

U 1676

PROCESAMIENTO IMAGENES GEOPIC

DOC. DISCUSION DE EARTHSAT



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION
DE RECURSOS NATURALES — CORFO



REPUBLICA DE CHILE
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION
DE RECURSOS NATURALES — CORFO

U 1676

MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO



16 JUN. 1981

PROCESAMIENTO IMAGENES GEOPIC

DOC. DISCUSION DE EARTHSAT

ARNOLDO ORTIZ



PROCESAMIENTO DE IMAGENES GEOPIC

La siguiente discusión e ilustraciones describeⁿ las características operacionales del barredor multiespectral LANDSAT (MSS) y formas digitales de procesamiento digital usado^{as} para producir imágenes GEOPICTM.

A.- Antecedentes : MSS del Landsat

Los Satélites Landsat orbitan la tierra, registrando la energía radiante desde la superficie ~~de la tierra~~^{de la tierra a} en una altura aproximada de 920 Km.

El instrumento de registro principal^{es} un barredor multiespectral (MSS) de 4 canales, ^{el que} ~~compila~~ datos por el barrido del terreno línea por línea.

Cada línea de datos, representa una franja de la superficie de la tierra de aproximadamente 185 Km. de largo y 79 mt. de ancho. Una escena del MSS del Landsat contiene 2.340 líneas paralelas dando una cobertura de área de unos 185 x 185 Km.

Los valores de reflectancia (energía radiante) a lo largo de cada línea es sensada 3.240 veces de intervalos iguales (centro a espacios centrales de aproximadamente 57 mts.). Así, una banda espectral única contiene un monto de valores de reflectancia, con $2.340 \times 3.240 = 7.581,600$ elementos en el monto; cada elemento es referido a como un pixel (Fig. 1). Dado que el MSS del Landsat está provisto de cuatro bandas espectrales separadas (verde, 500-600nm, rojo, 600-700nm; cercano infrarrojo (a) 700-800 nm, y cercano infrarrojo (b) 800-1100 nm de longitud de onda) una escena individual de Landsat MSS está representado por: $4 \times 2.340 \times 3.240 = 30.326,400$ valores numéricos de reflectancia (hay que notar que las imágenes falso color standar de GEOPIC contienen solo tres bandas espectrales -verde, rojo y cercano infrarrojo (b), las imágenes Razones GEOPIC e Imágenes Eigen GEOPIC contienen datos de ~~todas~~ las cuatro bandas espectrales).



Además, cada pixel tiene un valor de reflectancia registrado, que rangea desde 0 a 126 para las tres primeras bandas y 0 a 63 para la cuarta ban da (cercano - infrarrojo (b))

Mientras es posible producir imágenes por registro directo de la CCT [(Compatible computacion tape); cintas compatibles en computación] de los va lores de reflectancia en películas fotográficas, la imagen resultante podría ser de pobre geometría y fidelidad radiométrica y pobre en contraste. Además, un nú mero de correcciones son necesarias para producir una imagen de alta calidad.

Las correcciones principales y realzamiento de imágenes usado en las imágenes GEOPIC de EARTHSAT son mostradas en la Tabla 1.-



TABLA 1 : CORRECCIONES PARA DATOS LANDSAT

Correcciones geométricas:

- 1.- Efecto de rotación de la tierra.
- 2.- Efectos panorámicos debido al ángulo de visión del barredor y curvatura de la tierra.
- 3.- Efectos de cambios del barrido del espejo y velocidad del espejo.
- 4.- Efectos causados por cambios en la altitud del Satélite y registros a bordo.
- 5.- Efectos de altitud y actitud (giro, grado de inclinación y deriva de la plataforma espacial).

Correcciones radiométricas:

- 1.- Efectos de variaciones en la sensibilidad del detector.
- 2.- Efectos de respuesta no lineal del detector.
- 3.- Maximización del contraste útil de la escena.



B.- Correcciones geométricas.

1.- Efectos de la rotación de la tierra.

Durante la órbita diaria de la plataforma espacial (groseramente norte a sur con ángulo de 91° en el Ecuador), el MSS barre el terreno mientras la tierra rota de Oeste a Este. Las líneas sucesivas de barrido comienzan en un punto progresivamente al oeste, relativo a la superficie de la tierra, de las líneas de barrido precedentes. El orden mostrado en la Figura 2A debe ser establecido para formar una línea oblicua tal como se muestra en la Figura 2b; este procedimiento es conocido como oblicuidad de la imagen. El monto de oblicuidad es una ^{función} forma de la altitud, velocidad y latitud del satélite. El valor nominal es aproximadamente 1:14, resultante en un ángulo nominal de oblicuidad en la imagen de 4° .

2.- Efectos Panorámicos, curvatura de la tierra.

El espejo del MSS barre a través de un arco de aproximadamente 5.5° (medio - ángulo) resultando imágenes distorsionadas por dos efectos:

a) Curvatura de la superficie de la tierra (esferoides); y b) imagen no ortográfica debido a la altitud finita de la plataforma espacial.

La geometría se muestra en la Figura 3.-

La red resultante de estas distorsiones es en una escala no lineal cambiando desde el centro los extremos de la línea de barrido. Las correcciones son ejecutadas por reemplazo de la muestra del elemento de la imagen a lo largo de las líneas de barrido.



Estos resultados, en un mínimo teórico, significa un error de escala de 0.45% desde el centro a los bordes de la escena (a lo largo de las líneas de barrido) y un máximo diferencial de error de escala en el borde de la escena de aproximadamente 1%.



3.- Efectos de barrido y velocidad de Espejo.-

El espejo del MSS no barre a través de un ángulo constantemente exacto ni la proporción (velocidad) del espejo es uniforme. Las correcciones son ejecutadas por reemplazo de la muestra del elemento de la imagen a lo largo de las líneas de barrido. La máxima corrección es aproximadamente 0.2% en el borde de la escena.

4.- Cambios de altitud y efectos muestrales a bordo.-

Cada elemento de la imagen (pixel) representa un área rectangular del terreno de 79 x 57 metros. Cuando se registra desde la cinta digital a una película fotográfica, cada pixel es registrado como un cuadrado. Desde aquí, una operación llamada "escuadramiento" ("squaring") es ejecutada, que reconoce el espaciamiento rectangular del dato original. El consiste en el agregamiento de 22 líneas horizontales del dato por cada 57 líneas. Las líneas son insertadas cuando la longitud de la imagen acumulada tiene una pérdida mínima de 28.5 metros o más. Los valores de reflectancia de las líneas insertadas están en un ajuste de líneas adyacentes (por sobre y bajo) tal como se muestra en la Figura 4.

El número de líneas agregadas por escena son ~~una~~ función de la velocidad y altitud de la plataforma espacial. Sin embargo, errores introducidos por uso de velocidad media y altitud, podrían no exceder del 0.2%. GEOPIC usa actualmente valores como los disponibles en las CCT de EROS Data Center; para cintas ESA, los valores medios son usados siempre que los valores actuales sean omitidos.



5.- Efecto de actitud del Satélite.

La actitud del satélite esta descrita^a por tres ángulos tal como se muestra en la Figura 5.-

- a) Angulo de giro de rotación cerca de una indicación de eje en la dirección del sentido del movimiento.
- b) Angulo del grado de elevación de la rotación cerca un eje normal al plano orbital.
- c) Angulo de deriva en relación a un eje vertical al terreno.

El primer efecto de giro es en traslación Este - Oeste de la imagen paralela a la dirección del barredor siendo⁷ que el giro no produce esencialmente distorsión de imagen en latitudes medias y bajas, no se le aplica corrección.

