

RECOMENDACIÓN UIT-R RS.1281*.**

**PROTECCIÓN PARA ESTACIONES DEL SERVICIO DE RADIOLOCALIZACIÓN
DE LAS EMISIONES PROCEDENTES DE SENSORES ACTIVOS A BORDO
DE VEHÍCULOS ESPACIALES EN LA BANDA 13,4-13,75 GHz**

(Cuestiones UIT-R 213/7 y UIT-R 204/8)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Resolución 712 (Rev.CMR-95) de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) requiere efectuar estudios de compatibilidad sobre la utilización de las atribuciones existentes por sensores espaciales activos que funcionan en los servicios de exploración de la Tierra por satélite (SETS) y de investigación espacial (SIE) en las bandas de frecuencias entre 1 y 25 GHz compartidas con los servicios de radiolocalización y de radionavegación, con miras a la posibilidad de establecer atribuciones primarias comunes en todo el mundo;
- b) que la banda 13,4-14,0 GHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario, con atribuciones adicionales al servicio de radionavegación en diversos países a título primario;
- c) que la banda 13,4-14,0 GHz está atribuida actualmente a estaciones de radiolocalización a bordo de vehículos espaciales (sensores activos a bordo de vehículos espaciales) a título secundario;
- d) que estos estudios han demostrado que los radares terrenales y los sensores activos a bordo de vehículos espaciales existentes y proyectados en la banda 13,4-13,75 GHz son operacionalmente compatibles;
- e) que para asegurar la futura compatibilidad operativa, es necesario fijar restricciones a las emisiones de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales;
- f) que las degradaciones de calidad de funcionamiento que los sensores en vehículos espaciales pudieran causar a radares terrenales son de dos tipos principales:
 - disminución de la sensibilidad en la detección y seguimiento de blancos válidos;
 - introducción de efectos de falso blanco;
- g) que la disminución de sensibilidad en radares terrenales es aceptable si su frecuencia de aparición es suficientemente baja y no compromete los requisitos de la misión de los radares;
- h) que los análisis han demostrado que la desensibilización inducida por sensores a bordo de vehículos espaciales representativos es aceptablemente infrecuente;
- j) que no se requieren restricciones en los diseños de sensores a bordo de vehículos espaciales para evitar la desensibilización inaceptable;
- k) que la naturaleza de las misiones de radar en esta banda produce alguna respuesta de falso blanco inaceptables aun si éstas aparecen muy raramente;
- l) que las pruebas han dado por resultado límites de exposición a la interferencia que protegen los sistemas de radar contra respuestas de falso blanco inaceptables;
- m) que la invalidación de respuestas de falso blanco inaceptables requiere que estos límites de exposición se impongan sin tener en cuenta su frecuencia de aparición;
- n) que la expresión de estos límites en términos de $W/(m^2 \cdot MHz)$ podría exponer las secciones de entrada del receptor de radar de banda ancha a potencias de interferencia excesivas, mientras que la expresión en términos de W/m^2 independientemente de la anchura de banda de la emisión puede proporcionar la protección necesaria,

* Esta Recomendación fue elaborada de manera conjunta por las Comisiones de Estudio 7 y 8 de Radiocomunicaciones y futuras revisiones deberán ser realizadas conjuntamente por dichas Comisiones de Estudio.

** La Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación.

recomienda

1 que la densidad de potencia producida en cualquier punto determinado sobre la superficie de la Tierra por emisiones procedentes de sensores activos a bordo de vehículos espaciales que funcionan en los SETS y SIE en la banda de 13,4-13,75 GHz para todos los métodos de modulación no rebase:

-71	dB(W/m ²)	para $0^\circ \leq \delta \leq 6^\circ$
$-71 + (\delta - 6^\circ)/3$	dB(W/m ²)	para $6^\circ < \delta \leq 15^\circ$
-68	dB(W/m ²)	para $15^\circ < \delta \leq 70^\circ$
$-68 + 1,1(\delta - 70^\circ)$	dB(W/m ²)	para $70^\circ < \delta \leq 90^\circ$

donde δ es el ángulo de llegada de la onda de RF (grados sobre el plano horizontal) y estos límites se relacionan con los que se obtendrían en condiciones supuestas de propagación en el espacio libre durante el paso de un satélite sensor en el caso más desfavorable;

