



INAOE

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.

REPORTE TECNICO

COORDINACION DE OPTICA

Programa en lenguaje "C" para encontrar los Centroides de las
Manchas en un Hartmannograma Clásico Experimental

Reporte Técnico No. 240

Ana Ma. Zárate Rivera
Fermín S. Granados Agustín
Alejandro Cornejo Rodríguez

Diciembre, 2004

©INAOE 2004

Derechos Reservados

El autor otorga al INAOE el permiso de reproducir y distribuir copias de este reporte técnico en su totalidad o en partes mencionando la fuente.



Introducción

Para realizar un análisis de la prueba de Hartmann por computadora¹, se requiere conocer las coordenadas de los centroides de las manchas de un Hartmangrama experimental (HE). Posteriormente se le asocia a una matriz entera dividida en cuadrantes y posteriormente se procede a su captura. Tradicionalmente se toma una fotografía del HE y mediante el uso de un microscopio u otra herramienta el usuario obtiene los centroides.

El tiempo involucrado en la localización, asociación y captura depende del número de manchas. Por lo que lo ideal es la automatización de estos procesos, es decir, teniendo como fuente la imagen del HE, ya sea que se obtenga directamente a través de una película fotográfica, por medio de un CCD o por la digitalización de su fotografía. De esta forma se obtiene un archivo que contiene las coordenadas (x,y) y sus respectivas (i,j) en la matriz. Para esta actividad se puede utilizar software comercial, se realizaron diferentes pruebas con Matlab y Mathcad. Debido a que el planteamiento es tener un software automático e independiente del medio para el que se genera, con estos paquetes no se logra. Lo anterior se debe a que las aplicaciones que se desarrollan en ellos requieren ejecutarse en su medio ambiente, por lo que deben instalarse. Aunque en Mathcad si existe posibilidad de hacer referencia a sus programas desde Visual "C".

Existe otro inconveniente, las manchas no tienen una forma geométrica definida ni alineada, lo cual implicaría el uso de máscaras para seleccionar el área de cada mancha para el cálculo de sus centroides e ir definiendo a que línea corresponden, esto lo transformaría en un proceso semiautomatizado. Por estas razones, se optó diseñar un programa para garantizar el control del proceso, que diese como resultado un archivo con las coordenadas de los centroides y su posición en una matriz.

A continuación se describe como está seccionado el presente reporte:

- 1) Esquema de la prueba,
- 2) Diagrama de bloques del funcionamiento del programa,
- 3) Generalidad de los formatos de imágenes y la elección de BMP de Windows,
- 4) Particularidades de la imagen del HE,
- 5) Algoritmo de Barrido,
- 6) Medio ambiente de ejecución del programa,
- 7) Manual de usuario,
- 8) Ejemplos de los resultados obtenidos,
- 9) Conclusiones y perspectivas,
- 10) Bibliografía.

1.- Esquema de la Prueba de Hartmann.

Para realizar la prueba, Fig.1, se requiere como primer paso centrar la fuente de luz puntual (usada para iluminar el espejo a través de la pantalla) respecto al espejo, después se coloca la pantalla de Hartmann, Fig.2.a, centrada sobre el espejo. Enseguida se pone algún tipo de detector como una placa fotográfica o un CCD. Para identificar las imágenes en el plano del Hartmanngrama. Fig.2.b, se coloca el detector fuera de los límites de la cáustica¹.

Una vez que la pantalla y la fuente han sido colocadas adecuadamente, se registra la imagen en el detector, comúnmente en una posición adelante de la fuente y fuera de la cáustica. El Hartmanngrama experimental entonces se digitaliza y se graba en un archivo. En el caso de un espejo esférico perfecto, las imágenes en el Hartmanngrama mantienen la misma estructura de la pantalla de Hartmann², que es una malla rectangular (ver Fig.2.a). Tomando en consideración este esquema de imagen obtenida, se procesa con el programa propuesto que se describe en la siguiente sección usando un diagrama de bloques.

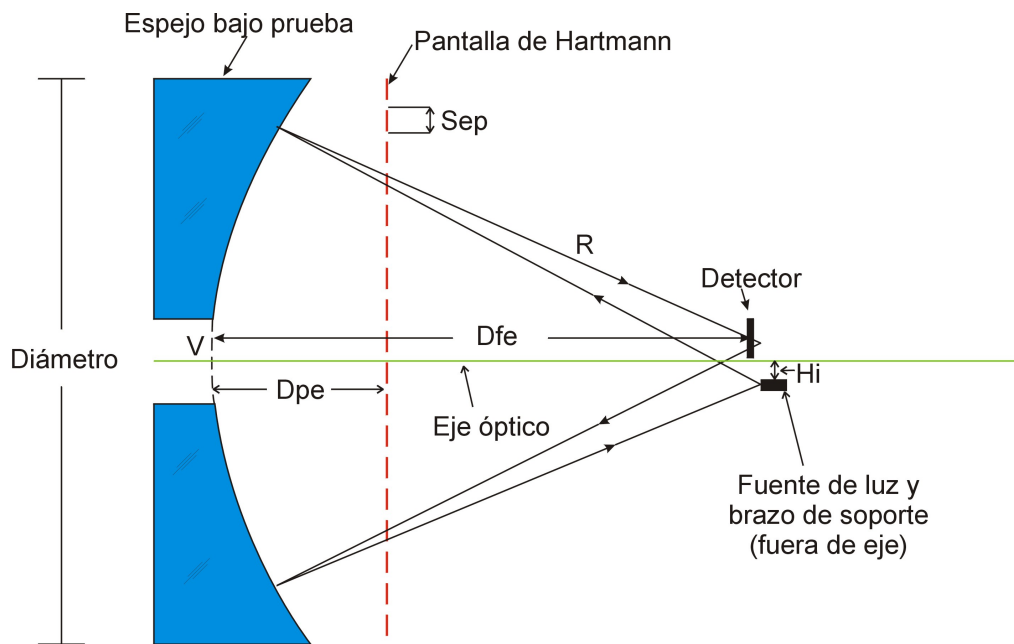


Figura 1. Prueba de Hartman.

V, vértice del espejo.

R, radio de curvatura paraxial.

Dfe, distancia de la fuente al vértice del espejo.

Sep, separación entre las perforaciones de la pantalla.

Dpe, distancia de la pantalla al vértice del espejo.