El primer efecto de elevación es una traslación aproximada nortesur de toda la imagen. Siendo^{DELIDO A} que la elevación tampoco produce distorsión de primer orden de la imagen, no se aplica corrección.

El principal efecto de la deriva es que la imagen se distorsiona y es corregida por un paso adicional en la operación de desoblicualización, tal como se muestra en la Figura 6. El tamaño de corrección puede ser tanto más que 0.8% comparado con oblicualidad debida⁸ a la rotación de la tierra de aproximadamente 7.0%



C. Correcciones Radiométricas.

1.- Efectos de variación en la Sensibilidad del Detector.

El Sistema MSS Landsat contiene un banco de 6 barredores cada uno con cuatro detectores, uno para cada banda espectral. Ellos en una imagen que contienen 2.340 líneas, los datos están comprimidos en 390 barridos de este banco de 6 barredores. Debido a que los 24 detectores (cuatro bandas espectrales para cada seis barredores) no poseen sensibilidad uniforme a la iluminación, resultan imágenes que muestran 6 líneas periódicas "desnudas" ó "malas".

El procedimiento GEOPIC aplica un algoritmo único para remover los efectos de desnudos por adosamiento acumulativo de valores de reflectancia de cada detector ajustando las definiciones de reflectancia para dar sensibilidad de reflectancia uniforme para los seis barredores.

2.- Efectos de respuestas no lineales del Detector.

Las respuestas varían entre registro de película. Para GEOPIC se usa el máximo rango de densidad del display y capacidad de los registros de película de EARTHSAT (manufacturado por Optronic Corp). EARTHSAT aplica un display de densidad no lineal el cual junta valores de reflectancia del CCT Landsat con el display de características del registro de película. Este ajuste es único y es regularmente recalibrado como se requiera para ajustar los cambios en la ejecución del registro de película y la propia película.



D.- Otras Imágenes Realizadas.

1.- Maximización de contraste de la escena.

Los datos MSS Landsat raramente expandeⁿ todo el rango dinámico de niveles de grises (densidad) que puede ser acumulada por el registro de película.

Así, implementa la discriminación de contrastes de la imagen de valores de reflectancia (que por eso provee grandemente información interpretable) *la que* puede ser archivada por niveles de grises "extendiendo" operaciones en las cuales los niveles de reflectancia de una escena son redistribuidos para ocupar todo el rango útil.

Dos procedimientos típicos de corrección son conceptualmente ilustrados en las figuras 7a y 7b, "alargamiento lineal" e "histogramas de igualamiento de alargamiento" respectivamente. Muchos otros procedimientos están en uso continuo en el procesamiento GEOPIC, y el procedimiento óptimo para una escena particular y aplicación, es determinada por el examen individual de los histogramas de datos de reflectancia durante el procesamiento GEOPIC.

El procedimiento normal GEOPIC de EARTHSAT es procesar el máximo de contraste a través de histogramas de ajustes en las bases dependientes de una es ^{YA QUE} ena así se maximiza la información dentro de las escenas individuales. Este procedimiento puede, sin embargo, realzar diferencias entre dos escenas vecinas debido a diferencias en la extensión de rasgos de terreno en cada escena, diferencias estacionales (ángulo solar), etc.



2.- Realce de bordes.

El ajuste de contraste para realce de imagen descrito arriba, es aplicado a valores de elementos de la imagen como una función de las propiedades en una escena completa. En el realce de bordes, el ajuste es aplicado a valores de elementos de la imagen como una función de los valores de elementos de las imágenes siguientes. Por ejemplo, el nivel de gris (reflectancia) para cada elemento de la imagen es sustraído de un promedio de valores de sus vecinos.

El valor resultante es sustraído desde el nivel original de gris del elemento particular de la imagen, Si el valor original es más alto que aquellos de sus vecinos, se mantiene alto y si es bajo él ^{se} decrese aún.

Los efectos resultantes del realce de los bordes ^{son} ~~es~~ aumentar contrastes locales, realzando bordes de rasgos de terreno para dar mayor claridad por mayor aumento o disminución comparado con elementos de imágenes cercanos. El algoritmo standard de EARTHSAT aplicado en el procesamiento de imágenes usa cuatro elementos de imágenes vecinos para comparar un pixel con ^{ellos} ~~sus~~ vecinos.

E.- Otros realces de imágenes GEOPIC.

En adición a las correcciones digitales de los datos Landsat, el procesamiento digital puede ser usado para crear productos completamente nuevos de la imagen para lo cual hay un equivalente de procesamiento no fotográfico. Tres de tales productos ⁿenvuelve servicios de procesamiento standard de GEOPIC.



1.- Imágenes de razón espectral GEOPIC.

La imagen razonada es una combinación matemática de valores de reflectancia de dos bandas espectrales diferentes. La imagen de razón realza la calidad de la escena para proveer información terrestre que no es comúnmente discernible en imágenes convencionales.

Elas han probado su particular utilidad en aplicaciones geológicas y en localización, reconocimiento e interpretación de vegetación.

En la imagen razón, de dos bandas espectrales A y B la razón de nivel de grises de todos los elementos de la imagen es computarizado para producir un output de nivel de grises para una nueva banda, i.e.c.

Así, para cualquier elemento del cuadro:

$$\text{nivel de gris de la Banda C} = \frac{\text{nivel de gris de Banda A}}{\text{nivel de gris de Banda B}}$$

Si el rango de valores en la Banda A es 1 a 256 y similarmente en Banda B, entonces el rango en Banda C es desde 1/256 a 256, y está groseramente centrado en 1 con varios posibles valores bajo de 1 como más grande que 1. Para renormalizar esto a un rango de 1 a 256, y para distribuir los niveles de grises más comunes que sean simétricos a las 128 más bien que hacia 1, un nivel de mapeo de gris es usado, de este modo:

$$\text{Output nivel de gris} = \text{arco tangente} \left(\text{input nivel gris} \times \frac{512}{\pi} \right).$$

Donde nivel gris 1/256	1
nivel gris 1	128
nivel gris 256	255



Usando tres razones de output computacional, puede crearse la imagen razón de composición de razón.

La combinación más común, por ejemplo, usos:

4/5 (verde/rojo). 5/6 (rojo/cercano IR a'), y

6/7 (cercano IR a' /cercano IR b')*

Así las nuevas bandas, se presentan como azul, verde y roja respectivamente en la imagen de composición en color.

2.- Imágenes pseudo - razón GEOPIC

El proceso pseudo razón de GEOPIC modifica las técnicas de razones espectrales convencionales.

En él, el histograma de dos - dimensiones para las Bandas A y B son computadas; cada elemento de la imagen ocupa un único sitio en este espacio bidimensional.

Una operación de alargamiento de nivel de gris se aplica para cada set de elementos de imágenes dispuestas a lo largo de una línea perpendicular a la línea $45^\circ (x=y)$. Todos los niveles de grises entre los valores extremos finales son proporcionalmente mapeados para valores entre 1 y 256 (vea fig. 8).

Mientras esta operación destruye la fidelidad radiométrica global de la imagen (de ahí el término "pseudo"), ^t También maximiza el monto de contrastes útiles locales de la imagen que fuera desplegado en la imagen Pseudo-razón de GEOPIC, especialmente en áreas ^{de} extremadamente bajos y altos albedos. (capacidad de reflexión de una superficie cualquiera),

Nota: Por razones históricas, las cuatro bandas de datos MSS son denominadas como 4,5,6,7



3.- Imagen GEOPIC Eigen .

