

249
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



ALGORITMOS Y SISTEMAS PARA PROCESAMIENTO
DIGITAL DE IMAGENES EN PERCEPCION REMOTA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOFISICO

P R E S E N T A :

Dora Elva Santamaría Saldaña

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
RESUMEN	1
CAPITULO I INTRODUCCION	1
CAPITULO II. ALGORITMOS PARA PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES	3
- Preprocesado.	6
- Realce de Imágenes.	14
- Clasificación de Imágenes.	30
CAPITULO III SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES	34
- Sistemas de Procesamiento Digital de Imágenes.	38
- Tablas de Configuración y Posibilidades de los Sis- temas.	43
- Observaciones.	69
CAPITULO IV PROGRAMAS MUESTRA	
Antecedentes.	60
Programas Desarrollados.	61
Listados de Programas Muestra.	68
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
APENDICE	101

BIBLIOGRAFIA
FIGURAS

Página

126

R E S U M E N

Se presentan los Algoritmos utilizados en el procesamiento digital de imágenes en Percepción Remota.

Se pone énfasis en la manera en que estos se aplican sobre los datos, de acuerdo a una secuencia lógica.

Por otro lado, se hace un análisis de los sistemas de procesamiento de imágenes, tanto comerciales como de investigación que más se utilizan en Percepción Remota, y específicamente aquellos relacionados a aplicaciones geológicas. Así mismo, se presentan unas tablas que nos permiten apreciar sus configuraciones y posibilidades.

Al final se presentan algunos programas desarrollados en el sistema interactivo de memoria regenerable para procesar imágenes (REMEDYS) del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

CAPITULO I

CAPITULO 1 I N T R O D U C C I O N

La moderna tecnología de Percepción Remota utiliza imágenes como medio para extraer información geológica, geofísica, atmosférica, hidrológica, etc. de cualquier escena (Lázaro, - 1979) de la superficie terrestre.

La existencia de estos datos en forma de imágenes ha creado la necesidad de una automatización sistemática, basada en la fisiología de la visión humana, de tal forma que permita de una manera rápida, exacta y efectiva obtener la información útil contenida en las imágenes.

Aunque el proceso fisiológico de la visión es complejo, el mecanismo básico utiliza los ojos y el cerebro del ser humano; este proceso consiste en detectar la radiación luminosa emitida o reflejada en la porción visible del Espectro Electromagnético (Figura A), registrarla, procesarla e interpretarla, lo cual le permite ubicarse en el medio que le rodea.

Con base en lo anterior, podemos abordar el concepto de lo que es la Percepción Remota;

Se entiende como Percepción Remota (Estes, 1974; Sheriff et al., 1976) al conjunto de técnicas y procedimientos para :

- a) Detectar energía emitida o reflejada por objetos en una porción determinada del Espectro Electromagnético

co (figura A), por medio de detectores situados en :
aeronaves o satélites.

- b) Registrar los datos que representan la energía detectada. Entendiendo como registro el almacenamiento de la información.
- c) Procesar esta información.
- d) Interpretar la información procesada.

En este trabajo nos ocuparemos principalmente del procesamiento de la información. Para llevar a cabo esta, se hace necesario tener en cuenta dos aspectos:

- a). La parte de Software o Programación, la cual requiere del conocimiento de la forma en que se llevan a efecto los procesos de detección y registro de las imágenes, ya que en base a esto se desarrollan los algoritmos de procesamiento de imágenes que se tratan en el Capítulo II.
- b). La parte de Hardware o circuitería que se conoce como Sistema Procesador. Técnicamente es un conjunto de elementos electrónicos, cuyo objetivo (Endelman et al., 1972) es tomar como base los algoritmos de procesamiento de imágenes para producir salidas (mapas, imágenes, etc.) que permiten interpretar la información contenida en cualquier imagen.

Para el estudio de estos sistemas, se ha desarrollado el Capítulo III de este trabajo.

CAPITULO II

CAPITULO II
ALGORITMOS PARA PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES

Los principales objetivos del procesado por computadora de imágenes son: mejorar el despliegue de las mismas y facilitar la evaluación de características multispectrales de estas.

Hay técnicas de procesado digital que se emplean en el tratamiento de imágenes, debido a que:

1. Los datos originales están en forma digital.
2. Los errores en los datos que son introducidos por el sistema, pueden ser rectificadas.
3. Se puede aplicar ajustes para controlar la iluminación solar y efectos atmosféricos.
4. Los elementos individuales de cada imagen (pixel), pueden ser analizados y desplegados.
5. Se puede usar funciones de procesado matemático.
6. Se puede hacer uso de técnicas de análisis estadístico.
7. Gran cantidad de datos pueden ser procesados y analizados en períodos cortos de tiempo.

El Procesado Digital de Imágenes consiste en (Figura 1):

El Preprocesado de datos incluye, el ajuste de errores introducidos al sistema, ajuste por variaciones atmosféricas e iluminación solar y registro de datos.

El realce de imágenes se hace con el fin de encontrar patrones espaciales desplegados en tonos y en color para hacerlos más notorios en la imagen. La clasificación de imágenes se hace para delinear patrones multiespectrales en la imagen.

La interpretación geológica de imágenes realzadas y clasificadas, requiere de un intérprete con conocimientos geológicos. El análisis manual de imágenes, involucra el delineamiento de patrones espaciales en la imagen. La interpretación de la imagen requiere la identificación de patrones espaciales, tales como formas de terreno, drenaje y patrones de cubierta.

Un analista de imágenes con entrenamiento en geología, - debe estudiar los patrones del paisaje en la imagen, para interpretar la geomorfología. Las relaciones geomorfológicas sirven para establecer relaciones estratigráficas y estructurales.

La interpretación geológica se desarrolla por medio de una correlación con la geodinámica, geología estructural, estratigrafía y geomorfología del lugar.

El análisis de patrones multiespectrales, tiene como fin el delineamiento de patrones multiespectrales, y se hace utilizando una computadora.

La clasificación multiespectral de los patrones multiespectrales delineados, debe ser hecha por un analista que debe determinar las relaciones de patrones multiespectrales a patrones de cubierta del paisaje en la escena. (Lázaro, 1979).

Si existe una relación muy marcada entre los depósitos e conómicos y los patrones de cubierta (Por ejemplo : entre metales base y zonas de alteración superficial), entonces se puede

desarrollar un plan de exploración, tomando como base una clasificación de imágenes.

Clasificaciones multiespectrales deben de ser incorporadas en las interpretaciones estratigráficas y estructurales de un área de estudio. Y el plan de exploración de recursos se debe de basar en la interpretación geológica que se desarrolla a partir de patrones multiespectrales y espaciales, imágenes y de la información de otras fuentes o métodos de exploración.

PREPROCESADO DE IMAGENES

Rectificación Radiométrica.

Los datos obtenidos vfa satélite son almacenados en cintas de video, películas y cintas compatibles para (CCT) de computadora, en el Goddard Space Flight Center (GSFC) in Greenbelt, Maryland E.U.A. El preprocesado se hace para ajustar variaciones en la respuesta de los 24 barredores multiespectrales (MMS) de los satélites LANDSAT*. Debido a que las condiciones de iluminación y características en paisaje varían considerablemente y los cambios de respuesta del detector cambian con el tiempo, los ajustes radiométricos para la respuesta del detector pocas veces son exactas. Y generalmente las diferencias de respuesta de los detectores permanecen en las películas LANDSAT y en las

* Estos satélites se derivaron de los satélites ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Actualmente se encuentran en funcionamiento el LANDSAT II que obtiene información en las bandas 0,5-0,6 μm , 0,6-0,7 μm , 0,7-0,8 μm , y 0,8-1,1 μm , y el LANDSAT III que obtiene información en la banda del infrarrojo térmico 1,1-3,5 μm .

cintas compatibles para computadora. Las líneas de datos malos, segmentos de línea y la pérdida de píxeles individuales, son también defectos radiométricos comunes en los productos LANDSAT.

AJUSTE DE LAS DIFERENCIAS EN LAS RESPUESTAS DE DETECTORES (STRIPING)

El Striping en los datos LANDSAT resulta de las diferencias en las características de respuesta de los 24 detectores multispectrales. Específicamente los detectores tienen ganancias y desplazamientos (Figura 2).

Los métodos para minimizar este problema, incluyen filtrado, normalización de histograma y normalización de histograma con ajuste de promedio local. La normalización de histograma con ajuste de promedio local, es el proceso empleado por EROS - Data Center Digital Image Enhancement System (EDIES). La siguiente descripción del proceso es de Rohde, Lo, y Pohl (1978). Los efectos de striping en cada banda MMS son minimizados por una operación de dos pasos. En el primer paso, los datos de cada detector son normalizados con la siguiente relación:

$$D N_0 = D N_I \times \frac{S_A}{S_I} + (M_A - M_I \times \frac{S_A}{S_I})$$

Donde:

$D N_0$ = Valor de brillo de un píxel en la imagen de salida.

$D N_I$ = Valor de brillo de píxel en la imagen de entrada.

S_A = Desviación estándar de toda la escena.

S_I = Desviación estándar del detector individual.

M_A = Valor de brillo medio de toda la escena.

M_i = Valor de brillo medio del detector individual.

El ajuste está basado en estadísticas calculadas de toda la escena; las estadísticas locales son un poco diferentes de las estadísticas calculadas de toda la escena. Cuando esto ocurre, el algoritmo de un paso no puede ser realizado y algún striping residual puede quedar. El segundo paso desarrolla un ajuste de promedio local para remover el striping residual del primer paso.

En el segundo paso, los datos son procesados en grupos de 6 líneas (Chávez, 1975). La primera línea es escogida como una línea de datos buena y cada línea siguiente es procesada de manera similar a la anterior. La primera línea permanece inalterable debido a que es la línea de referencia. Un promedio local a lo largo de la línea I ($PROMLOC_I$) de más o menos 75 píxeles alrededor del píxel que está siendo procesado en una línea, es comparando al promedio local correspondiente en la línea anterior $I-1$ ($PROMLOC_{I-1}$).

Antes de que los píxeles sean usados para calcular los promedios locales, los píxeles son sujetos a una prueba de contorno. Si el valor absoluto de la diferencia entre el valor de brillo de píxeles en una línea de barrido adyacente, es mayor que un valor de umbral especificado, se supone que existe un contorno real en los datos, y los píxeles no son usados para calcular los promedios locales respectivos. Una vez que los promedios locales han sido calculados, la diferencia entre el promedio local alrededor de un píxel en una línea dada y el promedio local alrededor de un píxel en la línea anterior, es calculado.

Si el valor absoluto de esta diferencia es menor que un valor de umbral especificado, el valor de brillo del pixel es modificado por la diferencia y es calculado por medio de la fórmula siguiente :

$$D N_0 = D N_I - D$$

Donde :

$D N_0$ = Número digital de valor de brillo en la imagen de salida.

$D N_I$ = Número digital de valor de brillo en la imagen de entrada.

D = $PROMLOC_{I-1}$

Esta segunda operación, aunque consume tiempo, parece -- ser que remueve el striping residual, que a menudo se encuentra cuando sólo se usa la primera operación.

Reemplazo de Líneas Malas de Datos.

Hay dos métodos comunmente empleados en el reemplazo de líneas malas de datos en los datos LANDSAT. Un método usa un proceso de interpolación para reemplazar las líneas malas de datos con valores determinados por la interpolación entre los valores de brillo en la línea anterior y en la línea siguiente a la línea mala de datos.

Hay una segunda técnica que ha sido empleada, la cual reemplaza el valor de brillo en la línea mala de datos con valores en la línea anterior. Las líneas malas de datos son identificadas calculando la desviación estándar y valores medios de las primeras seis líneas barridas. Comparando estas estadísti-

cas, una línea "buena", es seleccionada como la primera línea de referencia. Entonces un detector de bordes de dos por dos píxeles es aplicado a la línea de referencia y a la próxima de barrido. El detector es movido horizontalmente a través de las líneas de barrido, un píxel a la vez. El valor de brillo para los cuatro píxeles, debe estar sujeto a la prueba. Cuando el valor de brillo absoluto de un píxel en la siguiente línea y en la línea de arriba es mayor que un valor de umbral predeterminado, un borde horizontal (punto de dato-malo), es supuesto. Cuando 150 puntos malos consecutivos son contados, la línea de barrido entera es reemplazada por el valor de brillo de la línea anterior. (Rohde, Lo, Pohl, 1978).

Rectificación Geométrica.

Las cintas compatibles para computadora LANDSAT (CCT) tienen características geométricas que deben ser rectificadas si los datos de las imágenes deben de ser desplegados correctamente. La rotación de la tierra y los movimientos del satélite -- mismo introducen distorsiones geométricas en los datos.

Ajustes por Rotación de la Tierra.

La distorsión producida por la rotación de la tierra, es una función de la latitud y la posición del satélite. A cada escena se le corrige esta distorsión, por medio de un algoritmo que desplaza líneas de barrido dependiendo de la latitud de la línea. Este tipo de ajuste geométrico, asegura que los rasgos del paisaje están en posición correcta relativa con respecto a los otros en toda la escena.

Ajuste para la Longitud de la Línea.

La velocidad variable del espejo barredor, del barredor

multiespectral (MMS) y las variaciones en la altitud del satélite, la cual vá desde 880 Km. a 940 Km., provoca variaciones en las longitudes de las líneas de los datos del barredor multiespectral. La longitud de la línea correcta, basada en un modelo de parámetros orbitales e instrumentales, es de 3318 pixeles. Los datos de LANDSAT 1 y LANDSAT 2, tienen una longitud de línea de 3240 pixeles. La longitud de la línea de la mayoría de las cintas compatibles para computadora es de 3240 pixeles, por lo tanto, se insertan pixeles para incrementar la longitud de la línea a 3318 pixeles. Esto se hace usando un método de interpolación lineal en segmentos. Cada línea de barrido se divide en ocho segmentos iguales, y cada segmento es dividido en un número dado de pixeles (n). Los errores de desplazamiento del terreno (d) para cada segmento, son calculados. Cada segmento se divide entonces en $n+d$ partes iguales. Las coordenadas centrales de cada parte igual es la nueva localidad del pixel en aquel segmento. El valor de brillo para cada nuevo pixel sumado a la línea es derivado por la interpolación lineal entre los valores de brillo de los pixeles a uno y otro lado del pixel adicionado. Este proceso se repite cada ocho segmentos en todas las líneas de barrido en la escena. La inserción de pixeles puede causar algunos problemas con los datos LANDSAT en estereo pares que usan porciones traslapadas de imágenes LANDSAT, ya que puede alterar los desplazamientos del relieve, presentes en datos no corregidos.

Ajuste de Razón de Aspectos.

Algunos dispositivos de grabado utilizan una apertura de grabado cuadrada y un ajuste para los pixeles rectangulares de LANDSAT, debe ser aplicado a los datos para preservar relaciones geométricas. Este ajuste lo realiza el dispositivo de salida al repetir una línea.

Ajuste por la Iluminación Solar.

El ajuste por la iluminación solar, es para escenas adyacentes de datos LANDSAT que son construidas por computadora y que fueron adquiridas bajo diferentes condiciones de iluminación. Este tipo de ajuste es necesario para la comparación de las propiedades espectrales de tipos de cubiertas en escenas adquiridas bajo diferentes condiciones de iluminación solar. El ajuste del ángulo de elevación solar se hace multiplicando todos los valores de brillo en una escena por una constante que es función del ángulo de elevación solar. La función supone una superficie Lambertiana y se deriva dividiendo el brillo de pixel por el coseno del ángulo de incidencia (Chávez, 1975). Este ajuste no remueve los efectos de topografía que afectan la cantidad de radiación solar por unidad de área (flujo solar) recibido por pendientes que están frente al sol y en contra de él (Taranik y Trautwein, 1977) Figura 3. El ajuste no corrige las diferencias en la iluminación solar causada por cambios en el azimut de la iluminación.

Ajuste de Efectos Atmosféricos.

La atmósfera ha afectado los datos adquiridos por el MSS LANDSAT de dos maneras: La dispersión atmosférica suma valores de brillo a los datos, los cuales son inversamente proporcionales a la cuarta potencia de la longitud de onda. La longitud de onda corta de la radiación electromagnética es más afectada que la longitud de onda larga. La absorción atmosférica resta brillo al intervalo de longitud de onda larga, detectado por la banda siete del MSS (ver Taranik, 1978, p. 39). Estos efectos producen datos de la banda siete con valor de brillo cero aún cuando los objetos de reflectancia cero estén ausentes en la escena y producen los pixeles más oscuros en la banda seis, cinco y cuatro, las cuales incrementan el valor del brillo respec-

tivamente. Estas relaciones se muestran en la Figura 4, la cual es una reproducción de datos para una escena brumosa. El valor de brillo más bajo en la banda cuatro es 11, el valor de brillo más bajo en la banda cinco es 4, el valor de brillo más bajo en la banda seis es 3, y la banda siete tiene un valor de brillo cero. Si los histogramas de las bandas cuatro, cinco y seis son desplazados, de tal manera que los valores ceros aparezcan en los datos, entonces los efectos de dispersión atmosférica habrán sido minimizados (esto se llama "remoción de la bruma", Chávez, 1975). El desplazamiento de valores se lleva a cabo restando el valor de brillo más bajo en una banda de todos los valores de brillo en la misma (Figura 5). Normalmente, esta operación se lleva a cabo durante un aumento de contraste de los datos, ya que los valores de los mismos se expanden sobre el intervalo de valores de brillo completo, que va de cero a 127, o de cero a 255, si los datos se están trabajando en un modo de ocho bits.

Los ajustes debidos a la absorción atmosférica, son difíciles de determinar, ya que ésta es función de la concentración de vapor de agua en la atmósfera. La cantidad de vapor de agua puede ser variable de escena a escena, pero por lo general puede ser modelado en una escena, si la estación suministra datos suficientes sobre la precipitación de agua en el tiempo y fecha en que los datos de satélite son adquiridos.

La dispersión atmosférica y la absorción influyen en la medición de las características espectrales de condiciones de cubierta. Las comparaciones se hacen entre mediciones espectrales obtenidas en una base en el terreno y las mediciones de satélite, por lo cual se deben aplicar las correcciones por efectos atmosféricos.

Registro Geométrico.

El registro geométrico de datos LANDSAT a un mapa de proyección, a otra escena LANDSAT, o a datos de otras fuentes, involucra dos pasos básicos. El primer paso involucra la determinación de la localización espacial de un pixel, en la imagen de entrada. El segundo paso es determinar el nuevo valor para el pixel en la imagen de salida. Las transformaciones de mapeo espacial, se aplican a los datos para determinar la localización de los pixeles de salida. Las localidades de los pixeles en la imagen de salida, raramente coinciden con las localidades en la imagen de entrada, en consecuencia, los valores pixeles para la imagen de salida, tendrán que ser interpolados de pixeles adyacentes en la imagen de entrada. Este procedimiento se conoce como remuestreo. Hay tres técnicas de remuestreo que se usan comúnmente, éstas son : el vecino más cercano, interpolación bilineal, y convolución cúbica. En la interpolación por vecino más cercano, los valores iguales a aquél del pixel de entrada más cercano, son asignados a los pixeles de salida (Figura 6).

En la interpolación bilineal, los valores son asignados a los pixeles de salida, por interpolación en dos direcciones ortogonales. Los pixeles de entrada a uno y otro lado del pixel de salida, son ponderados usando la distancia lineal entre los centros de los pixeles de entrada y el centro del pixel de salida (Figura 7). El valor promedio de los cuatro números digitales ponderados de los pixeles de entrada es el número digital para el pixel de salida. El remuestreo por convolución cúbica asigna valores a los pixeles de salida casi de la misma manera que la interpolación bilineal, excepto que los valores ponderados de 16 pixeles de entrada que rodean el nuevo pixel son .

usados para determinar el valor del pixel de salida.

REALCE DE IMAGENES.

El objetivo general del realce de imágenes, es optimizar el despliegue de los datos. La mayoría de los intérpretes de imágenes, trabajan con imágenes fotográficas, películas o materiales impresos. Conocer la manera en que los valores de brillo sobre una cinta de computadora son grabados como densidades sobre películas, es útil para entender el realce de imágenes. En efecto, a menos que se tenga cuidado al calibrar el sistema fotográfico de reproducción, los resultados de realce de imágenes por computadora, pueden echarse a perder con un pobre trabajo en el manejo de la película (Figura 8). Las relaciones mostradas en esta Figura no son deseables para un sistema de grabación de película. Algunos datos se pierden y no por la selección de parámetros de procesamiento digital, sino por las características de la grabación de la película. Idealmente, las características de grabación del sistema de película no debe permitir que los datos se pierdan. Aunque el intervalo de valores de brillo se debe restringir a la porción de línea recta de la curva característica de la película, o un medio de grabado diferente, debe ser seleccionado, lo cual permitirá que todos los valores de brillo sean grabados como niveles de densidad discreta, sobre la película (Lucas, Taranik y Billingsley, 1977).

Histogramas de Valores de Brillo.

El realce de imágenes y la clasificación de éstas, involucra la obtención de histogramas de los datos a ser procesados. El realce de imágenes involucra ajustes de valores de brillo -- (ver Taranik, 1978 p. 29, para explicación del concepto de valores de brillo), para elementos pictóricos individuales. La cla

sificación de imágenes involucra la determinación de los valores de brillo de los elementos pictóricos para un tipo particular de cubierta. Los histogramas se usan para desplegar el intervalo y la frecuencia de ocurrencia de los valores de brillo. Un arreglo espacial de elementos pictóricos en una parte de una banda LANDSAT, se muestra en la Figura 9. Un histograma de valores de pixel en el arreglo espacial, se muestra en la Figura 9a. Una técnica de realce de imágenes, podría desplazar el valor de brillo a aquellos valores de brillo asociados por una carretera y que están desplazados a la derecha del histograma. En tonces habría una diferencia muy grande de brillo entre las carreteras y el fondo en el cual las carreteras están enmarcadas. Una técnica de clasificación de imágenes, podría agrupar los valores de brillo asociados con carreteras en las cuatro bandas espectrales. Debido a que una escena LANDSAT contiene 7,581,600 elementos pictóricos (pixeles que tienen 4 valores), no es práctico desplegar la cantidad total de valores de brillo de los elementos pictóricos de manera gráfica en un histograma. El histograma de una banda siempre está normalizado, de tal manera que la máxima cantidad de elementos pictóricos de un valor de brillo sea el 100% del eje ordinario. Todas las otras cantidades de elementos pictóricos de un valor particular, que son menores que la cantidad máxima, están relativamente ajustados al valor máximo, de tal manera que son porcentajes del mismo (Figura 10). La abscisa generalmente tiene valores de cero a 127, para los datos de las bandas 4, 5 y 6, y valores de cero a 63, para datos de la banda 7; si los datos son de una cinta magnética compatible para computadora (CCT). La mayoría del proceso de computadora se hace en 8 bits, y en este caso las abscisas del histograma tienen un valor de cero a 255.

Amplificación de una Imagen .

La amplificación de una imagen, permite al usuario exami--

narla a detalle.

Hay dos métodos para desarrollar la amplificación; estos son :

- a) Usando una lente ZOOM en el sistema de adquisición de imágenes (Cámara de T.V.).
- b) Por medio de una operación de programación.

En la Figura 10a, se ilustra la forma en que se lleva a cabo una amplificación. La retícula superior muestra los elementos pictóricos de una imagen en el extremo superior izquierdo de la misma, la cual presenta niveles de gris que van del ce ro al 255. Cuando se efectúa una amplificación por un factor de dos, cada uno de los elementos pictóricos de la imagen, se reemplaza por cuatro (2 x 2) pixeles de igual valor. Similarmente, cuando la amplificación a efectuar es de 4 veces, cada pixel se reemplaza con un arreglo de 4 x 4 pixeles de igual valor. De esta manera se puede visualizar la forma en que se lleva a cabo la amplificación. La computadora puede realizar cualquier amplificación con la operación planteada, aunque el número de pixeles en una imagen total, se reduce con cada amplificación. La resolución original no se pierde aunque se estén desplegando pequeñas porciones de la imagen. Este proceso de amplificación es útil para el análisis a detalle de pequeñas porciones de imagen.

Promediado de una Imagen.

A menudo es útil determinar los valores promedio de gris en una imagen. El promedio se puede usar para reducir las variaciones aleatorias causadas por el grano de la película, la textura de los objetos, o los destellos en imágenes microscópi-

cas. La figura 10b, muestra cómo se efectúa el promedio en la computadora. Empezando en la porción superior izquierda, se efectúa un promedio matemático entre los primeros cuatro píxeles; estos se suman y el resultado se divide entre cuatro, con lo cual el resultado del nivel de gris promedio se coloca en las posiciones de los niveles de gris originales. Esta operación es sólo una modalidad de las diferentes formas en que se lleva a cabo el promedio.(Figura 10b' y 10b").

Realce de Contraste.

El contraste se define como la calidad de una fotografía, y se determina por la magnitud de las diferencias de brillo entre las partes adyacentes.

El ojo humano es sensible al contraste, y ve objetos más fácilmente en alto contraste que en bajo contraste. La operación de realce de contraste se usa para presentar imágenes de bajo contraste, así como detalles borrosos en forma más apreciable.

El algoritmo para realce de contraste, se ilustra en la Figura 10c. Suponga una imagen de bajo contraste, con valores en el intervalo de grises de 50 y 200. Esta imagen estará libre en niveles de brillo y de negros luminosos, y dará la apariencia de estar velada. El algoritmo lleva el nivel más oscuro de la imagen al negro, al restar un valor constante de 50 a cada píxel. Después multiplica cada píxel por un factor de 2, lo cual incrementa el píxel más brillante y la zona blanca a 255. Todos los píxeles en esta zona se despliegan como blanco en la imagen realzada. En consecuencia, el efecto de esta operación es estirar la escala de grises de una imagen de intervalo angosto en la original, a una imagen de alto contraste con valores -

de gris que van de cero a 255.

Este algoritmo puede modificarse si se desea un mayor contraste, cuando el factor de multiplicación es mayor que dos.

El concepto de realce de contraste lineal de datos LAND--SAT digitales, se muestra en la Figura 11. La mayoría de los sistemas de computadoras digitales trabajan en un modo de 8 bits por eso los datos LANDSAT se escalan de cero a 255 antes del realce, o se distribuyen en este intervalo durante el realce como puede verse en la misma Figura. El realce de contraste lineal se hace asignando nuevos valores de brillo a cada pixel en la escena de la manera expresada por la siguiente ecuación (Rohde, Lo, y Pohl, 1978) :

$$B V_0 = \frac{B V_I - MIN}{MAX - MIN} \times 255$$

Donde ;

$B V_0$ = Valor de brillo realzado en un pixel en la imagen de salida.

$B V_I$ = Valor de brillo en un pixel en la imagen de entrada.

MIN = Parámetro de valor de brillo mínimo.

MAX = Parámetro de valor de brillo máximo.

Los parámetros de valor de brillo son determinados por el intérprete (saturado a negro o blanco por truncación), quien determina los datos que deben ser tirados, o eliminados, y reasignados a valores máximos y mínimos, sobre la imagen de salida. El intérprete hace esto, examinando histogramas o interactivamente, determinando los límites de truncación. Algunas veces -

los límites de truncación automática pueden ser establecidos usando la regla de que un cierto porcentaje de los datos sean -- truncados sobre el extremo del histograma. Los datos LANDSAT -- tienen parámetros de valores de brillo, determinados en una computadora interactiva de análisis multiespectral, la cual permite al intérprete determinar visualmente qué elementos sobre la imagen serán truncados. Esta técnica fue descubierta por Lucas, Tarajik (1976).

Cuando el intervalo extendido de valores de brillo es grabado en una película; el resultado es la extensión del intervalo de densidad. Entonces, los rasgos en la escena se pueden -- distinguir más fácilmente, ya que el contraste en la escena es alto. Si la pendiente de la función de transferencia de la película aumenta (Figura 11), el renglón de datos será grabado sobre la extensión del intervalo de densidad de la película. Esta técnica se llama realce foto-óptico, y ha sido aplicada a datos LANDSAT.

Realce de Contraste no Lineal.

El concepto de realce de contraste no lineal se muestra -- en la Figura 12. En las técnicas de realce de contraste no lineal, un algoritmo que redistribuye valores de datos, se aplica a los datos originales de una manera tal que los incrementos de brillo de la escena son desigualmente distribuidos en un intervalo de cero a 255. Algunos algoritmos de realce de contraste no lineal que son empleados son los siguientes :

1. Secciones lineales,
2. Función de distribución rampa acumulativa,
3. Función de distribución de probabilidad.
4. Senoidal.

5. Gaussiana.
6. Potencia, Logarítmica
7. Extensión híbrida (una banda lineal, no lineal en las otras dos).

Como un ejemplo, la función de distribución de probabilidad genera la extensión de valores de brillo que tienen la frecuencia de ocurrencia más alta y comprime aquellos valores que tienen la frecuencia de ocurrencia más baja. La extensión no lineal mostrada en la Figura 12, es una extensión en la distribución de probabilidad.

El realce de contraste no lineal puede ser extremadamente útil, en el análisis e interpretación de imágenes para aplicaciones geológicas. En áreas dominadas por rocas y cubiertas delgadas, por ejemplo, la extensión de la función de distribución de probabilidad puede marcar diferencias en brillos de roca y suelos más aparentes. Pero demeritando las diferencias de brillo entre playas y nubes, y entre basalto y agua. El uso de realce de contraste no lineal está restringido por el tipo y aplicación de datos LANDSAT en la escena.

El buen juicio del analista y algunas interacciones en la computadora, son por regla general requeridos para producir el resultado deseado. Cuando este tipo de realce es deseado, se debe de realizar sobre un sistema de análisis interactivo.

Filtraje Espacial.

Una característica única de las imágenes es un parámetro llamado frecuencia espacial. Se define como el número de cam--

bios por centímetro en la escala de gris, en la imagen. El filtrado espacial es una operación que separa componentes de alta y de baja frecuencia. El filtrado de pasa bajas elimina las líneas o texturas de alta frecuencia en la imagen.

El filtrado pasa altas, se usa para realzar imágenes o para eliminar cambios de baja frecuencia causados por iluminación desigual.

Un método de filtrado pasa bajas es acompañado por una operación de computadora, la cual calcula un valor promedio para cada pixel en la imagen, y substituye este valor por el pixel original.

De aquí que la resolución de la imagen espacialmente filtrada, se mantiene de la misma manera que en la original.

Realce de Bordes o Contornos.

En muchas aplicaciones, la información útil que pueda tener una imagen está contenida en los contornos de los objetos y rasgos en la imagen. La operación de realce de contornos delinea estos bordes y los hace más fáciles de analizar, ya que lo que un ojo ve como bordes es simplemente imágenes que cambian bruscamente en nivel de gris, entre dos o más pixeles adyacentes. Un borde horizontal se forma cuando una fila de pixeles conectados horizontalmente tiene valores diferentes arriba o abajo de ellos. Similarmente un borde vertical se forma cuando hay una fila de pixeles conectados en sentido vertical que tienen valores diferentes de aquellos que se encuentran a su derecha o a su izquierda.

Los bordes oblicuos se generan por medio de combinaciones

de componentes horizontales y verticales. Un algoritmo para detectar y realzar bordes, se realiza al desplazar la imagen original un pixel, y hace una prueba de la diferencia existente entre los píxeles de la imagen original y la imagen desplazada.

Un valor medio de gris se substituye por el pixel, si no hay diferencia; un valor oscuro se substituye por el pixel, si hay una diferencia negativa; y un valor claro se substituye, si la diferencia es positiva. En consecuencia, las transiciones - de la luz de lo claro a lo oscuro, producen líneas blancas y de lo oscuro a lo claro, líneas negras. Resultado de ello, es una imagen con un fondo gris y líneas blancas y negras, rodeando los bordes de todos los objetos. (Figuras 12a, 12b, 12c, 12d, 12e, - 12f, 12g).

Para usar los procedimientos anteriores, para realzar bordes horizontales y verticales, la imagen debe ser desplazada en ambas direcciones un pixel. La diferencia de valores para píxeles adyacentes, es generada a lo largo de ambos ejes, y todos - los bordes en la imagen son realzados en sus respectivas direcciones.

Extracción de la Información Vertical y Horizontal.

Como explicamos anteriormente, es necesario desplazar una imagen en dos direcciones, para realzar sus bordes verticales y horizontales, por el método de diferencia de bordes realzados. Sin embargo, hay una operación interesante que es realizada --- cuando la imagen es desplazada en una dirección.

Esta operación permite al analista extraer y realzar bordes que aparecen a lo largo de un eje y eliminar bordes que aparecen a lo largo de los ejes opuestos. En adición a la aplica-

ción de esta función, también puede ser útil como un tipo de filtrado, para eliminar patrones de interferencia que aparecen vertical u horizontalmente en la imagen. (Figuras 12h, 12i, 12j, 12k, y 12l).

Realce de Bordes por medio del Gradiente y el Laplaciano.

Debido a que el realce de bordes es una operación de mucha significancia en el campo del análisis de imágenes, los siguientes párrafos describen dos técnicas para el realce de bordes o contornos :

- a). GRADIENTE : Para calcular el gradiente, es necesaria la diferencia entre píxeles adyacentes horizontales y verticales. (Figura 13a).

Esta diferencia representa la razón de cambio o primera derivada de niveles de gris en la imagen. El Gradiente se calcula como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las derivadas horizontal y vertical.

Denotemos por $Z=f(x,y)$, una función imagen, en donde Z representa el valor de nivel de gris para un píxel de coordenadas x,y en la imagen.

Para una función matemática bien comportada, la derivada direccional máxima, es decir, la derivada tomada en la dirección del Gradiente está dada por :

$$\text{GRAD } Z = \nabla Z = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)^2}$$

Cuando trabajamos con imágenes digitales, se hace una ---

aproximación discreta, la cual es la siguiente:

$$\text{GRAD}(I,J) = |(A(I-1,J-1)+A(I-1,J)+A(I-1,J+1))-(A(I+1,J-1)+A(I+1,J)+A(I+1,J+1))| - |(A(I-1,J-1)+A(I,J-1)+A(I+1,J-1))-(A(I-1,J+1)+A(I,J+1)+A(I+1,J+1))|$$

Los bordes son por lo tanto, calculados sin considerar su dirección en la imagen, y la imagen resultante dará una imagen con los contornos en líneas blancas sobre fondo oscuro.

- b). LAPLACIANO: Está basado en las derivadas de segundo orden, las cuales en términos matemáticos, son las sumas de las segundas derivadas parciales tomadas en las direcciones vertical y horizontal (Figuras 13b y 13b'):

$$\text{LAP } Z = \nabla^2 Z = \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}$$

Como en el caso para el Gradiente, las aproximaciones discretas para el Laplaciano, también se implementaron:

$$\text{LP}(I,J) = (A(I+1,J)+A(I-1,J)+A(I,J+1)+A(I,J-1))-4*A(I,J)$$

El Laplaciano enfatiza los máximos valores o picos dentro de la imagen. Las investigaciones fisiológicas en el campo de la visión, muestran que el ojo ve objetos de la misma manera.

Funciones del Laplaciano de la Imagen.

La imagen del Laplaciano, es una función muy útil en el realce de la imagen. No sólo suministra una apariencia natural

en el realce de bordes, lo cual en sí mismo es un instrumento útil del análisis de imágenes, además suministra la base para operaciones con rasgos a mayor detalle.

Los datos LANDSAT no realzados, a menudo tienen variaciones de brillo, los cuales son difíciles de detectar. Estas variaciones de brillo se relacionan a variaciones en la iluminación de la topografía. Las formas del terreno y drenajes se expresan por el relieve topográfico. El realce de contornos o bordes es usado para realzar patrones radiométricos, que tienen una cierta frecuencia espacial en la imagen. Cuando un filtro de baja frecuencia es empleado para realzar redes de drenaje, sólo los tributarios mayores serán realzados (Figura 13). Un filtro de baja frecuencia examina el valor de brillo promedio de un gran número de elementos pictóricos que rodean al elemento pictórico que va a ser realzado (hacerlo más brillante o más opaco). Un filtro de alta frecuencia examina el valor de brillo promedio de un número pequeño de elementos pictóricos alrededor de un elemento pictórico a ser realzado (Figura 13). Después de que el filtro ha sido aplicado a los datos, los nuevos valores de brillo son aplicados a los píxeles apropiados en la imagen. El realce de contornos se hace moviendo un filtro direccional a lo largo de cada línea de datos y examinando un píxel a un tiempo, con una ventana de píxel. Un promedio local de 5 píxeles a un lado del píxel que está siendo examinado fue usado para determinar si los píxeles deben permanecer iguales o se les debe de realzar el brillo. Los píxeles más brillantes que el promedio local fueron hechos más brillantes y los más oscuros que el promedio local, fueron hechos más oscuros.

La siguiente ecuación muestra cómo se calculan nuevos valores para realce de bordes en las imágenes.

$$D N_0 = 2 D N_1 - A$$

Donde :

- $D N_0$ = Valor de brillo realzado de un pixel (salida).
 $D N_I$ = Valor de brillo de pixel sobre una cinta compatible de computadora (entrada).
 A = Promedio local de 10 pixeles alrededor de un pixel que está siendo examinado para realce.

