



**DAN 11 07**

**EMISIONES LASER**



EXENTA N° 01069 /

SANTIAGO, 28 SET. 2011

**RESOLUCIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL**

**VISTOS**

- a) Código Aeronáutico
- b) Ley N° 16.752 "Orgánica de la DGAC".
- c) Manual sobre emisores láser y seguridad de vuelo DOC. OACI 9815-AN/447
- d) Documento Orgánico y de Funcionamiento del DASA.
- e) Documento Orgánico y de Funcionamiento del Departamento Planificación.
- h) PRO ADM 02 "Estructura Normativa de la DGAC".

**CONSIDERANDO**

La necesidad de establecer criterios operacionales para el empleo de este equipamiento en el territorio nacional.

**RESUELVO**

**APRUÉBASE** la primera Edición de la DAN 11 07 "Emisiones Láser".

Anótese y comuníquese. (FDO.) **JAIME ALARCÓN PÉREZ, GENERAL DE BRIGADA AÉREA (A), DIRECTOR GENERAL.**

Lo que se transcribe para su conocimiento.



**DUNCAN SILVA DONOSO**  
CORONEL DE AVIACIÓN (A)  
DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN

**DISTRIBUCIÓN**

Plan "F"

**INDICE**  
**DAN 11 07**

<b>I.</b>	<b>PROPÓSITO</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>III.</b>	<b>MATERIA</b>	<b>1</b>
	<b>CAPÍTULO 1</b>	
	<b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS</b>	<b>2</b>
	1.1 Definiciones	2
	1.2 Abreviaturas, Símbolos y Unidades	8
	1.3 Unidades	9
	<b>CAPÍTULO 2</b>	
	<b>APLICACIÓN</b>	<b>11</b>
	2.1 Aplicabilidad	11
	2.2 Ámbito de utilización	11
	2.3 Aspectos generales	11
	<b>CAPÍTULO 3</b>	
	<b>EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS HACES LÁSER</b>	<b>12</b>
	<b>CAPÍTULO 4</b>	
	<b>FACTORES OPERACIONALES E INSTRUCCIÓN DE LA TRIPULACIÓN DE VUELO</b>	<b>13</b>
	4.1 Antecedentes	13
	4.2 Toma de conciencia de la situación	14
	4.3 Orientación en vuelo	14
	4.4 Procedimientos preventivos	15
	<b>CAPÍTULO 5</b>	
	<b>SEGURIDAD OPERACIONAL EN EL ESPACIO AÉREO</b>	<b>17</b>
	5.1 Generalidades	17
	5.2 Restricciones del espacio aéreo	17
	<b>CAPÍTULO 6</b>	
	<b>REQUERIMIENTOS PARA OPERACIONES LÁSER EN EL EXTERIOR</b>	<b>23</b>
	6.1 Autoridad y regulaciones	23
	6.2 Normativa para uso de láser al aexterior	23
	<b>CAPÍTULO 7</b>	
	<b>DOCUMENTACIÓN DE INCIDENTES Y RECONOCIMIENTO MÉDICO DESPUÉS DE ILUMINACIÓN SOSPECHOSA DE HAZ LÁSER</b>	<b>22</b>
	7.1 Procedimientos	22
	7.2 Documentación	22

**IV. VIGENCIA**

**22**

**V. ANEXOS**

ANEXO "A"  
AVISO DE PROPUESTA PARA REALIZAR OPERACIONES LÁSER AL  
EXTERIOR

ANEXO "B"  
CONFIGURACIÓN LÁSER

ANEXO "C"  
PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE RETÍCULA DE AMSLER



**DIRECCIÓN GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL**  
DEPARTAMENTO AERODROMOS Y SERVICIOS AERONÁUTICOS  
SUBDEPARTAMENTO SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO

# **NORMA AERONÁUTICA**

## **EMISIONES LASER**

Resolución N° 01069 de fecha 28 de septiembre de 2011

### **I. PROPOSITO**

Establecer criterios operacionales para las emisiones láser en territorio nacional.

### **II. ANTECEDENTES**

- a) Código Aeronáutico.
- b) Ley N° 16.752, "Orgánica de la DGAC".
- c) Manual sobre emisores láser y seguridad de vuelo DOC OACI 9815 -AN/447.
- d) Documento Orgánico y de Funcionamiento del DASA.
- e) Documento Orgánico y de Funcionamiento del Departamento Planificación.
- f) PRO ADM 02 "Estructura Normativa de la DGAC".

### **III. MATERIA**

Debido a que la utilización de emisores láser plantea un riesgo para la seguridad de las operaciones aéreas, es necesario establecer criterios operacionales para el empleo de este tipo de equipamiento en el territorio nacional, debiendo las dependencias de los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS) velar por el cumplimiento de las disposiciones de esta norma aeronáutica con el fin de asegurar el normal desempeño de los vuelos en las áreas involucradas.

## CAPITULO 1

### DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

#### 1.1 Definiciones

##### **ABSORCIÓN**

Transformación de la energía radiante en otra forma de energía (habitualmente calor), mediante la interacción con la materia.

##### **ÁNGULO INTERMEDIO**

Un ángulo añadido a la divergencia del haz o al campo previsto de proyección láser, a fin de garantizar una zona de protección.

##### **APARATO VESTIBULAR**

El órgano de equilibrio en el oído interior. Por su complicada anatomía también se denomina laberinto. Consta de canales semicirculares y de órganos otolitos.

##### **APERTURA LIMITADORA ( $D_r$ )**

El diámetro de un círculo sobre el cual se obtiene el promedio de irradiación o de exposición radiante para compararla con la exposición admisible máxima (MPE).

##### **ATENUACIÓN**

La disminución de potencia o energía del haz láser a medida que pasa por un medio absorbente o dispersante.

##### **CAVIDAD**

El ensamblaje óptico de un láser en el que habitualmente se incluyen dos o más espejos de alta reflexión, los cuales reflejan la radiación de vuelta al medio activo del láser.

##### **CEGUERA DE DESTELLOS**

La incapacidad de ver (ya sea temporalmente o permanentemente) como consecuencia de una luz brillante que entra al ojo y persiste después de que haya cesado la iluminación.

##### **CENTELLEO**

Cambios rápidos de los niveles de radiación en una sección transversal del haz láser causados por variaciones del índice de refracción en un medio como consecuencia de fluctuaciones de la temperatura y de la presión.

##### **CINTURA DEL HAZ**

La dimensión mínima de una sección transversal del haz.

##### **DENSIDAD ÓPTICA (OD)**

Una característica física de un material por la que se cuantifica la atenuación del haz láser.

##### **DESLUMBRAMIENTO**

Una perturbación temporal de la visión causada por la presencia de una luz brillante (tal como la de los faros de un automóvil que se acerca) en el campo de visión de un individuo. El deslumbramiento no está asociado a daños biológicos y dura solamente

mientras la luz brillante está en realidad presente en el campo de visión de un individuo.

### **DIÁMETRO DEL HAZ**

Para los fines del presente manual el diámetro del haz es la distancia radial que pasa por el centro de un haz láser en el que la irradiación es 1/e veces la irradiación en el centro del haz (o exposición radiante en el caso de un láser por impulsos).

### **DIFRACCIÓN**

Desviación de parte de un haz, determinada por la naturaleza de onda de la radiación, y que ocurre cuando la radiación pasa por el borde de un obstáculo opaco.

### **DISTANCIA NOMINAL DE PELIGRO OCULAR (NOHD)**

La distancia a lo largo del eje del haz láser, más allá de la cual no, se excede de la exposición admisible máxima (MPE) apropiada, es decir, una indicación de la distancia de "visión segura". Un término equivalente para la exposición de la piel es "distancia de peligro para la piel".

### **DIVERGENCIA ( $\phi$ )**

Para los fines del presente manual, la divergencia es el aumento de diámetro del haz láser en función de la distancia a la apertura de salida, basada en el ángulo completo en el punto en el que la irradiación (o exposición radiante en el caso de láser por impulsos) es 1/e veces el valor máximo.

### **DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN**

La duración del impulso o de una serie o tren de impulsos, o de una emisión continua de radiación láser que incide en el cuerpo humano.

### **DURACIÓN DE LOS IMPULSOS**

La duración de un impulso láser. habitualmente medida como el intervalo de tiempo entre los puntos de potencia media en los bordes anterior y posterior del impulso.

### **ENCLAVAMIENTO DE SEGURIDAD**

- 1) Dispositivo activado a la entrada de un laboratorio o recinto láser, que da por terminado el funcionamiento del láser o reduce la exposición del personal a un valor inferior al de exposición admisible máxima (MPE).
- 2) Un dispositivo que se activa al retirarse el alojamiento de protección de un láser, a fin de impedir una exposición superior a la admisible máxima (MPE).

### **ENERGÍA**

La capacidad de realizar trabajo. El contenido de energía se utiliza comúnmente para caracterizar la salida del láser por impulsos y, en general, se expresa en unidades de joules (J).

### **ENERGÍA RADIANTE (Q)**

La energía emitida, transferida o recibida como radiación. Unidad: joule (J).

### **ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**

La gama de frecuencias o de longitudes de onda dentro de las cuales se propagan las radiaciones electromagnéticas. El espectro varía desde las longitudes de onda corta, tales como rayos gama y rayos X, pasando por la radiación visible, hasta radiaciones de mayor longitud de onda de microondas y ondas de televisión y de radio.

**ESTADO EXCITADO**

El estado de un átomo o molécula cuando está en un nivel de energía superior a la de su estado normal o "básico".

**EXPOSICIÓN ADMISIBLE MÁXIMA (MPE)**

El nivel máximo de radiación láser internacionalmente aceptado al que pueden estar expuestos los seres humanos sin riesgo de daños biológicos en el ojo o en la piel.

**EXPOSICIÓN RADIANTE (H)**

La energía del haz láser por unidad de área, expresada en unidades joule por centímetro cuadrado (J/cm<sup>2</sup>) o joule por metro cuadrado (J/m<sup>2</sup>).

**FOTÓN**

En mecánica cuántica, la partícula más pequeña de radiación óptica.

**FRECUENCIA DE REPETICIÓN DE IMPULSOS (PRF)**

El número de impulsos que produce un láser en función del marco de tiempo aplicable dividido por ese marco de tiempo. Para trenes de impulsos uniformes que duran más de 1 seg; la PRF es el número de impulsos emitidos por el láser en 1 seg. Unidad: hertz (Hz).

**FUENTE**

Un emisor láser o una superficie reflectante iluminada por láser.

**HAZ**

Una colección de rayos que pueden ser paralelos, divergentes o convergentes.

**HAZ COLIMADO**

Un haz de radiación con una divergencia o convergencia muy bajas y, por consiguiente, considerado efectivamente como paralelo.

**HAZ CONFIRMADO**

La salida de un láser que está dirigido hacia el espacio aéreo pero confinado por un objeto conveniente que bloquea al haz o prohíbe la continuación del haz a niveles capaces de producir efectos psicológicos o perturbación de la visión.

**HAZ LÁSER DE EXPLORACIÓN**

La radiación láser que se traslada, es decir, tiene una dirección que varía en función del tiempo, una fuente o pauta de propagación, respecto a un marco de referencia estacionario.

**HAZ LÁSER INVISIBLE**

Una emisión láser de longitud de onda, ya sea más corta de 400 nm, ya sea superior a 700 nm. Las fuentes de emisión láser cercanas a estos límites de definición pueden ser capaces de producir un estímulo visual.

**IMAGEN SECUNDARIA**

Una imagen que permanece en el campo visual, después de la exposición a una luz brillante.

**INVERSIÓN DE LA POBLACIÓN**

La condición necesaria para que ocurra una amplificación de la luz, por la cual el número de átomos en un estado excitado, es superior al número de átomos en un estado de energía inferior.

**IRRADIACIÓN (E)**

La potencia por unidad de área, expresada en vatios por centímetro cuadrado (W/cm<sup>2</sup>), o vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

**LÁSER**

- 1) Acrónimo de amplificación de la luz por emisión estimulada de radiaciones.
- 2) Un dispositivo que produce un haz de radiación óptica intensa, coherente, direccional, estimulando la emisión de fotones mediante transiciones electrónicas o moleculares a niveles de energía inferiores.

**LÁSER POR IMPULSOS**

Un láser que entrega su energía mediante impulsos particulares, que duran menos de 0.25 s. Véase láser por impulsos repetitivos.

**LÁSER POR IMPULSOS REPETITIVOS**

Un láser que produce impulsos múltiples de energía radiante, que ocurren en secuencia con una frecuencia de repetición de impulsos (PRF) superior a 1 Hz.

**LÍMITE ACCESIBLE DE EMISIÓN (AEL)** La potencia o energía máximas de emisión accesible que se permiten en una clase particular de láser.