La imagen Eigen GE~~OPIC~~ involucra un componente principal de análisis de los datos Landsat.

Este producto complementa las imágenes standar e imágenes razones, y ha~~h~~ provisto de significativa información cuando se usa para análisis avanzado y procedimientos de interpretación.

Las imágenes Eigen están basadas en la información contenida en las cuatro bandas originales MSS de datos Landsat. Cada "Banda Eigen" es una suma de ondas de las cuatro bandas de datos originales.

Las bandas Eigen están calculadas desde los cuatro vectores Eigen de la matriz 4 x 4 varianza - covarianza generada desde el dato imagen.

Una imagen Eigen es una composición de 3 bandas de cualquiera de las cuatro bandas Eigen.

La lógica de este proceso es que las cuatro bandas multiespectra-^{bles}les originales del dato Landsat son usualmente altamente correlacionadas.

Así, podría ser posible formar tres combinaciones de aquellas bandas que contienen más información que cualquiera de las tres de las bandas originales.

En general, las cuatro bandas Eigen que pueden ser creadas desde las 4 bandas de datos Landsat tienen las siguientes propiedades:



- a) La primera (o componente principal) banda Eigen es ajustada para el monto máximo posible de varianza en la escena original.
 - b) Las cuatro bandas Eigen son todas estadísticamente independientes una de otra, así es que la correlación cruzada de cualquier par se desvanece para toda la imagen.
 - c) Tomando juntas las cuatro bandas Eigen el ajuste es para todas las varianzas en la escena original ^{na} (el ^{lo} cual significa que las 4 bandas originales pueden ser exactamente reconstruídas desde las cuatro bandas Eigen).
 - d) Dando sólo la primera de las tres bandas Eigen, ellas se ajustan en conjunto para la varianza máxima posible de cualquiera de las 3 combinaciones de bandas de la escena original.
 - e) La cuarta imagen Eigen usualmente no está incluída en la imagen Eigen de composición a color. Su omisión generalmente descuida solo una pequeña fracción (del orden de menos de 1.0%) de la varianza de la escena original. Sin embargo, esto no puede ser tomado para atribuir que él tiene un descuido en la información contenida. Algunos usuarios han reportado que bandas Eigen de numeración más altas contienen importantes texturas de información.
 - f) En vista de la pequeña varianza de la cuarta banda Eigen, programas eficientes de reducción de ruidos son esenciales antes de que cualquier información pueda ser observada en la imagen resultante.
4. Otras imágenes realizadas.

En adición a las operaciones descritas, Programas de Procesamiento de Imágenes digital GEOPIC, EARTHSAT permiten un número de otros productos



de imágenes que han sido creadas en un modo de uso específico. Los productos incluyen:

- a) Realce de bordes usando derivaciones de primer y segundo orden. (Nota: la composición color standard de EARTHSAT generalmente incluye una operación de segunda derivada de realce de bordes).
- b) Proyección normal clorofílica, para entender los efectos de la cobertura vegetal.
- c) Proyección de sub-espacio normal, para aumentar o entender los efectos de un tipo buscado de rasgos de superficie.



F. Aumento digital GEOPIC

Mientras cualquier imagen GEOPIC puede ser fotografiada a escala de aumento deseado, el aumento digital asegura gran retención de información y es particularmente útil para áreas de sub imágenes aplicadas en gran escala (e.g., 1:100.000 y mayores). El aumento digital puede ser usado con cualquier tipo de imagen GEOPIC (i.e., Falso color infrarrojo standard, Eigen e imágenes pseudo-razón).

El algoritmo de aumento digital de GEOPIC procede por construcción de superficie bidimensional que aproxima la función de la imagen en el del pixel adyacente que está en proceso.

Esto es hecho por acoplamiento de una bivariedad polinomial de bajo orden para el pixel y sus valores de grises adyacentes. La superficie acopladora para la función de la imagen local es usada para evaluar los valores de niveles de grises en localización intermedia (entre centros de pixel).

El factor de aumento puede ser especificado por el usuario, tal como el área de la sub-imagen que debe procesarse. Por la rapidez de computación el factor de aumento más comúnmente elegido es 2X; cada pixel Landsat es transformado en cuatro pixels, cuyos valores de nivel de grises depende de los valores de los pixels del derredor.

Para el aumento digital 2X, las áreas sub-imagen de aproximadamente de cuartos de fracciones (1170 pixels originales por 1620 pixels originales) pueden ser procesadas.



G. Registros de película.

El resultado del procesamiento digital descrito más arriba es un realce de imagen GEOPIC en formato digital el cual es subsecuentemente registrado en película fotográfica en las Facilidades de Procesamiento digital Earthsat de imágenes.

El instrumento de registro de película es un Optronics - P - 1500 Sistema escritura fotográfica (Photowrite System).

Cada banda espectral (e.q. MSS 4,5 y 7 para los productos standard) es registrada individualmente en película fotográfica blanco y negro por exposición a luz modulada por los valores de reflectancia de cada elemento discreto de la imagen.

Todos los procesamientos subsecuentes de imágenes GEOPIC, mosaicos y foto mapas es desarrollada fotográficamente y discutida en la sección siguiente.



H. Procesamiento Fotográfico.

1. Procesamiento blanco y negro.

Cada banda espectral del Landsat, procesada computacionalmente usando técnicas GEOPIC, es registrada en fotografías pancromáticas positivas y procesadas a archivo para un D - rango, máximo de ± 0.05 ; este maximiza la información registrada. Estas separaciones espectrales provee a los usuarios de GEOPIC un completo set rescatable del cual se genera imágenes color largo tiempo después que el original de color teñido-básico de la imagen fotográfica haya sido alterado por el tiempo y bodegaje.

2. Composición GEOPIC color.

Las tres bandas espectrales en película positiva ^{son} es registrada en una matriz punzada y compuesta ^{de} en múltiples exposiciones con filtros agregados en la película color negativa en una escala de contacto de aproximadamente 1:1.140,000. En la generación de una imagen Landsat standar falso calor, la banda verde - (MSS4) es expuesta a través de un filtro azul, esto activa el teñido amarillo (sensitividad-azul) en la película color. Similarmente, la banda roja (MSS5) es expuesta a través de filtro verde, produciendo un teñido magenta (verde - sensitividad) y el cercano-infrarrojo (MSS7) se expone a través de filtro rojo produciendo un teñido cyan en la capa sensitiva al rojo de la película negativa color. Al combinar los filtros agregados de luz blanca por las tres capas del negativo color ^{se} despliega una imagen compuesta de colores la cual es opuesta (colores complementarios) al rojo, verde, y azul traducido en imágenes color fotográficamente producido ^{as} a través de exposición del negativo a color.

La concentración de capas en el color negativo, es una función -
de las separaciones originales de las bandas espectrales. Los grandes ele -

hacia una
NOVA?
o regiones



Con Cuando la imagen es impresa para mosaicos cada imagen es comparada a las cuatro adyacentes en los rasgos básicos de terreno para obtener un acoplamiento de escala óptimo.

Los más comunes aumentos de GEOPIC ^{son} ~~es~~ 1:500.000 - 1:250.000 y - 1:200.000 para escenas completas y 1:125.000 y 1:100.000 para sub-escenas (i.e, cuartas secciones) Escalas grandes son totalmente posibles, limitadas solo por el papel disponible en tamaño de 42" de ancho.

La otra variable significativa de la impresión es el balance de color.

