

## UTILIZACION DE UN ALGORITMO DE DIFUSION PARA LA DETERMINACION DE CONTORNOS

*Jorge Enrique Coen Riba*

Departamento de Física, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

(Recibido: junio 15, 1993 / Aceptado: mayo 15, 1994)

### RESUMEN

Se presenta un método para determinar contornos en una figura generada en computadora digital, utilizando la información espacial en dos dimensiones y el valor numérico que codifica el brillo o color para cada posición bidimensional (pixel)\*.

Se logra mediante esta técnica identificar las posiciones en el plano que corresponden a los bordes de la imagen.

Debido a que los pixeles del contorno pueden ser fácilmente identificados la información dentro y fuera de los bordes no es alterada en forma alguna.

### ABSTRACT

A method to highlight edges in a digital computer image is presented, using a diffusion like algorithm, that uses spatial and numerical information of the pixels that form such image.

Using this technique the positions of the individual pixels that make the edges can be identified; because of this, the original information inside or outside the figure is not modified.

### INTRODUCCION

La detección de contornos es una de las funciones primarias en el análisis de imágenes.

Muchos métodos han sido aplicados con este propósito (Sun y Venetsan, 1988). Los más complejos, por lo general, utilizan esquemas que eliminan el ruido de la imagen, y luego «ventanas» o filtros que se mueven por la figura detectando los cambios e identificando los bordes. Estas técnicas normalmente utilizan análisis estadísticos, filtros adaptativos, filtros de respuesta al impulso y filtros no causales (Lele y Mendel, 1987). La elección de los coeficientes que operan estos filtros es difícil pues deben variarse para distintos tipos de ruido (Sun y Venetsan, 1988). Algunos de estos métodos llegan a ser tan complejos que su implementación en computadoras resulta muy difícil o muy demandante.

En este trabajo se presenta una técnica simple que permite la identificación espacial de los pixeles del contorno utilizando un algoritmo de difusión de partículas en dos dimensiones. Este método es sencillo y fácil de programar. Su fundamento teórico es casi intuitivo, ya que al observar una imagen lo primero que se nota son los contornos, debido a los cambios de contraste o de color en la misma.

### La imagen en la computadora

Existen diversos formatos para guardar imágenes en una computadora. Estos por lo general tienden a optimizar el espacio que se utiliza en la memoria; sin embargo, para su presentación en un monitor, siempre será necesario ordenar los datos en una matriz de puntos (x,y) que dependiendo de

\* PIXEL apócope del inglés (Picture Element), punto de una imagen digital.

su valor excitarán con un determinado color o brillo una posición en la pantalla del monitor (pixel). Esta es información espacial, y a cada par (x,y) corresponderá un valor numérico que codificará el color o la intensidad del mismo en esa posición. En una región donde los pixeles tienen el mismo valor numérico se dará la apariencia de homogeneidad y en las regiones donde los pixeles cambian sus valores numéricos la apariencia será de heterogeneidad; permitiendo al observador apreciar una imagen con color o tonalidades en la pantalla del monitor.

Esta característica es la que permite determinar los bordes.

### El método de difusión de partículas

Skliar y Loew (1985) propusieron un método para la caracterización de formas y figuras basado en la simulación de un proceso de difusión -en un espacio bidimensional isotrópico- de partículas liberadas, en un lapso elemental inicial, desde los contornos de dichas figuras. Si se suspende el proceso de difusión antes de haberse alcanzado el estado de equilibrio, el número de partículas en cada pixel del contorno de una figura dada depende de la forma de dicho contorno.

Asumimos que el valor numérico de cada pixel representa el número de partículas que existen en esa posición. Si imaginamos una región homogénea, todas las posiciones (x,y) adyacentes tienen el mismo valor, y suponemos que cada pixel está separado de su adyacente por una pared osmótica de una constante de difusión dada, se transportará la misma cantidad de partículas al pixel adyacente que las que se recibirán de éste por lo que el transporte neto de partículas será cero. Es decir, en esta situación el valor numérico del pixel no cambia.