**LONGITUD DE ONDA ( $\lambda$ )**

La distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica, que tengan la misma fase. Se utiliza habitualmente para describir con un número el color de la radiación láser visible.

**LUZ (RADIACIÓN VISIBLE)**

Una forma de radiación electromagnética capaz de producir un estímulo visual en el ojo humano. Su longitud de onda varía desde aproximadamente 400 nm hasta 700 nm (entre los rayos ultravioletas e infrarrojos). Las fuentes láser de una potencia equivalente que estén ligeramente fuera de esta gama pueden producir estímulos visuales menos intensos.

**MITIGACIÓN**

Uso de medidas de control, destinadas a neutralizar los efectos en la seguridad del vuelo de los haces láser.

**NIVEL CRÍTICO**

La irradiación eficaz mínima de un haz láser visible que pueda interferir en el desempeño de una tarea crítica, debido a efectos visuales transitorios.

**NIVEL DE INTERFERENCIA VISUAL**

Un haz láser visible con una irradiación inferior a la exposición admisible máxima (MPE), que puede producir una respuesta visual que interfiere en el desempeño seguro de tareas sensibles o críticas, por parte de la tripulación de vuelo o de otro personal. Este límite varía de conformidad con la zona particular en la que esté funcionando el láser. Término genérico para describir un nivel crítico, un nivel sensible o un nivel libre de láser.

**NIVEL DE SENSIBILIDAD**

La irradiación eficaz mínima de un haz láser visible, que puede causar perjuicios temporales a la visión y, por consiguiente, interferir en el desempeño de tareas que

dependen de la visión. La iluminación a este nivel puede ser causa de imágenes secundarias o de ceguera de resplandor.

#### **NIVEL LIBRE DE HAZ LÁSER**

El nivel máximo de radiación óptica visible que no se prevé que cause interferencia visual en el desempeño de las tareas críticas de un individuo.

#### **OFICIAL DE SEGURIDAD LÁSER (LSO)**

Una persona con conocimientos para la evaluación y control de los peligros del láser y que tenga la responsabilidad de supervisión para control de estos peligros.

#### **ONDA CONTINUA (CW)**

La salida de un láser que está funcionando de modo continuo en lugar de funcionar en modo de impulsos. En las normas de seguridad láser, un láser que funcione con una salida continua, por un período superior a 0,25 seg, se considera como láser de onda continua.

#### **PERFIL DE HAZ GAUSIANO**

El perfil, en forma de campana de un haz láser cuando el láser está funcionando en su modo más sencillo.

#### **POTENCIA**

La proporción a la que se emite, se transfiere o se recibe energía. Unidad: watt (joule por segundo).

#### **POTENCIA PROMEDIO**

Energía total impartida durante la exposición dividida por la duración de la exposición.

#### **POTENCIA RADIANTE ( $\Phi$ )**

Potencia emitida, transferida o recibida como radiación. Unidad: watt (W).

#### **PRECISIÓN DE MIRA**

El ángulo máximo de error, previsto en la dirección del haz durante todos los usos previstos del emisor láser.

#### **PUNTO DE REFERENCIA DE AERÓDROMO (ARP)**

El lugar geográfico designado de un aeródromo.

#### **RADIACIÓN ACCESIBLE**

Radiación óptica a la que el ojo humano o la piel, pueden estar expuestos en la utilización normal.

#### **RADIACIÓN ACTÍNICA**

Radiación electromagnética en la parte visible y ultravioleta del espectro que es capaz de producir modificaciones fotoquímicas.

#### **RADIACIÓN COLATERAL**

Cualquier radiación electromagnética emitida por un láser, excepto el haz láser propiamente dicho, que sea necesaria para el funcionamiento del emisor láser o sea consecuencia de su funcionamiento.

#### **RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA**

El flujo de energía que está constituido por campos eléctricos y magnéticos que están

vibrando ortogonalmente. En la radiación electromagnética se incluye la radiación óptica, los rayos X y las ondas de radio.

### **RADIACIÓN INFRARROJA**

Para los fines del presente manual, la radiación electromagnética cuya longitud de onda esté dentro de la gama de 700 nm a 1 mm.

### **RADIACIÓN ÓPTICA**

Parte del espectro electromagnético, constituida por radiaciones infrarrojas, visibles y ultravioletas.

### **RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**

La radiación electromagnética de longitud de onda más corta que la de la radiación visible, para fines del presente manual: 180 a 400 nm.

### **RADIAN (rad)**

Ángulo plano entre dos radios de un círculo, que corta, sobre la circunferencia, un arco de longitud igual al radio.

### **RADICAL LIBRE**

Un átomo o grupo de átomos en un estado químico transeúnte, que contiene por lo menos un electrón sin par. Los radicales libres pueden ser producidos dentro de un tejido biológico o introducidos al mismo, en el que pudieran causar daños.

### **REFLEXIÓN**

Desviación de la radiación después de incidir en una superficie. Una reflexión puede ser difusa o especular. Véanse reflexión difusa y reflexión especular.

### **REFLEXIÓN DIFUSA**

El componente de una reflexión desde una superficie que no es capaz de producir una imagen virtual, tal como la que se encuentra habitualmente en pinturas de acabado liso o en superficies irregulares. Una superficie mate reflejará el haz láser en muchas direcciones. La observación de una reflexión difusa desde una superficie mate, puede producir una imagen pequeña o grande en la retina, dependiendo de la distancia del observador y del tamaño de la superficie iluminada.

### **REFLEXIÓN ESPECULAR**

Una reflexión de tipo espejo que habitualmente mantiene las características de dirección de un haz láser.

### **REFRACCIÓN**

El cambio de dirección de la luz cuando pasa de un medio a otro.

### **REGIÓN DE PELIGRO PARA LA RETINA**

Longitudes de onda entre 400 nm y 1 400 nm.

### **RESPUESTA DE AVERSIÓN**

El cierre de los párpados del ojo o el movimiento de la cabeza para evitar una exposición a un estimulante perjudicial o a una luz brillante. En las normas de seguridad láser, la respuesta de aversión (incluido el tiempo de reflejo de parpadeo) se supone que ocurre en un plazo de 250 milisegundos (0,25 s).

### **SOLICITANTE**

La entidad legal (corporación, compañía, individuo) que solicita realizar una operación

láser al exterior en una fecha y lugar específicos.

### **TRANSMISIÓN**

Paso de la radiación por un medio. Si no se absorbe toda la radiación, la que pasa a través se dice que ha sido transmitida.

### **ZONA DE PELIGRO**

El espacio dentro del cual, el nivel de radiación durante el funcionamiento de un emisor láser excede del límite de exposición aplicable. Véase también zona de peligro nominal (NHZ).

### **ZONA INTERMEDIA**

Un volumen de aire en torno al haz láser, todos los lugares posibles del haz láser y todas las reflexiones difusas o especulares peligrosas, dentro de los cuales se excede de la exposición máxima admisible (MPE) o de los niveles de interferencia visual. Comprende la divergencia del haz o la amplitud de exploración del haz láser más el ángulo intermedio y el alcance pleno del haz láser hasta el punto en que no se excede de la MPE ni de cualquier nivel aplicable de interferencia visual. El terreno natural o enmascaramientos del haz pueden truncar parte de este volumen.

### **ZONA NOMINAL DE PELIGRO (NFZ)**

El espacio dentro del cual, el nivel de radiación directa reflejada o dispersa, durante el funcionamiento de un emisor láser, excede de la exposición admisible máxima (MPE) aplicable. Los niveles de exposición más allá del límite de la zona NHZ son inferiores al nivel MPE aplicable.

### **ZONAS DE VUELO PROTEGIDAS**

Espacio aéreo específicamente destinado a moderar los efectos peligrosos de la radiación por rayos láser.

### **ZONA DE VUELO CRÍTICA DE RAYOS LÁSER (LCFZ)**

Espacio aéreo en la proximidad de un aeródromo, pero fuera de la LFFZ en que la irradiación queda limitada a un nivel, en el que no sea posible que cause efectos de deslumbramiento.

### **ZONA DE VUELO NORMAL (NFZ)**

Espacio aéreo no definido como LFFZ, LCFZ o LSFZ, pero que debe estar protegido de radiaciones láser, que puedan causar daños biológicos a los ojos.

### **ZONA DE VUELO SENSIBLE DE RAYOS LÁSER (LSFZ)**

Espacio aéreo exterior, y no necesariamente contiguo a las LFFZ y LCFZ en que la irradiación queda limitada a un nivel, en el que no sea posible que los rayos engeuezcan o tengan efectos post-imagen.

### **ZONA DE VUELO SIN RAYOS LÁSER (LFFZ)**

Espacio aéreo en la proximidad del aeródromo, donde la radiación queda limitada a un nivel en el que no sea posible que cause interrupciones visuales.

## **1.2 Abreviaturas, símbolos y unidades**

<b>ADI</b>	Indicador de dirección de actitud
<b>AEL</b>	Límite de emisión accesible

<b>AGL</b>	Nivel por encima del suelo
<b>ANSI</b>	Instituto Nacional Americano de Normas
<b>ARP</b>	Punto de referencia de aeródromo
<b>CIE</b>	Comisión Internacional de iluminación (Commission Internationale de l'Éclairage)
<b>CW</b>	Onda continua
<b>CZED</b>	Distancia de exposición a la zona crítica
<b>D,</b>	Apertura limitadora
<b>DIE</b>	Equipo telemétrico
<b>Hz</b>	Hertz
<b>J</b>	Joule
<b><math>\lambda</math></b>	longitud de onda
<b>LÁSER</b>	Amplificación de la luz por emisión estimulada de radiaciones
<b>LCFZ</b>	Zona de vuelo crítica para haz láser
<b>LFED</b>	Distancia de exposición libre de láser
<b>LFFZ</b>	Zona de vuelo libre de haz láser
<b>LIDAR</b>	Fotodetección , telemetría
<b>LSA</b>	Pérdida de la conciencia de la situación
<b>LSFZ</b>	Zona de vuelo sensible al haz láser
<b>LSO</b>	Oficial de seguridad láser
<b>MIL</b>	Máximo nivel de irradiación
<b>MPE</b>	Exposición admisible máxima
<b>mrad</b>	Miliradian
<b>Nd:YAG</b>	Neodymium yttrium-aluminium-gamet
<b>NFZ</b>	Zona normal de vuelo
<b>NHZ</b>	Zona nominal de peligro
<b>nm</b>	Manómetro
<b>NOHD</b>	Distancia nominal de peligro ocular
<b>NSHD</b>	Distancia de sensibilidad nominal de peligro
<b>OD</b>	Densidad óptica
<b>PCP</b>	Potencia precorregida
<b><math>\phi</math></b>	Divergencia del haz
<b><math>\Phi</math></b>	Potencia radiante
<b>PRF</b>	Frecuencia de repetición de impulsos
<b>Q</b>	Energía radiante
<b>SZED</b>	Distancia de exposición a zona sensible
<b>TVI</b>	Perturbación visual temporal
<b>VCF</b>	Factor de corrección visual
<b>VCP</b>	Potencia visualmente corregida
<b>W</b>	Watt
<b>YAG</b>	Yttrium-aluminium-garnet

### 1.3 Unidades

**e**

Letra que sustituye al número irracional que corresponde a la base de los logaritmos naturales: 2.71828183.....

**Hertz (Hz)**

Es la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es de un segundo.

**Joule (J)**

Trabajo realizado cuando el punto de aplicación de una fuerza de un newton, se desplaza

una distancia de 1 metro en la dirección de la fuerza,

**Miliradian (mrad)**

Unidad de medición angular utilizada para la divergencia del haz. Un miliradian es aproximadamente 0,057 grados (un 17° de un grado) o 3.44 minutos de arco.

**Watt (W).**

Es la potencia que da origen a la producción de energía de 1 joule por segundo.

## CAPITULO 2

### APLICACIÓN

#### 2.1 Aplicabilidad

Las disposiciones de la presente norma aeronáutica se aplican a todas las exposiciones, espectáculos, muestras con fines científicos, de investigación, de entretenimiento, etc; que sean llevadas a cabo en el exterior o que tengan alguna incursión en el espacio aéreo .

#### 2.2 Ámbito de utilización

En esta norma, se definen dos grupos principales de utilización, detallados a continuación:

- a) Uso de láser con propósitos de entretenimiento y demostración: Todos aquellos usos de láser que contemplen exposiciones, espectáculos, muestras, etc.
- b) Uso de láser con propósitos científicos y de investigación: Todos aquellos usos de láser que contemplen uso con fines científicos, como enfoque de telescopios, estudios atmosféricos o contemplen uso para investigación..

#### 2.3 Aspectos generales

Se definen en esta norma los procedimientos para el uso de láser en el exterior, siguiendo los criterios de zonas de protección recomendados por la OACI, generando el método por el cual los interesados deberán informar o solicitar autorización (en caso de exceder la norma) a la autoridad competente para operar láseres en el exterior, o que tengan alguna incursión en el espacio aéreo.

