotométricas de los dispositivos luminosos adecuados para la operación Categoría I y II requiere modificación para proporcionar una cobertura vertical aumentada, especialmente por lo que se refiere en que las distancia vertical es grande entre los ojos del piloto y las ruedas.
- 1.3.3.7 Al operar en la superficie en condiciones meteorológicas de Categoría III en aeropuertos importantes, es preciso contar con señales visuales adicionales para que las aeronaves se mantengan separadas entre sí. Dos ejemplos de estas señales son las barras de parada y las barras de cruce a las que se refiere el Capítulo 5 del Anexo 14. Este requisito también se aplica a los aeropuertos principales en condiciones de visibilidad elevada. Sin embargo el requisito se ha incluido en esta sección debido a que la necesidad se acusa en grado máximo cuando la visibilidad llega a su más bajo nivel. Un sistema de este tipo no sirve para proporcionar guía visual, si no más bien para prevenir colisiones en los movimientos de las aeronaves en las pistas de aterrizaje y despegue con otras que efectúan lentamente el rodaje.
- 1.4. – Utilidad de las ayudas y referencias visuales para los pilotos.
- 1.4.1 Generalidades.
- 1.4.1.1 El establecimiento y mantenimiento de una orientación tridimensional dinámica respecto a la pista durante la aproximación y el aterrizaje, constituyen tareas complejas y difíciles del pilotaje, particularmente en condiciones de visibilidad limitada (IMC). Una vez en tierra, la aeronave que efectúa el rodaje en condiciones de visibilidad reducida, tiene que depender continuamente de las ayudas visuales hasta que llega al punto de atraque. En la sección 1.3 se enumeran los requisitos operacionales relativos a los pequeños y grandes aeropuertos. Esta sección trata de la relación entre el piloto, su aeronave y las ayudas visuales y no visuales previstas para ayudarlo, insistiendo especialmente acerca de la manera en que las ayudas visuales en tierra, proporcionan información y guía.
- 1.4.1.2 Sistema de referencia. Las aeronaves de transporte actuales están equipadas con dispositivos de alineación para ayuda a los pilotos a ajustar la altura de sus ojos de manera que la línea de visión hacia delante y hacia abajo (ocultamiento del puesto

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

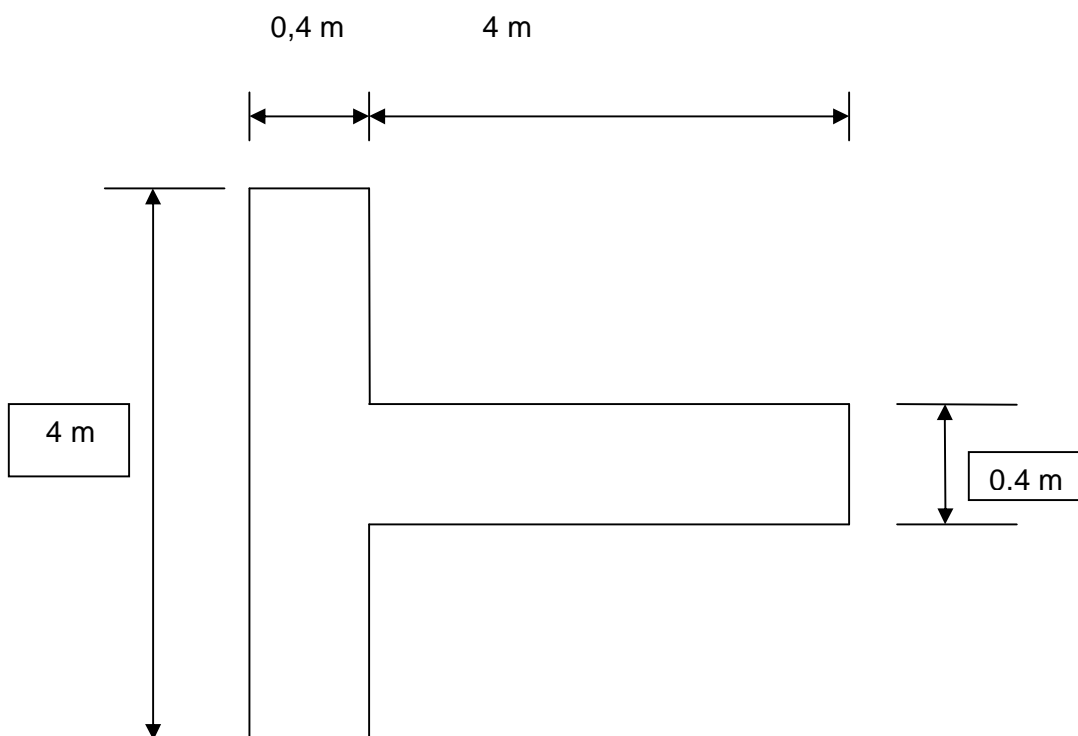
de pilotaje), coincida con la posición de los ojos prevista en el proyecto de la aeronave de que se trate. Estos dispositivos de alineación son bastante sencillos, de bajo costo, y fáciles de utilizar. Resultan especialmente importantes en el caso de aeronaves que utilizan la aproximación y toma de contacto con un ángulo de encabristamiento elevado (esto es, de 5° a 10°). El ejemplo siguiente servirá para explicar la construcción y funcionamiento de estos dispositivos. Cabe imaginarse tres pequeñas bolas montadas en configuración triangular por detrás del larguero central del parabrisas y que son utilizadas por el piloto y el copiloto. Los asientos se ajustan en sentido vertical, hacia delante y hacia atrás en el sentido horizontal, de modo que una de las bolas posteriores quede alineada con la delantera (central), el piloto usa la bola posterior ubicada en su lado y el copiloto la que queda en el suyo. Cuando la bola posterior se confunda con la anterior, los ojos del piloto y el copiloto están ajustados a la posición prevista por el tipo de aeronave.

1.4.2 Ayudas Visuales para las condiciones meteorológicas de vuelo visual.

1.4.2.1 Localización del aeropuerto. Los aeropuertos se localizan de diferentes maneras, atendiendo a sus dimensiones y a la naturaleza de las ayudas visuales y no visuales que dispongan. Durante el día, las pistas de grandes dimensiones son visibles, en buenas condiciones meteorológicas, a grandes distancias, variando la distancia con arreglo a la altura de la aeronave, dirección del sol, contraste entre la pista y el terreno circundante, etc. La localización de aeropuertos pequeños, particularmente aquellos cuyas pistas no están pavimentadas, se determina frecuentemente por la presencia de aeronaves estacionadas pintadas con colores vivos. Las ayudas visuales y/o las cartas aeronáuticas son ayudas básicas para los vuelos de día y de noche, y el faro del aeropuerto es sumamente útil de noche en los que no dispongan de ayudas visuales.

1.4.2.2 Indicador de la dirección de aterrizaje. Cuando se prevea un indicador de la dirección de aterrizaje (en Cuba, en pistas y aeródromos agrícolas), se emplazará en un lugar destacado del aeródromo. El indicador tendrá forma de "T" será de madera o metal ligero cuando no esté pintada en el pavimento; la forma y dimensiones mínimas de la "T" de aterrizaje, serán las que se indican en la figura que aparece a continuación del párrafo. El color de la "T" de aterrizaje será de color blanco o anaranjado eligiendo el mejor contraste con el fondo contra el cual el indicador debe destacarse. Cuando se requiera para el uso nocturno, debe estar iluminada o su contorno delineado con luces blancas. Dicha señal puede ser útil cuando el aeródromo no posea torre de control ni servicio de información de vuelo, o cuando lo utilicen aeronaves que no estén equipadas con radio; pueden ser útiles en el caso de que le fallen las comunicaciones de radio, en ambos sentidos,. Con las aeronaves. Los aeródromos que utilicen este tipo de ayuda visual, debe publicarse en las AIP o en NOTAM.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA



**Nota:** Las líneas horizontales y la vertical más cortas, poseen las mismas dimensiones, las horizontales y la vertical más largas son iguales.

- 1.4.2.3 Identificación del aeropuerto. La identificación de un aeropuerto constituye frecuentemente un problema para el piloto con poca experiencia, particularmente cuando los aeropuertos están muy próximos. Aún los pilotos de línea aérea, experimentados, aterrizan ocasionalmente en un aeropuerto al que tenían que hacerlo, y se encuentran en una situación embarazosa. En algunos aeropuertos pequeños se muestra el nombre en una calle de rodaje o en el techo del hangar, mientras que en otros se utiliza una clave de identificación en vez del nombre. Algunos aeropuertos iluminan el nombre o clave con el objetivo que sean legibles de noche con el fin de identificación. Raramente se utilizan los faros de identificación. Un aeropuerto terrestre puede reconocerse por su faro de luces alternas verdes y blancas en algunos Estados los faros de los aeropuertos civiles y militares tienen una clave que permite diferenciarlos.
- 1.4.2.4 Información de aterrizaje. Los indicadores de la dirección del viento son ayudas visuales importantes, particularmente en los aeropuertos que no proporcionan información de aterrizaje por radiocomunicaciones. Los indicadores de la dirección de aterrizaje raramente se utilizan a consecuencia de la necesidad, y, por consiguiente, la responsabilidad de tener que cambiar su dirección conforme a la dirección del viento. Las señales visuales terrestres para indicar el estado de la pista y calles de rodaje, se describen en el Anexo 14; sin embargo la explicación de estas ayudas aparecen en el Anexo 2. (Véase asimismo el Capítulo 3 de este manual). El Anexo 14 también tiene especificaciones relativas a las señales designadoras de pistas, pero no figuran en él disposiciones sobre las ayudas visuales terrestres que

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

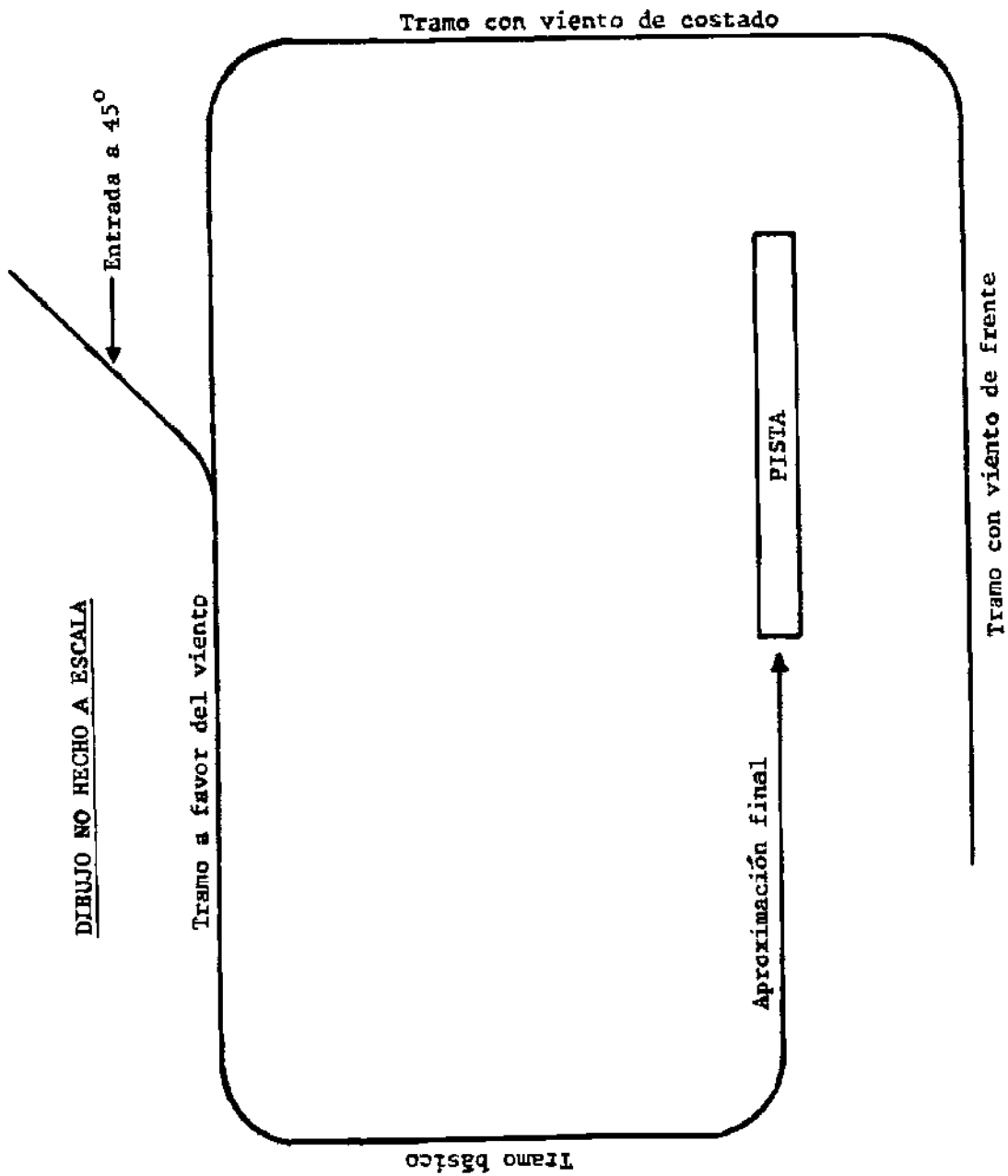
impliquen las configuraciones no normalizadas del tránsito (virajes a la derecha, hacia el tramo básico y hacia la aproximación final) o para la designación de pistas preferentes.

- 1.4.2.5 Los conos que se despliegan totalmente cuando sopla el viento a unos 15 nudos son muy útiles, ya que esta velocidad es el valor máximo admisible de viento de costado para el aterrizaje de aeronaves pequeñas. El cono de viento desplegado a 90° respecto a la pista en uso proporcionaría a los pilotos información muy útil.
- 1.4.2.6 Cuando se proporcionan las ayudas visuales anteriormente dichas, y no se dispongan de radiocomunicaciones, dichas ayudas son observadas por el piloto desde un punto cercano y desde una altura bastante superior a la altitud del circuito de tránsito a fin de evitar a las demás aeronaves que vuelan en el circuito. (El color de estas ayudas debería brindar el máximo contraste con el terreno circundante). Seguidamente, el piloto entra en el circuito de tránsito apropiado preparándose para aterrizar.
- 1.4.2.7 Guía para el vuelo en circuito. En condiciones de VMC, es preciso efectuar la entrada inicial en la mayoría de los circuitos de tránsito a un ángulo de 45° con respecto al tramo a favor del viento (fig. 1 – 4). Los pilotos sitúan sus aeronaves en el tramo a favor del viento evaluando la distancia que les separa de la pista y el ángulo de la pista por debajo del horizonte. El recorrido del tramo a favor del viento no suele plantear ningún problema ya que la componente transversal del viento es corrientemente bastante reducida. La altura de la aeronave durante el tramo a favor del viento se controla con arreglo a la lectura del altímetro de abordaje y la línea del horizonte por delante de la aeronave.
- 1.4.2.8 El umbral de la pista sirve como punto de referencia para determinar el tramo básico. Los pilotos de aeronaves pequeñas pueden iniciar el viraje para comenzar el tramo básico cuando la aeronave rebasa el umbral; por el contrario, los pilotos de aeronaves de gran tamaño prolongan el tramo a favor del viento para contar con un tramo de aproximación final más ligero. El piloto ve disminuir el ángulo que forma la pista con la aeronave mientras efectúa el viraje para iniciar la aproximación final y cesa de girar en el momento que la pista parece girar hasta un punto perpendicular con el horizonte. Los pilotos de todas estas aeronaves tienen las mismas necesidades, que consisten en fijar sus posiciones respecto al umbral y en el disponer de guía para alinearse y mantenerse sobre la prolongación del eje de la pista durante la aproximación final.
- 1.4.2.9 Aproximación final, enderezamiento y aterrizaje. Esta fase de pilotaje de una aeronave es bastante difícil e implica estimaciones complicadas de la distancia, altura, deriva y ángulo con respecto a la pista. El piloto novato, así como el experimentado, tienen la misma visión del mundo exterior cuando están sentados en el puesto de pilotaje, pero el piloto experimentado es capaz de realizar evaluaciones visuales más precisas y puede pilotear una aeronave con mayor precisión.
- 1.4.2.10 Mientras una aeronave vuela en condiciones VMC, las mínimas meteorológicas suelen permitir que el piloto se sirva de una referencia para pilotear su aeronave utilizando referencias visuales exteriores. El horizonte puede ser real o aparente, siendo éste una línea de referencia percibida o imaginaria en un plano horizontal determinada por las referencias visuales en tierra, la configuración de las nubes y la línea de demarcación luminosa entre el cielo y el suelo a falta de un horizonte real

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

claramente visible. Cuando se observa la pista de aterrizaje en condiciones de buena visibilidad, la ubicación de la aeronave con respecto a las cercanías de la pista (a diferencia de las condiciones IMC) no constituye ningún problema. La fase de aproximación final se subdivide en dos partes sucesivas: primero la aproximación al umbral y, seguidamente, el aterrizaje después de cruzar el umbral de la pista.

