

# Laberintos Coordinados VI



LA LIGA TECNOLÓGICA

Roberto Jiménez Álvarez<sup>1</sup>, Ana Libia Marín Silva<sup>1</sup>, Pablo Padilla Longoria<sup>2</sup> y W. Luis Mochán Backal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Liga Tecnoplástica,

<sup>2</sup>Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM

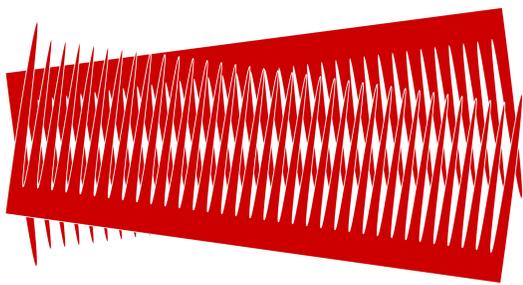
<sup>3</sup>Instituto de Ciencias Físicas-UNAM

<sup>1</sup>ligatecnoplastica@gmail.com, <sup>2</sup>pabpad@gmail.com, <sup>3</sup>mochan@fis.unam.mx

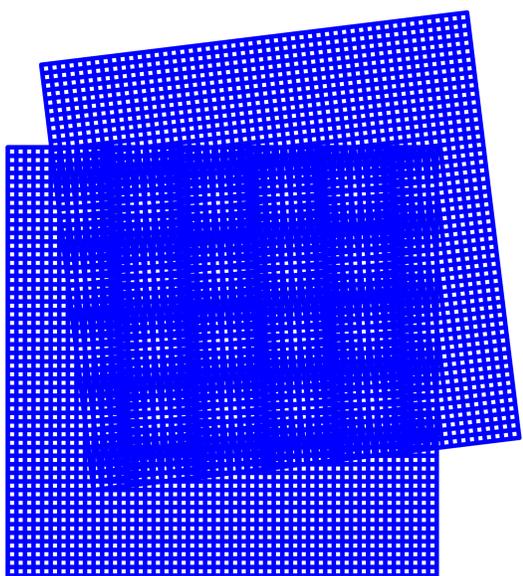


## 1. Patrones de Moiré<sup>1</sup>

- Toma un peine (no es que estés despeinado).
- Toma un segundo peine.
- Coloca los dientes de uno detrás de los dientes del otro.
- Nota el patrón de líneas que emerge.



- Las líneas horizontales no forman parte de uno ni otro peine, pero que se forman al ver los dientes de uno por entre los dientes del otro.
- Observa los cambios al inclinar y mover uno de los peines.
- Los patrones formados por la yuxtaposición de texturas que se repiten regularmente como los dientes de un peine, los alambres en un mosquitero o los hilos de una tela semitransparente, se denominan *patrones de moiré*.



## 2. Matemáticas de Moiré

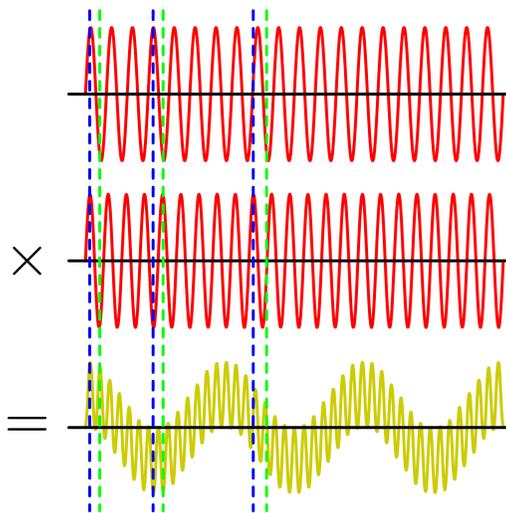
- Considera dos imágenes en blanco (transparente) y negro impresas en acetatos transparentes colocados uno detrás del otro.
- La imagen resultante es negra donde
  - una zona negra del primer acetato cubre una zona negra del segundo,
  - una zona negra cubre una zona transparente del segundo o
  - una zona transparente cubre una zona negra.
- La imagen resultante es transparentes donde
  - una zona transparente cubre otra zona transparente.

×	0	1
0	0	0
1	0	1

- Yuxtaponer dos figuras equivale a *multiplicarlas* identificando las zonas negras con el número 0 y las zonas transparentes con el número 1.