Hi, separación lateral de la placa de Hartmann respecto al eje óptico

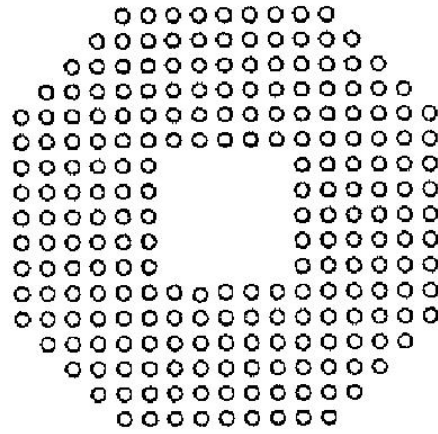


Fig.2.a. Patrón rectangular de la pantalla de Hartmann

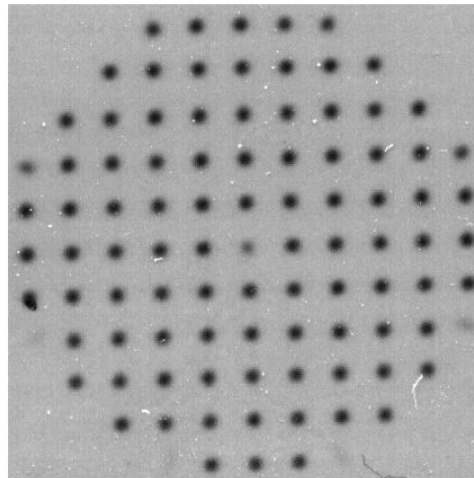
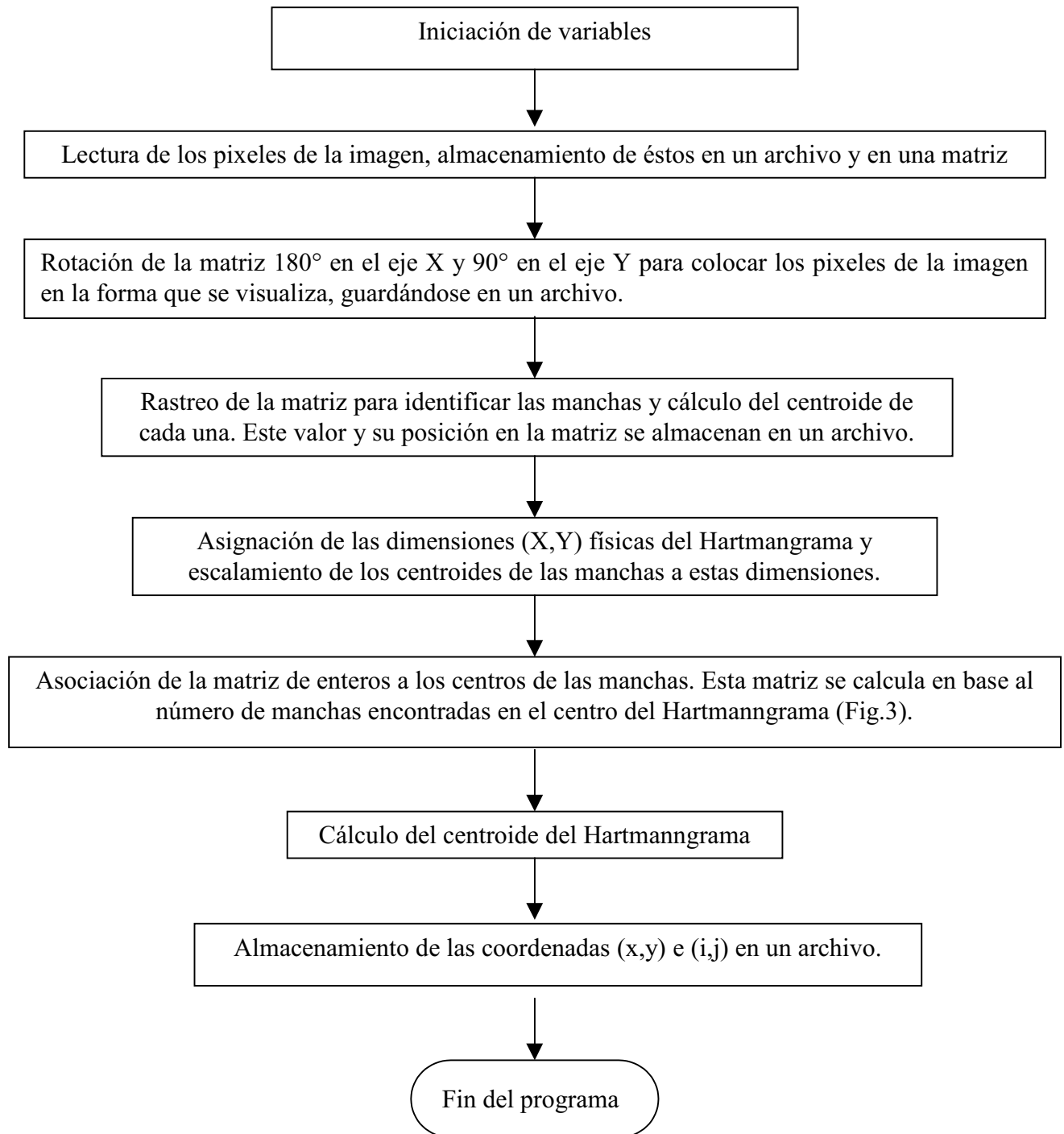


Fig. 2.b. Imagen del Hartmangrama

2.- Diagrama de bloques del funcionamiento del programa.



Con los datos obtenidos, se pueden ahora procesar usando los programas EDIHRT y HRTMN, de la prueba de Hartman¹.

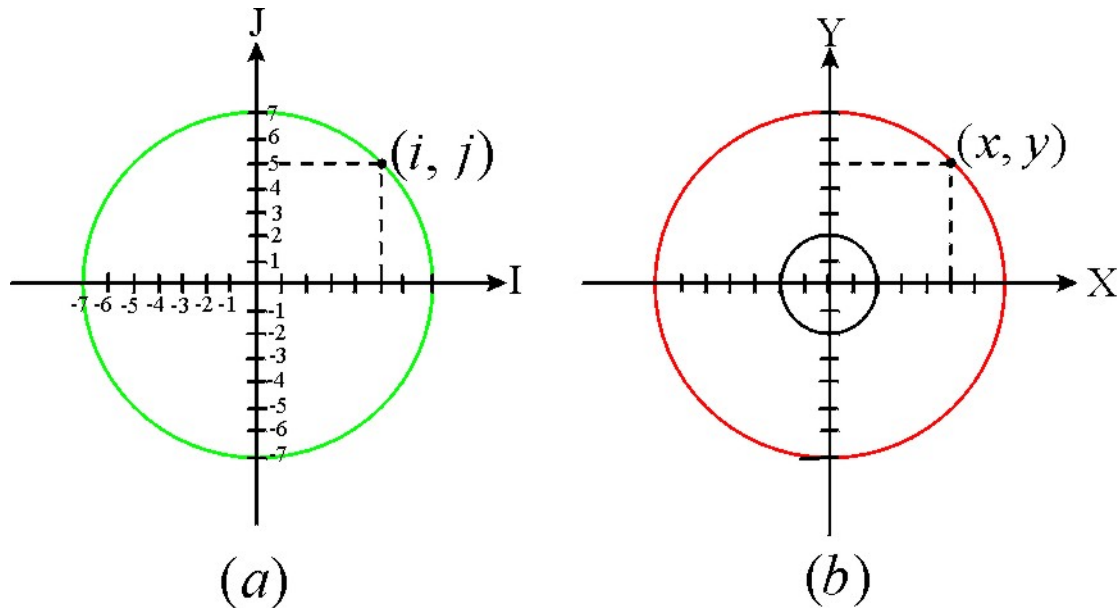


Figura 3. Asociación de coordenadas de la pantalla de Hartmann y el Hartmanngrama experimental.