2 que los valores del *recomienda* 1 sean superiores en 24 dB si:

2.1 estos valores se rebasan en excursiones de menos de 0,1 s de duración constituidas por emisiones continuas o bien envolventes que conectan las crestas de trenes de impulsos sucesivos, y cada una de estas excursiones se separa de la siguiente en 0,4 s, como mínimo; o

2.2 durante un paso de satélite completo, la suma de todas las excursiones de emisión continua o de envolvente de trenes de impulsos sobre los valores indicados en el *recomienda* 1, es menor que 0,1 s y el lapso de tiempo total entre el primero y el último cruce de estos valores es menor que 0,4 s;

3 que se utilice el método que figura en el Anexo 1 para determinar si un sensor dado satisface los *recomienda* 1 y 2, y que se empleen las Figs. 1 a 4 como ilustraciones gráficas de estos criterios.

ANEXO 1

Procedimiento para determinar el cumplimiento de los *recomienda* 1 y 2**1 Procedimiento**

En este Anexo, el criterio «detección larga» se aplica al caso expuesto en el *recomienda* 1 y «detección corta» a los casos que se exponen en el *recomienda* 2, mientras que el criterio «intervalo de detección» e «intervalo sin detección» se definen explícitamente en el Subpaso 5b de este punto e ilustran las Figs. 2, 3 y 4. Para cualquier sensor a bordo de un vehículo espacial, la aplicación práctica de los *recomienda* 1 y 2 se puede analizar de acuerdo con el procedimiento de decisión arborescente paso por paso siguiente:

Paso 1: Determinése el perfil de la densidad de potencia de cresta para el caso más desfavorable del sensor en función del ángulo de elevación de llegada a la Tierra. Esto se efectúa utilizando la altitud del satélite del sensor, la potencia de cresta de transmisión, el diagrama de ganancia de antena, y los ángulos de puntería del haz principal para calcular las densidades de potencia para el tiempo y modo de exploración para el caso más desfavorable dentro de la exploración para un conjunto representativo de distancias de seguimiento cruzado que corresponden a ángulos de elevación de 0° a 90° .

Paso 2: Representése gráficamente ese perfil de densidad de potencia en función del ángulo de elevación sobre el límite de compatibilidad para la exposición de «detección larga» (del *recomienda* 1) y el límite superior en 24 dB para la exposición de «detección corta» que se ilustra en la Fig. 1.

Paso 3: Si el perfil de densidad de potencia del sensor se encuentra enteramente por debajo del perfil de compatibilidad de «detección larga», se indica la compatibilidad y no es necesario ningún otro análisis.

Paso 4: Si el perfil de densidad de potencia del sensor supera el límite máximo para la exposición de «detección larga» en cualquier ángulo de elevación, no se satisface el criterio de compatibilidad; no es necesario ningún otro examen.

Paso 5: Si el perfil de densidad de potencia del sensor rebasa el límite de compatibilidad de la exposición de «detección larga» (*recomienda 1*) en cualquier ángulo de elevación pero no rebasa el límite para la exposición de «detección corta», será necesario determinar si las excursiones de densidad de potencia por encima del límite de «detección larga» satisface el criterio de «detección corta» del *recomienda 2.1* ó *2.2*. Si la exploración se ha de aplicar mediante conmutación de haces, esto se efectuará simplemente comparando los tiempos de conmutación de haces con los intervalos de detección y sin detección críticos.

