

DEMODULACION OPTICA POR EFECTO DE MOIRE

Jorge Ibarra G.*

Sumario

En este trabajo se propone un método simple para llevar a cabo demodulación de información óptica con ayuda de una rejilla. El objeto a demodular se encuentra a la vez modulado por rejillas del mismo periodo. De esta manera, al superponer al objeto modulado la rejilla demoduladora se produce el efecto de Moiré; el que se aprovecha para resaltar ciertas zonas de una imagen.

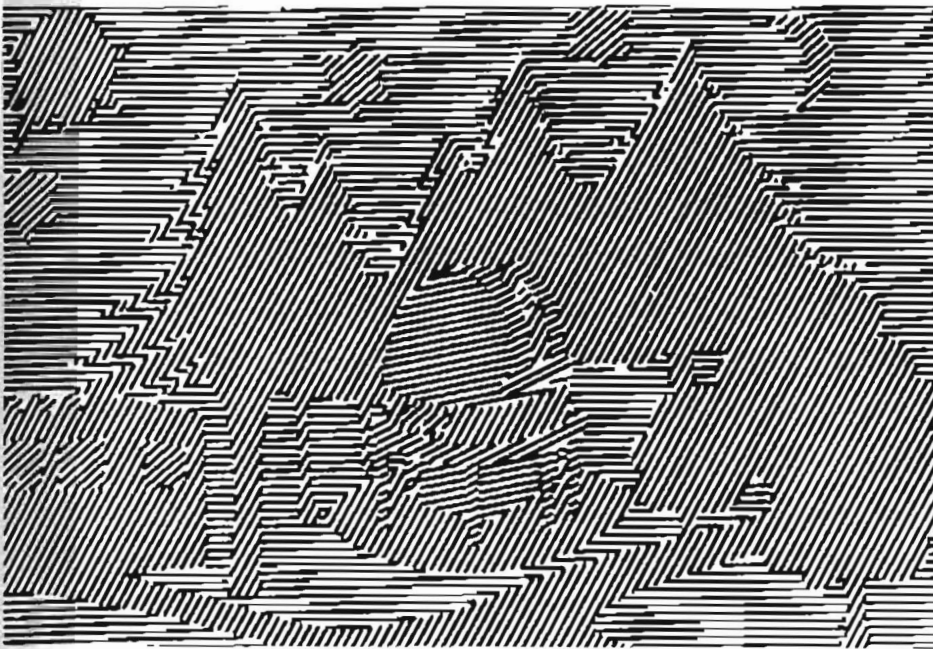
Introducción

En los años de 1963 a 1965, Lohmann, Morgenstern y Armitage proponen un tipo de modulación angular a la que llamaron "Modulación theta".¹ Esta consiste en lo siguiente: si se tiene una transparencia en tonos de gris, la modulación theta asigna a cada tono de gris una rejilla con el mismo periodo pero cada una con un cierto ángulo theta. En la Fig. 1 se muestra una escena con cinco diferentes tonos de gris. La codificación por modulación theta de la escena en la Fig. 1 se muestra en la Fig. 2. Nótese que las diferentes orientaciones de la rejilla corresponden a diferentes tonos de gris. Aún para este sencillo caso, la información presentada en la Fig. 2 no es obvia

* Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Apartado Postal 216, 72 000 Puebla, Pue., México.



1. Escena a codificar en cinco tonalidades de gris.



2. Codificación Theta de la escena presentada en la fig. 1.

de interpretarse por el cerebro humano, al ser detectada por el ojo.

Para recobrar o demodular la información codificada o modulada de acuerdo a la técnica propuesta por Lohmann, Morgenstern y Armitage, se requiere de un sistema óptico formador de imágenes a base de dos lentes.² La distancia de cada una de las lentes es la misma y éstas están separadas por el doble de su distancia focal. En el plano focal posterior de la primera lente se coloca la transparencia modulada. En el plano focal anterior de esta misma lente se forma el patrón de difracción de Fraunhofer. Dejando pasar un orden de difracción por medio de un filtro binario, se observará en el plano de la imagen (Plano focal de la segunda lente) el detalle específico de la escena que corresponde al tono gris de la escena original. Este arreglo experimental requiere una fuente de alta coherencia espacial; por ejemplo un láser.