(a).- Coordenadas (i, j) asociadas a cada orificio de la Pantalla de Hartmann.

(b) -Coordenadas (x, y) medidas en la imagen experimental de la pantalla, en unidades de longitud que están asociadas a cada uno de los orificios de la pantalla, que a su vez tienen las coordenadas (i, j) . Existiendo una relación unívoca entre orificio y mancha en el Hartmanngrama experimental.

Como el almacenamiento de imágenes se puede realizar usando diversos formatos, es necesario entender cada uno de ellos. A continuación se da una breve introducción a dichos formatos y en particular al formato elegido para implementar el programa aquí descrito.

3.- Generalidad de los formatos de imágenes y la elección de BMP de Windows.

3.1.- Clasificación general de las técnicas de compresión.

“lossless”, Para manipulación de bases de datos, por ejemplo: recibos, nóminas, polizas de seguro médico, etc. (datos que no permiten pérdida de información).

“lossy”, Para operaciones básicamente en imágenes, audio y video. En donde puede existir pérdida de información.

3.2.- Formatos más comunes de imágenes:

a) Para compresión de imágenes a color

GIF (Graphic Interchange Format) Popular formato de archivo gráfico en mapa de bits, para almacenar datos de imagen en baja resolución.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) Una técnica para comprimir gráficos en mapa de bits a todo color.

FITS (Functional Interpolating Transformation System) Formato que contiene todos los datos empleados para diseñar y ensamblar archivos extremadamente grandes en una estructura matemática eficiente y pequeña.

TIFF (Tag Image File Format) Formato de archivo estándar para gráficos en mapa de bit de alta resolución, especialmente usado en los escáners

b) Para compresión de imágenes monocromáticas

PGM (Portable Grey Map).

BMP (Bit Map) Formato de archivo gráfico en mapa de bits para Windows.

3.3.- Porque la selección del formato BMP para Windows.

Para decidir que formato nos convenía utilizar, se revisó el equipo de detección que se tiene en el laboratorio para imágenes, siendo estas una CCD y una cámara fotográfica. La primera es de tipo monocromático y la segunda es a color. Para el tipo de análisis a efectuar no se requieren imágenes en color, de esta forma los dos dispositivos son útiles.

a) Al trabajar con imágenes monocromáticas la selección se reduce a PGM o BMP, de los cuales se elige BMP para Windows por ser un formato estándar bajo los sistemas operativos Windows, además de que proporciona una mayor resolución.

b) Al manipular imágenes monocromáticas, se trabaja en tonos de gris y usando un byte por pixel, los valores de intensidad de los pixeles estarán en el intervalo de [0,255].

c) El tamaño máximo de cada archivo generado es de aproximadamente de 2 MB, por lo que el formato se maneja sin compresión.

3.4.- Descripción del formato BMP para Windows

Un archivo de formato BMP puede contener imágenes de 1, 4, 8 ó 24 bits por pixel.

Cada archivo contiene:

- Un encabezado de archivo

- Un encabezado del mapa de bits
- Un mapa de color
- La imagen

3.5.- Estructura del encabezado de Archivo

Registro	Tamaño	Nombre	Descripción
0	2	BfType	ASCII "BM"
2	4	BfSize	Tamaño en longitud de palabras del archivo
6	2	BfReserved1	Cero
8	2	BfReserved2	Cero
10	4	BfOffbits	Registros anteriores al comienzo de la imagen

3.6.- Estructura del encabezado del Mapa de Bits

Registro	Tamaño	Nombre	Descripción
14	4	biSize	Tamaño de este encabezado, 40 bytes.
18	4	biWidth	Ancho de la imagen en pixeles.
22	4	biHeight	Alto de la imagen en pixeles.
26	2	biPlanes	Número de planos de la imagen, debe ser 1.
28	2	bitBitCount	Bits por pixel, 1, 4, 8, ó 24.
30	4	bitCompression	Tipo de compresión.
34	4	biSizeImage	Tamaño en bytes de la imagen comprimida.
38	4	biXPelsPerMeter	Resolución horizontal, en pixel por metro.
42	4	BiYPelsPerMeter	Resolución vertical, en pixel por metro.
46	4	BiClrUsed	Número de colores usados.
50	4	BiClrImportant	Número de colores "importantes".
54	4*N	BmiColors	Mapa de color.

3.7.- Imagen

Los datos del bitmap siguen inmediatamente al mapa de color.

Los bits son lógica y físicamente en ausencia de compresión acomodados en filas.

Bitmap con un bit por pixel. Cada pixel es un simple bit, agrupados ocho por byte. El bit de mayor orden es del extremo izquierdo.

Bitmap con cuatro bits por pixel. En imágenes no comprimidas son agrupados dos pixeles por byte.

Bitmap con ocho bits por pixel. En imágenes no comprimidas es agrupado un pixel por byte.