**CAPITULO 3**

**EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS HACES LÁSER**

- 3.1 La gama de posibles efectos biológicos asociados a la iluminación de un haz láser es un continuo de lesiones, reversibles e irreversibles o histológicas que dependen de las características físicas del haz láser, de factores ambientales y de la vulnerabilidad del tejido.
- 3.2 Por consiguiente es posible determinar una amplia y continua gama de efectos biológicos posibles, a la distancia de radiación óptica, que incluye tanto lesiones patológicas, (reversibles o irreversibles) e impactos en la actuación, todos los cuales representan una amenaza a la seguridad de las operaciones aéreas (Figura 3-1). Esto varía desde la distracción, el deslumbramiento y el resplandor pasando por la ceguera de destellos, una diversidad de imágenes secundarias y escotomas residuales hasta quemaduras de la retina, hemorragias de la retina o incluso un orificio ocular. También se incluyen fenómenos físicos y psicológicos que pudieran perturbar aún más la función visual y cognitiva durante una tarea particular. Por consiguiente, no es necesario que se exceda de MPE o se viole el umbral de NOHD antes de que puedan ocurrir efectos significativos.
- 3.3 Como mínimo, cualquier haz láser visible puede posiblemente distraer y perturbar psicológicamente. Durante una fase crítica del vuelo, incluso un haz láser de potencia baja pudiera ser letal para la tripulación y para los pasajeros, aunque no tenga la potencia de causar ninguna lesión biológica de los tejidos.
- 3.4 Una sola exposición a un haz láser puede inducir simultáneamente varios efectos. Tal exposición puede ser distractiva (ocasionalmente incluso aterradora), inducir defectos de deslumbramiento o resplandor, causar ceguera de destellos y crear imágenes secundarias y escotomas, así como producir una quemadura de la retina o un orificio o de inducir una hemorragia intraocular.

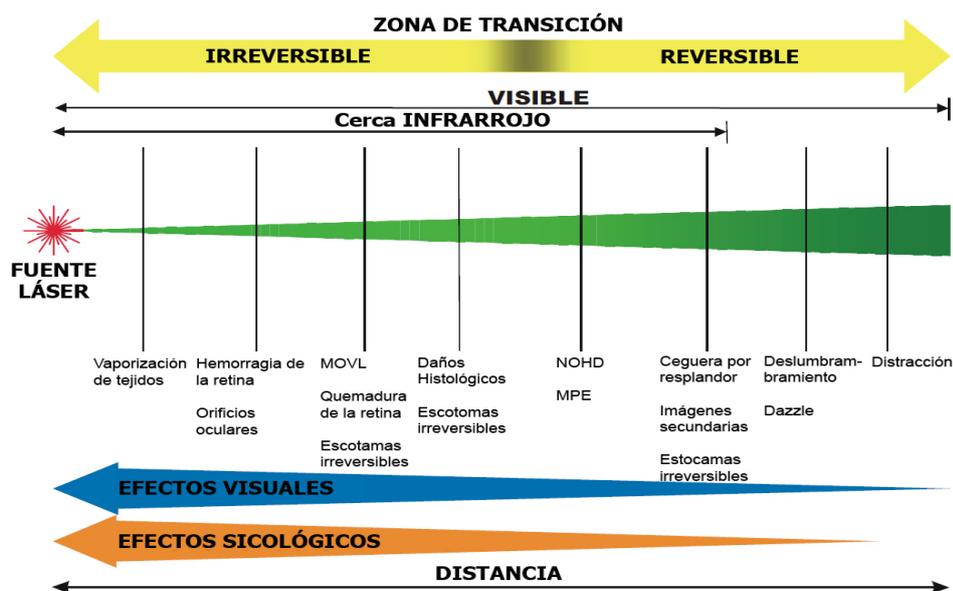


Figura 3-1. Gamas de efectos biológicos de haces láser

## CAPITULO 4

## FACTORES OPERACIONALES E INSTRUCCIÓN DE LA TRIPULACIÓN DE VUELO

**4.1 Antecedentes**

- 4.1.1 Una incidencia creciente de iluminaciones del personal de vuelo procedentes de haces láseres en vuelo, ha sido notificada en años recientes. Los incidentes han sucedido en primer lugar en aeropuertos situados muy cerca de grandes ciudades, de destinos de vacaciones y de centros de entretenimiento. Tales iluminaciones han llevado a respuestas de aversión (parpadeo, miradas de reojo, movimientos de la cabeza), perjuicios visuales temporales (TVI), pérdida temporal de la visión (1 VL), una diversidad de efectos psicológicos y medidas de evasión.
- 4.1.2 Hay dos situaciones en las que el funcionamiento de láser al exterior puede comprometer la seguridad operacional de la aviación. La primera, es cuando se excede de la MPE y pueden ocurrir lesiones físicas al ojo. La segunda situación, es cuando no se excede de la MPE, pero hay la posibilidad de perjuicios funcionales tales como ceguera de destellos, imágenes secundarias y deslumbramiento que puede interferir en las tareas visuales de los pilotos durante las fases críticas del vuelo.
- 4.1.3 Hay riesgos obvios para la seguridad de los vuelos asociados a la iluminación de haces láser durante las fases críticas del vuelo (particularmente procedimientos que requieren virajes continuos). Estos están causados por efectos oculares, vestibulares y psicológicos, los cuales uno por uno o combinados pueden llevar a la pérdida de la toma de conciencia de la situación (LSA). Los perjuicios visuales temporales hacen que el piloto dependa de otras entradas sensoriales, las cuales pueden proporcionar una información inadecuada, pero imperativa que lleve a decisiones incorrectas. Los perjuicios visuales temporales pueden asustar, distraer, perturbar, desorientar y en casos extremos incapacitar por completo.
- 4.1.4 Los pilotos reciben la mayoría de su información visual en vuelo y, por lo tanto, para mantener su toma de conciencia de la situación en un entorno dinámico, dependen de referencias frecuentes a sus instrumentos. Esta dependencia es mayor por la noche y es total en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC).
- 4.1.5 Es importante comprender la forma, por la que los pilotos entrenados interpretan, integran y procesan la información sin referencias visuales al mundo exterior. En toda la instrucción de vuelo por instrumentos, es un prerrequisito mantener el desempeño normal de las tareas, la integración de la información y la toma de conciencia de la situación al realizar operaciones de conformidad con las reglas de vuelo por instrumentos (IFR).
- 4.1.6 Los pilotos aplican una técnica de exploración visual, consistente en echar un vistazo en lugar de mirar detenidamente los instrumentos de vuelo. Los pilotos construyen imágenes mentales de su posición en el espacio, a partir de la información que proporcionan los instrumentos de vuelo. Se mantiene la orientación espacial mediante una comparación que hace el cerebro, entre los datos de entrada visuales y un modelo mental preexistente. Cuando las condiciones lo permiten se actualiza continuamente este modelo por referencia al mundo externo para fines de comparación y procesamiento.

## 4.2 Toma de conciencia de la situación

4.2.1 La toma de conciencia de la situación (SA), es la precisión con que la percepción de una persona de su medio ambiente es un espejo de la realidad. Determinan esta conciencia de la situación varios factores. Todo lo que lleve a la pérdida de esta conciencia, puede crear un peligro para la seguridad de los vuelos. Uno de los factores más críticos que probablemente estará afectado por la iluminación del haz láser es la orientación espacial.

4.2.2 La pérdida de la orientación espacial se denomina desorientación espacial. Puede clasificarse en tres tipos:

- a) Tipo I (desorientación no reconocida), que ocurre cuando una persona no es consciente de estar desorientada.
- b) Tipo II (desorientación reconocida), ocurre cuando una persona es consciente de estar desorientada y es capaz de compensarlo.
- c) Tipo III (desorientación incapacitante), ocurre cuando una persona es consciente de estar desorientada y no es capaz de compensarlo.

4.2.3 La iluminación de un haz láser puede ser causa de los tres tipos de desorientación, pero con máxima probabilidad será la causa de los tipos II y III.

## 4.3 Orientación en vuelo

4.3.1 La orientación en vuelo, está primariamente determinada por referencias que proporcionan los siguientes cuatro sentidos:

- a) Vista (visión): Este es el sentido por sí solo más importante, para mantener la orientación espacial durante el vuelo. Cuando la visión está deteriorada, se degrada la orientación espacial, puesto que las referencias relativas al movimiento y a la posición que proporcionan otros sentidos, no son fiables durante el vuelo.

La visión puede subdividirse en periférica y central, la visión periférica proporciona una resolución baja, pero es muy sensible al movimiento y a la luz. Se refiere primariamente a la pregunta "dónde" por lo que presta apoyo a la orientación espacial. La visión central proporciona una alta resolución y percepción de los colores, pero es menos sensible a la luz. Se refiere primariamente a la pregunta "qué". Con la pérdida de referencias para orientación visual, una información inadecuada, pero imperativa de otros sentidos es causa de una diversidad de ilusiones que a veces llevan a una desorientación incapacitante.

- b) Sentido vestibular (sentido del equilibrio): El aparato vestibular proporciona información del oído interior, respecto al movimiento y al equilibrio. Además, el oído medio proporciona información acerca de modificaciones de la presión ambiente. Normalmente los datos de entrada visuales, suprimirán los datos de entrada de otros sentidos. Puesto que el movimiento en vuelo es distinto de las otras actividades diarias, la pérdida de datos de entrada visuales es crítica, pues la información vestibular por sí sola, puede llevar a una percepción ilusoria de la actitud de vuelo y del movimiento en vuelo. Por ejemplo, para

estimular el oído interior, se requiere una aceleración angular de 0,5 a 2,2 grados por segundo, cada segundo. Cuando cesa la aceleración angular, por ejemplo, cuando se ha establecido un viraje a velocidad constante, el aparato vestibular ya no puede detectar el viraje. Sin referencias visuales, el piloto no reconocerá que la aeronave continúa virando.

- c) Propiocepción (sentido cinestético): Una diversidad de terminaciones de nervios sensoriales en la piel, las cápsulas articulares, músculos, ligamentos y estructuras auxiliares más profundas, son estimulados mecánicamente y, por lo tanto, están influenciados por las fuerzas que actúan en el cuerpo. Estos mecanorreceptores propioceptivos, proporcionan una información útil de equilibrio que se basa en la sensación de la posición y el movimiento. El sentido cinestético se conoce mejor entre los pilotos como "asiento de los pantalones". Por sí sola, la percepción cinestética de la actitud de una aeronave en el espacio no es fiable, pero puede fácilmente superarse por entradas sensoriales más vitales.
- d) Oído (audición). El sistema auditivo proporciona información acerca del nivel, tono y dirección del sonido. Los pilotos aprenden a reconocer algunos sonidos durante el vuelo. Por ejemplo, puede detectarse la circulación de aire por el parabrisas durante la aceleración y desaceleración de la aeronave y el cambio de tono, a medida que cambia el reglaje de potencia del motor,

4.3.2 La pérdida de las referencias visuales, como consecuencia de la iluminación de un haz láser, unida a una información inadecuada del aparato vestibular de los mecanorreceptores propioceptivos y del sistema auditivo, pueden llevar a una desorientación frecuentemente denominada por los pilotos "vértigo", que puede llevar a accidentes. Es necesaria por lo tanto, la instrucción, cursos de demostración de la desorientación y de la toma de conciencia del láser.

#### **4.4 Procedimientos preventivos**

##### 4.4.1 Procedimientos antes del vuelo

- a) Deberán consultarse los avisos a aviadores (NOTAM) para conocer el lugar y las horas de funcionamiento de actividades láser y deberán tenerse en cuenta, rutas de alternativa.
- b) Deberán consultarse las cartas aeronáuticas, respecto a actividades láser permanentes (parques de atracciones, instalaciones de investigación, etc.).

##### 4.4.2 Procedimientos en vuelo antes de la entrada al espacio aéreo en el que se sabe que hay actividades láser

- a) Deberán encenderse las luces exteriores, para ayudar a los observadores de tierra a localizar e identificar a la aeronave.
- b) Deberá activarse el piloto automático.
- c) Uno de los pilotos deberá observar los instrumentos para reducir a un mínimo los efectos de una posible iluminación.
- d) Deberán encenderse las luces en el puesto de pilotaje.