Esta técnica de realce de bordes tiene el efecto de producir imágenes agudas, pero puede introducir ruido dentro de datos para producir sombras adyacentes, rasgos que tienen cambios abruptos en valores de brillo. El realce de drenajes y formas terrestres para aplicaciones geológicas, trabajan mejor en áreas de cubierta uniforme. Esta técnica puede ser considerada -- una estima de la función de corrección de transferencia de modulación de la película si el tamaño es pequeño y las direcciones ponderadas, iguales.

Suavizado.

Debido a la diferenciación, el Gradiente y el Laplaciano realzan una imagen; un proceso natural para desrealzarla o suavizarla, es efectuar alguna operación del tipo de integración; el promedio es una aproximación a la operación de integración.

$$P' = \frac{(A+B+C+D+P+F+G+H+I)}{9}$$

La cual asigna a cada pixel el promedio de todos los pixels vecinos más el valor del pixel mismo. (Figura 13c).

Razón de Bandas Espectrales de una Escena simple.

El concepto de Razón de Bandas Espectrales se muestra en la Figura 14. Una razón de dos bandas LANDSAT se obtiene dividiendo los valores de brillo en una banda entre los valores de brillo en otra banda para cada elemento dentro de la escena. Los valores relacionados se multiplican por lo general por un factor de una tabla de mapeo (Lázaro, 1979), de tal manera que todos los valores caen en un intervalo de cero a 255. Si los datos LANDSAT no son corregidos por efectos atmosféricos, la razón de bandas más práctica se obtiene dividiendo los valores de brillo de la banda cuatro por dos veces los valores de brillo de la banda cinco ($4/2 \times 5$), los valores de brillo de la banda cinco, divididos por dos veces aquellos de la banda seis ($5/2 \times 6$) y los valores de brillo de la banda seis divididos por dos veces aquellos de la banda siete ($6/2 \times 7$) (Chávez, 1979). Lo más adecuado para esta razón se muestra en la Figura 3. Aunque las dos pendientes reciben diferente flujo de radiación electromagnética del sol, y aunque los mismos materiales tengan diferentes valores de brillo en las pendientes opuestas, la razón de los valores de brillo será la misma a uno y otro lado de la pendiente, si los datos han sido ajustados por efectos atmosféricos. La razón o cociente tiende a reducir los efectos, debido a la topografía, y enfatizar los cambios en los valores de brillo entre materiales (Chávez, 1975).

Razón de Bandas Espectrales de una Escena Híbrida sencilla.

Nótese en la Figura 3, que si la unidad C fuera adyacente a la unidad A, las dos unidades no podrían ser distinguidas una de otra por una razón de bandas, aunque estuvieran en la misma

pendiente y tuvieran diferentes valores de brillo. Este problema puede tratarse combinando una banda LANDSAT sencilla con una más de las bandas que han sido divididas. Sin embargo, se debe de tener cuidado de que la topografía no influya en los colores producidos sobre la imagen. Algunas combinaciones de colores - útiles en el despliegue de razón de bandas espectrales LANDSAT y combinación de razones de banda se muestran en la Figura 15.

Razón ó Cociente Temporal.

Una técnica útil para determinar cambios en las condiciones de cubierta del paisaje con el tiempo, es formar un cociente temporal de las mismas bandas LANDSAT. Por ejemplo : se monitorea una mina, usando una razón de dos imágenes de la banda cinco con dos años de intervalo entre las mismas (Carnegie y Holm, 1976). Sobre la banda cinco existen altos contrastes entre el suelo descubierto y la vegetación. En el cociente temporal aparecieron nuevas áreas de suelo descubierto como áreas brillosas. En áreas donde no hubo cambios, el cociente de imagen dió un tono gris uniforme. Buenos resultados se han obtenido - considerando diferentes cocientes en dos escenas. Este cociente suprime la topografía y los problemas de iluminación solar y muestra brillo o diferencias de albedo, debidas a cambios de cubiertas (Chávez, Berlín, y Mitchell, 1977).

Realce por Color Natural Simulado.

Se ha desarrollado una técnica para desplegar colores sobre imágenes LANDSAT, tal como éstas parecerían a un observador humano con visión de color normal. La superficie terrestre despliega un color como si la tierra careciera de atmósfera y el observador estuviera a una altura orbital. Estos tipos de imágenes a menudo se llaman imágenes de color natural, en con--

traposición a las imágenes de falso color de los productos ---- LANDSAT estándar. Ya que los satélites LANDSAT uno y dos no -- graban la banda azul visible, los productos LANDSAT en color es -- tándar son impresos de tal manera que la banda verde en el visi -- ble (banda cuatro) es azul, la banda roja en el visible (banda -- cinco) es verde, y la banda infrarroja invisible (banda siete) -- es roja. Las imágenes en color natural simulado son producidas -- por una banda azul, producida por la computadora. Esta banda -- azul es desplegada como azul visible, la banda cuatro LANDSAT -- (verde visible) es desplegada como verde visible y la banda cin -- co LANDSAT (rojo visible) es desplegada como rojo visible, so -- bre imágenes de color natural simulado. Un diagrama esquemáti -- co que ilustra como se produce el color simulado se encuentra -- en la Figura 16. Los renglones de datos LANDSAT son corregidos -- por dispersión atmosférica. Entonces una razón de bandas cinco -- sobre seis (5/6), se usa para identificar pixeles que pertene -- cen a roca sólida (razón de valores de 1.5), la vegetación (ra -- zón de valores de .45) o clases de agua (razón de valores de -- 1.45). Entonces se aplica un algoritmo a los datos en todas -- las bandas espectrales para determinar el brillo para que los -- pixeles den la nueva banda azul (Figura 17). Esta técnica está -- completamente explicada por Chávez, Berlin, y Mitchell, 1977).

Se ha producido un mosaico electrónico de color natural -- simulando 32 escenas LANDSAT. El mosaico fue producido de cint -- tas de computadora, por el procedimiento mostrado en la Figura -- 18. Los datos fueron comprimidos (muestreados), para hacerlos -- compatibles con la resolución de grabación de la película. Los -- ajustes para los valores de brillo de pixel para escenas que -- tienen diferentes condiciones de iluminación y efectos atmosfé -- ricos, fueron aplicados para hacer que los datos aparecieran co -- mo si hubieran sido adquiridos bajo una iluminación solar y una -- atmósfera uniforme. Después que los datos fueron geométricamen

te rectificadas, los datos de las imágenes LANDSAT de bandas individuales, fueron usados para producir un mosaico por computadora. Entonces los valores de brillo para una banda azul simulada, fueron determinados usando el proceso descrito previamente. Finalmente el mosaico fue compuesto en color, imprimiendo: la banda azul, la banda verde (banda cuatro), y la banda roja (banda cinco), usando azul, verde y rojo, respectivamente (Figura 17). Las imágenes de color natural simulado, son producidas para uso en mapeos geológicos regionales, particularmente en medios ambientes áridos. Por ejemplo, sobre imágenes de falso color, las rocas rojas aparecen de un color verde amarillento. Sobre imágenes de color natural simulado, tales rocas aparecerían más rojas, parecidas a las que los geólogos encuentran en el campo.

CLASIFICACION DE IMAGENES

La clasificación de imágenes LANDSAT, requiere la ayuda de máquinas para la delineación de patrones multiespectrales de hasta cuatro espacios espectrales dimensionales, y la identificación de patrones que representan la cubierta del paisaje. El primer proceso se llama análisis multiespectral, y el segundo clasificación multiespectral (Figura 1). Los datos de imágenes no se clasifican hasta que un intérprete determina qué clases espectrales son representativas de las condiciones de cubierta. Un geólogo debe determinar las relaciones entre clases de cubierta desplegadas por la clasificación multiespectral y la geología. La información derivada del análisis de una clasificación multiespectral, se relaciona con la litología (Figura 1). Si un algoritmo se emplea para determinar grupos de datos multiespectrales en el espacio espectral de cuatro dimensiones, se dice que la imagen será analizada, usando una aproximación no supervisada.

El procesador analítico de grupos descrito por Anuta, -- (1977, p. 425), es un buen ejemplo de esta aproximación. Si el analista entrena al procesador analítico seleccionando muestras de clases a ser reconocidas, se dice que la imagen habrá sido analizada usando una aproximación supervisada (Figura 19). El procesador analítico de máximo parecido por Anuta (1977, p. 425) se usa generalmente en modo supervisado.

El algoritmo de clasificación de paralelepípedo empleado en sistemas interactivos de análisis multiespectrales, un ejemplo del procesador analítico multiespectral, usado en aproximaciones supervisadas. Un analista entrena a la computadora sobre los límites multiespectrales (cuatro dimensiones espectrales) al posicionar un cursor electrónico sobre un tipo de cubierta particular en una pantalla de televisión. La computadora determina los valores de brillo mínimo y máximo dentro del área de entrenamiento para la cubierta tipo en las cuatro bandas LANDSAT. La computadora busca cada pixel en la escena y determina qué elementos pictóricos tienen valores de brillo que caen dentro del máximo y mínimo para el área de entrenamiento. Los elementos pictóricos que están dentro de los intervalos restringidos de brillo del área de entrenamiento son clasificados e identificados por un Código de Color, sobre la imagen o por un Código de Letras, en la impresión de salida.

El concepto de algoritmo de clasificación de paralelepípedo, se muestra en la Figura 20. Para propósitos de ilustración, solamente tres ejes de bandas espectrales se muestran en la Figura 20. Las técnicas de clasificación de imágenes han sido poco usadas para aplicaciones geológicas en comparación a las técnicas de realce. Las relaciones marcadas en la Figura 1, explican parcialmente porqué la clasificación ha sido poco usada en el análisis de datos para exploraciones mineras y petrolé

ras. La clasificación suministra mayor información sobre condiciones de cubierta, y un geólogo debe interpretar el significado litológico de la clasificación antes de que pueda ser usada como parte de un análisis de objetivos potenciales para exploración. La integración de la respuesta espectral por el M.S.S., se muestra en la Figura 21. La dificultad que se presenta al usar técnicas de clasificación de imágenes, con fines geológicos, se debe al efecto de la atmósfera en los valores medidos por el M.S.S. (ver Figuras 22, 23 y 24). Es absurdo esperar -- que las técnicas de clasificación de imágenes puedan ser usadas para mapear geología a gran escala. La superficie natural de la tierra está compuesta de una combinación diversa de tipo de cubierta, y raramente no intemperizada, así como materiales rocosos descubiertos expuestos en la superficie. Muchas rocas -- consolidadas en la superficie, son alteradas por agentes químicos y biológicos, son cubiertas por materiales rocosos no consolidados y contienen o están cubiertas por agua. Los líquenes pueden enmascarar la vegetación, los claros, los árboles oscuros, así como los suelos sobre los cuales se desarrollan. El hombre a menudo cubre la superficie natural y en su lugar erige estructuras o construcciones. Los mapas geológicos se basan en el terreno por interpolación entre exposiciones de roca, por roca expuesta en suelos, por asociaciones de suelo residuales y por asociaciones de plantas y aptitudes geométricas de estratos de roca expuestos dentro de áreas dominadas por otro tipo de cubiertas. A pesar de la combinación de plantas, suelo y asociaciones de agua con unidades geológicas, y algunas veces las relaciones de las características espectrales únicas de la litología nos proporcionan procedimientos de clasificación -- que pueden ser aplicados a los datos LANDSAT, con investigaciones geológicas realizadas en el terreno. La aplicación de la clasificación requiere un total entendimiento de los sistemas -- de percepción remota, los procedimientos de análisis de máquina

involucrados, y la necesidad de que las condiciones de cubierta sean desplegadas por la clasificación multiespectral.

CAPITULO III

CAPITULO III
SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES

Sistemas especiales de hardware (circuitaria) y software (programación), se requieren para el tratamiento eficiente de imágenes en Percepción Remota. Hay un gran número de sistemas, entre los cuales están los desarrollados por las compañías comerciales, tales como General Electric, Bendix Corporation, ESL Incorporated y Computing Devices Company. Así mismo, también hay numerosos sistemas que han sido desarrollados por diferentes organizaciones de investigación, estos son :

- LARSYS - Laboratory for Application of Remote Sensing -- (Landgre et al., 1975).
- KANDIDATS - University of Kansas (Haralick et al., 1976)
- IDECS - University of Kansas (Haralick and Currier, --- 1977).
- VICAR - Jet Propulsion Laboratory California Institute - of Technology (Goetz et al., 1975).
- CIAS - Canada Centre for Remote Sensing (Goodenough --- 1977, 1978).
- INSPECT - Mead Technology Laboratories (Barret, 1976).
- ERIMS - Environmental Research Institute of Michigan.
- PROCAMS - Environmental Research Institute of Michigan - (Erick and Malepka, 1976).
- IDIMS - Goddard Space Flight Center (Alfond, 1976).
- ERIPS, IDAM - Johnson Space Center (Pape and Tiutt, 1976)
- REMEDYS - Sistema Interactivo de Memoria Regenerable. (O. Lázaro, 1979).

Muchos sistemas han sido desarrollados para procesamiento de datos en otros campos de interés, ejemplo : Medicina, Astrofísica, etc. Una revisión adecuada se encuentra en Computer (Agosto 1977), Y.T. Chien (1976, 1978), Nagy (1972), Kanal (1972), y - Photogrammetric Engineering (Octubre, 1974).

La configuración básica de un sistema de procesamiento de imágenes es como se muestra en la Figura 25.

Las seis partes son :

1. Dispositivo de entrada (input).
2. Dispositivo de salida (output).
3. Dispositivo de despliegue de la imagen (display).
4. Terminal (pantalla de rayos catódicos o teletipo).
5. Circuitos del procesador (hardware).
6. Programas del sistema (software).

Si la imagen está en forma óptica, entonces se requiere una conversión analógica a digital. Hay un gran número de dispositivos que pueden ser usados para esta conversión, ejemplo : un barreador de muestreo, Microdensitómetros de tambor rotatorio, Microdensitómetros barreadores, y barreadores laser (laser scanners).

Una vez que la imagen es digitalizada o digitizada, puede ser almacenada en una cinta magnética, o si se requiere un acceso mucho más rápido, se puede almacenar en un disco o tambor magnético.

Después de procesada, la imagen puede también ser presentada en forma óptica o digital. La forma digital es ideal para transferir los datos entre la computadora y el dispositivo de -

almacenamiento antes del procesado. De uso más práctico, se --
usan los productos de impresión en forma de mapa.

Lo más exacto, y por ende también lo más caro, es produ--
cir una fotografía. Ejemplos de estos dispositivos son :

- Grabadora de barra electrónica.
- Grabadora de barra laser.
- Microdensitómetro.

Los más simples y menos caros incluyen :

- Impresor de líneas (Pallew and Lyon, 1977).
- Graficadores de tinta.

El dispositivo de despliegue y la terminal permiten al u--
suario interactuar con el sistema de procesamiento. Para imáge--
nes multiespectrales, esto sería idealmente una televisión a co--
lor de alta calidad, con una memoria regenerable (O. Lázaro ---
1979).

Otros equipos incluyen terminal para desplegar resulta---
dos, tales como histogramas y un cursor o tabla de gráficas pa--
ra especificar regiones seleccionadas. La diferencia esencial
entre los diversos sistemas de procesamiento de imágenes, está
en el hardware (circuitaría) y el software (programación). En
su forma más simple, el hardware consiste de sólo una minicompu--
tadora, la cual actúa como una interfase entre los diferentes -
dispositivos y también hace los cálculos requeridos por el soft--
ware. En sistemas más avanzados, muchas de las funciones en --
software se desarrollan por hardware, esto incrementa el costo,
pero puede mejorar significativamente la velocidad de ejecución.

Algunos de los ejemplos de hardware de propósito especial son:

- Tablas de lookup (tablas de mapeo).
- Normalización en línea.
- Transformada rápida de Fourier.

Otra importante diferencia es si el procesador es digital, analógico, óptico, o híbrido (O. Lázaro, 1979). Los procesadores digitales son los más adecuados, ya que son más flexibles. Los otros procesadores no son tan versátiles, pero son mucho más rápidos (Nagy, 1972), (Urbach, 1976). Los sistemas software difieren en los algoritmos disponibles, en los métodos usados para almacenar y recuperar los datos, y en el grado en que interactúan con el usuario.

Debido a que se han experimentado dificultades al hacer comparaciones entre sistemas, de acuerdo a la moda, se ha desarrollado un conjunto de tablas para comparar los sistemas de procesamiento digital y de imágenes.

A continuación se describen los sistemas de procesamiento digital de imágenes más comunes; después se presentan las tablas de configuración y posibilidades de los mismos basados en los algoritmos del capítulo anterior.

Sistemas de Procesamiento Digital de Imágenes

GENERAL ELECTRIC IMAGE 100.

Sistema interactivo de análisis de imágenes, diseñado para clasificaciones multiespectrales de datos de satélite y datos multiespectrales de aeronaves, con procesamiento de propósito general limitado. Su hardware incluye una computadora PDP-11, una consola interactiva de análisis de imágenes que contiene un clasificador por hardware y otras funciones de procesamiento especializadas, cinco canales de memoria para procesamiento de imágenes y despliegue regenerable con capacidad de traslape y despliegue en color.

Se vende como un sistema completo, con el software apropiado.

Puede expandirse o reconfigurarse, de acuerdo a los requerimientos del usuario.

BENDIX MDAS.

Un sistema combinado hardware-software, diseñado en un principio para clasificación multiespectral de datos multiespectrales de satélite, y aeronave, con software de propósito general limitado.

El hardware del sistema incluye un PDP-11 y una consola interactiva de análisis de imágenes, que contiene un clasificador de hardware y algunas funciones especializadas de procesamiento.

El sistema puede procesar hasta 16 canales de datos de -

imágenes simultáneamente, y tiene un despliegue regenerable de estado sólido de 3 colores con traslape gráfico. Se puede expandir, de acuerdo a las necesidades del usuario.

I²S SYSTEM 101.

Sistema interactivo de procesamiento digital de imágenes, con capacidad para multitud de usuarios, incluye algoritmos de análisis multiespectral y un conjunto expandible de algoritmos de propósito general.

El hardware consiste en una computadora Hewlet-Packard -- 3000, Serie II, con disco almacenador de imágenes y consola de usuario, que contiene hasta 14 canales de memoria regenerable, con hardware de procesamiento de video, un procesador de arreglos - de imágenes de punto flotante y despliegue en color.

Se vende como un sistema específico completo, con el software apropiado, configurado de acuerdo a las necesidades del usuario.

ESL - IDIMS.

Sistema interactivo combinado Hardware-Software, de propósito general con capacidad para multitud de usuarios. Incluye algoritmos de análisis multiespectral, y de clasificación.

El hardware consiste en ; computadora Hewlet-Packard 3000 serie II, consola de procesamiento interactivo que incluye procesador programable de arreglos, 3 o más canales de memoria regenerable, con despliegue en color. El software puede procesar datos colaterales.

Se vende como un sistema completo, con el software apropiado a las necesidades del usuario.

COMTAL SERIES 9.

Sistema completo Stand Alone (sin Sistema Operativo), diseñado para clasificación de datos multiespectrales, análisis de imágenes de propósito general y realce de hasta 4 imágenes separadas simultáneamente.

Incorpora una combinación de funciones hardware-software, para proporcionar máxima velocidad de procesamiento y la capacidad de mantener una flexibilidad funcional completa.

Los cambios en algoritmos y técnicas de procesamiento, pueden ser implementados por cambios de software.

I S I SYSTEM 470 y SAND.

Sistemas combinando hardware-software, para procesamiento de imágenes de propósito general y análisis multiespectral. -- Tiene el software apropiado y los periféricos son los mismos en ambos, el 470 tiene un procesador de video de tiempo real, y un disco almacenador de imágenes de video; el SAND tiene memoria de acceso aleatorio, como base para aplicaciones gráficas interactivas por computadora. Las consideraciones específicas son de acuerdo a las necesidades del usuario.

KANDIDATS.

Es un sistema de procesamiento digital de imágenes que interactúa con el usuario a un nivel de comandos o instrucciones.

Incluye respuestas interactivas, por medio de un carácter (PROMT) para parámetros de entrada, checando los errores de entrada del usuario.

Hay disponibilidad de programas de utilería en KANDIDATS.

Operaciones de transformación de imágenes, agrupamiento - espacial, clasificación Bayesiana. La estructura de programación y de los archivos es modular.

JPL VICAR.

Sistema software en Fortran de procesamiento digital de imágenes de propósito general, con opción a expanderse.

Incluye una amplia variedad de algoritmos de propósito general, análisis multiespectral y cómputo.

Se implementó inicialmente en una IBM 360/44, y se ha modificado recientemente, a una IBM 360/65. Los periféricos de servicio para el sistema incluyen : 2 consolas COMTAL interactivas, una memoria regenerable RAMTEK, una impresora rápida Polaroid, y una grabadora de película.

El sistema software disponible en COSMIC, incluye documentación y listados.

PURDUE LARSYS.

Es una combinación de un sistema de procesamiento en hardware-software para imágenes.

El software fue diseñado inicialmente para clasificación

multiespectral, pero también incluye procesado limitado de imágenes de propósito general.

El hardware es una IBM 360/67, más una consola interactiva que contiene un despliegue de video en blanco y negro, con facilidades para salidas fotográficas en color y blanco y negro. El hardware no se vende, pero algunas terminales están disponibles para ser operadas, estando conectadas al sistema principal por vía telefónica.

El software está disponible a través de COSMIC.

REMEDYS. SISTEMA INTERACTIVO DE MEMORIA REGENERABLE.

Sistema interactivo de análisis de imágenes, diseñado para clasificaciones multiespectrales de datos de satélite y datos multiespectrales de aeronaves con procesamiento de propósito general limitado.

Su hardware incluye una computadora NOVA 3/12, una consola interactiva de análisis de imágenes con 4 canales de memoria regenerable, con clasificador de hardware y otras funciones de procesado especializadas, despliegue regenerable con capacidad de traslape y despliegue en pseudocolor.

Puede expandirse, como se ha hecho y reconfigurarse, de acuerdo a las necesidades del usuario. (ver O. Lázaro, 1979).

Tablas de Configuración y Posibilidades de los Sistemas de
Procesamiento Digital de Imágenes.

PROCESADO DE IMAGENES DE PROPOSITO GENERAL (Tabla 1) :

Es todo el conjunto de operaciones posibles sobre una imagen, incluyendo alteraciones radiométricas, geométricas, varios procesos de diagnóstico, despliegue, análisis de imágenes, y -- realce; tal como la extensión de contraste y el filtraje espacial. Incluye todo aquel proceso que nos lleva a la extracción de la información útil de una imagen tal como mapeo, extracción de información radiométrica, análisis multiespectral, clasificación, calibración de datos (rectificación), detección de cambios, y operaciones a datos de imágenes.

Corrección Radiométrica.

Calibración de datos, para remover efectos radiométricamente no deseables.

Debandamiento LANDSAT.

Las imágenes LANDSAT sufren de un efecto de traslape de Bandas, debido a un desbalance en varios sensores. Este puede ser anulado por una calibración o por una limpieza línea por línea.

Corrección Fotográfica.

El marco de las cámaras produce no-uniformidad de la respuesta radiométrica sobre la cara de las imágenes. Esta degra-

dación se puede remover, si se dispone de la calibración de datos.

Otros.

El ruido de pixel puede removerse por un promedio de marco a marco.

Las distorsiones radiométricas atmosféricas, requieren -- procesos especiales para estimarse y corregirse.

Separación de niveles de Gris.

- a). Conversión del brillo o número digital continuo a una serie de niveles, en cada uno de los cuales el nivel digital es seleccionado para sustituirse por un intervalo de niveles digitales originales.
- b). Cada intervalo puede tener un solo color único o número digital.

Aumento de contraste.

Es una alteración de la escala de números digitales, que se usa para convertir una imagen restringida a un intervalo de n niveles de gris a una imagen de salida con el intervalo más amplio. Esta puede ser lineal o no lineal. Se hace generalmente por medio de una tabla de mapeo para eficiencia de la computadora.

Correcciones Geométricas.

Todos los sensores producen imágenes con algún defecto, -

un ejemplo es el Barredor Multiespectral LANDSAT, el cual requiere 14 tipos de correcciones.

Distorsiones Internas.

Las principales correcciones al barredor multiespectral son aquellas para desplazamientos de pixel dentro del sensor, - no linealidad del barredor y desigualdad en el espaciamento de pixeles horizontal y vertical. También por marcos de cámaras, películas y distorsiones de lentes, deben de ser corregidas.

Distorsiones Externas.

Corrección para efectos externos, tales como la posición y altura del aeronave, proyección alrededor de la tierra, rotación terrestre y las distorsiones requeridas para registrar imágenes a mapas o a otras imágenes.

Distorsión Geométrica.

El proceso de distorsión geométrica, se divide en 2 partes : a). Determinación de la función de distorsión requerida sobre la imagen y, b). Interpolaciones de niveles de gris, requeridas para generar la matriz de pixeles de salida.

Registro.

Determinación de la función de distorsión.

Desarrollo de parámetros de registro.

Se determinan por un modelado matemático de la distorsión deseada, o por localización de una serie de puntos de control -

para los cuales las localidades verdaderas son conocidas externamente y por línea y pixel. (Ejemplo sobre esto tenemos: "Puntos de control de Terreno", (PCT), o en una escena de referencia o marco de trabajo "Puntos relativos de Control" (PRC)).

Mapeo de puntos de Control Terrestre a la escena total o sub-escena.

La localización específica de las fuentes de datos para cada pixel de salida, requiere la separación relativa de grupos de puntos de control sobre una imagen. Se usa generalmente algún tipo de interpolación o formulación matemática para generar la función continua requerida.

Traslape y Mapeo Temporal, Imagen a Imagen.

Para traslape temporal, los puntos de control son a menudo determinados por cros-correlación de áreas en las nuevas escenas de referencia; para mapeo, la referencia de imágenes tipo no son normalmente disponibles, y la selección de puntos de control debe ser manual.

Técnicas de Interpolación Geométrica.

La técnica de localización para un pixel de salida está precisamente en una localización de pixel en la entrada, de tal manera que alguna fórmula de interpolación usa un grupo de pixels de entrada que rodean a la localidad requerida.

Filtraje.

El filtraje espacial se usa para restaurar las altas frecuencias que han sido atenuadas en el proceso de formación de -

la imagen, para agudizar bordes, para determinar áreas de alta o baja variancia de nivel de gris, efectos de ruido, remoción, bandeado o para numerosas funciones. El filtraje espacial se hace generalmente por una convolución, pero puede ser realizado - por una multiplicación en el dominio de la frecuencia espacial, por medio de la transformada de Fourier. El filtro de Golay mi nimiza el ruido en pixeles aislados en hologramas (Mapas temáticos).

Transformadas.

La codificación de imágenes normales, registra el brillo en cada campo de visión instantánea (IFOV) en la escena, como el nivel de gris en cada pixel. Sin embargo, la energía en la escena puede ser agrupada de varias maneras: la transformada de Fourier despliega el contenido de energía bidimensional de va rias frecuencias espaciales presentes en la escena. La trans - formada de Hadamard, despliega una cantidad relativa, basada en la descomposición de la onda cuadrada de la imagen.

CLASIFICACION MULTIESPECTRAL (Tabla 2) :

Conjunto de operaciones que involucran el análisis de da-
tos multiespectrales. "El Análisis Multiespectral" se usa a me
nudo como sinónimo de "Clasificación Multiespectral". La clasi
ficación multiespectral es el reconocimiento de área de cubier-
ta uniforme por medio de la identificación de formas espectra--
les (vector multiespectral de niveles de gris para un material
dado). La clasificación generalmente consiste en la substitu--
ción en cada pixel, de un color que representa la clase de cu--
bierta.

Clasificación Supervisada.

La computadora es instruída para la identificación de ciertos materiales conocidos en la escena por el uso de "áreas de entrenamiento". Esto se hace dando reglas de decisión, e instrucciones al despliegue para que los pixeles sean relacionados por medio de series de materiales, por un color o código único.

Clasificador No Supervisado.

La computadora primero agrupa en una serie de clases, los pixeles en la escena, midiendo la tendencia de un material dado para clasificarlo alrededor de una localidad dada de un espacio multiespectral. Enseguida, el analista identifica cada material.

Región de Cultivo.

Los pixeles de un material dado tienden a formar una serie de grupos de pixeles contiguos (en el espacio de la imagen). La región de cultivo es el proceso de computadora que comprende y despliega los pixeles en grupos identificables, después de lo cual el analista puede identificar cada línea.

Medida.

Determinación de áreas en la imagen o sub-sección designada. Esto es normalmente hecho por un simple conteo de pixeles, aunque para algunos propósitos, la mezcla entre pixeles debe estimarse.

Manipulación entre Bandas.

Cada imagen espectral es una "Banda". La operación entre

bandas, se encuentra útil para ciertos análisis.

Funciones.

Varias funciones algebraicas, tales como la multiplicación o división, son no-lineales, y producen datos de una nueva clase. Por ejemplo la división de una escena, por una escena plana de referencia, punto a punto, tenderá a normalizarse contra la variación de la respuesta del sensor sobre la cara de la escena.

Análisis Espectral.

El análisis de los puntos de datos seleccionados, determinan el proceso óptimo a ser aplicado a toda la imagen.

Rotación Espectral de Ejes.

La combinación lineal de Bandas, pixel por pixel, es de utilidad en la proyección de datos sobre un conjunto de ejes rotados.

Operaciones Estadísticas.

Conjunto de procesos y decisiones requeridos para llevar a cabo el análisis multiespectral.

Selección de campos de entrenamiento.

Designación de áreas por el Operador de Materiales conocidos o de cubierta, puede hacerse interactivamente, o por mapeo fuera de línea.

Estadísticas de Entrenamiento.

Caracterización del grupo de píxeles del área de entrenamiento, generalmente como media y variancia en el espacio multi espectral (Matriz de covariancia).

Número de Bandas Espectrales.

El tiempo de análisis aumenta cuando el número de bandas aumenta.

Máximo Número de clases.

Para algunos clasificadores, el tiempo de clasificación depende del número de clases.

Selección de Bandas Optimas.

Algunas bandas incluyen posibles relaciones entre Bandas, que darán mejor identificación de clases.

Rapidez.

Los esquemas que se usan en el análisis, pueden ser extremadamente lentos. Los métodos de tablas de Mapeo pueden desarrollar las mismas tareas, a grandes velocidades.

ENTRADAS (Tabla 3) :

En adición a las cintas compatibles para computadora, hay otros dispositivos de Entrada, que serán útiles para otros datos que no sean LANDSAT.

Cámara de Televisión.

Para entrada de imágenes por medio de una cámara a circuito cerrado.

Microdensitómetro.

Para una mejor exactitud en la cuantización de brillo espacial; se usan varios dispositivos. Estos son los tambores barridores o discos barridores.

Cintas Digitales.

El formato de cinta que más se utiliza, es el LANDSAT NASA. La NASA y el U. S. Geological Survey, han definido un formato universal.

Cintas Analógicas.

Para algunos propósitos, los datos de la imagen pueden ser grabados en cintas magnéticas analógicas. Una conversión especial analógica a digital, se requiere para utilizar estos datos.

SALIDAS (Tabla 4) :

Esta puede ser volátil en una pantalla o en impresora, película, mapa o tablas.

Despliegue Volátil.

GRAFICAS : Un número de despliegue de gráficas es disponible, éstas son normalmente usadas por el Analista.

GRAFICAS BIDIMENSIONALES: Algunas terminales tienen la habilidad de desplegar líneas, gráficas, grupos de puntos y otras ayudas para diagnóstico.

TUBO DE RAYOS CATODICOS: Cuando la escala de grises o colores, necesitan ser desplegadas durante el análisis, se requiere una pantalla de despliegue. Esta pantalla de despliegue debe ser regenerada continuamente, para lo cual se requiere una memoria especial.

ANOTACIONES : Habilidad para sobreponer rejillas alfanuméricas a los datos y otra información en las imágenes desplegadas.

Salida en Impresora.

Impresor de Líneas. La impresora normal, la cual puede ser usada para generar imágenes en tonos de gris, por selección de caracteres y sobre-impresión.

Película.

Para la mayor parte del análisis, el producto deseado de salida serán películas de alta calidad, en blanco y negro o en color.

Traslapes.

La película de salida, requiere la habilidad para convertir algún conjunto de datos, tales como vértices de polígono,

Mapas.

La salida requiere la posibilidad de manejo de dispositi-

vos de dibujo.

Despliegue en Fotografía.

Generalmente se usa para un examen rápido, o para salidas de calidad reducida.

Procesador Microprogramable.

Algunos pasos del análisis consumen mucho tiempo en las computadoras de propósito general que son muy veloces. Un número de dispositivos de propósito especial se encuentra disponible para desarrollar procesos específicos muy eficientemente. Estos se usan generalmente como periféricos en la computadora normal del sistema.

Computadora.

Los sistemas de circuitos discutidos anteriormente, están basados en una minicomputadora. Dependiendo del grado de interacción, número de terminales, pantallas, el tamaño puede variar considerablemente.

Programación.

La mayoría de los programas de aplicación están en FORTRAN. Varios lenguajes de alto nivel pueden ser usados para programar las partes del sistema. Y para algunas de las aplicaciones.

Interfase para el Analista.

1. Batch. El analista genera una serie de instrucciones vfa --

tarjetas. Esta serie de instrucciones se corre sin interactuar con el analista.

2. Instrucciones Interactivo. La computadora efectúa cada comando, tal como es introducido por el analista, (generalmente) despliega los resultados y espera, próxima instrucción. En algunos casos, es posible ensamblar o llamar una serie de pocas instrucciones, las cuales se realizarán antes de enviar la instrucción siguiente.
3. Menú Interactivo. Cuando cada instrucción es enviada a la computadora, esta le contesta con una lista de operaciones. Estas pueden ser opción de funciones, tales como la lineal, logarítmica, tabla, u otras, definidas. Este modo es de valor para aquéllas personas sin conocimientos en la programación.