- 1.4.2.11 En la aproximación final, la trayectoria que el piloto desea seguir puede considerarse como la intersección de dos planos, que son el plano inclinado de la pendiente de aproximación óptima, y el plano vertical que contiene la prolongación de la pista.
- 1.4.2.12 Para lograr su propósito, el piloto debe estar constantemente al corriente de las variables:
  - a) Desplazamiento con respecto a cada plano de referencia;
  - b) Velocidad de acercamiento a cada plano de referencia; es decir, información sobre la velocidad de acercamiento; y
  - c) Ritmo de variación de la velocidad de acercamiento a cada plano de referencia, es decir, información sobre la velocidad de acercamiento y ritmo de variación.



DIBUJO NO HECHO A ESCALA

Figura 1-4.- Circuito normal de tránsito en condiciones VMC.



MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

1.4.2.13 El piloto adapta continuamente las indicaciones relativas al desplazamiento y a la velocidad a fin de conseguir que el desplazamiento sea igual a cero y que el ritmo de variación del desplazamiento sea también cero, expresado de otra manera, debe conocer:

- a) Lugar en que se encuentra en un momento dado;
- b) Su punto de destino en ese momento; y
- c) Lugar en que se encontrará en esos instantes.

Las indicaciones visuales a estos dos planos difieren considerablemente y lo analizaremos más adelante en 1.4.2.14 y 1.4.2.15.

1.4.2.14 Antes de examinar los pormenores de la guía y de su carencia, según el caso, es preciso comprender la dinámica del mundo visual percibido, se alude al “movimiento de un objeto”. Sin embargo, en el caso de la percepción de las ayudas visuales por el piloto, es evidente que había que referirse al “movimiento del observador”, lo que va acompañado de un aumento de la perspectiva visual a medida que el piloto se acerca a la pista. El punto hacia el cual se dirige la trayectoria de vuelo constituye el centro de esa perspectiva, es decir, el punto donde las referencias visuales parecen estar inmóviles. La velocidad relativa, casi nula en el punto de convergencia con el horizonte, aumenta con arreglo al alejamiento de las ayudas visuales.

1.4.2.15 Guía en azimut. El desplazamiento igual a cero respecto al plano vertical (desplazamiento lateral) se indica por la imagen en perspectiva de la pista y de las luces de aproximación, en caso de haberlas, cuando su disposición es perpendicular al horizonte. Como la pista tiene una longitud considerable, la referencia visual para el desplazamiento [variable a) enumerada en 1.4.2.11] es instantánea. El curso seguido y la variación de éste (variables b y c del 1.4.2.11) no son instantáneas, pero pueden corregirse los errores de manera que sean pequeñas las desviaciones con respecto al curso deseado, a medida que el piloto se acerca a su punto de destino durante la aproximación final. Así pues, la pista, o las luces de borde de pista, pueden considerarse como referencias visuales que permiten al piloto alinear rápidamente la aeronave y mantener la alineación con ligeras desviaciones respecto a la prolongación del eje de la pista.

1.4.2.16 Información sobre la pendiente de aproximación. Los sistemas visuales de pendiente de aproximación, proporcionan guía de pendiente de aproximación, pero otras ayudas visuales corrientemente asociadas a la pista sólo sirven de referencia para el ángulo de pendiente de aproximación. Esta parte se refiere a la posibilidad de tener que hacer una aproximación cuando no están instalados los sistemas indicadores de pendiente de aproximación, o, si las hay, no están funcionando. Los pilotos que se sirven de los indicadores de pendiente de aproximación quedan exentos de la ardua tarea que supone el tener que juzgar el ángulo apropiado de la pendiente de aproximación.

1.4.2.17 A medida que la aeronave se aproxima a la pista de aterrizaje, antes de iniciar el descenso para la aproximación final, el piloto observa como las referencias visuales asociadas a la pista se desplazan hacia la parte inferior del parabrisas de la aeronave. Cuando el punto, a lo largo de la pista, al que se dirige la aeronave

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

durante el descenso (punto de mira), quede más bajo que el horizonte al ángulo de aproximación deseado, el piloto inicia el descenso apuntando la aeronave al punto de mira elegido. Este punto varía según las dimensiones de la aeronave y la longitud de pista disponible para el aterrizaje. Se hace que las aeronaves pequeñas apunten normalmente las señales designadoras de pista o hacia un punto situado más allá; las aeronaves de gran porte apuntan, normalmente, hacia las señales de distancias fijas situadas a 300m más allá del umbral.

- 1.4.2.18 El desplazamiento por encima o por debajo del ángulo de pendiente de aproximación ideal entraña una extensión y compresión verticales de la imagen en perspectiva de la pista, lo que va acompañado de cambio en los ángulos que los bordes de pista forman con el umbral de la pista y el horizonte (Figura 1 – 5). Para determinar si se encuentran cerca del ángulo de aproximación deseado, comparan la imagen real de la pista con la imagen “ideal” formada en su mente, imagen ésta que ha quedado grabada tras largos años de práctica y experiencia. A medida que la aeronave desciende, los bordes de pista convergen. Cuanto a más altura se encuentra la aeronave, más parecen separarse los bordes de pista.
- 1.4.2.19 Durante el descenso de una aeronave de una altura de 45m a 22,5m por encima de la pista (según el ángulo de pendiente de aproximación y la velocidad), el piloto se percata más de la separación de los bordes de la pista debido a que las referencias visuales parecen desplazarse rápidamente hacia fuera a partir del punto de convergencia. Esto se debe a que la velocidad del “campo visual cambiante” aumenta a una velocidad inversamente proporcional a la distancia del piloto. Es por ello que a estas alturas relativamente pequeñas el piloto se da cuenta mejor de la dirección precisa de la trayectoria de vuelo de la aeronave. Se percata del punto de desplazamiento nulo y, si es necesario realiza los ajustes pertinentes de la trayectoria de vuelo para poder realizar un aterrizaje seguro dentro de los límites de la zona de toma de contacto de la pista.
- 1.4.2.20 Enderezamiento y aterrizaje. El enderezamiento de la aeronave es una maniobra durante la cual el piloto o el piloto automático hacen que la trayectoria de vuelo de la aeronave pase de la aproximación final a una trayectoria apreciablemente paralela a la superficie de la pista antes de aterrizar. El enderezamiento debe iniciarse a una buena distancia del umbral en el caso de una aeronave de gran porte y por encima del umbral en caso de aeronaves pequeñas.
- 1.4.2.21 Las ayudas visuales utilizadas para el enderezamiento y aterrizaje son aquellas que señalan el umbral, delimitan los bordes del pavimento reforzado e indican el eje de la pista. De día, los bordes de pistas se perciben normalmente con el contraste que ofrece el pavimento de las pistas con el terreno circundante, mientras que de noche es necesario disponer de luces de borde de pista. Las señales de umbral de pista y de eje se usan tanto de día como de noche, independientemente que en Cuba no se utilizan luces de eje de pista. Las ayudas visuales proporcionan guía de alineación. La textura de la superficie del pavimento depara el medio principal para determinar la altura tanto de día como de noche (utilizándose los faros de aterrizaje de las aeronaves durante la noche). La iluminación de la pista induce al piloto a sobrestimar la altura debido a que la mezcla de las luces le dan la impresión de configuración lineal y a que las luces más próximas se transforman en fuentes lineales que se suceden rápidamente habida cuenta de las elevadas velocidades que intervienen.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.4.2.22 Guía para el recorrido en el suelo. El recorrido en el suelo comienza inmediatamente después de que las ruedas del tren principal hacen contacto con la superficie de la pista. Las señales de eje de pista proporcionan la principal guía visual para la alineación durante el recorrido en el suelo. La iluminación de borde de pista se utiliza durante la noche o en días en que la visibilidad sea deficiente lo que complementa las señales de eje de pista, particularmente cuando no hay iluminación de eje de pista.
- 1.4.2.23 Las señales de zona de tomas de contacto cuando se han provisto para el aterrizaje en dirección opuesta, también son de utilidad para juzgar la posición dentro de los 900m finales del recorrido del suelo. Las señales de distancia fija indican la posición de 300m del extremo de la pista. Las luces de extremo de pista señalan el límite de pista de la longitud disponible para el recorrido en el suelo.

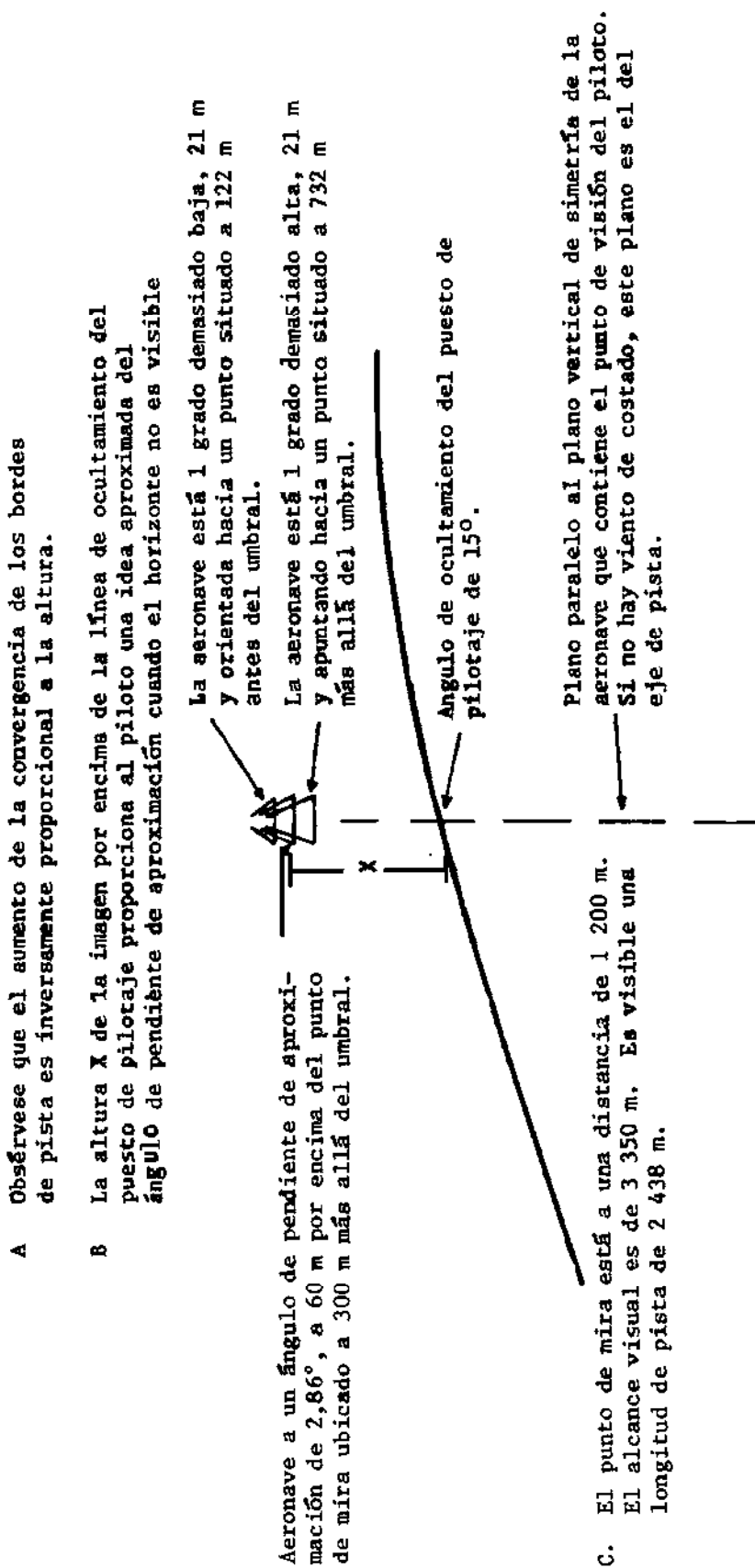


Figura 1-5.- Errores de altura y de orientación aparentes cuando sólo es visible la pista y el horizonte está oculto

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.4.2.24 Guía par la salida de pista. A medida que el piloto desacelera su aeronave hasta la velocidad de salida, es importante que salga cuanto antes de la pista, especialmente en aeropuertos de mucho tránsito. Cuando se dispone calles de rodaje de salida rápida, es posible salir pronto de la pista. Es preciso indicar con antelación a los pilotos el punto de salida, puesto que, si no se les proporciona esta información, se verían obligados a seguir rodando por la pista buscando una salida que, a veces, sería demasiado tarde para utilizarla.
- 1.4.2.25 Generalmente, la guía para rodaje hacia el edificio terminal o hacia la pista para el despegue no plantea problemas importantes para el piloto que está familiarizado con el aeropuerto y opera en condiciones VMC. Los pilotos de aeronaves de gran porte deben proceder con prudencia en las intersecciones de las calles de rodaje, particularmente durante la noche. Los problemas se refieren a lo inadecuado de:
- a) La información sobre la ubicación y destino;
  - b) La limpieza de suciedades e impurezas en los lugares donde están instaladas las luces de calle de rodaje;
  - c) El control del tránsito en la superficie, particularmente en las intersecciones con pistas; y
  - d) La indicación de la ruta a seguir en zonas de grandes plataformas.
- 1.4.2.26 Guía para el despegue. Desde el punto de vista de la guía visual, la fase del despegue no constituye ningún problema. El piloto sigue la calle de rodaje para dirigirse al punto de despegue y se sirve de las luces de borde de pista y la señal de eje de pista durante la noche para centrar su aeronave en la pista. La guía de alineación es proporcionada por las señales de eje de pista. Las luces amarillas o ámbar de los 600m finales de la pista y las luces de extremo de pista son de primordial importancia cuando un piloto interrumpe su recorrido de despegue durante la noche.
- 1.4.3 Ayudas visuales para condiciones meteorológicas de vuelo por instrumento (VMC).
- 1.4.3.1 En 1.4.2 se examinó el vuelo en condiciones VMC y se analizó la trayectoria de las ayudas visuales terrestres para ayudar a los pilotos. Estos mismos análisis son aplicables a esta sección, cuando la ejecución de una aproximación por instrumentos un piloto pasa al vuelo visual y concluye la aproximación, enderezamiento y aterrizaje, sirviéndose únicamente de las referencias visuales exteriores.
- 1.4.3.2 Sólo a los pilotos experimentados se les permite volar en IMC, habilitados para volar por instrumentos. Sin embargo, las aproximaciones, aterrizajes y despegues realizados en IMC, particularmente cuando la visibilidad es inferior a 800m, se exigen el uso de ayudas visuales mas complejas y eficaces que las que se utilizan en VMC.
- 1.4.3.3 Localización del aeropuerto. En condiciones IMC la localización del aeropuerto va ligada primordialmente a la utilización de ayudas no visuales. Cuando se establecen procedimientos para las aproximaciones que no son de precisión, que exigen volar por "contacto" una distancia de varios kilómetros, siguiendo un rumbo especificado desde la vertical del punto de referencia de la ayuda no visual en la aproximación final hasta el aeropuerto, las ayudas visuales terrestres ayudan a localizar los aeropuertos, particularmente durante la noche. Las luces de aproximación, de borde

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

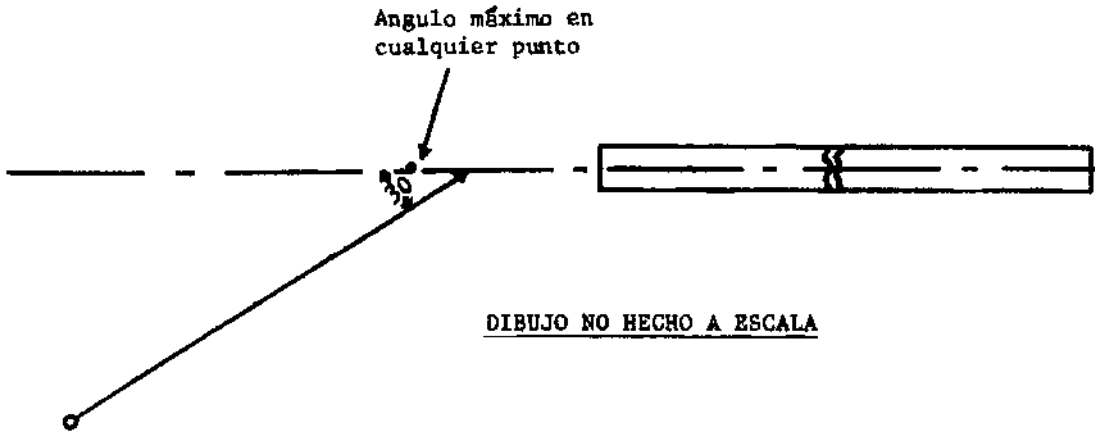
de pista y de guía para el vuelo en circuito así como el faro del aeropuerto, se utilizan según el tipo de operación que se realice.