Ajustes sutiles en el balance de color son realizados principalmente en las bases de escenas de máxima información contenida y secundariamente en cualidades estéticas. Los ajustes de color pueden también servir para un completo realce de rasgos de imagen. Una barra de color con los colores primarios es generado digitalmente y registrado en cada film para guiar los procesos de impresión y para facilitar la seguridad que cada paso del procesamiento de la foto está calibrado a la sensitometría de la película y sus respuestas al registro digital de la película.



ACCESO RESTRINGIDO

EARTHSAT PSEUDO-RAZON

A. CALCULO

Sea a_{ij} = brillantes en bandas 4, 65, 66 de cualquier pixel P_{ij}

Sea b_{ij} = brillantes en bandas 5, 66, 67

Entonces calculamos, para cada pixel, $a_{ij} + b_{ij} = S_{ij}$

Ahora, en el gráfico, $S_{ij} = K (=a_{ij} + b_{ij})$ demarcan una línea, normal a la línea $a = b$ desde el origen.

Habra un completo set de esas líneas $S_{ij} = K_n$, donde n va desde 0 a 256.



Para cada línea $S_{ij} = K_n$, delinea el histograma de puntos a lo largo de la línea por elección en nuevo origen y escala; se aplica el contraste de alargamiento en forma tal que los puntos son asignados a valores entre 0 y 256, é imprime este afuera como una imagen. ?

B. USOS

1. Note que un material de composición constante pero iluminado - en diferentes grados (e.g. debido a que sus pendientes están sujetas a diferentes orientaciones con respecto al sol) es representado en el gráfico por la línea $X - X^1$. Cuando cada línea $S_{ij} = K_n$ es alargada, el monto del alargamiento depende de la distribución del dato en esa línea así que la línea $X - X^1$ vendrá a ser ~~ap~~^vcurvada. Esto significa que en la composición final de color los materiales con la misma composición pero diferente iluminación no tendrá el mismo color. Este efecto no es serio en áreas de topografía uniforme, pero ^{si lo es} ~~es serio~~ cuando montañas y conos aluviales, por ejemplo, son comparadas (i.e., ellas lucen lo mismo).
2. Este proceso amplifica los ruidos, siendo un error pequeño en la medición de brillantes (e.g., ruido de instrumentos) ^vlanzará un pixel en una línea diferente $S_{ij} = K_n$. Este dá a la imagen su apariencia manchada.
3. La Pseudo razón es una forma extrema de exageración local. Esto, para, un área limitada topográficamente uniforme, muchas diferencias sùtiles en la composición de rocas, contenido de humedad o tipo de cubierta de vegetación ^{son} ~~es~~ enfatizadas.



Para tomar ventaja de esto, la pseudo razón debe ser usada en combinación estrecha con la composición de color standar; en particular debe tenerse cuidado de extender tipo de materia - les mapeado en la pseudo-razón ^a en áreas de gran diferencia topográfica o brillantes total en la standard. Esto es particularmente cierto cuando se intenta mapear litología o alteraciones en áreas montañosas.

Con esta previsión en mente, la pseudo-razón es excelente para:

1. Mapeo de fallas en aluvios (por el significado de cambios sutiles de humedad contenida a un lado y otro de la falla.
2. Mapeo de rasgos estructurales (por el significado de diferencias en vegetación o contenido de humedad sobre límites litológicos o estructurales).
3. Mapeo de alteración e impregnación de hierro en áreas de topografía uniforme.

En todo caso, para mapeo litológico, alteración e impregnación de hierro en Earthsat, nosotros usamos la razón espectral en conjunto con la pseudo razón debido a sus fidelidades espectrales aunque no es cercanamente tan sensitiva a cambios sutiles.