Subpaso 5a: Si la exploración no se efectúa tan simplemente, será necesario efectuar cálculos para determinar si la exposición satisface el criterio de «detección corta»; es decir, el *recomienda 2.1* ó *2.2*. El primer subpaso requerido para llevar esto a cabo es determinar el diagrama de gran definición de la envolvente de densidad de potencia en función del tiempo que el sensor incidiría sobre un punto terrenal fijo en condiciones para el caso más desfavorable. Este diagrama de envolvente se determina nuevamente por la altitud del sensor, las características de ganancia y barrido del haz de antena y la potencia de cresta del transmisor, y no por un impulso del transmisor. Las condiciones para el caso más desfavorable incluyen la distancia de seguimiento cruzado y el ángulo de elevación correspondiente de llegada a la Tierra por el cual el perfil de densidad de potencia supera más el perfil del límite de exposición de «detección larga» (*recomienda 1*). (Esto ocurre usualmente con el ángulo de elevación de máxima densidad de potencia del sensor o con un ángulo cercano a éste). Esto se puede efectuar a través de cálculos similares a los que son normalmente necesarios en el diseño de sensores activos a bordo de vehículos espaciales. Esto produciría un diagrama más o menos similar a los ilustrados en las Figs. 2, 3 ó 4.

Subpaso 5b: Compárese el diagrama temporal de alta definición de la envolvente de densidad de potencia con el límite de compatibilidad de «detección larga» (*recomienda 1*) para el ángulo de elevación asociado. Esto se puede efectuar simplemente trazando una línea de densidad de potencia constante a través del diagrama temporal al nivel de compatibilidad de «detección larga» que corresponde al ángulo de elevación para el caso más desfavorable determinado a partir del gráfico representado en el Paso 2. De los cruces de esa línea, obsérvese la duración de las excursiones de los lóbulos o envolventes de densidad de potencia sobre la misma y los tiempos asociados que separan las sucesivas excursiones. Éstas están referidas como «intervalos de detección» e «intervalos sin detección», respectivamente.

Si algún intervalo de detección individual rebasa 0,1 s, la exposición es del tipo «detección larga» y el criterio de compatibilidad no se satisface. No es necesario ningún examen ulterior.

Si todos los intervalos de detección individuales son menores que 0,1 s y todos los intervalos sin detección son superiores a 0,4 s, la compatibilidad está indicada por el *recomienda 2.1* y no es necesario ningún examen ulterior.

Si todos los intervalos de detección individuales son menores que 0,1 s pero algunos o todos los intervalos sin detección no superan 0,4 s, determínese la suma de todos los intervalos de detección durante un paso de satélite; es decir, el tiempo acumulado por el cual la densidad de potencia de las emisiones continuas y/o envolventes de tren de impulsos rebasan el perfil del límite de densidad de potencia de «detección larga». (Esto se expone en el *recomienda 2.2*).

Si la suma de todos los intervalos de detección en un paso de satélite es mayor que 0,1 s, no se satisfacen los criterios de compatibilidad. No es necesario ningún examen ulterior.

Si la suma de todos los tiempos de detección en un paso de satélite es menor que 0,1 s, determínese el lapso de tiempo total entre el primero y el último cruce del perfil de límite de densidad de potencia de «detección larga». Si este lapso es menor que 0,4 s, la compatibilidad es la indicada en el *recomienda 2.2* y no es necesario ningún examen ulterior. Pero si este lapso es superior a 0,4 s, no se satisfacen los criterios de compatibilidad. No es necesario ningún examen ulterior.