Por otra parte, en un borde el valor numérico de un pixel es diferente al del adyacente, por lo que al difundir las partículas el pixel que tiene más de ellas entregará al adyacente, que tiene menos, más partículas que las que recibirá de éste; por lo que el transporte neto será diferente de cero y ambos pixeles cambiarán su valor numérico. Llamamos transporte neto a la diferencia entre el valor numé-

rico original del pixel y el valor numérico final luego de la difusión.

El algoritmo fundamental es el presentado por Skliar y Loew (1985) donde:

$$N_{x,y}(p+1) = N_{x,y}(p) - 4K * N_{x,y}(p) + K[N_{(x-1),y}(p) + N_{(x+1),y}(p) + N_{x,(y-1)}(p) + N_{x,(y+1)}(p)]$$

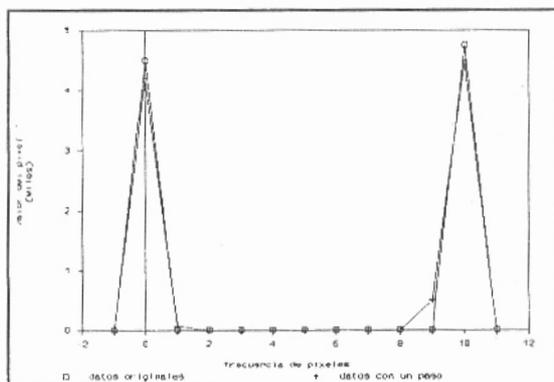
La ecuación representa el valor de un pixel en la posición (x,y) que contribuye a los 4 pixeles vecinos con un valor determinado por la constante de difusión K y recibe de cada uno de éstos una contribución determinada por la misma constante de difusión. Los vecinos más lejanos no participan en este proceso.

Como se ve esta ecuación es muy sencilla de implementar en computadora digital. El proceso se realiza durante varios pasos (p) que representan las veces que se procure este traspaso de valores.

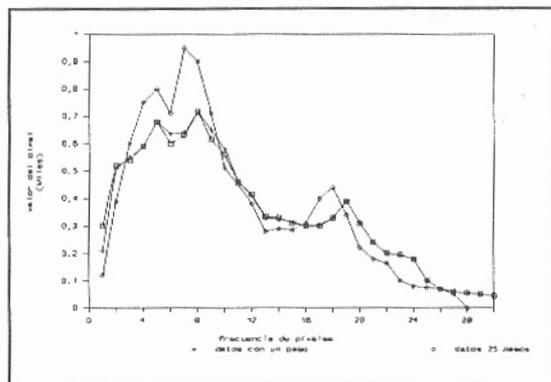
En este caso no es necesario ajustar el parámetro K a valores experimentales. Para efectos prácticos se ha determinado que con una contribución del 10% en el traspaso de valores se logra una muy buena definición del borde. Por este motivo se utilizó un valor de  $K = 0,1$ .

Una vez que se ha aplicado el algoritmo a una imagen, un método es: comparar los gráficos de frecuencia de la imagen original y la imagen modificada. En este concepto de frecuencia vs. valor de pixel, se nota claramente que hay pixeles que han cambiado de valor. Estos son precisamente los bordes de la figura.