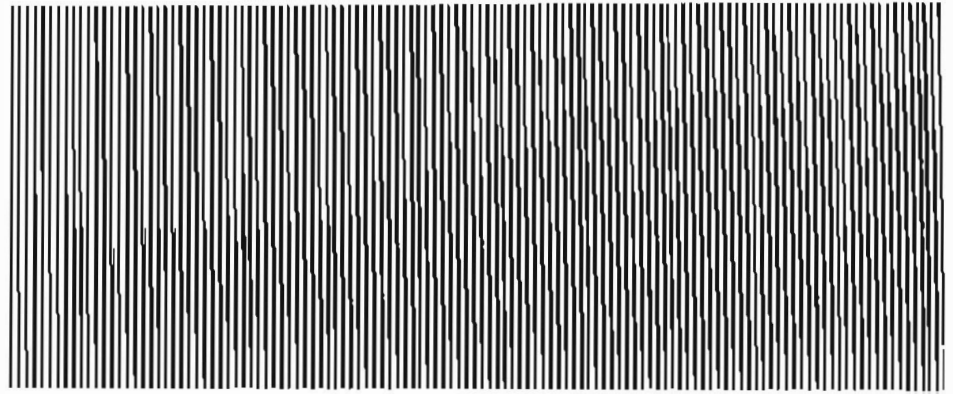
En este trabajo se propone un método nuevo para demodular información codificada de acuerdo a la modulación theta. Las ventajas de esta técnica son: que se lleva a cabo con luz blanca incoherente (una lámpara normal), que se decodifica con una rejilla del mismo periodo con que se codificó la transparencia. Por todo ello la técnica resulta económica y trabaja en tiempo real.

Rejilla y efecto de Moiré

Las técnicas que producen efecto de Moiré han demostrado ampliamente su aplicación con fines pedagógicos, técnicos y científicos. Más detalles del efecto de Moiré se encuentran en la referencia 13.*

En nuestro experimento empleamos una rejilla como la mostrada en la Fig. 3. Asumiendo que tenemos un sistema de coordena-

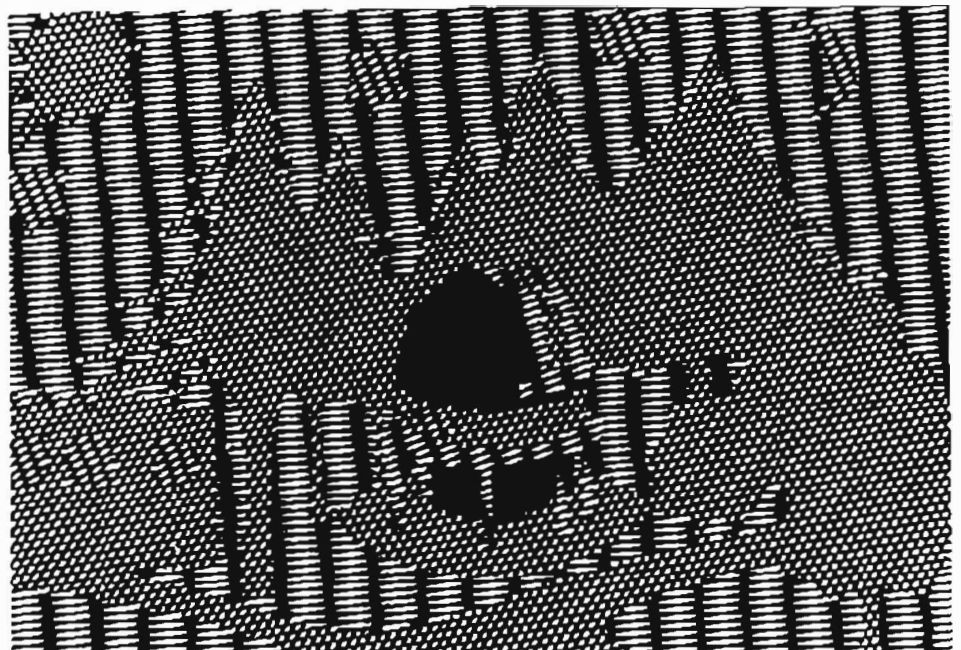
* J. Ojeda, *et al*, *Elementos*, núm. 4-5, año 1, vol. 1.