4.4.3 Procedimientos en vuelo durante una iluminación del puesto de pilotaje por haces láser y después de ella

4.4.3.1 Si un piloto está expuesto a una luz brillante que se sospecha ser un haz láser, se deben adoptar las siguientes medidas, para reducir el riesgo, a no ser que algunas de estas medidas comprometan la seguridad del vuelo:

- a) Apartar la mirada de la fuente luminosa.
- b) Apantallar los ojos de la fuente luminosa.
- c) Declarar la condición visual a otro piloto.
- d) Transferir el mando de la aeronave a otros pilotos.
- e) Conmutar a vuelo por instrumentos.
- f) Activar el piloto automático.
- g) Maniobrar o cambiar la posición de la aeronave, de forma que el haz láser ya no ilumine el puesto de pilotaje.
- h) Evaluar la función visual, por ejemplo, leyendo los instrumentos o las cartas de aproximación.
- i) Evitar frotarse los ojos.
- j) Notificar al control de tránsito aéreo (ATC), acerca de cualquier iluminación en vuelo que se sospeche proceda de un haz láser y, de ser necesario, declarar una emergencia.

4.4.3.2 Es importante informar a las autoridades competentes, acerca de cualquier iluminación en vuelo que se sospeche ser un haz láser. Después del aterrizaje, el piloto deberá informar a las autoridades y proporcionar los detalles del incidente, seguidamente requerir una evaluación médica inmediata, de preferencia de un especialista competente en visión. La documentación sobre incidentes y el reconocimiento médico se presenta en el Capítulo 7.

## CAPITULO 5

### SEGURIDAD OPERACIONAL EN EL ESPACIO AÉREO

#### 5.1 Generalidades

Se tomarán medidas adecuadas, para evitar que las emisiones de los rayos láser afecten negativamente a las operaciones de vuelo. Además:

- a) Ninguna persona dirigirá intencionalmente, una proyección de un haz láser o de otra luz de alta intensidad, a una aeronave, de tal modo que, cree un peligro para la seguridad de la aviación, daños a la aeronave o lesiones a su tripulación o pasajeros.
- b) Cualquier persona que utilice o prevea utilizar láseres u otras luces de alta intensidad dirigidas al exterior, de tal manera que el haz láser u otro haz luminoso pueda penetrar en el espacio aéreo, con suficiente potencia para ocasionar un peligro de aviación, deberá solicitar autorización por escrito a la autoridad competente.
- c) Ningún piloto al mando, realizará deliberadamente operaciones con una aeronave hacia un haz láser o hacia otro haz luminoso de alta intensidad dirigido, a no ser que esté protegida la seguridad del vuelo.

#### 5.2 Restricciones del espacio aéreo

5.2.1 Para proteger la seguridad de la aviación en las cercanías de los aeródromos, de los helipuertos y de algunas otras zonas tales como: los corredores para aeronaves con reglas de vuelo visual (VFR) a poca altura, es necesario proteger al espacio aéreo afectado frente a haces láser peligrosos.

5.2.2 De conformidad con lo dispuesto en el DAR 14, el espacio aéreo alrededor de los aeródromos, se designará clasificándolo como zonas de vuelo sensibles a haz láser, zonas de vuelo críticas para haz láser y zonas de vuelo libres de haz láser, a fin de impedir que los haces láser visibles interfieran en la visión del piloto, incluso si no se excede de la exposición admisible máxima (MPE). El haz de un láser visible no debe penetrar en ninguna de estas zonas, si la irradiación es superior al nivel de interferencia visual correspondiente, a no ser que se empleen medios adecuados de protección para impedir la exposición del personal. Los láseres con irradiaciones de haz inferiores a la MPE, pero que excedan del nivel sensible o del nivel crítico estarían autorizados para funcionar en la zona sensible o en la zona crítica, respectivamente, si se utilizaran medios adecuados para impedir que las aeronaves entren en la trayectoria del haz.

5.2.3 Zona de vuelo libre de haz láser (LFFZ)

La LFFZ es la parte del espacio aéreo en las proximidades inmediatas del aeródromo; hasta e incluyendo una altura de 600 m (3 000 ft) por encima del nivel del suelo (AGL), prolongándose a 3 700 m (2MN) en todas las direcciones, medidos desde el eje de la pista, más una prolongación de 5 600 m (3 MN), 750 m (2 500 ft) a cada lado de la prolongación del eje de cada una de las pistas utilizables. Dentro

de esta zona se restringe la intensidad de la luz láser, a un nivel de perturbación visual improbable. Las siguientes condiciones se aplican a la LFFZ:

- a) Las pistas paralelas se miden desde el eje de la pista, hacia los márgenes más alejados, más el espacio aéreo entre los ejes de pista.
- b) Dentro de este espacio aéreo, la irradiación no ha de exceder de  $50 \text{ nW/cm}^2$ , a no ser que se aplique alguna forma de mitigación. El nivel de brillo así producido, no se distingue de la luz ambiente de fondo.
- c) Para permitir operaciones láser por debajo de la trayectoria de llegada, puede aplicarse una pendiente de 1:40 a las prolongaciones de 5.600 m. Esta pendiente se calcula a partir del umbral de la pista.

#### 5.2.4 Zona de vuelo crítica para haz láser (LCFZ)

La LCFZ es el espacio aéreo hasta una distancia de 18 500 m (10 NM) del punto de referencia de aeródromo (ARP), desde la superficie hasta e incluyendo una altura de 3 050 m (10 000 ft) AGL (véanse las Figuras 5-1, 5-2 y 5-3,). Dentro de este espacio aéreo la irradiación no ha de exceder de  $5 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ , a no ser que se aplique alguna forma de mitigación. Esta irradiación, aunque es capaz de causar efectos de deslumbramiento, no producirá ningún nivel de brillo suficiente para causar ceguera de destellos o efectos de imágenes secundarias.

#### 5.2.5 Zona de vuelo sensible al haz láser (LSFZ)

La LSFZ es la parte del espacio aéreo fuera de la LFFZ y de la LCFZ en que la irradiación no ha de exceder de  $100 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$ , a no ser que se aplique alguna forma de mitigación. El nivel de brillo así producido, puede empezar a causar ceguera de destellos o efectos de imágenes secundarias de corta duración; sin embargo; este límite proporcionará protección frente a efectos graves.

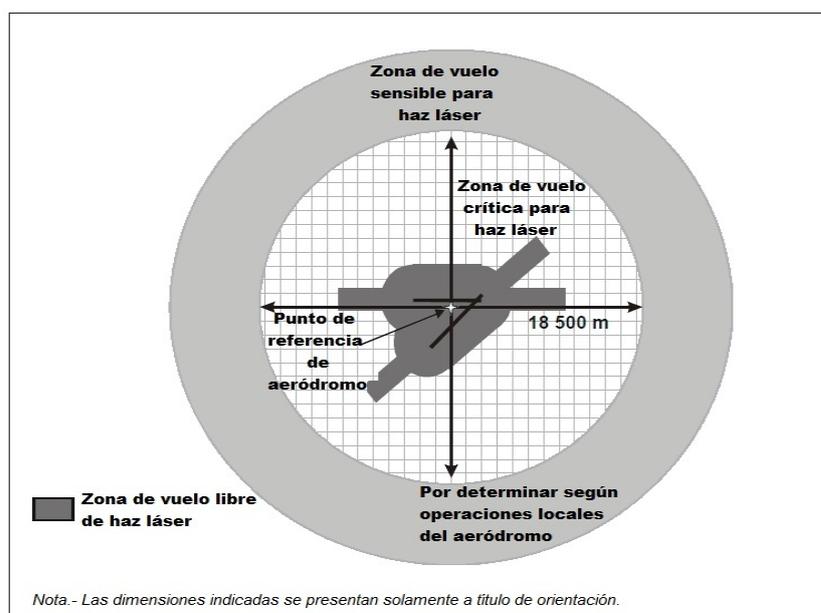


Figura 5-1. Zonas de vuelo protegidas

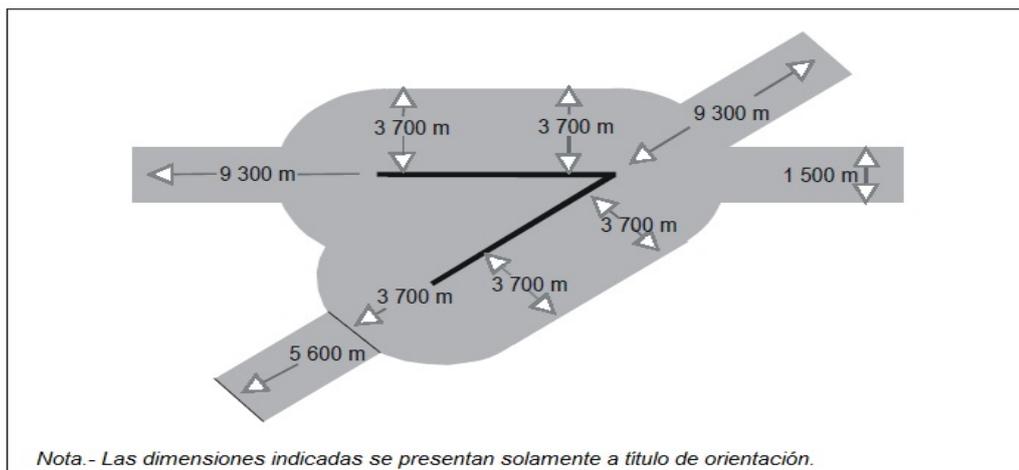


Figura 5-2. Zona de vuelo libre de haz láser para pistas múltiples (LFFZ)

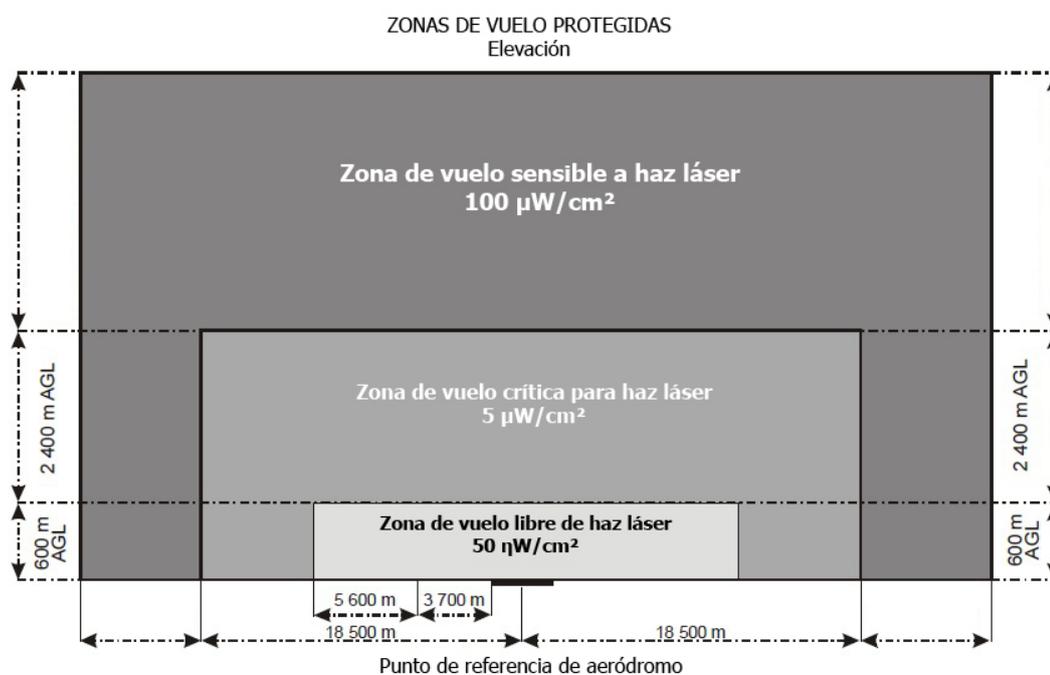


Figura 5-3. Zonas de vuelo protegidas con indicación de niveles máximo de irradiación para haces láser visibles

5.2.6 La magnitud del espacio aéreo afectada por alguna operación láser, varía con la potencia de salida de los sistemas láser que se mide en vatios o joules. Se utilizarán los siguientes niveles de irradiación máxima (MIL), para evaluar actividades láser en las proximidades inmediatas de un aeródromo:

- a) LFFZ: MIL igual o inferior a  $50 \text{ nW}/\text{cm}^2$
- b) LCFZ: MIL igual o inferior a  $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
- c) LSFZ: MIL igual o inferior a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

## CAPÍTULO 6

### REQUERIMIENTOS PARA OPERACIONES LÁSER EN EL EXTERIOR

#### 6.1 Autoridad y Regulaciones

La autoridad nacional competente, encargada de regular, controlar, desarrollar la planificación y formular la normativa con respecto al uso de láser en el exterior, o que tengan alguna incursión en el espacio aéreo, es el Subdepartamento Servicios de Tránsito Aéreo, perteneciente al Departamento de Aeródromos y Servicios Aeronáuticos DASA.

#### 6.2 Normativa para uso de láseres al exterior

6.2.1 Como se muestra en las figuras 5-1, 5-2 y 5-3, existen restricciones para el uso de láser en el espacio aéreo. Estas restricciones se detallan en 5.2.6. Las autorizaciones de propuestas de uso laser que sobrepasen estas restricciones, solo se otorgarán a propuestas láser con fines científicos y/o de investigación.