- 1.4.3.4 Identificación del aeropuerto. La identificación del aeropuerto es sólo un problema cuando se utiliza una ayuda visual que no es de precisión. El piloto se encarga de la identificación del aeropuerto cuando percibe los alrededores de una pista en el momento apropiado que se ha calculado, a partir del punto de posición de la aproximación final. Cuando el aeropuerto se encuentra en la proximidad inmediata de otro, es muy posible que los pilotos que utilicen las ayudas de aproximación por instrumento que no son de precisión, aterricen en el aeropuerto que no corresponde si las pistas están orientadas aproximadamente en la misma dirección. En estas condiciones, un faro de identificación, resulta de una importancia vital.
- 1.4.3.5 Información de aterrizaje. Con el objeto de evitar las pérdidas de tiempo y las aproximaciones frustradas innecesarias, es esencial que los pilotos tengan toda la información para el aterrizaje pertinente (base de nubes y visibilidad, dirección y velocidad del viento, pistas en uso, etc.) antes de iniciar un procedimiento de aproximación por instrumento. Las ayudas visuales que proporcionan información para el aterrizaje en condiciones VMC no son de utilidad en condiciones IMC.
- 1.4.3.6 Pista para aproximación por instrumentos. Un procedimiento de aproximación directa que no sea de precisión, no debería exigir un cambio de rumbo en la aproximación final hacia la pista de aterrizaje que exceda  $30^\circ$  (figura 1 – 6). Para la aproximación final, los procedimientos de aproximación por instrumentos autorizan, normalmente, maniobras de vuelos en circuitos hacia otras pistas, además de la pista (si la hubiere) que esté dentro de los  $30^\circ$  de la trayectoria de aproximación final. La tarea del piloto resulta menos complicada, y por ende más segura, cuando la trayectoria de aproximación final está alineada con la pista de aterrizaje. Puede considerarse que el grado de dificultad es directamente proporcional a la magnitud del cambio de rumbo necesario para alinear la trayectoria de aproximación final con la pista.
- 1.4.3.7 Los procedimientos de aproximación por instrumento permiten a la aeronave descender hasta la altitud mínima establecida para el procedimiento antes de que la trayectoria de vuelo corte la prolongación del eje de la pista (figura 1-6). Cuando lo hay, el sistema de iluminación de aproximación (ALS), proporcione guía en azimut. En caso de que se haya instalado un ALS, deben aplicarse límites mínimos superiores a la visibilidad a fin de que el piloto disponga de tiempo para cruzar la prolongación del eje de la pista basándose en el contraste de esta última con el terreno circundante, o en luces de borde de pista, para la guía visual.
- 1.4.3.8 Guía para el vuelo en circuito. El vuelo en circuito para aterrizar después de una aproximación por instrumentos, cuando las condiciones meteorológicas son mínimas o casi mínimas para el procedimiento establecido, es una tarea de pilotaje que requiere pericia considerable. El piloto debe establecer referencia visual con la pista mientras vuela con su aeronave a una altura solamente de 90m sobre los obstáculos. Las referencias visuales son análogas a las requeridas para las condiciones VMC, previstas en 1.4.2.6 y 7, sin embargo, el piloto hace un mayor uso de los instrumentos para ayudarlo a mantener la alineación y la altura. La dimensión aparente de objetos conocidos, el movimiento aparente de los objetos, la imposibilidad de ver un objeto oculto por otro y las características topográficas son puntos de referencias importantes para juzgar la relación altura/distancia durante el día.

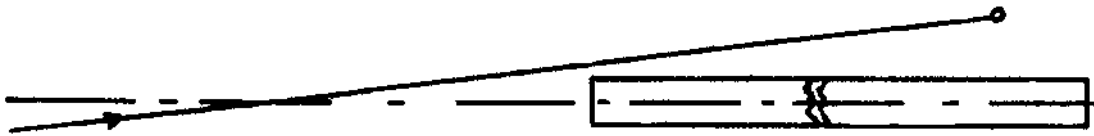
MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.4.3.9 Aproximación final, enderezamiento y aterrizaje. A medida que la aeronave se alinea con la pista, después de una aproximación directa o en circuito, las ayudas visuales terrestres se usan, salvo en contados casos, siguiendo métodos bastante parecidos a los descritos anteriormente para las operaciones en condiciones VMC. Dado que el horizonte no es visible, el ángulo de pendiente de aproximación (cuando no se dispone de indicadores visuales de pendiente de aproximación) se obtiene por la altura del punto de mira en la pista por encima del borde inferior del parabrisas.
- 1.4.3.10 Los sistemas visuales de pendiente de aproximación constituyen ayudas visuales de gran importancia por cuanto muchas referencias visuales quedan ocultas en condiciones meteorológicas desfavorables. En muchos lugares, al realizar aproximaciones sin disponer de sistemas visuales de pendiente de aproximación, los pilotos tropiezan con grandes dificultades, especialmente cuando las aproximaciones se realizan sobre superficies de agua o sobre terrenos sin características distintivas.
- 1.4.3.11 Pistas de aproximación de precisión. Para todas las categorías de aproximación de precisión se utiliza el mismo tipo de ayuda terrestre no visual (ILS), lo que implica que tanto el equipo de abordó como el de tierra debe ser muy preciso para satisfacer los requisitos de homologación relativo a las operaciones en condiciones de visibilidad reducida. Esta mayor precisión se refleja en la envolvente de trayectoria de vuelo que se describen en la figura 5- 8 del Anexo 14.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA



A. Trayectoria típica de aproximación final, instalaciones fuera del aeropuerto.



B. Trayectoria típica de aproximación, instalaciones en el aeropuerto.

Nota: En los dos casos A y B anteriores, el punto deseado para la intersección con la prolongación del eje de la pista está a 900 m del umbral de pista.

Figura 1-6.- Ejemplos de aterrizajes directos sirviéndose de ayudas utilizadas para hacer aterrizajes que no son de precisión

- 1.4.3.12 La mayor preocupación del piloto que opera en las categorías de visibilidad reducida es que, a medida que la aproximación por instrumentos prosigue hasta las mínimas inferiores de visibilidad y por consiguiente el piloto sigue el vuelo por instrumentos hasta un punto situado más cerca del umbral, la fase de vuelo por instrumentos se prolonga y la visual se acorta. Por ejemplo, la altura de decisión normal mínima (DH) es de 60m para las operaciones Categoría I, de 30 para la II y no se aplica ninguna altura para la III A y B, y para la III C, se realizan sin recurrir a las ayudas visuales. De las condiciones locales den un aeropuerto, depende la altura de decisión.



MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.4.3.13 A medida que transcurre la etapa de vuelo por instrumentos, el piloto trata de saber su posición en el sentido lateral, vertical y longitudinal así como el valor probable de su ángulo de deriva cuando logra establecer contacto con el sistema de iluminación. Cuando el piloto ve las luces de aproximación, debe verificar rápidamente facilitadas por su guía electrónica y decidir si debe continuar la aproximación por debajo de la altura de decisión, si procede hacerla.
- 1.4.3.14 Aproximación final – guía en azimut. En el momento en que el piloto un tramo corto del eje del sistema de luces de aproximación (ALS), puede verificar rápidamente si se desplaza con respecto al eje. Si el sistema cuenta con barretas laterales dentro de los 300m interiores del sistema, los pilotos obtienen información adicional relativa a la magnitud del desplazamiento. Se requiere unos tres segundos para establecer la trayectoria de vuelo con respecto al eje (variable b, 1.4.2.11). Si la aeronave está alineada, los elementos que forman el eje del sistema de luces de aproximación aparecen simétricos. Si no hay alineación, los elementos del eje del sistema de luces de aproximación tienen apariencia oblicua, y el piloto debe decidir si la nave vuela hacia el eje, paralelamente al mismo o se aparta de él. Cualquiera de los dos últimos casos, la magnitud de la corrección que puede realizarse con seguridad depende no solo de la velocidad de aproximación y de la distancia con respecto al umbral, sino también de la maniobrabilidad de la aeronave y de la longitud disponible de pista para el aterrizaje. La decisión vital basada en muchos parámetros ha de tomarse en el transcurso de pocos segundos.
- 1.4.3.15 Las barretas laterales son especialmente útiles en condiciones de visibilidad reducida. Ellas permiten tomar decisiones más rápidas debido a que están alineadas con las barretas de la zona de toma de contacto, y por ello constituyen un punto de posición positivo con relación a la zona en la pista dentro de la cual debería aterrizar la aeronave. Esta zona interior del sistema de luces de aproximación, proporciona referencias excelentes para juzgar la actitud de balanceo de la aeronave, referencias que son esenciales para mantener la alineación con la pista. Cuando la aeronave llega a la altura de decisión Categoría I, 30m, la pista se encuentra entonces a menos de 5 segundos de vuelo, y, por lo tanto, la decisión de proseguir la aproximación depende, en gran medida, en el hecho de que si la trayectoria de vuelo se situará entre las barretas laterales.
- 1.4.3.16 Aproximación final – información sobre la altura. En el caso de que no se haya instalado ningún sistema indicador visual de la pendiente de aproximación, que se encuentre de baja o sea imperceptible debido a visibilidad reducida, es preciso que se puede percibir un punto de mira para fines de guía de pendiente de aproximación sirviéndose de ayudas visuales. Por lo tanto, es evidente que las operaciones en condiciones de Cat. II de visibilidad reducida e inferiores se realizan sin beneficiarios de la guía de pendiente de aproximación. (Véase la Figura 1- 3). Cuando una aeronave desciende por debajo de la trayectoria de planeo a alturas menos de 15m por encima del sistema de luces de aproximación, los componentes transversales definen una configuración lineal cuando la percepción de la altura es buena, en condiciones en que la visibilidad permita al piloto ver y seguir viendo un segmento visible equivalente a unos tres segundos de tiempo de vuelo. Este procedimiento no es apropiado ni recomendable debido a la posibilidad de encontrar una zona de niebla densa que pueda ocasionar la desaparición o acortamiento del segmento visual. En este caso, el piloto puede tener la impresión de que su aeronave pueda tener tendencia a encabritarse y su reacción normal sería iniciar el descenso a un ángulo que podría hacerlo aterrizar antes de llegar al umbral de la pista (figura 1- 7).

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

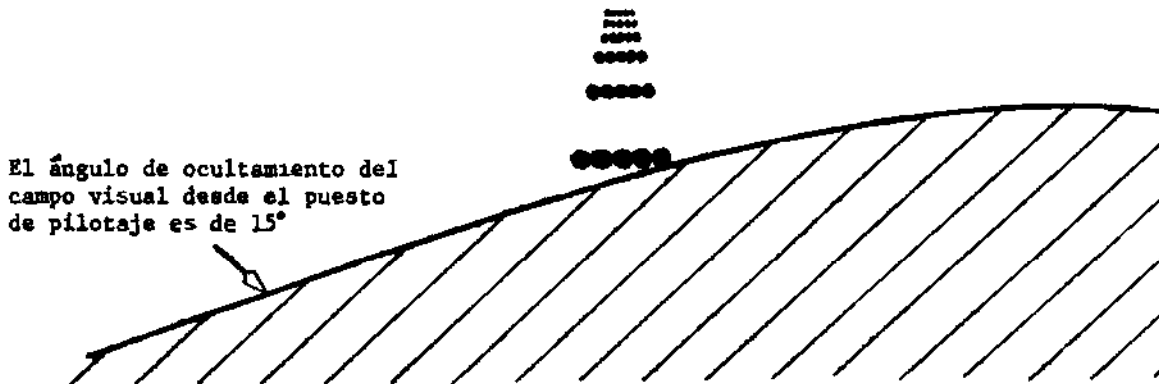


Figura 1-7.- Un segmento de ayudas visuales en tierra de 150 m tal como lo ve un piloto que vuela a una altura de 15 m por encima del sistema de luces de aproximación

- 1.4.3.17 Enderezamiento y aterrizaje. Antes del perfeccionamiento de la iluminación de eje de pista y de zona de toma de contacto, y en los aeródromos donde no existe, los pilotos se enfrentaban y se enfrentan con una tarea extremadamente difícil al operar en condiciones de visibilidad equivalente a las condiciones meteorológicas actuales de Cat. II e inferiores. El problema es más agudo de noche, donde esta condición se denomina "agujero negro". Las luces de las aeronaves son insuficientes, ya que no iluminan nítidamente la superficie de la pista, por causa de la niebla y otros factores adversos, lo que deteriora más aún el medio ambiente visual el perfeccionamiento y uso de la iluminación de eje de pista y zona de toma de contacto en muchos aeropuertos del mundo, proporciona los pilotos guía en azimuth e información sobre la altura, que es la solución del problema del "agujero negro". Los componentes transversales de las luces de zona de toma de contacto facilitan guía para el recorrido en tierra, lo que permite mantener a la aeronave alineada con la pista. Estas luces indican también los límites laterales (izquierdo y derecho) y longitudinales de la zona de toma de contacto, particularmente para las aeronaves de gran porte.
- 1.4.3.18 Durante el día, las señales de pista dentro de la zona de toma de contacto proporcionan guía en azimuth e información sobre la altura para operaciones de Cat. I. Las señales también son ayudas visuales importantes para las operaciones Cat. II y III, especialmente de día cuando los niveles de luminosidad de fondo son elevados.
- 1.4.3.19 Al aproximarse a la pista, las distintas luces de eje de pista y toma de contacto se ven como fuentes puntuales, pero durante el enderezamiento a baja altura, las fuentes puntuales más próximas se transforman en fuentes lineales (efecto lineal). La distancia por delante de la aeronave a las fuentes puntuales se convierte en fuentes lineales varía según la velocidad de la aeronave y la altura del puesto de pilotaje. El efecto lineal se debe a la elevada velocidad angular de desplazamiento de las luces en la retina del ojo, es decir, que no pueden observarse por los movimientos de seguimiento del ojo. Ello puede originar que se refuerce la impresión de altura experimentada por el piloto o cualquier cambio en azimuth que pueda producirse. De este modo, puede verse que cuando los pilotos de muchas

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

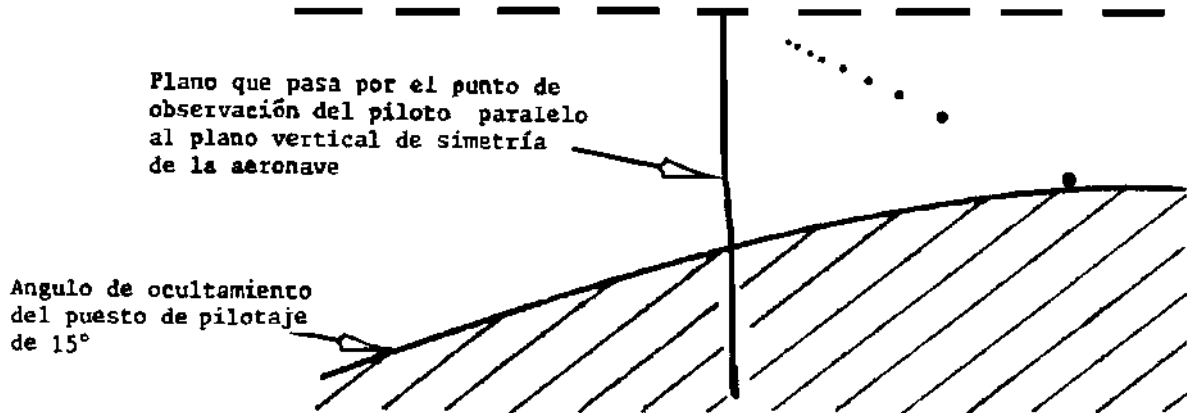
aeronaves con velocidades de aterrizajes muy elevadas y escasa altura del puesto de pilotaje, aterrizan en condiciones Cat. III B, verán mayormente trazos de luz durante la noche, puesto que la fuente puntual de casi todas las luces estará oculta por la niebla, lluvia u otro elemento adverso. El efecto lineal no es tan evidente durante el día.