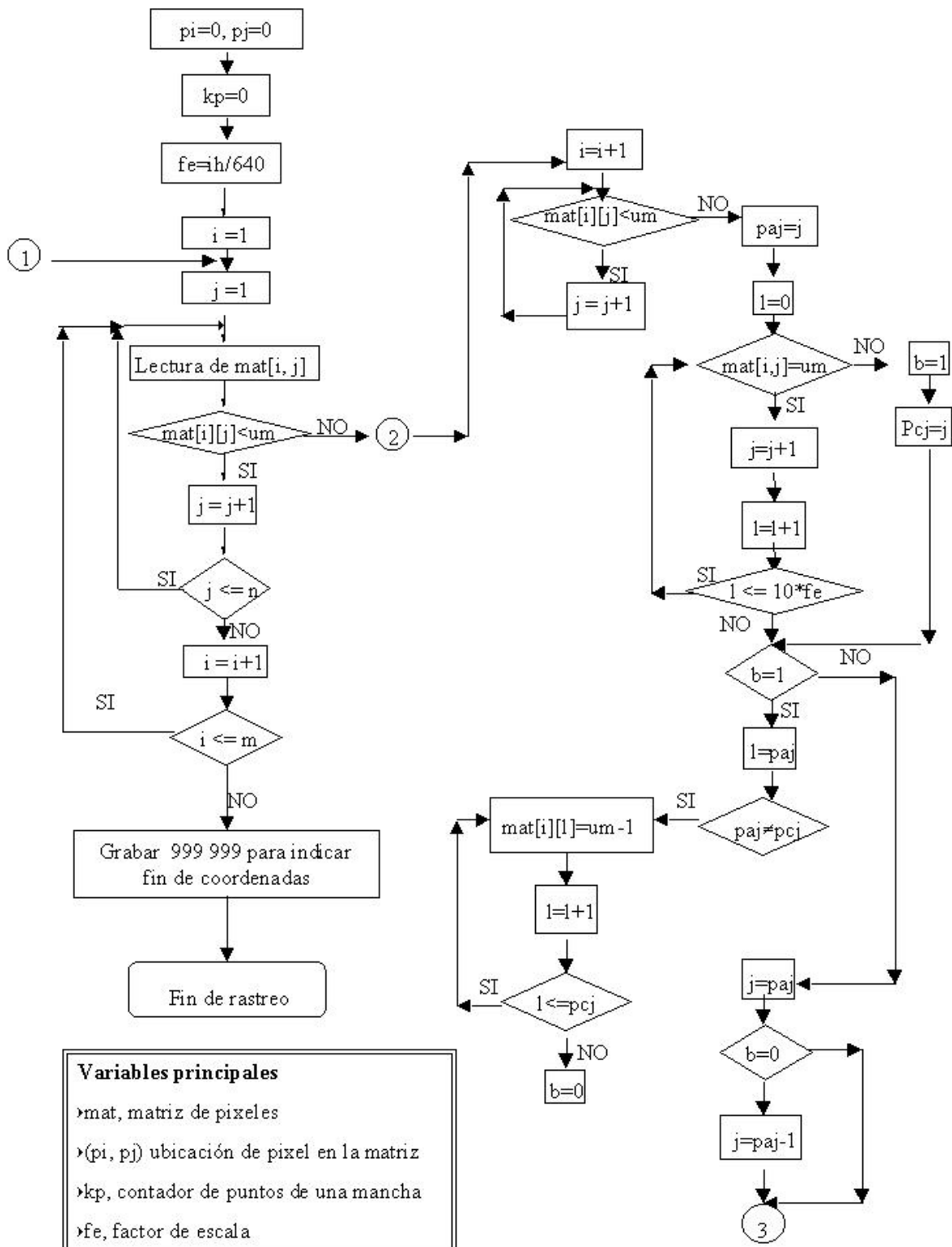
Bitmap con veinticuatro bits por pixel. Cada pixel ocupa tres bytes, el rojo, el verde, y el azul, en ese orden.

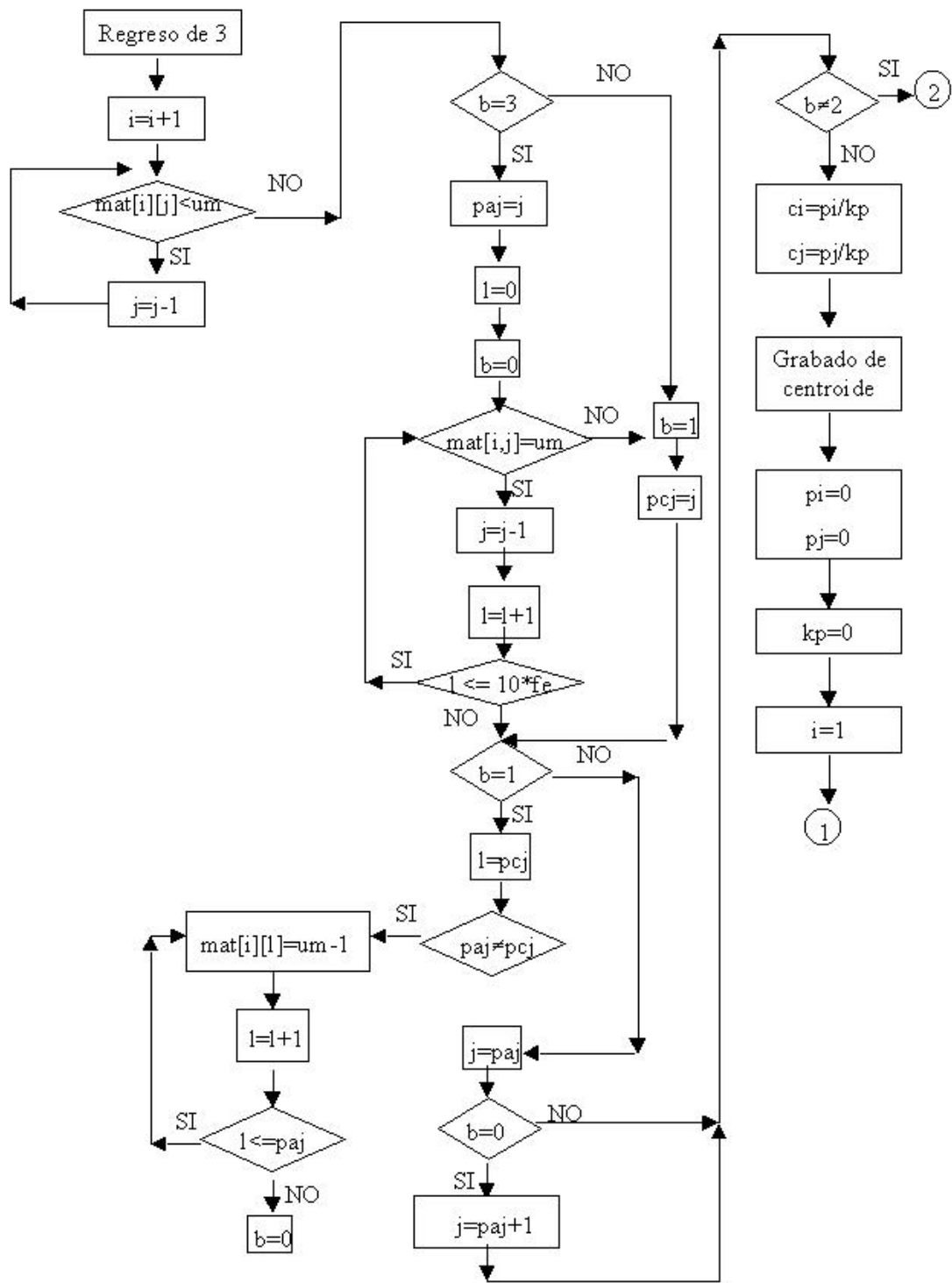
4. Particularidades de la imagen del HE.