2 Ejemplos

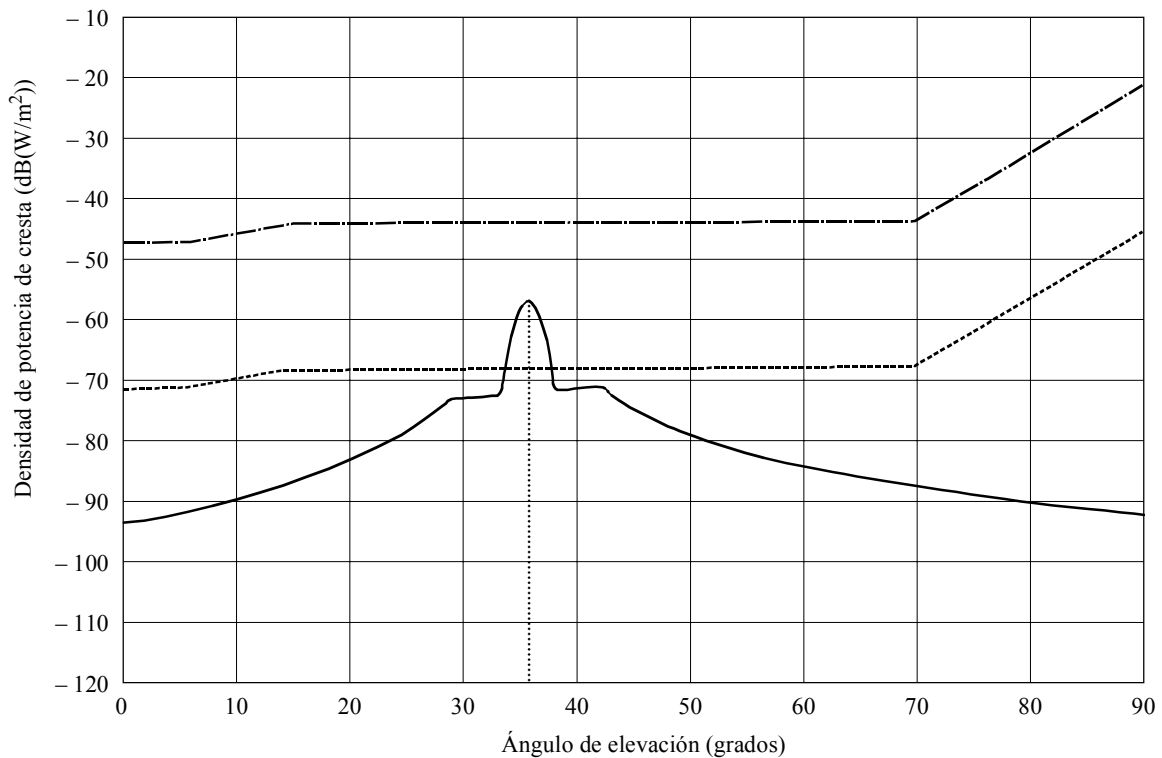
El procedimiento descrito anteriormente se puede utilizar directamente aun cuando se requiere el Paso 5 (incluidos los Subpasos 5a y 5b); es decir, aun cuando se aplica el *recomienda 2*. Esto se ilustra en los tres ejemplos siguientes, todos los cuales se refieren al *recomienda 2*. La Fig. 1 se aplica a los tres ejemplos en el que el perfil del límite fijado en el *recomienda 1* se excede más en ángulos de elevación por el cual este límite tiene el valor $-68 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$; las Figs. 2, 3 y 4 se aplica en el primero, segundo y tercer ejemplo, respectivamente.

El primer ejemplo ilustra el *recomienda 2.1*. Para la distancia de seguimiento cruzado que corresponde al ángulo de elevación para el caso más desfavorable, se ejecuta el Subpaso 5a produciendo el diagrama de densidad de potencia en función del tiempo para la envolvente de densidad de potencia. Para este ejemplo, el diagrama es el que se ilustra en la Fig. 2. Para comenzar el Subpaso 5b, se anota el límite de compatibilidad para la exposición de «detección larga» para ese ángulo de elevación de acuerdo con el *recomienda 1* o la Fig. 1. Luego se debe trazar simplemente una línea horizontal a través de la representación gráfica de la densidad de potencia en función del tiempo a ese límite de densidad

de potencia, como se ilustra en la Fig. 2. (En razón que el Paso 4 ya ha sido completado, no es necesario trazar el límite de «detección corta», si bien se indica en la Fig. 2 para mejor ilustración). La operación siguiente es medir los intervalos de detección y de no detección. Si el eje del tiempo del gráfico utiliza una escala adecuada, esto se puede efectuar en el mismo gráfico midiendo simplemente los tiempos entre los puntos en los que los lóbulos de la envolvente de densidad de potencia cruzan el límite de compatibilidad de «detección larga». (Podría ser útil un par de divisores.) (Nótese que el intervalo de detección se mide sobre la envolvente del tren de impulsos y no sobre impulsos individuales.) Se puede así determinar enseguida si se satisfacen los criterios de «intervalo de detección» e «intervalo sin detección». En el ejemplo ilustrado en la Fig. 2, el intervalo de detección es menor que 0,1 s y el intervalo sin detección es mayor que 0,4 s, de modo que se aplica el *recomienda* 2.1 y el sensor hipotético que es compatible.