- 1.4.3.20 Guía de recorrido en el suelo. A medida que disminuye el RVR, el piloto tiene que depender cada vez más de la iluminación del eje de pista en condiciones Cat. III. Las señales de pista son eficaces para guiar la aeronave en tierra con alcances visuales muy reducidos, especialmente cuando el piloto está por encima de las señales. El desplazamiento máximo suele ser de unos 9m a la izquierda o a la derecha, pero un desplazamiento de este orden reduce apreciablemente la guía en azimut en condiciones de visibilidad más reducida.
- 1.4.3.21 Guía de salida de pista. La ubicación de la salida de pista puede ser un importante problema cuando se opera con un RVR inferior a los 400m. La experiencia ha demostrado que la salida de pista puede ser lenta, aún en condiciones VMC, a menos que se provean luces que se prolonguen hasta el eje de la pista. Las luces de gran intensidad, el efecto halo en torno a las luces, los niveles de luminosidad ambiental elevados en condiciones meteorológicas adversas, las gotas de lluvia en el parabrisas, son efectos que, combinados con la fatiga del piloto después del aterrizaje, imponen la necesidad operacional absoluta de contar con buena iluminación de salida para las operaciones en condiciones de visibilidad.
- 1.4.3.22 Información sobre distancia. La iluminación de aproximación y de pista proporciona en varias etapas información sobre distancia a lo largo de la longitud total de los sistemas combinados. Estas etapas se indican en la tabla 1- 1. La disponibilidad de ayudas visuales terrestres, para mantener informados a los pilotos de su posición en condiciones de visibilidad reducida, es una característica importante de la seguridad del sistema.
- 1.4.3.23 Guía para el rodaje. Aunque el rodaje en condiciones VMC no suele presentar ningún problema importante, el rodaje en condiciones IMC (particularmente durante la noche) se hace progresivamente más difícil a medida que disminuye la visibilidad, y esto es así incluso para los pilotos perfectamente familiarizados con el aeropuerto. Los pilotos de aeronaves con fuselaje largo necesitan señales para informarle de que la cola de la aeronave se encuentra fuera de la pista y de las calles de rodaje cuando las intersecciones están próximas. Los pilotos necesitan que se les avise con antelación cuando se aproxima a una curva a menos que el rodaje se efectúe a muy poca velocidad. Al entrar en la plataforma, la delimitación de las calles de rodaje sobre la plataforma es tan importante como las de las calles de rodaje convencionales. Al salir de la plataforma en condiciones de visibilidad reducida, la localización e identificación de la calle de rodaje que ha de utilizarse ha de constituir una tarea ardua.
- 1.4.3.24 La iluminación de calle de rodaje, incluyendo la plataforma, que se enciende para indicar la ruta a seguir, proporciona la solución ideal en lo que se refiere a ayudas visuales. Si no se cuenta con un sistema de conmutación, los paneles de señalización bien diseñados y eficaces son una ayuda visual de gran utilidad para el piloto en condiciones de visibilidad reducida.

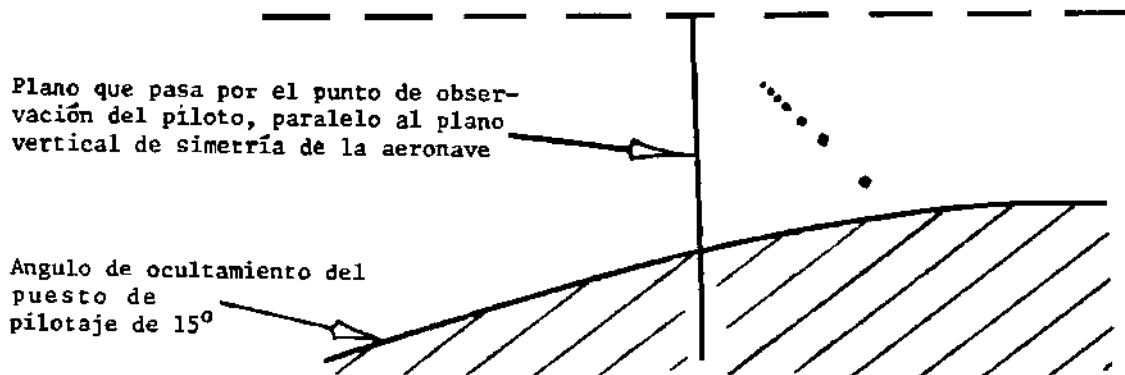
MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 1.4.3.25 Guía de ataque/estacionamiento. En las condiciones de visibilidad inferior, se necesita la guía de eje hacia el punto de ataque para evitar considerables cambios de rumbo cuando aparecen las señales de ataque. Las señales de ataque que proporcionen guía de izquierda a derecha, una indicación de la velocidad de acercamiento y una orden de parada respecto a la posición del piloto que no proporcione movimiento alguno de cabeza ni ayuda de un parqueador, definen el sistema de ataque ideal. En los casos en que no intervenga el ataque, se requieren señales visuales para ayudar a los pilotos a estacionar dentro de zonas abiertas de la plataforma, con o sin ayuda del parqueador, con el objetivo de evitar los demás objetos en la zona de estacionamiento. La iluminación general de la plataforma debe iluminar las instrucciones relativas al estacionamiento, y los objetos que puedan constituir obstáculo para el movimiento de las aeronaves.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA



- A. Vista en perspectiva del eje de pista desplazado 9 m hacia la izquierda, siendo la altura del ojo 4,5 m y el RVR 150 m.



- B. Vista en perspectiva del eje de pista desplazado 9 m hacia la izquierda, siendo la altura del ojo 9 m y el RVR 150 m.

Figura 1-8.- Vista en perspectiva del eje de pista desde diferentes alturas del ojo.

- 1.4.3.26 Guía de despegue. La guía de despegue se suministra mediante iluminación y señales de eje de pista. Una vez que la aeronave se encuentra encima del sistema, la guía de alineación es excelente, y las operaciones pueden realizarse sin peligro con alcances visuales bastante cortos. El eje en clave de los últimos 900m de la pista es de gran utilidad en el caso de un despegue interrumpido, ya que las referencias permiten al piloto decidir si puede recurrir a los procedimientos de frenado de emergencia para detener su aeronave en la longitud restante de la pista.

TABLA 1- 1  
CLAVE DE DISTANCIA PARA LAS CATEGORIAS II Y III

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

Sistema	Componente	Color	Configuración	Importancia operacional
Sistema de iluminación de aproximación con eje de clave indicador de distancia	600m exteriores	Blanco	Configuración existente en tres fuentes luminosas en el sector más alejado y dos fuentes luminosas en el sector interior	Posición de la aeronave por encima de la altura de decisión (Cat.II)
Sistema de iluminación de aproximación con eje de barretas	600m exteriores	Blanco	Eje consistente en cinco barretas luminosas con luz de descarga de condensador en cada estación.	Posición de la aeronave por encima de la altura de decisión (Cat.II)
Sistema de iluminación de aproximación – ambos tipos	300m 30m	Blanco Blanco Rojo  Blanco	Barra transversal en el punto de 300m.  Eje de barretas. Filas laterales alineadas con las luces de zonas de toma de contacto (En Cuba no existe).  Barra lateral en el punto de 150m.	Una señal potente en la altura de decisión cerca de ella (Cat. II). Alineación de eje Indica los límites de desviación lateral para el aterrizaje – si el piloto está fuera de la zona de la señal, debería interrumpir la aproximación a menos que se dirija hacia el eje para alinearse con él. Previsión del enderezamiento en el caso de algunas aeronaves de gran porte – proximidad del umbral. (Todo el sector marca la zona anterior al umbral pero los componentes individuales ayudan al piloto de diferentes maneras)
Umbral de la pista	Una fila transversal	verde	Una fila transversal que puede interrumpirse en la parte central	Comienza en la superficie de aterrizaje
Eje y zona de toma de contacto en Cuba no existen	Primeros 900m de la pista	Blanco Blanco	Eje de la pista Barretas de zona de toma de contacto – unos 9m a cada lado del eje	Alineación con el eje Límites de desviación lateral. (La totalidad del sector define una zona segura para el aterrizaje)
Eje (En Cuba no existen)	Parte central de la pista	Blanco	Define la parte central de la pista	Zona para la aceleración.
Eje (En Cuba no existen)	Ultimos 900m de la pista	Rojo y blanco alternados Rojo	Luces rojas/blancas alternas ubicadas en los primeros 600m del sector  Luces exclusivamente rojas a una distancia de 300m.	Advierten al piloto la proximidad de la zona de los últimos 300m de la pista. Define la zona central de la pista

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

Extremo final de pista	Fila transversal	Rojo	Fila transversal que normalmente está interrumpida en la parte central	El extremo de pista
------------------------	------------------	------	--	---------------------

## CAPÍTULO II. – SEÑALES Y BALIZAS DE SUPERFICIE.

### 2.1 Señales en las pendientes situadas inmediatamente antes de los extremos de la pista.

- 2.1.1 En los aeropuertos donde existe una pendiente descendente pronunciada inmediatamente antes del comienzo de la pista, los pilotos pueden encontrar dificultades al calcular su altura durante el aterrizaje.
- 2.1.2 En el aeródromo de Estocolmo (Broma), hay dos de estas pendientes y la experiencia ha indicado que constituían un peligro para las aeronaves que hiciesen un aterrizaje demasiado corto. Con el fin de disminuir el efecto producido por impresiones erróneas, se han instalado balizas de límite con una configuración de zigzag, perpendicular a la prolongación del eje de la pista y a todo lo ancho de ésta.
- 2.1.3 Las balizas pueden pintarse en cuadros alternos negros y amarillos, con 1m de longitud cada cuadro. Los extremos superiores de la baliza pueden situarse inmediatamente por debajo del nivel de la pista, en el borde de la pendiente, 8Figura 2 – 1).
- 2.1.4 Se considera que con esta sencilla disposición se puede reducir considerablemente la posibilidad de equivocarse en el cálculo de la altura en las circunstancias antes mencionadas. Las balizas pueden servir también de advertencia al piloto para que se mantenga alerta con respecto a la altura a la que vuela.
- 2.1.5 En la práctica, estas balizas, han dado muy buenos resultados.



Figura 2-1.- Señales en las pendientes situadas inmediatamente antes del extremo de la pista

## 2.2 Señalización adicional de los márgenes laterales pavimentadas.

- 2.2.1 Puede proporcionarse la estabilización de los márgenes laterales de plataformas y calles de rodaje, que tienen el aspecto de pavimento o un pavimento muy frágil, y que no está previsto que las aeronaves rueden sobre ellos. Esta estabilización debe proporcionarse para evitar daños significativos ocasionados por el chorro de los reactores o por la acción del agua, así como para disponer de una superficie lisa, con cierta resistencia y libre de obstáculos.
- 2.2.2 En los tramos rectos, la estabilización puede identificarse fácilmente, poniendo las señales de faja lateral de calles de rodaje recomendadas en el Anexo 14. En las intersecciones de las calles de rodaje y en otras áreas en que, como resultado de los giros, pueda existir la posibilidad de confundir las señales de faja lateral con las de eje, o en los casos en que el piloto pueda no estar seguro respecto a qué lado de las señales de borde se encuentra la superficie pavimentada apta para soportar la carga, se colocará para que sirva de ayuda fajas transversales en la superficie no resistente a la carga.
- 2.2.3 Según se muestra en la figura 2 – 2, Las fajas transversales se colocarán perpendicular a la señalización de la faja lateral. En las curvas, se colocará una faja en cada punto de tangencia de la curva y en los puntos intermedios de la misma, de modo que el intervalo entre fajas no exceda de 15m. Si se considerase conveniente colocar fajas transversales en algunos de los tramos rectos, el intervalo no excederá 30m. El ancho de las barras transversales será de 0,9m, y su largo, no extenderse más allá de 1, 5m del borde del pavimento estabilizado o tener una longitud de 7,5m, eligiendo la más corta de estas dos dimensiones. Las fajas transversales serán del mismo color de las laterales: amarillas.



MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

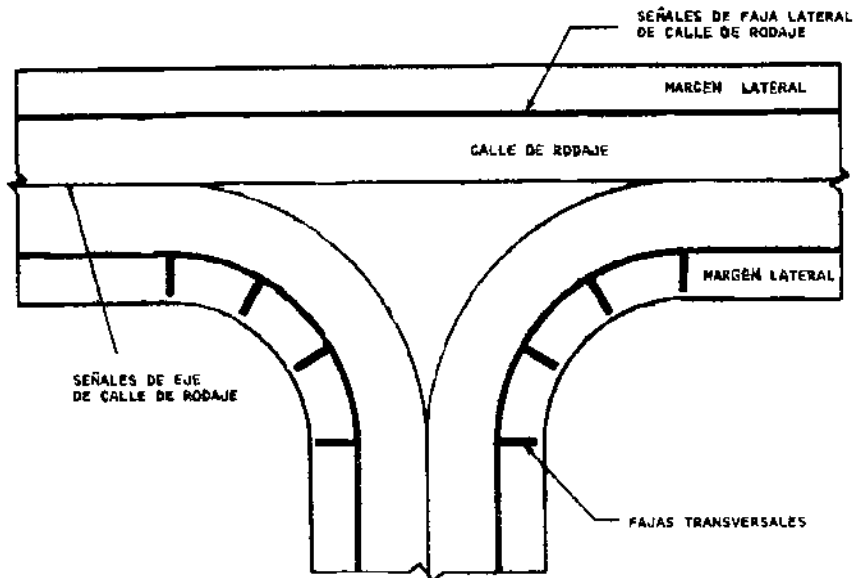


Figura 2-2.- Señalización de los márgenes laterales  
pavimentados de calle de rodaje

\* Las especificaciones internacionales relativas a la señalización de los márgenes laterales pavimentados aparecen en el Anexo 14, Capítulo 7.

## 2.3 Señales de plataforma.

### 2.3.1 Objeto de la guía de los puestos de estacionamiento.

- 2.3.1.1 Los objetivos principales que se persiguen con la guía de los puestos de estacionamiento son:
- a) Maniobrar la aeronave en condiciones de seguridad en el puesto de estacionamiento.
  - b) Situar la aeronave en la posición correcta.

En el pasado, estos objetivos se lograban principalmente mediante señales en la plataforma. Actualmente se utilizan varias ayudas de iluminación en los aeropuertos de tránsito intenso, para cumplimentar las ayudas previstas en la plataforma durante la noche y en condiciones de visibilidad reducida o nula.

- 2.3.1.2 Maniobra de las aeronaves en condiciones de seguridad. Los puestos de estacionamiento de las aeronaves suelen estar dispuestos relativamente próximos entre sí, con el fin de reducir al mínimo la superficie pavimentada, así como la distancia que los pasajeros deben recorrer a pie. Por consiguiente, es preciso controlar con precisión la maniobra de las aeronaves, de forma que en todo momento se mantengan los márgenes de separación necesarios respecto a

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

aeronaves adyacentes, edificios cercanos y vehículos de servicios en la plataforma. Se considerará también la necesidad de lograr que el chorro procedente de los motores de las aeronaves que maniobran no interfieran con la actividad del puesto adyacente y que las señales sean compatibles con la capacidad de viraje de todas las aeronaves que utilizan el puesto de estacionamiento. Los márgenes de separación entre aeronaves que maniobran y otras aeronaves, edificios u otros obstáculos en diversas circunstancias se dan en el **Anexo 14, capítulo 3**. Se mantendrá en control del equipo y vehículo en tierra, para asegurar que el área de maniobra de las aeronaves en el puesto de estacionamiento está despejada, cuando la aeronave esté maniobrando o cuando el equipo está desatendido, el equipo y los vehículos en tierra se mantendrán fuera de las líneas de seguridad predeterminadas.