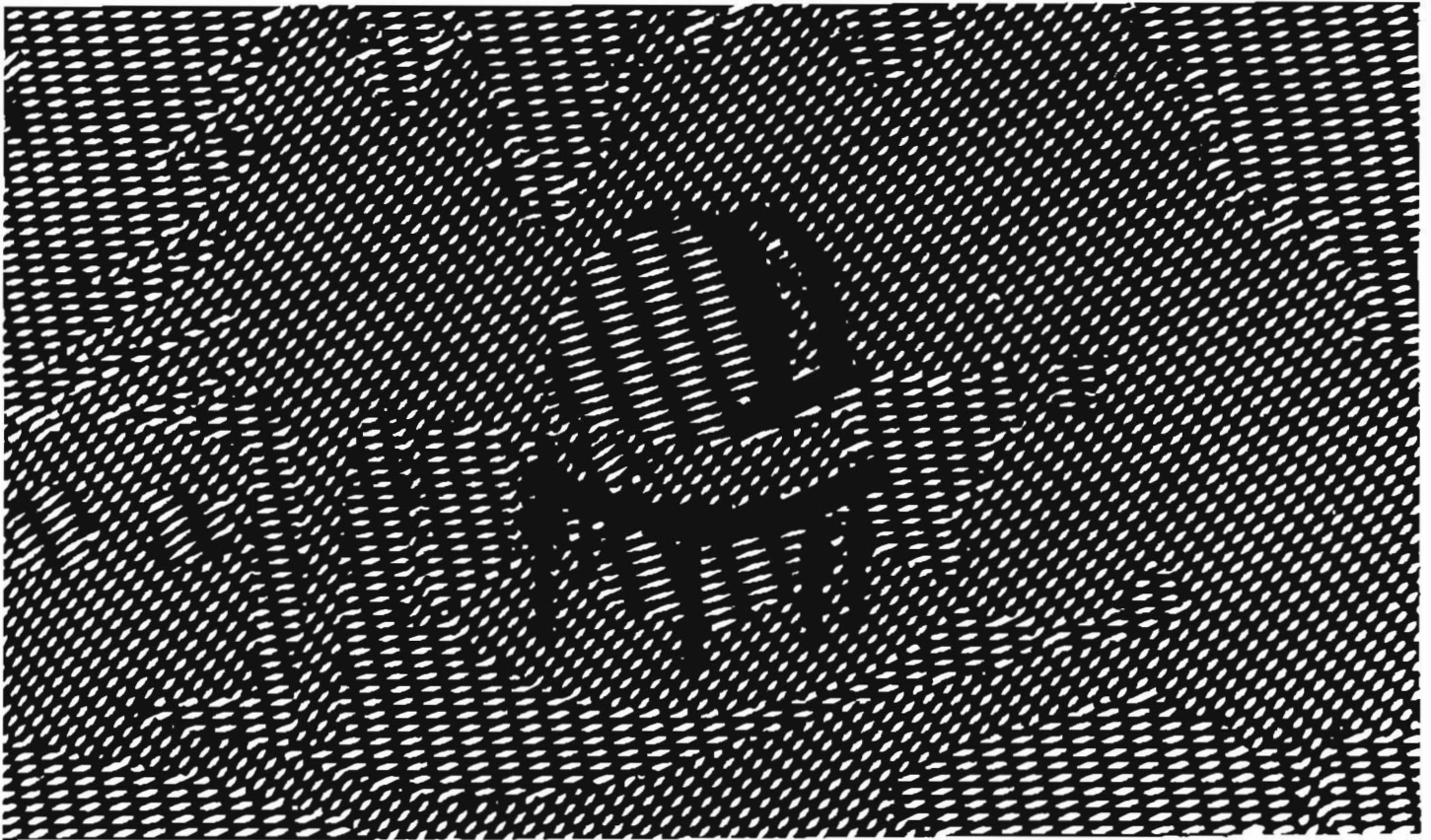
3. Rejilla tipo Ronchi típica.



