

# COMUNICACIONES OPTICAS: PRACTICAS DE CARACTERIZACION DE SUS COMPONENTES.

F. J. Pérez\*, J.J. Marcuello\*, A. Blesa\*, F. Serna\*\*, C. Catalán.\*\*  
Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Comunicaciones.  
Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas.  
Universidad de Zaragoza.  
Escuela Universitaria Politécnica, 44071 TERUEL  
Tfno. 978 610325 Fax. 978 603225  
Email: ablesa@posta.unizar.es

**RESUMEN:** En la última década los sistemas de procesamiento y transporte de información que utilizan fotones como portadores se han revelado muy eficaces. La adecuada combinación de sistemas ópticos con sistemas electrónicos ha permitido potenciar de forma significativa estas tareas de manipulación de información. En electrónica se realizan prácticas con elementos discretos, para entender el comportamiento de sistemas más complejos basados en los mismos. Es de interés mostrar a los alumnos relacionados con estas tecnologías prácticas equivalentes que pongan de manifiesto esta simbiosis. Presentamos en este trabajo cómo se han realizado dichas prácticas cuyos resultados son cualitativamente correctos, y que permiten al alumno acercarse al mundo de las comunicaciones ópticas con un costo asumible.

## 1.- INTRODUCCION.

Es ampliamente conocido que, el análisis de circuitos basados en elementos discretos, (transistores, diodos, etc...) permite entender el comportamiento de sistemas más complejos (C.I.) en asignaturas relacionadas con el mundo de la electrónica. En esta línea, la implantación de tecnologías optoelectrónicas para procesado de información, exige desarrollar prácticas análogas a las anteriores.

Un ejemplo son las redes de difracción; éstas se utilizan en circuitos integrados para multiplexar señales, inyectar energía en fibras ópticas, o realizar operaciones con matrices. Utilizando técnicas de grabado holográfico [1] se han construido redes de difracción que, de forma equivalente a los elementos discretos en electrónica, permiten implementar las mismas funciones que las redes grabadas en circuitos optoelectrónicos con técnicas litográficas.

En el siguiente apartado mostramos una red que genera un matriz lineal de canales a partir de uno de entrada (generación de haces estructurados). Las aplicaciones de estas redes van desde la distribución de canales (multiplexación de señales desde o hacia N canales de fibra óptica) a desarrollos de ensayos no destructivos en metrología industrial. Seguidamente mostramos un sistema basado en redes holográficas que permite realizar operaciones matriciales básicas. Por último, mostramos la medida de radiación luminosa a las longitudes de onda relacionadas con fuentes emisoras monocromáticas (diodos o láseres) para caracterizar dichas fuentes en cuanto a potencia de salida.

El programar prácticas donde los equipos comerciales son caros pone de manifiesto la disyuntiva real de, en caso de poder adquirirlos, comprar pocas unidades, con la consiguiente



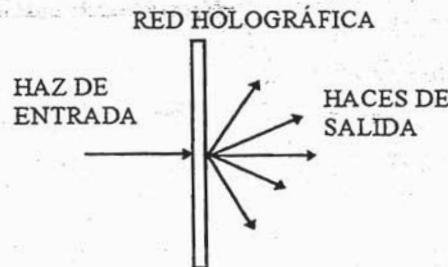
degradación en la calidad de las prácticas recibidas por los alumnos. En otro caso, implementar prácticas de simulación por ordenador para visualizar determinados comportamientos del objeto bajo estudio, presenta el inconveniente de perder la perspectiva de manipulación de componentes reales en el laboratorio. por este motivo se ha desarrollado un radiómetro que permite obtener medidas relativas de intensidad de fuentes monocromáticas con respecto de una intensidad de referencia

## 2.- REDES DELGADAS: MULTIPLEXACION DE SEÑALES.

Dentro del mundo de las comunicaciones ópticas, centraremos la atención en aquellos dispositivos que permiten una cierta manipulación de los canales de información frente a los dispositivos de comunicación (fibra óptica), ya que suelen ser los menos conocidos [2]. Siguiendo la filosofía descrita en el capítulo de introducción, se buscará un paralelismo con los elementos discretos electrónicos y su integración en sistemas más complejos (C.I.).

Las tareas básicas de procesamiento de información se pueden resumir en tres, esto es, transporte, distribución y manipulación de la misma. Los sistemas electrónicos responden de forma eficaz a estas tareas (pensemos en cables coaxiales, multiplexores y amplificadores operacionales...) Las técnicas fotónicas se están revelando como una alternativa eficaz para realizar estas mismas funciones (fibras ópticas, multiplexores ópticos ....).