A continuación se presentan estas tablas:

LA 2	GE IMAGE 100	BENDIX MDAS	IBM SYSTEM 101	ESI 101MS	COMTEL SERIES 9	ISI SYSTEM 470, SAND	KANDATE	
SIFICACION MULTIES- TRAL:								
SIFICACION SUPERVISA	Paralelepípedo (una cel- da). Tabla de Mapeo (multi- celdas). Máximo parecido no para- métrico. Implementación Hardware- Software. Clasificador de volumen Hardware, incluyendo ta- bla de mapeo y máxima semejanza paramétrica.	Máxima semejanza Baye- siana Gaussiana o abreviada. Gaussiana estándar.	Máximo parecido. Paralelepípedo. Tabla de mapeo (Hard- ware y Software).	Tabla de almacenamiento avanzado. Máximo parecido. Mínima distancia.	Paralelepípedo.	Paralelepípedo. Bayesiano. Tabla de Mapeo. No paramétrico. Implementación (circui- tos/programas).	Tabla de Mapeo con ve- ctino especial cercano.	See lab rio lab rio lab rio lab rio
SIFICACION SUPERVISA	Programación semisuperv- isada	SI opcional.	SI Programación, pue- de ser hecha con el cursor diseñando polí- gonos.		N.C.		Distancia Euclidiana en el espacio de med- ción.	
ión de cultivo						Agrupamiento espacial interactivo basado en regiones homogéneas. Detección de bordes. Esplice.	Fronteras para el 9to diámetro de Roberts y umbrales adaptivos.	
IDA	Pantalla total subáreas por enmasca- ramiento semático	Escena total. Cursor selector de área. Digitalizador manual in- teractivo. Áreas de escenas múlti- ples.	subescena definida por el cursor o por ventan- as rectangulares	SI por enmascaramiento binario, designado por el cursor o digitaliza- dor manual interactivo.	SI Circuitos 1/30 seg.	Escena total o subá- rea arbitraria.		SI. mas
IPULACION ENTRE BAN- daciones entre bandas	Cociente, diferencias sobre suma, normaliza- ción (circuitos)	Cociente	1 - 1 (circuitos y programas).	Suma, diferencia, pro- ducto, razón.	Suma, diferencia, pro- ducto, razón. Funcio- nes combinadas.	Cociente. Aritmético escalar y de arreglo. Operaciones lógicas. Funciones algebraicas.	Operaciones algebraicas.	1 - out pac
lisis espectral	Vectores característi- cos (programa).	Vector característi- co. Factor de Regresión.	Vector característi- co (circuitos y programas)	Vector característico.	Vector característico.	Vector característico.	Vectores característi- cos por entrenamiento de área o sobre todos los datos.	Vec
lación espectral de	Circuitos y Programa. Karhunen-Loeve Rotación general de ejes	Rotación general de ejes. Karhunen-Loeve	Rotación general (pro- gramación y circuitos) Karhunen-Loeve	Karhunen-Loeve. Rotación general de ejes.		Rotación General de ejes. Karhunen-Loeve.	Karhunen-Loeve. También rotación gene- ral de ejes rotados.	Bar rot eje
ALISIS MULTIESPEC- AL								
EPACION ESTADÍSTICA cción de campos de entrenamiento	Pixel sencillo (en cruz, rectángulo, ro- tación 45°, cursor opcional)	Cualquier forma cua- drilátera tan peque- ña como un pixel con cualquier orientación	Escena completa. Cualquier forma desig- nada. Selección interactiva	Selección interactiva de áreas poligonales con cursor (21 subin- strucciones) Muestreo aleatorio.	Cualquier forma cuadrilá- teral hasta 8 activi- dades	Selección interactiva y cursor o especifica- ción manual por vérti- ces de polígonos des- ignados por fronteras irregulares arbitrarias	Manual sobre despliegue de áreas rectangular.	Cue da del del
adísticas de campo entrenamiento	Matriz de covarianza Histogramas. Implementación de Hard- ware-Software. Independiente de tien- po y de tamaño	Matriz de covarianza Histograma.	Matriz de covarianza	Matrices de covarianza estadísticas Archivo editor	Matrices de covarianza	Histogramas. Matriz de covarianza Implementación. Hardware / Software.	Suplemento Gaussiano. Matriz media y varianza por clase.	Mat ric del
lismo número de bandas espectrales analizado multitemporalmente	4-6 con cociente hasta 16 opcional.	16	16 Procesador de des- pliegue o processor - central	255	4	16 256 con velocidad limit 1000.	Depende de la memoria disponible y la longitud de la línea.	
lismo número de cla- ses	Cualquier número, 8 te- mas desplegables al mismo tiempo en un vi- deo	50, el despliegue es simultáneo y de cual- quier número	64	256 en un paso	4	100 en un paso. 8 por paso o veloci- dad de dibujo.	30	
lización de banda óp- tica	Resgos interactivos op- cionales Selección de programas	Todos los canales de datos de entrada de proceso	Análisis de cociente y divergencia.	5-1	Manual	No paramétrico y Bastacherry.	Selección del operador. Coplicaciones de Bastacherry.	50
lismo número de clasific- ción	Normalmente 3-5 segun- dos por clase	Cinta compatible para computador. Entrada salida limita- da 20 minutos en la- da por 1/8 de escena	10 Clases, 12 minutos con procesador de ar- reglo.	10 clases, 62 segun- dos línea con núm- ero de clases				10 10 10 10

	ESL IDIMS	COMITAL SERIES 5	ISI SYSTEM 470, SAND	KANDIDATI	JPL VTCAS	LARSYS	RIMEDI: SISTEMA INTERACTIVO DE MEMORIA DIGITAL
ido. do. jeo (Hard-ware).	Tabla de almacenamiento avanzado. Máximo parecido. Mínima distancia.	Paralelepípedo.	Paralelepípedo. Bayesiano. Tabla de Mapeo. No paramétrico. Implementación (circuitos/programas).	Tabla de Mapeo con vecino espacial cercano.	Bayesiano. Tabla de Mapeo paralelo. Tabla de mapeo paralelo con clasificador Bayesiano secundario. Tabla Bayesiana almacenada.	Máximo parecido para cada píxel. Clasificador de muestras por campo. Clasificador multi-imagen.	Tabla de Mapeo. Programación Opcional.
cción, pur- i con el -- lando poli-		N D		Distancia Euclidiana en el espacio de proyección.	N D	S I	S I
			Agrupamiento espacial interactivo basado en regiones homogéneas. Detección de bordes. Realce.	Fronteras para el algoritmo de Roberts y umbrales adaptivos.		Clasificación de muestras.	Realce. Detección de bordes.
definida por por venta-- ulares	SI por enmascaramiento binario, designado por el cursor o digitador manual interactivo.	SI Circuitos 1/30 seg.	Escala total o sub-reao arbitraria.		SI. sub-reaos por enmascaramiento binario.	S I	Pantalla total. Enmascaramiento lógico. Enmascaramiento binario.
rcultos y	Suma, diferencia, producto, razón.	Suma, diferencia, producto, razón funciones combinadas.	Cociente. Aritmética escalar y de arreglo. Operaciones lógicas. Funciones algebraicas.	Operaciones algebraicas	+ - * y promedio cualquier función que se describe en FORTRAN.	Cociente.	Cociente. Aritmética escalar. Operaciones Algebraicas.
carlisti los y --	Vector característico.	Vector característico.	Vector característico.	Vectores característicos por entonamiento de áreas o sobre todos los datos.	Vector característico.	Vector característico.	Vector característico.
neral (pro circuitos) eve	Karhunen-Loeve. Rotación general de ejes.		Rotación General de ejes. Karhunen-Loeve.	Karhunen-Loeve. También rotación general de ejes rápida.	Karhunen-Loeve. Rotación general de ejes.	Karhunen-Loeve.	Rotación general de ejes.
leta. orma desig- nectiva. nteractiva.	Selección Interactiva de áreas poligonales con cursor (21 subinstrucciones). Muestreo aleatorio.	Cualquier forma cuadrilátera hasta 8 activa.	Selección Interactiva vía cursor o especificación manual por vértices de polígonos diseñados por fronteras irregulares arbitrarias.	Manual sobre despliegue de área rectangular.	Cualquier forma diseñada. Vértices de polígonos (pueden ser de mapas).	Rectángulo por líneas y columna.	Píxel sencillo. Cursor.
overlancia	Matrices de covarianza Estadística Archivo editor	Matrices de covarianza	Histogramas. Matriz de covarianza implementación Hardware / Software.	Sueñizamiento Gaussiano Matriz media y varianzas por clase.	Matriz de covarianza o límites manuales de paralelepípedo.	Matriz de covarianza de campos de muestreo o resultados de grupo.	Matriz de covarianza Histograma en Hardware y en Software.
lor de des- irrecapitador -	255	4	16 255 con velocidad limitada.	Depende de la memoria disponible y la longitud de la línea.	16	30	3 o 6 Simultáneamente.
	256 en un paso.	4	256 en un paso. 8 por paso a velocidad máxima.	16	60	60	256 Clases.
l cociente cia.	S I	Manupl.	No paramétrico y poligonal.	Selección del operador. Coeficientes de Batacharyya	SI incluyendo cociente	SI, divergencia transformada	Análisis de Cociente.
12 minutos por de orpa	10 clases. 52 segundos línea con número de clases.				10 clases. 11 segundos CPU de segundos. Selección Bayesiana. 10 minutos píxeles 17 minutos.		3 - 6 segundos por clase.

DISPOSITIVOS DE ENTRADA	GE IMAGE 100	GENIUX 1001	2'S SYSTEM 101	ESL 101MS	CONTRAL SERIES 9	ISSI SYSTEM 470, S480	LANDSAT	JPL VICAR	
CÁMERA DE T.V. o EQUIVALENTE	SI, visión de 1175cm	SI, visión opcional	SI, visión	P 0	Opción de sistema esp. cto	SI, visión		Software de interfaz para barridos de rayos catódicos	Software
MICRODENSITOMETRO tambor barrador	Optronics	Optronics	Optronics	Opcional Seleccionado por el usuario	0 0	Opcional (no digitalizador de video de 8 bits de alta velocidad se incluye como una computadora estándar)			Opcional
Otros.			Perkin Elmer 1010 A puede ser usado con el sistema	Perkin-Elmer 1010 A	0 0	1 0		Software de interfaz Perkin Elmer 1010	
Cintas Digitales	LANDSAT Skylab 5197 (opcional) Larypa (opcional) IMP1 LandSat (opcional) Barrador Agros CCSB LandSat (opcional) JSC Universal (opcional)	LandSat Barrador 075 Skylab 5197 IMP1 (Brazil) MSB (20 channel stand) FBI scanner 1 (CC2 y MDT)	LANDSAT	LANDSAT Skylab 5197 Barrador de Agros	LANDSAT VICAR	LANDSAT JSC Universal Skylab 5197	LANDSAT Skylab 5197 Larypa JSC Universal	LANDSAT Skylab 5197 Banda M'S Canal 21 de NASA VICAR	Larypa LADD Agros Skylab CCSB JSC VICAR
Cintas Analógicas	Convertidor de cinta magnética a cinta con película para computadora para un barrido analógico	Opcional.	P 0		0 0	0 0	0 0	0 0	

MODE	ESL SYSTEM 101	ESL 101MS	CONTEL SERIES 9	ISI SYSTEM 470, 540	LANDSAT	JPL VICAR	LANDIS	BENEDIS
En acciones?	SI, vidicon	N O	Opción de Sistema especial	SI, vidicon		Software de interfase para servidor de re- pos catódicos	Software de interfase	Vidicon de ultra- Píctura para extra-...
	Optronics	Opcional Seleccionado por el usuario	N O	Opcional con digitaliza- dor de video de 8 bits de alta resolución se incluye como una compo- nente "plug-in"			Optronics	N O
	Perkin Elmer 1010 A puede ser usado con el sistema	Perkin-Elmer 1010 A	N O	N O		Software de interfase Perkin Elmer 1010		N O
SI 5102 5110 channel scanner SI 5011	LANDSAT	LANDSAT SkyLab 5102 Scanner de Aerografía	LANDSAT VICAR	LANDSAT JSC Universal SkyLab 5102	LANDSAT SkyLab 5102 Landsat JSC Universal	LANDSAT SkyLab 5102 Sonda RSI Canal 24 de NASA VICAR	Landsat LANDSAT Aircraft Scanner SkyLab 5102 JSC JSC Universal VICAR	LANDSAT SKYLAB
	N O		N O	N O	N O	N O	SI	N O

TABLA 4 DISPOSITIVOS DE SALIDA.	GE IMAGE 100	BENDIX MOAS	DEC SYSTEM 101	ISI 101HS	COMTAL SERICS 7	ISI SYSTEM 470, SAND	KANDIDATS
DESPLIEGUE VOLATIL							
Gráficas.	Teltronix.	S I	S I	Despliegue en niveles de gris.	SI - Opcional.	S I	N O
Despliegue de gráficas bidimensionales.	Matriz de Covariancia Agrupado. Histogramas. Perfiles de Intensidad. Salidas estadísticas - numéricas. Salidas medidas.	Tabla de : Categorización de exactitud de grupos. Separación media de rasgos espaciales. Áreas y contenidos. Matriz de covariancia Coeficientes de transformación. Agrupamiento. Histograma.	Tabla de categorización de exactitud. Histogramas (circuito y programa). Perfil de Intensidad. Perfiles de Intensidad. Gráficas de Agrupamiento.	Agrupado. Histogramas. Perfil de Intensidad. Fronte de Estrato. Digitalizadores. Dispersograma.	Histograma. Matriz de covariancia	Matriz de Covariancia Gráfica de Grupos. Dispersogramas. Tablas de otros sistemas.	Pseudo Tridimensional.
Tubo de rayos catódicos. Escala de grises o imagen en color.		Ventanas móviles 120 x 240, 3 canales, 3 bits por canal. 3 Bits por color.	Enrollado de ventanas móviles en color 512 x 512.	Imágenes de 8 Bits. Enrollado. Despliegue isométrico flexible.	512 x 512. Imágenes de 4 y 8 bits. Enrollado.	Enrollado, selección de subimágenes. Despliegue isométrico con rotación variable. Relieve. Inclinación y amplificación. Modo cine disponible -- con discos de video.	S I
Anotaciones.	SI, en varios colores.	S I	S I	SI, Color.	S I	SI limitado para el operador al manipular traslapes	N O
SALIDA EN IMPRESORA							
Impresor de Línea	Impresora Gould. Gráfica.	Impresora Gould.	S I	SI. También impresora Gráfica.	N O	Impresor electrostático Gráfico y Grabador - Laser.	Escala de grises por sobre impresión.
Felícula de alta calidad - Escala de grises o en color.	Medio tono por matriz puntada en la impresora Gould.	Optronics	Interfase.	SI tambór grabador. Interfase Software para optronics	S I	Opcional.	Interfase para color vía cinta.
Traslape.	Geométricamente corregido y escalado. Película grabada.	Geométricamente corregido y escalado.	Geométricamente corregido y escalado.	Transparencias de 8 x 10 corregidas y escaladas.		Transparencias de 8 x 10	
Papas (Gráfico) de líneas	Gráficoador Cinético.		Planeado	fuera de línea.	N O	S I	
Despliegue en fotografía.	S I	S I	S I		Opcional.		
PROCESADOR MICROPROGRAMABLE	Planeado : Procesado Espectral. Clasificación. Entrenamiento. Filtrado Espectral. Filtrado de líneas.	SI (Programa Maestro de Control)	Areglo de Procesadores para : (Clasificación supervisada. Armabistro Geométrico.	Procesador de Areglo : 1) Máxima semejanza. 2) Fourier 3) Muestreo 4) Agrupado 5) Cociente espectral	N O	SI, operaciones vectoriales, ópticas).	
COMPUTADORA	32 x palabra. 64 x palabra. 1 palabra x 2 Bytes.	Hasta 128 x palabras de memoria COR. 1 Palabra x 2 Bytes	Núcleo Mfntmo	HP 1000 Serie II. 128 x Bytes memoria principal.	P D P 11/35.	P D P 11/35, 320 palabras. 11/70 opcional. (1 Palabra x 2 bytes).	Puede ir con cualquier minicomputadora : 24 x 80 memoria principal
PROGRAMACIÓN LENGUAJE	Fortran IV (905) Pul	Fortran IV (805) Macro	Fortran IV S P L	FORTRAN IV SP (HP-1000)	MACRO II	Alto nivel.	FORTRAN
Modular.	S I	S I	S I	S I	S I	SI, uso extendido.	S I
Modo interactivo para el usuario.	Menu, interactivo	Menu, interactivo	Menu, interactivo. Comandos.	Menu. Menu. Interacción. Comando.	Comandos interactivos	Comandos interactivos.	Menu interactivo fila de comandos.
Soporte múltiple usuarios	SI, estaciones completas para el usuario.		S I	Estaciones para múltiples usuarios		Estaciones para múltiples usuarios.	
USOS ESPECIALIZADOS	Rápido en la entrada/salida para almacenamiento de datos en cinta.	Salida de tabla de área uso del suelo por área designada. Límites de imágenes digitales. Medición por vector más cercano y la resolución espacial por el vector. Clasificación digital		Appl. de datos desde un digitalizador de coordenadas de imágenes		Tres directorios de estructura para imágenes y datos.	Editor de imágenes interactivo.

S	SYSTEM 101	ESL IDIMS	COMIAL SERIES 9	ISI SYSTEM 470, SAND	HANDIDATS	JPL VICAR	LARSYS	REMEDYS
						N O	N O	S I
S I	Despliegue en niveles de gris.	SI - Opcional.	S I	N O				
	Índice de categorización exactitud. Histogramas. Logogramas (círculo y grama). Filtros de intensidad. Filtros de Agrupamiento.	Histograma. Matriz de covariancia	Matriz de Covariancia. Gráfica de Grupos. Dispersogramas. Tablas de otros sistemas.	Pseudo tridimensional.	Matriz de covariancia agrupada.	N O	Histograma. Gráfica de Grupos. Perfil de Intensidad.	
	Controlado de ventanas. Color 512 x 12.	Imágenes de 8 Bits. Enrollado. Despliegue isométrico flexible.	512 x 512. Imágenes de 4 y 8 bits. Enrollado.	Enrollado, selección de subimágenes. Despliegue isométrico con rotación variable. Relieve. Inclínación y amplificación. Modo cine disponible -- con discos de video.	S I	Color Comial. 512 x 512. 1024 x 1024. Blanco y Negro Comial. 440 x 512 Blanco y Negro RAMTEA.	SI (en programas LARS y COSMIC). NO (en terminales vía terrestre).	Enrollado de ventanas. Color. Imágenes en 4 y 8 bits.
S I	SI. Color.	S I	SI limitado para el operador al manipular traslapes	N O	S I	N O	SI - programable por cursor.	
S I	SI. También impresor Gráficoador.	N O	Impresor electrostático Gráficoador y Grabador - Laser.	Escala de grises por su bre impresión.	S I	S I	En teletipo y Declarite	
Interfase.	SI Tambor grabador. Interfase Software para optronix.	S I	Opcional.	Interfase para color vía cinta.	Interfase por programa para color.	S I	N O	
Ópticamente corregido y escalado.	Transparencias de 8 x 10. corregidas y escaladas.		Transparencias de 8 x 10		De 8 a 10 transparencias		1 Transparente.	
Lineado.	Fuera de línea.	N O	S I			S I	N O	
S I		Opcional.				Salida polarizada. Separación de alta calidad.	S I	N O
Algoritmo de Procesamiento de imágenes supervivencia. Muestreo Geométrico.	Procesador de Arreglo: 1) Máxima semejanza. 2) Fourier. 3) Remuestreo. 4) Agrupado. 5) Cociente espectral).	N O	SI, operaciones vectoriales, matriciales).		IBM 2735 - MSP para convolución.	N O	N O	
Requisito Mínimo.	HP 3000 Serie 11. 128 k bytes memoria mínima.	P D P 11/35.	P D P 11/35. 32k palabras. 11/70 opcional (1 palabra = 2 bytes).	Podría ir con cualquier minicomputador. 24 k de memoria mínima.	IBM 360/44. 128 k memoria. 360/65. 100 k core.	360/67 bajo CP 67. 500 k mínimo.	Maya 2/12 con opción de unirse a otra.	
Programa	FORTRAN IV SPL (HP-3000)	MACRO 11	Alto nivel.	FORTRAN	Fortran IV (205) Ensamblador(205)	Fortran IV (805) Sistema/(360 ensamblador (205))	Fortran IV. Basic. Algol. Assembler.	
S I	S I	S I	SI. Uso extenso.	S I	S I	S I	S I	
Operativo. Menú.	Batch. Menú. Interactivo. Comando.	Comandos Interactivos.	Comandos Interactivos.	Menú Interactivo lista de comandos.	Batch. Comando Interactivo.	Comando Interactivo.	Menú Interactivo.	
S I	Estaciones para múltiples usuarios		Estaciones para múltiples usuarios.				Con opción de múltiples usuarios, dependiendo del sistema Operativo.	
	Índice de Datos, desde un digitalizador de fotografías por tarjetas.		Tras directorios estructurados para imágenes y datos.	Editor de imágenes interactivo.	Sistema de información basada en imagen.	Disponible para operación de imágenes reales. Programa bien documentado con entrenamiento.	Ver D. López, 1979.	

OBSERVACIONES

Las tablas pueden ser actualizadas rápidamente, y cualquier otro sistema puede ser adicionado, usando el mismo formato.

Las tablas están construidas para comparar los sistemas y no para evaluarlos. (Hay muchos sistemas de procesamiento digital de imagen, y cada uno de los cuales es diferente en conceptos y operación).

La selección de un sistema debe de tomar en cuenta parámetros como rapidez, clasificación multiespectral, la flexibilidad con otras operaciones, la facilidad de comunicación con el usuario, la facilidad de escribir e incrementar nuevas funciones y el costo del mismo.

CAPITULO IV

CAPITULO IV PROGRAMAS MUESTRA

Los programas que se presentan en este Capitulo son ilustrativos de algunos de los algoritmos tratados en el Capitulo II.

Para el desarrollo de estos programas se utilizó el Sistema Interactivo de Memoria Regenerable y Despliegue del Laboratorio de Percepción Remota del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

En este Capítulo no se incluyen los programas básicos de manipulación y despliegue de imágenes (O. Lázaro, 1979).

Antecedentes.

Las últimas adiciones al Sistema Procesador de Imágenes del Instituto de Geofísica consisten en la adquisición y habilitación del Equipo que a continuación se describe :

Se han adquirido dos nuevas memorias de Video con las cuales se pueden almacenar hasta cuatro imágenes simultáneamente en el sistema de video. Así se pueden efectuar operaciones entre distintas bandas, conservando tanto las imágenes originales como la resultante (e.g., la imagen de un cociente de bandas).

Se adquirió una memoria de discos flexibles (floppy disks) que permite la generación de un sistema operativo diseñado para las necesidades y capacidades del sistema de procesamiento de -

imágenes. Tal sistema operativo es un conjunto estructurado de rutinas cuya función es controlar la secuencia de ejecución de los programas, supervisar las actividades de entrada/salida requeridas por los programas y coadyuvar al desarrollo de nuevos programas a través de funciones como ensamblar, compilar, editar y corregir.

Por lo tanto, ahora se pueden trabajar programas en FORTRAN, BASIC y ENSAMBLADOR; se manejan ya los datos masivos de imágenes LANDSAT pudiendo almacenarse/desplegarse imágenes en/diskettes.

Para poder desplegar simultáneamente las cuatro bandas - de una imagen LANDSAT o combinaciones lineales de estas, se adquirieron tres monitores más de blanco y negro. Ya que el despliegue simultáneo de varias bandas espectrales permite evaluar el contraste en reflectancias que presentan las áreas bajo estudio con respecto a las zonas circunvecinas. Además, se instaló una graficadora inteligente HP-7221A de alta resolución.

PROGRAMAS DESARROLLADOS

Los programas se han desarrollado en dos niveles de programación : 1). Programas en lenguaje ENSAMBLADOR, que efectúan la transferencia de datos para desplegar una imagen y, 2). Programas en FORTRAN, que realizan operaciones de procesamiento sobre una imagen y que usan los programas en ENSAMBLADOR para análisis visual del resultado de cada operación.

Se presenta un listado de los programas que se han terminado hasta la fecha. Los programas escritos en FORTRAN se han usado para procesar imágenes sintéticas.

Una imagen sintética se representa por una matriz con valores numéricos de niveles de gris, o caracteres alfanuméricos asociados a valores numéricos. Sobre estos valores numéricos se efectuaron las operaciones : Gradiente, Laplaciano, suavizado, reducción del número de datos y programa de transformación de la tabla de mapeo. Se incluyen ejemplos de los efectos de cada operación sobre una imagen sintética de 6 x 6 pixeles.

El criterio en la programación ha sido desarrollar módulos de programas que por sí solos ejecuten una función y que puedan ser integrados eventualmente a un programa maestro que los llame una o varias veces.

A continuación se enumeran los programas y se hace la descripción de la operación que realiza sobre la imagen :

1. Programa Simulación Tabla de Mapeo (FORTRAN)

Transforma la representación visual de una imagen cambiando el valor de nivel de gris de cada pixel en la forma prescrita por una operación de procesamiento (e.g., aumento de contraste, gradiente, etc.)

Este programa simula la tabla de mapeo. La simulación consiste en definir una matriz donde serán almacenados los valores(alfanuméricos)de los niveles de gris. Se definen las características de la tabla de mapeo (dirección y contenido), las cuales van a controlar la transformación de la imagen definida en la matriz.

Los datos de entrada son :

a). 16 Símbolos alfanuméricos que representan los niveles

les de gris del blanco al negro.

- b). Regla de transformación (ésto es : el nivel de gris al cual será transformado el carácter alfanumérico correspondiente. Estos datos son valores numéricos enteros entre cero y 16.
- c). Imagen definida por una matriz de 16 x 16 de símbolos alfanuméricos.

2. Programa REDU1/DATA (FORTRAN)

Reduce el orden de la matriz que representa una imagen - (Matriz imagen), eliminando columnas o renglones alternadamente.

Este programa reduce el número de columnas en la matriz que representa una imagen. La reducción consiste en eliminar las columnas pares o las impares, con lo cual se obtienen 2 imágenes reducidas a partir de la original. - Se presenta un ejemplo.

3. Programa REDU2/DATA (FORTRAN)

Reduce el orden de la matriz imagen, eliminando un renglón y una columna en forma alterna.

Este programa reduce la matriz que representa a una imagen, eliminando en forma alterna un renglón y una columna. La alternancia de eliminación puede ser par o impar. De tal manera se obtienen dos imágenes de la original. - Se presenta un ejemplo.

4. Programa Suavizado (FORTRAN)

Suaviza el contraste en una imagen, promediando --

subconjuntos de píxeles en la matriz imagen.

Este programa aplica un operador de nueve puntos, para -- suavizar una imagen definida por una matriz numérica por el método de promedios. Este método consiste en sumar -- los elementos adyacentes a un punto y después dividir el total de la suma entre el total de elementos, incluyendo el punto considerado. Se incluye un ejemplo.

5. Programa Gradiente. (FORTRAN)

Aplica un operador gradiente a una matriz imagen para enfatizar discontinuidades en tonalidad.

Este programa aplica el operador gradiente a una imagen - definida por una matriz numérica. El operador gradiente calcula las variaciones horizontales y verticales de los niveles de gris en una imagen. El propósito del operador gradiente consiste en realzar rasgos lineales en una imagen. Se presenta un ejemplo : En este caso el operador gradiente es de distancia 1 y es modificable.

6. Programa Laplaciano (FORTRAN)

Aplica un operador Laplaciano para realzar el contenido - de textura en una matriz imagen.

Este programa aplica el operador Laplaciano a una imagen --- definida por una matriz numérica. El propósito del operador Laplaciano consiste en realzar contornos en una imagen. Se presenta un ejemplo : En este caso el operador - Laplaciano es de distancia 1 y es modificable.

7. Programa Realce de Contraste (ENSAMBLADOR)

Realza el contraste de una imagen mediante una expansión de escala de nivel de gris.

Este programa sirve para realzar el contraste de niveles de gris contenidos en una imagen almacenada en un marco de video del sistema REMEDYS. Consiste en restar una constante a todos los niveles de gris. Después de la resta, los niveles restantes se multiplican por una constante para expanderlos a los 256 niveles de gris disponibles en un marco de memoria.

8. Programa Negativo (ENSAMBLADOR)

Obtiene el negativo o positivo (visual) de una imagen.

Este programa sirve para obtener el negativo de una imagen contenida en un marco de video. El programa está escrito en Ensamblador.

El contenido de las localidades al inicio de una corrida debe ser :

LOCALIDAD	CONTENIDO
216	2777
240	3500
242	400
224	6200
241	400

9. Programa XFER MEMO-DKP (ENSAMBLADOR)

Transfiere información (imágenes) contenidas en un área - específica de un diskette (drives ϕ o 1) a un intervalo de localidades de la memoria de la computadora NOVA 3. La transferencia se hace vfa DATA CHANNEL mediante procesos de lectura-escritura.

Este programa transfiere información de un diskette a la - memoria de la computadora cuando dicha información tiene que estar organizada en una manera particular. Un caso en el cual se aplica esto, consiste en transferir un fragmento de imagen. Los tonos de gris almacenados en un diskette deben ser transferidos de manera que mantengan la misma relación espacial que tenían antes de ser almacenados en diskette. La transferencia se hace vfa Canal de Datos (Data Channel), mediante procesos de lectura/escritura. (O. Lázaro, 1979).

Un diskette está estructurado de la siguiente manera. El diskette está dividido en 77 cilindros (anillos concéntricos) cada uno de los cuales consta de ocho sectores de 256 palabras - cada uno.

El máximo número de sectores que pueden transferirse en - una operación de lectura/escritura es ocho. Esto es, un cilindro y equivale a ocho líneas de una imagen. El sector de inicio, el número de sectores a transferir, la localización en diskette de los sectores de interés y demás información pertinente se le proporciona al programa siguiendo un método de codificación como se muestra en los anexos del listado del programa. En estos anexos puede verse la estructura de los Diskettes.

10. Programa XFER Memoria de Video-Diskette (ENSAMBLADOR)

Este programa sirve para almacenar imágenes contenidas en un marco de video en un diskette y viceversa.

11. Programa HP-Plotter.

Controla la graficadora Hewlett-Packard.

El programa HP-PLOTTER es en sí un programa maestro conteniendo todos los programas necesarios para un paquete completo de gráficas. Sin embargo, es posible supeditar el programa HP-PLOTTER a cualquier programa o sistema de manera que los resultados del segundo sean desplegados gráficamente.

La estructura de HP-PLOTTER es también modular, permitiendo así la incorporación de nuevos subprogramas que aumenten la capacidad y sofisticación de graficado del programa maestro. A la fecha ya se han desarrollado e integrado un número de funciones esenciales para la elaboración de gráficas. Estas funciones incluyen encender y apagar la graficadora, seleccionar el color de pluma, subir y bajar esta, mover la pluma a una posición inicial, dibujar de un punto a otro, rotular ejes y trazar arcos. En el Apéndice D se incluye un listado del estado actual del programa HP-PLOTTER.

LISTADOS DE PROGRAMAS MUESTRA


```

100  C# *****
110  C# ESTE PROGRAMA LEERÁ LA TABLA DE NIVEL, LA CUAL
120  C# DEBE CONSTAR EN DEFINIR UNA MATRIZ BUENA DONDE
130  C# SE ENCONTRARÁN LOS NIVEL NUMERICOS DE LOS
140  C# NIVELES DE CRIS, DE RETENER LAS CARACTERISTICAS
150  C# DE LA TABLA DE DIRECCION, Y CONTENDRÁN LAS
160  C# CUALES VAN CONTROLAR LA TRANSFORMACION DE LA
170  C# LONGITUD DEL ENTRAR EN LA MATRIZ.
180  C# LOS DATOS DE ENTRADA SON:
190  C#      A) LOS SÍMBOLOS ALFANUMERICOS QUE REPRESENTAN
200  C#      LOS NIVELES DE CRIS DEL DEARO DE REGRO.
210  C#      B) REGLA DE TRANSFORMACION ESTO NIVEL DE
220  C#      CRIS AL CUAL SERA TRANSFORMADO EL CARACTER
230  C#      ALFANUMERICO CORRESPONDIENTE.
240  C#      C) ESTOS DATOS SON VALORES NUMERICOS ENTEROS
250  C#      ENTRE 0 Y 15.
260  C#      C) IMAGEN DEFINIDA POR UNA MATRIZ DE 16X16 DE
270  C#      SÍMBOLOS ALFANUMERICOS.
280  C# *****
290  DIMENSION NV(16,16),TH(16),L(16)
300  COMMON NV,TH,L
310  CALL LEE
320  PRINT 100
330  CALL IMPR
340  CALL TINGO
350  PRINT 200
360  CALL LINGO
370  STOP
380  100 FORMAT(16X,"IMAGEN ANTES DE LA TRANSFORMACION")
390  200 FORMAT(16X,"IMAGEN DESPUES DE LA TRANSFORMACION")
400  END
410  SUBROUTINE LEE
420  DIMENSION NV(16,16),TH(16),L(16)
430  COMMON NV,TH,L
440  DIMENSION CH(16)
450  READ (5,100) L
460  DO 7 I=1,16
470  READ (5,100)CH
480  DO 8 J=1,16
490  DO 9 K=1,16

```

```
4100 IF(CH(J).EQ(L(K)) MV(I,J)=K
4200 4 CONTINUE
4300 5 CONTINUE
4400 REAR(5,200) TH
4500 RETURN
4600 100 FORMAT(16A1)
4700 200 FORMAT (16I2)
4800 END
4900 SUBROUTINE THNS
5000 DIMENSION MV(16,16),TH(16),L(16)
5100 COMMON MV,TH,L
5200 DO 3 I=1,16
5300 DO 3 J=1,16
5400 MV(I,J)=TH(MV(I,J))
5500 5 CONTINUE
5600 RETURN
5700 END
5800 SUBROUTINE IMPRE
5900 DIMENSION MV(16,16),TH(16),L(16)
6000 COMMON MV,TH,L
6100 DO 10 I=1,16
6200 WRITE(6,100) (L(MV(I,J)),J=1,16)
6300 10 CONTINUE
6400 100 FORMAT (2X,16A1)
6500 RETURN
6600 END
```


IMAGEN ANTES DE LA TRANSFORMACION

```

QQQQQQQQQQQQQQQQ
EEEEEEEEEEEEERRRR
YYYYYYYYYYYYFFFFF
SSSSSSSSSSSSSSSF
YYYYYYYYYYYYUUU
IIIIIIIIIIIGGGG
WWWWWWWWWWWWWSSG
WWWWWWWWWWYYYYFF
PPPPPPPPFOOOOOOT
RRRRRRRRRTTTTTA
WWWWWWWWIIIIFFS
TTTTTTTTTTTTTTGG
OOOOOOOOOOOHHHH
DDDDDDDDDDDEEEE
FFFFFFFFFFFFEET
YUUUUUUUUIGGGFF

```

IMAGEN DESPUES DE LA TRANSFORMACION

```

OOOOOOOOOOOOOOO
AAAAAAAANAAAASSS
SSSSSSSSSFSSSSS
PPPPPPPPPPPPPPA
SSSSSSSSSSSSSSO
UUUUUUUUUUUUUUU
PPPPPPPPPPPPPPG
PPPPPPPPPPPPSSS
UUUUUUUUUUUUUUU
SSSSSSSSSSSSSSO
PPPPPPPPUUUUUSSP
DDDDDDDDDDDDDDO
DDDDDDDDDDDDDDO
AAAAAAAANAAAASSS
SSSSSSSSSSSSSSA
SUUUUUUUUUUUUUU
#ET-5:16.3 FT-0,0 10-0,2

```

```

100 C* *****
200 C* ESTE PROGRAMA REDUCE EL NUMERO DE COLUMNAS EN
300 C* LA MATRIZ QUE REPRESENTA UNA IMAGEN .LA REDUCCION
400 C* CONSISTE EN ELIMINAR LAS COLUMNAS PARES O LAS
500 C* IMPARES, CON LO CUAL SE OBTIENEN 2 IMAGENES
600 C* REDUCIDAS A PARTIR DE LA ORIGINAL. SE PRESENTA UN
700 C* UN EJEMPLO.
800 C* *****
900 DIMENSION A(16,16),A1(16,16),A2(16,16)
1000 30 READ (7,3) N70
1100 2 FORMAT (2I2)
1200 IF(N) 3,4,5
1300 3 CALL EXIT
1400 4 DO 10 I=1,N
1500 READ(5,5) (A(I,J),J=1,N)
1600 10 CONTINUE
1700 5 FORMAT(16I2)
1800 DO 12 I=1,N
1900 DO 12 J=1,N/2

2000 A1(I,J)=A(I,J)
2100 12 CONTINUE
2200 DO 13 I=1,N
2300 DO 13 J=2,N/2
2400 A2(I,J)=A(I,2J)
2500 13 CONTINUE
2600 WRITE(6,13)
2700 23 FORMAT (15X,"IMAGEN ORIGINAL")
2800 DO 14 I=1,N
2900 14 WRITE(6,15) (A1(I,J),J=1,N)
3000 15 FORMAT (15X,16F6,0)
3100 WRITE(6,22)
3200 22 FORMAT(15X,"IMAGEN REDUCCION IMPAR")
3300 DO 16 I=1,N
3400 16 WRITE(6,15) (A1(I,J),J=1,N/2)
3500 WRITE (6,27)
3600 27 FORMAT(15X,"IMAGEN REDUCIDA PAR")
3700 DO 17 I=1,N
3800 17 WRITE(6,15) (A2(I,J),J=2,N/2)

3900 CALL EXIT
4000 END

```

RUN

73

#WAITING FOR AVAILABLE TASK
#RUNNING 4223
#T

DATOS:

0606 ORDEN DE LA MATRIZ

160114021503 ELEMENTOS DE LA MATRIZ
021403140113
120413001806
071608160711
140715061604
101213041207

	IMAGEN ORIGINAL					
16.	1.	14.	2.	15.	3.	
2.	14.	3.	14.	1.	13.	
12.	4.	13.	5.	16.	6.	
7.	16.	8.	16.	7.	11.	
14.	1.	15.	6.	16.	4.	
10.	12.	13.	4.	12.	7.	
	IMAGEN REDUCIDA IMPAR					
16.	14.	15.				
2.	3.	1.				
12.	13.	16.				
7.	6.	7.				
14.	15.	16.				
10.	13.	12.				
	IMAGEN REDUCIDA PAR					
1.	2.	3.				
14.	14.	13.				
4.	5.	6.				
16.	16.	11.				
1.	6.	4.				
12.	4.	7.				

NET-6126,9 FT-0.6 IO-0.3

```

100 C* *****
200 C* ESTE PROGRAMA REDUCE LA MATRIZ QUE REPRESENTA A
300 C* UNA IMAGEN ELIMINANDO EN FORMA ALTERNADA UN RENDON
400 C* Y UNA COLUMNA, LA ALTERNANCIA DE ELIMINACION PUEDE
500 C* SER PAR O IMPAR, DE TAL MANERA SE OBTIENEN DOS
600 C* IMAGENES DE LA ORIGINAL.
700 C* SE PRESENTA UN EJEMPLO.
800 C* *****
900 DIMENSION A(16,16),A1(16,16),A2(16,16)
1000 10 READ (5,2) N,H
1100 2 FORMAT (2I2)
1200 IF(N) 3,4,4
1300 3 CALL EXIT
1400 4 DO 10 I=1,H
1500 READ(5,5) (A(I,J),J=1,H)
1600 10 CONTINUE
1700 5 FORMAT (16I2)
1800 60 12 I=1,H//2
1900 60 12 J=1,H//2

2000 A1(I,J)=A(I,J)
2100 12 CONTINUE
2200 60 13 I=2,H//2
2300 60 13 J=2,H//2
2400 A2(I,J)=A(I,J)
2500 13 CONTINUE
2600 WRITE(6,23)
2700 23 FORMAT (10X,"IMAGEN ORIGINAL")
2800 60 14 I=1,H
2900 14 WRITE(6,13) (A(I,J),J=1,H)
3000 15 FORMAT (3X,16F5.0)
3100 WRITE(6,22)
3200 22 FORMAT(10X,"IMAGEN REDUCIDA IMPAR")
3300 60 16 I=1,H//2
3400 16 WRITE(6,13) (A1(I,J),J=1,H//2)
3500 WRITE (6,27)
3600 27 FORMAT(10X,"IMAGEN REDUCIDA PAR")
3700 60 17 I=2,H//2
3800 17 WRITE(6,13) (A2(I,J),J=2,H//2)

3900 CALL EXIT
4000 END

```

RUN
#RUNNING 4262
#T

DATOS:

0606 ORDEN DE LA MATRIZ

160114021503 ELEMENTOS DE LA MATRIZ
021403140113
120413051606
071606160911
140115041604
160213041207

IMAGEN ORIGINAL					
16.	1.	15.	2.	13.	3.
2.	14.	3.	14.	1.	13.
12.	4.	13.	5.	13.	6.
7.	13.	8.	16.	7.	11.
14.	1.	15.	6.	16.	4.
10.	12.	13.	4.	10.	7.
IMAGEN REDUCIDA IHPAR					
16.	14.	13.			
12.	13.	15.			
14.	15.	16.			
IMAGEN REDUCIDA PAR					
14.	14.	13.			
16.	16.	11.			
12.	4.	7.			