2.3.2 Forma de seguir la línea de guía.

- 2.3.2.1 Existen dos procedimientos reconocidos para que las aeronaves sigan las líneas de guía. En uno, la proa de la aeronave (el puesto del piloto) se mantiene sobre la línea. En el otro, la rueda de proa es la que sigue la línea de guía. **El Anexo 14, en su Capítulo 3**, especifica que las curvas de las calles de rodaje se proyectarán de modo que proporcionen los márgenes de separación requeridos cuando el puesto de pilotaje de las aeronaves permanece sobre la señal de la calle de rodaje. Esto se debe esencialmente a la dificultad que tendría el piloto para asegurarse que la rueda de proa siga la línea de guía. En algunas aeronaves, la rueda de proa está desplazada hasta 5m detrás del puesto de pilotaje. Sin embargo, las necesidades en cuanto a señales en el puesto de estacionamiento, no son comparables con las de eje de calles de rodaje. Existen dos diferencias en cuanto a las maniobras de las aeronaves en los puestos de estacionamiento:
- Porque debida a la superficie reducida de maniobra se requieren radios mucho menores.
  - Se necesitan además parqueadores competentes para ayudar a maniobrar las aeronaves.

De igual modo, el **Anexo 14** especifica, en su Capítulo 5, que las señales de los puestos de estacionamiento de aeronaves hay que proyectarlas en conformidad con el principio de la rueda de proa sobre la línea de guía.

2.3.3 Tipos de señales en el puesto de estacionamiento.

- 2.3.3.1 Las señales en el puesto de estacionamiento consisten en líneas de guía para indicar la trayectoria que ha de seguir la aeronave, barras de referencia que proporcionen información suplementaria. Las líneas de guía se dividen en:
- Línea de entrada.
  - Línea de giro o viraje.
  - Línea de salida.

- 2.3.3.2 Líneas de entrada. Estas líneas proporcionan guía desde las calles de rodaje hasta los puestos de estacionamiento de aeronaves específicas. Debe exigirse a una aeronave en rodaje mantener el margen de separación que se estipula respecto a otras aeronaves que se encuentran en plataforma, lo que es tan importante como las líneas de viraje o giro para alinear el eje de la aeronave en la posición final determinada. En los puestos de estacionamiento con la proa hacia adentro, las

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

líneas de entrada señalarán el eje del puesto de estacionamiento hasta la posición de parada de la aeronave. No habrá líneas de orientación para las salidas por lo que los conductores de los remolcadores usarán las líneas de entrada durante la maniobra de retroceso.

- 2.3.3.3 En la figura 2 – 3A, se muestra una línea de entrada sencilla, que constituye el método más natural para el giro o viraje y su empleo sería el que menos se prestaría a confusiones. Sus inconvenientes reside en que no resulta adecuada para señalar un puesto en el que la aeronave deba ubicarse centralmente sobre la línea de entrada y en que necesita más espacio de plataforma que otro tipo de señal que permite lograrlo. La rueda de proa de la aeronave debe seguir la líneas. Cuando se utilizan estas líneas se seguirá atentamente que la trayectoria del centro de la aeronave se encuentre por dentro de la curva de la línea de guía. En algunos casos, la superficie de la plataforma disponible exige el uso de otro tipo de señalamiento. La figura 2 – 3B muestra la línea de entrada desplazada. Cuando la rueda de proa de la aeronave sigue dichas líneas, el centro de la aeronave no se adentra tanto en la curva sino que efectúa un giro más cerrado, como consecuencia de ello, el tamaño de los puestos de estacionamiento no tiene que ser tan grande. Si bien este tipo de señales coloca a la aeronave centralmente sobre la línea de entrada, dicha línea sólo puede resultar totalmente adecuada para un solo tipo de aeronave, o cuando la geometría de la aeronave, en cuanto a la distancia entre ruedas de todos los tipos de aeronaves que utilizan el puesto, es virtualmente idéntica. La utilización de una flecha corta a 90° con respecto a la calle de rodaje como se indica en la figura 2 – 3C se realizará cuando sea necesario que diversos tipos de aeronaves que no tienen el tren de aterrizaje de geometría semejante, pero el espacio disponible exige que la aeronave esté situada centralmente sobre la línea de entrada, utilicen el puesto de estacionamiento.

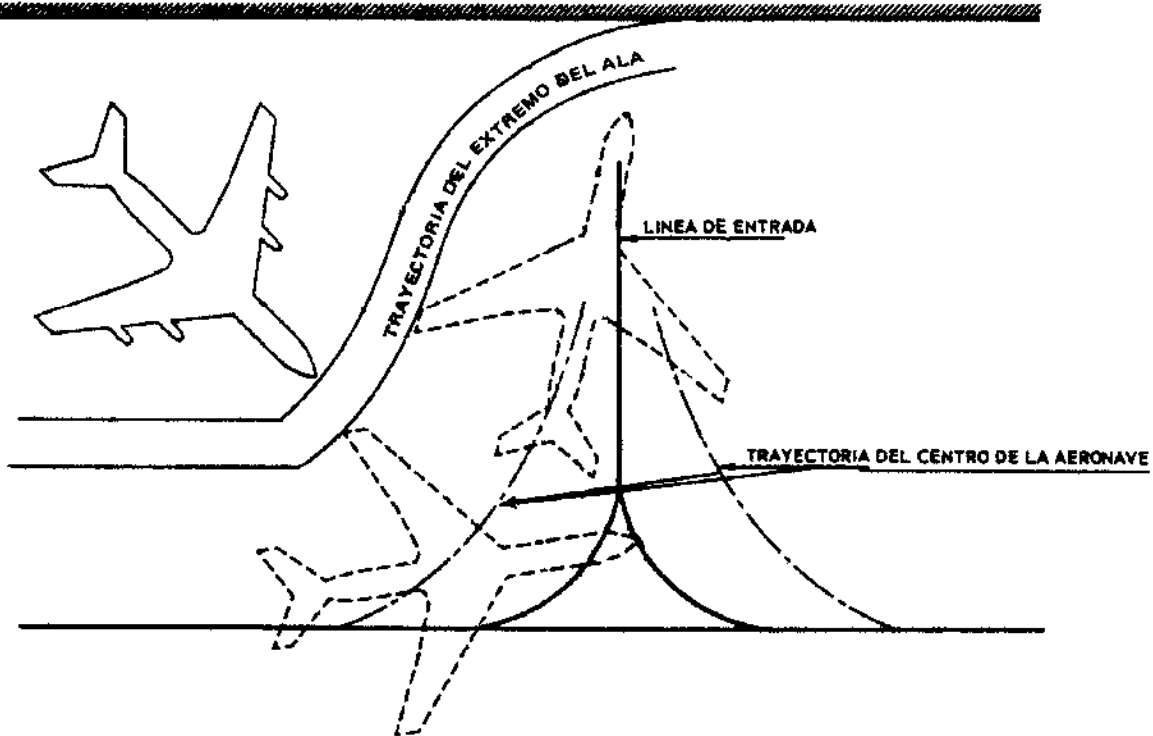


Figura 2-3A.- Línea de entrada sencilla para guía de la proa

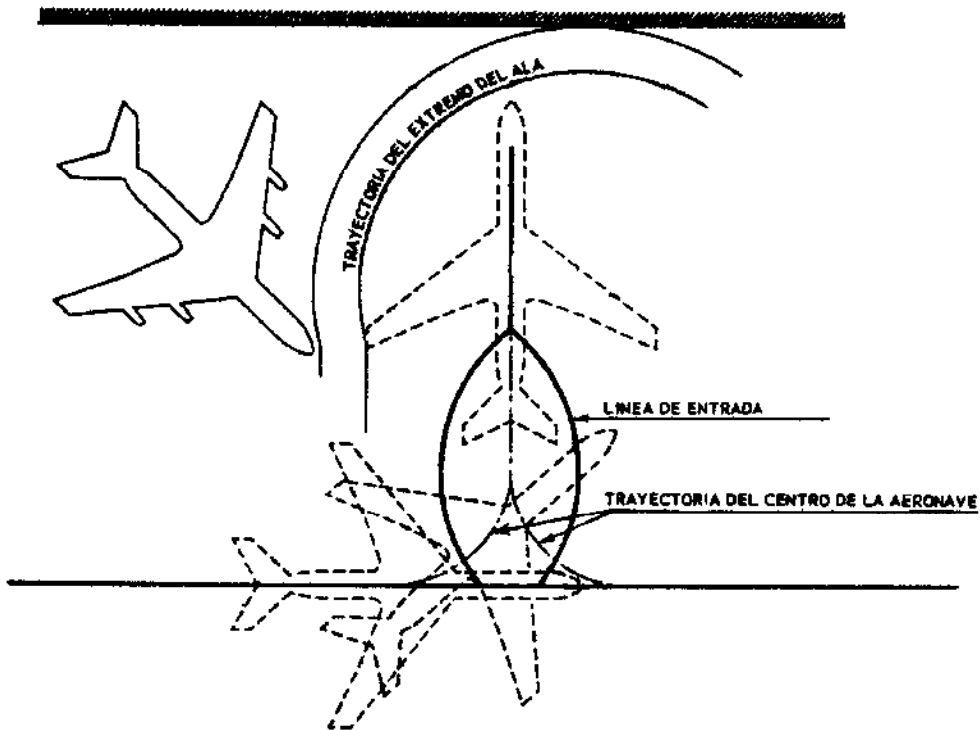
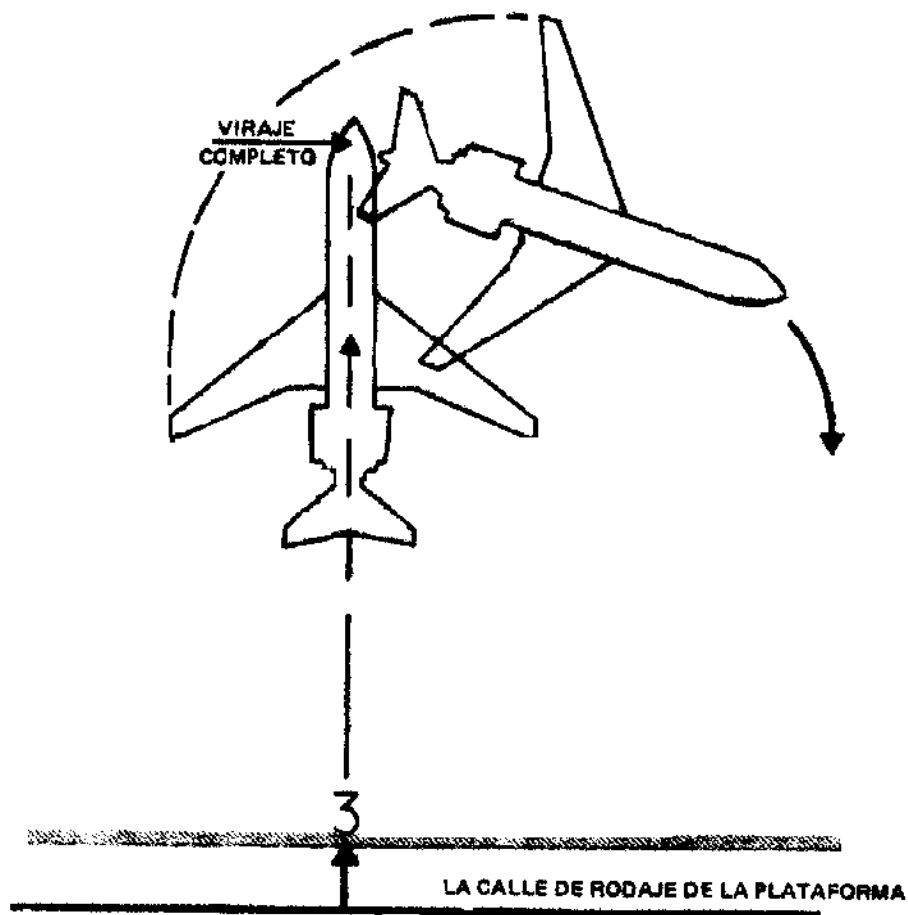


Figura 2-3B.- Línea de entrada desplazada para guía de la proa



**Figura 2-30.- Línea de entrada recta**

- 2.3.3.4 Líneas de giro o viraje. Siempre que una aeronave efectúe un giro en el puesto, antes de detenerse por completo o después de ponerse en marcha para salir de él, es necesaria una línea de giro para que la aeronave la siga. El objetivo principal de estas líneas es limitar el giro dentro de la superficie asignada, de forma que la aeronave se mantenga lejos de los obstáculos y servir de ayuda para situar a la aeronave con precisión. El primer objetivo, resulta especialmente importante cuando el margen de separación entre el puesto y las estructuras cercanas u otros puestos sea crítico.
- 2.3.3.5 La figura 2 – 4 muestra un ejemplo típico de línea de giro para la línea de proa. Esta línea podría estar muy bien complementada como las barras de referencia, como se indica en la figura 2 – 3C y se expone más adelante en 2.3.3.12.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 2.3.3.6 Tramo recto de la línea de giro o viraje. La línea de giro incluye una porción resta por lo menos de 3m de longitud en la posición final de la aeronave. con esto se obtiene un tramo de 1,5m antes de la porción final de parada, para aliviar la presión en el tren de aterrizaje y al mismo tiempo para corregir la alineación de la aeronave, y un tramo de 1,5m de longitud después de la posición de parada, para reducir a la potencia necesaria y con ello el chorro de los motores, durante de la puesta en marcha. La longitud de la recta a que antes se hace referencia se podrá reducir a 1,5m en el caso de puestos de estacionamiento previstos para aeronaves de pequeño porte.
- 2.3.3.7 La línea de salida. Proporcionan guía desde los puestos de estacionamiento hasta las calles de rodaje, a fin de asegurarse que se mantenga el margen de separación estipulado para otras aeronaves y obstáculos. Estas líneas se muestran en la figura 2 – 5. Cuando la aeronave tiene que efectuar un giro antes de abandonar el puesto de estacionamiento, con el objetivo de mantenerse separada de los obstáculos adyacentes, la línea de guía para la salida será como la que se muestra en la figura 2 – 5 a. Cuando el margen de separación respecto al puesto adyacente sea menos crítico, serán muy útiles las líneas de guía de la figura 2 – 5 b o c. Cuando los márgenes de separación sean críticos, serán muy necesaria las líneas de guía desplazadas para la rueda de proa, como las que se muestran en la figura 2 – 6.
- 2.3.3.8 Métodos para calcular los radios de las partes curvas de la línea de entrada, de giro y de salida. Ya sea que se utilice una línea para la rueda o tren de proa (tren de nariz) o solamente de entrada recta, como se muestra en la figura 2 – 3C, el radio supuesto o marcado debe encontrarse dentro de la capacidad de giro de la aeronave para la cual se ha previsto el puesto de estacionamiento. Al calcular el radio, es necesario evaluar el posible efecto del chorro de los motores, resultante de utilizar un radio tan estrecho. Es posible también que el radio mínimo aceptable de giro, varíe con los diferentes explotadores, aunque utilicen el mismo tipo de avión. Además, mientras más pequeño es el radio de giro y mayor es el ángulo de la rueda de proa mayor posibilidad existe en que le ocurra un desplazamiento del neumático. En otras palabras, si tenemos que aplicar un ángulo de  $65^{\circ}$  del tren de nariz, el radio de giro efectivo sería solo equivalente en un ángulo menor, posiblemente con una pérdida de  $5^{\circ}$ . Para determinar el radio se necesita por lo tanto, consultar los manuales expedidos por los fabricantes de las aeronaves y por los explotadores de cada tipo de avión, a fin de verificar hasta que amplitud éstos modifican la guía del fabricante por cualquier razón dada, y estudiar luego cada situación de plataforma a fin de verificar si hay necesidad de modificación adicional.