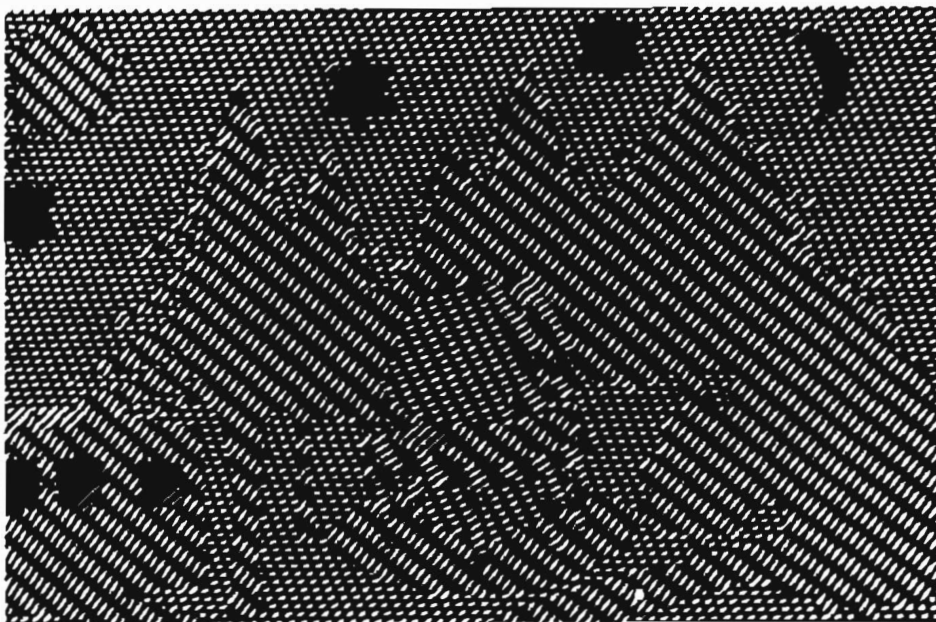
4. Decodificación de la información de la fig. 1 cuando el ángulo theta es cero grados.



5. Decodificación de la información de la fig. 1 cuando el ángulo theta es de 10°.



6. Decodificación de la información de la fig. 1 cuando el ángulo theta es de 24° .



7. Decodificación de la información de la fig. 1 cuando el ángulo theta es de 40° .

das en el cual el eje de las x's es el eje horizontal y el eje de las y's es el eje vertical, entonces las franjas rectangulares de la rejilla forman un ángulo de 90° con respecto al eje x. En lo siguiente se entenderá el ángulo que forma la rejilla con respecto al eje x. El origen de

coordenadas se encuentra precisamente en el centro de la rejilla indicada en la Fig. 3. El ángulo que forman las franjas rectangulares de la rejilla con el eje de las x's se le denominará theta. La región más oscura de la Fig. 1 es precisamente la región oscura de la Fig. 4, la

cual se obtiene al superponer la RR, con theta igual a cero grados con la Fig. 2 y desplazar ésta lo suficiente para que se produjesen rejillas complementarias en este ángulo. En la Fig. 1, parte de la cúpula y la pared del edificio, tienen el nivel de gris inmediato menos oscuro al nivel de gris más oscuro. Cuando se superpone la rejilla con theta igual a 10° a la Fig. 2 y la rejilla se desplaza adecuadamente, se obtiene la Fig. 5 en donde se observa parte de la cúpula y la pared del edificio, el resto de los detalles de la escena quedan aún codificados a base de franjas de Moiré con diferentes frecuencias y direcciones. Las Figs. 6, 7 y 8 muestran la decodificación de los tonos de grises más claros. En la Fig. 6 se decodificó con la rejilla el tono de gris anterior al tono completamente claro que presenta la Fig. 1. En este caso, el ángulo theta es de aproximadamente 24° . En la Fig. 7 la decodificación es para el tono de gris intermedio con theta aproximadamente igual a 40° . En la Fig. 8 la decodifica-

ción es del tono más claro con theta igual a 60° .