#ET-2112.1 PT-0.4 ID-0.2


```

100 C* *****
200 C* ESTE PROGRAMA APLICA UN OPERADOR DE NUEVE PUNTOS
300 C* PARA SUAVIZAR UNA IMAGEN DEFINIDA POR UNA MATRIZ NUMERICA
400 C* POR EL METODO DE PROMEDIOS. ESTE METODO CONSISTE
500 C* EN SUMAR LOS ELEMENTOS ADYACENTES A UN
600 C* PUNTO Y DESPUES DIVIDIR EL TOTAL DE LA SUMA
700 C* ENTRE EL TOTAL DE ELEMENTOS, INCLUYENDO EL PUNTO
800 C* CONSIDERADO. SE INCLUYE UN EJEMPLO.
900 C* *****
1000 DIMENSIONA(16,16),SUA(16,16)
1100 20 READ (5,2) N,M
1200 2 FORMAT (2I2)
1300 IF(N) 3,4,4
1400 3 CALL EXIT
1500 4 DO 10 I=1,N
1600 READ(5,5) (A(I,J),J=1,M)
1700 10 CONTINUE
1800 5 FORMAT (16I2)
1900 DO 13 I=2,N-1

2000 DO 13 J=2,M-1
2100 SUA(I,J)=0.111*(A(I-1,J-1)+A(I-1,J)+A(I-1,J+1)
2200 +A(I,J-1)+A(I,J)+A(I,J+1)+A(I+1,J-1)+A(I+1,J)+A(I+1,J+1))
2300 13 CONTINUE
2400 WRITE(6,23)
2500 23 FORMAT (15X,'IMAGEN ORIGINAL')
2600 DO 14 I=1,N
2700 14 WRITE(6,15) (A(I,J),J=1,M)
2800 15 FORMAT (5X,16F8.0)
2900 WRITE(6,22)
3000 22 FORMAT(15X,'SUAVIZADO DE LA IMAGEN ORIGINAL')
3100 DO 16 I=1,N
3200 16 WRITE(6,15) (SUA(I,J),J=1,M)
3300 CALL EXIT
3400 END

```

RUN

77

WAITING FOR AVAILABLE TASK
RUNNING 4161
IT

DATOS:

0606 ORDEN DE LA MATRIZ

160114021003 ELEMENTOS DE LA MATRIZ
021403140113
120413031808
071808160911
140115081804
101213041207

IMAGEN ORIGINAL					
16.	1.	14.	2.	15.	3.
2.	14.	5.	14.	1.	13.
12.	4.	13.	5.	13.	6.
7.	16.	8.	16.	9.	11.
14.	1.	15.	6.	16.	4.
10.	12.	13.	4.	12.	7.
SUAVIZADO DE LA IMAGEN ORIGINAL					
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	7.	8.	7.	8.	0.
0.	7.	10.	7.	10.	0.
0.	10.	7.	12.	10.	0.
0.	11.	10.	11.	7.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.

```

100 C* *****
200 C* ESTE PROGRAMA APLICA EL OPERADOR GRADIENTE A UNA
300 C* IMAGEN DEFINIDA POR UNA MATRIZ NUMERICA. EL OPERADOR
400 C* GRADIENTE CALCULA LAS VARIACIONES HORIZONTALES Y VERTICALES
500 C* DE LOS NIVELES DE GRIS EN UNA IMAGEN. EL PROPOSITO DEL OPERADOR
600 C* GRADIENTE CONSISTE EN REALIZAR RASGOS LINEALES EN UNA
700 C* IMAGEN. SE PRESENTA UN EJEMPLO : EN ESTE CASO EL OPERADOR
800 C* GRADIENTE ES DE DISTANCIA 1 Y ES MODIFICABLE.
900 C* *****
1000 DIMENSION A(16,16),GRAD(16,16)
1100 20 READ (5,2) N,M
1200 2 FORMAT (2I2)
1300 IF(N) 3,4,4
1400 3 CALL EXIT
1500 4 DO 10 I=1,N
1600 READ(5,5) (A(I,J),J=1,M)
1700 10 CONTINUE
1800 5 FORMAT (16F6.0)
1900 DO 13 I=2,N-1
2000 DO 13 J=2,M-1
2100 GRAD(I,J)=ABS(A(I-1,J)-A(I+1,J))+ABS(A(I-1,J+1))-A(I+1,J-1)+
2200 ABS(A(I+1,J)+A(I+1,J+1))-ABS(A(I-1,J-1)+A(I,J-1)+A(I+1,
2300 *(A(I-1,J+1)+A(I,J+1)+A(I+1,J+1)))
2400 13 CONTINUE
2500 WRITE(6,23)
2600 23 FORMAT (20X,'IMAGEN ORIGINAL')
2700 DO 14 I=1,N
2800 14 WRITE(6,15) (A(I,J),J=1,M)
2900 15 FORMAT (5X,10F6.0)
3000 WRITE(6,22)
3100 22 FORMAT (10X,'GRADIENTE DE LA IMAGEN ORIGINAL')
3200 DO 16 I=1,N
3300 16 WRITE(6,16) (GRAD(I,J),J=1,M)
3400 CALL EXIT
3500 END

```

#RUNNING 4114
#T

DATOS:

0606 ORDEN DE LA MATRIZ

100114021503-	ELEMENTOS DE LA MATRIZ
021402150113	
120-13001505	
071508160911	
190115061604	
101215041207	

	IMAGEN ORIGINAL					
16.	1.	14.	2.	15.	3.	
2.	14.	5.	15.	1.	13.	
12.	4.	13.	5.	16.	6.	
7.	16.	6.	16.	9.	11.	
14.	1.	15.	6.	16.	4.	
10.	12.	13.	4.	12.	7.	
	GRADIENTE DE LA IMAGEN ORIGINAL					
0.	0.	0.	0.	0.	0.	
0.	2.	2.	1.	7.	0.	
0.	7.	6.	12.	1.	0.	
0.	-2.	-6.	2.	-5.	0.	
0.	1.	0.	3.	7.	0.	
0.	0.	0.	0.	0.	0.	

DET-2134,9 FT-0,7 10-0,4

```

100 00 *****
200 00 ESTE PROGRAMA SE LEE EL OPERADOR LUGARIANO A UNA
300 00 IMAGEN DE ENTRADA POR UNA MATRIZ AERIANA; EL PROPOSITO
400 00 DEL OPERADOR LUGARIANO CONSISTE EN REEMPLAZAR CONTORNOS
500 00 EN UNA IMAGEN DE PRESENTA DE ENTRADA EN ESTE CASO EL
600 00 OPERADOR LUGARIANO ES DE DISTINTA I Y ES MODIFICABLE.
700 00 *****
800 00 DIMENSION N(10)I(3)Y(10)
900 20 READ (5)I,N
1000 30 FORMAT (2I)
1100 10(1) 3Y(1)
1200 30 CALL EXIT
1300 40 DO 10 I=1,N
1400 READ(10)Y(I)
1500 10 CONTINUE
1600 50 FORMAT(10I)
1700 60 10 1-2Y(1)
1800 60 10 3-2Y(1)
1900 LP(I,J)=X(I)Y(J)+I*(J-1)+I*(J-1)*(J-1)-(4.80(I+J))

2000 10 CONTINUE
2100 WRITE(6)Z
2200 10 FORMAT (10I) 'IMAGEN ORIGINAL'
2300 60 10 1-2Y(1)
2400 10 WRITE(6)Y(I) 'Y(I) Y(J) Y(I) Y(J)'
2500 10 FORMAT(10I)
2600 WRITE(6)Z
2700 22 FORMAT (10I) 'OPERACION DE LA IMAGEN ORIGINAL'
2800 60 10 1-2Y(1)
2900 10 WRITE(6)Y(I) 'Y(I) Y(J) Y(I) Y(J)'
3000 CALL EXIT
3100 END

```

RUB
FRONTERO 1307
#1

DATOS:

0306
ORDEN DE LA MATRIZ

130113021303
021303130113
120413051306
071308130911
140113081304
101213041

ELEMENTOS DE LA MATRIZ

	ORDEN ORIGINAL				
10.	1.	13.	2.	15.	3.
2.	14.	3.	17.	4.	13.
12.	5.	13.	7.	16.	6.
7.	16.	8.	16.	7.	11.
14.	1.	17.	6.	13.	4.
10.	13.	13.	1.	15.	7.
	EFFECTIVO DE LA MATRIZ ORIGINAL				
0.	0.	3.	0.	0.	0.
0.	-45.	11.	-17.	25.	0.
0.	39.	-32.	-10.	-13.	0.
0.	-44.	33.	-16.	21.	0.
0.	53.	-32.	-27.	33.	0.
0.	0.	3.	0.	0.	0.

RET-1155.5 PT-0.3 10-0.2

```

100 *****
109 EL DE PROGRAMAR SERVE PARA REALIZAR EL CONTROL DE
110 NIVELES DE GRIS CONTROLADO EN UN TIPO DE GRIS
120 NADA EN UN NIVEL DE VIDEO DEL SISTEMA TELEVISIVO
130 CONSISTE EN RESTAR UNA CONSTANTE A TODOS LOS
140 NIVELES DE GRIS . DESPUES DE LO RESTO LOS TIENE
150 LOS RESTANOS DE MULTIPLICAR POR UNA CONSTANTE PARA
160 EXPANDERLOS A LOS 100 NIVELES DE GRIS DESTINADOS
170 EN UN NIVEL DE VIDEO
180 *****
190          LDA      2000          DIRECCION DE INICIO
200          LDA      2001          (K) CONSTANTE DE MULTIPLICACION)
210          LDA      2002          DIRECCION DE INICIO TABLA MAPEO
220          LDA      2003          (K1) CONSTANTE DE SUBSTRACCION
230          LDA      2004          (K2) (3/7 MAXIMO NIVEL DE GRIS)
240          LDA      2005          (K3) (3/7) CONSTANTE DE SUBSTRACCION
250          LDA      2006          (K4) (K1) (K2)
260          LDA      2007          (K5) (K3) (K4)
270          LDA      2008          (K6) (K5) (K6)
280          LDA      2009          (K7) (K7)
290          LDA      2010          (K8) (K8)
300          LDA      2011          (K9) (K9)
310          LDA      2012          (K10) (K10)
320          LDA      2013          (K11) (K11)
330          LDA      2014          (K12) (K12)
340          LDA      2015          (K13) (K13)
350          LDA      2016          (K14) (K14)
360          LDA      2017          (K15) (K15)
370          LDA      2018          (K16) (K16)
380          LDA      2019          (K17) (K17)
390          LDA      2020          (K18) (K18)
400          LDA      2021          (K19) (K19)
410          LDA      2022          (K20) (K20)
420          LDA      2023          (K21) (K21)
430          LDA      2024          (K22) (K22)
440          LDA      2025          (K23) (K23)
450          LDA      2026          (K24) (K24)
460          LDA      2027          (K25) (K25)
470          LDA      2028          (K26) (K26)
480          LDA      2029          (K27) (K27)
490          LDA      2030          (K28) (K28)
500          LDA      2031          (K29) (K29)
510          LDA      2032          (K30) (K30)
520          LDA      2033          (K31) (K31)
530          LDA      2034          (K32) (K32)
540          LDA      2035          (K33) (K33)
550          LDA      2036          (K34) (K34)
560          LDA      2037          (K35) (K35)
570          LDA      2038          (K36) (K36)
580          LDA      2039          (K37) (K37)
590          LDA      2040          (K38) (K38)
600          LDA      2041          (K39) (K39)
610          LDA      2042          (K40) (K40)
620          LDA      2043          (K41) (K41)
630          LDA      2044          (K42) (K42)
640          LDA      2045          (K43) (K43)
650          LDA      2046          (K44) (K44)
660          LDA      2047          (K45) (K45)
670          LDA      2048          (K46) (K46)
680          LDA      2049          (K47) (K47)
690          LDA      2050          (K48) (K48)
700          LDA      2051          (K49) (K49)
710          LDA      2052          (K50) (K50)
720          LDA      2053          (K51) (K51)
730          LDA      2054          (K52) (K52)
740          LDA      2055          (K53) (K53)
750          LDA      2056          (K54) (K54)
760          LDA      2057          (K55) (K55)
770          LDA      2058          (K56) (K56)
780          LDA      2059          (K57) (K57)
790          LDA      2060          (K58) (K58)
800          LDA      2061          (K59) (K59)
810          LDA      2062          (K60) (K60)
820          LDA      2063          (K61) (K61)
830          LDA      2064          (K62) (K62)
840          LDA      2065          (K63) (K63)
850          LDA      2066          (K64) (K64)
860          LDA      2067          (K65) (K65)
870          LDA      2068          (K66) (K66)
880          LDA      2069          (K67) (K67)
890          LDA      2070          (K68) (K68)
900          LDA      2071          (K69) (K69)
910          LDA      2072          (K70) (K70)
920          LDA      2073          (K71) (K71)
930          LDA      2074          (K72) (K72)
940          LDA      2075          (K73) (K73)
950          LDA      2076          (K74) (K74)
960          LDA      2077          (K75) (K75)
970          LDA      2078          (K76) (K76)
980          LDA      2079          (K77) (K77)
990          LDA      2080          (K78) (K78)
1000         LDA      2081          (K79) (K79)
1010         LDA      2082          (K80) (K80)
1020         LDA      2083          (K81) (K81)
1030         LDA      2084          (K82) (K82)
1040         LDA      2085          (K83) (K83)
1050         LDA      2086          (K84) (K84)
1060         LDA      2087          (K85) (K85)
1070         LDA      2088          (K86) (K86)
1080         LDA      2089          (K87) (K87)
1090         LDA      2090          (K88) (K88)
1100         LDA      2091          (K89) (K89)
1110         LDA      2092          (K90) (K90)
1120         LDA      2093          (K91) (K91)
1130         LDA      2094          (K92) (K92)
1140         LDA      2095          (K93) (K93)
1150         LDA      2096          (K94) (K94)
1160         LDA      2097          (K95) (K95)
1170         LDA      2098          (K96) (K96)
1180         LDA      2099          (K97) (K97)
1190         LDA      2100          (K98) (K98)
1200         LDA      2101          (K99) (K99)
1210         LDA      2102          (K100) (K100)
1220         LDA      2103          (K101) (K101)
1230         LDA      2104          (K102) (K102)
1240         LDA      2105          (K103) (K103)
1250         LDA      2106          (K104) (K104)
1260         LDA      2107          (K105) (K105)
1270         LDA      2108          (K106) (K106)
1280         LDA      2109          (K107) (K107)
1290         LDA      2110          (K108) (K108)
1300         LDA      2111          (K109) (K109)
1310         LDA      2112          (K110) (K110)
1320         LDA      2113          (K111) (K111)
1330         LDA      2114          (K112) (K112)
1340         LDA      2115          (K113) (K113)
1350         LDA      2116          (K114) (K114)
1360         LDA      2117          (K115) (K115)
1370         LDA      2118          (K116) (K116)
1380         LDA      2119          (K117) (K117)
1390         LDA      2120          (K118) (K118)
1400         LDA      2121          (K119) (K119)
1410         LDA      2122          (K120) (K120)
1420         LDA      2123          (K121) (K121)
1430         LDA      2124          (K122) (K122)
1440         LDA      2125          (K123) (K123)
1450         LDA      2126          (K124) (K124)
1460         LDA      2127          (K125) (K125)
1470         LDA      2128          (K126) (K126)
1480         LDA      2129          (K127) (K127)
1490         LDA      2130          (K128) (K128)
1500         LDA      2131          (K129) (K129)
1510         LDA      2132          (K130) (K130)
1520         LDA      2133          (K131) (K131)
1530         LDA      2134          (K132) (K132)
1540         LDA      2135          (K133) (K133)
1550         LDA      2136          (K134) (K134)
1560         LDA      2137          (K135) (K135)
1570         LDA      2138          (K136) (K136)
1580         LDA      2139          (K137) (K137)
1590         LDA      2140          (K138) (K138)
1600         LDA      2141          (K139) (K139)
1610         LDA      2142          (K140) (K140)
1620         LDA      2143          (K141) (K141)
1630         LDA      2144          (K142) (K142)
1640         LDA      2145          (K143) (K143)
1650         LDA      2146          (K144) (K144)
1660         LDA      2147          (K145) (K145)
1670         LDA      2148          (K146) (K146)
1680         LDA      2149          (K147) (K147)
1690         LDA      2150          (K148) (K148)
1700         LDA      2151          (K149) (K149)
1710         LDA      2152          (K150) (K150)
1720         LDA      2153          (K151) (K151)
1730         LDA      2154          (K152) (K152)
1740         LDA      2155          (K153) (K153)
1750         LDA      2156          (K154) (K154)
1760         LDA      2157          (K155) (K155)
1770         LDA      2158          (K156) (K156)
1780         LDA      2159          (K157) (K157)
1790         LDA      2160          (K158) (K158)
1800         LDA      2161          (K159) (K159)
1810         LDA      2162          (K160) (K160)
1820         LDA      2163          (K161) (K161)
1830         LDA      2164          (K162) (K162)
1840         LDA      2165          (K163) (K163)
1850         LDA      2166          (K164) (K164)
1860         LDA      2167          (K165) (K165)
1870         LDA      2168          (K166) (K166)
1880         LDA      2169          (K167) (K167)
1890         LDA      2170          (K168) (K168)
1900         LDA      2171          (K169) (K169)
1910         LDA      2172          (K170) (K170)
1920         LDA      2173          (K171) (K171)
1930         LDA      2174          (K172) (K172)
1940         LDA      2175          (K173) (K173)
1950         LDA      2176          (K174) (K174)
1960         LDA      2177          (K175) (K175)
1970         LDA      2178          (K176) (K176)
1980         LDA      2179          (K177) (K177)
1990         LDA      2180          (K178) (K178)
2000         LDA      2181          (K179) (K179)
2010         LDA      2182          (K180) (K180)
2020         LDA      2183          (K181) (K181)
2030         LDA      2184          (K182) (K182)
2040         LDA      2185          (K183) (K183)
2050         LDA      2186          (K184) (K184)
2060         LDA      2187          (K185) (K185)
2070         LDA      2188          (K186) (K186)
2080         LDA      2189          (K187) (K187)
2090         LDA      2190          (K188) (K188)
2100         LDA      2191          (K189) (K189)
2110         LDA      2192          (K190) (K190)
2120         LDA      2193          (K191) (K191)
2130         LDA      2194          (K192) (K192)
2140         LDA      2195          (K193) (K193)
2150         LDA      2196          (K194) (K194)
2160         LDA      2197          (K195) (K195)
2170         LDA      2198          (K196) (K196)
2180         LDA      2199          (K197) (K197)
2190         LDA      2200          (K198) (K198)
2200         LDA      2201          (K199) (K199)
2210         LDA      2202          (K200) (K200)
2220         LDA      2203          (K201) (K201)
2230         LDA      2204          (K202) (K202)
2240         LDA      2205          (K203) (K203)
2250         LDA      2206          (K204) (K204)
2260         LDA      2207          (K205) (K205)
2270         LDA      2208          (K206) (K206)
2280         LDA      2209          (K207) (K207)
2290         LDA      2210          (K208) (K208)
2300         LDA      2211          (K209) (K209)
2310         LDA      2212          (K210) (K210)
2320         LDA      2213          (K211) (K211)
2330         LDA      2214          (K212) (K212)
2340         LDA      2215          (K213) (K213)
2350         LDA      2216          (K214) (K214)
2360         LDA      2217          (K215) (K215)
2370         LDA      2218          (K216) (K216)
2380         LDA      2219          (K217) (K217)
2390         LDA      2220          (K218) (K218)
2400         LDA      2221          (K219) (K219)
2410         LDA      2222          (K220) (K220)
2420         LDA      2223          (K221) (K221)
2430         LDA      2224          (K222) (K222)
2440         LDA      2225          (K223) (K223)
2450         LDA      2226          (K224) (K224)
2460         LDA      2227          (K225) (K225)
2470         LDA      2228          (K226) (K226)
2480         LDA      2229          (K227) (K227)
2490         LDA      2230          (K228) (K228)
2500         LDA      2231          (K229) (K229)
2510         LDA      2232          (K230) (K230)
2520         LDA      2233          (K231) (K231)
2530         LDA      2234          (K232) (K232)
2540         LDA      2235          (K233) (K233)
2550         LDA      2236          (K234) (K234)
2560         LDA      2237          (K235) (K235)
2570         LDA      2238          (K236) (K236)
2580         LDA      2239          (K237) (K237)
2590         LDA      2240          (K238) (K238)
2600         LDA      2241          (K239) (K239)
2610         LDA      2242          (K240) (K240)
2620         LDA      2243          (K241) (K241)
2630         LDA      2244          (K242) (K242)
2640         LDA      2245          (K243) (K243)
2650         LDA      2246          (K244) (K244)
2660         LDA      2247          (K245) (K245)
2670         LDA      2248          (K246) (K246)
2680         LDA      2249          (K247) (K247)
2690         LDA      2250          (K248) (K248)
2700         LDA      2251          (K249) (K249)
2710         LDA      2252          (K250) (K250)
2720         LDA      2253          (K251) (K251)
2730         LDA      2254          (K252) (K252)
2740         LDA      2255          (K253) (K253)
2750         LDA      2256          (K254) (K254)
2760         LDA      2257          (K255) (K255)
2770         LDA      2258          (K256) (K256)
2780         LDA      2259          (K257) (K257)
2790         LDA      2260          (K258) (K258)
2800         LDA      2261          (K259) (K259)
2810         LDA      2262          (K260) (K260)
2820         LDA      2263          (K261) (K261)
2830         LDA      2264          (K262) (K262)
2840         LDA      2265          (K263) (K263)
2850         LDA      2266          (K264) (K264)
2860         LDA      2267          (K265) (K265)
2870         LDA      2268          (K266) (K266)
2880         LDA      2269          (K267) (K267)
2890         LDA      2270          (K268) (K268)
2900         LDA      2271          (K269) (K269)
2910         LDA      2272          (K270) (K270)
2920         LDA      2273          (K271) (K271)
2930         LDA      2274          (K272) (K272)
2940         LDA      2275          (K273) (K273)
2950         LDA      2276          (K274) (K274)
2960         LDA      2277          (K275) (K275)
2970         LDA      2278          (K276) (K276)
2980         LDA      2279          (K277) (K277)
2990         LDA      2280          (K278) (K278)
3000         LDA      2281          (K279) (K279)
3010         LDA      2282          (K280) (K280)
3020         LDA      2283          (K281) (K281)
3030         LDA      2284          (K282) (K282)
3040         LDA      2285          (K283) (K283)
3050         LDA      2286          (K284) (K284)
3060         LDA      2287          (K285) (K285)
3070         LDA      2288          (K286) (K286)
3080         LDA      2289          (K287) (K287)
3090         LDA      2290          (K288) (K288)
3100         LDA      2291          (K289) (K289)
3110         LDA      2292          (K290) (K290)
3120         LDA      2293          (K291) (K291)
3130         LDA      2294          (K292) (K292)
3140         LDA      2295          (K293) (K293)
3150         LDA      2296          (K294) (K294)
3160         LDA      2297          (K295) (K295)
3170         LDA      2298          (K296) (K296)
3180         LDA      2299          (K297) (K297)
3190         LDA      2300          (K298) (K298)
3200         LDA      2301          (K299) (K299)
3210         LDA      2302          (K300) (K300)
3220         LDA      2303          (K301) (K301)
3230         LDA      2304          (K302) (K302)
3240         LDA      2305          (K303) (K303)
3250         LDA      2306          (K304) (K304)
3260         LDA      2307          (K305) (K305)
3270         LDA      2308          (K306) (K306)
3280         LDA      2309          (K307) (K307)
3290         LDA      2310          (K308) (K308)
3300         LDA      2311          (K309) (K309)
3310         LDA      2312          (K310) (K310)
3320         LDA      2313          (K311) (K311)
3330         LDA      2314          (K312) (K312)
3340         LDA      2315          (K313) (K313)
3350         LDA      2316          (K314) (K314)
3360         LDA      2317          (K315) (K315)
3370         LDA      2318          (K316) (K316)
3380         LDA      2319          (K317) (K317)
3390         LDA      2320          (K318) (K318)
3400         LDA      2321          (K319) (K319)
3410         LDA      2322          (K320) (K320)
3420         LDA      2323          (K321) (K321)
3430         LDA      2324          (K322) (K322)
3440         LDA      2325          (K323) (K323)
3450         LDA      2326          (K324) (K324)
3460         LDA      2327          (K325) (K325)
3470         LDA      2328          (K326) (K326)
3480         LDA      2329          (K327) (K327)
3490         LDA      2330          (K328) (K328)
3500         LDA      2331          (K329) (K329)
3510         LDA      2332          (K330) (K330)
3520         LDA      2333          (K331) (K331)
3530         LDA      2334          (K332) (K332)
3540         LDA      2335          (K333) (K333)
3550         LDA      2336          (K334) (K334)
3560         LDA      2337          (K335) (K335)
3570         LDA      2338          (K336) (K336)
3580         LDA      2339          (K337) (K337)
3590         LDA      2340          (K338) (K338)
3600         LDA      2341          (K339) (K339)
3610         LDA      2342          (K340) (K340)
3620         LDA      2343          (K341) (K341)
3630         LDA      2344          (K342) (K342)
3640         LDA      2345          (K343) (K343)
3650         LDA      2346          (K344) (K344)
3660         LDA      2347          (K345) (K345)
3670         LDA      2348          (K346) (K346)
3680         LDA      2349          (K347) (K347)
3690         LDA      2350          (K348) (K348)
3700         LDA      2351          (K349) (K349)
3710         LDA      2352          (K350) (K350)
3720         LDA      2353          (K351) (K351)
3730         LDA      2354          (K352) (K352)
3740         LDA      2355          (K353) (K353)
3750         LDA      2356          (K354) (K354)
3760         LDA      2357          (K355) (K355)
3770         LDA      2358          (K356) (K356)
3780         LDA      2359          (K357) (K357)
3790         LDA      2360          (K358) (K358)
3800         LDA      2361          (K359) (K359)
3810         LDA      2362          (K360) (K360)
3820         LDA      2363          (K361) (K361)
3830         LDA      2364          (K362) (K362)
3840         LDA      2365          (K363) (K363)
3850         LDA      2366          (K364) (K364)
3860         LDA      2367          (K365) (K365)
3870         LDA      2368          (K366) (K366)
3880         LDA      2369          (K367) (K367)
3890         LDA      2370          (K368) (K368)
3900         LDA      2371          (K369) (K369)
3910         LDA      2372          (K370) (K370)
3920         LDA      2373          (K371) (K371)
3930         LDA      2374          (K372) (K372)
3940         LDA      2375          (K373) (K373)
3950         LDA      2376          (K374) (K374)
3960         LDA      2377          (K375) (K375)
3970         LDA      2378          (K376) (K376)
3980         LDA      2379          (K377) (K377)
3990         LDA      2380          (K378) (K378)
4000         LDA      2381          (K379) (K379)
4010         LDA      2382          (K380) (K380)
4020         LDA      2383          (K381) (K381)
4030         LDA      2384          (K382) (K382)
4040         LDA      2385          (K383) (K383)
4050         LDA      2386          (K384) (K384)
4060         LDA      2387          (K385) (K385)
4070         LDA      2388          (K386) (K386)
4080         LDA      2389          (K387) (K387)
4090         LDA      2390          (K388) (K388)
4100         LDA      2391          (K389) (K389)
4110         LDA      2392          (K390) (K390)
4120         LDA      2393          (K391) (K391)
4130         LDA      2394          (K392) (K392)
4140         LDA      2395          (K393) (K393)
4150         LDA      2396          (K394) (K394)
4160         LDA      2397          (K395) (K395)
4170         LDA      2398          (K396) (K396)
4180         LDA      2399          (K397) (K397)
4190         LDA      2400          (K398) (K398)
4200         LDA      2401          (K399) (K399)
4210         LDA      2402          (K400) (K400)
4220         LDA      2403          (K401) (K401)
4230         LDA      2404          (K402) (K402)
4240         LDA      2405          (K403) (K403)
4250         LDA      2406          (K404) (K404)
4260         LDA      2407          (K405) (K405)
4270         LDA      2408          (K406) (K406)
4280         LDA      2409          (K407) (K407)
4290         LDA      2410          (K408) (K408)
4300         LDA      2411          (K409) (K409)
4310         LDA      2412          (K410) (K410)
4320         LDA      2413          (K411) (K411)
4330         LDA      2414          (K412) (K412)
4340         LDA      2415          (K413) (K413)
4350         LDA      2416          (K414) (K414)
4360         LDA      2417          (K415) (K415)
4370         LDA      2418          (K416) (K416)
4380         LDA      2419          (K417) (K417)
4390         LDA      2420          (K418) (K418)
4400         LDA      2421          (K419) (K419)
4410         LDA      2422          (K420) (K420)
4420         LDA      2423          (K421) (K421)
4430         LDA      2424          (K422) (K422)
4440         LDA      2425          (K423) (K423)
4450         LDA      2426          (K424) (K424)
4460         LDA      2427          (K425) (K425)
4470         LDA      2428          (K426) (K426)
4480         LDA      2429          (K427) (K427)
4490         LDA      2430          (K428) (K428)
4500         LDA      2431          (K429) (K429)
4510         LDA      2432          (K430) (K430)
4520         LDA      2433          (K431) (K431)
4530         LDA      2434          (K432) (K432)
4540         LDA      2435          (K433) (K433)
4550         LDA      2436          (K434) (K434)
4560         LDA      2437          (K435) (K435)
4570         LDA      2438          (K436) (K436)
4580         LDA      2439          (K437) (K437)
4590         LDA      2440          (K438) (K438)
4600         LDA      2441          (K439) (K439)
4610         LDA      2442          (K440) (K440)
4620         LDA      2443          (K441) (K441)
4630         LDA      2444          (K442) (K442)
4640         LDA      2445          (K443) (K443)
4650         LDA      2446          (K444) (K444)
4660         LDA      2447          (K445) (K445)
4670         LDA      2448          (K446) (K446)
4680         LDA      2449          (K447) (K447)
4690         LDA      2450          (K448) (K448)
4700         LDA      2451          (K449) (K449)
4710         LDA      2452          (K450) (K450)
4720         LDA      2453          (K451) (K451)
4730         LDA      2454          (K452) (K452)
4740         LDA      2455          (K453) (K453)
4750         LDA      2456          (K454) (K454)
4760         LDA      2457          (K455) (K455)
4770         LDA      2458          (K456) (K456)
4780         LDA      2459          (K457) (K457)
4790         LDA      2460          (K458) (K458)
4800         LDA      2461          (K459) (K459)
4810         LDA      2462          (K460) (K460)
4820         LDA      2463          (K461) (K461)
4830         LDA      2464          (K462) (K462)
4840         LDA      2465          (K463) (K463)
4850         LDA      2466          (K464) (K464)
4860         LDA      2467          (K465) (K465)
4870         LDA      2468          (K466) (K466)
4880         LDA      2469          (K467) (K467)
4890         LDA      2470          (K468) (K468)
4900         LDA      2471          (K469) (K469)
4910         LDA      2472          (K470) (K470)
4920         LDA      2473          (K471) (K471)
4930         LDA      2474          (K472) (K472)
4940         LDA      2475          (K473) (K473)
4950         LDA      2476          (K474) (K474)
4960         LDA      2477          (K475) (K475)
4970         LDA      24
```



```

100 *****
200 C* ESTE PROGRAMA SIRVE PARA OBTENER EL NEGATIVO DE UNA
300 C* IMAGEN CONTENIDA EN UN MARCO DE VIDEO, EL PROGRAMA
400 C* ESTA ESCRITO EN ENSAMBLADOR.
500 C* EL CONTENIDO DE LAS LOCALIDADES AL INICIO DE UNA
600 C* CORRIERA DEBE SER:
700          LOCALIDAD          CONTENIDO
800          216                2777
900          240                3000
1000         242                400
1100         224                6200
1200         241                400
1300 *****
1400                                     #DIRECCION DE INICIO
1500
1600                                     #LDC
1700          RINC:                INC          072
1800                                     STA          27212
1900                                     LDA          07212
2000
2100                                     #PRIMER VALOR DE LA
2200                                     #TABLA DE MAPED( 0-377
2300                                     #LOS GUARDA EN LAS
2400                                     #DIRECCIONES 3000-4177
2500          LDA          17212
2600          STA          17240
2700          LDA          17240
2800          INC          173
2900          STA          37240
3000                                     #CONTADOR PARA LOS 400(OCTAL)
3100          ;                                     #NIVELES
3200          DCZ          241
3300          JNF          RINC
3400          LDA          07216
3500          SINC:                INC          072
3600                                     #GUARDA LA DIRECCION
3700                                     #DE INICIO DE LA TABLA
3800                                     #DE MAPED(3000)
3900          STA          27212
4000          LDA          0721
          LDA          17240

```

4100
4200
4300
4400
4500
4600
4700
4800
4900
5000
5100

STA 170212
DSZ 240
DSZ 242
JMF SINC
JMF 0224
JEND

GUARDA EL VALOR MAS
FALTO, Y LUEGO LOS
PRESTANTES EN ORDEN
DECRECIENTE

INORDEN A DEBUD

PROGRAMA XFER MEMO-DKP

ESTE PROGRAMA TRANSFIERE INFORMACION (IMAGENES)
CONTENIDA EN UN AREA ESPECIFICA DE UN DISKETTE
(DRIVES 0 0 1) A UN INTERVALO DE LOCALIDADES DE
LA MEMORIA DE LA COMPUTADORA NOVA 3. LA TRANS-
FERENCIA SE HACE VIA DATA CHANNEL MEDIANTE PRO-
CESOS DE LECTURA ESCRITURA.

