

# DESARROLLO DE UN SIMULADOR DE ESCENAS NOCTURNAS AUTOMATIZADO PARA EVALUACIÓN DE EQUIPOS OPTRÓNICOS

Carlos Dorronsoro, María Tuduri, José Díaz, Sergio Ortíz, Deitze Otaduy  
Laboratorio de Ensayos. Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada. Madrid

## 1. Introducción

El CIDA tiene una gran tradición y experiencia en tecnologías de visión nocturna. Desde hace más de veinte años, se han diseñado y fabricado distintos prototipos de visores, gafas de visión nocturna y cámaras térmicas, algunos de los cuales han llegado a ser fabricados en serie por la industria. Durante los años 80 y 90 se desarrollaron y fabricaron tubos intensificadores de segunda generación. Actualmente en el CIDA se desarrollan sistemas ópticos, opto-mecánicos, y opto-electrónicos y sus instalaciones permiten la fabricación de prototipos y pequeñas series de sistemas ópticos de muy distintos tipos. En ocasiones el desarrollo incluye bandas distintas al visible, sensores y electrónica. En este contexto surgió el Laboratorio de Ensayos del CIDA, acreditado para realizar ensayos y medidas sobre equipos opto-electrónicos y actuar como centro asesor en este tipo de tecnologías. Dentro de él, el Laboratorio de Bajas Luminancias está especializado en visión nocturna por intensificación de imagen. En este laboratorio se miden en bancos de ensayo múltiples parámetros que sirven como figuras de mérito para describir la calidad de los tubos intensificadores. Dichos ensayos siguen la normativa internacional (cuando existe) o procedimientos específicos de ensayo desarrollados en proyectos de investigación metrológica interna y de acuerdo a un sistema de calidad que asegura la repetitividad y la trazabilidad de las medidas y calibraciones.

Los tubos intensificadores de imagen forman a partir de una imagen óptica real de una escena nocturna una imagen suficientemente brillante para que un observador humano sea capaz de realizar múltiples tareas visuales. Por ello es necesario evaluar las prestaciones del sistema completo, que además del tubo intensificador incluye objetivo y oculares, incluyendo electrónica de control o alimentación. La evaluación de este tipo de sistemas de visión nocturna exige la utilización de simuladores de escenas nocturnas que reproduzcan en laboratorio, y de forma estrictamente controlada, las condiciones en las que se va a usar. En particular, es necesario simular la iluminación del cielo nocturno, tanto los distintos niveles de iluminación en un rango entre luz de ocaso (10 lux) y luz de estrellas ( $10^{-4}$  lux), como el perfil espectral (visible e infrarrojo próximo). Es necesario disponer de miras de transmisión de distintas formas, tamaños y contrastes que simulen los objetos a observar en la escena. Resulta imprescindible un colimador que proyecte dichas miras y simule que dichos objetos estuviesen situados en el infinito. De esta forma se consigue aislar el ensayo de efectos atmosféricos que tienen un gran impacto en la observación de escenas reales. Los rayos sólo recorren en realidad unos pocos metros de la atmósfera del laboratorio y en condiciones de temperatura y humedad relativa controladas. La atmósfera puede modelarse en pasos posteriores del procesado de las medidas que se realicen. Excepto alguna medida puramente radiométrica, los ensayos sobre el sistema completo exigen la utilización de un simulador de escenas nocturnas como el descrito anteriormente.

El Laboratorio de Ensayos del CIDA ha acometido recientemente el desarrollo de un nuevo simulador de escenas nocturnas, completamente automatizado y con nuevas posibilidades encaminadas a la realización de ensayos muy distintos, con mayor rapidez y precisión.

## **2. Nuevo simulador de escenas nocturnas**

Este tipo de simuladores tienen problemas de utilización. Los sistemas de visión nocturna actuales tienen capacidad de amplificar la luz incidente (ganancia) en 3.000 veces. Para evitar glare o luces parásitas, que tienen un efecto muy negativo este tipo de medidas, es necesario manejar el banco en completa oscuridad. Si la medida exige valoraciones subjetivas por parte de un observador, este debe estar adaptado a la oscuridad durante todo el proceso. Por todo esto, pueden aparecer muchas fuentes de incertidumbre en la medida asociadas al cansancio del observador, o interpolaciones forzadas por la medida de un mínimo número de condiciones.

Los objetivos en el desarrollo de este nuevo simulador han sido facilitar los ensayos y reducir los tiempos de uso por medio de la automatización de componentes y procedimientos y la construcción de un interfaz con el observador para manejo en la oscuridad que incluye información por voz. Además se ha optado por la grabación de imágenes extraídas de sistemas de visión directa para aportar nuevas posibilidades a los ensayos.