6.2.2 Normativa en caso de no sobrepasar los límites deifnidos para cada zona de vuelo

- a) Cualquier persona/institución que desee operar láseres en el exterior, o que tengan alguna incursión en el espacio aéreo, y que no sobrepase los límites establecidos en 5.2.6, deberá notificar a la autoridad competente, a través del formulario de aviso de propuesta para realizar operaciones láser al exterior, adjunto en el Anexo A.
- b) La notificación a través del Formulario de aviso de propuesta para realizar operaciones láser al exterior debe ser remitida al Subdepartamento de Tránsito Aéreo con al menos 20 días hábiles antes de la fecha de la propuesta.
- c) La persona/institución es responsable de proveer de toda la información necesaria y que pueda ser relevante para el estudio de la propuesta, dentro de los plazos establecidos en la misma.

6.2.3 Normativa en caso de sobrepasar los límites deifnidos para cada zona de vuelo

- a) Cualquier persona/institución que desee operar láseres en el exterior, o que tengan alguna incursión en el espacio aéreo, y que sobrepasen los límites establecidos en 5.2.6, deben notificar a la autoridad competente a través del formulario de aviso de propuesta para realizar operaciones láser al exterior, adjunto en el Anexo A, y someterse al proceso de aprobación de propuesta descrito en esta normativa.
- b) La notificación a través del formulario de aviso de propuesta para realizar operaciones láser al exterior, debe ser remitida al Subdepartamento Servicios de Tránsito Aéreo con al menos 20 días hábiles, antes de la fecha de la propuesta. El Subdepartamento Servicios de Tránsito Aéreo entregará una respuesta formal, en un plazo de 5 días hábiles, desde la fecha de recepción de la propuesta.

- c) En caso de rechazo de la propuesta, el solicitante contará con un plazo máximo de 2 días hábiles para apelar a la resolución, y de 5 días hábiles para realizar las modificaciones necesarias, siendo un Inspector ATS el encargado de autorizar o denegar la propuesta, luego de que las modificaciones necesarias sean realizadas.
- d) La persona/institución es responsable de proveer de toda la información necesaria y que pueda ser relevante para el estudio de la propuesta, dentro de los plazos establecidos.
- e) Las determinaciones de la autoridad competente, se basará en las conclusiones obtenidas luego de una evaluación aeronáutica, que será llevada a cabo por un Inspector ATS, en forma presencial (cuando sea necesario), en el emplazamiento de la propuesta.
- f) El DASA deberá realizar una evaluación aeronáutica de todas las propuestas de operación láser en el exterior, o que tengan alguna incursión en el espacio aéreo, para asegurar que este tipo de operaciones no tengan un efecto perjudicial a la seguridad operacional del espacio aéreo.
- g) Cada configuración láser a utilizar, debe contar con un sistema físico en el emplazamiento o a distancia, que impida que el haz láser sea dirigido a zonas protegidas.
- h) En consecuencia, para lograr soluciones equitativas en cuanto a las operaciones láser en el espacio aéreo, debe quedar claro que la preservación de la seguridad operacional es la prioridad.
- i) Todos los emplazamientos que utilicen algún sistema láser que sobrepase los valores máximos permitidos y que tengan autorización para operar, deberán contar con un plan de contingencia o procedimiento de interrupción de la emisión del haz láser al espacio aéreo, y demostrar su efectividad y operación a los inspectores de la DGAC.

## CAPÍTULO 7

### DOCUMENTACIÓN DE INCIDENTES Y RECONOCIMIENTO MÉDICO DESPUÉS DE ILUMINACIÓN SOSPECHOSA DE HAZ LÁSER

#### 7.1 Procedimientos

Siempre que ocurra una iluminación imprevista de una fuente desconocida, debe sospecharse un incidente láser y notificarse, utilizando la documentación correspondiente. Además, se debe realizar un reconocimiento básico de los ojos a través de la prueba de retícula de Amsler, para verificar que no han ocurrido lesiones permanentes y se debe consultar sin demora a un optometrista, oftalmólogo o a algún examinador médico para confirmar el diagnóstico inicial. Se incluye en esta normativa, en el Anexo B, el Procedimiento de prueba de retícula Amsler.

Cualquier incidente con Haz laser debe ser notificado a través de los formularios de incidentes u otros sucesos según lo estipulado en la DAP 11 00.

#### 7.2 Documentación

La documentación anexada, debe ser entregada al Subdepartamento Servicios de Tránsito Aéreo, perteneciente al Departamento Aeródromos y Servicios Aeronáuticos; de manera rápida y oportuna, lo que permitirá realizar las gestiones necesarias para prevenir futuros eventos.

#### IV. VIGENCIA

La presente DAN entra en vigencia en la fecha de la Resolución de aprobación

## ANEXO "A"

## AVISO DE PROPUESTA PARA REALIZAR OPERACIONES LÁSER AL EXTERIOR

A: (autoridad competente)	DE: (solicitante)	Fecha del informe:
---------------------------	-------------------	--------------------

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

Suceso o instalación		
		Dirección del emplazamiento
<b>LUGAR GEOGRÁFICO</b>		
Latitud ____ grado (°) ____ min (') ____ seg (")	Latitud ____ grado (°) ____ min (') ____ seg (")	
Elevación sobre tierra del emplazamiento (sobre el nivel medio del mar)	Elevación del láser sobre tierra (si está en un edificio, etc)	Determinado por: GPS <input type="checkbox"/> Mapa <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> (especificar)
<b>FECHA Y HORAS DE OPERACIONES LÁSER</b>		
Pruebas y alineación	Operaciones	

**2. DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS OPERACIONES**

--

**3. INFORMACIÓN SOBRE LAS OPERACIONES EN EL EMPLAZAMIENTO**

Operadores	
Teléfono del lugar # 1	Teléfono del lugar # 2
<b>DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS MEDIDAS DE CONTROL</b>	

**4. ADJUNTO**

Número de configuraciones láser [Llene un ejemplar de la página dos, de este aviso para cada configuración]
Presente una lista de otros adjuntos necesarios para evaluar esta operación (detalle de medidas de control, mapas, diagramas, etc.)

**5. PERSONA DESIGNADA PARA CONTACTOS**

Nombre		Cargo	
Teléfono	Fax	Correo electrónico	
<b>DECLARACION DE PRECISION</b> Según mis mejores conocimientos, la información proporcionada en este aviso de propuesta es precisa y correcta.			
Nombre		Cargo	
Firma		Fecha	

## ANEXO "B"

## CONFIGURACIÓN LÁSER

Llene un ejemplar de este formulario para cada láser o configuración láser utilizados en el emplazamiento.

## 1. INFORMACIÓN SOBRE CONFIGURACIÓN

Nombre del suceso/instalación	Esta página es el número de configuración ____ de ____	Fecha del informe
Descripción breve de la configuración		

## 2. CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS DEL HAZ

Modo de operación	<input type="checkbox"/> Un solo impulso	<input type="checkbox"/> Onda continua	<input type="checkbox"/> Impulsos repetitivos
Tipo de láser (Medio Láser)			
Potencia Watts (W)	(no aplicable)	Máxima potencia	Potencia promedio
Energía por impulsos Joules (J)		(no aplicable)	
Anchura de impulsos Segundos (s)		(no aplicable)	
Frecuencia de repetición de impulsos Hertz (Hz)	(no aplicable)	(no aplicable)	
Diámetro del haz a puntos 1/e Centímetros (cm)			
Divergencia 1/e del haz en ángulo completo Miliradianes (mrad)			
Longitudes de onda Nanómetros (nm)			
<b>CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN MÁXIMA ADMISIBLE (MPE)</b> (se utilizará para calcular NOHD)			
MPE $W/cm^2$	(no aplicable)		
MPE por impulsos $J/cm^2$		(no aplicable)	
<b>CÁLCULOS DEL EFECTO VISUAL</b> (se utilizará solamente para láseres visibles a fin de calcular SZED, CZED y LFED)			
Potencia precorregida (PCP) Watts (W)	Energía por impulsos (J) x 4	Potencia máxima (de lo anterior)	Potencia promedio o energía por impulsos (J) x PRF (Hz)
Factor de corrección visual (VCF) Complete con '1,0' o utilice la Tabla 5			
Potencia visualmente corregida PCP x VCF			

### 3. DIRECCIONES DEL HAZ

Azimut (grados) <input type="checkbox"/> Verdaderos <input type="checkbox"/> Magnéticos	Declinación magnética (grados)
Ángulo de elevación mínima (grados, cuando la horizontal = 0)	Ángulo de elevación máxima (grados)

### 4. DISTANCIAS CALCULADAS A PARTIR DE LOS DATOS PRECEDENTES

(Complete las tres columnas para NOHD. Si se trata de un láser visible, complete las tres columnas para SZED, CZED y LFED)

	Distancia oblicua (ft)	Distancia horizontal (ft)	Distancia vertical (ft)
<b>DISTANCIA NOMINAL DE PELIGRO OCULAR</b>			
NOHD (en base a MPE)			
<b>DISTANCIA DEL EFECTO VISUAL</b> Si el láser no tiene longitudes de onda en la gama visible (400 a 700 nm), ingrese 'N/A' en todas las casillas siguientes.			
SZED (para nivel de 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )			
CZED (para nivel de 5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )			
LFED (para nivel de 50 $\eta\text{W}/\text{cm}^2$ )			

### 5. MÉTODO DE CÁLCULO

<input type="checkbox"/> Soporte lógico comercial (ponga en letras impresas el nombre del producto)	<input type="checkbox"/> Otros [plantilla de cálculos, calculadora, etc]
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

---

**FORMULARIO DE INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR UN AVISO DE PROPUESTA**  
**(página 1)**

---

La autoridad competente utilizará la información que figura en el presente formulario para realizar un estudio aeronáutico conducente a evaluar la seguridad de una operación láser propuesta. Es obligación del explotador láser proveer de toda la información que la autoridad pudiera requerir para realizar el estudio. Si fueran necesarios otros detalles, indíquelos en la sección 'Adjuntos' del presente formulario.

**A:** Ingrese nombre y dirección de la Oficina de la autoridad competente responsable de la zona que incluye el emplazamiento de operación láser.

**De:** Ingrese nombre, dirección, teléfono y correo electrónico del solicitante. Esta es la parte primariamente responsable de la seguridad del láser en esta operación. En algunos casos, el solicitante es un fabricante o un organismo gubernamental y el láser esta situado en un sitio distinto. En tal caso, indique la lista de solicitantes en este lugar; el lugar del emplazamiento se completa en otra parte del formulario.

**Fecha del informe:** Esta es la fecha en que el informe ha sido preparado o enviado a la autoridad. No es la fecha de operación del láser.

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Suceso e instalación:** Ingrese el nombre del suceso (para espectáculos temporales) o el nombre de la instalación (para instalaciones permanentes).

**Cliente:** Si el usuario láser es distinto del solicitante, complete la sección 'cliente'; de no ser así, complete con 'el mismo que el solicitante'.

**Dirección del emplazamiento:** Calle, ciudad, provincia y región.

### LUGAR GEOGRÁFICO

**Latitud y Longitud:** Compruebe que la latitud y longitud se han especificado en grados, minutos y segundos. En algunos mapas y dispositivos puede presentarse esta información como 'grados, decimales'; esto debe convertirse a grados, minutos y segundos.

**Elevación sobre el suelo del emplazamiento:** Esta es la elevación en pies por encima del nivel medio del mar en el emplazamiento del espectáculo. Puede consultarse un mapa topográfico u otra fuente.

**Elevación del láser por encima del suelo:** Si el láser se encuentra en un edificio o en otra estructura elevada, indique la altura del láser en pies por encima del suelo.

*Nota.- En el caso de láseres en aeronaves o naves espaciales, adjunte información sobre los lugares y altitudes de vuelo.*

### FECHAS Y HORAS DE OPERACIÓN LÁSER

**Pruebas y alineación:** Ingrese las fechas y horas durante las cuales tuvieron o tendrán lugar las pruebas y los procedimientos de alineación.

**Operación:** Ingrese las fechas y horas durante las cuales la luz láser penetrará en el espacio aéreo.

## 2. DESCRIPCIÓN BREVE DE LA OPERACIÓN

Esta debería ser una reseña general. Se describe con detalle las configuraciones específicas de la operación láser utilizándose el formulario de 'Configuración Láser'. De ser necesario, adjunte páginas adicionales.

## 3. INFORMACIÓN SOBRE LA OPERACIÓN EN EL EMPLAZAMIENTO

**Operadores:** Nombre o cargo de los explotadores.

**Teléfonos en el emplazamiento:** Debe existir al menos un enlace telefónico directo en funcionamiento para enlaces con el explotador o un modo equivalente de comunicarse rápidamente con él (Por ejemplo, telefoneando a una estación central que esté en comunicación con el explotador por radio). Se indican en el formulario dos números de teléfono de forma que uno pueda utilizarse como alternativa o reserva.

## DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS MEDIDAS DE CONTROL

Describa las medidas de control empleadas para proteger el espacio aéreo; por ejemplo, terminación de un edificio (cuando la trayectoria del haz no es accesible por aeronaves, incluidos helicópteros), uso de observadores, uso de equipo radar y de formación de imágenes, métodos físicos de limitar la trayectoria del haz, etc., cuanto más dependa la operación de medidas de control para garantizar la seguridad, mas detallada debería ser la descripción.

## 4. ADJUNTOS

**Número de configuraciones láser:** Indique una lista del número de 'configuraciones láser' que presenta con esta propuesta. Si un emplazamiento particular funciona con mas de un láser con distintas características de haz (reglajes de potencia, modos de impulsos, divergencia, etc.), o hay múltiples dispositivos de salida (Por ejemplo, colimadores de proyección), entonces cada una debería ser analizada como una configuración láser separada utilizando el formulario de 'Configuración Láser'.

**Lista de adjuntos adicionales:** Pudiera requerirse que añada adjuntos tales como mapas, diagramas y detalles de medidas de control. Incluya cualesquier material que juzgue necesario para prestar asistencia a la autoridad en evaluar de modo adecuado su propuesta.

## 5. PERSONA DESIGNADA PARA CONTACTOS

Es la persona con la que se pondrá en contacto, la autoridad, si se requiere información adicional. Deberá ser la persona con más conocimientos acerca de la operación del láser. Sin embargo, pudiera también ser una persona que centralice los contactos, que se comunique con la autoridad y con el personal de funcionamiento del láser. La persona designada para contactos, debe trabajar para el solicitante que figura en la casilla 'Desde' en la parte superior del formulario, o bien, representarlo.

## DECLARACIÓN DE PRECISIÓN

La persona designada para contactos deberá firmar el formulario. Sin embargo, en algunos casos la responsabilidad de la precisión de la información le incumbe a otra persona, tal como un oficial de seguridad láser que no actúa como persona de contacto. Por consiguiente, la persona que tenga la autoridad de establecer el contacto con el solicitante debe firmar el formulario.

---

## FORMULARIO DE INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR LA CONFIGURACIÓN LÁSER (página 2)

---

Una sola operación al exterior, puede tener varios láseres o ‘configuraciones láser’ – reglajes de potencia, modos de impulsos, divergencia, etc. En el formulario de aviso de propuesta, en la primera hilera de la tabla de ‘Adjuntos’ ingrese el número de configuraciones distintas de láser para operación al exterior. Seguidamente, complete el formulario de configuración láser para cada una de las diversas configuraciones que han de analizarse.

**Análisis de alternativa:** Este formulario y las tablas adjuntas deben cubrir una gran variedad de configuraciones láser. Están necesariamente simplificados y en ellos se aplican hipótesis prudentes. Algunas configuraciones láser pueden exigir un análisis más complejo. Tal análisis de alternativa, debe basarse en métodos establecidos. Deben presentarse documentos acerca de los métodos y de los cálculos.

### 1. INFORMACIÓN SOBRE CONFIGURACIÓN

**Descripción breve de la configuración:** Describa el haz proyector o el sistema de direccionamiento. Incluya la descripción de la configuración del emplazamiento. Adjunte información adicional si requiere mas espacio.

### 2. CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS DEL HAZ

En esta sección se requieren datos acerca de las características del haz láser. Los datos pueden obtenerse por medición directa, especificaciones del fabricante o instrumentos especializados.

**Modo de operación:** Determine el modo de operación para esta configuración (único impulso, onda continua o impulsos repetitivos). Marque la columna apropiada y complete solamente esta columna para el resto de esta sección de características y cálculo del haz.

- **Un solo impulso:** Láseres que producen un solo impulso de energía con una anchura de impulso  $<0,25$  segundos o una frecuencia de repetición de impulsos  $<1$  Hz.
- **Onda continua:** Láser que produce una salida continua (no por impulsos) por un periodo  $\geq 0,25$  segundos.
- **Impulsos repetitivos:** Láseres que producen impulsos repetidos de energía a una frecuencia de 1 Hz o más rápida.

*Nota sobre ‘impulsos repetitivos’ por comparación con exploración:* Los ‘impulsos repetitivos’ se refieren a láseres que emiten naturalmente impulsos repetitivos, tales como láseres de Q-conmutados. No se pretende que en el formulario y las tablas sean para analizar impulsos debido a la exploración del haz sobre un observador o una aeronave (ejemplos: gráficos o pautas de haz utilizados en espectáculos láser; configuraciones exploradas utilizadas para LIDAR). Los impulsos resultantes de la exploración son frecuentemente de una variación extrema en cuanto a anchura y duración de impulsos. Por consiguiente, para un análisis prudente supóngase que el haz es estático (no explorado). *Si dependiera de la exploración para el cumplimiento debe 1) proporcionar un análisis mas completo, presentar documentos sobre sus métodos y cálculos y 2) presentar documentos y utilizar dispositivos de protección en caso de falla de la exploración.*

**Tipo de láser:** Ingrese el medio láser, por ejemplo, 'Argón', 'Nd:YAG', 'Vapor de cobre', etc.

**Potencia:** Si se trata de un láser de onda continua (columna 2), complete la potencia en watts. Si se trata de un láser por impulsos repetitivos (columna 3), complete el promedio de potencia en watts [energía por impulsos (J) x frecuencia de repetición de impulsos (Hz)]. Para ambos tipos de potencia, esta es la potencia máxima durante la operación que penetra el espacio aéreo.

Por razón de simplicidad y seguridad, puede completar con un valor superior (p. ej., la potencia máxima del láser); de este modo se hace caso omiso de cualquier pérdida adicional en los componentes ópticos del trayecto del haz, antes de que el haz penetre en el espacio aéreo.

**Energía y anchura de los impulsos:** Si se trata de un láser de un solo impulso (columna 1) o láser de impulsos repetitivos (columna 3), complete la energía de impulsos en joule y la anchura de los impulsos en segundos. Esta es la potencia máxima que penetra en el espacio aéreo.

Por razón simplicidad y seguridad, puede completar con un valor superior (p. ej., la potencia máxima del láser); de este modo se hace caso omiso de cualesquier pérdida adicional en los componentes ópticos del trayecto del haz, antes de que el haz penetre en el espacio aéreo.

**Diámetro del haz:** Proporcione el diámetro del haz utilizando los puntos 1/e de irradiación máxima.

*Nota.- El diámetro se expresa frecuentemente en milímetros, sin embargo en este formulario se debe expresar en **centímetros**.*

**Divergencia del haz:** La divergencia del haz es el ángulo completo dado en los puntos 1/e. Si conoce el diámetro o la divergencia medida en los puntos 1/e<sup>2</sup>, multiplique por 0,707 para convertir a diámetro 1/e o a divergencia.

*Nota.- Las mediciones del diámetro y de la divergencia pueden ser complejas. Puede utilizar hipótesis a fin de simplificar con fines de seguridad. Es más seguro suponer que la divergencia del haz es más pequeña de lo que es en realidad.*

**Longitudes de onda:** Ingrese las longitudes de onda de la luz láser que penetra en el espacio aéreo.

Si el láser emite múltiples longitudes de onda, habrá de analizarse por separado cada longitud de onda para averiguar sus valores de MPE y NOHD. Además, para láseres que emiten longitudes de onda visible, cada longitud de onda debe ser analizada por separada para obtener las distancias de efecto visual (SZED, CZED y LFED). Se describe con más detalle este proceso en las siguientes instrucciones para distancias de efecto visual.

*En todos los casos de múltiples longitudes de onda, debe presentar documentos acerca de sus métodos y cálculos. Si no analiza por completo todas las longitudes de onda, entonces debe indicar explícitamente sus hipótesis de simplificación prudentes.*

### **CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN ADMISIBLE MÁXIMA (MPE)**

**MPE y MPE por impulsos:** Proporcione los resultados del cálculo de la exposición admisible máxima (MPE) en la casilla aplicable. Esto se utilizará más tarde para determinar la distancia nominal de peligro ocular (NOHD).

Para averiguar la MPE, utilice las Tablas 1 a 4 según lo descrito a continuación. *Si requiere niveles más prudentes utilice las series de normas del Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI) Z136 u otros métodos establecidos, que deben estar acompañados de documentación que avale los cálculos utilizados.*

- **Un solo impulso (columna 1):** Utilice la Tabla 1 para obtener la MPE. Complete la casilla 'MPE por impulsos' en la columna de un solo impulso.
- **Onda continua (columna 2):** Utilice la Tabla 2 para obtener la MPE. Complete la casilla 'MPE' en la columna de onda continua.
- **Impulsos repetitivos:** Los láseres que producen impulsos repetitivos de energía pueden causar un peligro adicional mayor que el de un láser de un solo impulso o de onda continua. Se ajusta MPE para láseres de impulsos repetitivos en base a sus frecuencias de repetición de impulsos. Se designa MPE ajustada como  $MPE_{PRF}$ . este puede determinarse utilizando ya sea la energía por impulsos o el promedio de potencia. A continuación se presentan los métodos simplificados para determinar la  $MPE_{PRF}$  respecto a:
  1. Longitudes de onda ultravioleta: Véase la serie del Instituto Nacional Americano de Normas ANSI Z136.
  2. Longitudes de onda visibles: Utilice la Tabla 3 para determinar la  $MPE_{PRF}$ . A los resultados de la Tabla 3 se ha aplicado ya el factor de corrección para la MPE de CW. Complete la casilla 'MPE' en la columna de impulsos repetitivos.
  3. Longitudes de onda de infrarrojo:
    - a) Utilice la Tabla 2 para obtener el MPE de CW.
    - b) Utilice la Tabla 4 para obtener el factor de corrección por repetición de impulsos de infrarrojo.
    - c) Multiplique la MPE de CW por el factor de corrección por repetición de impulsos de infrarrojo para obtener la  $MPE_{PRF}$ . Complete la casilla 'MPE' en la columna de impulsos repetitivos.

**Nota para los láseres de impulsos repetitivos:** En los métodos simplificados de las Tablas 2 a 4 se utiliza el promedio de potencia para determinar MPE en  $W/cm^2$ . Es posible con otros métodos utilizar la energía de impulsos para determinar la MPE por impulso en  $J/cm^2$ . Solamente se requiere uno de los dos valores MPE.

#### **CALCULOS DEL EFECTO VISUAL (solamente para láseres visibles)**

Si el láser no tiene ninguna longitud de onda en la gama visible (400-700 nm), complete con 'N/A-láser no visible' en estas casillas y pase a la sección 'Dirección del haz'.

Para láseres visibles, inquietan a la autoridad los haces que son seguros para el ojo (por debajo de MPE), pero de brillo suficiente para distraer a las tripulaciones de vuelo. De conformidad con las recomendaciones de la OACI, se han establecido, por consiguiente, zonas de vuelo sensibles a haz láser, críticas de haz láser y libres para haz láser, en las que las aeronaves no deberán estar expuestas a luces de intensidad superior a:  $100 \mu W/cm^2$ ,  $5 \mu W/cm^2$  y  $50 nW/cm^2$  respectivamente (consultar 5.2. Restricciones del Espacio Aéreo). Puesto que el brillo aparente varía en función de la longitud de onda, el verde es más visible que el rojo o el azul, puede

aplicarse, si así se desea, un factor de corrección visual. Esto tiene el efecto de permitir más potencia para los haces rojo y azul que para los haces verdes. En relación con cualquier haz visible se deben presentar los cálculos del efecto visual.

**Potencia precorrecta:** La PCP es la potencia antes de que se aplique cualquier factor de corrección visual. El método para determinar la PCP depende del tipo de láser que esté utilizando:

- **Un solo impulso (columna 1):** Multiplicar la energía por impulso (J) por 4, y completar el valor en el formulario.

*Nota.- En esta técnica se promedia la energía por impulso.*

- **Onda continua (columna 2):** La potencia precorrecta es la misma que la potencia máxima del láser. Complete con el mismo valor de la casilla 'Potencia (W)' del formulario.

- **Impulsos repetitivos (columna 3):**

- a) Si completó la casilla de potencia (W) del formulario, utilice ese valor.
- b) Si completó la casilla de energía por impulsos (J) en el formulario, multiplique ese valor por la frecuencia de repetición de impulsos (Hz) para determinar el promedio de la potencia.

**Factor de corrección visual y Potencia visualmente corregida:** En el factor de corrección visual se tiene en cuenta el brillo aparente del haz que varía en función de la longitud de onda. Una vez obtenido este factor, puede determinar la potencia visualmente corregida. Tiene también la opción de utilizar otros métodos, dependiendo de la precisión que desee obtener.