.LOC 57

```

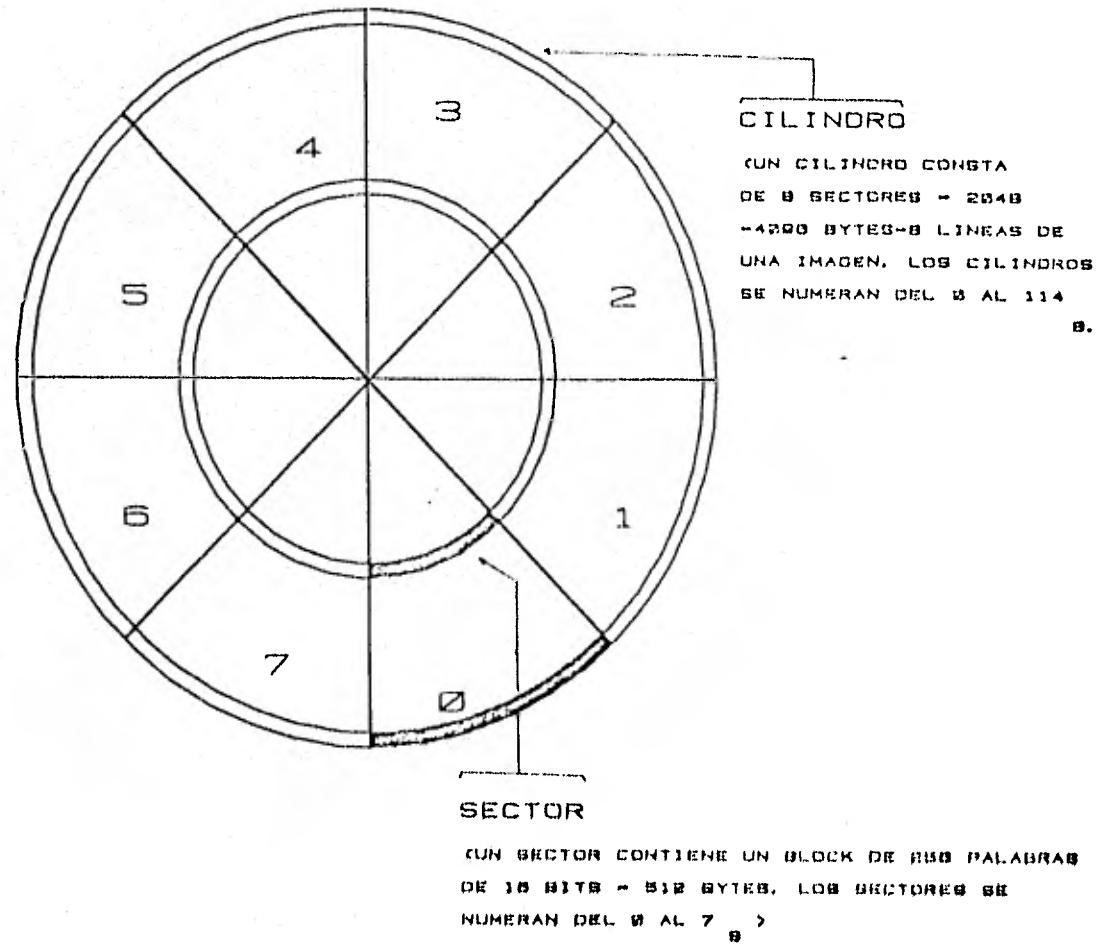
.DUSR DDS=101      )COLOCAR EL VALOR DE DDS
                   )EN LA LOCALIDAD 121.
.DUSR SEE=102      )COLOCAR EL VALOR DE SEE
                   )EN LA LOCALIDAD 102.
.DUSR DIR#103      )COLOCAR LA DIRECCION DE
                   )LA MEMORIA A 0 DE SDE
                   )DONDE SE INICIA LA TRANS-
                   )FERENCIA.
.DUSR LEC=104      )COLOCAR EN LA LOCALIDAD
                   )104 LA INSTRUCCION DE
                   )LECTURA O ESCRITURA.
.DUSR ST1=105      )LOCALIDAD DE CONTROL =0
.DUSR ST2=106      ) " " " "
.DUSR ST3=107      ) " " " "
.DUSR DBG=110      )COLOCAR 6200

INI  NIO  DKP      )INICIO
    LDA  0,DDS      )CARGA EL SECTOR,
                   )DE INICIO Y EL
                   )# DE SECTORES A
                   )TRANSFERIR.
                   DOQ  0,DKP      )SE REGISTRA DDS.
                   DIA  1,DKP      )SE CHECA.
                   STA  0,ST1      )SE GUARDA DDS EN
                   )ST1.
                   LDA  0,SEE      )CARGA INSTRUCCION
                   )QUE ORDENA LA BUS-
                   )QUEDA DEL CILINDRO
                   )Y DEL DRIVE ELEGIDO.
                   DOAP 0,DKP      )SE REGISTRA SEE.
                   DIA  2,DKP      )SE CHECA.
                   STA  0,ST2      )SE GUARDA SEE EN
                   )ST2.

```

LDA	R,DIR.	OCARGA LA DIRECCION DE INICIO DE LA MEMORIA A PARTIR DE LA CUAL SE HARA LA TRANSFERENCIA.
DOB	R,DKP	SE REGISTRA DIR.
STA	R,ST3	SE GUARDA DIR EN ST3.
LDA	R,LEC	OCARGA INSTRUCCION DE LECTURA O ESCRI- TURA.
DOA	R,DKP	SE REGISTRA LEC.
NI OS	DKP	SE INICIA LA TRANS- FERENCIA DE LA INFORMACION.
SKPBZ	DKP	RETORN.
JMP	.-1	
JMP	QDNG	REGRESA AL DEBUG.

ESTRUCTURA DE UN DISCO FLEXIBLE



EL NUMERO MAXIMO DE SECTORES QUE SE PUEDEN TRANSFERIR EN UNA OPERACION
 READ O WRITE ES 8 - 7 Y EQUIVALEN A LA TRANSFERENCIA DE UN CILINDRO POR OPERACION

48 AT 7200 - DATA > RECL

(DIBUJADO CON GRAFICADORA HP 7221A)

INTERVALO DE LOCALIDADES DE MEMORIA

LOCALIDAD	CONTENIDO
40 000 ₈	1 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
40 400	2 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
41 000 ₈	3 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
41 400 ₈	4 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
42 000 ₈	5 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
42 400 ₈	6 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
43 000 ₈	7 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
43 400 ₈	8 <u>a</u> LINEA DE 512 BYTES
44 000 ₈	

Ejemplo de transferencia de ocho líneas de una imagen de diskette a memoria. Esto implica el uso de 4 K₈ localidades de memoria durante una operación READ/WRITE.

CONTENIDO DE — (101) = DDS

	DRIVE #	AJUSTAR Λ 0's				AJUSTAR Λ 0's				SIEMPRE Λ 0's	SECTOR DE INICIO R/W O.P.			# DE SECTORES (BITS 13, 14, 15) = en complemento a 2's				
BINARIO	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	e.g. 8 sectores drive 0/ sector inicio 0
OCTAL	0	0				0				0				1				
INSTRUCCIONES QUE INDICAN EL SECTOR DE INICIO Y EL # DE SECTO- RES A TRANS- FERIR.	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	2 sect.drive 0 sector inicio 5
	0	0								1				3			5	
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1 sector drive 0 sector inicio 7
	0	0								1				7			6	
	0 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		4												1			0	8 sectores drive 1 sector inicio 0
		4								1				3			5	2 sectores drive 1 sector inicio 5
		4								1				7			6	1 sector drive 1 sector inicio 7

INSTRUCCIONES LECTURA	Ø	CLEAR DONE ON					Ø	COMANDO	Ø	CILINDRO # DE Ø - 114 ₈							
		UNIT Ø	UNIT 1	UNIT 2	UNIT 3	Ø				Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
Drive Ø Lect. Cilindro 3Ø	Ø	Ø	1	1	1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	(104)-LEC (MODO LECTURA)
	Ø		3			4			Ø			3			Ø		
Drive 1 Lect. Cilindro 3Ø	Ø	1	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	
	Ø		5			4			Ø			3			Ø		
Drive Ø SEEK Cilindro 3Ø	Ø	Ø	1	1	1	Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	(102)=SEEK
	Ø		3			5			Ø			3			Ø		
INSTRUCCIONES BUSQUEDA																	
Drive 1 SEEK Cilindro 3Ø	Ø	1	Ø	1	1	Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	
	Ø		5			5			Ø			3			Ø		
Drive Ø Es- critura Cilindro 3Ø	Ø	Ø	1	1	1	Ø	Ø	1	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	(104)=LEC (MODO ES- CRITURA)
	Ø		3			4			4			3			Ø		
INSTRUCCIONES ESCRITURA																	
Drive 1 Cilindro 3Ø	Ø	1	Ø	1	1	Ø	Ø	1	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø	Ø	
	Ø		5			4			4			3			Ø		

\$\$\$0T\$\$

PROGRAMA XFER MEMORIA DE VIDEO-DISKETE

ESTE PROGRAMA SIRVE PARA ALMACENAR IMAGENES
CONTENIDAS EN UN MARCO DE MEMORIA DE VIDEO
EN UN DISKETE Y VICEVERSA.

. TITL NOSE
. ENT BEG SADR, UNO LINEA MODEN R X ONE
. EXTN DEBUG PDI \$
. ZREL

SADR: TABLA
LINEA: 0
MODE: 0
NPI X 500
ONE: 40001

.ZREL

TABLA: .BLK 400
C SECTOR: 40017
SECTOR: 40017
TRACK: 121004
VEINTE: 20
MASK: 40017
CHECK: 100
LEE: 20004
UNIT 2100
CTRACK: 121004
CLEE: 20004
NTRACK: 121004

BEG: SKPBZ DKP
JMP 1
LDA 0, SECDR
DCC 0, DKP
DIA 0, DKP
LDA 1, UNIT
AND 1, 0
SUB 1, 0, ZR
JMP 1
LDA 1, TRACK
DOAS 1, DKP
SKPBZ DKP
JMP 1
DIA 0, DKP
LDA 1, CHECK
AND 1, 0
SUB 1, 0, ZR,

501555T51

93

```
JM P      .- 4
LDA       0, SADR
DOB       0, DKP
LDA       0, LEE
DOAS     0, DKP
SK FBZ   DKP
JM P      .- 1
DIA       0, DKP
LDA       1, CHECK
AND       1, 0
SUB       0, 1, 3R
JM P      .- 4
JM P      0, +1
RDISK
UNO: LDA   1, VEINTE
      LDA   0, SECTOR
      ADD   0, 1
      STA   1, SECTOR
      LDA   0, MASK
      SUB   0, 1, 3R
      JMP   BEG
      LDA   0, CSECTOR
      STA   0, SECTOR
      LDA   0, LEE
      INC   0, 0
      STA   0, LEE
      LDA   0, TRACK
      INC   0, 0
      STA   0, TRACK
      LDA   1, NTRACK
      SUB   0, 1, 3R
      JMP   BEG
      LDA   0, CTRACK
      STA   0, TRACK
      LDA   0, CLEE
      STA   0, LEE
      SUB   0, 0
      STA   0, LINEA
      JMP   0, +1
      DEBU]
      . END      BEG
```

* BS50TSS

. TITL RDISK
. ENT RDISK
. EXT SADR LINEA M ODE N R X ONE
. EXT UNO
. NREL

94

RDISK: LDA 0,MODE
DCC 0,25
LDA 0,SADR,
DOA 0,25
LDA 0,MODE ; PIX INICIAL
SUBZ 1,1
MOV 1,1
ADD 0,1
DOB 1,25
LDA 0,N PIX
SUBZ 1,1
MOV 1,1
MOV 1,1
ADD 0,1
DOB 1,25
LDA 0,LINEA
DOB 0,25
LDA 1,ONE
DOBS 1,25
SKFBZ 25
JMP -1
LDA 0,LINEA
INC 0,0
STA 0,LINEA
JMP 0,+1
UNO
. END RDISK

BS 55 TS S

. TI TL NOSE
. ENT BEG SADDR UNOLINEA MODEN PIXONE
. EXT DEBU RDISK
. ZREL

95

SADDR: TABLA
LINEA: 0
MODE: 40
NPIX: 500
ONE: 40001

. NREL

TABLA: . BLK 400
C SECTOR: 40017
SECTOR: 40017
TRACK: 121004
VEINTE: 23
MASK: 40217
CHECK: 100
LEE: 20404
UNIT: 2100
CTRACK: 121004
CLEE: 20404
NTRACK: 121044

BEG: SKPBZ DKP
JMP -1
LDA 0, SECTOR
DOC 0, DKP
DIA 0, DKP
LDA 1, UNIT
AND 1, 0
SUB 1, 0, ZR
JMP -4
LDA 1, TRACK
DOAS 1, DKP
SKPBZ DKP
JMP -1
DIA 0, DKP
LDA 1, CHECK
AND 1, 0
SUB 1, 0, ZR
JMP -4
LDA 0, SADDR
DOB 0, DKP
LDA 0, LEE
DOAS 0, DKP
SKPBZ DKP
JMP -1
DIA 0, DKP
LDA 1, CHECK
AND 1, 0

55 L& 55 T&&

96

```
UNO: SUB      0, 1, SR
      JMP      -4
      JMP      0, +1
      RDI SK
      LDA      1, LINE
      LDA      0, SECTOR
      ADD      0, 1
      STA      1, SECTOR
      LDA      0, MASK
      SUB      0, 1, SR
      JMP      BEG
      LDA      0, CSECTOR
      STA      0, SECTOR
      LDA      0, LEE
      INC      0, 0
      STA      0, LEE
      LDA      0, TRACK
      INC      0, 0
      STA      0, PACK
      LDA      1, NTRACK
      SUB      0, 1, SR
      JMP      BEG
      LDA      0, CTRACK
      STA      0, PACK
      LDA      0, CLEE
      STA      0, LEE
      SUB      0, 0
      STA      0, LINEA
      JMP      0, +1
      DEBID
      .END    BEG
```

*B\$ 553\$

97

. TI TL RDISK
. ENT RDISK
. EXT0 SADRBLINEAMODENHXONE
. EXT1 UNO
. NREL

```
RDISK: LDA 0,MODE
      DOC 0,25
      LDA 0,SADR;
      DOA 0,25
      SJ B 0 0 ;HXINITIAL
      SJ BZ 1,1
      MOVR 1,1
      ADD 0,1
      DOB L,25
      LDA 0,NPIX
      SJ BZ 1,1
      MOVR 1,1
      MOVR 1,1
      ADD 0,1
      DOB L,25
      LDA 0,LINEA
      DOB 0,25
      LDA L,ONE
      DOBS 1,25
      SKR3Z 25
      JMP -1
      LDA 0,LINEA
      INC 0,0
      STA 0,LINEA
      JMP 0,+1
      UNO
      .END RDISK
```

HP-12 PLOTTER PROGRAM

COMMANDS ARE:

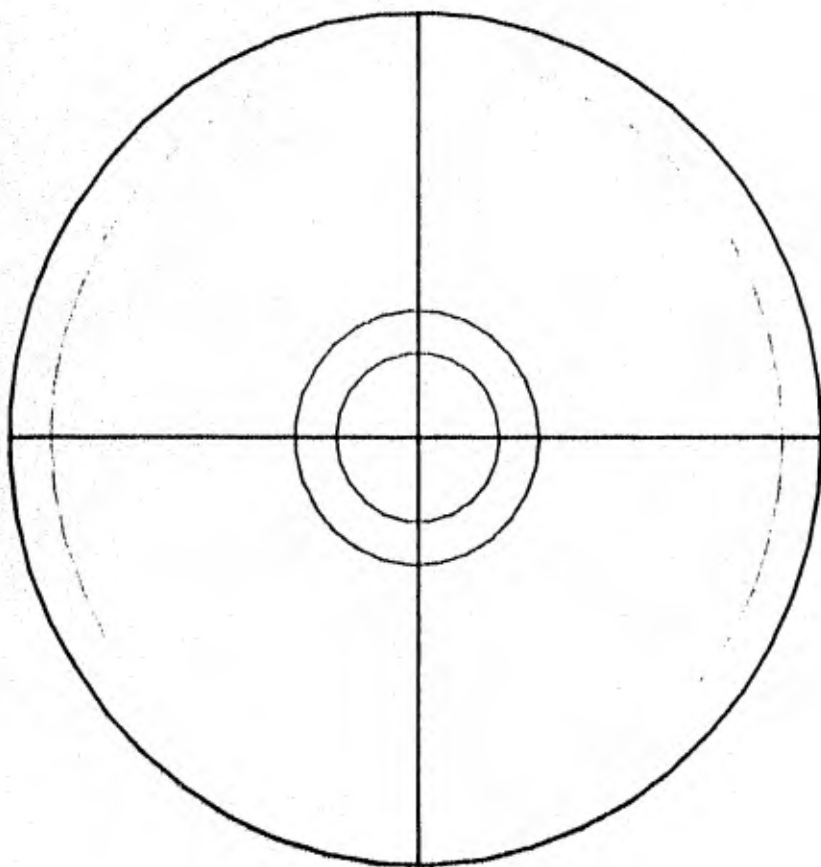
ON	TURN PLOTTER ON
OFF	TURN PLOTTER OFF
LIMIT	SET GRAPHIC LIMITS
VEL	MAX PEN VELOCITY
GRID	SET GRID SIZE
PEN	SELECT PEN COLOR
MOVE	MOVE PEN TO NEW LOCATION
DRAW	DRAW TO NEW LOCATION
SANT	S. ANGLE LETTERING OF LABEL
SIZE	ALTER SIZE AND SPACING OF LETTERS
ROT	ROTATE LABEL
FRAME	DRAW COMPLETE FRAME
XTICK	TICK MARKS ON X AXIS
YTick	TICK MARKS ON Y AXIS
LABEL	PRINT LABEL
ARC	DRAW ARCS
HELP	PRINT COMMAND LIST
EXIT	STOP PROGRAM
DASH ON	INVOKES DASH LINE MODE
DASH OFF	REVOKES DASH LINE MODE

SELECT FUNCTION (TYPE HELP IF NEEDED)

DEMOSTRACION DE LA GRAFICADORA

INSTITUTO DE FISIICA

U. N. A. M.



LABORATORIO DE PERCEPCION REMOTA

EQUIPO UTILIZADO

DATA GENERAL NOVA 8211 COMPUTER

DATA GENERAL MODEL 8000 DINKOTTE DRIVE

H P MODEL 7811A DIGITAL PLOTTER

HAZELTINE 1000 CRT TERMINAL

CAPITULO V

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este trabajo se ha tratado de presentar el panorama actual acerca de las técnicas de procesamiento digital de imágenes, así como de los sistemas de procesamiento que se han desarrollado a partir de la tecnología espacial.

Sin embargo, a pesar de que los algoritmos y sistemas aquí presentados son resultado de tan alta tecnología, no son lo último y lo mejor ya que con el tiempo se irán descubriendo nuevas técnicas en lo que respecta a programación o circuitos y por ende los algoritmos y sistemas aquí tratados no dejarán de ser útiles, pero sí anacrónicos, ya que los algoritmos puedan ser optimizados y los sistemas ser superados en diferentes aspectos.

De tal manera, que con el tiempo será posible :

- a). Trabajar con sistemas que manejen grandes volúmenes de datos de imágenes.
- b). Trabajar con sistemas de cómputo de más alta velocidad (actualmente los sistemas trabajan con un rango de operación de 6 a 7 millones de operaciones por segundo; para 1986 se espera que los sistemas convencionales desarrollen alrededor de 30 millones de operaciones por segundo.)
- c). Contar con algoritmos estructurados por medio de circuitos, esto es, tener operaciones por Hardware.
- d). . Adquirir sistemas más versátiles que los hoy existentes,

y a menor costo.

Lo anterior sintetiza las direcciones en que se llevarán a cabo los desarrollos en esta técnica, sin embargo, no hay que olvidar que la selección de un sistema debe de tomar en cuenta parámetros como: rapidez, almacenamiento de información, variedad de algoritmos, clasificación multispectral, flexibilidad - con otras operaciones, facilidad de comunicación con el sistema, facilidad de escribir e incrementar nuevas funciones, así como el costo del sistema.

Por otro lado cabe notar la ventaja de la existencia de los sistemas tratados, ya que esto ha permitido combinar y desplegar simultáneamente múltiples conjuntos de datos, tales como datos aeromagnéticos, topográficos, gravimétricos, de satélite, etc.; con lo cual se da una aportación al proceso de integración de datos para una interpretación geofísica, amén de que los productos de la Percepción Remota sirven desde el primer paso en un programa de exploración.

Finalmente quisiera hacer un breve bosquejo acerca de la Percepción Remota en México, y una recomendación a las autoridades Académicas competentes.

En México el desarrollo e implantación de técnicas ya existentes, a nivel de investigación básica como de aplicación comenzó alrededor de 1973.

Instituciones tales como I.M.P., DETENAL, C.R.M., C.F.E., IIE, SARH, Chapingo, UNAM (Instituto de Geografía, Instituto de Geología, Instituto de Biología, IIMASS, Centro de Ciencias del Mar, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Instituto de Geofísica), etc., han creado departamentos o laboratorios de Percep---

ción Remota. Sin embargo suceden dos cosas:

- a). Al terminar su formación profesional varios egresados -- que piensan dedicarse a Percepción Remota carecen de las bases necesarias como para poder enfrentarse a los problemas que plantea esta disciplina. Esto es, hay carencia de recursos humanos.
- b). A pesar de la demanda de personal en esta disciplina, no se encuentra en ningún plan de estudios de alguna Ingeniería en Ciencias de la Tierra una asignatura que trate los tópicos relativos a esta.

Con base en lo anterior, se propone la implantación de una asignatura que podría incluir en su programa los siguientes temas :

1. Generalidades.
2. Historia de la Percepción Remota.
3. Naturaleza de la Radiación Electromagnética.
4. Sistemas sensores o detectores.
5. Situación de sensores en aeronaves o satélites.
6. Registro y procesado de información.
7. Sistemas procesadores.
8. Exploraciones de apoyo para la interpretación.
9. Fundamentos de la interpretación de imágenes.
10. Representación cartográfica.
11. Inventario, evaluación y control de recursos.

APENDICE

APENDICE

GLOSARIO E INDICE DE ALGUNOS CONCEPTOS DE PERCEPCION
REMOTA.

INTRODUCCION.

El propósito de este glosario es establecer de la manera más simple el significado general o el uso de las palabras - de muchos de los términos utilizados en percepción remota. No intenta dar la definición final para estos términos, ni tampoco dar las fórmulas matemáticas que involucran estas definiciones.

Este glosario está diseñado para aquellas personas que no están familiarizadas con esta disciplina y les da una perspectiva general. La organización de este glosario es secuencial, de tal forma que las definiciones que se vayan dando dependerán de las anteriores.

ACUTANCIA

Es la medida de la agudeza de los bordes en una fotografía o imagen. Se define para cualquier borde, por la razón del cambio de la densidad a través del borde al cuadrado, dividido por la diferencia de densidad total de un lado del borde a otro lado del mismo.

ANGSTROM(\AA)

Unidad de medición igual a una diezmilionesima de milímetro.

BANDA

Conjunto de longitudes de onda adyacentes en el espectro electromagnético con una característica común; tal como la banda visible.

BARREDOR MULTIESPECTRAL (MULTIESPECTRAL SCANNER MSS)

Es un dispositivo de barrido que emplea un espejo oscilatorio - para barrer continua y perpendicularmente una línea en el terreno, a la velocidad del aeronave que lo transporta. La energía óptica se detecta de manera simultánea por un arreglo de sensores en las bandas visibles de .5 a 1.1 μ .

CANAL

Un canal es un conjunto de pixels que tienen una característica común, tal como frecuencia longitud de onda, densidad de población, etc. Típicamente, los canales se refieren a pixels que representan la respuesta radiométrica de un sensor o sensores que operan en una longitud de onda asignada y que son expresados como un conjunto de niveles de gris. Otros descriptores a menudo usados de manera intercambiable son dimensión, banda número y ejes.

CELDA DE RESOLUCION

Es el elemento más pequeño constituyente de un área, de tono - de gris considerado por un investigador en una imagen. Una celda de resolución se localiza por sus coordenadas espaciales. La celda de resolución o formaciones de celdas de resolución - pueden constituir la unidad básica para reconocimiento de patrones que forman imágenes.

CLASIFICACION

Es el proceso de asignar pixels de una imagen a una categoría. La asignación está basada en el resultado de una prueba de cada pixel contra una firma predeterminada. El resultado es un mapa espacial de todos los pixels a los que se les hace el criterio de prueba; el cual es desplegado en una pantalla de rayos catódicos como un mapa de reconocimiento o mapa de pseudocolor.

CLASIFICACION DE PATRONES

Es un problema relacionado con la construcción de la función de asignación de cluster que agrupa unidades similares. La clasificación de patrones es sinónimo de taxonomía numérica o clustering.

CLUSTER

Es un grupo homogéneo de unidades que son muy semejantes entre sí. La semejanza entre unidades se determina generalmente por la asociación, similitud o distancia entre los patrones de medición asociados con las unidades.

COMPRESION DE IMAGENES

Es una operación que preserva toda o la mayoría de la información en la imagen y que reduce la cantidad de memoria necesaria para almacenar una imagen o el tiempo necesario para transmitirla.

CONGRUENCIA

Es el proceso por el cual dos imágenes de un conjunto multi-imágenes son transformadas de tal manera que el tamaño y forma de cualquier objeto sobre una imagen es el mismo que el tamaño y forma de aquel objeto de la otra imagen. En otras palabras cuando dos imágenes son congruentes, sus geometrías son las mismas y ellas coinciden exactamente.

CONTRASTE DE UN OBJETO CON RESPECTO A SU FONDO

Puede ser medido por:

- i) Razón de contraste, que es la relación entre la más alta transmitancia del objeto o del fondo a la más baja.
- ii) Diferencia de contraste, que es la diferencia, entre la densidad más alta del objeto o de su fondo a la densidad más baja del objeto.
- iii) Modulación de contraste, que es la diferencia entre

lo más oscuro del objeto y lo más luminoso del fondo dividido por la suma de lo más luminoso del objeto y lo más oscuro del fondo.

CORTADOR DE NIVEL, DETERMINADOR DEL UMBRAL, O CORTADOR DE DENSIDAD.

Es un instrumento que toma una imagen simple o una multi-imagen como entrada y produce una imagen binaria como salida. Un bit binario es producido sobre la imagen de salida siempre que los tonos de gris de cada una de las imágenes de entrada esté dentro de un conjunto independiente de los umbrales máximo o mínimo. Un conjunto de N imágenes de entrada requerirá por lo tanto ajustarse a N niveles mínimos y a N niveles máximos.

CUANTIZACION

Es el proceso por el cual cada tono de gris en una imagen de fotografía, de video o formato digital se le asigna un nuevo valor de un conjunto finito dado de valores de tonos de gris.

Hay tres métodos de cuantización que se usan:

a.- Cuantización por igual intervalo o cuantización lineal.

El intervalo de tonos de gris del máximo tono de gris al mínimo tono de gris es dividido en intervalos contiguos de igual longitud, y cada tono de gris es asignado a una clase cuantizada que corresponde al intervalo dentro del cual ella cae.

b.- Cuantización por igual probabilidad.

El intervalo de tonos de gris se divide en intervalos de tal manera que después los tonos de gris son asignados a su clase cuantizada, hay igual frecuencia de ocurrencia para cada tono de gris cuantizado en la imagen digital cuantizada; a la igual probabilidad de cuantización se le llama a veces extensión central.

c.- Cuantización en variancia mínima.

El intervalo de tonos de gris se divide en intervalos contiguos de tal manera que la suma pesada de la variancia de los intervalos cuantizados es minimizada.

CUANTIZADOR

Es un instrumento que efectúa la cuantización. Tiene tres partes funcionales. La primera parte permite la determinación o ajuste de los intervalos de cuantización, la segunda parte es un cortador de niveles que indican cuando una señal está en cualquier intervalo de cuantización, y la tercera parte toma la salida binaria de los cortadores de niveles, cualquier código binario convierte este a una señal análoga que represente el centro del intervalo de cuantización o media.

DENSIDAD OPTICA

Es la transparencia de un objeto o el grado con que permite a la luz pasar a través de él.

Es igual a:

$$\text{Log}_{10} \frac{\text{Intensidad de luz incidente}}{\text{Intensidad de luz transmitida}}$$

DENSITOMETRO DE BARRIDO

Es un dispositivo usado para convertir transparencias fotográficas a una señal de video.

DENSIDAD DE UNA COORDENADA (x, y) EN UNA FOTOGRAFIA

Es una medida de la capacidad de absorción de la luz por la plata o emulsión depositada en aquella coordenada. Se define por el logaritmo de la transmitancia recíproca de la coordenada.

DENSITOMETRO'

Es un dispositivo que se usa para medir la densidad promedio de la imagen de una pequeña área de tamaño específico sobre una -

transparencia o impresión.

La medición puede ser una lectura o una señal electrónica. Cuando el área es más pequeña que algunos cientos de micrones cuadrados, el instrumento se llama microdensitómetro.

DENSITOMETRIA

Campo dedicado a la medición de densidades ópticas de imágenes sobre películas o impresiones en niveles de gris producidas por absorción o reflexión de la luz al revelar una emulsión fotográfica.

DETECCION DE CAMBIOS

Es el proceso por el cual dos imágenes pueden ser comparadas y una salida puede ser generada cuando las celdas de resolución tengan diferentes tonos de gris.

DESCRIMINACION DE BLANCOS

Es el proceso por el cual las reglas de decisión (categorías extensivas de pequeñas áreas) son construidas.

DESCRIMINACION DE PATRONES

Es un problema que se relaciona con la manera de construir la regla de decisión que asigna una unidad a una categoría particular sobre la base de la medición de patrones en la secuencia de datos o sobre la base de rasgos patrones.

DISPERSION (Rayleigh, Mie, Noselectiva, Raman)

Es la deflección o absorción y remisión de energía electromagnética cuando pasa a través de un medio (por ejemplo: la atmósfera terrestre).

DISPERSION RAYLIEGH

La circunferencia de las partículas es menor que $1/10$ de la longitud de onda de la radiación incidente, por lo tanto el coeficiente de dispersión es inversamente proporcional a la cuarta

potencia de la longitud de onda.

DISPERSION MIE

Se produce por partículas esféricas en donde el diámetro de las partículas es comparable con la longitud de onda de la energía dispersada.

DISPERSION NOSELECTIVA

Ocurre cuando el tamaño de las partículas dispersadas son varias veces mayores que la longitud de onda de la energía que produce todos los colores para dispersarlos de manera semejante. Esto es lo que da el color blanco a las nubes.

DISPERSION RAMAN

Es mucho menos común. Tiene lugar cuando un fotón tiene colisiones parcialmente elásticas con una molécula. La longitud de onda se altera en una cantidad equivalente a la cantidad de energía dada o recibida por el fotón.

ELEMENTO PICTORICO, PIXEL O PEL

Es un par cuyo primer miembro es una celda de resolución y cuyo segundo miembro es el tono de gris asignado por la imagen digital a aquella celda de resolución.

Algunas veces, el elemento pictórico, pixel, o pel, se refiere sólo al tono de gris o al n-ésimo tono de gris en una celda de resolución.

ENTRENAMIENTO

Es el proceso de informar al sistema cuál sitio de entrenamiento analiza, y el proceso de sistema de identificar las propiedades espectrales del sitio de entrenamiento se le llama extracción de firmas (TRAINING).

ESPACIO DE RASGOS

Un conjunto con todas las n-adas de rasgos posibles.

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Es un arreglo que representa la radiación electromagnética que viaja a velocidad de la luz en ondas armónicas caracterizadas por longitud de onda, frecuencia y amplitud.

EXTENSION DE LA FIRMA

Es una clase de técnica que permite a una firma ser aplicada - sobre áreas geográficas grandes, tales como una imagen ERTS - completa. Una técnica usada para realizar ésto es la razón o cociente de imágenes.

EXTRACCION DE RASGOS

Es el proceso en el cual un patrón de medición inicial o algunos patrones de medición subsecuentes son transformados a un - nuevo rasgo patrón. Algunas veces la extracción de rasgos se llama extracción propia.

FILTRO ESPACIAL

Es una transformación de la imagen, generalmente un operador - uno a uno usado para reducir ruido o realzar ciertas caracte - rísticas de la imagen. Para unas coordenadas particulares - (x, y) , sobre la imagen transformada, el filtro espacial asigna un tono de gris sobre la base de tonos de gris de patrones espaciales particulares cercanos a las coordenadas (x,y) .

FILTRO ESPACIAL LINEAL

Es un filtro espacial para el cual los tonos de gris asignados en las coordenadas (x,y) en la imagen transformada son hechos por algún promedio pesado (combinación lineal) de tonos grises, localizados en algún patrón espacial particular alrededor de las coordenadas (x,y) de la imagen dominio. El filtro espacial lineal es a menudo usado para cambiar las características de - frecuencias espaciales de la imagen. Por ejemplo, un filtro espacial lineal, que enfatiza las frecuencias espaciales altas

tenderá a agudizar los bordes de la imagen. Un filtro lineal - espacial que enfatiza las bajas frecuencias espaciales tenderá a hacer borrosa la imagen y aumentará el ruido.

FILTRAJE DE RELACIONES

Es una operación de rejilla de relación se hace usando la magnitud de la función de croscorrelación para medir el grado de relación.

FIRMA

Una firma multiespectral define las características de un objeto dado o material como una función de su reflectancia o radiación electromagnética en un número de longitudes de onda discretas (visibles o no visibles). La firma consiste de un conjunto de rasgos de celdas espaciales que tienen algunas relaciones de finidas por el usuario. En el sentido general la firma no se restringe a la información espectral.

FOTOGRAFIA

La fotografía es el registro de una imagen usando un detector. Es registrada sobre algún tipo de emulsión sensible a la luz.

Puede ser reflectiva, tal como las impresiones en papel o transmisiva como una transparencia. Es bidimensional y su reflectancia o transmitancia monocromática o policromática varía como función de la posición. Si es una imagen multicolorada (formada por todos los colores) es policromática; puede ser color natural, que es cuando los colores son semejantes a los colores originales o puede ser de falso color que es cuando los colores en la fotografía son radicalmente diferentes de los colores de la imagen original. El sensor usado para formar la imagen puede ser de cualquier tipo tal como una cámara óptica con o sin filtros espectrales, barridores ópticos mecánicos, sistemas de televisión, radares o detectores sónicos. El tipo de detector que registra la imagen y la banda espectral

a la cual es sensible, debe indicarse siempre cuando se refiera a una fotografía.

FUNCION DE ASIGNACION DE CLUSTER

Es una función que asigna cada unidad observada a un cluster sobre la base de la medición de patrones en la secuencia de datos o sobre la base de sus correspondientes rasgos. Algunas veces las unidades son tratadas independientemente, en este caso la función de asignación de cluster puede ser considerada como una transformación del espacio de medidas al conjunto de cluster.

HISTIOGRAMA

Frecuencia de distribución

IDENTIFICACION DE CLUSTER

Es el proceso en el cual la función de asignación de cluster se aplica a la secuencia de unidades observadas produciendo una secuencia de identificación de cluster.

IDENTIFICACION DE OBJETIVOS O RECONOCIMIENTO DE BLANCO

Es el proceso por el cual los objetos contenidos dentro de las imágenes son identificadas por medio de una regla de decisión.

IDENTIFICACION DE PATRONES

Es el proceso en el cual una regla de decisión se aplica, si $S_u = (u_1, u_2, \dots, u_j)$ es la secuencia de unidades a ser observada e identificada, si $S_d = (d_1, d_2, \dots, d_j)$ es la correspondiente secuencia de patrones, entonces el proceso de identificación de patrones produce una secuencia de identificación de categoría $S_c = (c_1, c_2, \dots, c_j)$ donde c_j es la categoría en C a la cual la regla de decisión asigna la unidad u_j sobre la base de j patrones en s_d . En general, cada categoría en S_c puede ser asignada por la regla de decisión como una función de todos los patrones S_d . Algunas veces la identificación de patrones se llama clasificación de patrones o clasificación.

IMAGEN

Es una representación de un objeto o de una escena, puede ser real o virtual como en óptica. En percepción remota al hablar de una imagen, se hace referencia a un registro de esta como una fotografía o un mapa. La imagen se considera como una función I de dos variables definida en una región acotada del plano; cuando la imagen es una fotografía, el intervalo de la función I es el conjunto de niveles de gris que van desde el blanco hasta el negro de tal forma que al asociar valores a estos niveles de gris y normalizarlos de un intervalo de variación entre cero y uno.

Un nivel de gris localizado en una coordenada espacial (x,y) de la imagen es proporcional a la energía radiante en la banda electromagnética a la cual el detector es sensible. Cuando la imagen es un mapa el intervalo de la función I es un conjunto de símbolos o colores y el símbolo o color localizado en la coordenada espacial (x,y) se denota por $I(x,y)$. Una imagen registrada o grabada puede estar en formato fotográfico o analógico, como señal de televisión o en formato digital.

IMAGEN DIGITAL

O imagen digitizada, o función pictórica digital de una imagen en formato digital. Es obtenida a partir del área de la imagen en un arreglo finito bidimensional de pequeñas regiones, llamadas celdas de resolución asignando un tono gris a cada una de las regiones espaciales. Una imagen digital puede ser considerada abstractamente como una función cuyo dominio es el conjunto finito de celdas de resolución y cuyo rango es el conjunto de niveles de gris.

IMAGEN DE VIDEO

Es una imagen capaz de ser desplegada en una pantalla de rayos catódicos o monitor de T.V. La señal de video se genera al barrer la imagen con el sensor línea por línea. La señal de

video es una secuencia de señales.

INFRARROJO CERCANO (VISIBLE, EN BLANCO Y NEGRO Y EN COLOR)

Es aquella porción del espectro electromagnético entre el visible y el infrarrojo cercano con longitudes de onda de 0.7 a 1 micrones. El infrarrojo en blanco y negro o en color, se refiere al tipo de película que se usa para formar la imagen en la porción del espectro de 0.7 a 0.9 micrones.

INTENSIDAD DE RADIACION DE UN OBJETO

Es una medida de la potencia de radiación o reflexión por ángulo sólido de un objeto. En general, la intensidad de radiación es una función de la naturaleza del objeto, la profundidad de campo, la longitud de onda espectral y el ancho de banda.

MAPA

Es una representación de rasgos físicos o culturales (naturales, artificiales o ambos) de una región. Indica por medio de símbolos y colores aquellas regiones a las cuales se les ha asignado una categoría determinada. La realidad del terreno se despliega en un mapa. Una fotografía con un simbolismo y anotaciones se le llama fotomapa.

MICRON (μ)

Es una unidad de medida igual a una millonésima de metro o a una milésima de milímetro.

MULTIESPECTRAL

Se refiere al uso de uno o más sensores para obtener un registro de la escena en diferentes porciones del espectro electromagnético.

MULTI-IMAGEN

Es un conjunto de imágenes, tomada del mismo sujeto a diferen -

tes tiempos, o desde diferentes posiciones, o con diferentes sensores, o en diferentes frecuencias electromagnéticas, o con diferentes polarizaciones. Aunque hay un alto grado de redundancia entre imágenes en un conjunto multi-imágenes, cada imagen tiene información que no aparece en cualquiera de las otras.