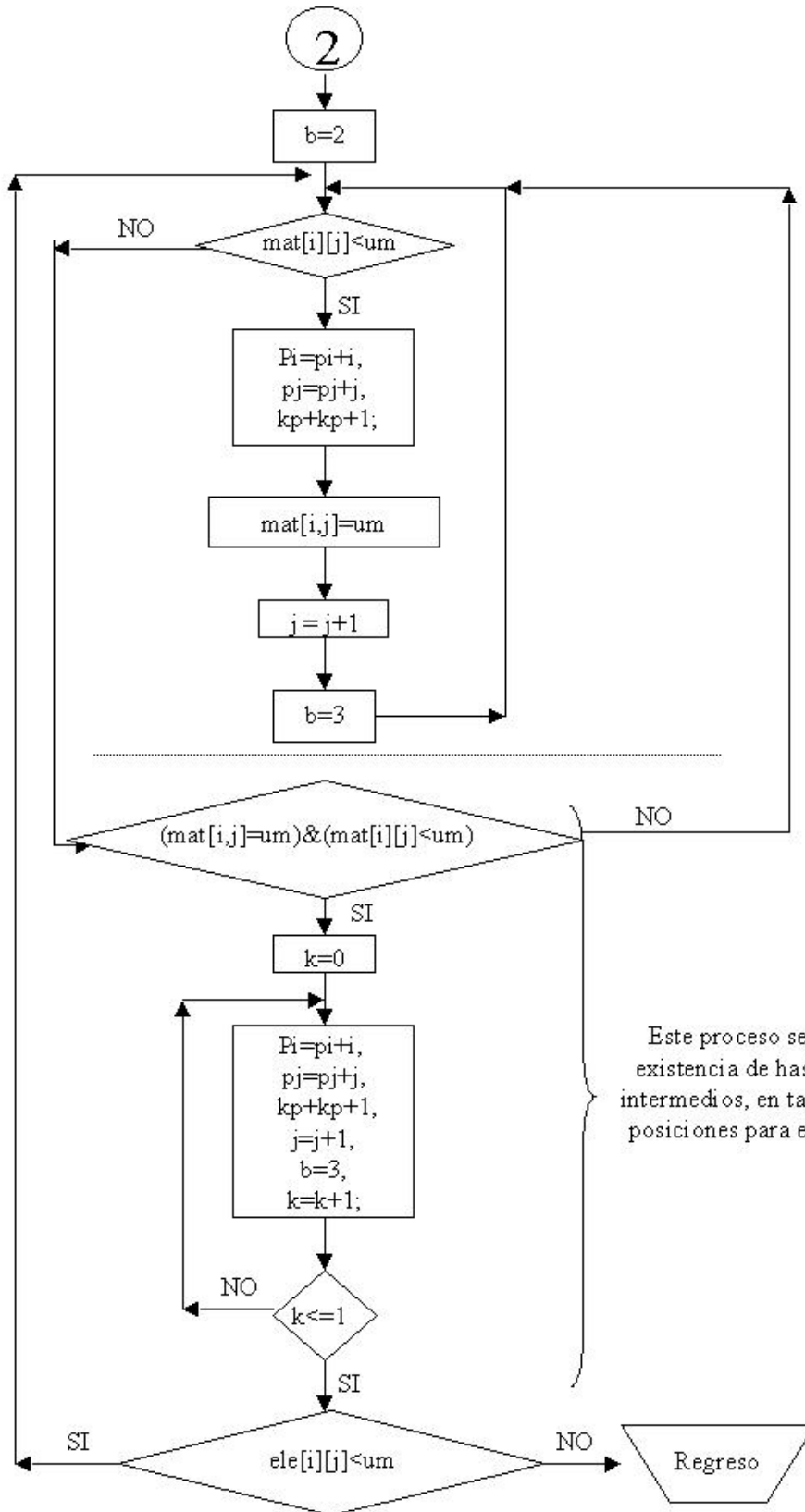
- Formato de Mapa de bits de Windows (BMP) sin comprimir.
- Niveles de gris a 8 bits por pixel.
- El tamaño de la imagen en altura en pixeles debe tener como mínimo 640 o un múltiplo de éste, máximo 1500 que es tamaño reservado. El valor de 640 pixeles para la altura, se debe a que es un valor comercial, además de que para este estudio se considera una diferencia específica en escalones para reconocer los centroides que pertenecen a una misma línea en la matriz entera.
- Para efectos de resaltar las manchas, se realiza un proceso de umbralización, de forma tal que los pixeles que pertenecen a las manchas se restringen a valores menores o iguales a 100, y los mayores se trasladan a 255.

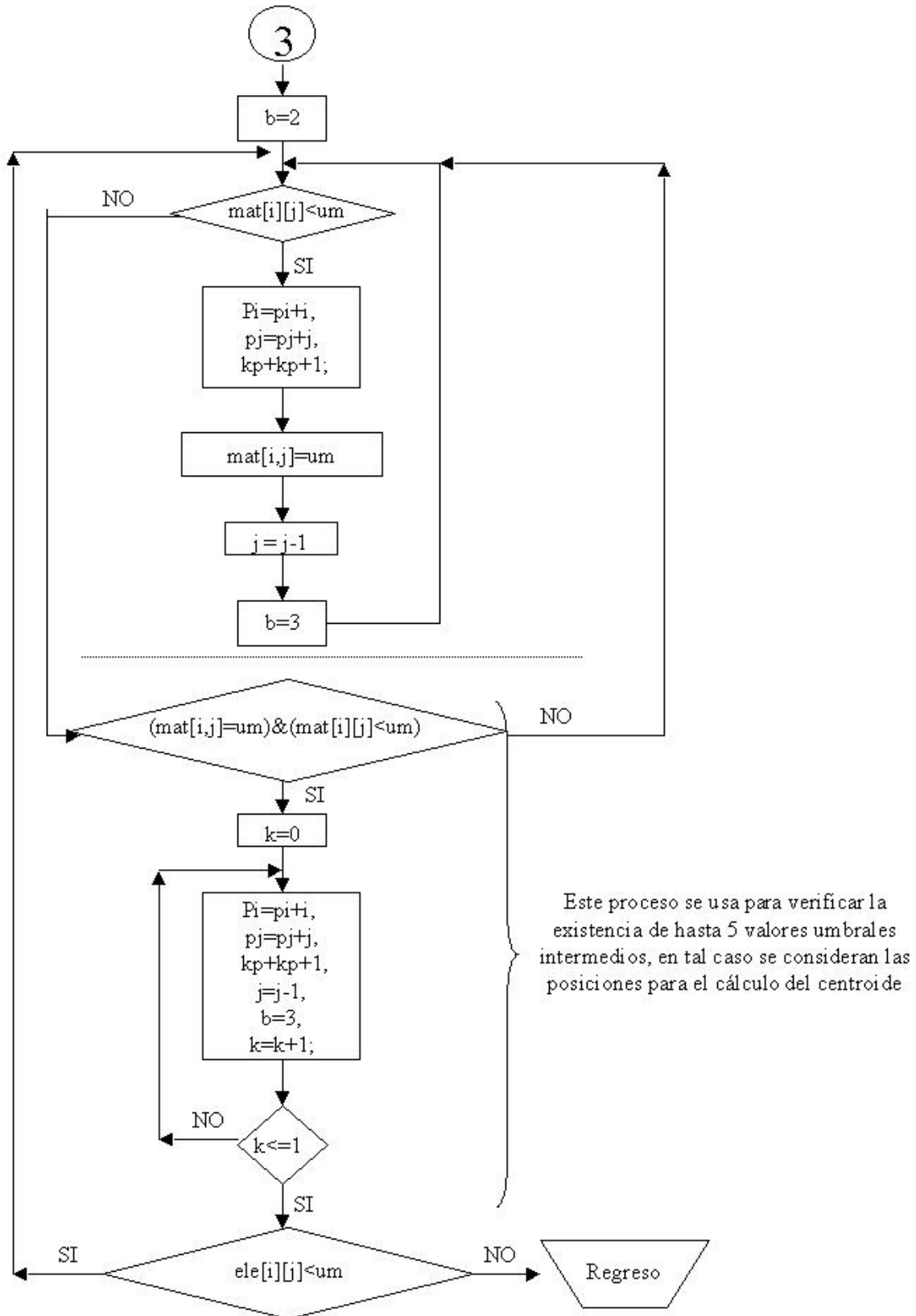
A continuación se describe el algoritmo usado para la captura de las manchas y sus centroides, que hace más fácil su comprensión y a su vez permite que el usuario pueda manipularlo según sus intereses particulares.