- 1) Para el análisis más sencillo y más prudente de un haz de un solo impulso o de longitud de onda múltiple: suponga que no hay factor de corrección – el láser está al brillo aparente máximo (Factor de corrección visual de 1,0). En la casilla de factor de corrección visual del formulario ingrese '1,0 (supuesto)'. En la casilla de potencia visualmente corregida complete con el mismo valor que utilizó para la potencia precorrecta.
- 2) Para un haz de una sola longitud de onda: Obtenga el factor de corrección visual utilizando la Tabla 5. Para obtener la potencia visualmente corregida, multiplique el factor de corrección visual por la potencia precorrecta.
- 3) Para un haz de múltiples longitudes de onda: Opte por uno de los métodos siguientes:
  - A. Incorpore una hipótesis de simplificación prudente. Utilice la Tabla 5 para determinar cual es la longitud de onda que tenga el máximo factor de corrección visual (el más visible). Ingrese este valor en la casilla del formulario para factor de corrección visual. Para obtener la potencia visualmente corregida, multiplique este factor de corrección visual por la potencia precorrecta del láser (todas las longitudes de onda).  
*Nota.- Debe adjuntar los datos y cálculos que demuestren la forma por la que obtuvo la potencia visualmente corregida.*
  - B. Analice cada longitud de onda por separado, seguidamente súmelas. En primer lugar determine la potencia precorrecta para cada longitud de onda. Seguidamente, utilice la Tabla 5 para obtener el factor de corrección visual correspondiente a cada longitud de onda. Multiplique cada potencia precorrecta de longitud de onda por su factor de

corrección visual para obtener la potencia visualmente corregida (VCP) correspondiente a esa longitud de onda. Suma todos los valores de VCP para determinar la VCP total. Ingrese la VCP total en la casilla de 'Potencia visualmente corregida' del formulario.

*Nota.- Debe adjuntar los datos y cálculos que demuestren la forma por la que obtuvo la potencia visualmente corregida.*

### 3. DIRECCIONES DEL HAZ

Proporcione las direcciones a las que apuntan las proyecciones del haz en esta configuración.

**Azimut:** Si el haz se mueve horizontalmente durante la operación, ingrese la gama de movimientos en la casilla 'Azimut' (Por ejemplo, 'de 20 a 50°'). Compruebe que indica la gama en sentido de las agujas del reloj. Especifique si el ángulo azimut es lectura verdadera o magnética.

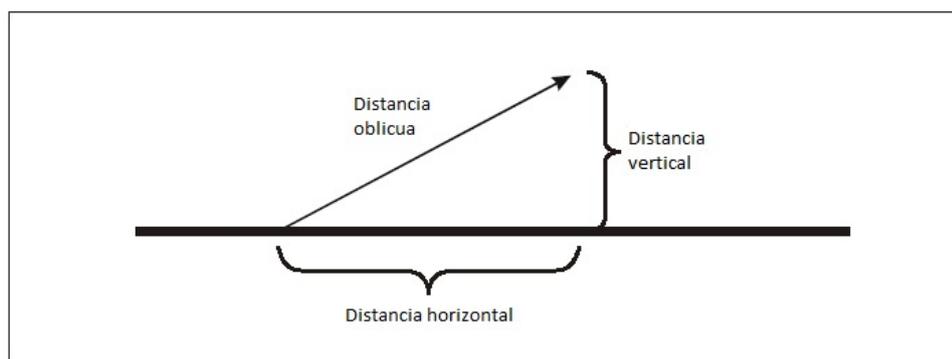
**Declinación magnética:** Proporcione la declinación para el lugar si es conocida. Esto debe hacerse si marca la casilla 'magnética' o si está utilizando una brújula magnética como parte de sus medidas de control.

### 4. DISTANCIAS CALCULADAS A PARTIR DE LOS DATOS PRECEDENTES

Hay cuatro distancias que son importantes para evaluar la seguridad de operaciones en el exterior. Aquí se presentan breves definiciones:

- **Distancia nominal de peligro ocular (NOHD):** El haz es un peligro para el ojo (está por encima de la MPE), desde la fuente láser a esta distancia.
- **Distancia de exposición a zona sensible (SZED):** El haz es lo suficientemente brillante para causar una visión temporal defectuosa, desde la fuente del láser hasta esta distancia. Más allá de esta distancia, el haz es de  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  o menos.
- **Distancia de exposición a zona crítica (CZED):** El haz es lo suficientemente brillante para causar una distracción que interfiera en el desempeño de una tarea crítica, desde la fuente a esta distancia. Más allá de esta distancia, el haz es de  $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  o menos.
- **Distancia de exposición libre de láser (LFED):** Mas allá de esta distancia, el haz es de  $50 \text{nW}/\text{cm}^2$  o menos – lo suficientemente amortiguado para que no se prevea que cause ninguna distracción.

Para cada una de estas cuatro distancias, es importante conocer la distancia medida directamente a lo largo del haz (distancia oblicua) así como la parte del suelo cubierta (distancia horizontal) y la altitud (distancia vertical).



### DISTANCIA NOMINAL DE PELIGRO OCULAR

**Distancia Oblicua NOHD:** Utilice la ecuación 5.1 para un solo impulso, o para impulsos repetitivos si calculó la energía de impulsos y  $MPE_{PRF}$ . Utilice la ecuación 5.2 para onda continua, o para impulsos repetitivos si calculó la potencia promedio y MPE.

**Ecuación 5.1**  $SR_{NOHD} = \sqrt{\frac{1366 \times Q}{\phi^2 \times MPE_H}}$

Siendo:

$SR_{NOHD}$  : Distancia oblicua NOHD en pies.

$Q$  : Energía de impulso (J)

$\phi$  : Divergencia del haz (mrad)

$MPE_H$  : MPE por impulso en J/cm<sup>2</sup>.

1366: Factor de conversión utilizado para convertir (cm) en (ft) y (rad) en (mrad).

**Ecuación 5.2**  $SR_{NOHD} = \sqrt{\frac{1366 \times \Phi}{\phi^2 \times MPE_E}}$

Siendo:

$SR_{NOHD}$  : Distancia oblicua NOHD en pies.

$\Phi$  : Potencia (W)

$\phi$  : Divergencia del haz (mrad)

$MPE_E$  : MPE por impulso en W/cm<sup>2</sup>.

1366: Factor de conversión utilizado para convertir (cm) en (ft) y (rad) en (mrad).

**Distancia Horizontal NOHD:** Es la distancia a lo largo del suelo. Observe que en la distancia horizontal se utiliza el ángulo de elevación mínimo. Calcule la distancia horizontal mediante la ecuación:

$$HD = SR_{NOHD} \times \cos(\text{ángulo de mínima elevación})$$

Siendo:

$HD$  : Distancia horizontal a lo largo del suelo. Las unidades son las mismas que para la distancia oblicua.

$SR_{NOHD}$  : Distancia oblicua NOHD en pies.

Ángulo mínimo de elevación: Dato 'Ángulo mínimo de elevación', de la casilla del formulario.

**Distancia Vertical NOHD:** Es la distancia por encima del suelo. Observe que en la distancia horizontal se utiliza el ángulo de elevación máximo. Calcule la distancia vertical mediante la ecuación:

$$VD = SR_{NOHD} \times \sin(\text{ángulo de mínima elevación})$$

Siendo:

$VD$  : Distancia vertical (altitud). Las unidades son las mismas que para la distancia oblicua.

$SR_{NOHD}$  : Distancia oblicua NOHD en pies.

Ángulo máximo de elevación: Dato 'Ángulo máximo de elevación', de la casilla del formulario.

## DISTANCIA EFECTO VISUAL

Complete esta sección solamente si una o más longitudes de onda láser son visibles (en la gama de 400-700 nm).

- Si el láser esta fuera de la gama visible, complete el formulario con 'N/A – láser no visible' en todas las casillas SZED, CZED y LFED.
- Si el láser es visible, entonces realice los cálculos para SZED, CZED y LFED siguientes.

**Importante:** Para algunos láseres por impulsos visibles, pueden calcularse SZED, CZED y LFED como inferiores (distancia más corta a la NOHD). Si este fuera el caso, por razones de seguridad no complete la casilla aplicable con estos números. En su lugar, **debe** indicar que la distancia es 'menos de NOHD'. Esto se debe a que en este caso, la NOHD (distancia de lesión del ojo) sería lo más importante para el cálculo de las distancias de seguridad y del espacio aéreo que ha de ser protegido.

**Distancia oblicua SZED:** Aplique la siguiente ecuación:

**Ecuación 5.3** 
$$SR_{SZED} = \frac{3700}{\varphi} \times \sqrt{\Phi_{VCP}}$$

Siendo:

$SR_{SZED}$  : Distancia oblicua SZED.

$\varphi$  : Divergencia del haz (mrad)

$\Phi_{VCP}$  : Potencia visualmente corregida (del formulario).

3700: Factor de conversión utilizado para convertir (cm) en (ft) y (rad) en (mrad).

**Distancia horizontal SZED:** Utilice la siguiente ecuación.

$$HD = SR_{SZED} \times \cos(\text{ángulo de mínima elevación})$$

**Distancia vertical SZED:** Utilice la siguiente ecuación.

$$VD = SR_{SZED} \times \sin(\text{ángulo de máxima elevación})$$

**Distancia oblicua, distancia horizontal y distancia vertical CZED:** Multiplique cada uno de los valores precedentes para SZED por 4,5, para obtener los valores CZED respectivos.

**Distancia oblicua, distancia horizontal y distancia vertical LFED:** Multiplique cada uno de los valores precedentes para SZED por 45.

## 5. METODO DE CÁLCULO

Indique el método por el cual se realizaron los cálculos.

**Tabla 1. Límites de exposición admisible máxima (MPE) seleccionados para un solo impulso.**

Longitud de onda (nm)	Duración de la exposición (sec)	MPE (J/cm <sup>2</sup> )
<b>Ultravioleta</b>		
180 a 400	10 <sup>-9</sup> a 10	Véase la norma del American National Standard Institute (ANSI) Serie Z136
<b>Visible</b>		
400 a 700	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 18x10 <sup>-6</sup> 18x10 <sup>-6</sup> a 10 0,25	Véase la serie ANSI Z136 0,5 x 10 <sup>-6</sup> 1,8 x t <sup>0,75</sup> x 10 <sup>-3</sup> 0,64 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Infrarojo</b>		
700 a 1050	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 18x10 <sup>-6</sup> 18x10 <sup>-6</sup> a 10 0,25 10	Véase la serie ANSI Z136 0,5 x C <sub>A</sub> x 10 <sup>-6</sup> 1,8 x C <sub>A</sub> x t <sup>0,75</sup> x 10 <sup>-3</sup> 0,64 x C <sub>A</sub> x 10 <sup>-3</sup> 10 x C <sub>A</sub> x 10 <sup>-3</sup>
1050 a 1400	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 50x10 <sup>-6</sup> 50x10 <sup>-6</sup> a 10 10	Véase la serie ANSI Z136 5,0 x C <sub>C</sub> x 10 <sup>-6</sup> 9,0 x C <sub>C</sub> x t <sup>0,75</sup> x 10 <sup>-3</sup> 50 x C <sub>C</sub> x 10 <sup>-3</sup>
1400 a 1500	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-3</sup> a 10 10	Véase la serie ANSI Z136 0,1 0,56 x t <sup>0,25</sup> 1,0
1500 a 1800	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 10 10	Véase la serie ANSI Z136 1,0 1,0
1800 a 2600	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-3</sup> a 10 10	Véase la serie ANSI Z136 0,1 0,6 x t <sup>0,25</sup> 1,0
2600 a 10000	<10 <sup>-9</sup> 10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-7</sup> a 10 10	Véase la serie ANSI Z136 10 x 10 <sup>-3</sup> 0,56 x t <sup>0,25</sup> 1,0

**Para obtener  $C_A$ :**

Para longitud de onda = 700 a 1500 nm,  $C_A = 10^{0,002(\text{longitud de onda}[\text{nm}] - 700)}$

**Para obtener  $C_C$ :**

Para longitud de onda = 1050 a 1150 nm,  $C_C = 1,0$

Para longitud de onda = 1150 a 1200 nm,  $C_C = 10^{0,018(\text{longitud de onda}[\text{nm}] - 1150)}$

Para longitud de onda = 1200 a 1400 nm,  $C_C = 8,0$

**Para obtener t:** 't' es la duración del impulso en segundos.

**Tabla 2. Límites de exposición admisibles máxima (MPE) en modo de CW.**

Los valores son para longitudes de onda determinadas en observación involuntaria.