MULTI-IMAGEN DIGITAL

Es una multi-imagen en forma digital. Por ejemplo: un conjunto de imágenes digitales obtenidas de las imágenes de una multi-imagen, cuando se habla en el contexto de imágenes digitales.

NIVEL DE CORTE, DENSIDAD DE CORTE O UMBRAL

Es una operación realizada por un instrumental (electrónico generalmente) llamado cortador de niveles para cambiar una o más imágenes en niveles de gris a una imagen binaria.

NIVEL DE GRIS

Es un número o valor asignado a una coordenada (x,y) en una imagen. Este número es proporcional a la energía reflejada o transmitida de una pequeña área llamada celda de resolución o pixel, colocada en la coordenada (x,y) de la imagen. El nivel de gris puede ser medido como o expresado en cualquiera de las siguientes formas.

- (1) Transmitancia
- (2) Reflectancia
- (3) Coordenada del sistema internacional de coordenadas de color (ICI)
- (4) Brillo radiante
- (5) Radiancia
- (6) Luminancia
- (7) Densidad
- (8) Voltaje

- (9) Corriente
- (10) Una coordenada del sistema de coordenadas de valores de colores (Sistema Tristimulus).

Se deriva de la forma de las fotografías blanco y negro (fotografías monocromáticas) y representa diferentes valores radiométricos, o intensidades, como niveles de gris. Cuando nos referimos a valores radiométricos de una imagen los niveles digitalizados son llamados niveles de gris.

NANOMETRO

Es una unidad de medida igual a un milicrón o a una millonésima de milímetro.

OBJETO O BLANCO

Es un tipo de categoría usada en reconocimiento de patrones de imágenes. Generalmente ocupa algunas áreas relativamente pequeñas sobre la imagen y tiene un conjunto único de características o atributos. Tiene un alto interés a priori para el investigador. Se refiere también a un arreglo de objetos que se usan para calibrar uno o más instrumentos de Percepción Remota.

LA PALABRA PATRON SE PUEDE USAR DE LA SIGUIENTE MANERA

1. Como patrón de mediciones o medidas
2. Como un patrón de rasgos
3. Como el patrón de relaciones entre las componentes de cualquier n-ada de mediciones o rasgos derivados de unidades de una categoría particular y las cuales son únicas.

PATRON DE MEDICION, VECTOR DE MEDICION

Es una n-ada de mediciones obtenidas de una unidad bajo observación. Cada componente de la n-ada es una medida de una calidad particular, propiedad, rasgo, o característica de la unidad.

En el reconocimiento de patrones de imagen, las unidades son elementos pictóricos o simples formaciones de elementos

pictóricos.

PIXEL

Elemento pictórico; también se le llama elemento de resolución del suelo.

PODER DE RESOLUCION

De un sistema de imágenes, de un proceso, componentes o material. Es una medida de su habilidad para obtener la imagen de objetos cercanamente espaciados. La práctica más común para medir la potencia de resolución es obtener la potencia de resolución del objeto compuesto de líneas y espacios de igual longitud. La potencia de resolución generalmente es medida en una imagen plana en pares de líneas por milímetro, es decir el mayor número de líneas y espacios por milímetro que pueden ser reconocidos. Este umbral se determina generalmente usando una serie de objetivos de tamaño decreciente y basándose en la medición del más pequeño sobre el cual las líneas puedan ser conectadas. En la medición de la potencia de resolución del blanco u objeto (número de líneas y su razón de aspectos), su contraste y los criterios para determinar la potencia de resolución deben ser especificados.

POLARIZACION

Es el proceso de filtrar la energía de tal manera que las vibraciones se restringen a un plano. La energía no polarizada vibra en todas las direcciones perpendiculares a su fuente.

PREPROCESADO

Es una operación que se aplica antes de que se efectue la identificación de patrones. El preprocesado produce, para las categorías de interés, rasgos patrones que tienden a ser invariantes bajo cambios tales como la traslación, rotación, escalamiento, niveles de iluminación y ruido. En esencia, el preprocesado convierte los patrones de medición a una forma que

permita una simplificación a la regla de decisión. El preprocesado puede llevar al registro, a la congruencia, remover el ruido, realzar las imágenes, segmentar los patrones de objetos, detectar, centrar y normalizar objetivos de interés.

PROCESADO INTERACTIVO DE IMAGENES

Se refiere al uso de un operador o analista en una consola con un medio de conversación, preprocesado, extracción de rasgos, clasificación, identificación y despliegue de la imagen original o la imagen procesada para su evaluación subjetiva de interacciones adicionales.

PROCESAMIENTO DE IMAGENES

Abarca todas las operaciones que puedan ser aplicadas a datos de imagen o fotografías. Estas incluyen, pero no están limitadas a: compresión de imágenes, restauración de imágenes, realce de imágenes, preprocesamiento, cuantización, filtraje espacial, y otras técnicas de reconocimiento de patrones en imágenes.

RASGO

Un rasgo, patrón de rasgo o rasgo patrón es una n -ada o vector con un pequeño número de componentes que son funciones de las variables patrones de medición inicial. Las n -adas de rasgos se diseñan para que contengan una alta cantidad de información relativa a la discriminación entre unidades en un conjunto de categorías dadas. Algunas veces los rasgos son predeterminados, otras veces son determinados al tiempo que el problema de discriminación de patrones esté siendo resuelto. En el reconocimiento de patrones de imágenes, los rasgos a menudo contienen información relativa al tono de gris, la textura, la forma, o el contexto.

RAZON O COCIENTE

Se refiere a una clase de funciones de preprocesado, las cuales operan sobre los datos antes de la extracción de las firmas . Hay tres diferentes técnicas de razones.

- (a) La razón de canales de memoria adyacentes
- (b) La razón de la diferencia a la suma de canales de memoria adyacentes
- (c) La razón de cada canal a la suma de los cuatro canales - (normalización)

REALIDAD DEL TERRENO

Datos que han sido adquiridos por medio de pruebas de campo, - sensores remotos de alta resolución etc. y que son usados como información de control por el usuario durante el proceso de extracción de la información.

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Se refiere a, pero no está limitada a problemas de

1. Discriminación de patrones
2. Clasificación de patrones
3. Selección de rasgos
4. Identificación de patrones
5. Identificación de grupos
6. Extracción de rasgos
7. Preprocesado
8. Filtraje
9. Realce
10. Segmentación de patrones
11. Screening

RECTIFICACION

Es un proceso por el cual la geometría de un área de la imagen se hace planimétrica. Por ejemplo, si la imagen es tomada -

de un patrón de rejilla rectangular igualmente espaciado entonces la imagen rectificadora será una imagen de un patrón de rejilla rectangular e igualmente espaciada. La rectificación no elimina la distorsión del relieve.

REFLECTANCIA O COEFICIENTE DE REFLEXION

Es una medición de la habilidad de un cuerpo para reflejar la luz o el sonido. La reflectancia de una superficie depende del tipo de ésta, la longitud de onda de la iluminación, la iluminación y el ángulo de visión.

REFLEXION ESPECULAR

Es una reflexión de energía electromagnética sin dispersión o difusión.

REGISTRO

Es el proceso de alineamiento, rotación, translación por medio del cual dos imágenes de geometrías parecidas y del mismo conjunto de objetos son posicionadas una con respecto a otra, de tal manera que los elementos correspondientes de la misma área del terreno aparecen en el mismo lugar al traslaparlas.

REGLA DE DECISION F

Asigna una y sólo una categoría a cada unidad observada sobre la base de la secuencia de mediciones en la secuencia de datos S_d o en la secuencia correspondiente o patrones de rasgos.

REGLA DE DECISION COMPUESTA

Es una regla de decisión que asigna una unidad a una categoría sobre la base de algunas subsecuencias no triviales de patrones de medida en la secuencia de datos o en la secuencia correspondiente de patrones de rasgos. Una regla de decisión compuesta no es una regla de decisión simple.

REGLA DE DECISION SIMPLE

Es una regla de decisión que asigna una unidad a una categoría sobre la base de las mediciones o rasgos asociados con la unidad. En consecuencia, las unidades son tratadas independientemente y la regla de decisión f puede ser considerada como una función que asigna una y sólo una categoría a cada patrón en el espacio de medición o a cada rasgo en el espacio de rasgos.

REGLA DE DECISION SIMPLE DEL MAXIMO PARECIDO O DE LA MAXIMA SEMEJANZA

Es aquella que trata las unidades de manera independiente y asigna una unidad u , que tiene un patrón de mediciones o de rasgos d a la categoría cuyas unidades son más probables, esto es, tal que la probabilidad condicional de d dada c , $P_c(d)$, es la más alta.

REJILLA DE RELACION

Es una operación que puede ser usada para encontrar la mejor forma en que dos imágenes o fotografías pueden relacionarse unas con otras. El grado de relación es a menudo determinado por la correlación de las dos imágenes o por la evaluación de la suma de los cuadrados correspondientes a las diferencias de los tonos de gris. Se puede usar para relacionar un patrón de mediciones con un patrón prototipo.

RESOLUCION

Es la habilidad de un sistema de percepción remota para discriminar señales que están cercanas unas a otras de manera espacial, temporal o espectral.

RESTAURACION DE IMAGEN

Es el proceso por el cual una imagen degradada es restaurada a su condición original.

SCREENING

Es la operación de separar las fotografías o imágenes de poco interés de las que contienen áreas de interés potencial.

SECUENCIA DE ENTRENAMIENTO

Es un conjunto de dos secuencias:

1. La secuencia de datos
2. Una secuencia de identificación de categorías correspondientes (llamada ground-truth o realidad del terreno).

La secuencia de entrenamientos es usada para estimar las categorías de las distribuciones de probabilidad condicional con las cuales la regla de decisión es construida.

SEGMENTACION DE PATRONES

Consiste en la determinación de las áreas de la imagen que constituyen los patrones de interés, esto es, determina aquellas celdas de resolución que deben de ser incluidas y excluidas de los patrones de mediciones.

SELECCION DE RASGOS

Es el proceso por el cual los rasgos al ser usados en un problema de reconocimiento de patrones son determinados. Algunas veces la selección de rasgos se llama selección propia.

SISTEMA ACTIVO

Sistema de percepción remota que transmite su energía electromagnética para hacerla incidir en un objeto. Graba o registra la energía reflejada o refractada al sensor del sistema.

SISTEMA FOTOGRAFICO

Sistema de percepción remota que produce una imagen de manera directa sobre una emulsión contenida en una película, al reflejar la escena la radiación electromagnética en la porción

visible y del infrarrojo cercano del espectro electromagnético.

SISTEMA PASIVO

Es un sistema de percepción remota que registra la energía emitida o reflejada así como la radiación de una escena determinada.

TABLA DE CONTINGENCIA

Es un arreglo de probabilidades cuyos renglones y columnas son designados por etiquetas de categorías y que indican la probabilidad de la identificación correcta para cada categoría así como también la probabilidad de los errores.

TRANSFORMACION DE IMAGEN

Es una función u operador que toma una imagen como entrada y produce una imagen como salida. El dominio del operador de transformación es a menudo denominado dominio espacial. El intervalo del operador de transformación es a menudo denominado dominio transformado. Algunas transformaciones tienen dominios espaciales y de transformación de carácter completamente diferente. Para estas transformaciones, la imagen en el dominio espacial puede parecer diferente de la imagen en el dominio transformado. Ejemplos específicos de esta clase de transformaciones son Fourier, Hadamard, Karhunen-Loeve. Otras transformaciones tienen dominio espacial y transformado de carácter similar. Para estas transformaciones, la imagen en el dominio transformado puede parecer similar a la imagen del dominio espacial. Estos tipos de transformaciones se llama a menudo filtros espaciales.

TRANSFORMACION DE PROPOSITO GENERAL

Esta es una función de preprocesado que desarrolla la rotación de ejes en el espacio espectral. La transformación tiene tres modos de operación.

- a) Todos los ejes son rotados 45°
- b) Todos los ejes son rotados hasta alinearse con vectores caracterfsticos calculados a máquina (análisis factorial)
- c) Los ejes son rotados hacia ángulos especificados por el usuario.

(note que cualquier combinación lineal arbitraria de ejes es una rotación).

TRANSMITANCIA O COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA

Es el cociente de la energía transmitida por el objeto por unidad de tiempo en la unidad de área sobre la energía incidente sobre el objeto por unidad de tiempo en la unidad de área. La transmitancia es una función del ángulo incidente de la energía, ángulo de visión del sensor, longitud de onda espectral, ancho de banda, y la naturaleza del objeto.

TEMA

Tipo de clase, mapa binario, mapa de niveles, alarma, resultado de clasificación, mapa, mapa temático. Tema difiere de alarma en el sentido de que alarma es generada en tiempo real y no llega a ser un tema hasta que es almacenado en una memoria regenerable.

TEMA SINTESIS

Se refiere a un conjunto de operaciones temáticas controladas por el usuario por medio de los panels de control. Cualquier dato de dos niveles desplegado en la pantalla de rayos catódicos puede ser combinado lógicamente incluyendo todos los temas la alarma y el cursor para generar un nuevo despliegue compuesto de dos niveles. Este rasgo es útil para generar áreas de entrenamiento irregulares, para refinar resultados de clasificación y para preparar despliegues para propósitos fotográficos.

TEXTURA

Está relacionada con la distribución espacial de los tonos de gris y los rasgos tonales discretos. Cuando una pequeña área de la imagen tiene poca variación de rasgos tonales discretos, la propiedad dominante de aquella área es el tono de gris. Cuando una pequeña área tiene amplia variación de rasgos tonales discretos, la propiedad dominante de aquella área es la textura.

Hay tres cosas importantes en esto:

1. El tamaño de las áreas pequeñas.
2. El tamaño relativo de los rasgos tonales discretos.
3. El número distinguible de rasgos tonales discretos.

VIDICON

Es un tubo de vacío que tiene una superficie fotosensitiva. Es un medio para convertir imágenes con formatos de radiancia a formato de señal de video. La escena que está siendo enfocada se reproduce sobre la superficie fotosensitiva que es barrida por una barra de electrones que genera una señal cuya amplitud-corresponde a la intensidad radiante sobre la superficie en cada punto. Esta señal se llama señal de video y puede ser amplificada a un nivel deseado.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

- AMIN, T. ASHOK. An Algorithm for Grey-Level Transformations in Digitized Images. IEEE Transactions on Computers. Vol. C-26 No. 11, November 1977.
- ANDREWS, H.C. Computer Techniques in Image Processing. Academic Press, 1970. New York.
- BAJCSY, RUZENA y TAVAKOLI, MOHAMAD. Image Filtering IEEE, Transactions on Circuits and -- Systems. Vol. CAS-22 No. 5 May, 1975, Pags. 463-474.
- BARNEA I. DANIEL. A Class of Algorithms for fast Digital Image Registration IEEE Transaction on Computers. Vol. C-21, No. 2, February, 1972.
- CARTER P. VIRGINIA. Summary Tables for Selected Digital Image Processing Systems. U. S. Geological Survey. Open File Report. Mayo, 1977.
- COMPUTER EYE HANDBOOK. Spatial Data Systems, Inc. Second Edition, 1974.
- ENDELMAN, F.J., M.L. NORTHUP, D.R. KEENEY, J.R. BOYLE y -- R.R. Hughes; 1972. A System Approach to an Analysis of the Terrestrial Nitrogen Cycle. J. Environmental Sys., 2, pp. 3-19.

HUANG, T.S.; SCHREIBER, W.F. y TRETIAK, O.J. Image Processing. Proceedings of IEEE 59, Nov. 1971 Pags. 1586-1609.

I.B.M. de MEXICO e IIMAS de la U.N.A.M. Memorias del II Seminario Internacional sobre el uso de los Sensores Remotos.

IIMAS. Percepción Remota por Computadora. Equipo, Programas y Aplicaciones. Nov., 1975.

INSTITUTO DE GEOFISICA. Desarrollos del Instituto de Geofísica en Percepción Remota. Inédito, 1981. México.

LAZARO MANCILLA O. Sistema Interactivo Digital de Memoria Regenerable para procesamiento de imágenes en Percepción Remota. México, 1979. Tesis Profesional.

LEHMAN T.W. Digital Data Processing and Integration of Remote Sensed Data.

LIPKIN, B.S.; ROSENFELD A. Picture Processing and Psychopictorics, Academic Press, New York 1970;

RADCHIK GARY. Landsat. Una Percepción poco común. Así funciona un Sensor Remoto. Ciencia y Desarrollo. México, Num. 16, Julio 1977.

REAGAN D. ROBERT; TARANIK V. JAMES, GUTMAN I. SETH. Principles of Remote Sensing for the Exploration Geophysicists. S.E.G. Remote Sensing -

School, Sioux Falls, Dakota, 1980.

ROSENFELD, AZRIEL. KAK, AVINASH C. Digital Picture Processing
Academic Press, Inc. 1976. Indiana U.
S. A.

ROSENFELD, AZRIEL. Picture Processing by Computer. Academic -
Press, New York, 1969.

ROSENFELD, AZRIEL. Progress in Picture Processing: 1969-1971.
American Computer Survey Vol. 5, No. 2, Ju
nio 1973, Pags. 81-108.

ROSENFELD, AZRIEL. Survey on Picture Processing Computer Gra--
phics and Image Processing. Vol. 6 No. 2, -
Abril 1977. Pags. 157-187.

ROSENFELD, AZRIEL. Progress in Picture Processing 1969-1971.
American Computer Surveys. Vol. 5, Num. 2,
Junio, 1973, Pags. 81-108.

FIGURAS

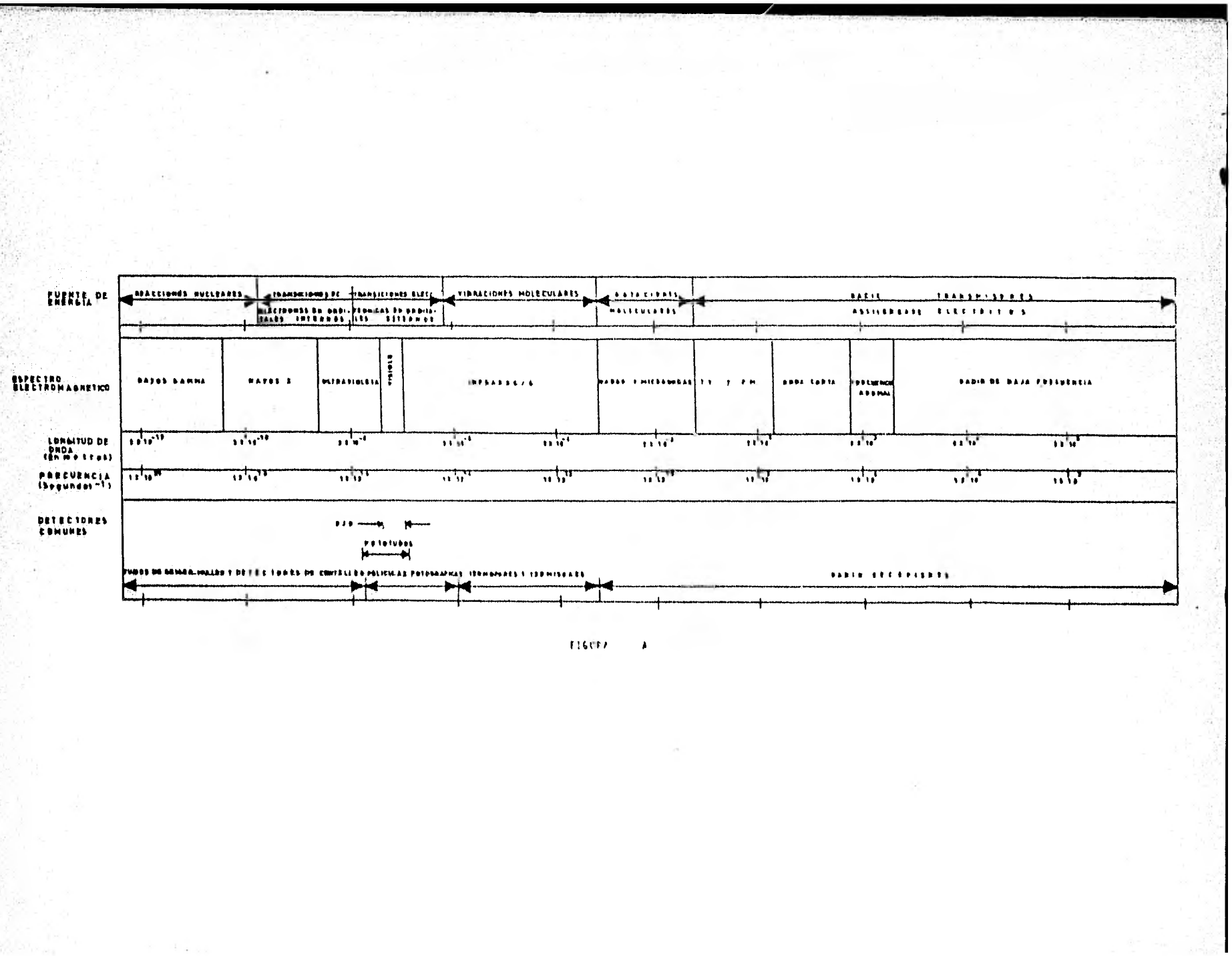
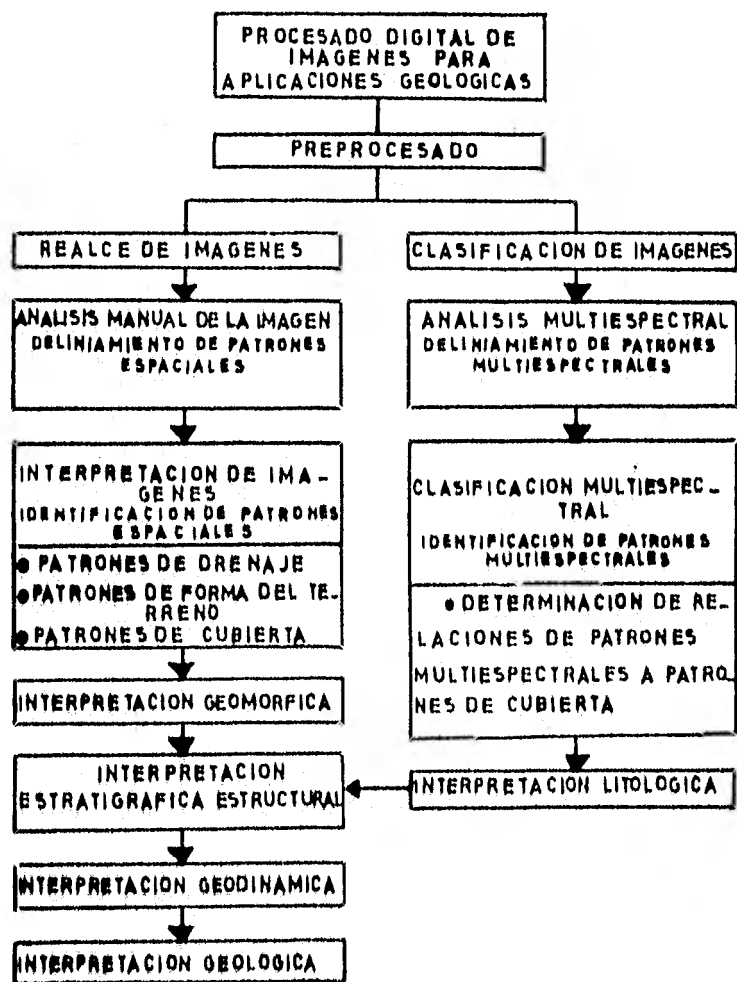
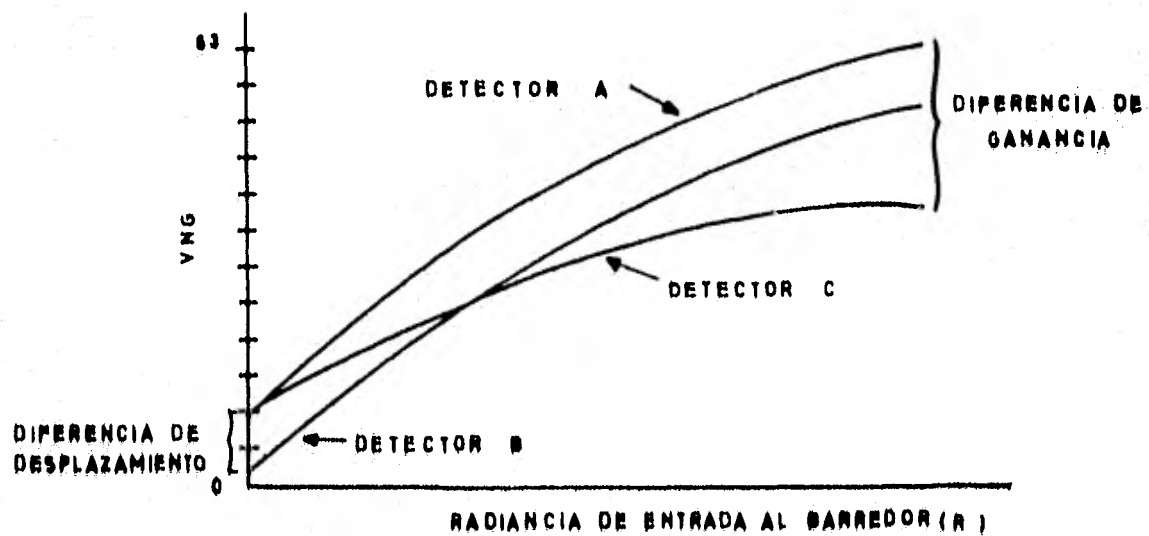
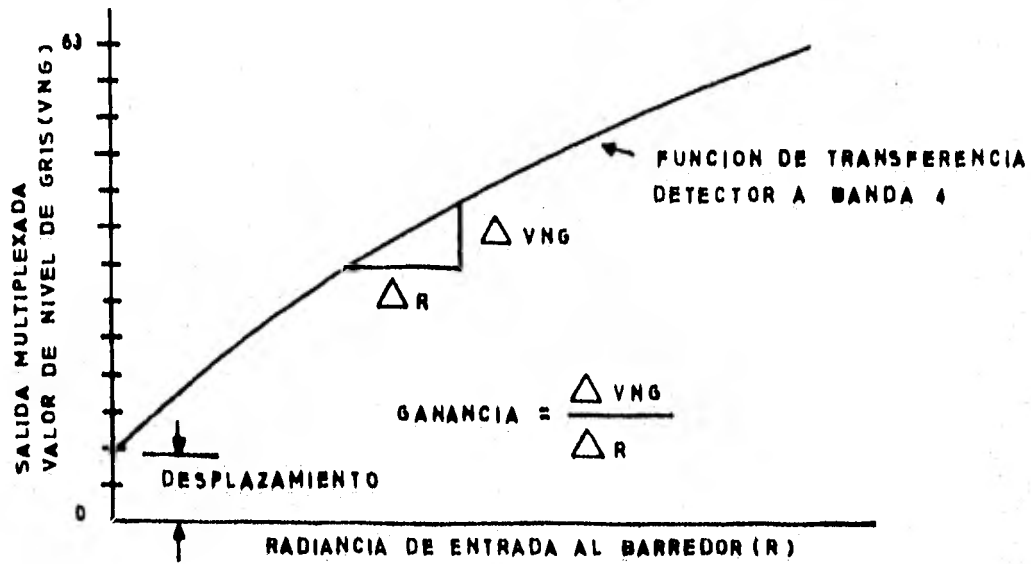


FIGURA A



Procedimiento para Procesamiento Digital de Imágenes para Aplicaciones Geológicas

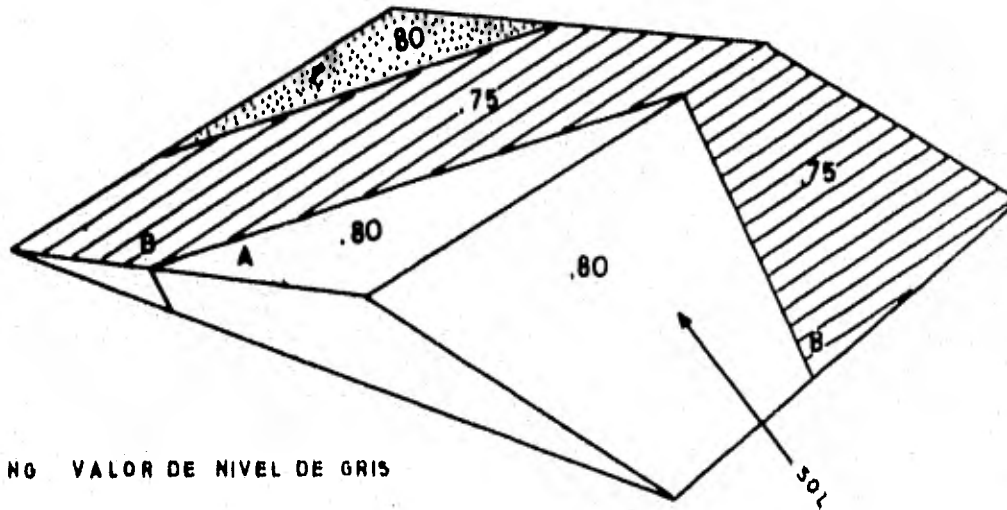
Figura 1



DIFERENTES GANANCIAS Y DESPLAZAMIENTO PARA 3
 DETECTORES DE LA BANDA 4 QUE REGISTRAN LA IMA-
 GEN EN LAS MISMAS CONDICIONES

CAUSAS DEL STRIPING EN DATOS LANDSAT

Figura 2



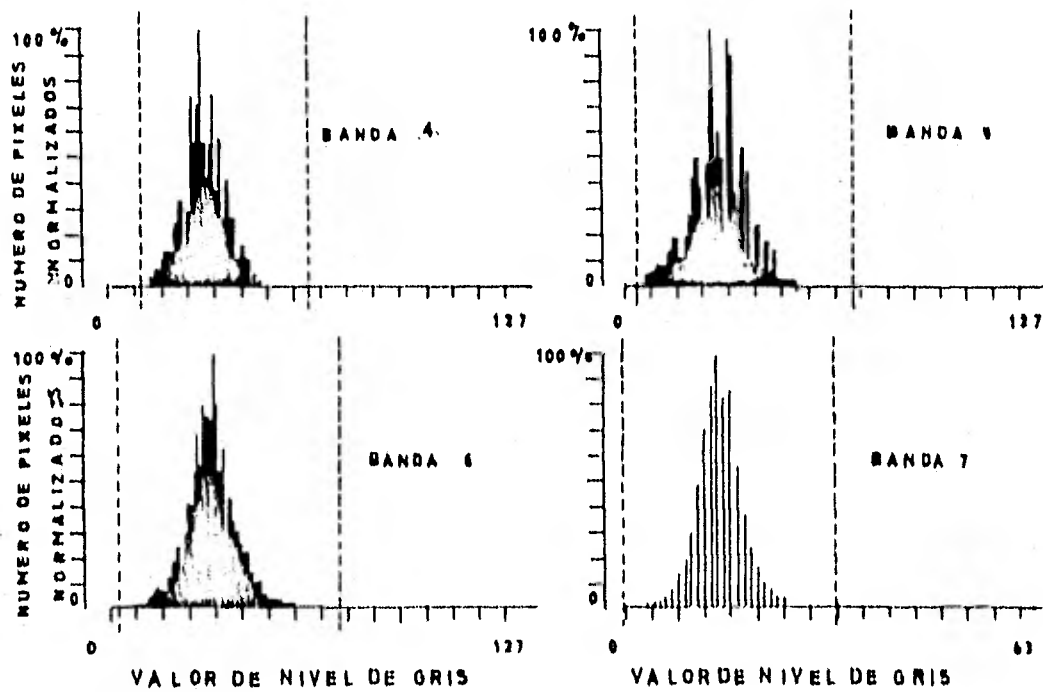
VNG VALOR DE NIVEL DE GRIS

PENDIENTE FRENTE AL SOL	BANDA 4 (VNG)	BANDA 5 (VNG)	COCIENTE DE BANDAS 4/5
UNIDAD A	20	25	.80
UNIDAD B	30	40	.75
PENDIENTE EN CONTRA DEL SOL			
UNIDAD A	16	20	.80
UNIDAD B	24	32	.75
UNIDAD C	32	40	.80

AJUSTE DE DISPERSION RAYLEIGH ATMOSFERICA APLICADA A DATOS

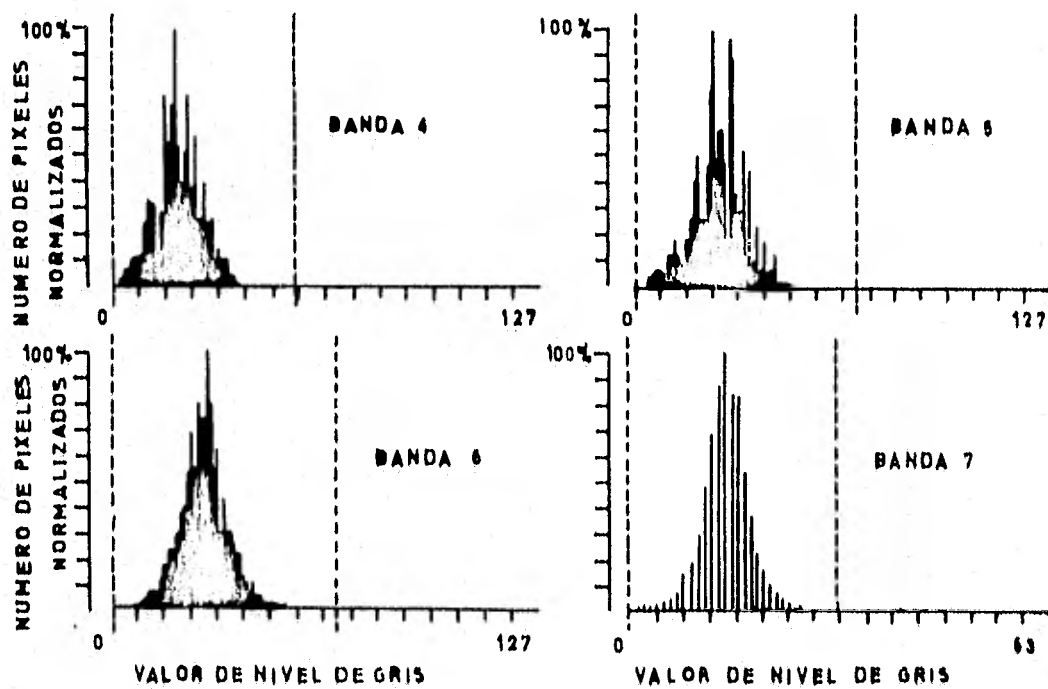
RACIONALIZACION PARA COCIENTE

Figura 3



BANDA ESPECTRAL	LIMITE INFERIOR VALOR DE NIVEL DE GRIS	LIMITE SUPERIOR VALOR DE NIVEL DE GRIS
Banda 4	11	60
Banda 5	4	69
Banda 6	3	69
Banda 7	0	81

Figure 4



BANDA ESPECTRAL	LIMITE INFERIOR VALOR DE NIVEL DE GRIS	LIMITE SUPERIOR VALOR DE NIVEL DE GRIS
Banda 4	0	49
Banda 5	0	66
Banda 6	0	66
Banda 7	0	31