FIGURA 1

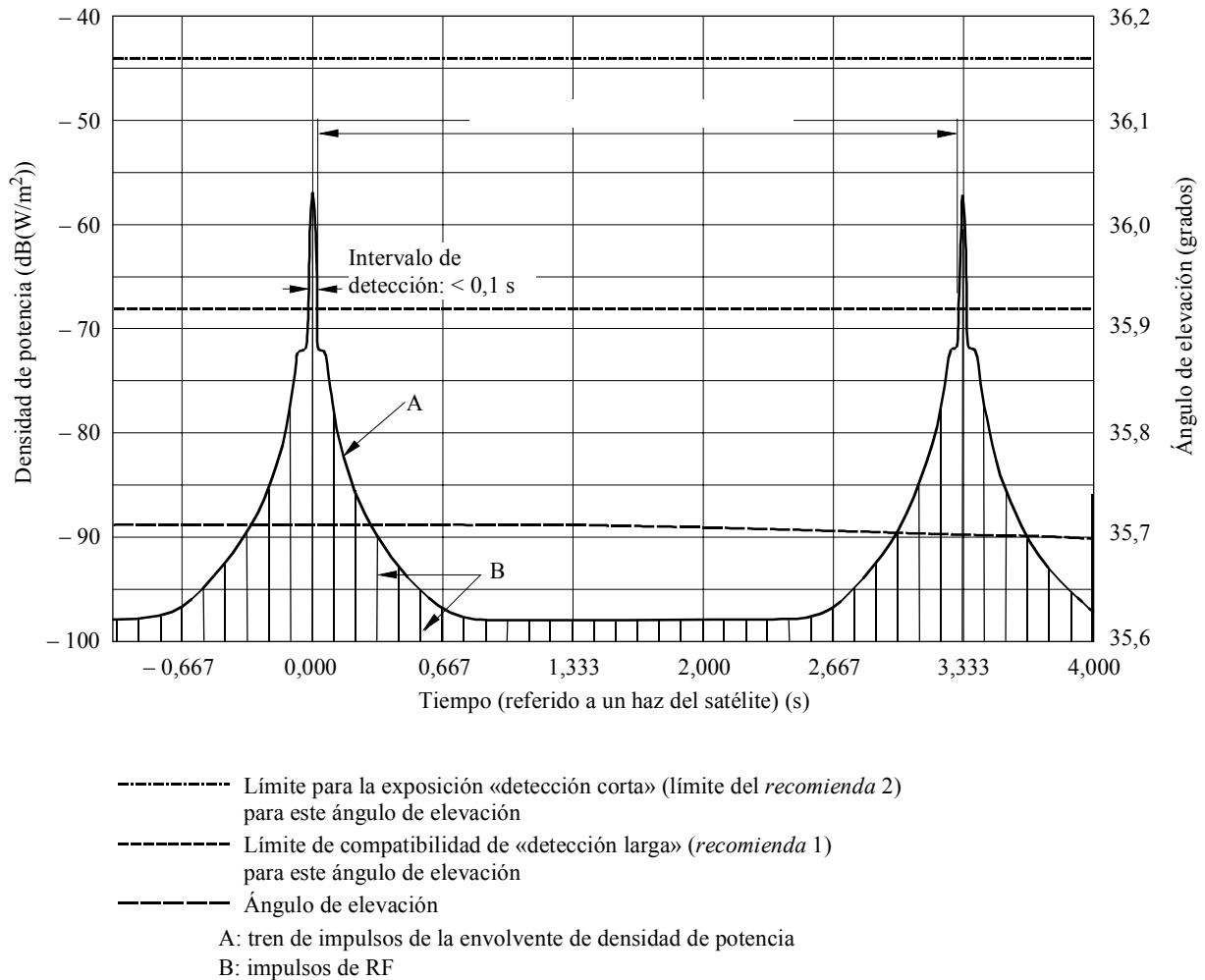
Límites de densidad de potencia y perfil hipotético de la densidad de potencia en función del ángulo de elevación del sensor para el caso más desfavorable