Como puede observarse, de las figuras anteriormente presentadas, existe sólo una decodificación para un ángulo theta dado, que concuerda con un tono de gris en la escena. En el caso de que el ángulo theta no corresponda al asignado al tono de gris ni el desplazamiento sea el adecuado, se obtienen escenas como la representada en la Fig. 9, en la cual no se observa detalle alguno de la escena original.

Otros ejemplos de demodulación theta se muestran en las Figs. 10, 11 y 12. La Fig. 10 muestra la foto original y las Figs. 11 y 12 la decodificación de algunas de sus zonas.

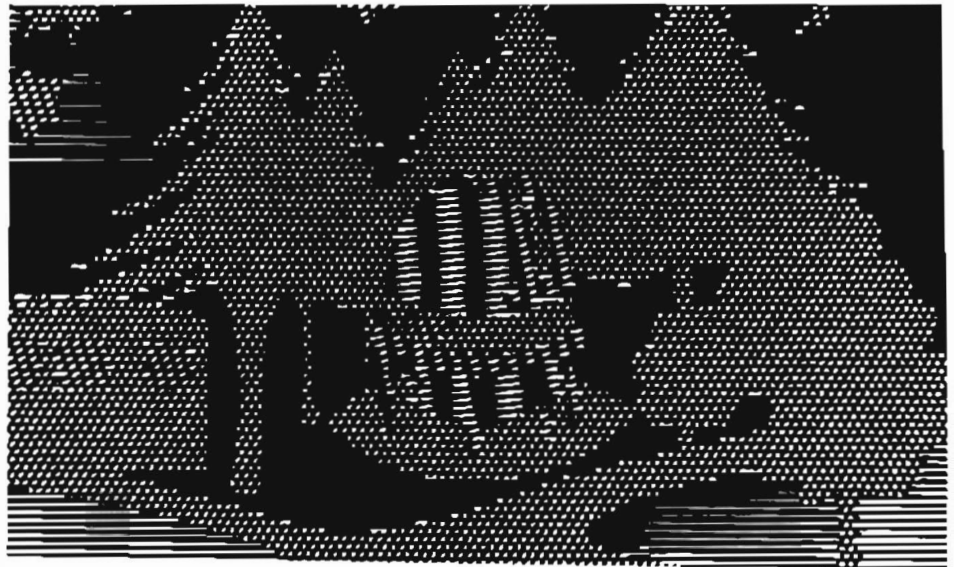
Conclusiones

En este trabajo se presentó una metodología de decodificar información óptica haciendo uso de una rejilla. Aun cuando en este caso la codificación de la información se llevó a cabo para cinco niveles de gris, claramente el número de niveles de gris que pueden decodificarse, puede incrementarse. Entre las ventajas de la decodificación aquí propuesta, se encuentran: es ilustrativa desde el punto de vista pedagógico, es económica ya que se implementa en forma sencilla y el resultado se observa en tiempo real.