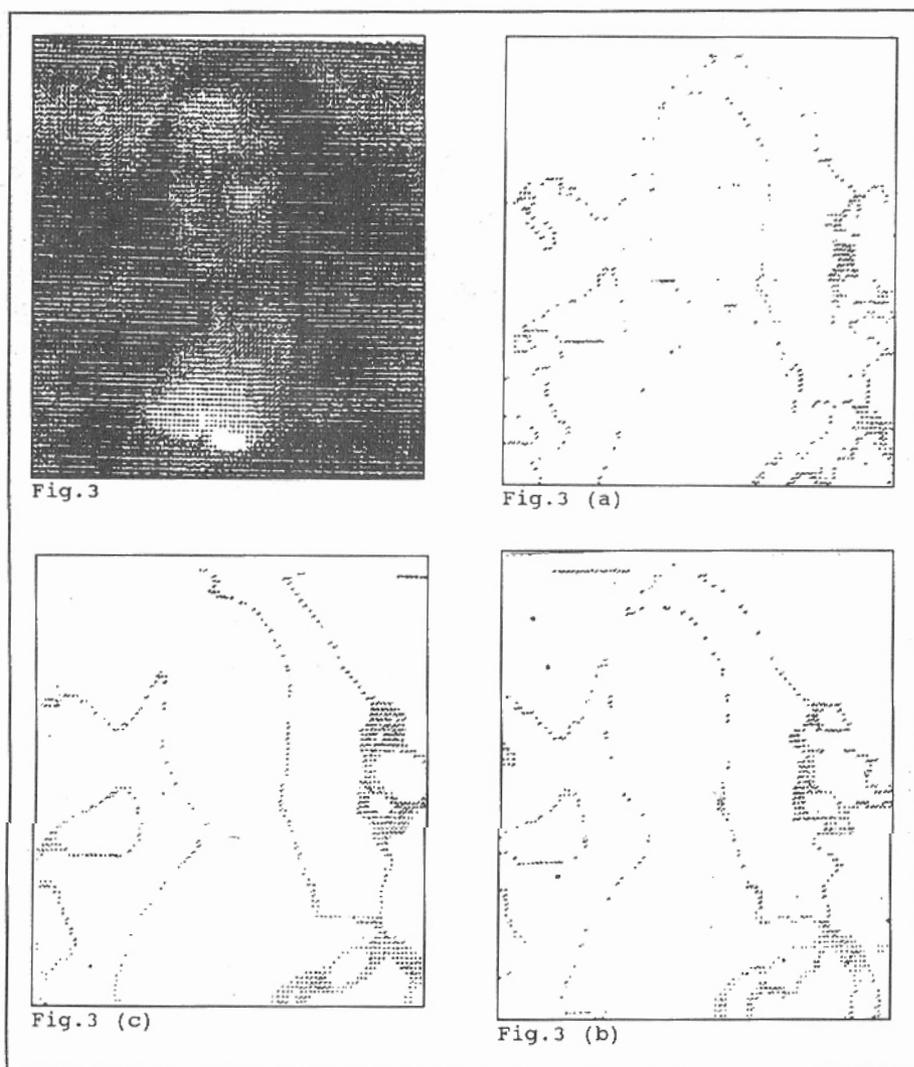
Otra aproximación evidente, es la de obtener una diferencia de la imagen original y la imagen modificada, lo cual muestra todos los bordes en la misma. Esta aproximación puede llevar a resultados confusos debido al ruido presente en la imagen. Sin embargo es una aproximación válida que puede corregirse usando además el gráfico de frecuencias. En este caso debe notarse que aparecerán pixeles de valor negativo que deben manipularse adecuadamente.



**Figura 1**  
**POLIGONO DE FRECUENCIAS**  
**CUADRADO**



**Figura 2**  
**POLIGONO DE FRECUENCIAS**  
**MONALISA**



**Figura 3**

Fig.3

Fig.3 (a)

Fig.3 (c)

Fig.3 (b)

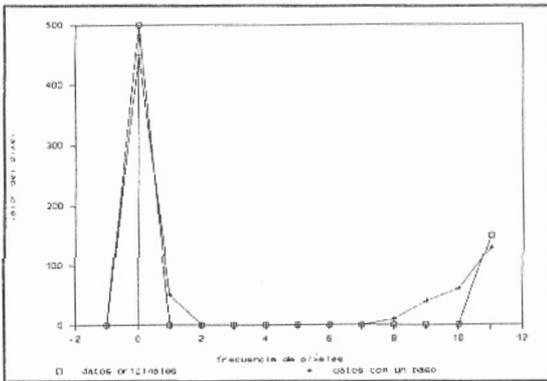
**DISCUSION**

En la Fig. 1 se ha representado un gráfico de frecuencias de un espacio que contiene un cuadro con valores de 10 y el resto del espacio tiene un valor 0. Al aplicar el algoritmo se nota que 512 cambiaron su valor a 9 y 520 a 1. Los pixeles de valor 10 en los bordes dieron su contribución a los pixeles 0 adyacentes, por lo que concluimos que estos pixeles de valor 9 son precisamente el borde de la imagen después de 1 paso. Los pixeles de valor 1 también son el borde externo que llamaremos borde falso.