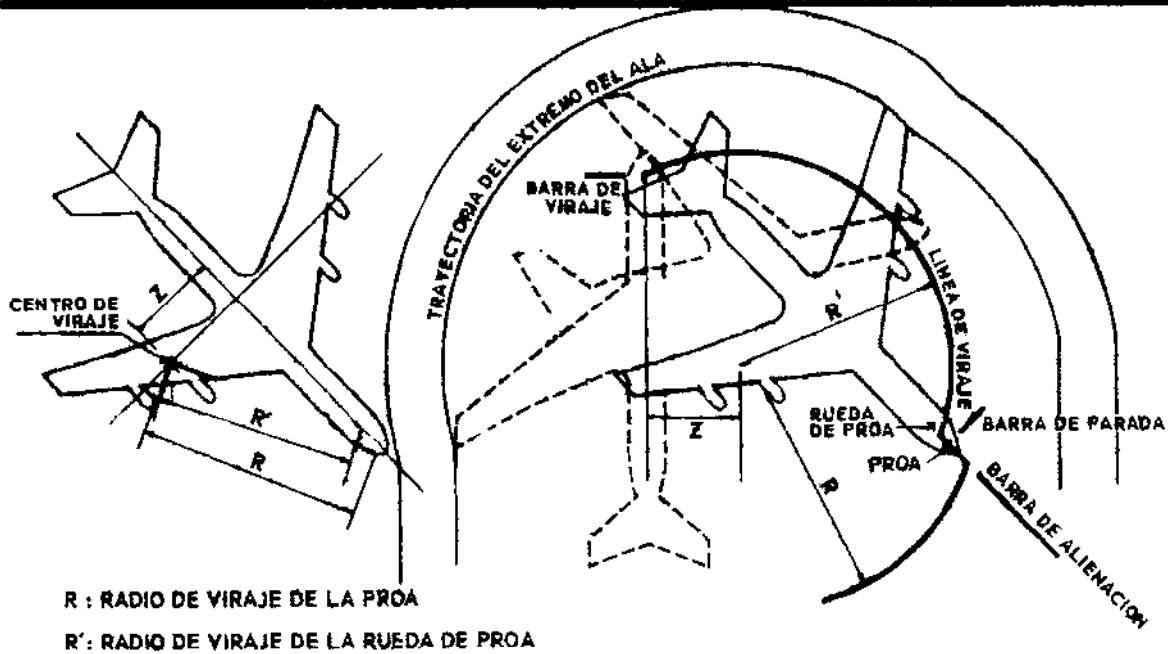


Figura 2-4.- Línea de viraje y barras de referencia

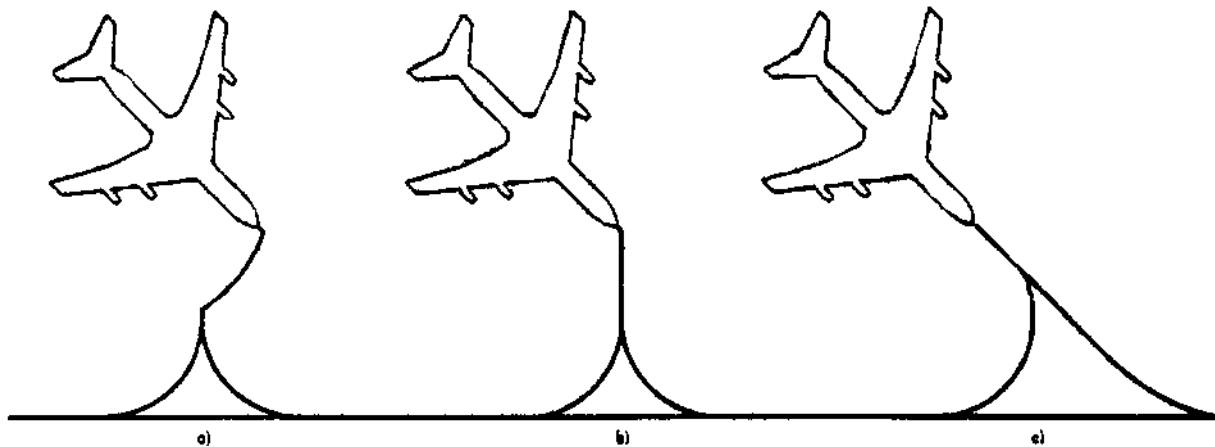
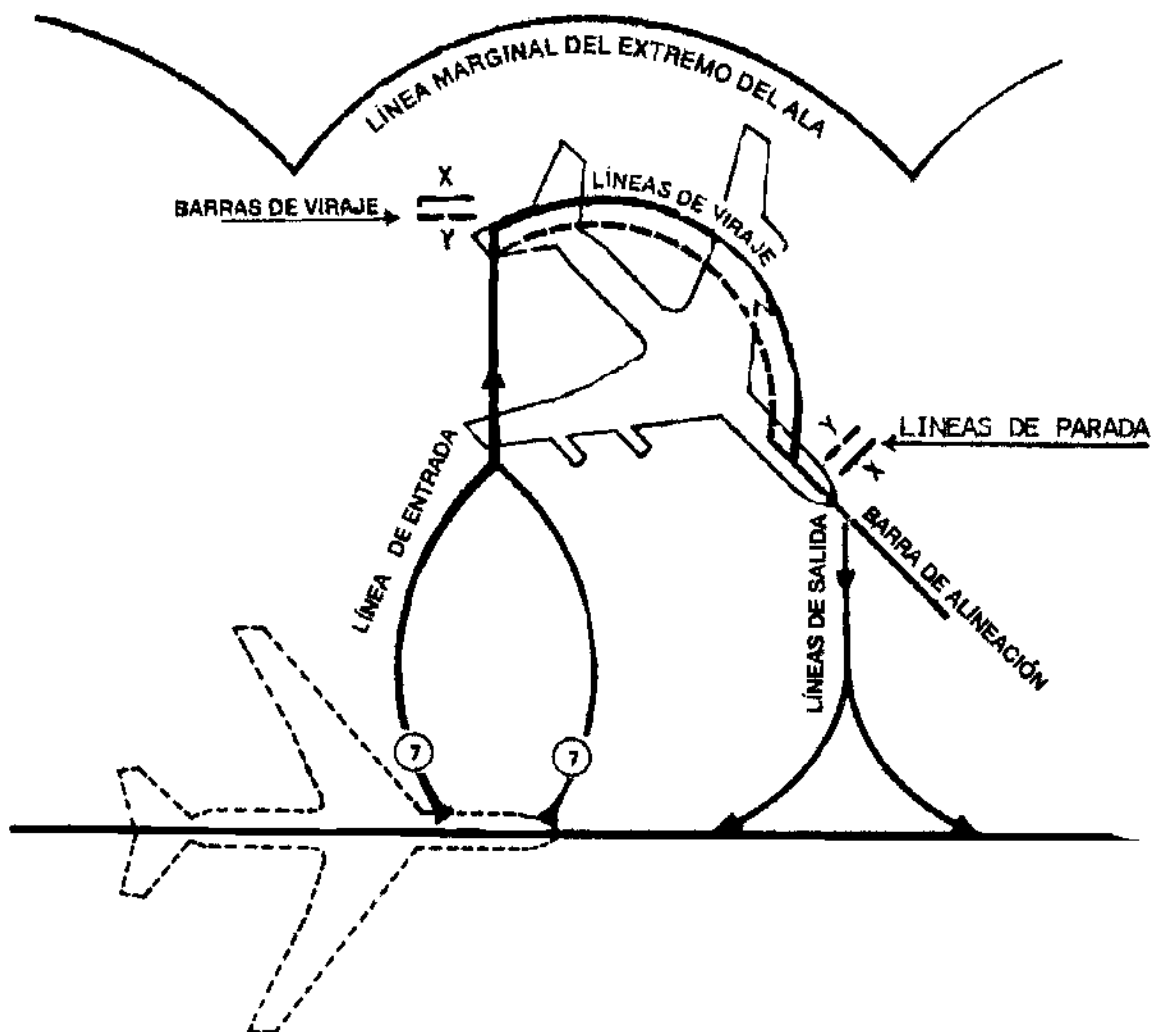


Figura 2-5.- Líneas de salida sencilla para guía de la rueda de proa

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 2.3.3.9 Duplicación de la guía. Cuando un puesto sea utilizado por distintos tipos de aeronaves y la alineación de éstas no tenga gran importancia, hay que utilizar un conjunto de señales que sirva para todos los tipos. En tal caso se utiliza el mayor radio de giro. Cualquier tipo de aeronave del grupo que se ha considerado, puede entonces maniobrar con suficiente margen, siempre que la rueda de proa siga la línea de guía. Sin embargo cuando sea necesario alinear las aeronaves con precisión en el puesto de estacionamiento, pueden resultar necesarias líneas de guía secundarias, las que son necesarias igualmente cuando el puesto de estacionamiento para una aeronave de gran tamaño, debería incluir la flexibilidad requerida para alojar más de una aeronave de pequeño porte al mismo tiempo (figura 2 – 7). Dichos puestos de estacionamiento se conocen comúnmente con el nombre de superpuestos. En todos estos casos, la línea principal debería ser para las aeronaves más críticas, es decir, aquellas que requieren mayor superficie para maniobrar.
- 2.3.3.10 Características de las líneas de guía. Las líneas de guía, son líneas de trazo continuo, amarillas, de 15 cm a 30 cm de ancho. Sin embargo cuando se suministra una línea de guía secundaria, ésta debería ser de trazos para distinguirla de la línea principal, adicionalmente se indicará claramente el tipo de aeronave que deba seguir la línea de guía.
- 2.3.3.11 Cuando sea necesario distinguir entre la línea de guía para la entrada y la de para la salida se añadirá en las mismas cabezas de flechas que señalen las direcciones que haya que seguir. Se le debe incorporar a la línea de entrada (figura 2 – 8) el número/letra de designación del puesto de estacionamiento. Adicionalmente al puesto de estacionamiento en su parte posterior se proveerá del letrero de identificación, como por ejemplo, en el edificio o en un poste, a fin de que sea claramente visible desde el puesto de pilotaje del avión.
- 2.3.3.12 Barras de referencia. Son ejemplos de barras de referencia y del papel que desempeñan, las siguientes:
- a) Barras de giro: Indica el punto del comienzo del giro.
  - b) Líneas de parada: Indica el punto donde hay que detenerse.
  - c) Barra de alineación: Sirve de ayuda para alinear la aeronave con el ángulo deseado.
- La figura 2 – 8 muestra un ejemplo del empleo de a, b y c.
- 2.3.3.13 Características de las barras de referencia. Las barras de giro o las líneas de parada tendrán una longitud de 6 m y un ancho de no menos de 15 cm, del mismo color de la línea de guía (amarillo). Su ubicación será a la izquierda y formando un ángulo recto con la línea de guía, a la altura del piloto, en el punto de comienzo del giro y en el de parada. Las barras de giro utilizadas en un Estado incluyen una flecha y los términos “GIRO COMPLETO” como en la figura 2 – 3C. las barras de alineación tendrán como mínimo una longitud de 15 m y un ancho de 15 cm, y estarán situadas de forma que resulten visibles desde el puesto del piloto.





NOTAS:

1. La cifra "7" es el número del puesto de estacionamiento de aeronave.
2. Las líneas y barras sólidas corresponden a la aeronave X, y las líneas y barras de trazos, a la aeronave Y.
3. La barra de alineación es para todo tipo de aeronave que utilice el puesto de estacionamiento.

Figura 2-8.- Ejemplos de barras de referencia

- 2.3.3.14 Agrupamiento de aeronaves para reducir la cantidad de barras de giro y de parada. En el caso de que el puesto de estacionamiento de aeronaves se ha concebido para varios tipos de aviones, será necesario agruparlos de tal modo que se reduzca el número de barras de giro y de líneas de parada. En el caso de aeronaves de maniobra autónoma, pueden agruparse los aviones que tengan capacidades de giro y aspectos simétricos similares, y es posible además incluir aviones de porte mas

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

pequeños que puedan tener desigualdades, siempre que al seguir la línea de guía no sobrepasen el perímetro de la superficie requerida por otros tipos de avión que prescriben los márgenes de separación del puesto de estacionamiento. En el caso de puestos de estacionamiento con la proa hacia adentro, no es necesario ocuparse del tamaño y capacidad de giro, pero sí de otros factores, tales como: ubicación de las salidas y el tipo de pasarela telescópica disponible para los pasajeros. Cuando se ha instalado un sistema de reabastecimiento de combustible por mangueras, deben tomarse también en cuenta los puestos de reabastecimiento. Es necesario estudiar casuísticamente la situación específica de cada aeropuerto y ajustar todo agrupamiento a las instalaciones disponibles, los diversos tipos de avión y su número, la disposición general de la plataforma, etc.

- 2.3.3.15 Sistema de codificación para las barras de giro y las líneas de parada. Cuando un puesto de estacionamiento sea utilizado por dos o tres tipos de aeronaves solamente, es posible identificar con lenguaje claro el tipo de aeronave para el cual se ha previsto cada conjunto de señales, por ejemplo, B-727, 737, DC-10, etc. Cuando se ha previsto en puesto de estacionamiento de aeronaves para varios tipos de aeronaves, hay que codificar las barras de giro y las líneas de parada a fin de simplificar las señales y facilitar maniobras seguras y rápidas de las aeronaves. El sistema de codificación tiene que permitirle los pilotos su comprensión y empleo sin dificultad.
- 2.3.3.16 Líneas de guía para el remolque de aeronaves. Siempre que las aeronaves sean remolcadas, se necesitan líneas de guía para que las siga el conductor del remolcador.
- 2.3.3.17 Líneas de seguridad de plataforma. Se emplearán las líneas de seguridad sobre la plataforma (s) para delimitar la superficie de estacionamiento de equipos terrestres, vías de servicio y caminos para pasajeros, etc. Estas líneas son más estrechas y de un color diferente (rojas) a fin de diferenciarlas de las líneas de guía que se utilizan para las aeronaves.
- 2.3.3.18 Líneas marginales de los extremos de las alas. Estas líneas delimitan la zona de seguridad más allá de la trayectoria seguida por el extremo del ala de la aeronave crítica. Esta línea estará trazada a la distancia apropiada mencionada en 2.3.1.2, por fuera del extremo normal del ala de la aeronave más crítica, siendo el ancho de la línea de 10 cm.
- 2.3.3.19 Línea de limitación de equipos. Estas líneas se utilizan para indicar los límites de las superficies previstas para el estacionamiento de equipos y vehículos de servicios de aeronaves, cuando no se encuentran en uso. Actualmente se emplean varios métodos para identificar qué lado de una línea de seguridad es más confiable para el almacenamiento de dichos vehículos y equipos. En nuestros aeropuertos debemos suministrar a un lado de la línea de seguridad líneas de aparcadero o una línea adicional (una línea discontinua del mismo color que la línea de seguridad o una línea continua de otro color para diferenciarla de la de seguridad, pero del mismo ancho). El lado donde se encuentran dichas líneas de aparcadero o línea adicional se considera seguro para el estacionamiento de vehículos y equipos.
- 2.3.3.20 Líneas indicadoras del camino recorrido por los pasajeros. Se emplean cuando los pasajeros marchan a pie por la plataforma, y tienen por objeto mantenerlos alejados

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

de los peligros. Para este propósito se utiliza normalmente un par de líneas paralelas con rayado de cebra entre ellas.

2.4 Balizas de borde de calles de rodaje.

2.4.1 En aeródromos pequeños, para delinear los bordes de las calles de rodaje, particularmente durante la noche, pueden utilizarse balizas en vez de luces. El Anexo 14 recomienda la utilización de esas balizas en las calles de rodaje cuando la letra de clave sea A o B y no haya luces de bordes de calle de rodaje.

2.4.2 En la sección recta de la calle de rodaje, las balizas de borde de calle de rodaje estarán espaciadas a intervalos no mayores de 60 m. En las curvas estarán a intervalos más pequeños, de tal forma que proporcionen una indicación clara de la curva. Las balizas se colocarán lo más cerca posible dentro del borde o fuera de él a una distancia que no exceda los 3 m.

2.4.3 La única característica de estas balizas, sobre las que se ha llegado a acuerdo internacional, es que han de ser retrorreflectoras.

2.4.4 Las balizas que se utilizan son de forma cilíndrica, el color utilizado es el azul. El diseño de la baliza es tal que, una vez debidamente instalada, ninguna parte de ella excede los 35 cm por encima de la superficie de montaje.

2.4.5 Si la baliza es rígida, estará instalada en una montura frangible. Si la baliza no es rígida, entonces debe ser fácilmente inclinable cuando algo choque con ella y luego volver a su posición inicial, en este caso no se necesita montura frangible. En la figura 2 – 9 se ilustra un tipo de baliza corrientemente utilizada. El poste está fabricado con PVC flexible y su color es amarillo o rojo o combinado. La manga que es retrorreflectora, es azul.