Figura 1

CARACTERISTICAS OPERACIONALES DEL LANDSAT

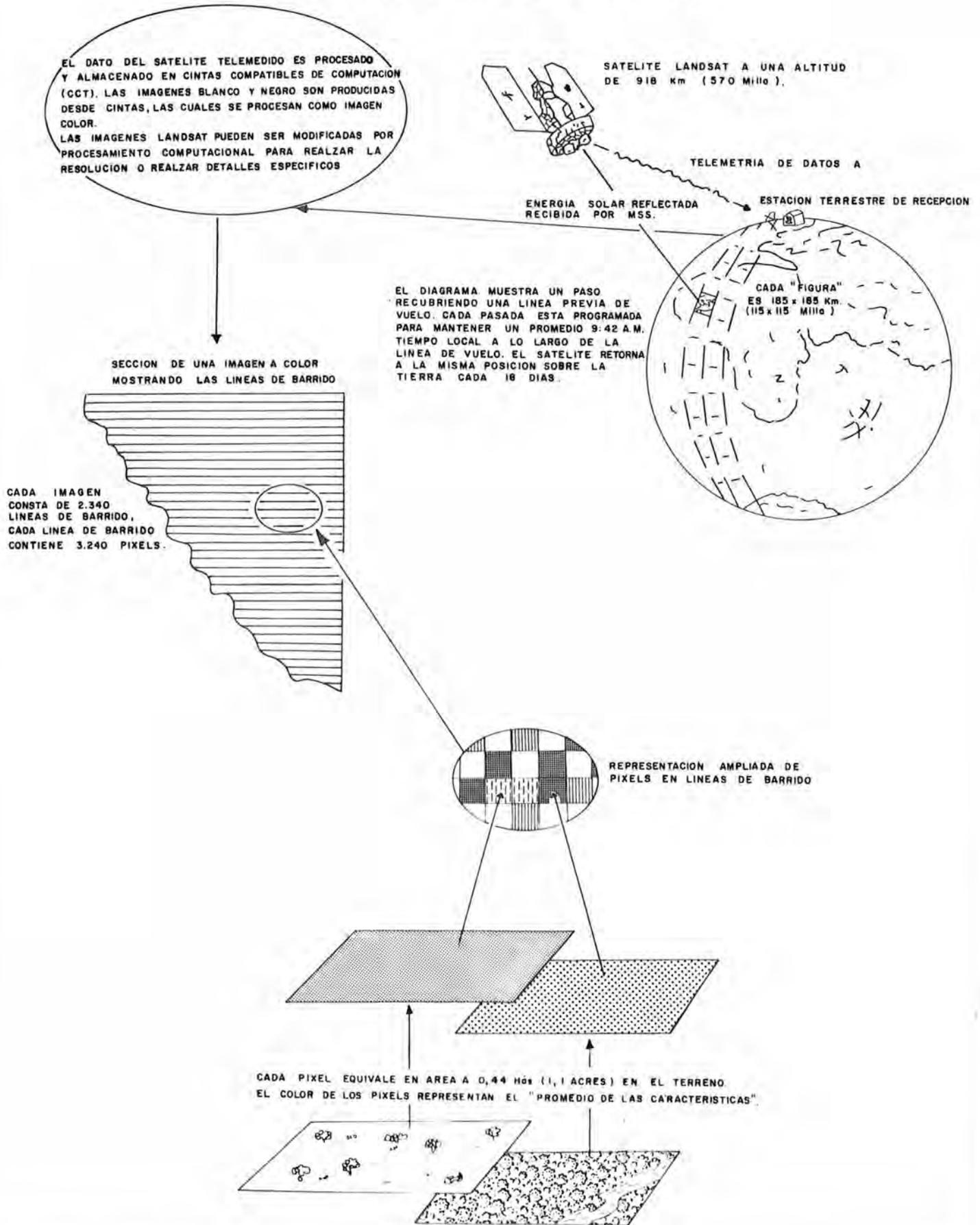
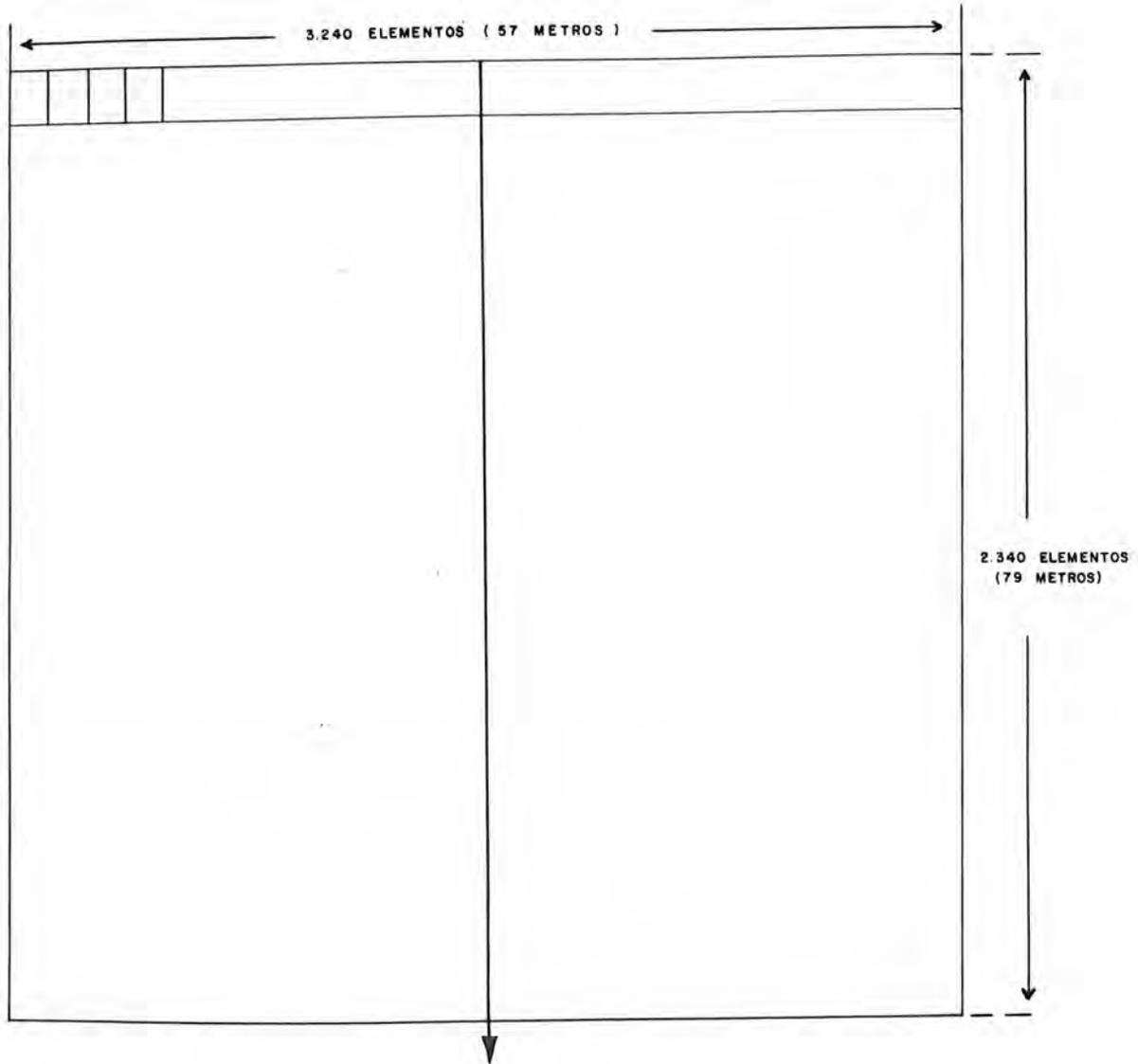