Figura 9

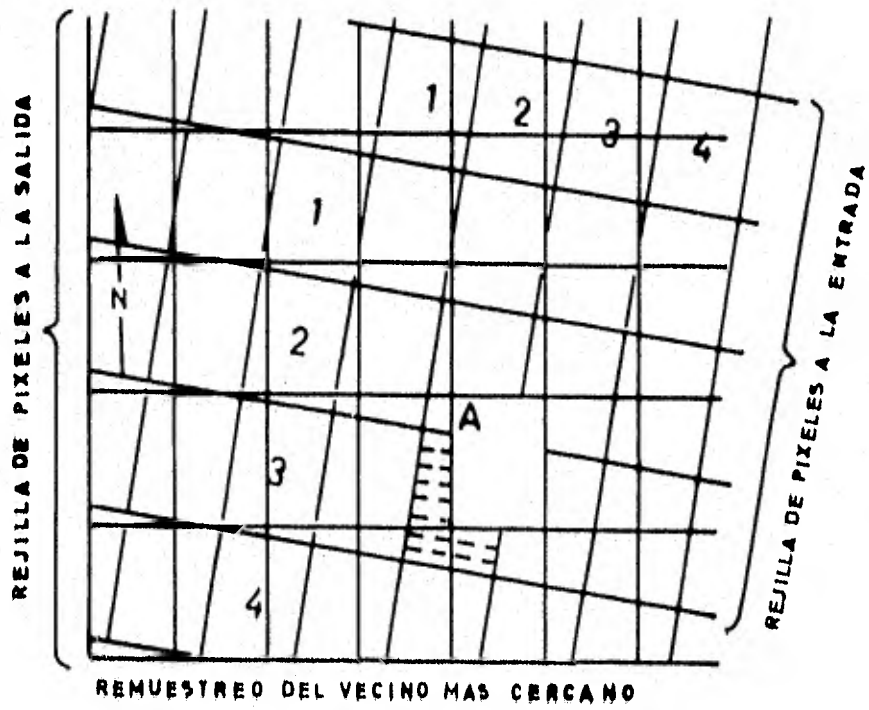
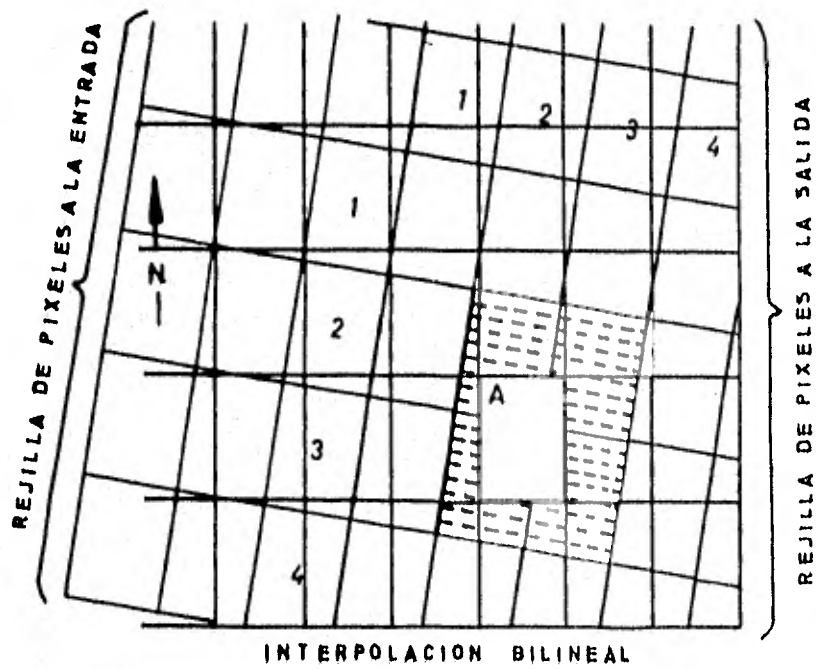
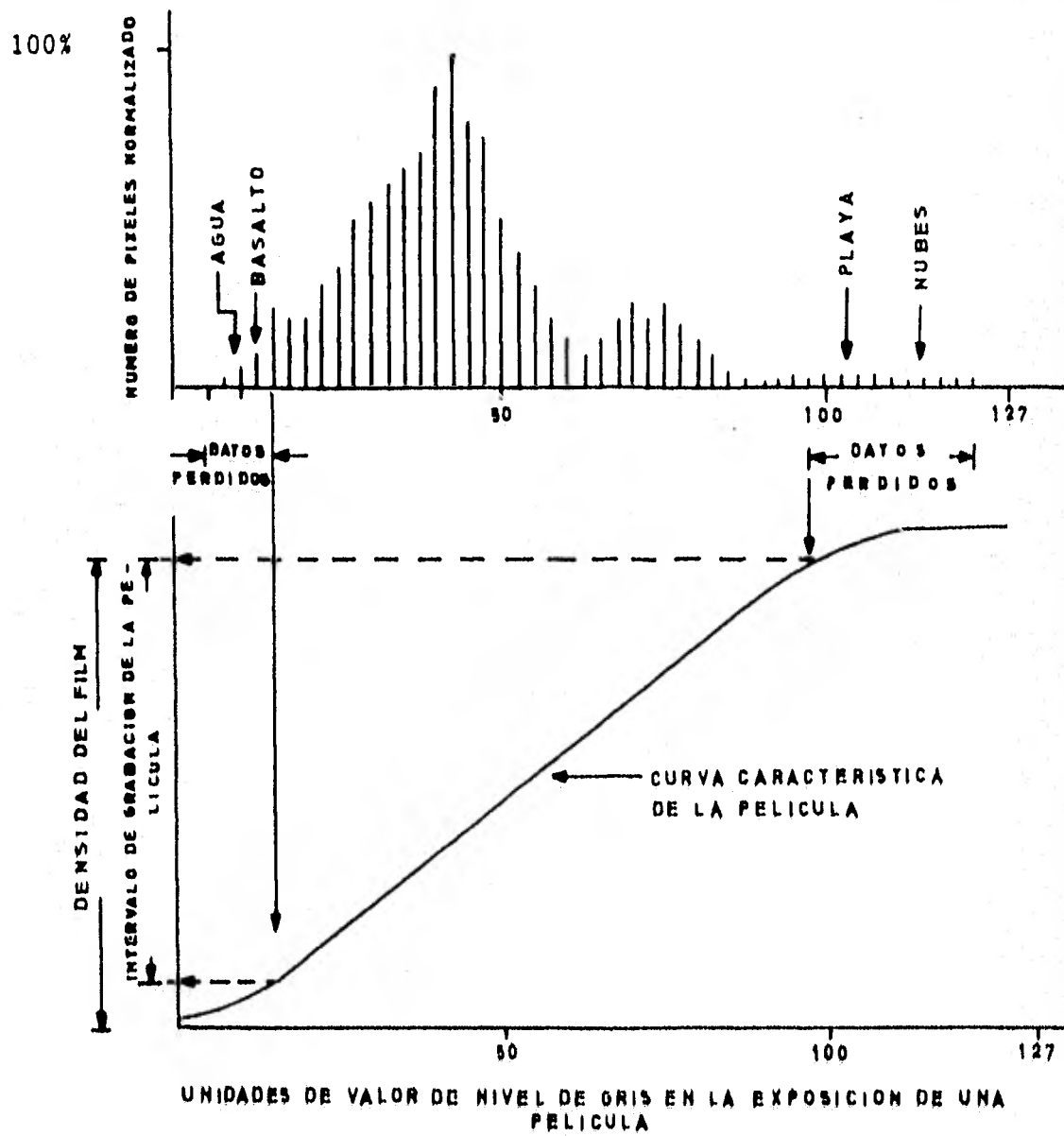


Figura 6



INTERPOLACION BILINEAL

Figura 7



RELACION ENTRE DISTRIBUCION DE VALOR DE NIVEL DE GRIS Y CARACTERISTICAS DE GRABACION DE LA PELICULA.

Figura 8

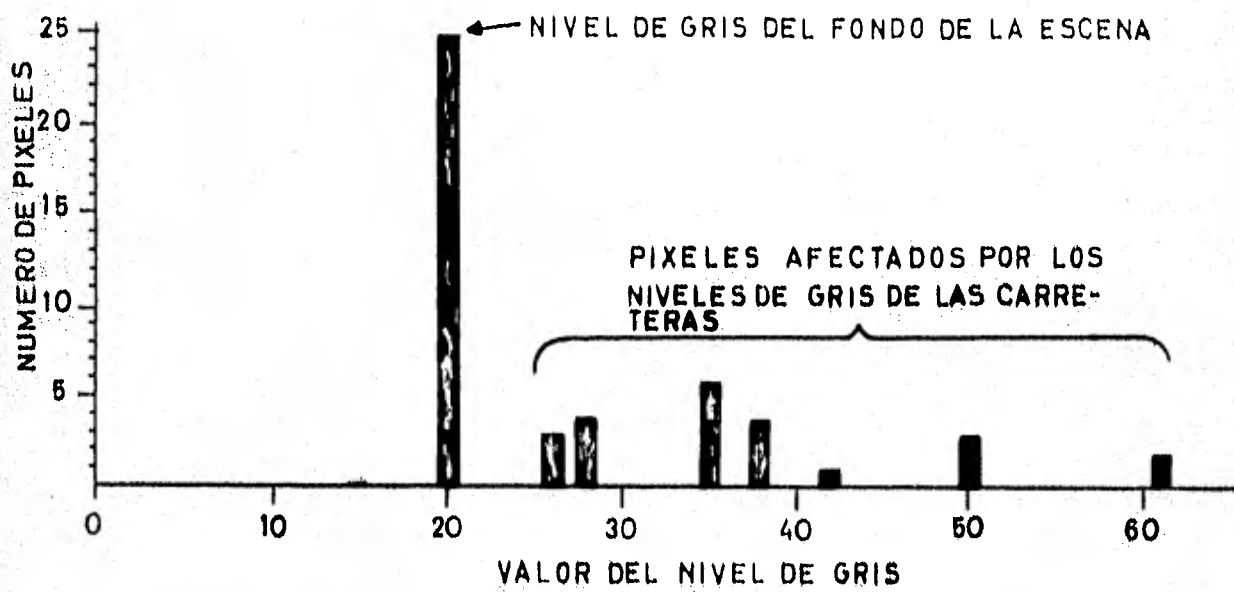
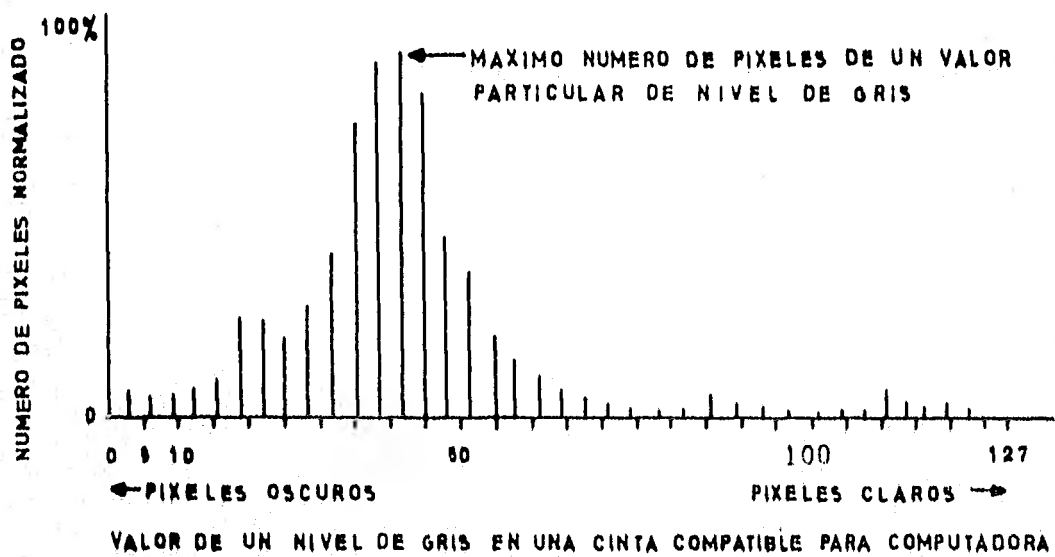


Figura 9a.



DESPLIEGUE DE UN HISTOGRAMA DE OCURRENCIA DEL NUMERO DE
 PIXELES DE UN NIVEL DE GRIS EN UNA BANDA LANDSAT

Figura 10

IMAGEN ORIGINAL

0	1	3	2
2	4	2	1
7	8	5	6
4	9	8	5

IMAGEN AMPLIFICADA

0	0	1	1	3	3	2	2
0	0	1	1	3	3	2	2
2	2	4	4	2	2	1	1
2	2	4	4	2	2	1	1
7	7	8	8	5	5	6	6
7	7	8	8	5	5	6	6
4	4	9	9	8	8	5	5
4	4	9	9	8	8	5	5

Figura 10 a.

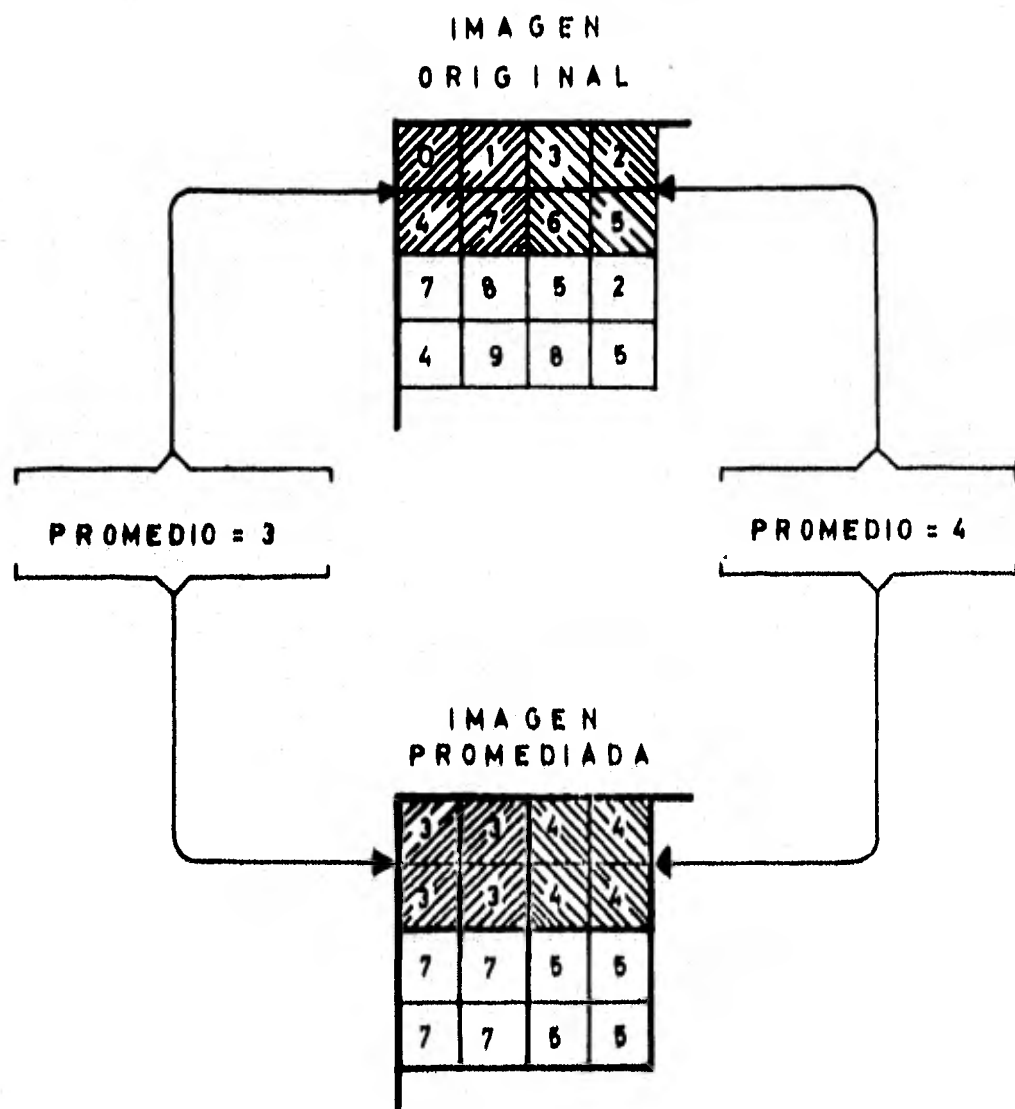


Figura 10 b.

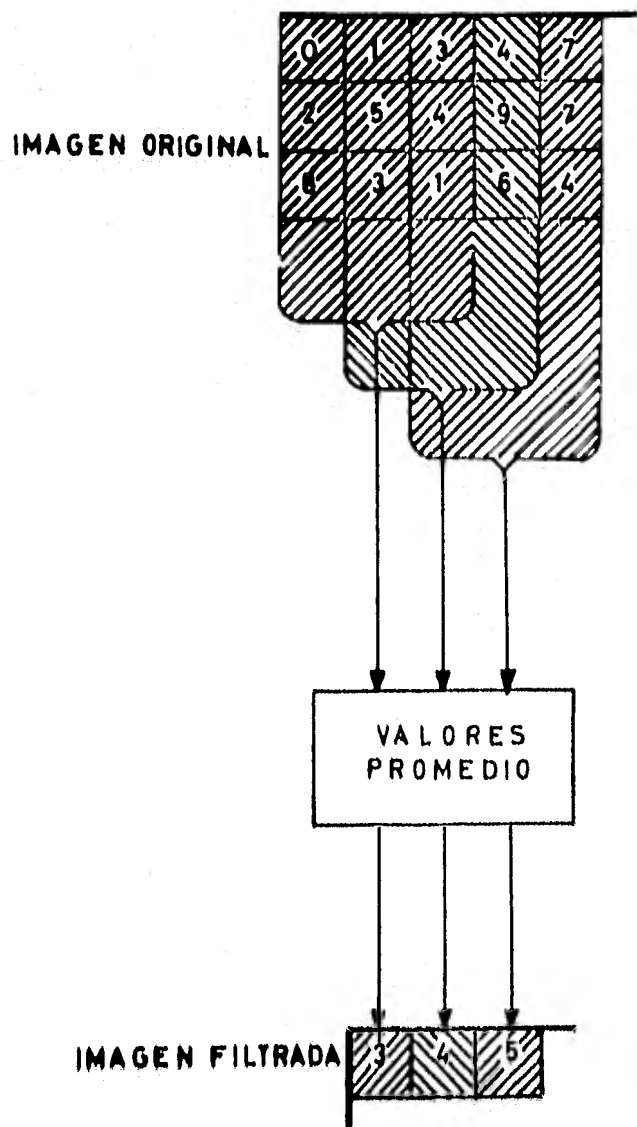


Figura 10 b'.

ORDEN DEL PROMEDIO ESTADISTICO

x_1	x_2	x_3
x_4	x_5	x_6
x_7	x_8	x_9

VALORES COORDENADOS

$$x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(9)}$$

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i x_{(i)}$$

EJEMPLO 1 FILTRADO MEDIANO

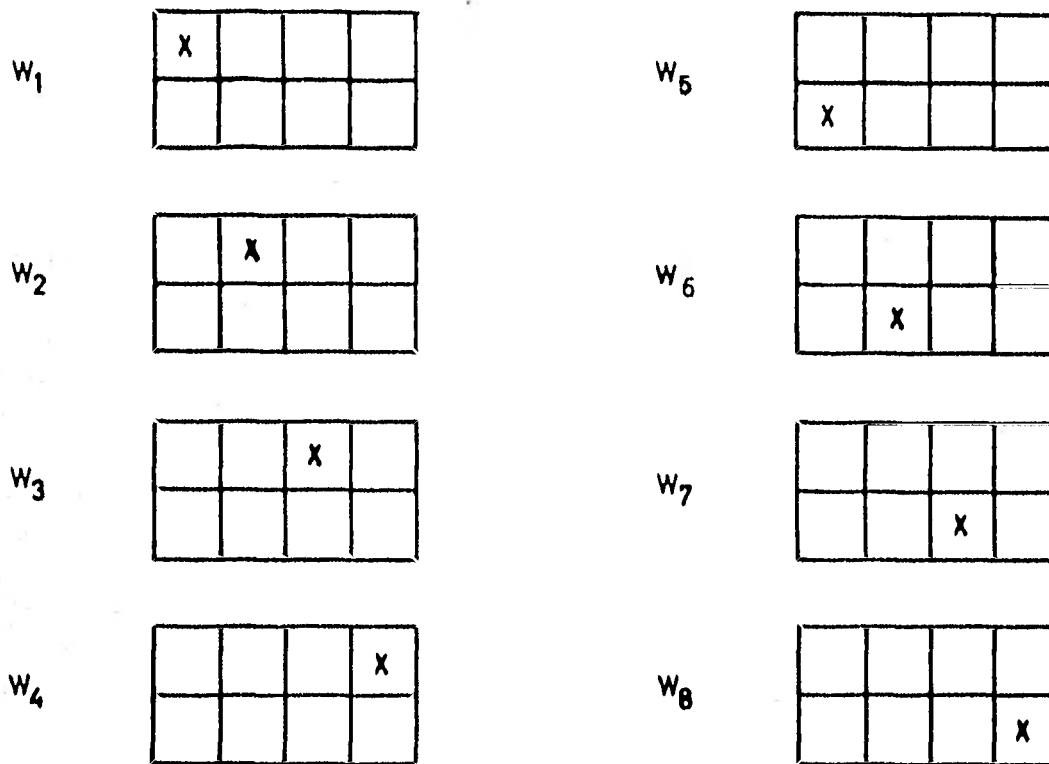
$$w_i = \begin{cases} 1 & i = 5 \\ 0 & i \neq 5 \end{cases}$$

PROMEDIO TRUNCADO

$$w_i = \begin{cases} 1/3 & i = 4, 5, 6 \\ 0 & i \neq 4, 5, 6 \end{cases}$$

Figura 10 b''.

PROMEDIO CONDICIONAL

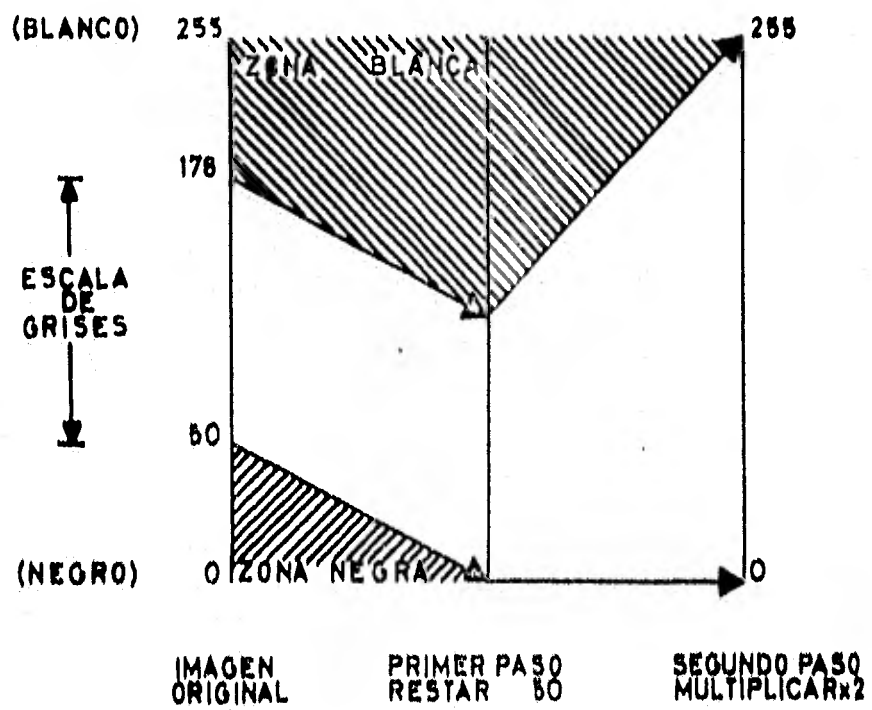


Sea a_j el promedio sobre la ventana j

s_j es la desviación estándar sobre la ventana j

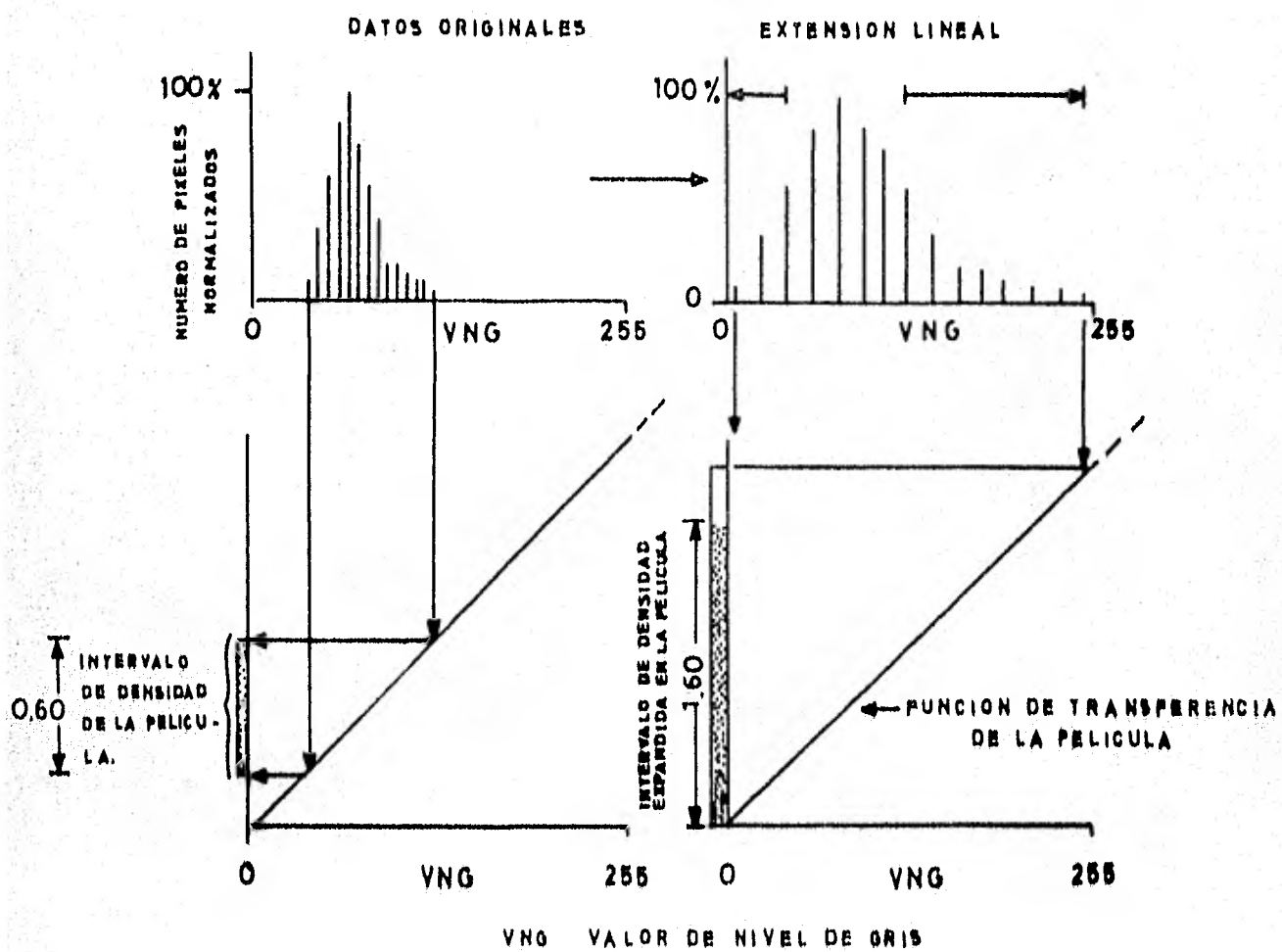
$$a = \begin{cases} a_j & \text{donde } s_j \leq s_j, \quad j = 1, \dots, N \\ y & s_j < 0 \\ * s_i & s_j > 0 \end{cases}$$

Figura 10 b''''.



OPERACION DE REALCE DE
CONTRASTE

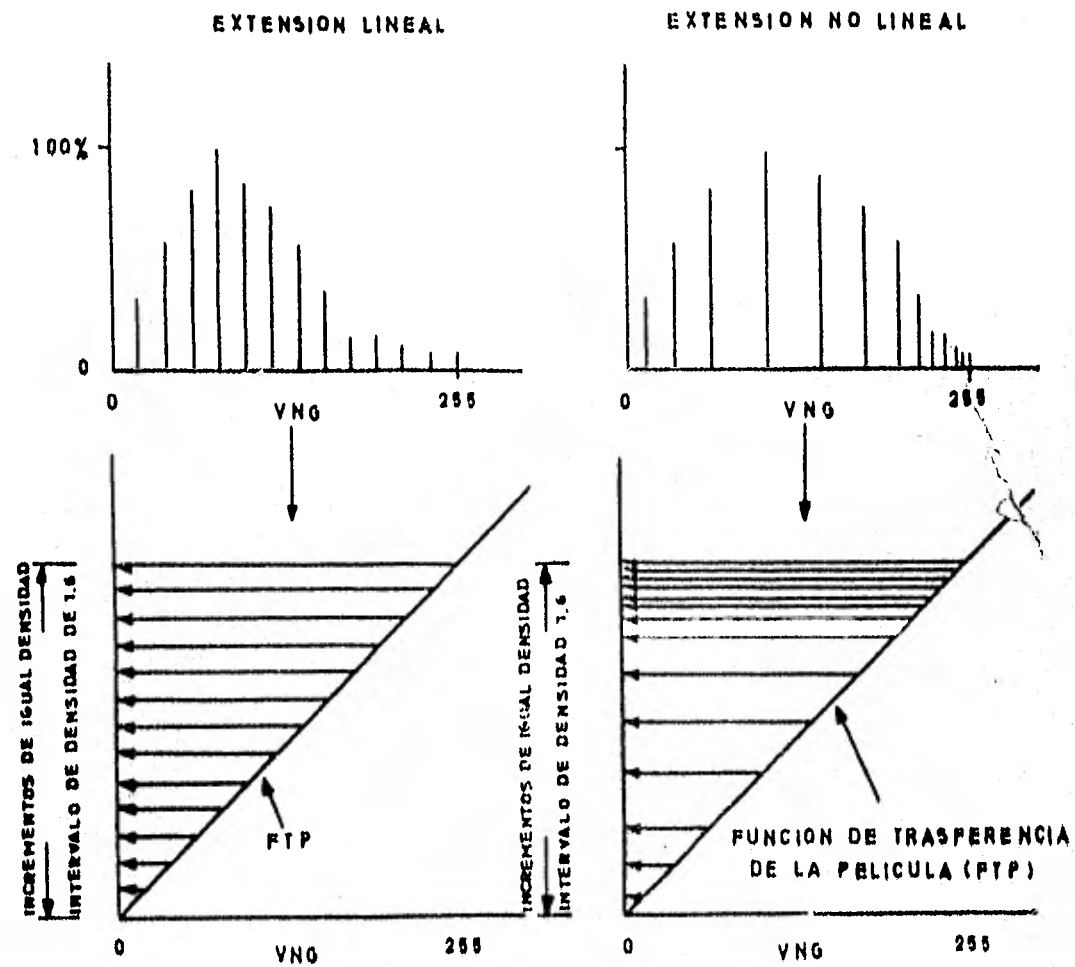
Figura 10 c.



CONCEPTO DE REALCE POR CONTRASTE LINEAL DE

DATOS DIGITALES

Figura 11



(VNG) VALOR DE NIVEL DE GRIS

ALGORITMOS PARA EL REALCE POR CONTRASTE LINEAL

1. SECCIONALMENTE LINEAL
2. FUNCION DE DISTRIBUCION DE RAMPA A CUMULATIVA
3. FUNCION DE DISTRIBUCION - PROBABILIDAD
4. LOGARITMO
5. POTENCIA
6. GAUSIANA
7. SENOIDAL
8. EXTENSION HIBRIDA (UNA BANDA LINEAL - NO LINEAL LAS OTRAS DOS)

TECNICAS DE REALCE DE CONTRASTE

Figura 12

REALCE DE BORDES

Sea $I(i, j)$ el nivel de gris del tono en una celda de resolución (i, j)

$J(i, j)$ Es el tono de gris de la imagen suavizada en una celda de resolución.

DEFINIMOS :

$$E(i, j) = \begin{cases} I(i, j) - J(i, j) & \text{cuando} \\ I(i, j) - J(i, j) & \leq 0 \\ 0 & \text{El resto de valores.} \end{cases}$$

Figura 12a.

1	-1	1
0	0	0
-1	-1	-1

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

MASCARA DE BORDES SIMPLES

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

OPERADOR DE BORDES SOBEL

$$\theta = \text{ARCTAN} \frac{\text{VERT}}{\text{HORZ}}$$

Figura 12 b.

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

5	5	5
-3	0	-3
-3	-3	-3

1	1	1
1	-2	1
-1	-1	-1

2	1	0
1	0	-1
0	-1	-2

1	1	0
1	0	-1
0	-1	-1

5	5	-3
5	0	-3
-3	-3	-3

1	1	1
1	-2	-1
1	-1	-1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

5	-3	-3
5	0	-3
5	-3	-3

1	1	-1
1	-2	-1
1	1	-1

0	-1	-2
1	0	1
2	1	0

0	-1	-1
1	0	-1
1	1	0

3	-3	-3
5	0	-3
5	5	-3

1	-1	-1
1	-2	-1
1	1	1

N

NW

W

SW

Fig. 12 c.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	-1	0
-1	0	1
0	1	1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

0	1	1
-1	0	1
-1	-1	0

-3	-3	-3
-3	0	-3
5	5	5

-3	-3	-3
-3	0	5
-3	5	5

-3	-3	5
-3	0	5
-3	-3	5

-3	5	5
-3	0	5
-3	-3	-3

-1	-1	-1
1	-2	1
1	1	1

-1	-1	1
-1	-2	1
1	1	1

-1	1	1
-1	-2	1
-1	1	1

1	1	1
-1	-2	1
-1	-1	1

S

SE

E

NE

Fig. 12 d.

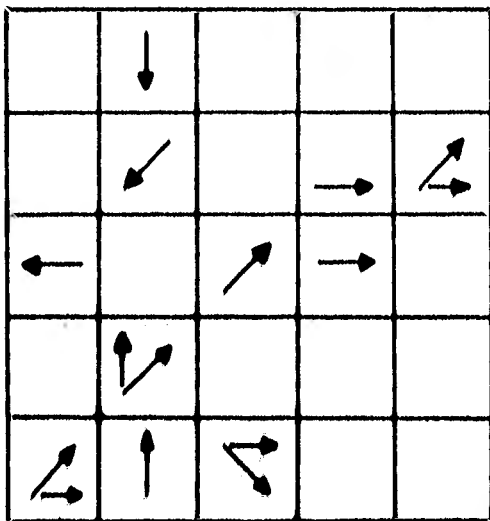
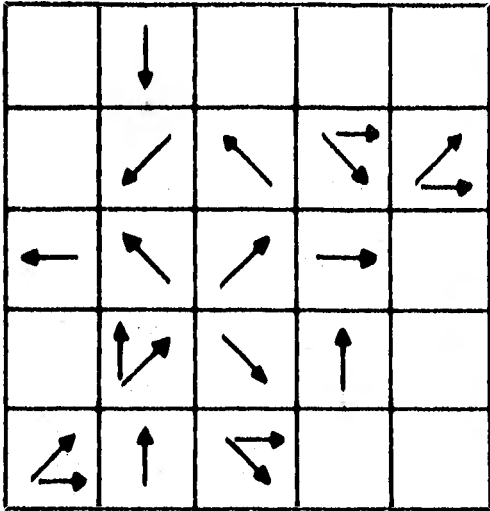


Figura 12 e.

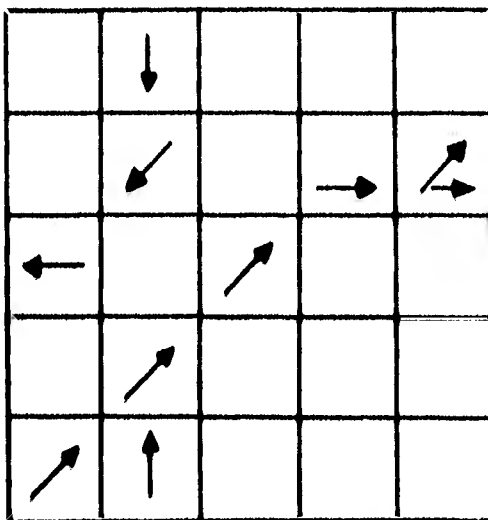
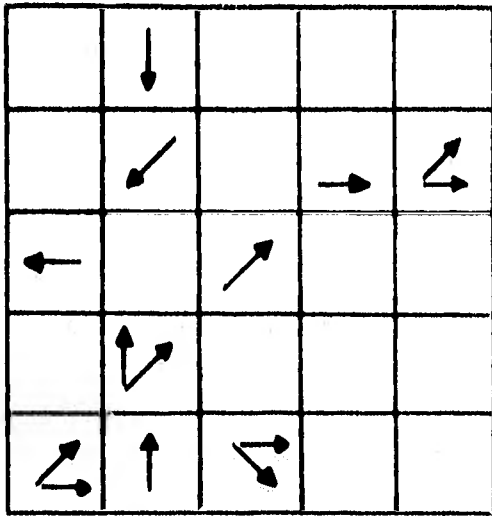


Figura 12 f.

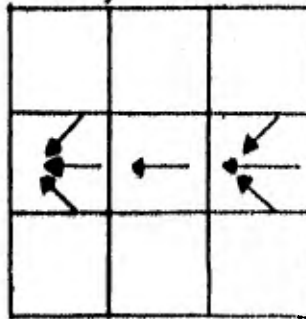
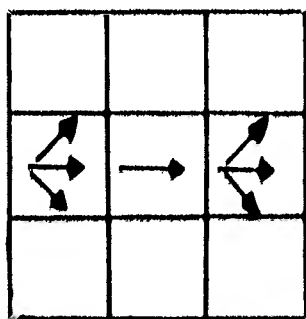
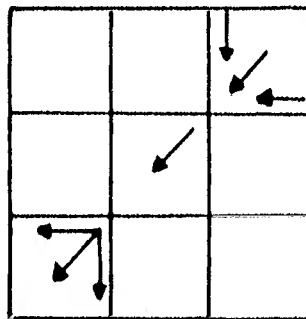
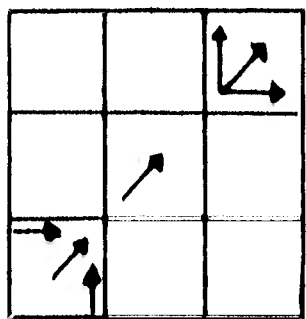
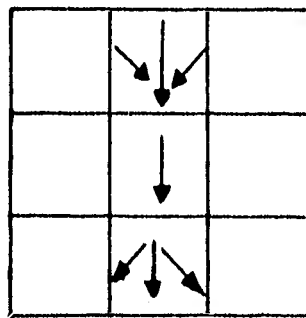
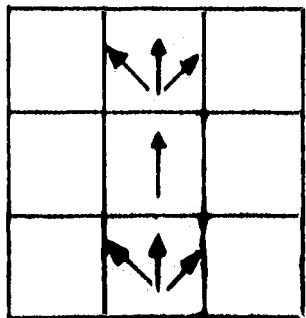
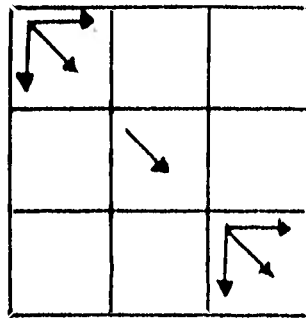
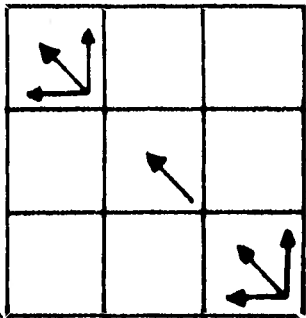


Fig. 12 a.