## 3. Multiplicación de ondas

- Considera la gráfica de dos funciones que suben y bajan regularmente casi con la misma frecuencia (líneas rojas abajo).
- Considera su producto (línea amarilla abajo).
- Para calcularlo, para cada valor de la *variable independiente* (en la dirección horizontal) multiplica el valor de las dos funciones, dado por su altura sobre la línea negra; alturas positivas están arriba y alturas negativas abajo de la línea negra correspondiente.

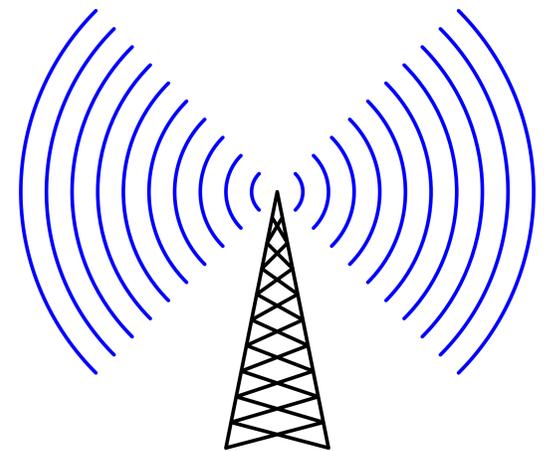


- Como ejemplo considera la guía a trazos azul de la izquierda. Al multiplicar un pico positivo por otro pico positivo el resultado es un pico positivo, pues  $+ \times + = +$ .
- Ahora considera la guía a trazos verde de la izquierda. Al multiplicar un pico negativo por otro pico negativo el resultado es un pico *otra vez positivo*, pues  $- \times - = +$ .
- Considera la segunda guía a trazos azul de izquierda a derecha. Al multiplicar un pico positivo por un pico negativo el resultado es un pico negativo, pues  $+ \times - = -$ .
- Ahora considera la segunda guía a trazos verde de izquierda a derecha. Al multiplicar un pico negativo por un pico positivo el resultado es un pico *otra vez negativo*, pues  $- \times + = -$ .
- Por último, considera la tercera guía azul y la tercera guía verde. Al multiplicar 0 por lo que sea, o lo que sea por 0, el resultado es 0.

- Nota que el producto de dos funciones periódicas con frecuencias ligeramente distintas está formado por una parte que oscila lentamente y otra que oscila rápidamente.

## 4. Radiodifusión

- Las propiedades del producto de oscilaciones se emplean en la *radiodifusión*.



- Los micrófonos en una estación de radio recogen señales de audio que oscilan lentamente, con frecuencias de apenas algunos cientos de Hertz (oscilaciones cada segundo).
- Con éstas se modulan mediante multiplicación ondas de radio con frecuencias altas de millones de Hertz.
- Los radioreceptores extraen la señal original *multiplicando* la señal de radio por una onda con la frecuencia nominal de la estación de radio. La componente de baja frecuencia de la onda resultante es la señal de audio que es amplificada y enviada a las bocinas para generar sonido.
- Esta técnica para detectar señales de radio se conoce como *detección homodina*.

## 5. Codificación/decodificación homodina de imágenes dinámicas

- Los patrones de moiré son análogos espaciales de la detección homodina: el producto de dos oscilaciones espaciales rápidas produce oscilaciones espaciales lentas.
- Los patrones espaciales tienen más riqueza pues las imágenes que los componen pueden variar a lo largo de diversas direcciones y pueden ocupar distintos planos en el espacio.
- En el Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM hemos desarrollado herramientas matemáticas y programas computacionales que permiten la codificación y decodificación homodina de imágenes tomando para ello conceptos prestados de la *óptica no lineal*, uno de nuestros temas de investigación.
- El *paralaje dinámico*, el movimiento de objetos cercanos respecto a los lejanos cuando caminamos, permitió producir imágenes que físicamente se hallan *fijas* pero que se *animan* de movimiento visual bajo el control del espectador.

<sup>1</sup>Texto adaptado del artículo *Los Peines y la Codificación Homodina de Imágenes Dinámicas* por W. Luis Mochán Backal publicado el 5 de enero de 2009 en la página la sección *La Ciencia desde Morelos para el Mundo* que dedica el diario *la Unión de Morelos* a la *Academia de Ciencias de Morelos*.