El elemento para analizar es una red de difracción que opera como un sistema que genera un conjunto de haces estructurados a partir de uno de entrada. El modo de operación de la red holográfica se muestra en la Figura 1. Para su construcción, se ha utilizado como medio de registro una placa Agfa-Gevaert 8E75, fácilmente adquirible en el mercado. Haciendo incidir sobre esta un haz láser (en nuestro caso de HeNe), se observa con claridad la generación de múltiples canales a partir de uno el procesado químico se conoce como Gelatinas Sensibilizadas con Haluros de Plata (SHSG) [3].



**Fig. 1** Modo de operación de la red de difracción, láser de HeNe  $\lambda=633$  nm.

Con estas redes se pueden realizar operaciones de generación de haces estructurados, bien en una o en dos dimensiones. De esta forma se demuestra la posibilidad de estos sistemas para distribuir (multiplexar) información en varios canales.

## 3.- PROCESAMIENTO EN PARALELO DE LA INFORMACION.

De alguna forma, se puede pensar en los HOE como en 'elementos' pasivos de un 'circuito' por el que en lugar de electrones la información es transportada por fotones. Así un divisor de intensidad eléctrica (una red de resistencias) tendría como equivalente directo a un divisor de



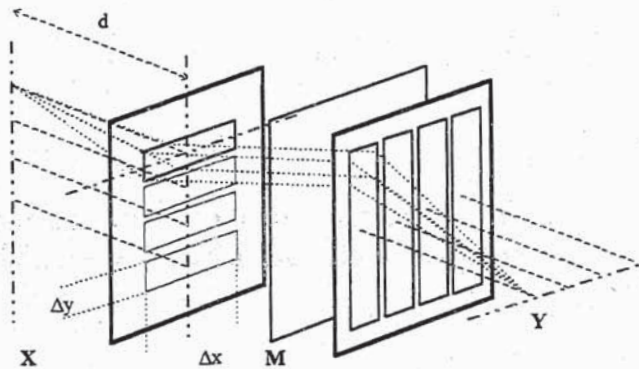
haz como el descrito en el capítulo anterior, un sumador de intensidades equivaldría a cambiar el sentido de los haces en el mismo.

A partir de un prototipo diseñado y construido basado en HOE a tal fin [4], se realizan en el laboratorio operaciones de mezclado de canales. Con ello se consigue, de una forma directa, las operaciones básicas de matrices en dos dimensiones.

La multiplicación de un vector por una matriz se realiza en dos etapas. En la primera cada elemento del vector de entrada  $X_i$  se multiplica por una fila de coeficientes  $M_{ij}$ . Seguidamente y para obtener el valor  $Y_j$  del vector de salida, se suman los productos de la columna  $j$  (Fig. 2). Se necesitan elementos 'fan-out' para multiplicar cada uno de los elementos del vector  $X$  (ej. emisores LED's) de entrada y para que focalicen en los elementos de la matriz  $M$  (matriz de niveles de grises). También se necesitan elementos 'fan-in' para realizar la suma

$$Y_j = \sum_{i=1}^N X_i \cdot M_{ij}$$

correspondiente a cada elemento  $Y_j$  (ej. fotodetectores).



**Fig. 2:** Configuración básica del sistema de procesamiento de información óptico propuesto

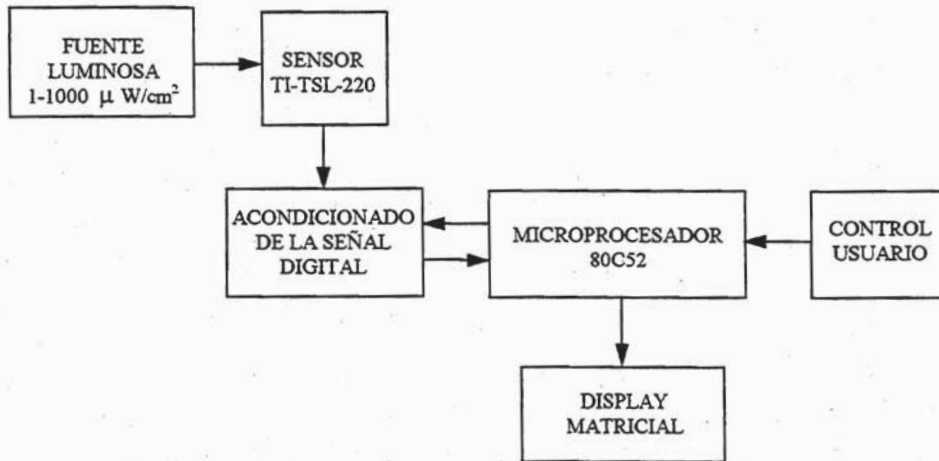
La matriz  $M$  (que no es más que una matriz de pesos, o sea de niveles de grises) puede ser una matriz de densidades constantes o bien, en prototipos más elaborados, una matriz controlada por un ordenador para variar los valores de  $M_{ij}$ . (Moduladores espaciales de luz). En un primer momento se ha utilizado máscaras binarias (todo o nada) de forma que las operaciones que se realizan son reordenación de elementos ("shuffle"), operaciones "O" lógicas, etc. También se puede mostrar cualitativamente la suma de señales utilizando conversores luz-tensión aunque no se puede realizar medidas cuantitativas hasta una posterior calibración del sistema.