Longitud de onda (nm)	MPE (J/cm <sup>2</sup> )
<b>Ultravioleta</b>	
180 a 400	Véase la norma del American National Standard Institute (ANSI) Serie Z136
<b>Visible</b>	
400 a 700	$2,54 \times 10^{-3}$
<b>Infrarojo</b>	
700 a 1050	$(10^{0,002(\text{longitud de onda}[\text{nm}] - 700)})(1,01 \times 10^{-3})$
1050 a 1150	$5 \times 10^{-3}$
1150 a 1200	$(10^{0,018(\text{longitud de onda}[\text{nm}] - 1150)})(5 \times 10^{-3})$
1200 a 1400	$4,0 \times 10^{-2}$
1400 a 10000	0,1

**'Observación involuntaria':** Se utilizan duraciones de exposición para observación involuntaria de una exposición a CW de 0,25 segundos o menos para láseres visibles, y de 10 segundos para láseres de infrarojo.

**Fuente:** ANSI Z136.1 Tabla 5 para exposición a CW.

**Tabla 3. Exposición admisible máxima – Límites de frecuencia de repetición de impulsos ( $MPE_{PRF}$ ) para láseres visibles**

Para observación involuntaria de una luz láser visible por impulsos repetitivos (400-700 nm) con anchura de impulsos entre 1 ns y 18  $\mu$ s.

Frecuencia de repetición de impulsos (Hz)	$MPE_{PRF}$ ( $W/cm^2$ )	Frecuencia de repetición de impulsos (Hz)	$MPE_{PRF}$ ( $W/cm^2$ )	Frecuencia de repetición de impulsos (Hz)	$MPE_{PRF}$ ( $W/cm^2$ )
1	$7,07 \times 10^{-7}$	30	$9,06 \times 10^{-6}$	5 000	$4,20 \times 10^{-4}$
2	$1,19 \times 10^{-6}$	40	$1,12 \times 10^{-5}$	10 000	$7,07 \times 10^{-4}$
3	$1,61 \times 10^{-6}$	50	$1,33 \times 10^{-5}$	15 000	$9,58 \times 10^{-4}$
4	$2,00 \times 10^{-6}$	75	$1,80 \times 10^{-5}$	20 000	$1,19 \times 10^{-3}$
5	$2,36 \times 10^{-6}$	100	$2,24 \times 10^{-5}$	25 000	$1,41 \times 10^{-3}$
6	$2,71 \times 10^{-6}$	150	$3,03 \times 10^{-5}$	30 000	$1,61 \times 10^{-3}$
7	$3,04 \times 10^{-6}$	200	$3,76 \times 10^{-5}$	40 000	$2,00 \times 10^{-3}$
8	$3,36 \times 10^{-6}$	250	$4,45 \times 10^{-5}$	50 000	$2,36 \times 10^{-3}$
9	$3,67 \times 10^{-6}$	500	$7,48 \times 10^{-5}$	55 000	$2,54 \times 10^{-3}$
10	$3,98 \times 10^{-6}$	1 000	$1,26 \times 10^{-4}$	100 000	$2,54 \times 10^{-3}$
15	$5,39 \times 10^{-6}$	1 500	$1,70 \times 10^{-4}$		
20	$6,69 \times 10^{-6}$	2 000	$2,11 \times 10^{-4}$		
25	$7,91 \times 10^{-6}$	2 500	$2,50 \times 10^{-4}$		

Si la frecuencia de repetición de impulsos láser esta comprendida entre dos entradas de la tablilla, utilice el valor más prudente (el mas pequeño) de los dos valores  $MPE_{PRF}$  resultantes.

*Nota.- Esta tabla para  $MPE_{PRF}$  se basa en láseres de impulsos repetitivos con una anchura de impulsos entre 1 ns y 18  $\mu$ s. Pueden utilizarse estos números  $MPE_{PRF}$  para estimar anchuras de impulsos mayores y proporcionarán un resultado más prudente (más seguro).*

**No pretendido para análisis de exploración:** La finalidad de esta tabla es para láseres que naturalmente emiten impulsos repetitivos, tales como láseres de Q-conmutado. No se tiene el objetivo de analizar los impulsos 'explorados', causados al mover rápidamente el haz por delante del observador de la aeronave. Los impulsos que resultan de la exploración son frecuentemente de una variación extrema en anchura de impulsos y duración y por lo tanto requieren un análisis más riguroso.

**Tabla 4. Factores de corrección ( $MPE_{\text{impulsos}} / MPE_{\text{CW}}$ ) para láseres infrarrojos de impulsos repetitivos**

Utilice para obtener MPE de infrarrojos por impulsos repetitivos (700-1 400 nm) la luz láser con anchura de impulso entre 1 ns y 18  $\mu$ s.

Frecuencia de repetición de impulsos (Hz)	Factor de corrección para longitudes de onda 700-1 050 nm	Factor de corrección para longitudes de onda 1 050-1 400 nm
	1	$2,8 \times 10^{-4}$
5	$9,4 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-3}$
10	$1,6 \times 10^{-3}$	$3,1 \times 10^{-3}$
15	$2,1 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-3}$
20	$2,6 \times 10^{-3}$	$5,2 \times 10^{-3}$
25	$3,1 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-3}$
50	$5,3 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
75	$7,1 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-2}$
100	$9,0 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-2}$
150	$1,2 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$
200	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$
250	$1,8 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$
500	$3,0 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$
1 000	$5,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-1}$
2 000	$8,0 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-1}$
3 000	$1,1 \times 10^{-1}$	$2,3 \times 10^{-1}$
4 000	$1,4 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10^{-1}$
5 000	$1,7 \times 10^{-1}$	$3,3 \times 10^{-1}$
10 000	$2,8 \times 10^{-1}$	$5,6 \times 10^{-1}$
15 000	$3,8 \times 10^{-1}$	$7,5 \times 10^{-1}$
20 000	$4,7 \times 10^{-1}$	$9,3 \times 10^{-1}$
21 000	$4,8 \times 10^{-1}$	$9,7 \times 10^{-1}$
22 000	$5,0 \times 10^{-1}$	1,00
23 000	$5,2 \times 10^{-1}$	1,00
24 000	$5,4 \times 10^{-1}$	1,00
25 000	$5,5 \times 10^{-1}$	1,00
30 000	$6,3 \times 10^{-1}$	1,00
40 000	$7,9 \times 10^{-1}$	1,00
50 000	$9,3 \times 10^{-1}$	1,00
55 000	1,00*	1,00

\* La MPE para láseres que funcionan a un PRF superior (más rápido) de 55 000 Hz para longitudes de onda 700 - 1 050 nm (o 22 000 Hz para longitudes de onda 1 050 – 1 400 nm) es la misma que para los láseres de onda continua, de forma que el factor de corrección es 1,00.

Para obtener MPE para láseres infrarrojos de impulsos repetitivos, multiplique MPE en modo de CW por el factor de corrección de esta tabla. Si la frecuencia de repetición del láser está entre dos entradas de la tabla, utilice el valor más prudente (más pequeño) de los dos factores de corrección resultantes.

**Tabla 5. Factor de corrección visual para láseres visibles**

Utilícese solamente para láseres visibles (400 – 700 nm)

Longitud de onda del láser (nm)	Factor de corrección visual (VCF)
400	$4,0 \times 10^{-4}$
410	$1,2 \times 10^{-3}$
420	$4,0 \times 10^{-3}$
430	$1,16 \times 10^{-2}$
440	$2,30 \times 10^{-2}$
450	$3,80 \times 10^{-2}$
460	$5,99 \times 10^{-2}$
470	$9,09 \times 10^{-2}$
480	$1,391 \times 10^{-1}$
490	$2,079 \times 10^{-1}$
500	$3,226 \times 10^{-1}$
510	$5,025 \times 10^{-1}$
520	$7,092 \times 10^{-1}$
530	$8,621 \times 10^{-1}$
540	$9,524 \times 10^{-1}$
550	$9,901 \times 10^{-1}$
555	1,00
560	$9,901 \times 10^{-1}$
570	$9,524 \times 10^{-1}$
580	$8,696 \times 10^{-1}$
590	$7,576 \times 10^{-1}$
600	$6,329 \times 10^{-1}$
610	$5,025 \times 10^{-1}$
620	$3,817 \times 10^{-1}$
630	$2,653 \times 10^{-1}$
640	$1,751 \times 10^{-1}$
650	$1,070 \times 10^{-1}$
660	$6,10 \times 10^{-2}$
670	$3,21 \times 10^{-2}$
680	$1,70 \times 10^{-2}$
690	$8,2 \times 10^{-3}$
700	$4,1 \times 10^{-3}$

Para obtener la potencia visualmente corregida (VCP) correspondiente a determinada longitud de onda, multiplique el factor de corrección visual (VCF) correspondiente a la longitud de onda (de la tabla precedente) por el promedio de potencia. Si el valor de la longitud de onda esta comprendido entre dos entradas de la tabla, utilice el valor mas prudente (superior) de las dos VCF resultantes.

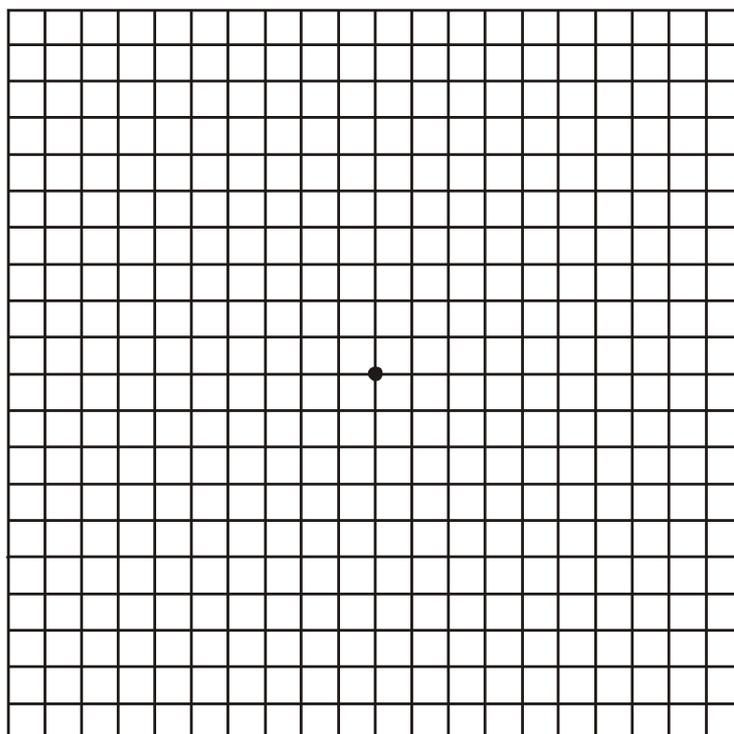
## ANEXO "C"

## PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE RETÍCULA DE AMSLER

La prueba de retícula de Amsler ha sido diseñada para detectar defectos en el campo central de visión del ojo correspondientes a lesiones de la retina tan pequeñas como de 50 micrómetros.

La dimensión del gráfico siguiente es para observar a una distancia de 28 – 30 cm. A esta distancia en la prueba se examinarán los 20° centrales del campo de visión del paciente en cuanto a anomalías, con cada pequeño cuadrado equivalente a 1°. Antes de utilizar este gráfico:

- a) La refracción del ojo en cuestión debe estar exactamente corregida para esta distancia.
- b) El gráfico debe estar iluminado clara y equilibradamente como para una prueba de lectura.
- c) Debe evitarse cualquier midriasis artificial y cualquier oftalmoscopia inmediatamente antes del reconocimiento.
- d) El otro ojo debe estar cubierto, preferiblemente con un ocluser.



Mientras se insta continuamente al paciente a mirar permanentemente al punto central haga las siguientes preguntas. Anote las preguntas y las respuestas y pida al paciente que trate cuidadosamente cualesquiera resultados anormales en el gráfico reticular.

1. ¿Ve el punto en el centro del gráfico cuadrado?
2. Mantenga la mirada fija en el centro ¿puede usted ver las cuatro esquinas del cuadrado? En otras palabras ¿puede ver todo el cuadrado?
3. Mantenga la mirada fija en el centro ¿Ve usted la red intacta en todo el cuadrado? ¿hay algunas interrupciones en la red de cuadrados, tales como orificios o puntos? ¿Está oscurecido algún lugar? De ser así ¿Dónde?
4. Mantenga la mirada fija en el centro ¿Son las líneas horizontales y verticales rectas y paralelas? En otras palabras ¿Es cada cuadrado del mismo tamaño y perfectamente rectangular?
5. Mantenga la mirada fija en el centro ¿ve usted cualquier movimiento de algunas líneas? ¿hay alguna vibración u ondeo, brillo o tintura de color? De ser así ¿Dónde?
6. Mantenga la mirada fija en el centro ¿A que distancia de este punto ve usted borroso o distorsionado? ¿cuantos pequeños cuadrados intactos encuentra entre lo borroso y lo distorsionado y el centro en que su mirada esta fija?