- · — · — · — Límite para la exposición «detección corta» (límite del *recomienda* 2)
- - - - - Límite para la exposición «detección larga» (límite del *recomienda* 1)
- — — — — Densidad de potencia del sensor
- · · · · Ángulo de elevación para examen de la densidad de potencia en función del tiempo

FIGURA 2

Diagrama hipotético de la densidad de potencia en función del tiempo que ilustra la aplicación del *recomienda 2.1*. El sensor no satisface el *recomienda 1* pero es compatible en virtud del *recomienda 2.2*

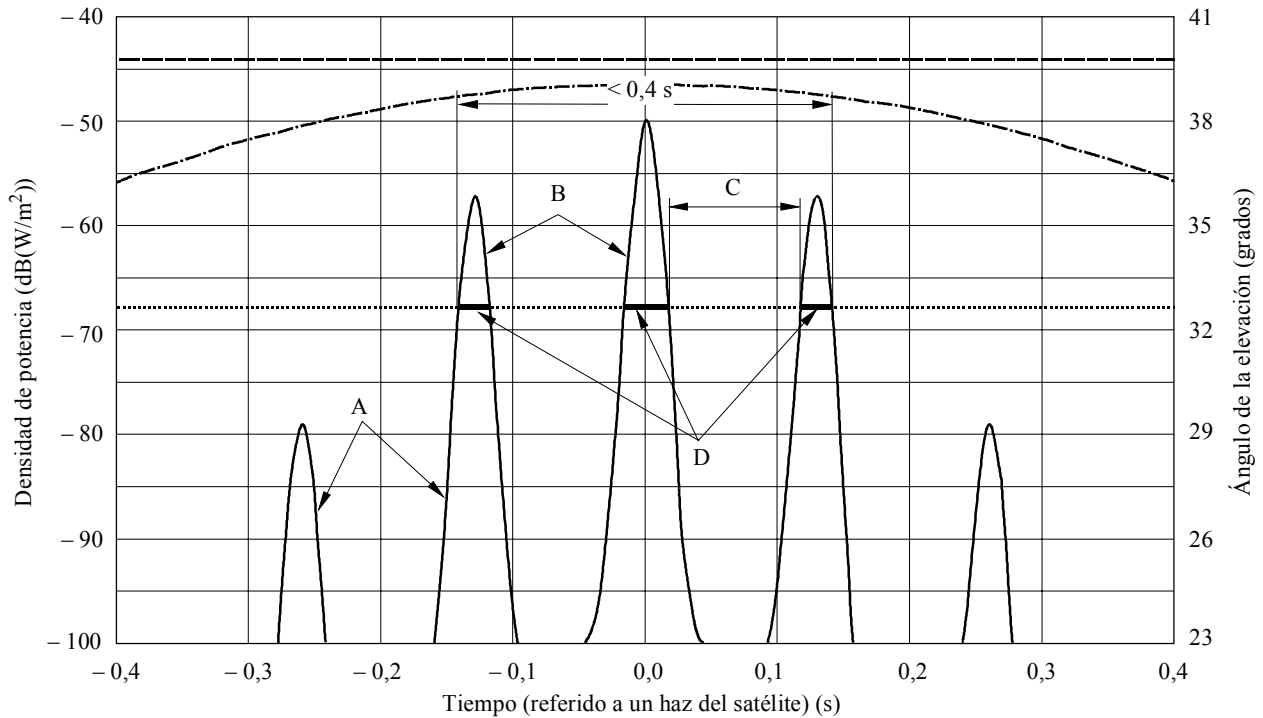


1281-02

El segundo ejemplo ilustra el *recomienda 2.2*. Se genera primero el perfil de la densidad de potencia de cresta en función del ángulo de elevación (Paso 1). La representación gráfica de ese perfil de densidad de potencia de cresta en función del ángulo de elevación y los perfiles de los límites del *recomienda 1* y *recomienda 2* (Paso 2) requiere nuevamente que sea similar a la Fig. 1, de la que resulta evidente que debe efectuarse el Paso 5. Se determina entonces el ángulo de elevación crítico y la distancia de seguimiento cruzado para el caso más desfavorable asociado. En este caso, supóngase que el ángulo de elevación crítico es $38,8^\circ$ y la densidad de potencia de cresta asociada es $-50 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. Se genera entonces el diagrama de densidad de potencia en función del tiempo para la distancia de seguimiento cruzado correspondiente (Subpaso 5a). Supóngase que el