#### 4.- DESARROLLO DE UN RADIOMETRO PARA PRACTICAS.

Para conocer la cantidad de energía asociada a los canales de información, tanto de entrada como de salida, se ha diseñado y construido un radiómetro de bajo coste. Este diseño permite reproducir esta práctica y otras para un número suficiente de puestos en un laboratorio.

El diagrama de bloques del radiómetro se ilustra en la Figura 3. El sensor TI-TSL-220 [5] convierte la energía procedente de la fuente luminosa en una señal digital TTL cuya frecuencia depende linealmente de dicha energía. Una etapa acondicionadora arbitrada por el microcontrolador 80C52 [6] adapta dicha señal para su posterior captura por el mismo. El

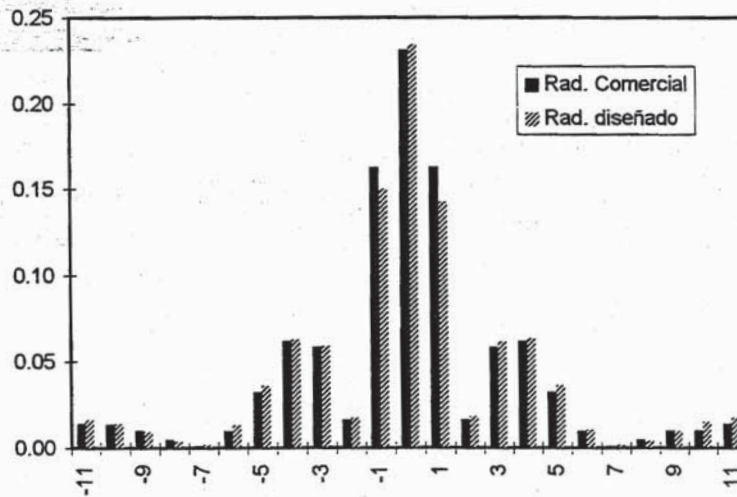
microcontrolador procesa dicha señal y envía finalmente el valor de la intensidad luminosa incidente sobre el sensor a un display matricial.



**Fig. 3:** Diagrama de bloques del radiómetro.

El usuario seleccionará el modo de medida (única, continua), el modo de captura (puntual, promediada), el modo de visualización (referenciado, absoluto) y la longitud de onda (514-633-870 nm.).

De esta forma, el sistema permite obtener valores relativos de intensidad luminosa con respecto de una medida de referencia en un rango dinámico adecuado (entre  $1\mu\text{W}$ - $1\text{mW}$  @  $\lambda=633\text{ nm.}$ ), para prácticas con fuentes de iluminación monocromáticas (LED, láseres de diodo,...).



**Figura 4:** Comparación entre las medidas experimentales obtenidas con un radiómetro comercial y el desarrollado en este trabajo (láser de HeNe  $\lambda=633\text{ nm.}$ ).



## 5.- CONCLUSIONES.

Se han puesto a punto una serie de prácticas que ponen de manifiesto, en el laboratorio, el comportamiento básico de algunos componentes relacionados con el mundo de la optoelectrónica. El costo de los componentes implicados permite implementar suficientes puestos de prácticas para una adecuada docencia.

Para avalar estos resultados se han comparado medidas relativas de una distribución de intensidades originadas por la red de difracción (fan-out ópticos), obtenidas con un radiómetro comercial (Newport) y con el construido a tal fin. De los resultados se deduce que se pueden obtener las mismas conclusiones con los dos conjuntos de medidas (Figura 4).

## 6.- AGRADECIMIENTOS.

Trabajo Subvencionado por la Diputación Provincial de Teruel. Proy. U. Z. nº 28468.

## 7.- BIBLIOGRAFIA.

- [1] R. Collier, C.B. Burckhardt, L.H. Lin "Optical Holography". Ed. Academic Press
- [2] B. E. Saleh, M. C. Teich. "Fundamentals of Photonics". Wiley Series in Pure and Applied optics. De. J. W. Goodmann. Wiley Interscience. New York 1.991.
- [3] A. Fimia, I. Pascual, A. Beléndez. "Silver Halide Sensitized Gelatin as a holographic storage medium". SPIE vol. 952, pp. 288-291, 1988.
- [4] A. Blesa. "Elementos ópticos holográficos integrados en sistemas electrónicos". VI Jornadas de Tecnología Electrónica, Las Palmas, Febrero 1995.
- [5] Texas instruments optoelectronics Data Book.
- [6] Philips, 80C51 based microprocessors Data Book.