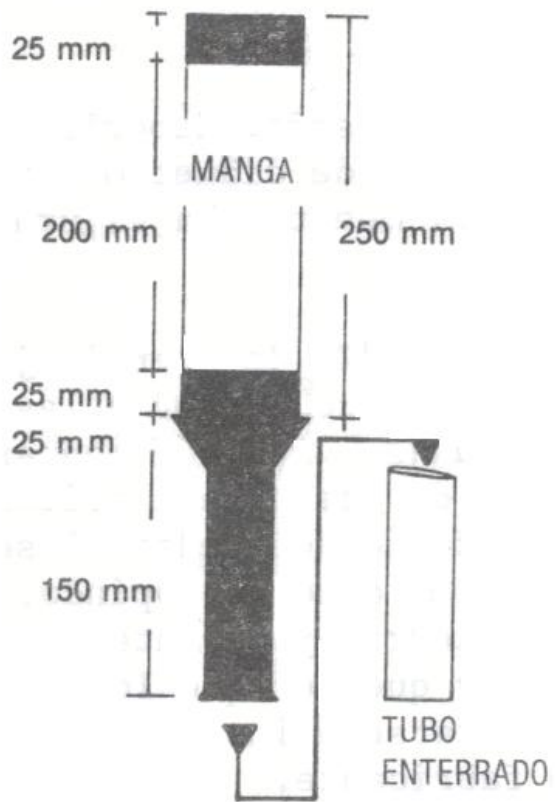


Figura 2-9.- Baliza de borde de calle de rodaje

CAPÍTULO III. – DISTRIBUCIÓN E INTENSIDAD NECESARIAS DE LA ILUMINACIÓN  
DE LAS PISTAS PARA APROXIMACIONES DE PRECISIÓN EN LA  
CATEGORÍAS I, II Y III Y LAS CALLES DE RODAJE.

3.1 Factores que determinan la distribución luminosa necesaria.

3.1.1 La distribución necesaria depende de los cuatro factores principales siguientes:

- a) Lo que puede esperarse que la trayectoria se desvíe respecto a su trayectoria de vuelo nominal, o ideal, durante la aproximación para el aterrizaje. Tales desviaciones están contenidas dentro de lo que se llama “envolvente de la trayectoria de vuelo”:
- b) Las distintas distancias entre “los ojos y las ruedas” de las aeronaves utilizadas en las operaciones actuales y futuras.
- c) La distancia hasta la cual han de ser visibles las luces en cualquier fase de la aproximación, toma de contacto, recorrido de frenado o desaceleración en tierra, despegue y rodaje, y las distintas condiciones de visibilidad en que las luces deben proporcionar guía.
- d) El campo visual frontal hacia abajo desde la aeronave.

3.2 Envolvente de la trayectoria de vuelo.

3.2.1 Categorías I y II.

3.2.1.1 Las envolventes de las trayectorias de vuelo utilizadas para proyectar iluminaciones están indicadas en la figura 5 – 8 del Anexo 14. Se basan en valores de isoprobabilidad de 99% obtenidas a base de datos del Grupo de Expertos sobre franqueamiento de obstáculos (OCP) correspondientes a puntos situados a 600m y a 1200m del umbral de la pista.

3.2.1.2 Los límites superiores tienen en cuenta el aumento de la altura de los ojos del piloto por encima de la antena receptora del ILS en aeronaves del tipo Concorde, B- 747 o similares. Los límites de las Categorías I y II, se basan en estos datos, se han hecho terminar a la altura mínima de decisión respectivas, esto es, 60 y 30m respectivamente. Por debajo de estas alturas las envolventes de trayectorias de vuelo están definidas por los límites de las trayectorias de vuelo que resultarían en un aterrizaje satisfactorio en condiciones visuales. El límite inferior de la envolvente de la Categoría I se ha establecido a un ángulo de elevación de 2° con respecto a la luz de aproximación más alejada para satisfacer las aproximaciones que no sean de precisión efectuadas con buena visibilidad.

3.2.2 Categoría III.

3.2.2.1 Los límites verticales que se indican en la figura 5- 8 del Anexo 14, son obtenidos para los límites de la Categoría II, truncados a un límite superior de altura de decisión de 30m, los que se asociarían generalmente con el valor superior de 400m. En el plano horizontal, el límite de desplazamiento lateral en la zona de toma de contacto es de 10m a cada lado del eje de la pista. A la altura de 30m la aeronave debería estar dentro de la anchura de la pista y este punto del límite inferior se toma como punto inicial del límite lateral.

3.3 Limitaciones del alcance visual.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

3.3.1 Categoría I.

3.3.1.1 Para las operaciones de Categoría I, los sistemas de iluminación de pista y de aproximación deben ser eficaces, no solamente en la visibilidad límite de 800m, sino también con visibilidad intermedia y buena.

3.3.2 Categoría II.

3.3.2.1 Para ayudar al piloto que opera en condiciones de Categoría II, puesto que el RVR 800m – 400m, se proporcionan barretas de fila lateral, roja para complementar los 300m interiores del sistema de iluminación de aproximación, y en la pista se instalan luces de zona de toma de contacto y de eje de pista.

3.3.3 Categoría III.

3.3.3.3.1 Para las operaciones Categoría III se requiere guía visual para el rodaje, despegue, aterrizaje y recorrido de deceleración en tierra con visibilidad que llegan al límite inferior de la Categoría III B.

3.4 Procedimientos de operación en las Categorías III A y B. Dichos procedimientos aparecen explicados detalladamente en el Capítulo 4, inciso 4.4 del Manual de Proyectos de Aeródromos, Parte 4 Ayudas Visuales, Segunda Edición – 1983.

3.5 Iluminación.

3.5.1 Para realizar la Tabla 5 – 1 del Anexo 14, la figura 3 – 2 y las Tablas 3 – 1 y 3 – 2 de este manual, se aplicaron los siguientes principios y procedimientos:

- a) Todo sistema de iluminación estará equilibrado en el sentido de que, cuando haya niebla uniforme, el segmento visual que ve el piloto nunca disminuya, y, en general aumente continuamente.
- b) Para una visibilidad meteorológica dada, la longitud del segmento visual será la misma para todas las trayectorias de aproximación dentro de las envolventes de las trayectorias de aproximación.

3.5.2 Se supone que las aeronaves se mantendrán dentro de los límites definidos en la figura 5 – 8 del Anexo 14 y el alcance visual, los ángulos de elevación y el azimut entre la aeronave y las posiciones de las luces representativas, de las distribuciones de las luces de aproximación en posiciones a lo largo de los límites, se calculan para varios valores de segmentos visuales.

3.5.3 Los valores correspondientes de la intensidad necesaria para satisfacer el requisito de alcance visual, se calcula para cada caso, utilizando la Ley de Allard, para un conjunto de valores de la visibilidad meteorológica equivalente, apropiado para las tres Categorías OACI de operaciones con visibilidad reducida correspondiente a los

-4    -3

valores diurnos del umbral de iluminación del piloto (10 a 10 Lux).

3.5.4 Los cálculos anteriores se repiten para los diversos tipos de aeronaves, utilizando los valores apropiados del ángulo de visión del piloto (la distancia al frente de la aeronave que el piloto no puede ver por las limitaciones visuales impuestas por el puesto de pilotaje y la proa de la aeronave figura 3 – 1) y las dimensiones de la

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

aeronave relativas a la distancia entre la antena del receptor ILS y los ojos durante la aproximación y la distancia entre las ruedas y los ojos durante el recorrido en tierra. Se representa gráficamente la información resultante para obtener una distribución angular teórica de la intensidad luminosa requerida para esa luz en la distribución de las mismas.

3.5.5 Tolerancia de alineamiento y de fabricación. En general las luces elevadas son más propensas a desalinearse durante el servicio, mientras que las empotradas exigen un alineamiento muy preciso durante la instalación inicial, ya que es difícil lograr una corrección posterior. Las variaciones con respecto a la norma dependerán, evidentemente, entre otras cosas, de la calidad del proyecto la construcción y el mantenimiento, pero es probable que sean inferiores a un  $\pm 1^\circ$ . Por lo tanto, se añadirá una tolerancia de  $1^\circ$  a cada lado de los ángulos que se enumeran en las Tabla 3 – 1 y 3 – 2, cuando se especifiquen las características de emisión de los dispositivos. Además es importante controlar la fabricación de los dispositivos luminosos para obtener tolerancias mínimas, a fin de asegurar que todos los dispositivos satisfagan las especificaciones, las distribuciones de la luz desigual y proporcionaran, en consecuencia, segmentos visuales contradictorios.

3.6 Especificaciones para la iluminación.

3.6.1 Generalidades.

3.6.1.1 La Tabla 5 – 1 del Anexo 14 indica las coberturas de haz horizontales y verticales, necesarias para la iluminación de las pistas para aproximaciones de precisión de las Categorías I, II y III, respectivamente. En la Figura 3 – 2 se indican los diagramas isocandela pertinentes. Las curvas de isocandela son elipses calculadas según la

ecuación  $\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} = 1$ , en la cual los valores de a y b representan la mitad de las

coberturas de haz horizontal y vertical que se indican en la tabla 3 – 1, respectivamente. Al trazar las curvas se ha utilizado el eje de los haces como referencia de origen, y no se incluyen los ángulos de reglaje. Se especifican las intensidades del color de la luz especificado en la columna 2 de un elemento nuevo, sin uso, salvo que el blanco se indica solamente para las luces de eje.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

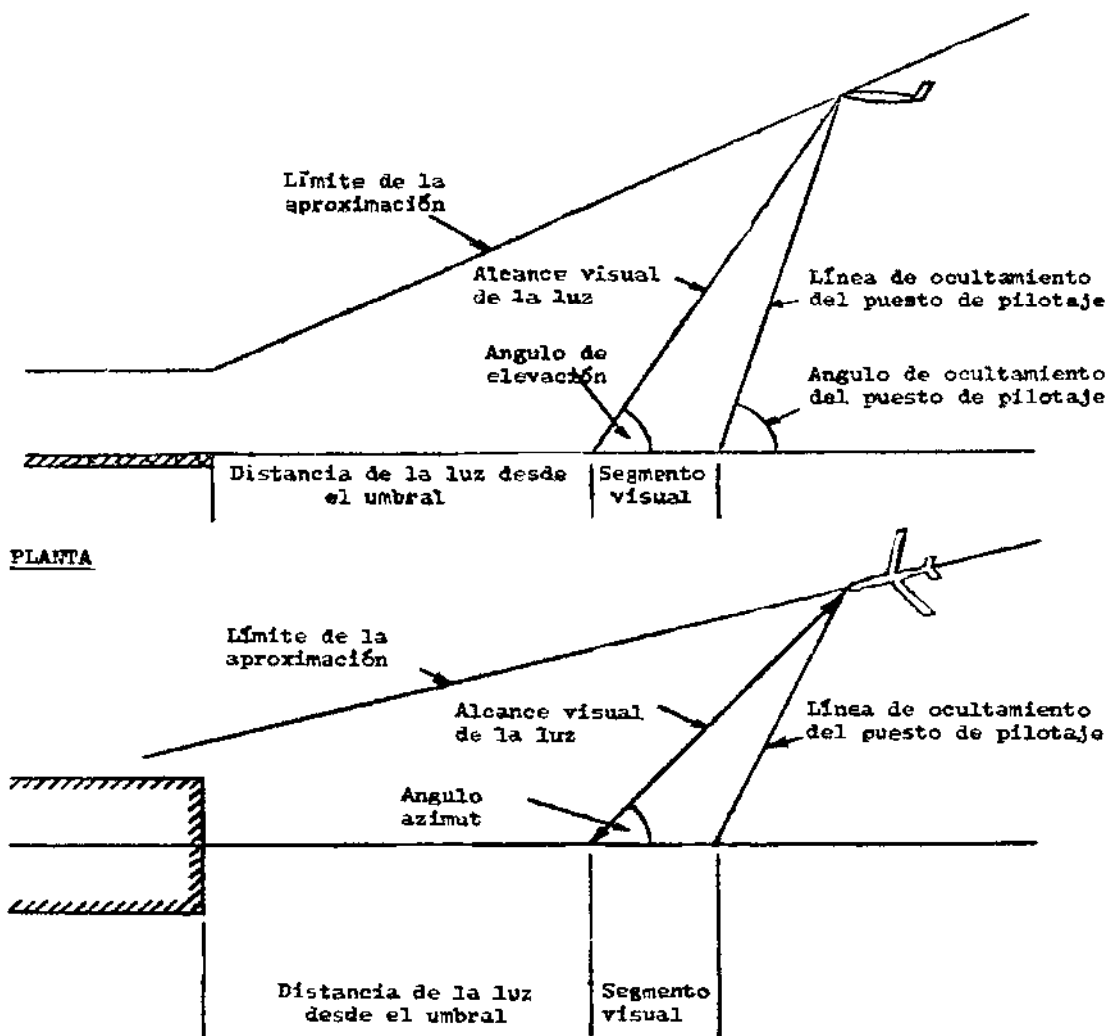
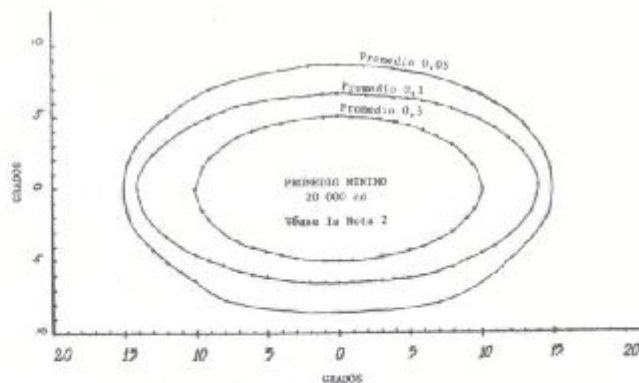


Figura 3-1.- Geometría del segmento visual



MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA



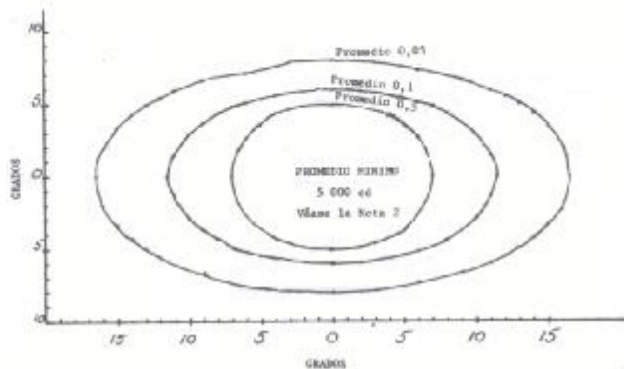
Véase la Tabla 3-1

NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 

a	10	14	15
b	5,5	6,5	8,5

2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2a.- Luz para la aproximación - Eje y barras transversales



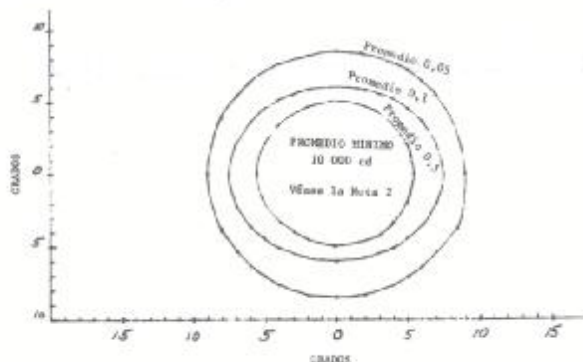
Véase la Tabla 3-1

NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 

a	7	11,5	18,5
b	5	6	8

2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2b.- Luz para la aproximación - Fila lateral



Véase la Tabla 3-1

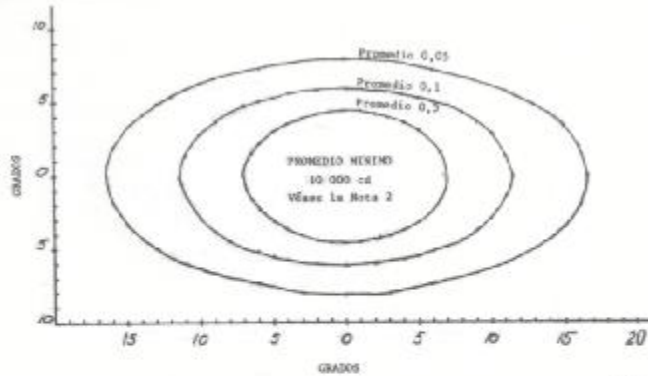
NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 

a	5,5	7,5	9
b	4,5	6	8,5

2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2c.- Luces de umbral

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

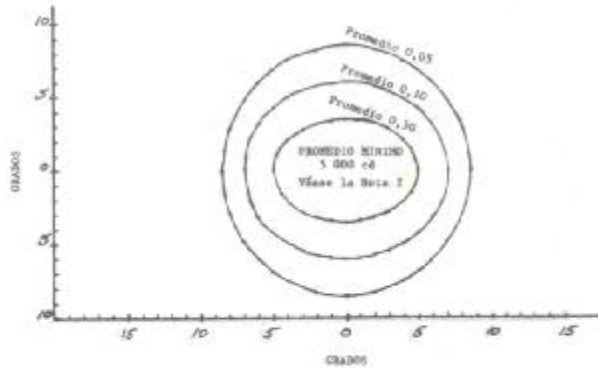


Véase la Tabla 3-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 

a	7	11,5	16,5
b	5	6	8
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2d.- Barra de ala de luz de umbral

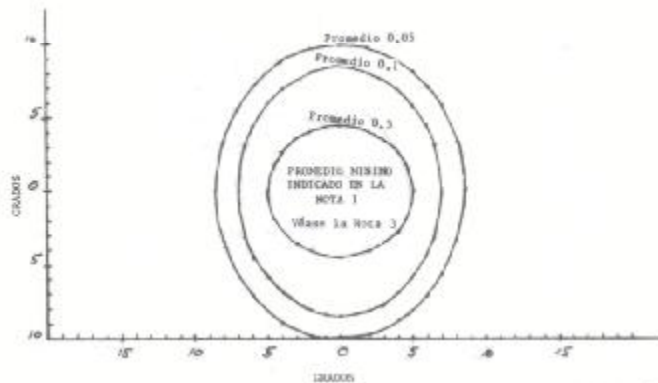


Véase la Tabla 3-1

- NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 

a	5	7	8,5
b	3,5	6	8,5
2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2e.- Luces de zona de toma de contacto y de eje de pista (30 m)



- NOTAS: 1. Promedio para 15 m - 2 500 cd, para 7,5 m - 1 250 cd.