5. Algoritmo del proceso de barrido









6. Medio ambiente de ejecución del programa

Para el uso del programa existen los siguientes requisitos:

- CPU Pentium I
- 64 MB en RAM
- Espacio libre en disco de 50MB, considerando lo mínimo que requiere Windows para funcionar.
- Sistema operativo Windows

7. Manual de Usuario

En esta sección se presenta la forma de manipular el programa.

Notaciones usadas:

- Las indicaciones y resultados del programa se encuentran en letra **negrita**.
- Los datos que se requiere que teclee el usuario se encuentran en letra *itálica*.

1) Instrucción de ejecución del programa “phart”:

phart arch.bmp<enter o return>

- a) arch.bmp, es el nombre del archivo que contiene la imagen del HE en formato BMP de Windows.
- b) En caso de no proporcionar el nombre del archivo, el programa indica su forma de ejecución:

2) Para ejecutar el programa siga la sintaxis:

phart archivo.bmp

3) Una vez que el usuario ha dado el comando de ejecución en forma adecuada, aparecerán en pantalla los datos del archivo de la imagen:

--- Informacion de la cabecera del archivo BMP ---

<u>Descripcion del dato</u>	<u>VALORES EN:</u>
Tipo del archivo debe almacenar "BM" Tipo :	BM
Tamaño del archivo en bytes Tamaño :	Valor numérico en bytes
Tamaño de la variable bmfh.bfreserved1 =	2
Reservado, debe almacenar un 0 Reserved1:	0
Reservado, debe almacenar un 0 Reserved2:	0

Offset desde la estructura de cabecera a los datos del bitmap en el archivo | Offbits : 1078

<return>

---INFORMACION DEL BITMAP ---

Tamaño de la BITMAPINFOHEADER en bytes. | Tamaño : 40 bytes

Anchura del bitmap en pixeles | Ancho : 640 pixeles

Altura del bitmap en pixeles | Altura : 480 pixeles

Numero de planos en el dispositivo de salida | Planos : 1

Numero de bits por pixel (1, 4, 8 ó 24) | Bits : 8

Tipo de compresion (0, 1, ó 2) | Compresion : 0

Tamaño de la imagen en bytes, si es una imagen

sin compresion el campo puede quedar en 0 : | Tamaño : Numero entero en bytes

Pixeles en X por metro | Pixeles : Numero entero

Pixeles en Y por metro | Pixeles : Numero entero

No. de colores de la tabla de colores que son

usados en la imagen, un 0 indica que todos

los colores son usados | No. colores : 256

No. de colores importantes para ver el bitmap | No. colores : 0

Colores en Paleta = 256

No. de colores usados: 256

<return>

4) Procediendo a leer y almacenar los pixeles de la imagen, lo cual le lleva unos minutos, al finalizar lo indica mediante el siguiente mensaje

Proceso de lectura terminado

a) Posteriormente muestra los valores del ancho y altura de la matriz de pixeles

iw = 640, ih = 480

b) Pasando a la obtencion de coordenadas

Seccion para obtener las coordenadas del Hartmanngrama de Laboratorio

Favor de proporcionar el intervalo de escalamiento

Los valores son numeros reales

Maximo en X: # (Valor numérico real máximo de la coordenada X)

Minimo en X: # (Valor numérico real mínimo de la coordenada X)

Maximo en Y: # (Valor numérico real máximo de la coordenada Y)

Minimo en Y: # (Valor numérico real mínimo de la coordenada Y)

c) Procediendo a mostrar el intervalo de las coordenadas de los centroides.

maxg = x

ming = y

5) Posteriormente se desplegará el número de renglón en la pantalla, el número de manchas en él, y su coordenada en el eje x, y su posición en la matriz entera, así sucesivamente hasta terminar.

a) Cada 25 líneas el desplegado se detiene para permitir al usuario visualizar esta información, para continuar se deberá teclear *<return>*.

epc[0] = 5

x= -6.227907 i= -5

x= -6.227907 i= -5

x= -6.227907 i= -5

x= -6.167442 i= -5

x= -6.076744 i= -5

epc[1] = 7

x= -5.079070 i= -4

x= -5.018605 i= -4

x= -4.988372 i= -4

x= -4.958139 i= -4

x= -4.927907 i= -4

x= -4.897675 i= -4

x= -4.837209 i= -4

.

.

.

Así sucesivamente hasta llegar a la última franja, se indica con cero el final del proceso.

epc[10] = 3

x= 6.409302 i= 5

x= 6.469768 i= 5

x= 6.500000 i= 5

epc[11] = 0

b) Como último dato se evalúa el centroide del Hartmanngrama experimental.