diagrama es el que se ilustra en la Fig. 3. Obsérvese que los lóbulos en esa Figura representan la envolvente de la forma de onda. Es intrascendente si la forma de onda bajo esa envolvente es una onda pulsante o continua. Se traza una línea horizontal a través de ese diagrama en el límite de detección larga pertinente (*recomienda 1*), y se determina el «intervalo de detección» y el «intervalo sin detección» por las anchuras de los lóbulos y las separaciones entre ellos a ese nivel de densidad de potencia (Subpaso 5b). En la Fig. 3, los «intervalos de detección» se indican con líneas horizontales cortas. El Subpaso 5b se considera únicamente con sus longitudes y las longitudes de tiempo que las separan. En este caso, los tiempos «sin detección» son menores que $0,4 \text{ s}$ de modo que no se aplica el *recomienda 2.1*. Sin embargo, los tiempos «con detección» son menores que $0,1 \text{ s}$, de modo que es necesario determinar si se aplica el *recomienda 2.2*. Esto se efectúa evaluando cuantitativamente los «intervalos de detección» y sumándolos. En este ejemplo, la suma es ligeramente menor que $0,1 \text{ s}$ y el primero y último cruce del límite del *recomienda 1* se separan en menos de $0,4 \text{ s}$. Por consiguiente, el sensor es compatible.

FIGURA 3

Diagrama hipotético de la densidad de potencia en función del tiempo que ilustra la aplicación de criterios para sensores de emisión continua que no satisfacen los *recomienda 1* y *2.1* pero sí el *recomienda 2.2*