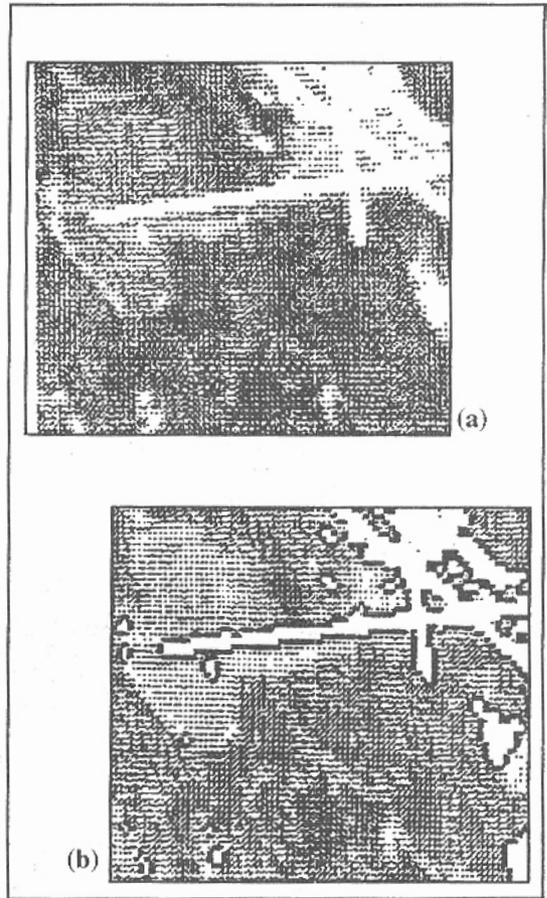
Usamos el algoritmo también para analizar una imagen de la Gioconda que está formada por 32 niveles o tonos de gris por 32 niveles entre 0 31. En el gráfico de frecuencias (Fig. 2) observamos valores que no cambian, regiones de poco cambio y regiones de un gran cambio.

Es precisamente en estas últimas donde se detectan los bordes de la figura principal. En las regiones de poco cambio se detectan los bordes de figuras secundarias como sombras tenues. Con 5 pasos del algoritmo obtenemos una buena demarcación de la figura principal, con 10 pasos perdemos algún detalle y con 25 pasos mejoramos la detección de bordes en toda la figura pero sin ningún detalle (Fig. 3 (a), (b), (c)).

En la Fig. 4 se muestra el gráfico de fre-



**Figura 4**  
**POLIGONO DE FRECUENCIAS**  
**CIRCULO**



**Figura 5**

cuencias de un círculo de radio 20 pixeles; al aplicar el algoritmo se notan dos cambios. Estos representan las dos circunferencias que se forman. Cualquiera de ellas representa el contorno de la figura.

**CONCLUSIONES**

Se ha propuesto un procedimiento para la identificación de contornos que utiliza una simulación de un proceso físico y ofrece la ventaja de ser muy fácilmente simulado en computadora digital.

Este puede resumirse así:

- a) Aplicar el algoritmo de difusión a la matriz x,y que representa la figura.
- b) Comparar el gráfico de frecuencias de pixe-

les vs. valor de pixel de la imagen original, la imagen «difusa».

O en su defecto obtener la diferencia en cada pixel del valor de la imagen modificada y el de la imagen original.

- c) Las regiones donde el número de píxeles de un valor cambia notablemente, representan regiones que definen contornos.

Se han analizado imágenes obtenidas con el mapeador temático de un satélite Landsat. El resultado se presenta en la Figs. 5a y 5b, sin embargo el método debe mejorarse para analizar imágenes con muchos bordes, como la obtenida con el mapeador, lo cual será objeto de un trabajo posterior.

## LITERATURA CITADA

- Sun, X. Z. and Z. N. Venetsan Opoulus. 1988. **Adaptive Schemes for Noise Filtering and edge detection by use of local statistics**, IEEE Transaction on Circuits and Systems, 35 (1) Jan., pp. 57-69.
- Lele, S. G. and J. M. Mendel. 1987. **Modeling and Recursion State Estimation for two Dimensional Non causal filters with applications in image restoration**. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 34 (12) Dec., pp. 1507-1517.
- Skliar, O. and M. H. Loew. 1985. **A New Method for Characterization of Shape**. Patterns Recognition Letters, 3, 335-341.
- Eastman, J. R. 1987. **IDRISI**, Clark University Graduate School of Geography. Software release ver. 1.0.