El centroide es = -0.015 -0.110

Fin de Programa

6) Los archivos generados por el programa son cuatro:

- PIXELES.TXT, contiene las dimensiones de la matriz de pixeles y los valores de intensidad de la imagen en el orden en que los almacena el formato BMP de Windows.
- PIXINV.TXT, contiene las dimensiones de la matriz de pixeles y los valores de intensidad espejados.
- CENGR.TXT, contiene la ubicación de los centroides en la matriz de pixeles.
- HARLAB.TXT, coordenadas (x,y) e (i,j) de los centroides del Hartmanngrama experimental.

7) Durante la edición del archivo para la prueba de Hartmann, en la sección de captura de coordenadas se da la opción de obtenerlas de un archivo, es en este momento que se usa el archivo HARLAB.TXT.

8. Ejemplos de los resultados obtenidos

A continuación se muestra la imagen usada para el ejemplo que se ilustra

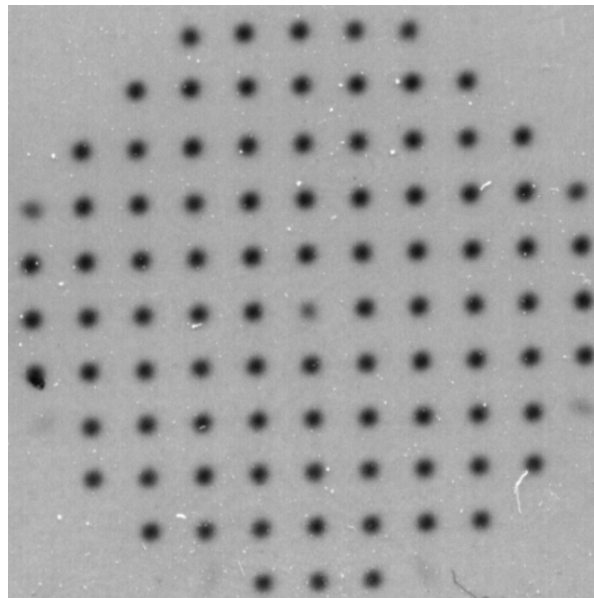


Figura 3. Hartmanngrama experimental

El diámetro de la superficie óptica es de 13 cms.

Como puede observarse consta de 11 franjas tanto en i como en j, dando un intervalo de -5 a 5.

Inicio del ejemplo:

D:\hart>phart he.bmp

--- Informacion de la cabecera del archivo BMP ---

_____Descripcion del dato_____ VALORES EN:

Tipo del archivo debe almacenar "BM" | Tipo : BM

Tamaño del archivo en bytes | Tamaño : 412598 bytes

Tamaño de la variable bmfh.bfreserved1 = 2

Reservado, debe almacenar un 0 | Reserved1: 0

Reservado, debe almacenar un 0 | Reserved2: 0

Offset desde la estructura de cabecera a

Los datos del bitmap en el archivo | Offbits : 1078

Oprima <enter> para continuar

---INFORMACION DEL BITMAP ---

Tamaño de la BITMAPINFOHEADER en bytes. | Tamaño : 40 bytes

Anchura del bitmap en pixeles | Ancho : 640 pixeles

Altura del bitmap en pixeles | Altura : 643 pixeles

Numero de planos en el dispositivo de salida | Planos : 1

Numero de bits por pixel (1, 4, 8 ó 24) | Bits : 8

Tipo de compresion (0, 1, ó 2) | Compresion : 0

Tamaño de la imagen en bytes, si es una imagen

sin compresion el campo puede quedar en 0 : | Tamaño : 411520 bytes

Pixeles en X por metro | Pixeles : 283464

Pixeles en Y por metro | Pixeles : 283464

No. de colores de la tabla de colores que son

usados en la imagen, un 0 indica que todos

los colores son usados | No. colores : 256

No. de colores importantes para ver el bitmap | No. colores : 0

Colores en Paleta = 256

No. de colores usados: 256

Proceso de lectura terminado

Seccion para obtener las coordenadas del Hartmanngrama de Laboratorio

Favor de proporcionar el Rango de escalamiento

Los valores son numeros reales

Maximo en X:

6.5

Minimo en X:

-6.5

Maximo en Y:6.5

Minimo en Y:-6.5

maxg = 623 ming = 15

epc[0] = 5

x= -6.243421 i= -5

x= -6.243421 i= -5

x= -6.243421 i= -5

x= -6.179276 i= -5

x= -6.093750 i= -5

epc[1] = 7

x= -5.088816 i= -4

x= -5.046052 i= -4

x= -5.003290 i= -4

x= -4.981908 i= -4
x= -4.939145 i= -4
x= -4.896381 i= -4
x= -4.853619 i= -4

epc[2] = 9
x= -3.805921 i= -3
x= -3.763158 i= -3
x= -3.720395 i= -3
x= -3.677632 i= -3
x= -3.634868 i= -3
x= -3.592105 i= -3
x= -3.549342 i= -3
x= -3.506579 i= -3
x= -3.442434 i= -3

epc[3] = 11
x= -2.523026 i= -2
x= -2.523026 i= -2
x= -2.480263 i= -2
x= -2.437500 i= -2
x= -2.373355 i= -2
x= -2.351974 i= -2
x= -2.309211 i= -2
x= -2.266447 i= -2
x= -2.223684 i= -2
x= -2.180921 i= -2
x= -2.095395 i= -2

epc[4] = 11
x= -1.282895 i= -1

x= -1.240132 i= -1
x= -1.197368 i= -1
x= -1.154605 i= -1
x= -1.111842 i= -1
x= -1.090461 i= -1
x= -1.026316 i= -1
x= -0.983553 i= -1
x= -0.940789 i= -1
x= -0.898026 i= -1
x= -0.855263 i= -1

epc[5] = 11
x= -0.021382 i= 0
x= 0.021382 i= 0
x= 0.064145 i= 0
x= 0.106908 i= 0
x= 0.149671 i= 0
x= 0.213816 i= 0
x= 0.235197 i= 0
x= 0.299342 i= 0
x= 0.342105 i= 0
x= 0.384868 i= 0
x= 0.427632 i= 0

epc[6] = 11
x= 1.240132 i= 1
x= 1.282895 i= 1
x= 1.347039 i= 1
x= 1.389803 i= 1
x= 1.432566 i= 1
x= 1.475329 i= 1

x= 1.496711 i= 1
x= 1.539474 i= 1
x= 1.603618 i= 1
x= 1.646382 i= 1
x= 1.753289 i= 1

epc[7] = 9
x= 2.565789 i= 2
x= 2.608553 i= 2
x= 2.651316 i= 2
x= 2.672697 i= 2
x= 2.715461 i= 2
x= 2.758224 i= 2
x= 2.822368 i= 2
x= 2.843750 i= 2
x= 2.907895 i= 2

epc[8] = 9
x= 3.741776 i= 3
x= 3.805921 i= 3
x= 3.848684 i= 3
x= 3.891447 i= 3
x= 3.934211 i= 3
x= 3.998355 i= 3
x= 4.019737 i= 3
x= 4.083881 i= 3
x= 4.105263 i= 3

epc[9] = 7
x= 5.046052 i= 4
x= 5.110198 i= 4

x= 5.152960 i= 4

x= 5.195724 i= 4

x= 5.238487 i= 4

x= 5.302631 i= 4

x= 5.324013 i= 4

epc[10] = 3

x= 6.414474 i= 5

x= 6.478619 i= 5

x= 6.500000 i= 5

epc[11] = 0

El centroide es = -0.020 -0.106

Fin de Programa

D:\hart>

Fin de la ejecución del ejemplo.