- Límite del *recomienda 2*
- Ángulo de elevación
- Límite del *recomienda 1*

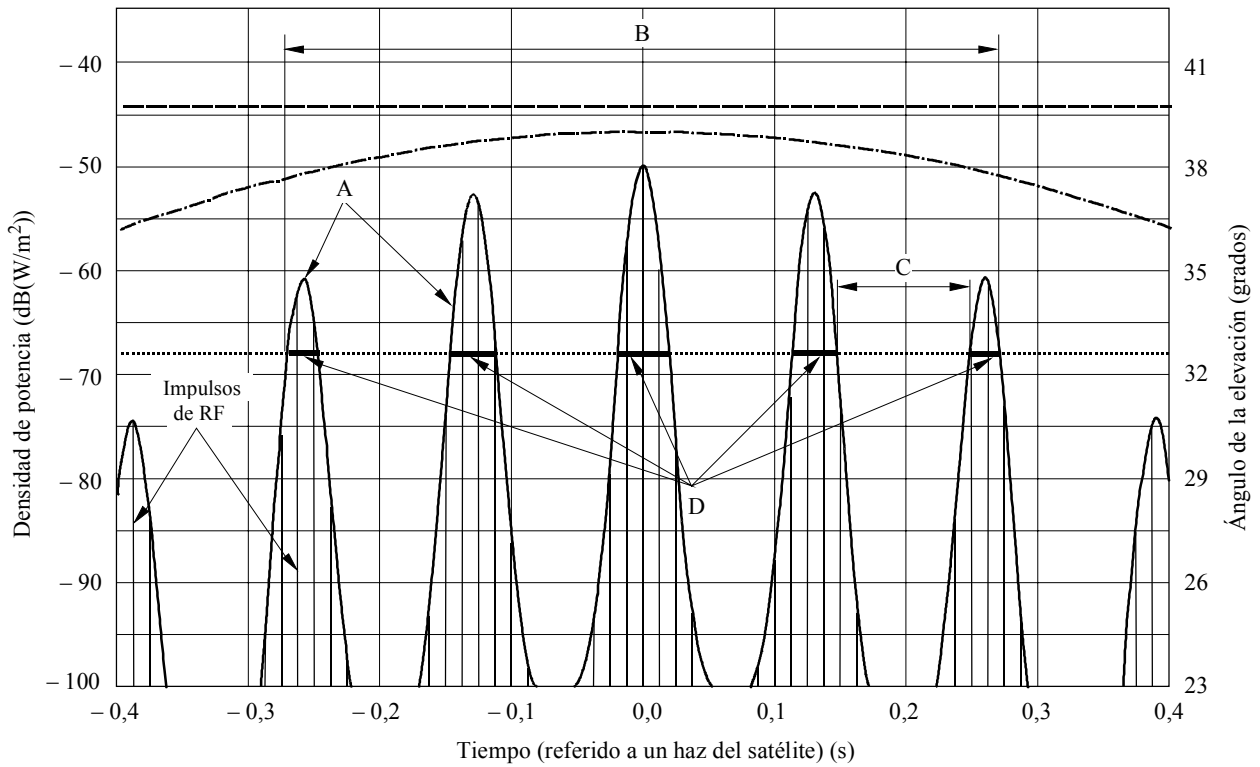
- A: densidad de potencia de emisión continua
- B: no satisface el *recomienda 1*
- C: intervalo sin detección $< 0,4$ s (no satisface el *recomienda 2.1*)
- D: el sensor es compatible con el *recomienda 2.2* ya que la suma de estos intervalos de detección es $< 0,1$ s y el primero y último cruce están separados en $< 0,4$ s

1281-03

El tercer ejemplo también ilustra el *recomienda 2.2*. Se efectúan los Pasos 1 a 4 exactamente igual que en el segundo ejemplo y nuevamente es necesario efectuar el Paso 5. En este ejemplo, el Subpaso 5a produce la envolvente de densidad de potencia mostrada en la Fig. 4. En este ejemplo, la forma de onda propiamente dicha se muestra como una secuencia de impulsos de RF dentro de la envolvente. Sin embargo, los detalles de la forma de onda bajo la envolvente son intrascendentes para los criterios de compatibilidad. Si bien el porcentaje de RF en el tiempo es bajo, los «intervalos de detección», así como los «intervalos sin detección», se determinan nuevamente con las anchuras de los lóbulos de la envolvente en el límite del *recomienda 1* pertinente y los tiempos que la separan, respectivamente, y el Subpaso 5b se basa únicamente en los tiempos determinados por la envolvente. Cada «intervalo de detección» en sí mismo es menor que $0,1$ s, pero los «intervalos sin detección» son menores que $0,4$ s, de modo que se aplica el *recomienda 2.2*. Sin embargo, en este ejemplo la suma de los «intervalos de detección» es alrededor de $0,16$ s, de modo que el sensor no es compatible. El sensor tampoco satisface el requisito del *recomienda 2.2* en el sentido de que el primero y el último cruce del límite fijado en el *recomienda 1* estén separados en menos de $0,4$ s.

FIGURA 4

Diagrama hipotético de la densidad de potencia en función del tiempo que ilustra la aplicación de criterios para un sensor de impulsos que no satisface los *recomienda 1 y 2 (2.1 y 2.2)*



- Límite del *recomienda 2*
- · - · - · Ángulo de elevación
- Límite del *recomienda 1*

- A: envolvente de la densidad de potencia de impulsos (no satisface el *recomienda 1*)
- B: > 0,4 s (no satisface el *recomienda 2.2*)
- C: intervalo sin detección < 0,4 s (no satisface el *recomienda 2.1*)
- D: el sensor tampoco satisface el *recomienda 2.2* ya que la suma de estos intervalos de detección es > 0,1 s