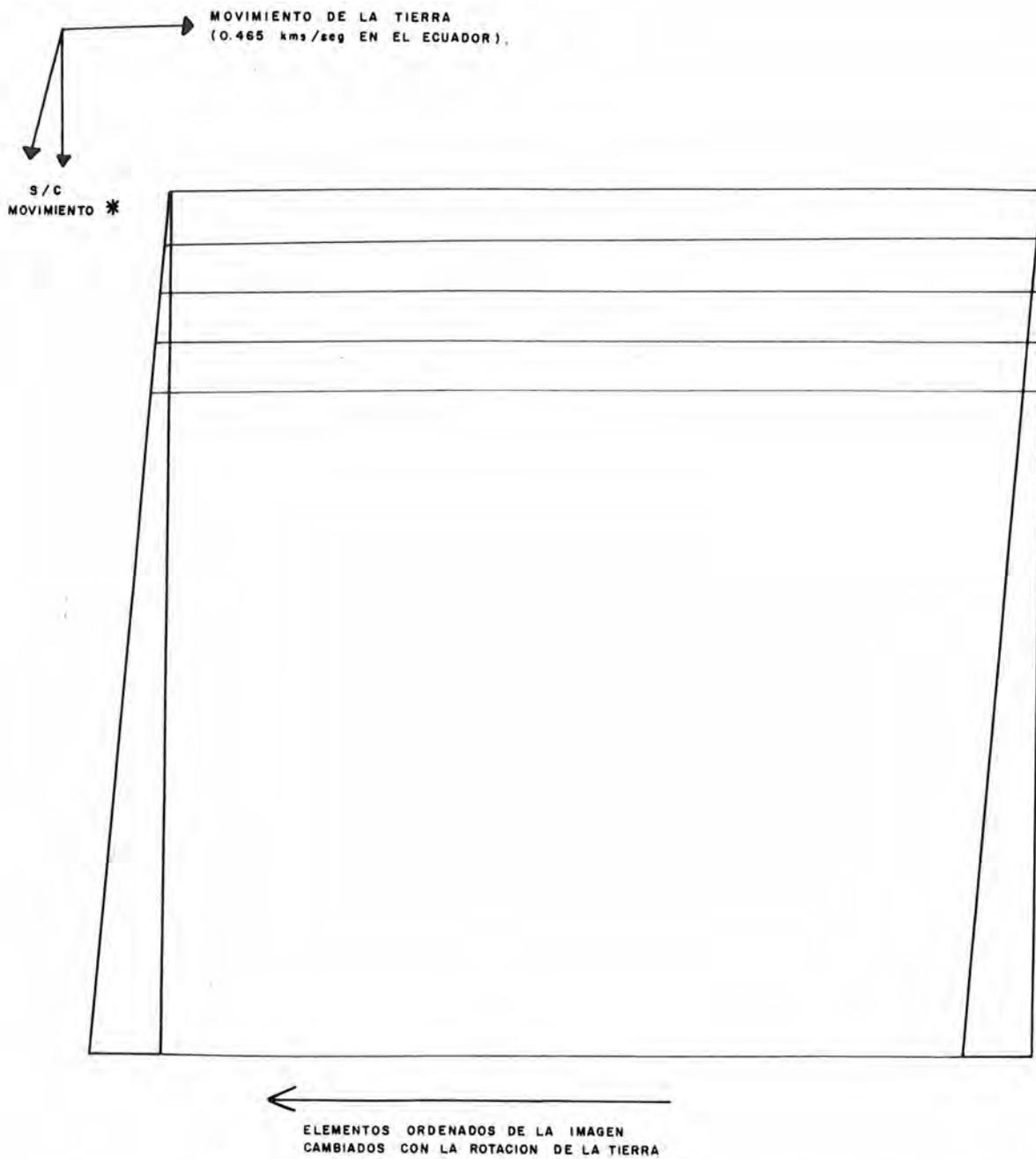
Figura 2a

EL ARREGLO PARA UNA BANDA ESPECTRAL DE LANDSAT



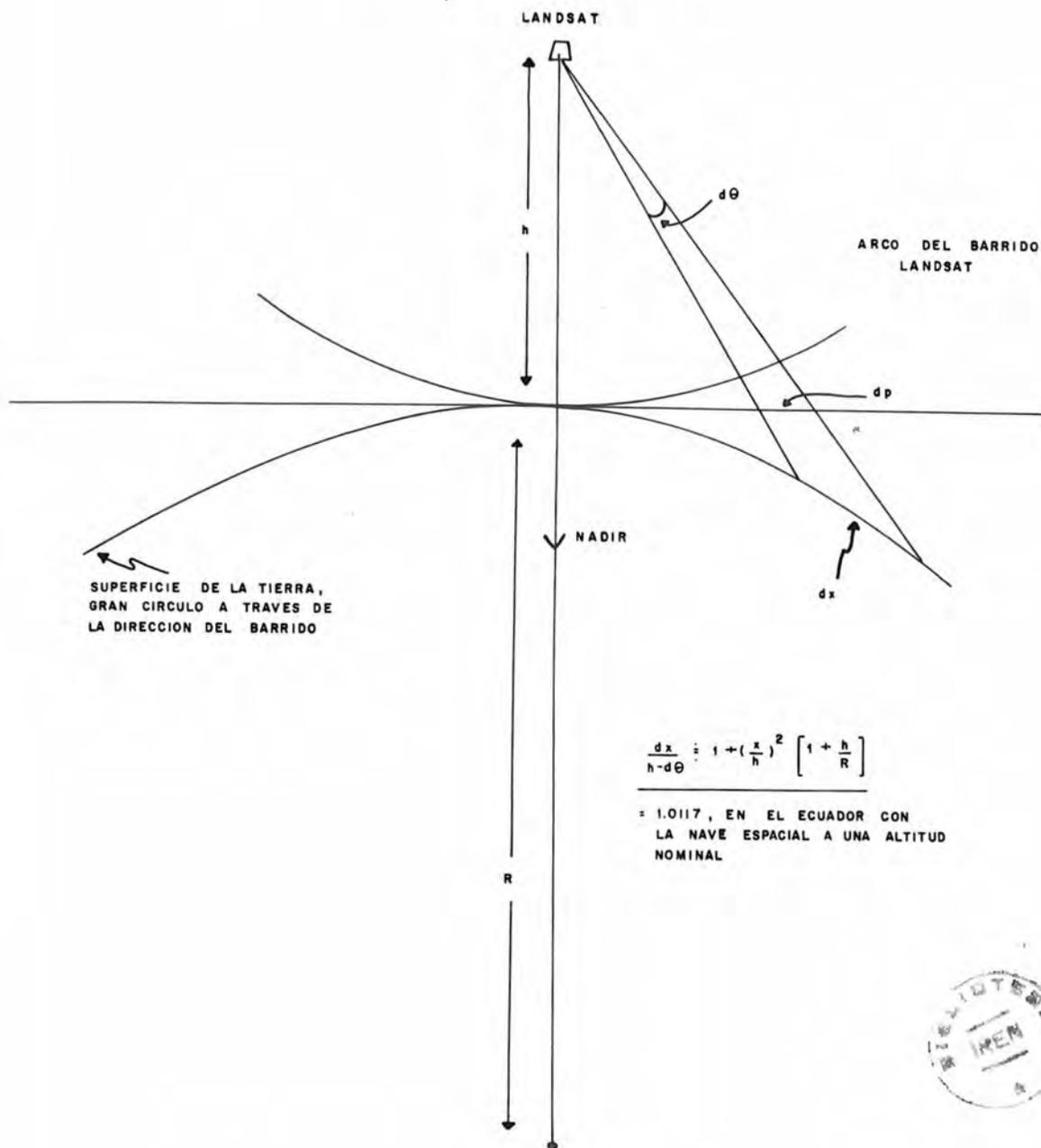
CADA ELEMENTO ES 57 x 79 METROS, TIENEN REFLECTANCIA CON VALOR TOTAL DE 0 A 63

Figura 2b
DESCUADRE DE IMAGEN LANDSAT



* NOSOTROS HEMOS CONSIDERADO LA VELOCIDAD DE LA NAVE COMO UNA PROYECCION SOBRE LA SUPERFICIE. ESTA ES APROXIMADAMENTE 6.47 kms/seg PARA UNA NAVE EN PERIODO NOMINAL DE 103.3 MINUTOS

Figura 3
EFECTOS PANORAMICOS



CORRECCION PANORAMICA TOMANDO $h d\theta \rightarrow dp$ (TIERRA PLANA).
CORRECCION CURVATURA DE LA TIERRA TOMANDO $dp \rightarrow dx$ (TIERRA CURVADA).