A continuación se lista los centroides de cada mancha y su asociación a una matriz entera, que son los datos que contiene del archivo "HARLAB.TXT" resultante:

-6.243	-2.416	-5	-2
-6.243	-1.176	-5	-1
-6.243	0.107	-5	0
-6.179	1.368	-5	1
-6.094	2.630	-5	2
-5.089	-3.763	-4	-3
-5.046	-2.502	-4	-2
-5.003	-1.219	-4	-1
-4.982	0.043	-4	0
-4.939	1.326	-4	1
-4.896	2.609	-4	2
-4.854	3.891	-4	3
-3.806	-5.067	-3	-4
-3.763	-3.785	-3	-3
-3.720	-2.523	-3	-2

-3.678	-1.262	-3	-1
-3.635	0.021	-3	0
-3.592	1.283	-3	1
-3.549	2.566	-3	2
-3.507	3.870	-3	3
-3.442	5.132	-3	4
-2.523	-6.308	-2	-5
-2.523	-5.110	-2	-4
-2.480	-3.849	-2	-3
-2.438	-2.566	-2	-2
-2.373	-1.304	-2	-1
-2.352	-0.043	-2	0
-2.309	1.240	-2	1
-2.266	2.544	-2	2
-2.224	3.827	-2	3
-2.181	5.089	-2	4
-2.095	6.286	-2	5
-1.283	-6.414	-1	-5
-1.240	-5.153	-1	-4
-1.197	-3.891	-1	-3
-1.155	-2.609	-1	-2
-1.112	-1.347	-1	-1
-1.090	-0.064	-1	0
-1.026	1.197	-1	1
-0.984	2.480	-1	2
-0.941	3.763	-1	3
-0.898	5.046	-1	4
-0.855	6.308	-1	5
-0.021	-6.457	0	-5
0.021	-5.196	0	-4
0.064	-3.956	0	-3
0.107	-2.651	0	-2
0.150	-1.411	0	-1
0.214	-0.107	0	0
0.235	1.176	0	1
0.299	2.416	0	2
0.342	3.720	0	3
0.385	4.982	0	4
0.428	6.286	0	5
1.240	-6.500	1	-5
1.283	-5.238	1	-4
1.347	-3.977	1	-3
1.390	-2.715	1	-2
1.433	-1.454	1	-1
1.475	-0.171	1	0
1.497	1.112	1	1
1.539	2.373	1	2
1.604	3.678	1	3
1.646	4.961	1	4
1.753	6.201	1	5
2.566	-5.303	2	-4
2.609	-4.041	2	-3
2.651	-2.758	2	-2
2.673	-1.497	2	-1
2.715	-0.214	2	0
2.758	1.048	2	1
2.822	2.352	2	2

2.844	3.635	2	3
2.908	4.918	2	4
3.742	-5.324	3	-4
3.806	-4.063	3	-3
3.849	-2.801	3	-2
3.891	-1.518	3	-1
3.934	-0.257	3	0
3.998	1.026	3	1
4.020	2.309	3	2
4.084	3.592	3	3
4.105	4.854	3	4
5.046	-4.105	4	-3
5.110	-2.844	4	-2
5.153	-1.561	4	-1
5.196	-0.299	4	0
5.238	0.984	4	1
5.303	2.266	4	2
5.324	3.549	4	3
6.414	-1.604	5	-1
6.479	-0.342	5	0
6.500	0.941	5	1
0.0	0.0	0	0

En el programa EDIHRT¹ una vez que se han capturado los datos del espejo y se ha leído el archivo HARLAB.TXT, es posible graficar las coordenadas para visualizar su posición. En el caso de que el usuario requiera eliminar alguna coordenada lo puede realizar mediante el programa de edición de datos o editar directamente el archivo HARLAB.TXT y posteriormente usar el editor para capturar nuevamente los datos del espejo y tomar el archivo corregido. Es conveniente mencionar que si se elimina alguna coordenada, el usuario deberá recalcular el centroide general que da al final el programa PHRT, ya que no sería el mismo.

9. Conclusiones y perspectivas

a)Conclusiones

- Se elaboró un programa para leer los datos correspondientes a una imagen BMP de Windows, los cuales se vacían a un archivo, disponibles para cualquier tipo de tratamiento, en nuestro caso el barrido para la localización de las manchas y el cálculo de sus centroides.
- Se elaboró un programa para leer los datos correspondientes a una imagen PGM y los valores de los pixeles se almacenan en un archivo.
- Al automatizar la localización de los centroides se ha reducido el tiempo invertido en este proceso, así como la relación de éstos a un espacio entero (i,j). Además de que con la localización utilizando un algoritmo matemático minimiza la posibilidad de error que se tiene al realizarlo “a ojo”.
- La sección de edición de datos del Hartmanngrama ahora cuenta con dos opciones:capturar las coordenadas del HE o leerlas del archivo “harlab.txt” específicamente.
- Con esta herramienta se reducirá el tiempo requerido en el análisis asistido por computadora de los datos del Hartmanngrama.
- Se pueden trabajar imágenes mayores a 640x480, siendo estas múltiplos de 640 y dentro de los límites del programa para los arreglos que son de [1500]x[1500] o modificar esta parte del programa para tamaños mayores.
- Esta versión puede ejecutarse desde PC 486 hasta Pentium.

b)Perspectivas

- Dar la posibilidad de usar imágenes de cualquier tamaño.
- Realizar el histograma del HE para no restringir el valor umbral a 100.
- Presentar el programa en modo de ventanas y menús.

10. Bibliografía.

1. Paquete de Análisis de la Prueba de Hartmann para PC-AT. Ana Ma. Zárate Rivera, Esther Hernández Mejía, Alejandro Cornejo Rodríguez. Reporte Técnico No.97. Noviembre 1990.
2. Ghozeil I.,Capítulo 10: “Hartmann and Other Screen Test”; del libro “Optical Shop Testing”, Ed. D. Malacara, John Wiley Interscience, N.Y. (1992).
3. Data and Image Compression Tools and Techniques. Gilbert Held and Thomas R. Marshall. Fourth Edition. John Wiley & Sons Ltd. 1996.