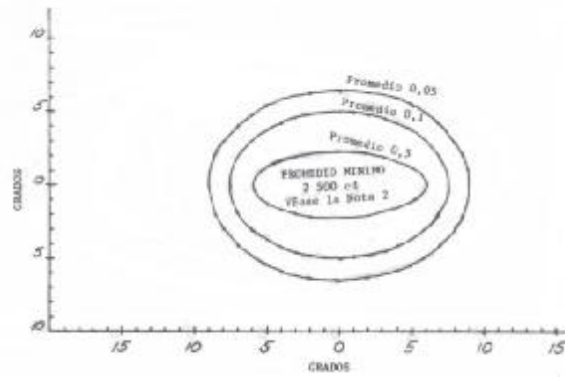
Véase la Tabla 3-1

2. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ 

a	5	7	8,5
b	4,5	8,5	10
3. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2f.- Luces de eje de pista (15 m y 7,5 m)

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA



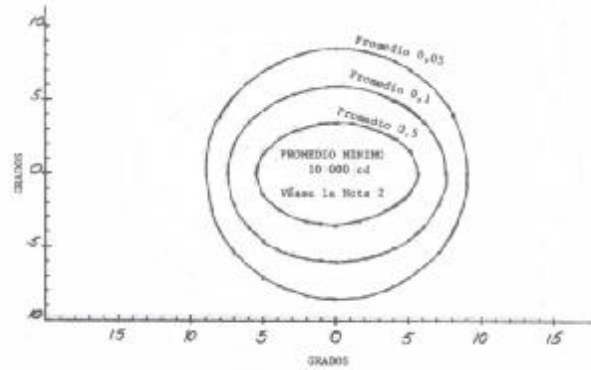
Véase la Tabla 3-1

NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

a	6	7,5	9
b	2,25	5	8,5

2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2g.- Luces de extremo de pista



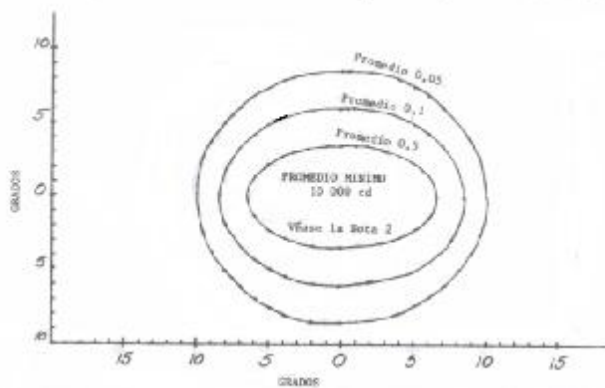
Véase la Tabla 3-1

NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

a	5,5	7,5	9
b	3,5	6	8,5

2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2h.- Luces de borde de pista (Pista de 45 m)



Véase la Tabla 3-1

NOTAS: 1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

a	8,5	8,5	10
b	3,5	6	8,5

2. El máximo no debería exceder de vez y media el promedio efectivo.

Figura 3-2i.- Luces de borde de pista (pista de 60 m)

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 3.6.1.2 La Tabla 3 – 1 proporciona las coberturas de haz e intensidades para una nueva familia de luces destinada a apoyar todas las operaciones de aterrizaje hasta un RVR de 150 m para aeronaves acopladas con exactitud a un ILS de precisión. Éstas también proporcionarían guía para aproximaciones manuales en las que se utilicen ayudas para la aproximación por instrumentos de precisión reducida. Para los despegues, esta iluminación proporcionará guía adecuada hasta un RVR de aproximadamente de 100m.
- 3.6.1.3 La tabla 3 – 2 indica cómo los dispositivos de iluminación para la Categoría II proyectados para las operaciones de las Categorías I y II, pueden adaptarse para satisfacer los requisitos más estrictos para las operaciones de la Categoría III cuando, con visibilidad reducida, la línea de visión desde la aeronave está más próxima a la vertical. La adaptación de la iluminación de Categoría II se logra aumentando los ángulos de reglaje vertical de las luces tal como se indica en la columna 9 y en la Nota 3, cuando las operaciones pueden apoyarse hasta un RVR limitativo de 150 m. Sin embargo, estas mejoras pueden obtenerse únicamente a base de producir el alcance visual de la iluminación de aproximación en ángulos poco pronunciados, en condiciones en que el RVR se encuentra más allá de los 1200 m, aunque puede considerarse que los beneficios que han de resultar de reglajes angulares con poca visibilidad, desde el punto de vista operacional, serán más importantes que el menor alcance con buena visibilidad. Si fuera necesario conservar un mayor alcance, deberían utilizarse dispositivos de iluminación que proporcionen las mayores coberturas del haz vertical que se indican en la tabla 3 – 1.
- 3.6.1.4 La Tabla 5 – 2 del Anexo 14 enumera las coberturas de haz que se requieren de las luces de eje de calle de rodaje para las destinadas a usarse con las pistas para aproximaciones de precisión de la Categoría III, y en la Tabla 5 – 3 para pistas de aproximaciones que no sean de Categoría III.
- 3.6.2 Luces de eje de Calle de rodaje.
- 3.6.2.1 Categorías I y II. Para las operaciones con visibilidad correspondiente a las Categorías I y II, las luces de calles de rodaje se usan generalmente para proporcionar información de giro en lugar de indicar la selección de una ruta particular. Para las operaciones diurnas las luces de calles de rodaje no son necesarias. Durante la noche, son adecuadas las intensidades del orden de las 20 candelas con luces azules, esto puede lograrse fácilmente mediante luces omnidireccionales, así como las luces especificadas en la Tabla 5 – 3. En los lugares difíciles (en que prevalecen condiciones variables de densidad de la niebla y de alta luminosidad de fondo) podría ser necesario emplear 50 cd.
- 3.6.2.2 Categoría III. La experiencia operacional y los ensayos con simulador han indicado que las aeronaves pueden maniobrar con seguridad a lo largo de una calle de rodaje que tenga su eje definido mediante luces cuando el piloto puede ver un segmento visual del orden de los 50 m. Dentro de un segmento de ese tipo la posición del eje puede percibirse adecuadamente con un mínimo de tres luces, espaciadas a intervalos de 15 m. Por lo tanto la distancia de la luz mas alejada que percibe el piloto será de 45 m, más una distancia adicional cuya magnitud depende de la distancia al frente de una aeronave en particular, que puede ocultar al piloto por las características del puesto de pilotaje y proa de la aeronave.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

- 3.6.2.3 Para los tramos rectos de las calles de rodaje la cobertura de haz en azimut es comparativamente fácil de definir. Sólo es necesario proporcionar suficiente iluminación para permitir al piloto rodar sobre el eje de la calle de rodaje

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

TABLA 3 – 1. – CARACTERISTICAS DE LAS LUCES DE LAS PISTAS PARA APROXIMACIONES DE PRECISIÓN CATEGORIAS I, II Y III.

Luz	Color	Cobertura de haz mínima						Intensidad media mínima de colores especificados <sup>3</sup> cd X 10 (Nota 3)	Límite de relación de intensidad media. (Nota 8)	Reglajes angulares (Nota 4)	
		Haz principal				Elevación (Grados)	Convergencia (Grados)				
		Nota 1		Nota 2							
		H	V	H	V	H	V				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eje de aproximación y barras transversales	Blanco	20	11	28	13	30	17	20	1,5- 2 máx.	8- 5,5 Nota 6	0- 2 Nota 6
Fila lateral de aproximación	Rojo	14	10	23	12	33	16	5	0,5- 1	6,5- 5,5 Nota 6	2
Umbral	Verde	11	9	15	12	18	17	10	1,0- 1,5	5,5	3,5
Barras de ala de umbral	Verde	14	10	23	12	33	16	10	1,0- 1,5	5,5	2
Zona de toma de contacto	Blanco	10	7	14	12	17	17	5	0,5- 1	5,5	4
Eje de pista (30m)	Blanco/ Rojo	10	7	14	12	17	17	5	0,5- 1	3,5	0
Eje de pista (15M)	Blanco/ Rojo	10	9	14	17	17	20	Nota 7 2,5 Nota 5	0,25- 0,5 Nota 5	4,5	0
Eje de pista (7,5m)	Blanco/	10	9	14	17	17	20	1,25	0,12- 0,25	4,5	0

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

	Rojo										
Extremo de pista	Rojo	12	4,5	15	10	18	13	2,5	0,25- 0,5	2,5	0
Borde de pista (pista 45m)	Blanco	11	7	15	12	18	17	10	1,0	3,5	3,5
Borde de pista (pista 60m)	Blanco	13	7	17	12	20	17	10	1,0	3,5	4,5

Notas: TABLA 3 – 1

- 1) En toda esta región, la intensidad de una luz nueva, sin uso, con corriente y tensión máximas, no debe ser inferior a la mitad de la tensión media sin exceder la intensidad media en más del 50%.
- 2) Al 10 o al 5% de la intensidad media.
- 3) Dentro de las coberturas del haz especificadas en las columnas 3 y 4.
- 4) Los reglajes se basan en las coberturas de haz dadas en las columnas 3 y 4. Si las luces tienen coberturas de haz mayores, los reglajes se ajustarán apropiadamente. El eje del haz normal esta situado a la mitad entre los puntos de intensidad del 50% de las curvas de intensidad horizontal y vertical. Cuando se indican dos cifras para los reglajes angulares, el valor más alto se refiere a las luces que están más lejos del umbral.
- 5) Para las operaciones Categoría III se utilizará una intensidad de 5 kilocandelas, o sea una relación de intensidad de 0,5.
- 6) Los detalles de los ángulos de reglaje para la columna 11 y 12 son los siguientes:

Columna 11 eje de aproximación y barras transversales.

Umbral hasta 315m		= 5,5°
de 316 a 475m	= 6°	
de 476 a 640m		= 7°
de 641m y más		= 8°

Fila lateral de aproximación

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

Umbral hasta 115m	= 5,5°
De 116 a 215m	= 6°
De 216m y más	= 6,5°

Columna 12 Las luces de las barras transversales que se encuentran a más de 22,5m del eje, tendrán una convergencia de 2°; las demás luces de 0°.

Si se utilizan dispositivos luminosos con cobertura de haz mayores que las especificadas, se ajustarán adecuadamente la elevación y los ángulos de convergencia.

- 7) Los valores que se dan se refieren a las luces de color blanco.
- 8) La intensidad media de los ángulos especificados en las columnas 3 y 4 de una nueva luz típica, comparada con la intensidad media de una luz de borde de pista.

Generalidades.

- 9) No se han incluido tolerancia de alineación de las coberturas del haz anteriormente indicadas.
- 10) Cuando se utilizan luces empotradas en lugar de elevadas, por ejemplo en una pista con umbral desplazado, los requisitos de intensidad se satisfacen instalando dos dispositivos (de intensidad un tanto menor) en cada posición.
- 11) Conviene insistir en la importancia de un mantenimiento adecuado. La intensidad media nunca debería descender a un valor menor del 50% del indicado en la columna 9, las autoridades aeroportuarias deben procurar mantener un nivel de emisión luminoso que se acerque a la intensidad mínima media especificada.
- 12) Las dimensiones del haz dadas corresponden a los extremos de la elipse.



MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

CARACTERISTICAS DE LAS LUCES DE PISTA PARA APROXIMACIONES DE PRECISION DE LA CATEGORIA III QUE UTILIZAN DISPOSITIVOS PROYECTADOS PARA LAS CATEGORIAS II Y II.

Luz	Color	Cobertura mínima del haz (en grados Nota 1)		Relación de intensidad media	Intensidad media mínima con los colores especificados 3 Cd 10 Nota 2	Reglajes angulares (en grado)			
		Horizontal	Vertical			Categorías I y II		Categorías I, II y III Nota 5	
						Elevación	Convergencia	Elevación	Convergencia.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eje de aproximación y barras transversales	Blanco	20	8	2	20	6 a 4,5 Nota 3	0	6 Nota 3	0
Fila lateral de aproximación	Rojo	15	7	0,5	5	5,5	0	6	0
Umbral	Verde	11	5,5	1	10	3,5	0	6	0
Barras de ala de umbral	Verde	15	7	1,0	10	3,5	0	6	0
Zona de toma de contacto	Blanco	9	5	0,5	5	3	1,5	5,5 a 3 Nota 3	1,5
Eje de pista (30m)	Blanco/ Rojo	9	5	0,5	5 Nota 6	3	0	-	-
Eje de pista (15m)	Blanco/ Rojo	9	5	0,25 a 0,5 Nota 4	2,5 Nota 4, 6	3	0	5,5 a 3 Nota 3	0
Eje de pista (7,5m)	Blanco/ Rojo	9	5	0,125 a 0,25	1,25 Nota 6	3	0	5,5 a 3 Nota 3	0
Extremo de pista	Rojo	11	5,5	0,25 a 0,5	2,5	2,75	0	3	0
Borde de pista	Blanco	11	5,5	1	10	2,75	2	5,5 a 3 Nota 3	2

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

NOTAS: TABLA 3 – 2

- 1) En toda la región, la intensidad de una luz nueva, sin uso, con corriente y tensión máxima, no será inferior a la mitad de la intensidad media ni la excederá en más del 50%.
- 2) Dentro de las coberturas especificadas de haz en las columnas 3 y 4.
- 3) Los ángulos de reglaje se basan en las coberturas dadas de haz en las columnas 3 y 4, son los siguientes:

Columna 7 Eje de aproximación y barras cruzadas para las Categorías I y II.

Umbral hasta 315m	= 4,5°
de 316 a 475m	= 5°
de 476 a 640m	= 5,5°
de 641m y más	= 6°

Columna 9 Eje de aproximación y barras cruzadas para las Categorías I, II y III.

Cuando las luces tengan una)	Umbral hasta 315m	= 6,0°
abertura vertical de haz de)	de 316 a 475m	= 7,0°
8° o más, los reglajes de)	de 476 a 640m	= 8,0°
los ángulos serán:	de 641m y más	= 9,0°

Columna 9 Eje de zona de toma de contacto y borde de pista para las Categorías I, II y III.

Primeros 600m de luces	= 5,5°
Luces restantes	= 3,0°

- 4) Para la operaciones de Categoría III se utilizará una intensidad de 5 kilocandelas, o sea una relación de intensidad de 0,5.
- 5) Hasta un RVR límite de 150m.

MANUAL DE PROYECTO DE AYUDAS VISUALES  
DE AERODROMOS DE LA REPUBLICA DE CUBA

6) Los valores dados se refieren a las luces blancas.

Generalidades.

7) No se ha incluido tolerancias de alineación en las coberturas dadas de haz en las columnas 3 y 4.

8) Cuando se utilicen luces empotradas en lugar de luces elevadas, por ejemplo, en una pista con umbral desplazado, los requisitos de intensidad se satisfacen instalando dos dispositivos (de intensidad menor) en cada posición.

9) Un mantenimiento adecuado es de gran importancia, por lo que insistimos en que no se violen ninguno de los pasos a seguir al realizar dicho trabajo. la intensidad media nunca debe descender a un valor menor del 50% del indicado en la columna 6 y es responsabilidad de las autoridades aeroportuarias (del aeródromo) mantener un nivel de emisión luminosa que se acerque a la intensidad media mínima especificada.

10) Las dimensiones del haz que se dan, se refieren a los extremos de una elipse.