### **2.a. Equipos**

El laboratorio en el que se instala el sistema está situado en un sótano aislado de cualquier fuente de luz exterior cuyas paredes, suelo y techo están pintados de negro. Su temperatura y humedad relativa controlada por un sistema independiente de aire acondicionado, que no induce turbulencias de aire ni gradientes de temperatura en la zona de medida. El banco se instala sobre una mesa óptica antivibratoria de 5 metros de longitud cuyos soportes están conectados a un circuito de aire comprimido que aísla el banco de las vibraciones del suelo. El colimador es un espejo parabólico fuera de eje de focal 2500mm que proporciona un haz de diámetro 450mm y que tiene un recubrimiento de plata para garantizar un perfil espectral plano en el visible e infrarrojo cercano. El alineamiento y la búsqueda del foco se realiza siguiendo un procedimiento desarrollado en el CIDA basado detección del astigmatismo fuera del foco. El paso final o ajuste fino se basa en interferometría de desplazamiento lateral en dos ejes (tangencial y sagital) por medio de una cuña interferencial, y tratamiento de imágenes de 80 interferogramas realizados en distintas posiciones y orientaciones en las proximidades del foco. Los resultados coinciden con simulaciones computacionales en programas de diseño óptico (OSLO y Sigma PV). La fuente de bajas luminancias, fabricada en el CIDA, tiene una temperatura de color de 2856K y luminancias variables entre 10 y  $10E-5$  cd/m<sup>2</sup>, con lo que se pueden simular todo el rango de iluminancias del cielo nocturno, desde el ocaso hasta más allá de luz de estrellas. Se calibra cada 50 horas de uso. Se han fabricado expresamente más de 100 miras del tipo USAF1951 de distintos contrastes, y tamaños entre 0.1 y 200 pl/mm. Estas miras han sido caracterizadas en contraste, tamaños y perfil espectral. También se dispone de otros tipos de objetos, rendijas y pinholes, pudiéndose simular cualquier otro tipo de objeto por medio de diapositivas de medio formato (6x6). El cambio de luminancias, así como la colocación de las miras en el foco del espejo parabólico está motorizado y se puede controlar remotamente. Se han integrado dos tarjetas captadoras de imagen que captan imágenes y vídeo de distintos tipos de cámaras que se evalúen en el simulador de escenas nocturnas. Para los sistemas de visión directa (por ejemplo gafas de visión nocturna) que no proporcionan salida de vídeo, se ha integrado una cámara CCD refrigerada de alta sensibilidad y un conjunto de acopladores opto-mecánicos desarrollados en el CIDA con los que se obtienen las imágenes a través de los oculares.

### **2.b. Software**

Se ha programado un conjunto de herramientas de software que controlan el simulador. El sistema está preparado para su utilización en completa oscuridad con sólo unas pocas teclas, y con un interface de voz que facilita información y confirmaciones al operador. En modo manual se

puede seleccionar cualquier luminancia, tamaño de mira o contraste, y también se puede mover el objeto por la fuente de luminancia por medio de un joystick. En los programas automáticos para medidas subjetivas el sistema va presentando estímulos al observador y este simplemente acepta o rechaza, registrándose sus respuestas que se recogen en un informe. El sistema presenta los nuevos estímulos en función de las respuestas anteriores. Se reducen así drásticamente los tiempos de medida y manipulaciones en la oscuridad innecesarias por parte del operador y el observador que daban lugar a errores en montajes precedentes. También se han desarrollado programas para medidas objetivas en los cuales el sistema va presentando los distintos estímulos y condiciones y capturando imágenes de manera automática, para su posterior análisis. El software enlaza automáticamente los programas de procesado tras los cuales se generan informes de manera automática, con una mínima supervisión por parte del verificador. Todos los formatos y procesos siguen el sistema de calidad, que como laboratorio acreditado para este tipo de medidas, ha de seguir el Laboratorio de Ensayos del CIDA.

### **3. Medidas**

Desde la puesta en marcha del simulador descrito anteriormente, ha sido posible la realización de múltiples medidas y ensayos. El Mínimo Contraste Resoluble (MCR) es una medida subjetiva que trata de estimar por medio de la observación de miras, la resolución límite en un amplio rango de luminancias y contrastes. Su importancia radica en que resume las prestaciones de todo el sistema, y el acoplamiento del sistema con el observador. Se evalúa el efecto que produce en el observador la combinación entre el ruido espacio-temporal del sistema, la degradación de la imagen y los niveles de salida de luz. A partir de la medida de MCR se puede obtener una estimación de los alcances del sistema. Es decir, las distancias en kilómetros que limitan las capacidades para realizar tareas visuales de detección, reconocimiento o identificación de objetos. Aunque generalmente se incluye en el cálculo unas condiciones atmosféricas estandarizadas, es posible modelar cualquier situación atmósfera particular. A partir de la captura y el análisis de imágenes se han desarrollado nuevas medidas, o se han mejorado métodos de medida tradicionales, como por ejemplo el halo, la CTF (Función de transferencia de contraste) o la MTF (Función de transferencia de modulación). Para este último, por ser un parámetro de gran importancia, se han desarrollado tres métodos de medida distintos con los que se obtienen resultados equivalentes (a partir de una rendija por transformada de Fourier, a partir de la modulación de la frecuencia portadora de miras rectangulares, y a partir de la CTF). El disponer de bases de datos de imágenes permite una comparación más exacta entre sistemas y comparar las medidas de laboratorio con los resultados obtenidos en pruebas de campo. Otros usos del sistema son la fijación del enfoque a infinito durante el montaje de sistemas, medir el campo de visión o los rangos de enfoque cercano.

La fuente de bajas luminancias se puede sustituir por otra de luminancias más altas para simular escenas diurnas. Se puede así acometer la evaluación de cámaras CCD aisladas o plataformas giroestabilizadas de observación, así como caracterizar el alineamiento entre las distintas cámaras (típicamente visible e IR) que suelen llevar este tipo de sistemas.

### **Agradecimientos**

Personal del CIDA en especial a Israel Martín y Francisco Tierraseca.

### **Referencias**

- [1] Illes P. Csorba, *Image Tubes*, Howard W. Sams & Co., Inc., USA 1985.
- [2] Lucien M. Biberman (editor), *Electro-Optical Imaging: System Performance and Modeling*, SPIE Press, USA 2000.