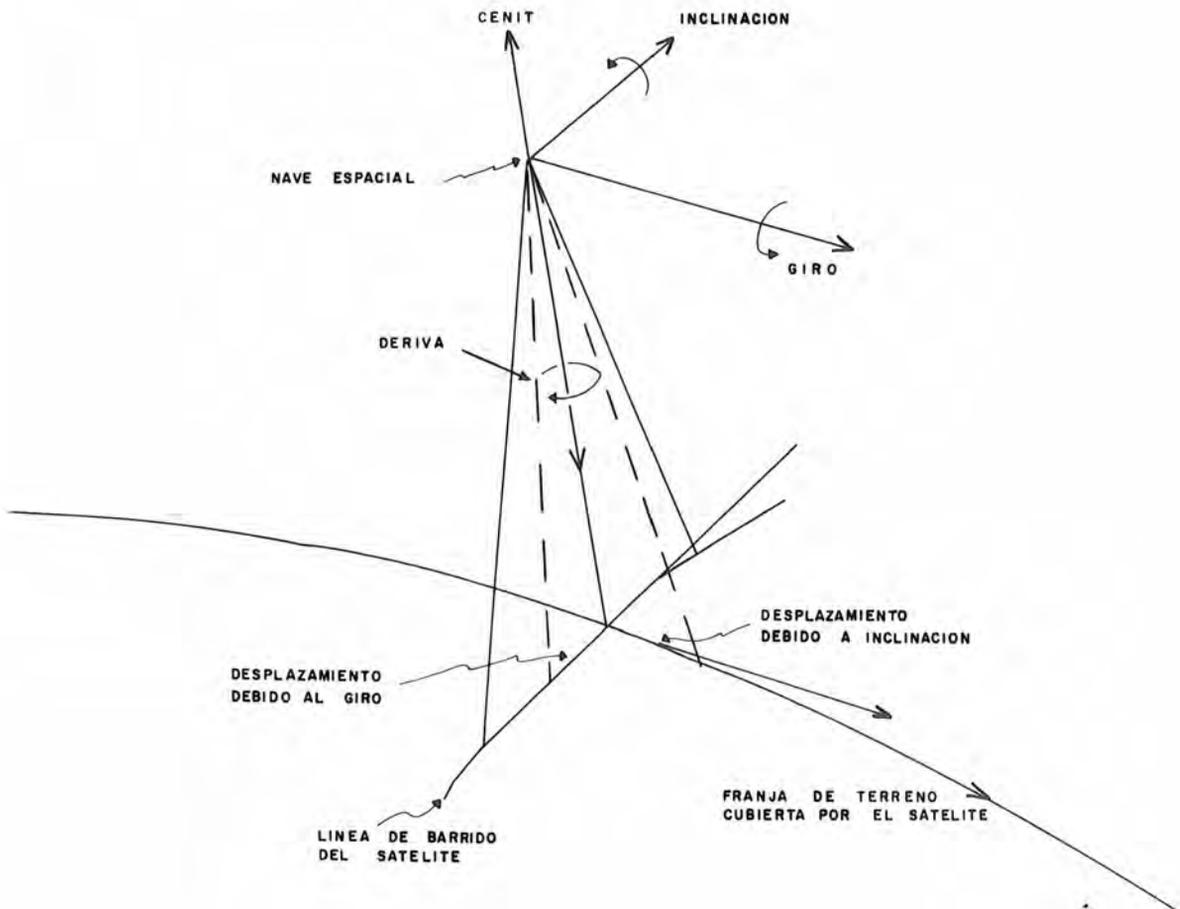
NOTA: ANGULOS Y DISTANCIAS NO ESTAN A ESCALA

Figura 4
ENCUADRE DE IMAGEN

LÍNEA ORIGINAL IMPUTADA											LÍNEA FINAL IMPUTADA
1											1
2											2
3											3
4											4
											5
5											6
6											7
7											8

LA LÍNEA AGREGADA (5) ES EL PROMEDIO DE REFLECTANCIA DE LAS LÍNEAS ANTERIORES Y POSTERIORES A ELLA. LAS LÍNEAS ESTAN AGREGADA EN TAL FORMA QUE TENEMOS 22 NUEVAS LÍNEAS PARA TODAS LAS 57 LÍNEAS ORIGINALES (EN PROMEDIO). ESTAS LÍNEAS ESTAN INCERTADAS TAN PRONTO COMO LA LONGITUD ACUMULADA DE LA IMAGEN TIENE UN CORTE DE 28,5 METROS O MAS.

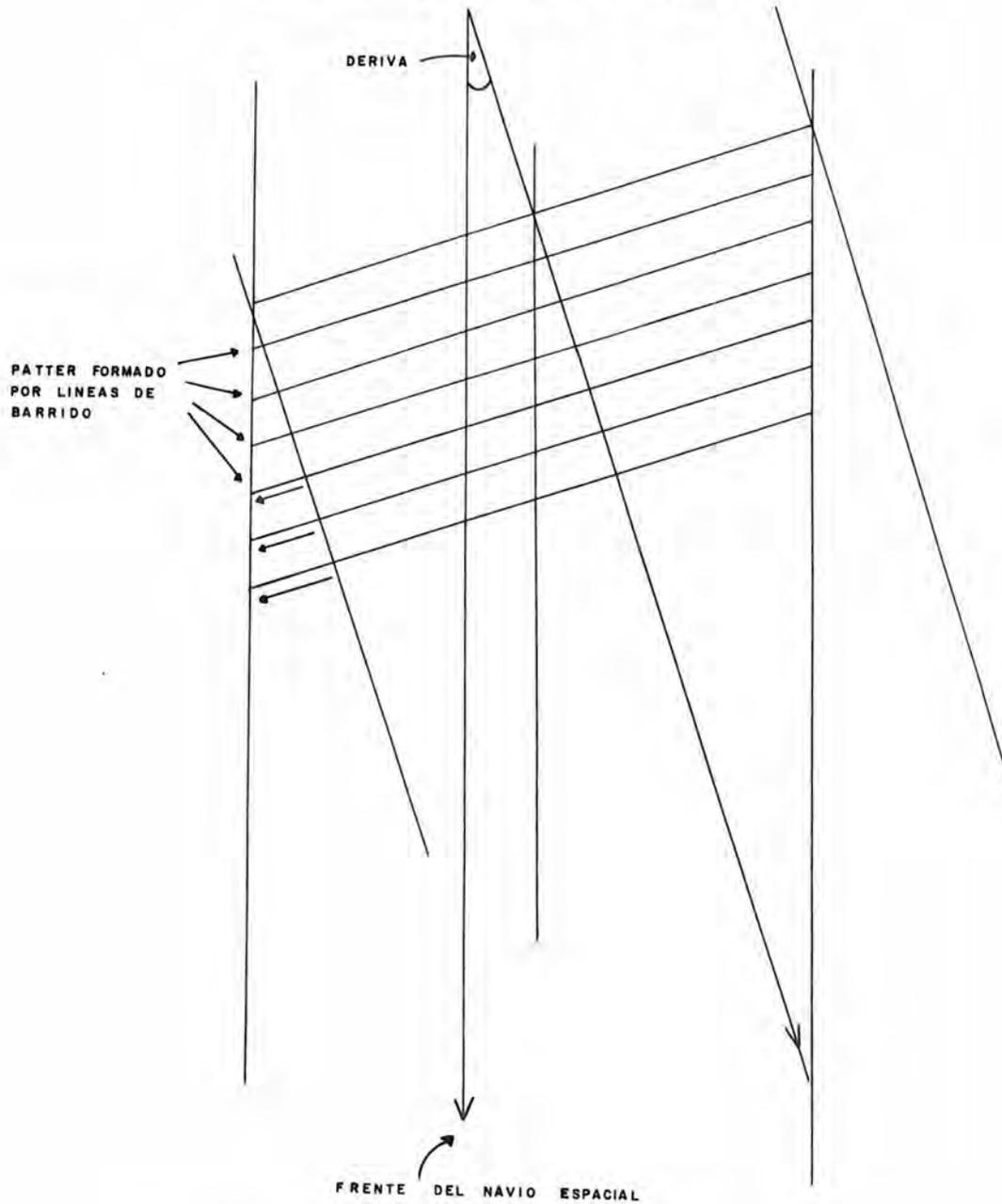
Figura 5
ALTITUD DEL SATELITE



NOTA : EFECTOS DE ROTACION Y DERIVA NO ESTAN DIBUJADOS

Figura 6
CORRECCION DE DERIVA

DERIVA = 0.5° DESVIO DE 1.6 Kms EN 185 Kms (.87%).



CORRECCION REALIZADA PARA CORREGIR DESVIO USANDO (FRONTE Y DERIVA) PARA REPONER EN SITIO EL FRONTE DE LA NAVE ESPACIAL.

Figura 7a

OPERACION DE LA EXTENSION DEL NIVEL DE GRIS-EXTENSION LINEAL

HISTOGRAMA DE IMAGEN ORIGINAL ANTES DE LA EXTENSION DEL NIVEL DE GRIS

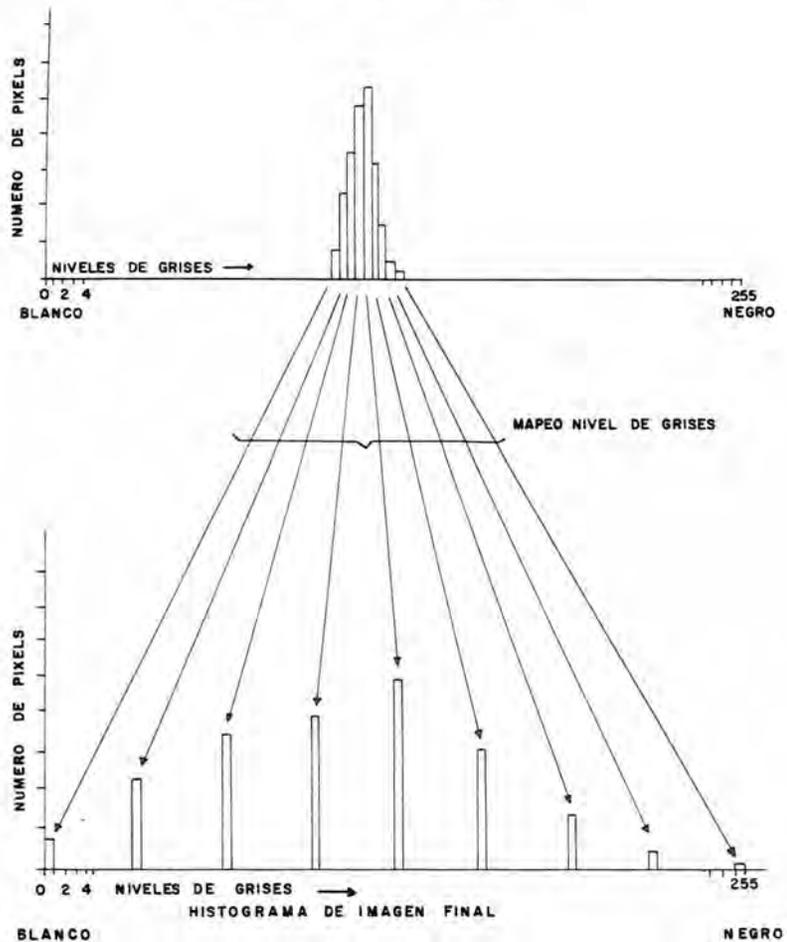


Figura 7b

HISTOGRAMA DE IGUALAMIENTO DE UNA IMAGEN

HISTOGRAMA DE IMAGEN ORIGINAL

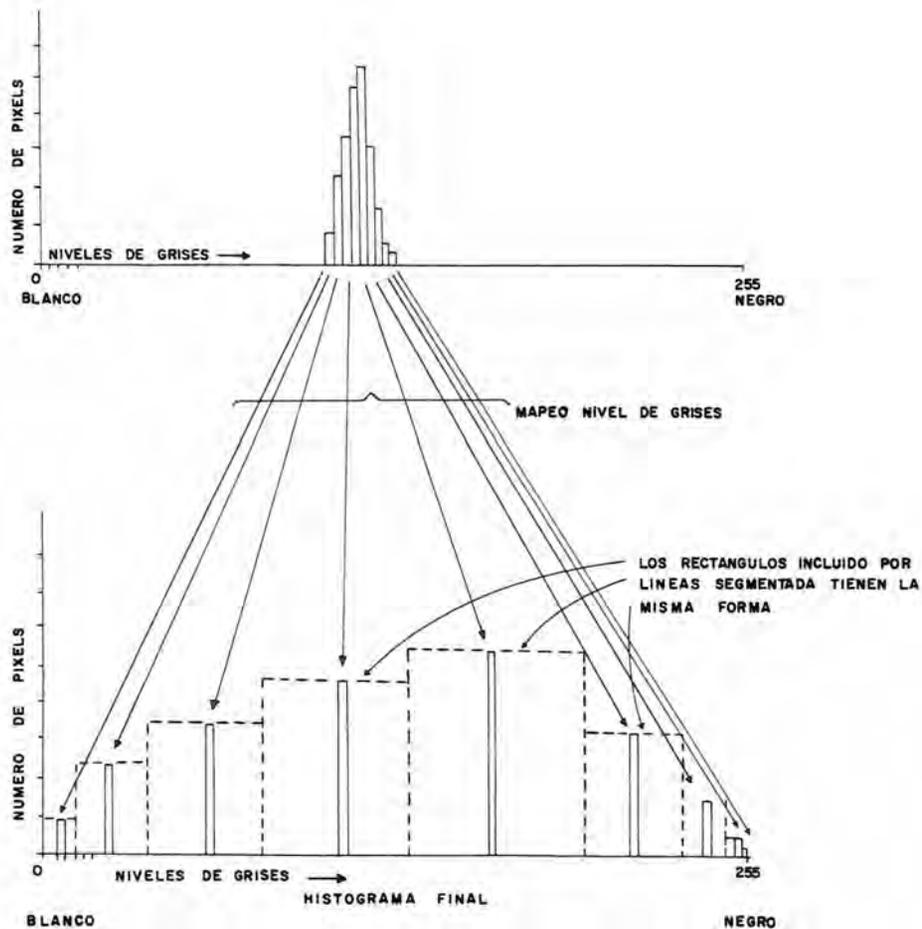


Figura 13a
RAZONES

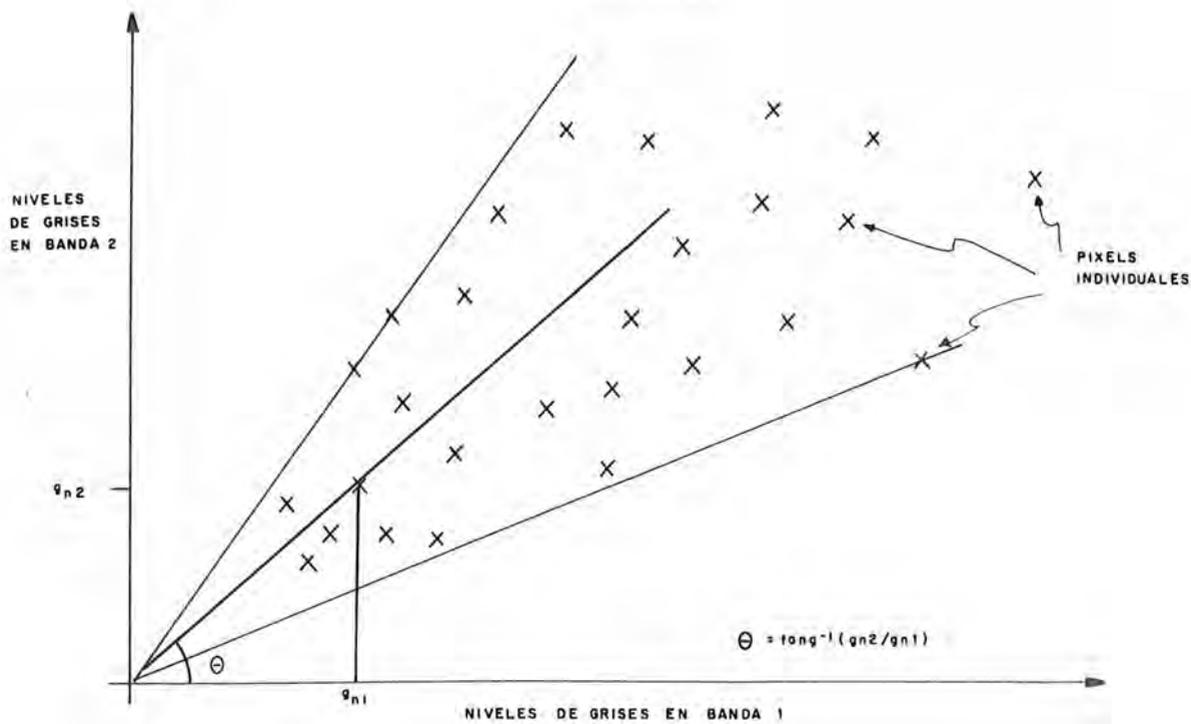


Figura 13b
PSEUDO - RAZONES