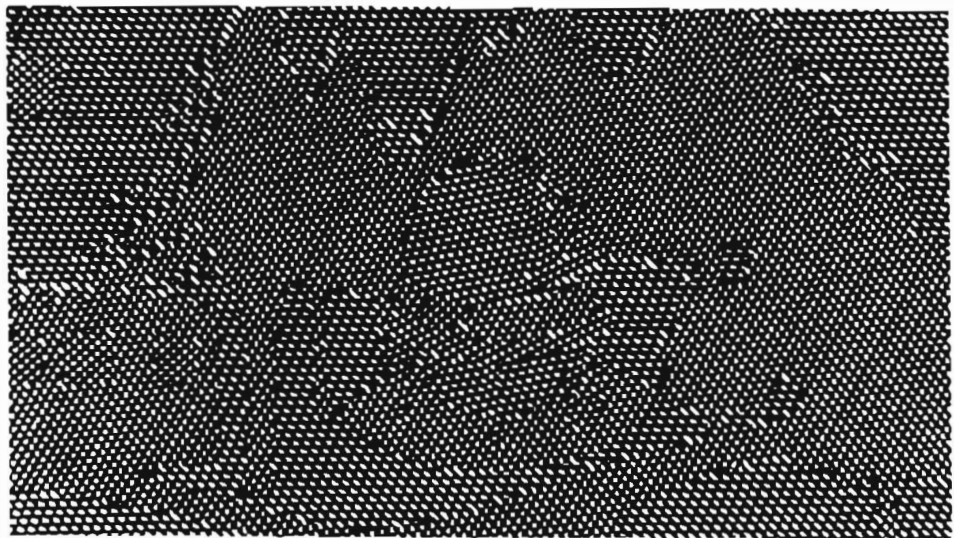
Agradecimientos

El objeto usado en este trabajo fue originalmente obtenido por el Sr. Eliezer Jara y el Dr. Jorge Ojeda Castañeda en un trabajo no publicado sobre modulación theta.

Agradezco al Dr. Ojeda Castañeda por su estímulo y consejos para llevar a cabo este trabajo, así como al M. en C. Luis R. Berriel Valdós por su colaboración en la redacción y complementación de las ideas expuestas en este trabajo.



8. Decodificación de la información de la fig. 1 cuando el ángulo theta es de 60° .



9. Superposición de la escena de la fig. 2 con la rejilla a un ángulo arbitrario.

Referencias

1. A. Lohmann y B. Morgenstern "Azitumal modulation in optik", *Optik* 20 Heft 9/10, 1969.
2. J. D. Armitaje and A. W. Lohmann, "Theta modulation in optica", *Appl. Opt.*, núm. 4, pp. 999, 1965.
3. J. W. Goodman, *Introduction to Fourier optics*, Chap. 7, Mac Graw Hill Inc., New York, 1968.
4. J. Ojeda Castañeda, E. Jara and J. Ibarra "Novel applications of image subtraction", *Optics*, México, ICO, 1981.
5. J. Ojeda Castañeda, J. Ibarra, E. Jara, S. Guel-Sandoval and J. Santamaría, "Real-time pseudocolor density", *encoder Proceedings of SPIE - vol. 303*, pp. 67-70, 1981.
6. E. Jara, L. R. Berriel y J. Ibarra, "Placas zonales de Fresnel por efectos del sombreado en técnicas de Moiré", *Memorias II-Simposium de Instrumentación*, Oaxtepec, UNAM, 1982.
7. P. Andres, C. Ferreira, A. Pons y C. Hernández, "Colour mixtures through theta-modulation technique", *Optics communications*, vol. 48, núm. 2, p. 103, 1983.
8. H. Bartlet and A. W. Lohmann, "Hybrid logic processing in parallel", *Applied Optics*, vol. 22, p. 2512, 1983.
9. P. S. Theocaris D. Sc., D. Apol. S. C., *Moiré fringes in strain analysis*, Edition 1969 P. S. Theocaris, first edition, 1969.
10. S. Yokoseki, "Theoretical interpretation of Moiré pattern", *Optics Communications*, vol. 11, núm. 4, p. 378, June, 1974.
11. H. Bartelt and A. W. Lohmann, "Hybrid logic processing in parallel", *App. Optics*, vol. 22, p. 2519, September, 1983.
12. O. Bryngdahl, "Moiré: formation and interpretation", *Journal of the Optical Society of America*, vol. 64, núm. 10, April, 1974.
13. J. Ojeda Castañeda, E. Jara y J. Ibarra, *Revista Elementos (UAP)*, núm. 4/5, año 1, vol. 1.