R E A L C E D E L I N E A S

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

-1	-1	-1	-1	-1
2	2	2	2	2
-1	-1	-1	-1	-1

			-1	2
	-1	-1	2	-1
	-1	2	-1	
-1	2	-1	-1	
2	-1			

2	-1			
-1	2	-1	-1	
	-1	2	-1	
	-1	-1	2	-1
			-1	2

		-1	2	-1
		-1	2	-1
	-1	2	-1	
-1	2	-1		
-1	2	-1		

-1				
2	-1	-1	-1	
-1	2	2	2	-1
	-1	-1	-1	2
				-1

Figura 12 h.

R E A L C E D E L I N E A S

a	b	c
d	e	f
g	h	i

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Sea $\alpha = 2(b+e+h) - (a+d+g) - (c+f+i)$

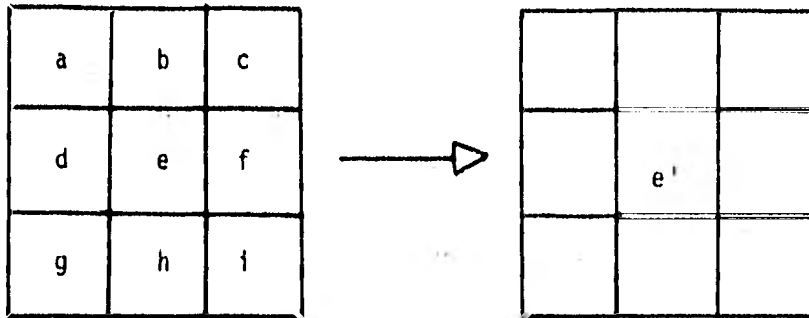
$$\beta = (b+e+h) - (a+d+g)$$

$$\gamma = (b+e+h) - (c+f+i)$$

$$\delta = \begin{cases} -1/6 & \text{si } \alpha/6 = 0 \\ 0 & \text{en el resto lineal} \end{cases}$$

$$\epsilon = \begin{cases} -1/6 & \text{si } \beta/3 \geq 0 \text{ y } \gamma/3 \geq 0 \\ 0 & \text{en el resto semilineal} \end{cases}$$

Figura 12 1



$$e' = \text{MIN} (d , e , f)$$

$$e' = \text{MIN} (b , e , h)$$

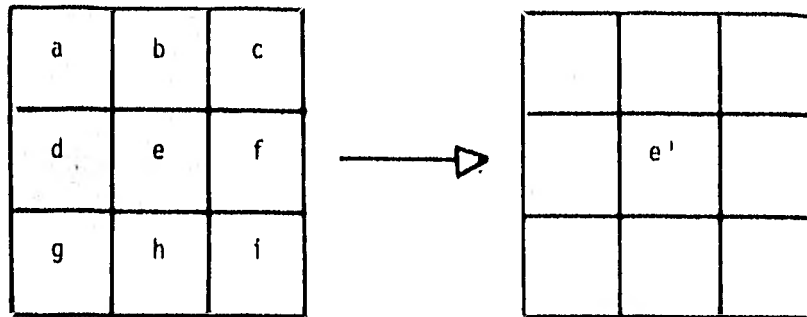
$$e' = \text{MIN} (a , b , c , d , e , f , g , h , i)$$

$$e' = \text{MAX} (d , e , f)$$

$$e' = \text{MAX} (b , e , h)$$

$$e' = \text{MAX} (a , b , c , d , e , f , g , h , i)$$

Fig. 12 J



$$L = \text{MAX} (a , b , c , d , e , f , g , h , i)$$

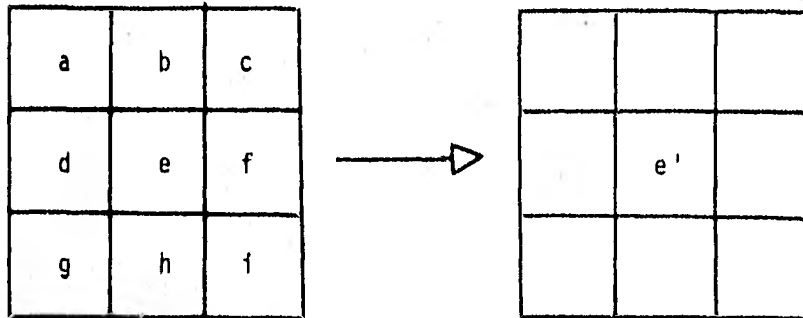
$$S = \text{MIN} (a , b , c , d , e , f , g , h , i)$$

$$A = \frac{1}{9} (a + b + c + d + e + f + g + h + i)$$

$$e' = \begin{pmatrix} L & si & | & L - e & | & \leq & | & S - e & | \\ S & si & | & S - e & | & < & | & L - e & | \end{pmatrix}$$

$$e' = \begin{pmatrix} L & si & | & L - A & | & \leq & | & S - A & | \\ S & si & | & S - A & | & < & | & L - A & | \end{pmatrix}$$

Fig. 12 k



$$e' = \frac{1}{2} (e + \text{MIN} (e, x))$$

Donde $x \in (a , b , c , d , f , g , h , i)$

Satisface

$| e - x | \leq | e - y |$ para cualquier

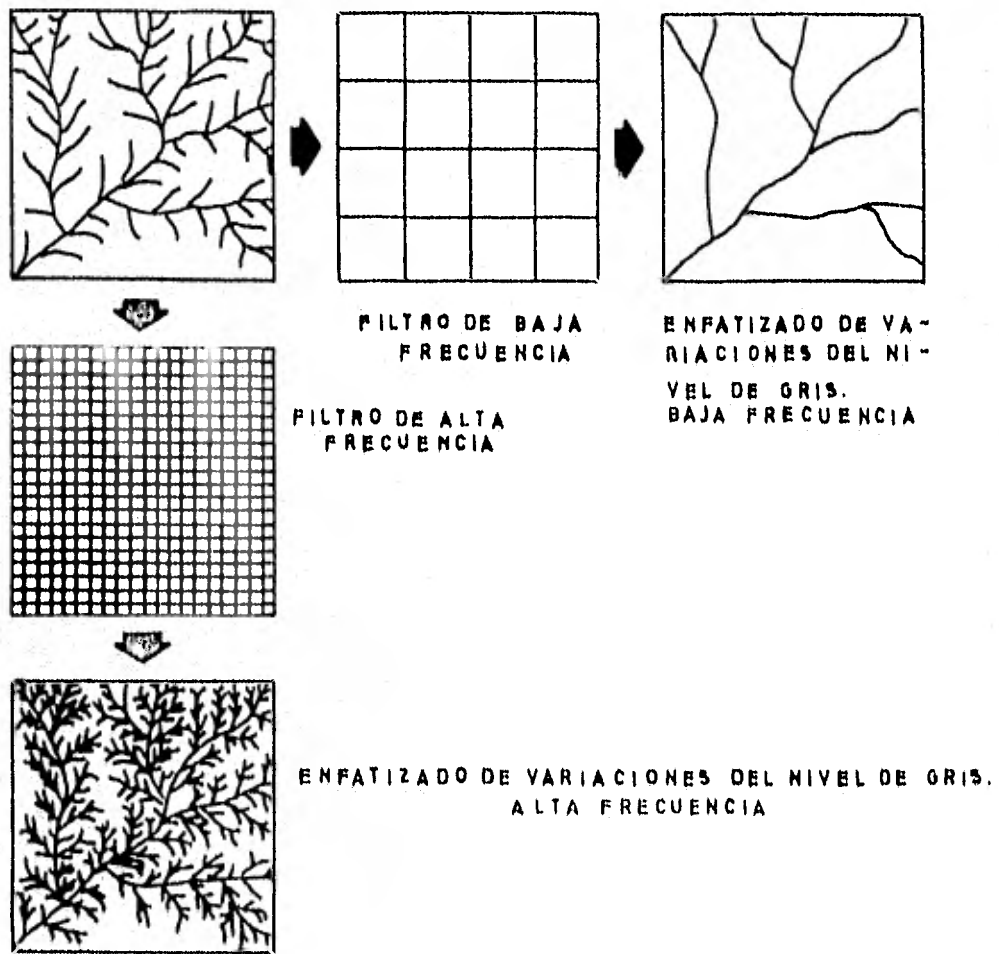
$y \in (a , b , c , d , f , g , h , i)$

$$e' = \frac{1}{2} (e + \text{MAX} (e, x))$$

Fig. 12 1

REALCE DE CAMBIOS PERIODICOS EN EL VALOR DE NIVEL DE GRIS DE IMAGENES

REALCE DE CONTORNOS O BORDES



CONCEPTO DE FILTRADO ESPACIAL

Figura 13

GRADIENTE RÁPIDO DE ROBERTS

DISTANCIA 1

a	c
d	b

$$(a-b) + (c-d)$$

DISTANCIA 2

	a	
c		d
	b	

$$(a-b) + (c-d)$$

Figura 13 a

L A P L A C I A N O

DISTANCIA 1

	1	
1	-4	1
	1	

DISTANCIA 2

		1		
1		-4		1
		1		

Figura 13 b

L A P L A C I A N O

DISTANCIA 3

			1			
1			-4			1
			1			

DISTANCIA 4

				1			
1				-4			1
				1			

Figura 13 b'

SUAVIZADO

SIMPLE

$\frac{1}{8}$

A	B	C
D	P	F
G	H	I

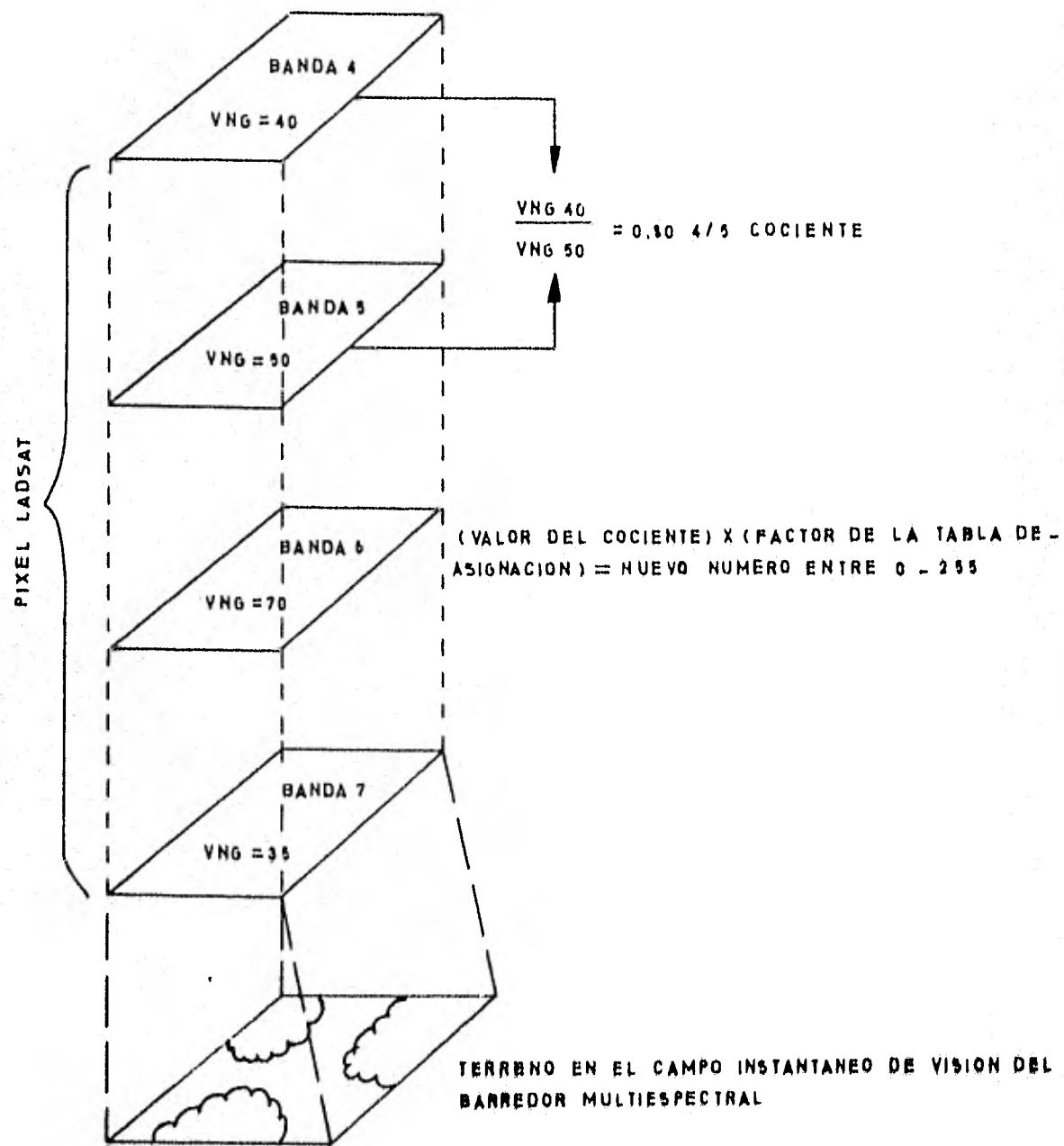
$\frac{1}{16}$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

$\frac{1}{16}$

1	1	1
1	2	1
1	1	1

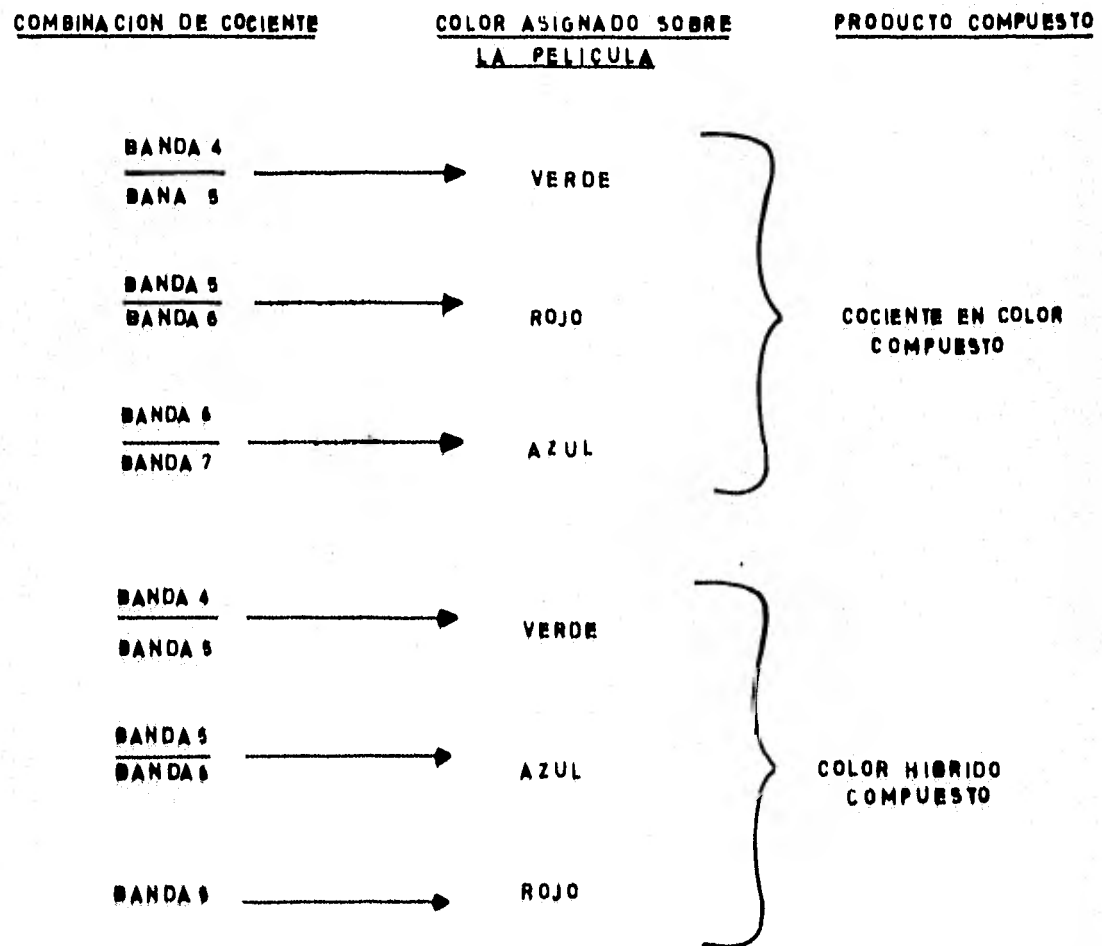
Figura 13 c



VNG = VALOR DE NIVEL DE GRIS

CONCEPTO DE COCIENTE

Figura 14



COCIENTE COMPUESTO

Figura 15

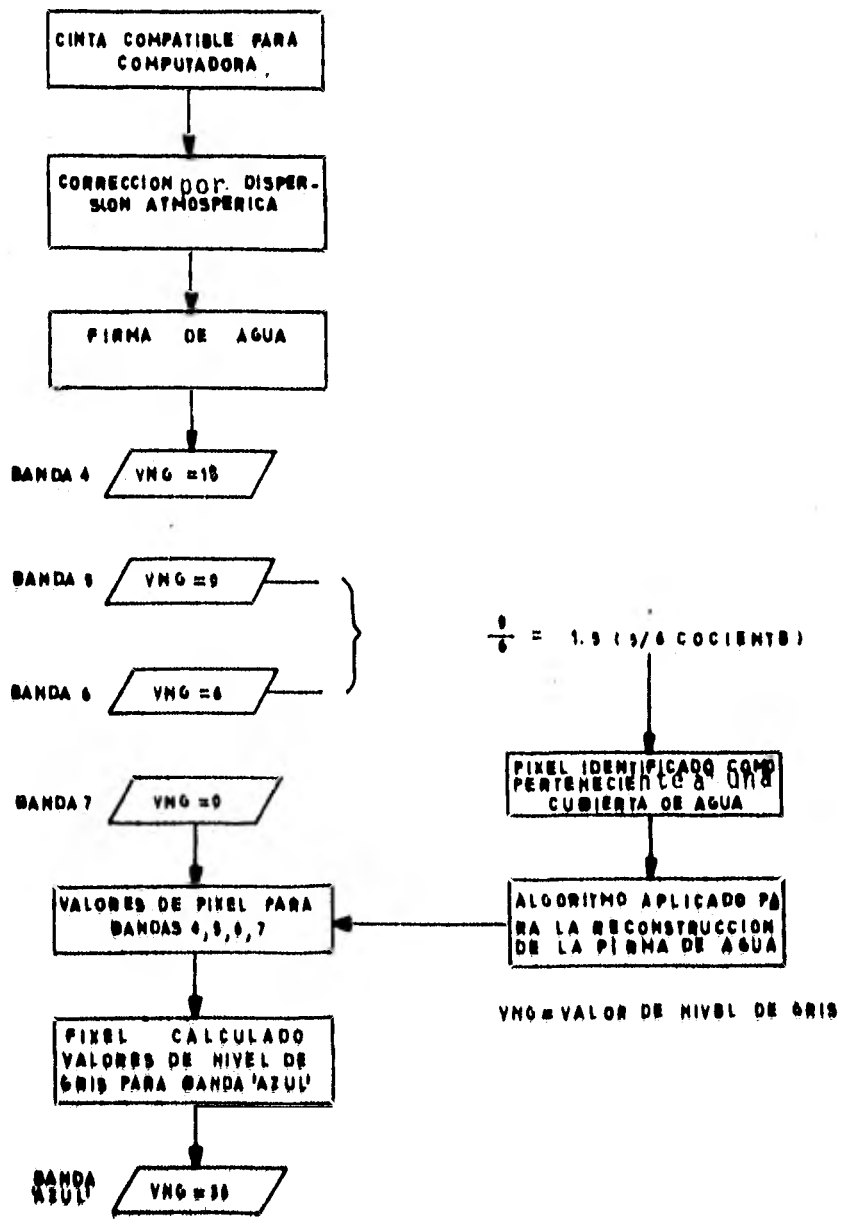
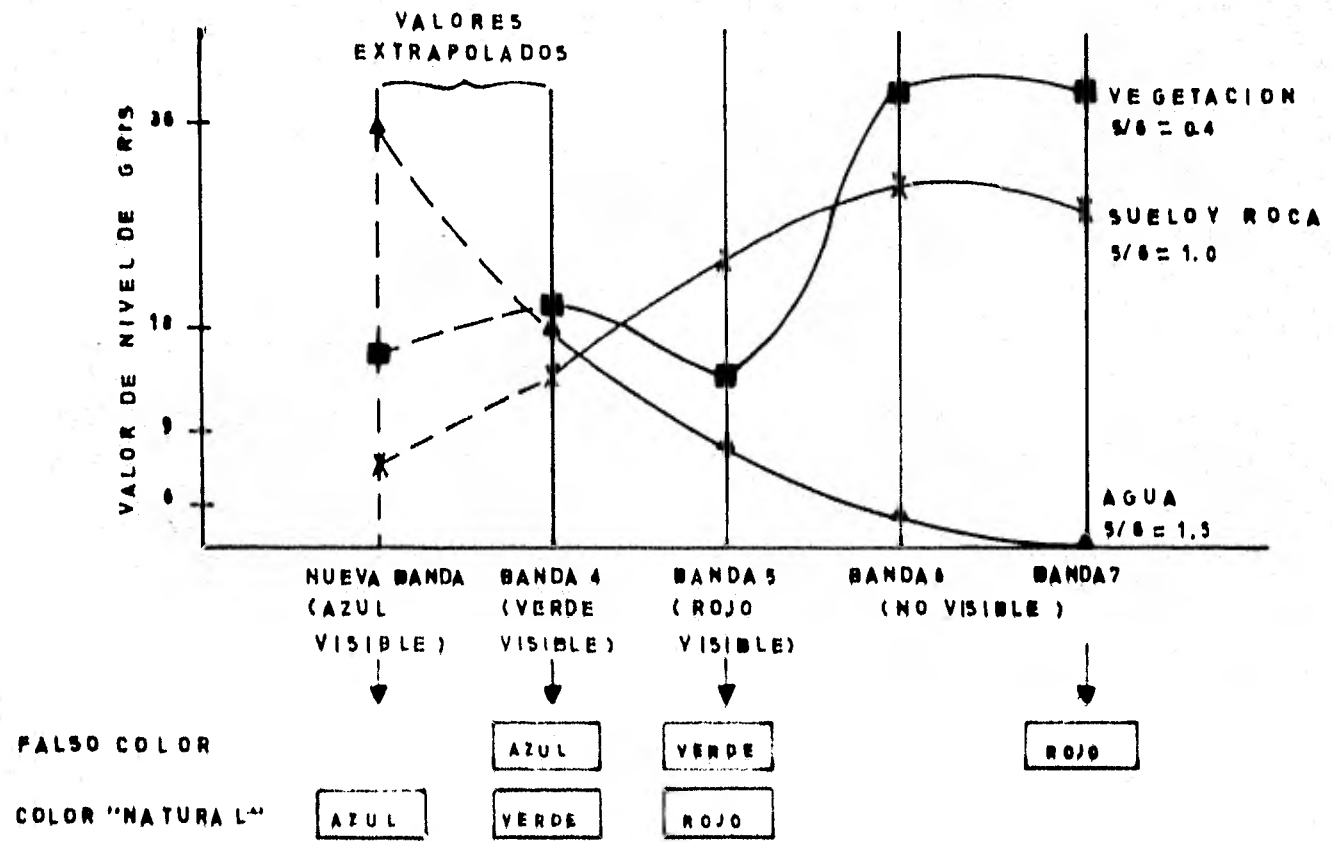


Figura 16



PRODUCCION DE COLOR ARTIFICIAL

Figura 17

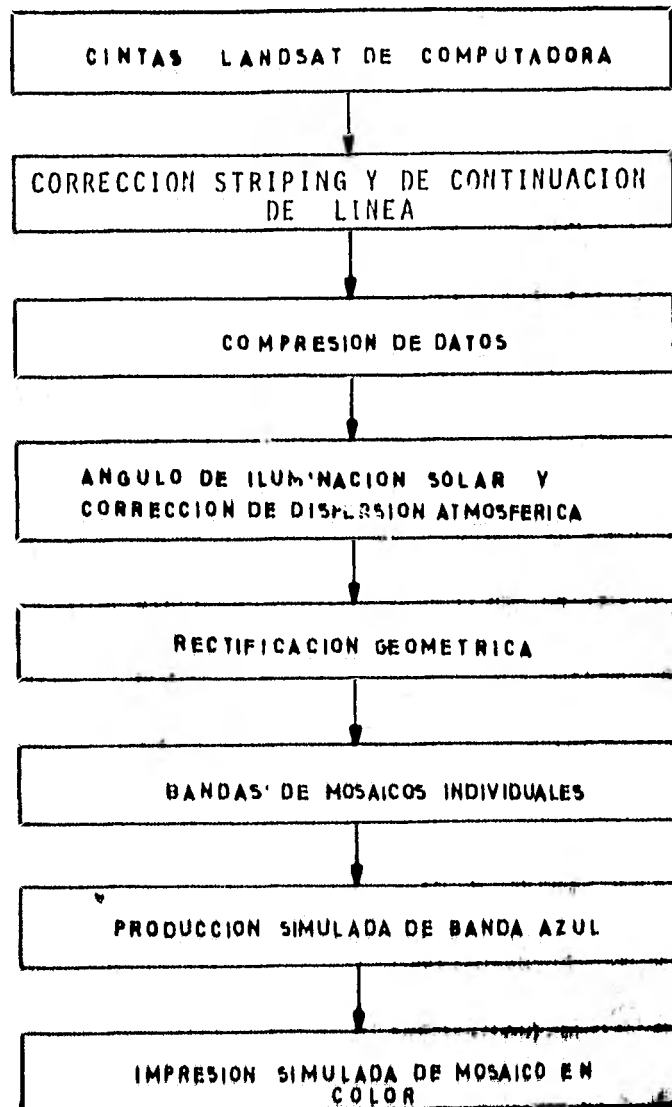


Figura 18

TIPOS DE ENTRENAMIENTO PARA CLASIFICACIONES

*NO SUPERVISADA- IDENTIFICACION DE GRUPOS NATURALES DE DATOS EN CUATRO DIMENSIONES ESPECTRALES POR MEDIO DE ALGORITMOS.

*SUPERVISADA- DETERMINACION DE LOS LIMITES ESPECTRALES DE UN NUMERO ESPECIFICO DE CLASES DE CUBIERTA POR MEDIO DEL ANALISIS DE MUESTRAS DE LAS CLASES.

ALGUNOS ALGORITMOS DE CLASIFICACION COMUNMENTE EMPLEADOS

*PARALELEPIPEDO - DETERMINA QUE ELEMENTOS PICTORICOS CAEN DENTRO DE UN ESPACIO DE CLASIFICACION DEFINIDO POR LOS CUATRO LIMITES ESPECTRALES DIMENSIONALES DE UNA CLASE DE CUBIERTA PARTICULAR.

*MAXIMO PARECIDO- DETERMINA QUE ELEMENTOS PICTORICOS QUE MAS SE PARECEN PERTENECEN A UNA CLASE ESPECIFICADA DEL ANALISIS DEL VECTOR MEDIO Y MATRICES DE COVARIANCIA DE MUESTRAS DE TODAS LAS CLASES.

CLASIFICACION DE IMAGENES DE DATOS LANDSAT

Figura 19

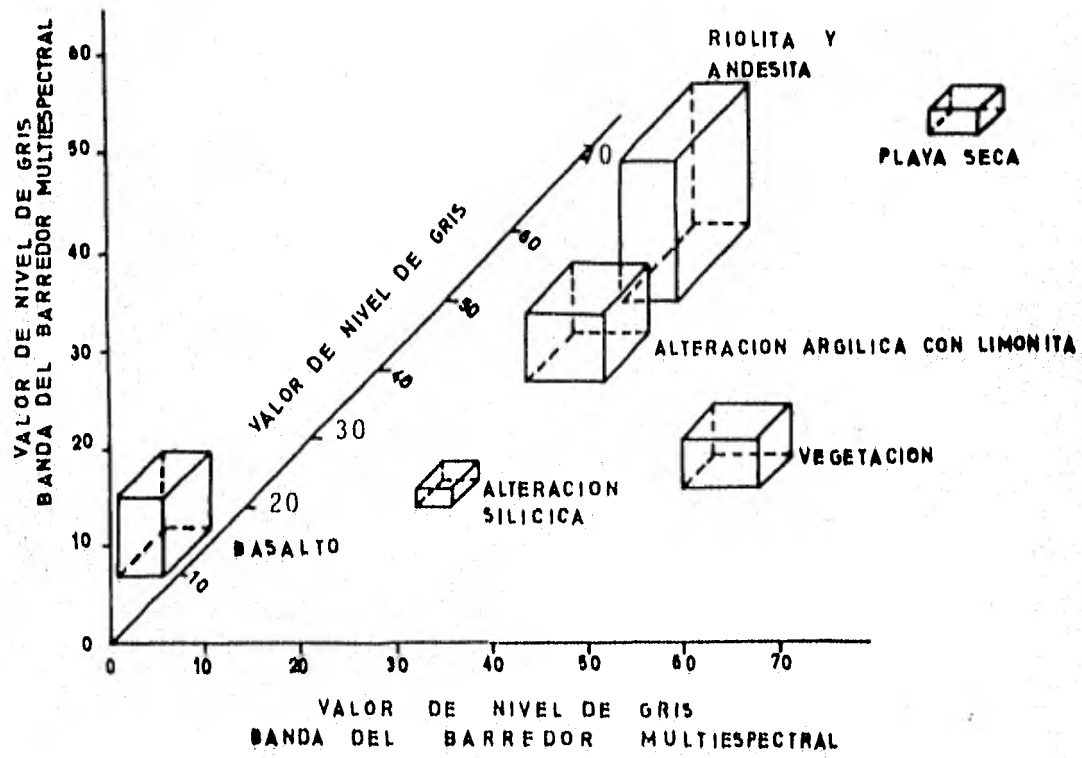
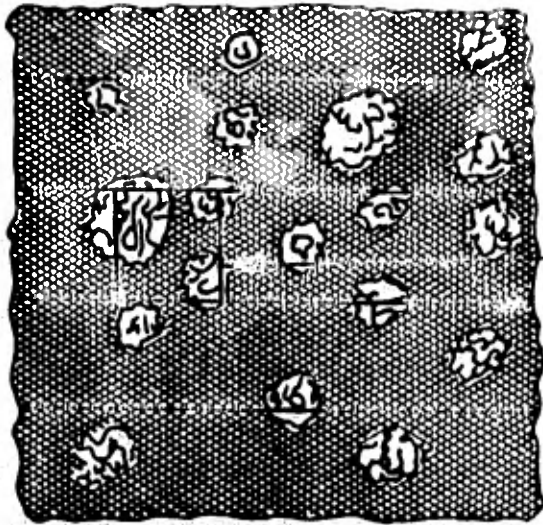
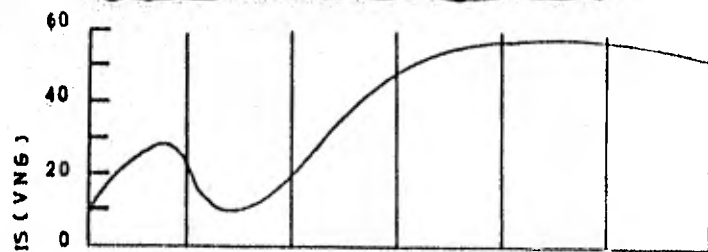


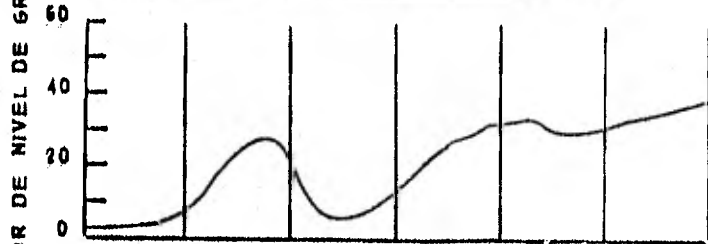
Figura 20



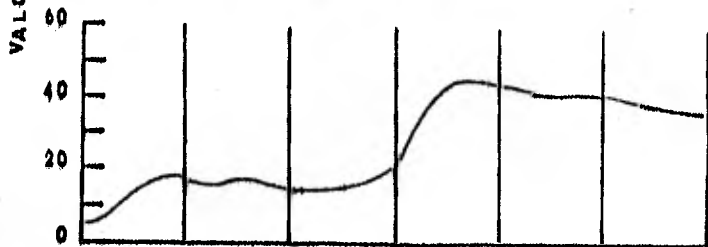
CAMPO INSTANTANEO
DE VISION
BARREDOR MULTIESPECTRAL



CURVA ESPECTRAL
PARA
VEGETACION



CURVA ESPECTRAL
PARA
ARENISCA ROJA



FIRMA COMBINADA
POR
PIXEL

.5 .6 .7 .8 .9 1.0 1.1 (LONGITUD DE ONDA EN MICROMETROS)
BANDA 4 BANDA 5 BANDA 6 BANDA 7

Figura 21

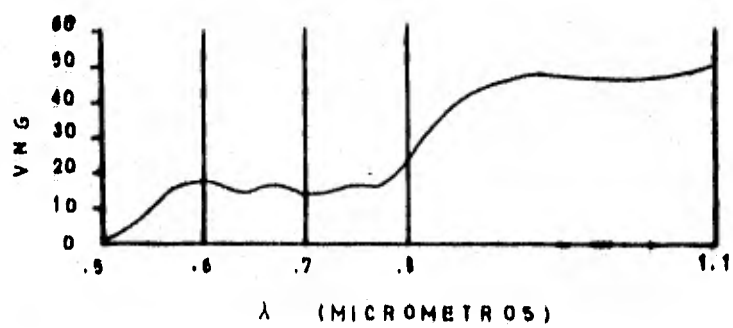


Figure 22

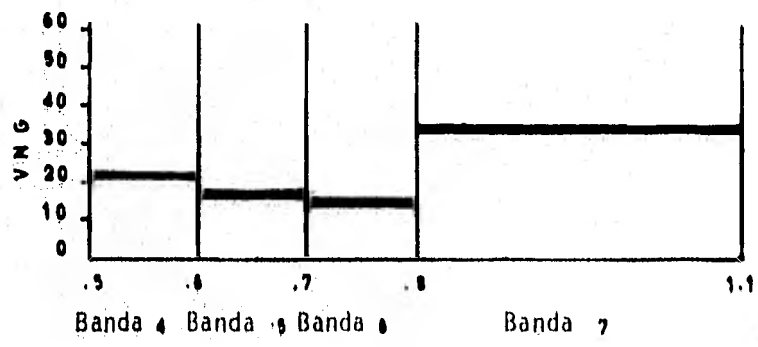


Figura 24

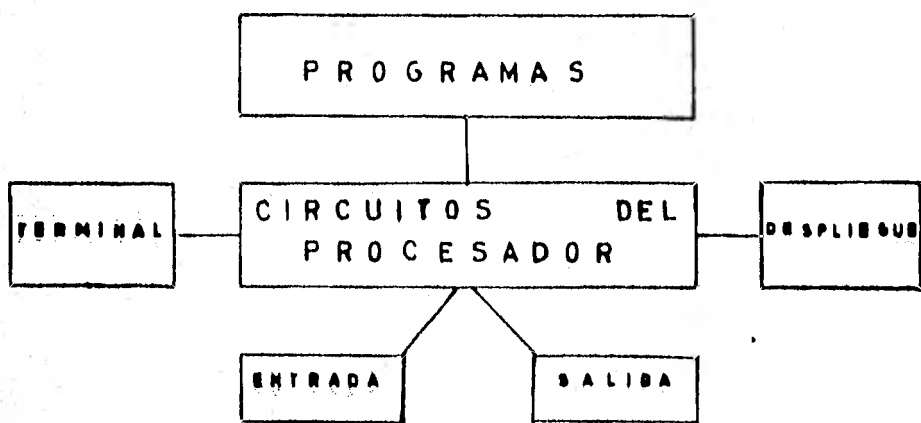


Fig. 25 PARTES DE UN SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES.