

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA**



***SEMINARIO (OPCION II A)***

**LA PERCEPCION REMOTA SU METODOLOGIA  
Y SUS PROCEDIMIENTOS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

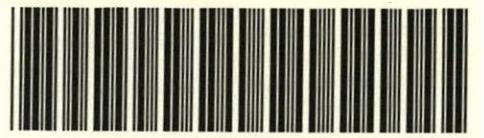
***PRESENTA***

**ANGEL ROBERTO GONZALEZ SOTO**

**MARIN, N.L.**

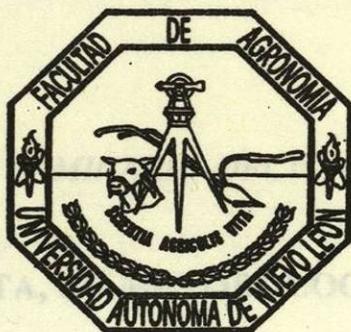
**NOVIEMBRE DE 1992**

T  
TR810  
G6  
C.1



1080060646

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA**



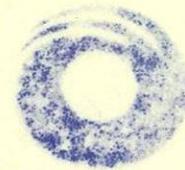
**SEMINARIO (OPCION II A)**

**LA PERCEPCION REMOTA SU METODOLOGIA  
Y SUS PROCEDIMIENTOS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**PRESENTA**

**ANGEL ROBERTO GONZALEZ SOTO**



*Profesor Coordinador*  
*Magister Subordinado*

*FONDO*

*ASISTENTE*

*M.D. ROBERTO ENAZQUEZ ALVARADO*

*M.Sc. FRANCISCO RODRIGUEZ AZQUIVEL*

*ING. VICENTE ANCHI*

011162 *e*

T  
TR 810  
96

040.620  
FA 1  
1992  
C.5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

F. 105 15



BURBUI R a T O B A I F I S  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

*SEMINARIO OPCION II A*

**LA PERCEPCION REMOTA, SU METODOLOGIA Y SUS PROCEDIMIENTOS**

*ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO*

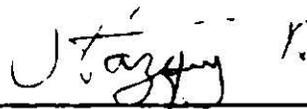
**PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**PRESENTA**

***ANGEL ROBERTO GONZALEZ SOTO***

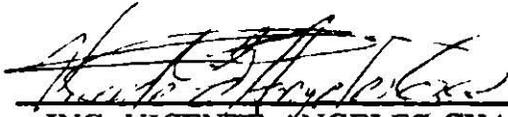
**COMISION REVISORA**



**PH.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO**



**M.Sc. FRANCISCO RODRIGUEZ EZQUIVEL**



**ING. VICENTE ANGELES CHARLES**

**MARIN, N.L.**

**NOVIEMBRE DE 1992**

## DEDICATORIA

**A DIOS :**

*Por haberme permitido lograr una de las metas mas importantes en mi vida, y por ser el guía en mi camino.*

**A MIS PADRES:**

**SR. ROBERTO GONZALEZ F.**

**SRA. ANGELICA SOTO DE GONZALEZ**

*Que gracias a su amor, apoyo y cariño y grandes sacrificios hicieron que lograra esta meta.*

**A MI ESPOSA:**

**LUCIA AVILA CRUZ**

*Con amor por la confianza y apoyo que depositó en mí y en especial a nuestro hija, para que nuestra unión perdure siempre.*

**A MIS HERMANOS:**

**OZIEL**

**CIPRIANO**

**YESENIA**

**DIANA.**

*Por haber estado conmigo en todo momento y por el gran cariño y hermandad que nos a unido siempre.*

**A MI TIA :**

**SRA. RAFAELA SOTO Y FAMILIA.**

*Por el gran apoyo moral y ayuda desinteresada que demostró durante el desarrollo de mi carrera, y por ser una de las tías mas queridas.*

**A MIS ABUELOS :**

**SR. CIPRIANO GONZALEZ N. +**

**SRA. GUADALUPE FLORES DE GONZALEZ. +**

**SR. FELIX SOTO.**

**SRA. COSUELO AGUILAR DE SOTO.**

*A ellos por el gran amor y cariño que les he guardado toda la vida.*

*A mis Tíos y Familiares en general a todos ellos muchas gracias*

**A PH DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO.**

*Por su amistad y apoyo para la realización del presente trabajo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. y a los maestros de la misma, por ayudarme en mi formación académica y profesional.**

**Al Ph. Dr. Rigoberto Vazquez Alvarado.**

*Por su paciencia y amistad sincera que demostró durante la asesoría que me brindó para la realización de este trabajo.*

**Al Ing. M.Sc. Roberto Carranza de la Rosa.**

*Por su participación y colaboración de material para la realización de este trabajo.*

**Al Ing. M.Sc. Gilberto E. Salinas García.**

*Por su amistad y participación en la revisión de este trabajo.*

**Al Ing. M.Sc. Francisco Rodríguez Ezquivel.**

*Por su colaboración en la revisión de este trabajo.*

**Al Ing. Antonio Durón Alonso**

*Por su amistad y apoyo en el escrito en microcomputadora para la realización de este trabajo.*

**A la Srita. Iris, Teresa Avila, Carmen, y al Joven Pedro Avila.**

*Por su colaboración para la realización de este trabajo.*

**A mis Compañeros de Generación.**

*Por la amistad mostrada durante la carrera. En especial a Martín Dávila, Jorge Loyola, Limón, David, Daniel, Antonio Gonzalez, Rubén, Juan Gómez L., a los compañeros de postgrado, Romualdo, Valente, Teniente, Melchor, Esquinka etc.*

*A los Ing. Jaime Aldape B., Ing. José L. Cantú, J.L. Guzmán, Ing. Lilia Campos, y en general a todos los maestros de la Facultad por su gran amistad y apoyo para la terminación de mi carrera.*

*Y en general a todas aquellas personas que contribuyeron a la formación del presente trabajo.*

## INDICE

INDICE DE FIGURAS DEL TEXTO .....	I
INDICE DE TABLAS .....	II
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE .....	III
RESUMEN .....	IV
SUMMARY .....	V
1.- INTRODUCCION .....	1
2.- REVISION DE LITERATURA	
A.- DESARROLLO E HISTORIA DE LA PERCEPCION REMOTA .....	3
B.- CRONOSECUENCIA DE HECHOS RELEVANTES	
1 - SENSORES FOTOGRAFICOS (1759-1984-) .....	6
2 - SISTEMA DE SENSORES NO FOTOGRAFICOS (1800-1969-) .....	9
3 - SISTEMAS ESPACIALES DE FORMACION . . . . .	10
DE IMAGENES (1891-1985)	
C.- PERCEPCION REMOTA:	
1.- QUE ES LA PERCEPCION REMOTA .....	12
2.- PRINCIPIOS DE LA PERCEPCION REMOTA .....	13
3.- ASPECTOS IMPORTANTES EN LA PERCEPCION REMOTA	
a).- RECOPIACION DE DATOS .....	14
b).- ANALISIS DE DATOS .....	15
4.- SISTEMA DE PERCEPCION REMOTA .....	15
5.- MODELO DE PERCEPCION REMOTA .....	16
D.- EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.	

## 1.- NATURALEZA DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA

a).- PRINCIPIOS GENERALES .....	21
b).- PROPIEDADES DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA .....	26
c).- FUENTES DE ENERGIA ELECTROMAGNETICA .....	30
d).- INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LOS CUERPOS NATURALES .....	34
e).- INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LOS CUERPOS DE AGUA .....	41
f).- INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LOS MATERIALES SOLIDOS .....	44
g).- INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LA IONOSFERA .....	48

## E.- PROCEDIMIENTOS EN LA PERCEPCION REMOTA.

### 1.- DETECCION, TRANSFORMACION Y REGISTRO DE LA ENERGIA

RECIBIDA : : : : : .....	50
--------------------------	----

2.- RESOLUCION, DETECTABILIDAD Y RECONOCIMIENTO .....	53
---	----

## F.- METODOS DE INTERPRETACION DE IMAGENES DE SATELITE

1.- SIADIS, OPTRONICS .....	57
-----------------------------	----

## G.- SISTEMAS DE CLASIFICACION DE LOS SENSORES REMOTOS

1.- CLASIFICACION EN BASE A SU FUENTE EMISORA .....	59
---	----

2.- UBICACION ESPACIAL, FUENTE EMISORA-RECEPTORA .....	60
--	----

3.- CLASIFICACION EN BASE A SU INFORMACION REGISTRADA .....	60
---	----

### 4.- EN FUNCION DE MECANISMOS PARA CAPTAR LA INFORMACION

a).- SENSORES FOTOGRAFICOS U OPTICOS .....	61
--	----

b).- SENSORES OPTICOS MECANICOS .....	65
---------------------------------------	----

b.1.- PROGRAMA LANDSAT: .....	67
-------------------------------	----

b.1.1.- CAMARA VIDICON DE HAZ DE RETORNO .....	67
--	----

b.1.2.- BARREDOR MULTIESPECTRAL .....	67
---------------------------------------	----

b.1.3.- MAPEADOR TEMATICO .....	73
b.2.- PROGRAMA ESPOT .....	76
c).- SENSORES ACTIVOS DE MICROONDAS. ....	85
c.1.- SLAR (SISTEMA DE RADAR DE VISION LATERAL) .....	86
c.2.- SAR (RADAR DE APERTURA SINTETICA) .....	95
H.- PLATAFORMAS EN PERCEPCION REMOTA	
1.- PLATAFORMAS AEREAS .....	98
2.- PLATAFORMAS ESPACIALES .....	101
3.- ESTACIONES ESPACIALES .....	111
4.- RESUMEN DE LAS PLATAFORMAS UTILIZADAS EN PERCEPCION REMOTA .....	112
I.- APLICACIONES, VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PERCEPCION REMOTA.	
1.- APLICACIONES DE LA PERCEPCION REMOTA .....	114
2.- VENTAJAS DE LA PERCEPCION REMOTA .....	116
3.- LIMITACIONES DE LA PERCEPCION REMOTA .....	117
J.- ESTUDIOS A FUTURO DE ALGUNOS SATELITES .....	118
3.- MATERIALES Y METODOS UTILIZADOS EN LA PERCEPCION REMOTA .	120
4.- RESULTADOS Y DISCUSION DE LA PERCEPCION REMOTA .....	127
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	129
6.- BIBLIOGRAFIA .....	131
7.- GLOSARIO .....	134

## INDICE DE FIGURAS DEL TEXTO

### FIGURA

1	MODELO DE PERCEPCION REMOTA .....	17
2	DIVISION DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO SEGUN SU UTILIZACION EN PERCEPCION REMOTA .....	19
3	RANGOS DE LONGITUD DE ONDA EN LOS SISTEMAS DE PERCEPCION REMOTA. ....	24
4	CURVAS DE LA RADIACION DE UN CUERPO NEGRO . ....	33
5	TRANSFORMACIONES DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA, EN SU INTERACCION CON LA ATMOSFERA Y CON LOS CUERPOS SOLIDOS DE LA SUPERFICIE TERRESTRE. ....	35
6	EJEMPLO DE LAS CARACTERISTICAS DE TRANSMISION ATMOSFERICA. ....	38
6.1	TRANSMISION, ABSORCION Y REFLECTANCIA DE LA R.E.M. EN CUERPOS DE AGUA. ....	43
7	REFLECTANCIA RELATIVA DE LOS TIPOS CARACTERISTICOS DE CUBIERTA TERRESTRE. ....	47
8	IMPORTANCIA DEL USO DE LA PELICULA INFRARROJO EN BLANCO Y NEGRO Y UN FILTRO OPTICO. ....	64
9	SISTEMA DE COLECCION DE DATOS A TRAVES DE UN SATELITE. .	68

	LANDSAT, .....	68
10	COMPONENTES DEL BARREDOR OPTICO MECANICO, .....	71
11	FUNCIONAMIENTO DEL BARREDOR MULTIESPECTRAL . . . . .	71
12	CARACTERISTICAS DEL INSTRUMENTO ARV, .....	79
13	FRECUENCIA DE LAS OBSERVACIONES DEL SPOT Y OBTENCION DE LA ESTEREOSCOPIA .....	80
14	EJEMPLO DE COBERTURA DEL RADAR, .....	88
15	TIPOS DE COHETES UTILIZADOS COMO PLATAFORMAS ESPACIALES .	107
16	ILUSTRACION ESQUEMATICA QUE MUESTRA EL CAMPO DE VISION DE LA TIERRA DESDE UN SATELITE DE ORBITA POLAR Y DESDE UN SATELITE GEOESTACIONARIO . . . . .	103
17	SATELITE LANDSAT, .....	109

INDICE DE TABLAS

TABLA

1	TIPOS DE BANDAS QUE COMPRENDE EL INFRARROJO .....	20
2	TIPOS DE VENTANAS ATMOSFERICAS .....	37

3	ELEMENTOS QUE PRODUCEN DISPERSION .....	39
4	BANDAS EN LAS CUALES TRABAJA EL SISTEMA BARREDOR MULTIESPECTRAL (MSS), .....	70
5	CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE SATELITE PARA LA OBSERVACION DE LA TIERRA (SPOT) .....	82
6	RESOLUCION AZIMUTAL DE RADAR DE APERTURA SINTETICA (SAR) .....	96
7	RESOLUCION AZIMUTAL DEL SISTEMA DE RADAR DE VISION LATERAL (SLAR) .....	96
8	TIPOS BASICOS DE PLATAFORMAS .....	110

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

1	NUMERO DE IMAGENES LANDSAT QUE CUBREN LA REPUBLICA MEXICANA .....	137
2	UBICACION DEL ESTADO DE N.L. CON SUS IMAGENES QUE LO CUBREN .....	138
3	ZONAS CUBIERTAS CON IMAGENES LANDSAT EN EL ESTADO DE N.L. ....	139

## RESUMEN

La Percepción Remota es la adquisición de información de un cierto objeto o fenómeno sin hacer contacto físico con él, por medio de la parte sensora dicha función se basa en el hecho de que cada elemento de la naturaleza tiene una propia y única forma de emitir, reflejar y absorber la radiación.

Esta nace apartir de la inquietud del hombre por conocer y explorar todo cuanto lo rodea es decir para mirar y captar radiaciones luminosas, es entonces que apartir de esto aparecen instumentos que detectan las radiaciones electromagnéticas por la superficie de la tierra.

Su historia y desarrollo así como lo hechos más relevantes en la actualidad permiten obtener mayor conocimiento, la importancia de la radiación electromagnética y sus interacciones con los cuerpos naturales, solidos, de agua y la inósfera. Sus procedimientos y metodologías empleadas para su aplicación son también aspectos importantes. El uso de los sensores remotos empleados en las actualidad y sus aplicaciones en algunas áreas de estudio son de suma importancia para el estudio de los recursos terrestres.

Las plataformas vehículos capaces de transportar un sensor remoto a la zona de operación y mantenerlos sobre el objetivo, son de especial utilidad para el funcionamiento de los sensores remotos.

El estudio de algunos satélites a futuro creados por varios países del mundo ponen de manifiesto la creción de nuevas técnicas para la obtención de una mejor información de nuestro planeta.

Por último esta el conocimiento de algunas ventajas y limitaciones de la Percepción Remota y sus aplicaciones.

## SUMMARY

The term "Remote sensing" refers to the acquisition of information of one object or phenomena without physical contact with it, using a sensor. These measurements are possible because each element in nature as his own form of emit, reflect and absorb the radiation. Remote sensing borne because of the necessity of the man to learned and explore everything around him salve. In order to measure radiation different apparatus appeared, these apparatus where able to measure the electromagnetic fields of the earth surface.

The history and development of the earth and the occurring more important events in our days, aloud to improve the knowledge about the electromagnetic radiation and its interactions with natural bodies like: solids, water and the ionosphere. The remote sensing used at the present time and the applications in the different studied areas are very important in the quantification of the natural resources of the earth. The aircraft are very important in the transportation of the remote sensing equipment. The aircraft are able to carry the remote sensing systems at the operational zone and are left there focusing the targets.

The study of the satellites in the future require to improve new techniques by the different nations of the world, and this is a prove of the man care for the natural resources.

Remote sensing is not a new technology. For many decades man has been ascending above the earth in order to observe it from a distance and thus learn more about its condition.

Aerial photography has been used extensively for this purpose and over the years a sophisticated technology has evolved using photographic sensors for remote sensing.

The present study is a review of the current information in remote sensing technology, including different chapters in radiation and radiation sources, reflectance in remote sensing, radiation detectors, remote sensing instrumentation and some remote sensing data-acquisition systems.

## 1. INTRODUCCION

Desde muchos siglos atrás el hombre ha mostrado un profundo interés por conocer y explorar todo cuanto lo rodea; por ello empleo sus sentidos, ya sea para mirar y captar radiaciones luminosas, o bien para captar ondas sonoras dentro de un rango muy limitado de longitudes de onda.

De esta manera a través del tiempo se inventaron instrumentos que mejoraron la capacidad de observación a distancia, algunos de estos son: Las cámaras fotográficas aéreas, multiespectrales, y equipo de microondas, etc.

Todos estos aparatos se encargan de detectar las radiaciones electromagnéticas de la superficie de la tierra, éstos instrumentos son montados en diferentes plataformas, realizando la función conocida como "PERCEPCION REMOTA"; o sea la adquisición de información de un cierto objeto o fenómeno sin hacer contacto físico con él. Dicha función de la Percepción Remota se basa en el hecho de que cada cuerpo tiene una propia y única forma de emitir reflejar o absorber la energía solar.

De aquí la importancia del estudio de la Percepción Remota ya que a través de ella podemos conocer amplia información sobre nuestro planeta. Dicha información que abarca su aplicación en diferentes áreas de estudio, que va desde la evaluación de recursos naturales, estudios del suelo, ingeniería civil, manejo de praderas etc.

Todas estas áreas de interés, sobre todo en el área agrícola en la cual podemos mediante el uso de la creación de la nueva tecnología obtener información específica en cuanto: a la evaluación de la producción agropecuaria, manejo de pastizales detección del stress en la vegetación, manejo de enfermedades en plantas, riesgos de erosión y su estimación, recursos de agua, mapeo de suelos etc.

Es por esto que el estudio de la Percepción Remota es de mucha importancia, por lo que para tener una idea acerca de posibles aplicaciones, es necesario conocer su metodología y sus procedimientos.

## OBJETIVOS

En el presente trabajo, los objetivos principales a seguir son los siguientes:

- 1.- Generar un panorama amplio acerca de la historia y el desarrollo, así como los hechos más actuales de la Percepción Remota.
- 2.- Incluyendo la discusión de los procedimientos y métodos de la Percepción Remota para favorecer su aplicación entre los que incluye sus conceptos, funcionamiento y demás aspectos importantes.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### A. DESARROLLO E HISTORIA DE LA PERCEPCION REMOTA

La historia de la Percepción Remota puede dividirse en dos fases :

Primer período antes del año 1957 que empieza desde los pasos iniciales hacia la cámara oscura de Aristóteles hace 2300 años A.C.

El segundo período está marcado por el auge de la era espacial, con la colocación del primer satélite espacial (Artificial), el SPUTNIK-1 (8).

En el Primer Período: Se caracteriza por el desarrollo de la fotografía aérea, ya que sufrió un gran revuelco cuando Louis Jacques, Mande Daquerre y Joseph Niponce en 1839, produjeron las primeras fotografías permanentes con un sistema "Daguerrotipo" que permitía fijar los haluros utilizando tiosulfitos, con lo cual se formaba una imagen permanente. Luego los perfeccionamientos de sistemas ópticos permitieron obtener fotografías de buena calidad.

Las fotografías precursoras de la actual fotografía aérea fueron obtenidas desde globos cautivos: en 1857 Gaspard Feliz Tournachon obtuvo las primeras de estas fotografías sobre la villa de Petit Becetre cerca de París, y en 1860 Samuel A. King y James J. Black, obtuvieron fotografías de Boston Massachusetts desde un globo cautivo a 1200 pies de altura.

El desarrollo de la aviación en la Primera Guerra Mundial, contribuyó en mucho al desarrollo de la aerofotografía al proporcionar plataformas más adecuadas que los globos para transportar las cámaras.

La Segunda Guerra Mundial aceleró el desarrollo de sistemas nuevos, tales como el infrarrojo termal (tras 125 años de investigación): no obstante, solo después de ésta Guerra se lograron los sistemas de respuesta instantánea. Que fueron los precursores del barredor-óptico-mecánico, radiómetros y espectrómetros.

El primer sistema de radar aerotransportado, el "indicador de posición" se desarrolló en Gran Bretaña, como ayuda contra los bombarderos nocturnos.

El desarrollo del radar tuvo lugar en Estados Unidos, Alemania y Gran Bretaña; no obstante, fue este último país el primero en utilizar este sistema como detector de aviones y barcos, al inicio de las hostilidades en la Segunda Guerra Mundial. La evolución de los sistemas de radar de visión lateral, SLAR y Radar de Apertura Sintética (SAR), ocurrió en el período posterior A 1950, el primero desarrollado por la firma Westinghouse y el segundo de Texas Instruments, ambos con participación y auspicio de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. También en este período se desarrolló la fotografía infrarrojo a color (8).

El segundo período de evolución de la Percepción Remota, se inicia con el lanzamiento de la primera nave espacial SPUTNIK 1, por la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas en 1957. La teleobservación desde el espacio extraterrestre con propósitos civiles, nace con el

primer satélite meteorológico TIROS-1. El hombre pudo obtener una visión de la tierra desde fuera de la atmósfera en 1961, cuando el primer astronauta, Yuri Gagarin describía lo observado como algo magnífico, se veía la tierra, los bosques, las nubes, desde su nave espacial VOSTOK 1.

En 1959 se obtuvieron las primeras imágenes de la tierra con los satélites Vanguardia II, Explorer VI. Después se lanzaron otros Satélites Meteorológicos como: El ESSA, NIMBOS, ITOS, ATS.

Hasta 1967, los americanos (con vuelos tripulados de Gemini y Mercury y los soviéticos con vuelos del Vostok y Voskhod), consideraron las fotografías de la tierra como experiencias anexas, pero no como sistemas prioritarios.

Menos aún se buscó el cumplir las especificaciones técnicas en cuanto a precisión de las fotografías obtenidas.

En el programa Apolo, las misiones Apolo VI y VII, tuvieron misión prioritaria la obtención de fotografías con especificaciones geométricas definidas (con cámaras Hasselblad perfectamente orientadas).

El programa Landsat ha proporcionado a partir de 1972 una secuencia continua de imágenes que han demostrado plenamente la posibilidad de aplicación de la teledetección, como una herramienta útil y práctica en el estudio de los recursos naturales.

El perfeccionamiento de los sistemas de Percepción Remota, permite predecir que en el futuro inmediato, un alto porcentaje de los programas de estudios de recursos se harán con base en imágenes obtenidas desde el espacio extraterrestre, permitiendo así sea en parte, contrarrestar los efectos de la invasión del espacio por la carrera armamentista (8).

## B. CRONOSECUENCIA DE HECHOS RELEVANTES

### 1. Sensores fotográficos ( 1759-1984 )

- 1759 Primera exposición de los principios fundamentales de la fotogrametría Lumbert (Francia).
- 1839 Primeras fotografías permanentes, Daquerre y Nepce (Francia).
- 1840 Los franceses usan fotografías para producir mapas fotográficos.
- 1840 La fotografía se hace importante en la exploración del Oeste de los Estados Unidos.  
a 1870
- 1855 Maxwell propuso la prueba de visión tricromática por medio de experimentos fotográficos (Sutton, 1861).
- 1858 Fotografías de París desde cámaras montadas en globos libres y cautivos.
- 1862 Du Haron analiza imágenes multispectrales con la técnica del lente simple, fraccionador de haces.
- 1860 Obtención de fotos para observaciones militares desde globos durante la guerra civil Americana (ninguna existe).
- 1870s Se desarrollaron sistemas simples de proyección de color y visión de color.

- 1880s Cámaras transportadas por cometas en Inglaterra, Francia Rusia.
- 1895 Seville usa fotos para levantamientos topográficas en Canadá.
- 1900 Ives inventa la cámara multispectral de tres lentes.
- 1903 Se atan cámaras a palomas portadoras.
- 1909 Wilbur Wright toma las primeras películas cinematográficas desde un avión.
- 1909 Procesamiento lenticular de película a color por sistema aditivo.
- 1910 Stereoautógrafo Orel-Zeiss precursor de las estereofotos
- 1915 Fotos aéreas usadas por la Real Fuerza Aérea Británica para reconocimiento y cambio de tácticas de trabajo, en la Primera Guerra Mundial.
- 1917 El cuerpo de señales de Estados Unidos usa fotos aéreas en la guerra de la frontera mexicana.
- 1920 Las fotos aéreas son usadas por los Geólogos de petróleo para exploración.
- 1923 Estereo-planógrafo Zeiss.
- 1924 Se desarrolla la película a color multicapas.
- 1930 Primera espectrografía aérea de la tierra hecha por Krinov y sus colegas (Rusia).
- 1930s Uso extensivo de las fotos aéreas en ciencias terrestres y agricultura.
- 1931 Prueba desde un globo estratosférico de la película sensible al infrarrojo.
- 1953 Aparece el Kodachrome en el mercado.
- 1937 Se usa la película a color en levantamientos aéreos.
- 1938 Aparece el graficador fotogramétrico multiplex "Bausch and Lomb".
- 1940 Rápidos avances en el desarrollo de películas fotográficas.
- 1943 Infrarrojo (blanco y negro y color) para camuflaje y penetración de bruma.
- 1941 Se publica "Fotos aéreas: Su uso e interpretación" de Eardley.

- 1940 Tremendos avances en fotografía aérea y fotogrametría.
- 1945 Resultantes de las necesidades de la Segunda Guerra Mundial.
- 1944 Primera edición del manual de fotogrametría de la Asociación Americana de Fotogrametría.
- 1944 Estudios militares de la profundidad del agua utilizando fotografía aérea de dos bandas.
- 1947 Publicación de propiedades de reflectancia espectral de los materiales naturales de Krisnov.
- 1950s El mapeo con ortofoto se populariza.
- 1952 Se usan fotos aéreas a color en mapeo geológico.
- 1953 Colwell ( USA), demuestra la detección del stress y enfermedades en la vegetación. (Publicado en 1956).
- 1956 Los soviéticos utilizan película espectrozonal para el mapeo de suelos.
- 1960 Se hace común el uso de la fotografía aérea a color.
- 1960 Se publica el "Manual de la Fotointerpretación" de Colwell y "Fotografías aéreas en interpretación geológica y mapeo" de Ray.
- 1962 Aparecen las cámaras multiespectrales Itek de nueve lentes, de Estados Unidos y Rusia.
- 1963 La Fuerza Aérea de Estados Unidos construye el visor-impresor para adición a color.
- 1964 La NASA inaugura los programas para verificar la utilidad de la fotografía multibanda para recursos naturales.
- 1965 Se desarrolla el sistema multiespectral de adición a color, por Yost y Wenderoth.
- 1967 Primeros usos prácticos de la fotografía ultravioleta.
- 1967 Se publica "Earth Resources Surveys from Space" en 2 volúmenes, preparado por el

cuerpo de ingenieros de Estados Unidos.

- 1968 "Manual de Fotografía Aérea a Color " de la Sociedad Americana de Fotogrametría.
- 1968 Se desarrolla el experimento sobre fotografía multiespectral SO65, misión Apolo 9.
- 1975 Publicación del Manual de Sensores Remotos de la Sociedad Americana de Fotogrametría.
- 1984 Primeras fotografías métricas de alta resolución obtenidas desde el espacio por el transbordador espacial (8).

## 2. Sistemas de sensores no fotográficos

- 1800 Descubrimiento de la región espectral infrarroja por William Herschel.
- 1879 Uso del bolómetro por Langley para hacer mediciones de temperatura de objetos eléctricos.
- 1889 Hertz demuestra la reflexión de ondas de radio, por sólidos.
- 1916 Rastreo de naves aéreas en vuelo usando pilas termoeléctricas para detectar efectos caloríficos, por Hoffman.
- 1930 Británicos y Alemanes trabajan en sistemas para localizar aeroplanos por patrones térmicos durante la noche.
- 1940 Desarrollo de sistemas de radar incoherentes de rastreo por los Británicos y Estadounidenses para detectar barcos y aviones durante la Segunda Guerra Mundial.
- 1950s Se realizan extensos estudios de los sistemas infrarrojos en la Universidad de Michigan y otros lugares.

- 1951 Primeros conceptos de sistema móvil coherente de radar.
- 1953 Vuelo de un radar coherente de banda X.
- 1950s Desarrollo de la investigación del SLAR (radar aerotransportado de visión lateral) y SAR (radar de apertura sintética) por Motorola, Philco, Goodyear, Raytheon y otros.
- 1954 Formulación del concepto de apertura sintética (SAR).
- 1956 Kozyrev originó el concepto de discriminación lineal Franenhofer.
- 1960s Desarrollo de varios detectores que permitieron la construcción de radiómetros formadores y no formadores de imagen, al igual que barredores espectrómetros y polarímetros.
- 1968 Descripción de un sistema láser ultravioleta a base de gas nitrógeno para estimular la luminiscencia.
- 1969 Realización del primer levantamiento de gran cobertura con imágenes de radar en Panamá (8).

### 3. Sistemas espaciales de de formación de imágenes

- 1891 Primera propuesta (Rahrmann) para usar un cohete como plataforma para fotografía.
- 1908 Maul (Alemania) desarrolló la cámara giro-estabilizada montada en cohete (lanzada en 1912).
- 1946 Se obtienen imágenes espaciales con cohetes V-2 lanzados desde "White Sands Proving Ground" (New México.).
- 1957 Lanzamiento del Sputnik 1 por la URSS.
- 1960 Se obtienen las primeras imágenes del satélite meteorológico TIROS 1.

- 1961 Primer vuelo espacial tripulado. Nave VOSTOK 1 tripulada por Yuri Gagarin URSS.
- 1961 Se obtienen fotografías orbitales de la nave no tripulada Mercurio MA-4 seguida de las fotos obtenidas por astronautas en las misiones MA-8 Y MA-9.
- 1964 Se inicia el programa Nimbus de investigación meteorológica, utilizando televisión y otros sensores.
- 1965 Vuelo tripulado Gemini (GT-3), se obtienen fotos a color.
- 1965 Experimentos de fotografía espacial Gemini GT-4.
- 1965 Recomendación a la NASA, del programa ERTS (Landsat) por el Departamento del Interior de los Estados Unidos.
- 1966 Lanzamiento de los satélites geosincrónicos de la serie ATS, con sensores formadores de imagen, seguidos por la serie SMS (GOES) iniciada en 1974.
- 1967 Misiones orbitales Apolo 6 y 7 que culminan en el experimento SO65 de fotografía multiespectral durante la misión Apolo 9.
- 1972 Lanzamiento del ERTS-1 (Landsat), Landsat 2 (1975), Landsat 3 (1978), Landsat 4 (1982), Landsat 5 (1984).
- 1973 Lanzamiento del Skylab, los astronautas realizan una serie de experimentos con el ERP (Paquete experimental para Recursos Terrestres).
- 1975 Misión Apolo-Soyuz. Se obtienen fotografías.
- 1978 Lanzamiento del Seasat 1 en julio (falló después de 99 días).
- 1978 Misión de mapeo de la capacidad térmica (HCMM).
- 1979 Se lanza el Nimbus 7.
- 1981 Primer vuelo del transbordador espacial (Space Shuttle).
- 1984 Se establece un nuevo record de permanencia en el espacio (238 días) con la estación

soviética Soyuz.

1985. Lanzamiento del Satélite francés SPOT.

1986 Explosión en el aire del transbordador espacial "Challenger". Mueren seis de sus tripulante (8).

## C. PERCEPCION REMOTA

### 1. QUE ES LA PERCEPCION REMOTA

**Percepción Remota o teledetección:** Es la medición o adquisición sobre alguna propiedad de un objeto o fenómeno, por un instrumento de registro que no está en contacto físico o íntimo con el objeto o fenómeno bajo estudio (17):

**Percepción Remota:** es la ciencia y el arte de obtener información sobre los objetos materiales, por mediciones hechas a distancia, sin entrar en contacto físico con los materiales de interés (8).

**Percepción Remota:** es todo proceso cualitativo o cuantitativo en que el aparato de medida o más precisamente, la parte sensora, no está en contacto directo con el objeto en estudio (8).

**Sensor Remoto:** es un instrumento, órgano o sistema que detecta a distancia alguna pro-

riedad de un objeto o fenómeno midiendo algún tipo de radiación o emanación proveniente de él (17).

## **2. PRINCIPIOS DE PERCEPCION REMOTA**

La principal base física de la Percepción Remota, es la capacidad de los instrumentos sensores para medir variaciones espectrales, espaciales y temporales en los cuerpos energéticos. Es decir éstas mediciones son las que hacen posible la Percepción Remota (6). Las condiciones físicas que podría producir una variación espectral, espacial y temporal en la intensidad del campo son las siguientes:

**Espectrales:** su condición física se realiza cuando la radiación choca en la tierra, y dicha energía es absorbida, emitida y reflejada a través del espectro.

**Espaciales:** físicamente ocurre en las diferentes tipos de reflectancia por los objetos, esto debido a que la energía electromagnética de un objeto es diferente de un material a otro.

**Temporal:** se debe o se realiza su detección de objetos en diferentes estados, es decir en diferentes etapas a través del tiempo (6).

### **3. ASPECTOS IMPORTANTES EN LA PERCEPCION REMOTA**

**Los aspectos importantes en la Percepción Remota son:**

- a. La recopilación de datos.**
- b. Análisis de datos.**

- a. La recopilación de datos.**

**Esta se realiza a través de las mediciones hechas por medio de sistemas de Percepción**

**Remota a través de las siguientes variaciones:**

- 1). Variaciones del campo electromagnético**
- 2). Variaciones de campo de fuerza.**
- 3). Variaciones de ondas acústicas.**

- 1). Sistemas de Percepción Remota basados en las variaciones del campo electromagnético; algunos sistemas de recopilación de datos para medir éste tipo de variaciones son: Los ojos humanos. Las cámaras convencionales, cámaras multibanda y panorámicas. Explorador multiépectral y el radar de toma lateral.**

- 2). Sistemas de Percepción Remota basados en las variaciones de campo de fuerza: Aquí incluye o se usan aparatos que sirven para la exploración geofísica, como los magnetó-**

metros aparatos que miden las variaciones del campo magnético de la tierra; y los gravímetros que miden las variaciones en el campo de gravedad en la tierra.

- 3). Sistemas de Percepción Remota basados en las variaciones del campo de las ondas acústicas; el sonar, una alarma contra robos son algunos sistemas de recopilación de datos a través de este tipo de variaciones (1).

#### b. Análisis de datos.

Los datos de Percepción Remota pueden originarse a través de un formato de imagen o uno numérico. Las técnicas de procesamiento de datos pueden usarse para convertir los datos de un formato a otro, el análisis puede utilizar imágenes, datos numéricos o ambos para efectuar el análisis el formato del producto final puede ser de imagen o uno numérico.

##### 1). Sistema de recopilación de datos:

En éste sistema se puede emplear por ejemplo; un sensor fotográfico como las cámaras multibandas, cuyos productos son imágenes y fotografías, cuando se analizan por el analista, éste puede realizar una combinación con los productos de datos como mencionamos anteriormente, y su producto final en imágenes pueden ser mapas y fotografías, ambas temáticas por naturaleza y realizadas a través de las bandas espectrales y temporales.

##### 2). Sistemas numéricos de recopilación de datos:

011162

Por ejemplo el explorador multiespectral, cuyo producto numérico es un cinta magnética para computadora, una vez analizándola también se puede combinar con imágenes y sus productos finales son tablas de datos a través de este sistema (1).

#### **4. SISTEMAS DE PERCEPCION REMOTA**

- A.- Sistema pasivo de Percepción Remota: sistema que se caracteriza por el uso de energía natural**
  
- B.- Sistema Activo de Percepción Remota: sistema que se caracteriza por el uso de energía artificial, es decir creada por el hombre ejemplo, radar de toma lateral (SLAR) (6).**

#### **5. MODELO PROCESO DE PERCEPCION REMOTA**

**El proceso de Percepción Remota requiere de:**

- a. Una fuente de energía (el sol, equipos electrónicos) que emita radiación electromagnética.**
  
- b. Un medio de propagación de la energía (la atmósfera), también se puede considerar como trayectoria de transmisión.**
  
- c. Un objeto o estudio (el terreno) situado a distancia del sensor.**

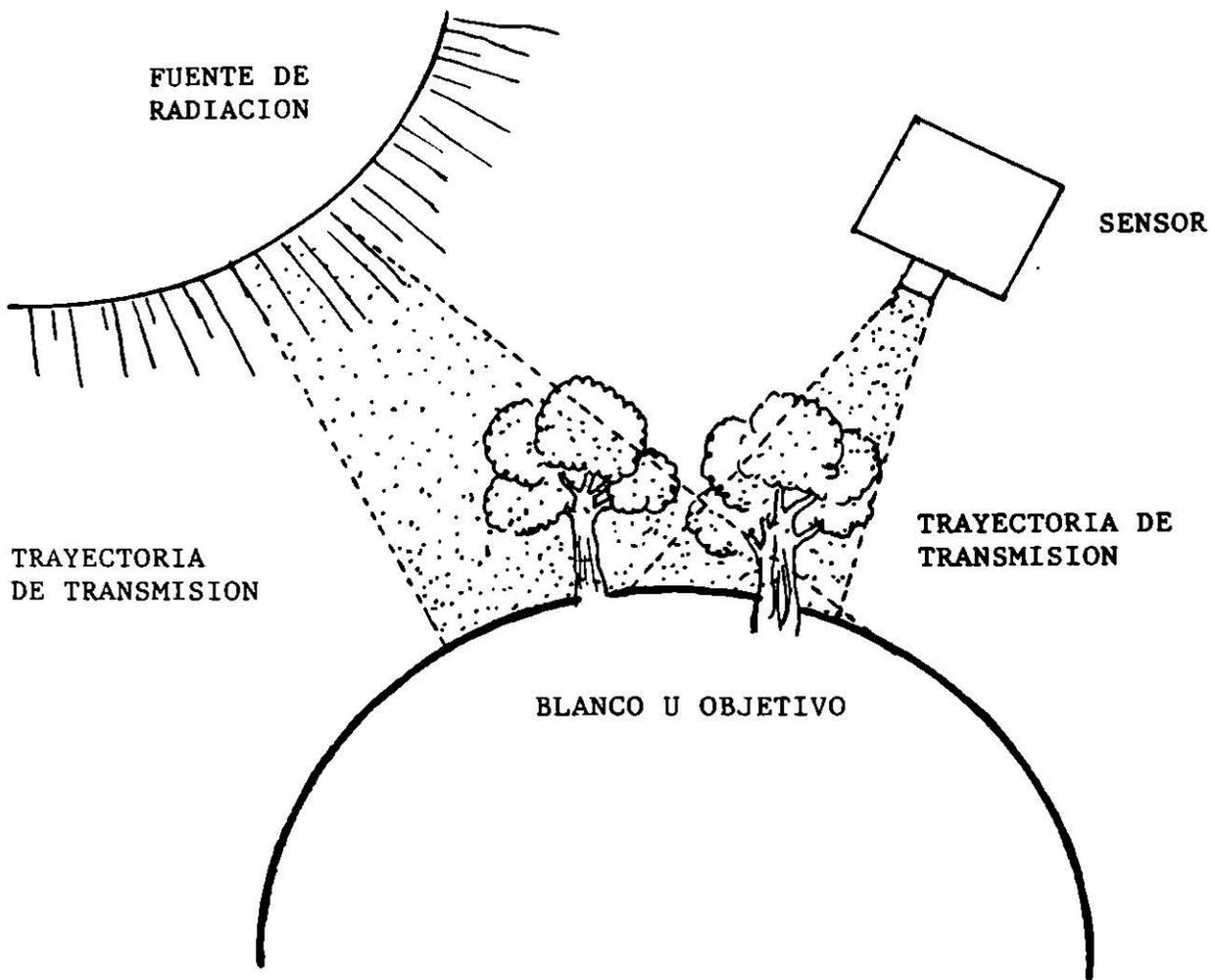


FIGURA 1 Modelo de Percepción Remota.

- d. Un detector o sistema capaz de captar la energía reflejada (el sensor).
- e. Equipo de transformación de la energía recibida por el sensor, ya a imágenes fotográficas o en cintas compatibles con computador (14), Figura 1.

#### **D. EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO**

Las características de los sensores, y los datos recogidos dependen de la región del espectro electromagnético, en el cual trabaja cada sensor y de la forma como se mide y se registra la radiación electromagnética (17).

El espectro es un arreglo continuo de masas y continuo de radiaciones, ordenado en función de la longitud de onda o de la frecuencia. Figura 2.

Incluye el espectro que oscilan desde algunos angstroms, hasta varios cientos de km. Las frecuencias fluctúan entre 10 a la 4, y 10 ala 20 ciclos/s. correspondiendo las frecuencias más bajas a las longitudes de onda mayores y viceversa.

Como no existen aún instrumentos o mecanismos que puedan detectar la emisión de energía a lo largo de todo el espectro, éste ha sido dividido en varias regiones espectrales, de carácter arbitrario y basadas en los medios disponibles para generación y detección de energía, a saber:

REGIONES DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO SEGUN SU UTILIZACION EN PERCEPCION REMOTA

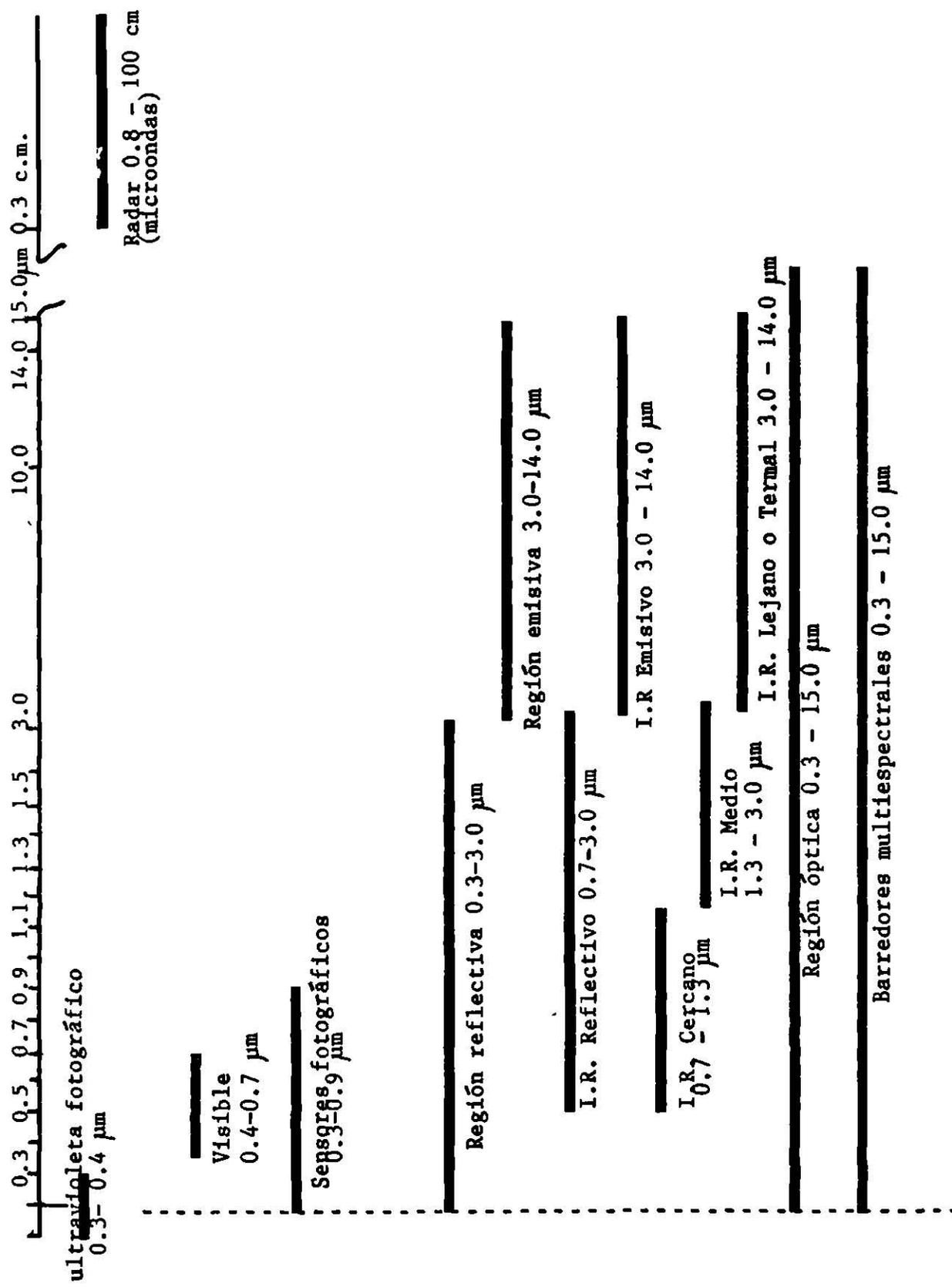


Figura 2. División del espectro electromagnético según su utilización en percepción remota.

- a) Rayos gamma ..... Infrarrojo lejano
- b) Rayos x ..... Microondas
- c) Rayos ultravioleta ..... Radar
- d) Luz visible ..... Bandas de radio
- e) Infrarrojo cercano ..... Audio

De las divisiones anteriores, hoy en día se trabaja aún con equipos modernos solamente en algunas porciones menores, ya que aislar energía de una determinada frecuencia es un proceso muy complejo.

**Espectro visible:** región donde se trabaja con sensores remotos, es la parte captada por el ojo humano y constituida por los colores del arcoiris, comprende .37 - .72  $\mu\text{m}$ , detectable sistema fotográfico y sistema de televisión.

El infrarrojo : abarca una longitud de onda entre .7 y 14  $\mu\text{m}$  ver Tabla 1.

Tabla 1.- Tipos de bandas que comprende el infrarrojo (17).

Infrarrojo cercano	0.7 a 0.3	Sistema fotográficos
Infrarrojo medio	1.3 a 3.0	Barredores ópticos
Infrarrojo termal	3.0 a 14.0	Barredores ópticos
Infrarrojo lejano	15.0 a 300.0	Sensores Meteorológicos
	0.8 a 30.0 cm	Radar

# 1. NATURALEZA DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA.

## a. PRINCIPIOS GENERALES

La radiación electromagnética es energía propagada a través del espacio o medios naturales en la forma de interacción entre campos eléctricos y magnéticos (M.R.S.). Según Maxwell es una forma dinámica de energía, se manifiesta solo por su interacción con la materia (8). Según la primera definición dada la radiación electromagnética puede considerarse como integrada por dos vectores:

- Eléctrico
- Magnético.

Históricamente las propiedades de la energía electromagnética fueron explicados basándose en la teoría corpuscular de (Newton) y una Teoría ondulatoria de (Maxwell). La ciencia moderna acepta ambas teorías y define la energía electromagnética, como toda energía que se desplaza en el espacio a la velocidad constante de la luz y en forma armónica. "Propagación armónica significa que las ondas son repetitivas e igualmente espaciadas en el tiempo". Se puede tomar en cuenta la teoría del movimiento ondulatorio de Maxwell y la moderna teoría de los cuantos de energía.

### La teoría ondulatoria

Maxwell se refiere ante todo a la propagación y efectos ópticos macroscópicos de la

energía electromagnética, mientras que la teoría cuántica, trata solo de aspectos de absorción y emisión atómico molecular de la radiación (8).

Naturaleza ondular: Ecuaciones de Maxwell dónde según esta teoría, el estado electromagnético en punto dado al vacío, puede definirse por dos vectores:

- $E$  = Campo eléctrico (voltios/m)
- $H$  = Campo magnético (amperios/m)

Estos campos son independientes en estado estático mas no así en la forma dinámica en la cual tienen interdependencia.

"Ambas teorías se basan en el concepto de campo de fuerza"

Maxwell establece que se presenta un movimiento suavemente ondulatorio en los campos tanto eléctricos como magnéticos que componen la radiación electromagnética.

Estos campos se presentan siempre unidos en cualquier región donde se presente una tasa de cambio en el tiempo y cuando interaccionan con la materia, su manifestación depende fundamentalmente de las propiedades eléctricas o magnéticas de esa materia.

La relación entre la velocidad de propagación de la radiación , su frecuencia y longitud de

onda, cuando se propaga en el vacío esta dada por la ecuación:

$$c = \lambda \cdot f$$

dónde:  $c$  = Velocidad de propagación de la luz =  $3 \times 10^8$  m/s.

$\lambda$  = la longitud de onda es la distancia lineal entre dos ondas sucesivas y se mide en unidades métricas.

$f$  = La frecuencia es el número de ondas que se propagan por unidad de tiempo y se mide en ciclos (número de ondas) por segundo.

Cuando la Radiación Electromagnética Magnética se propaga a través de un medio la velocidad de propagación dependerá de las propiedades de ese material y de la longitud de onda, ya que la frecuencia no varía al interactuar con la materia, así al propagarse a través del agua, la radiación electromagnética tendrá un decrecimiento en su velocidad de propagación, por tanto en este medio las longitudes de onda propagadas serán menores que en el vacío y por ende, la longitud de onda se denomina índice de refracción. Obsérvese la Figura 3.

### La teoría cuántica

La teoría de Maxwell no explica satisfactoriamente algunos fenómenos, cuando la R.E.M. interactúa con la materia, esta Teoría se hace mas evidente, cuando las longitudes de onda son pequeñas (8).

Modernos experimentos han demostrado que la generación de ondas electromagnéticas siempre ocurre en pequeños paquetes o serie de ondas. Cada uno de ellos transporta energía

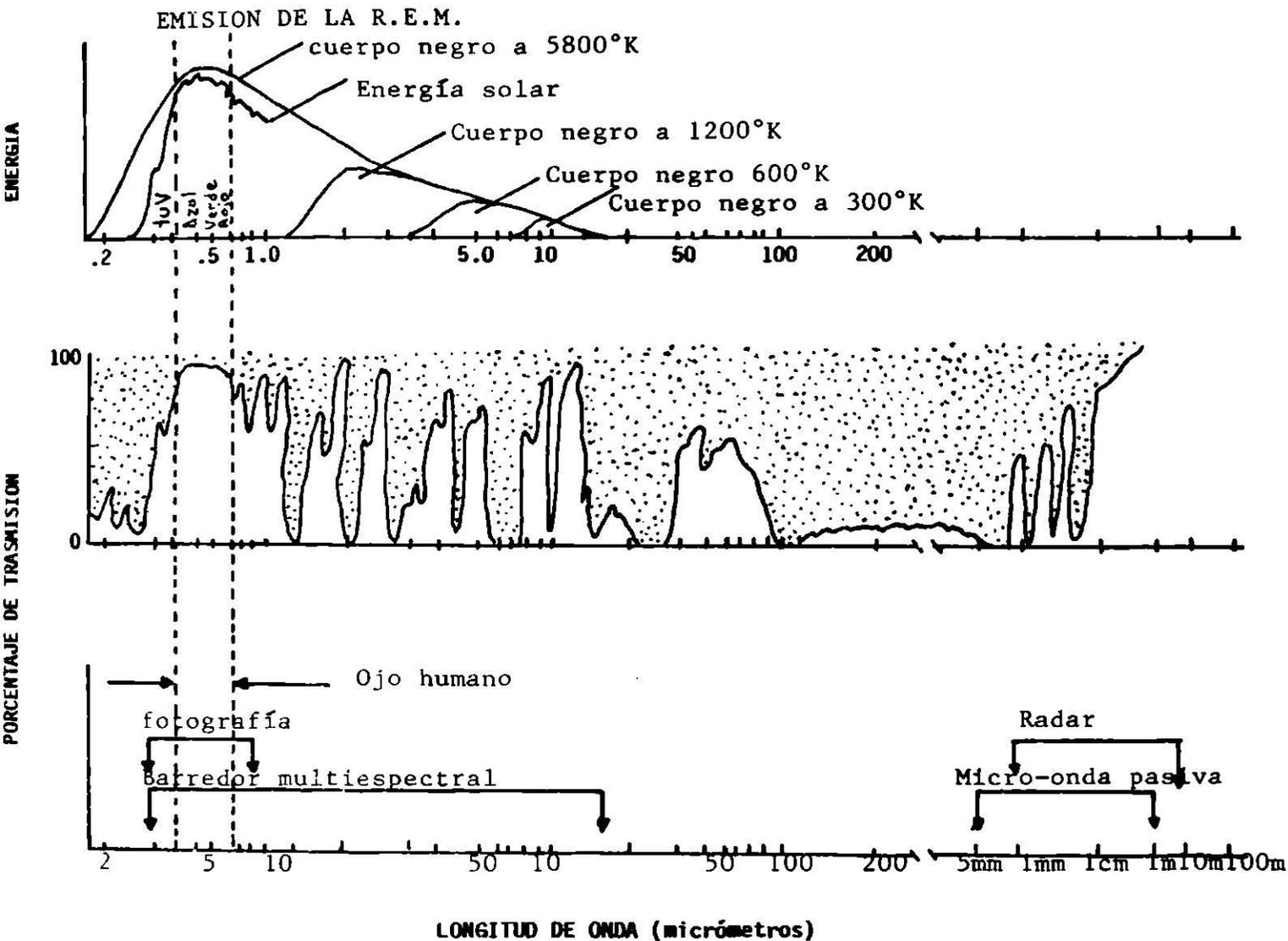


FIGURA 3: Rangos de longitudes de onda en los sistemas de percepción remota en su relación con las ventanas atmosféricas y con la curva de radiación de un cuerpo negro a diferentes temperaturas. (tomado de Lindenlanb 1976). (14).

radiante  $Q$ , proporcional a la frecuencia  $F$ , así:

$$Q = h.f$$

dónde:  $Q$  = Energía radiante.

$h$  = Constante universal de Planck, cuyo valor es  $6.625 \times 10$  julios/s.

$f$  = Frecuencia.

La energía transportada en estos paquetes no se entrega a un receptor uniformemente a través de la onda, sino que se entrega toda en un lugar u otro a lo largo de la onda, según una base probabilística.

La probabilidad de que un paquete haga completa entrega de su energía radiante en algún lugar a lo largo de la onda, es proporcional a la densidad de flujo de la onda en su lugar.

Cuando coinciden un gran número de paquetes en un plano de recepción, el promedio de energía entregada en función del tiempo, sería en este caso lo que se hubiese predicho según la formulación de Maxwell para esa densidad de flujo; no obstante de instante en instante, la tasa de flujo estaría fluctuando continuamente a causa de la naturaleza cuantizada y estadística de la radiación electromagnética.

Para enfatizar las propiedades cuantizadas y estadísticas de la radiación electromagnética, se usa el termino "fotón" mientras que "onda" se utiliza para enfatizar los efectos promedios de la radiación (8).

## **b. PROPIEDADES DE LA RADIACION ELECTROMAGNETICA**

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su:

- 1). Frecuencia y Longitud de Onda.
- 2). Polarización
- 3). Intensidad
- 4). Efecto Doppler
- 5). Radiación Monocromática.

Una onda electromagnética se presenta por dos vectores perpendiculares indisociables, y por su dirección y velocidad de propagación (8).

### **1). FRECUENCIA Y LONGITUD DE ONDA**

La frecuencia  $f$  de onda es la sucesión de variación periódica en  $E$  (6 H) y la longitud de onda ( $\lambda$ ) es la longitud que se desplaza la onda en el espacio durante un período de esta variación y se expresa en la formula siguiente:

$$\lambda \cdot f = c$$

dónde :  $c$  = Velocidad de propagación de la luz 299,798.9 m/s. ( $3 \times 10^8$  a la 8 m/seg).

$f$  = Frecuencia se mide en Hertz (Hz) o sea en ciclos por segundos (cps) en Mega

Hertz (MHz)= 10 cps y en Giga Hertz (GHz)= 10 cps.

$\lambda$  = Longitud de onda se mide en unidades lineales ( mm, cm, m, y km).

## 2). POLARIZACION

Los campos eléctricos y magnético que constituyen la REM están estrechamente unidos. La dirección y forma de propagación de las ondas es una importante propiedad, cuando una onda, especialmente las del rango visible del espectro, no tienen una dirección definida de la propagación, se dice que está polarizada al azar, no se considera que la onda carezca por completo de polarización, excepto cuando:

- El campo eléctrico E
- El campo magnético H cuya amplitud varía periódicamente en función del tiempo.
- La onda se propaga en dirección (c) perpendicular al plano de los vectores.
- La velocidad de propagación en el vacío es igual a la velocidad de la luz.

En otro medio esta velocidad es inferior y está determinada por la constante dieléctrica, permeabilidad y conductividad del medio en que se propaga la onda (8).

## 3). INTENSIDAD

La energía transmitida por la onda es proporcional a E, P, H, lo cual es equivalente, ya que ambas son interdependientes. Debido a los múltiples usos de la energía electromagnética (astronomía, óptica, fotometría etc.) cada especialización utiliza sus propias unidades para expresar la intensidad sin que haya unificación en la terminología (8).

En Percepción Remota se utiliza la unidad Watt/cm<sup>0</sup>; cuando la magnitud del campo es cero, según la dirección del vector E ó H durante la propagación se tendrá:

- Polarización rectilínea: cuando el vector E(PH) conserva su dirección constante a lo largo de la propagación, la onda se dice linealmente polarizada.
- No polarizada: cuando la dirección de ese vector es aleatoria a lo largo del tiempo.
- Polarización elíptica o circular: el extremo del vector E puede describir a lo largo de la propagación una espiral, inscrita en un cilindro de base elíptica o circular, en cuyo caso la polarización se dice elíptica o circular.
- Polarización Horizontal (H): cuando el vector E de la onda es perpendicular al plano de incidencia formado por el rayo incidente y la perpendicular de la superficie.
- Polarización Vertical (V): cuando el vector E pertenece al plano de incidencia (8).

#### 4). EFECTO DOPPLER

El efecto Doppler es el cambio de frecuencia que sufre una onda en su desplazamiento, cuando un receptor se desplaza (se aproxima o se aleja) en relación con la fuente emisora de la radiación electromagnética (8).

Esta alteración de la frecuencia ocasionada por el cambio de posición relativa entre la fuente de R.E.M. y el receptor, se expresa por la relación:

$$F = f \frac{(1-B)^2}{1-B \cos \theta}$$

Donde :

$F'$  = Frecuencia recibida

$f$  = Frecuencia de la R.E.M.

$B$  = Relación de la velocidad de propagación en la fuente contra la velocidad de propagación de la R.E.M.

$O$  = Angulo entre la dirección de movimiento de la fuente y una línea que conecte la fuente y el observador.

Cuando las velocidades de propagación de la R.E.M. son considerablemente menores que la velocidad de la luz, el cambio de frecuencia puede ser expresado por:

$$f = \frac{fv}{c} \cos O$$

$f$  = frecuencia de la R.E.M.

Dónde:  $v$  = Velocidad relativa entre la fuente y el receptor

$c$  = Velocidad de propagación de la R.E.M.

## 5). RADIACION MONOCROMATICA

Los sistemas de radar y láser utilizan radiación monocromática. Por ser sistemas activos pueden utilizar una sola longitud de onda, en un lugar de un rango, como sucede con los sensores pasivos. A veces los objetos distantes y próximos son altamente coherentes, por tanto aparecen , como si no hubiese respuesta de estos y resulta una apariencia granulada (8).

### **c. FUENTES DE ENERGIA ELECTROMAGNETICA**

**Las fuentes de energía electromagnética utilizadas para la detección a distancia son dos:**

- 1).- Fuentes artificiales con fines bien definidos (Radar).**
- 2).- Fuentes naturales, por ejemplo el sol**

**Para explicar las propiedades de la energía, producida por las fuentes naturales, se ha recurrido a un concepto teórico que es el cuerpo negro.**

#### **2.1). RADIACIONES DEL CUERPO NEGRO**

**Todo cuerpo emite radiaciones en función de su temperatura y también transforma en calor la energía que absorbe. La intensidad y la distribución espectral de la radiación emitida, depende de la temperatura del cuerpo considerado y de su naturaleza. "Se llama cuerpo negro, a un cuerpo que entra en equilibrio térmico con el medio que lo rodea, absorbe toda la energía que recibe y la vuelve a emitir íntegramente (10).**

**Se define la emisión (e) de un cuerpo cualquiera, mediante la siguiente relación:**

$$e = \frac{\text{energía emitida por un cuerpo por unidad de superficie}}{\text{energía emitida por el cuerpo negro por unidad de superficie}}$$

**Las radiaciones de un cuerpo negro están regidas por las leyes**

de Lambert, Krichhoff, Plank, Wien y Stefan.

Los materiales reales no se comportan como verdaderos cuerpos negros, ya que la energía emitida es inferior a la de un cuerpo negro, esto se debe a dos factores:

- a) El poder de reemisión de los cuerpos reales es relativamente bajo.
- b) Los cuerpos reales transmiten parte de la energía absorbida.

La energía que es emitida por las fuentes naturales, sufre una serie de transformaciones, al ser transmitida a través de los diversos medios (espacio, atmósfera) que normalmente reducen su intensidad, la cantidad de energía que llega hasta los cuerpos naturales, se denomina radiación incidente, al incidir sobre un cuerpo esta radiación puede ser absorbida, y reflejada o transmitida (17).

La absorción (a), reflexión (r) y transmisión (t) se establecen por las relaciones:

$$a = \frac{\text{energía absorbida por el cuerpo por unidad de superficie}}{\text{energía incidente por unidad de superficie}}$$

$$r = \frac{\text{energía reflejada por unidad de superficie}}{\text{energía incidente por unidad de superficie.}}$$

$$t = \frac{\text{energía transmitida por unidad de superficie}}{\text{energía incidente por unidad de superficie.}}$$

La reflectividad y transmisión de cada cuerpo es diferente para cada longitud de onda y varía en función de su constitución química física y material (8).

## 2.2). EL SOL

El sol es indiscutiblemente la fuente de energía mas importante en Percepción Remota, sus radiaciones corresponden aproximadamente a las de un cuerpo negro a 5,800 grados K, pero es afectado por innumerables fenómenos, especialmente la atmósfera.

La energía emitida por el sol alcanza un valor medio de 0.135  $\text{atts/cm}$  en el limite de la atmósfera terrestre (12).

La energía que llega a la superficie terrestre está en función de las siguientes condiciones:

- a).- Hora del día.
- b).- Epoca o día del año
- c).- Latitud
- d).- Condiciones meteorológicas.
- e).- Absorción por los gases atmosféricos.
- f).- Difracción producida por partículas atmosféricas

La Figura 4, representa la curva de emisión de energía solar, en comparación con la de un cuerpo negro a 5.800 k y la variación en la forma de esta curva, así como su despla-

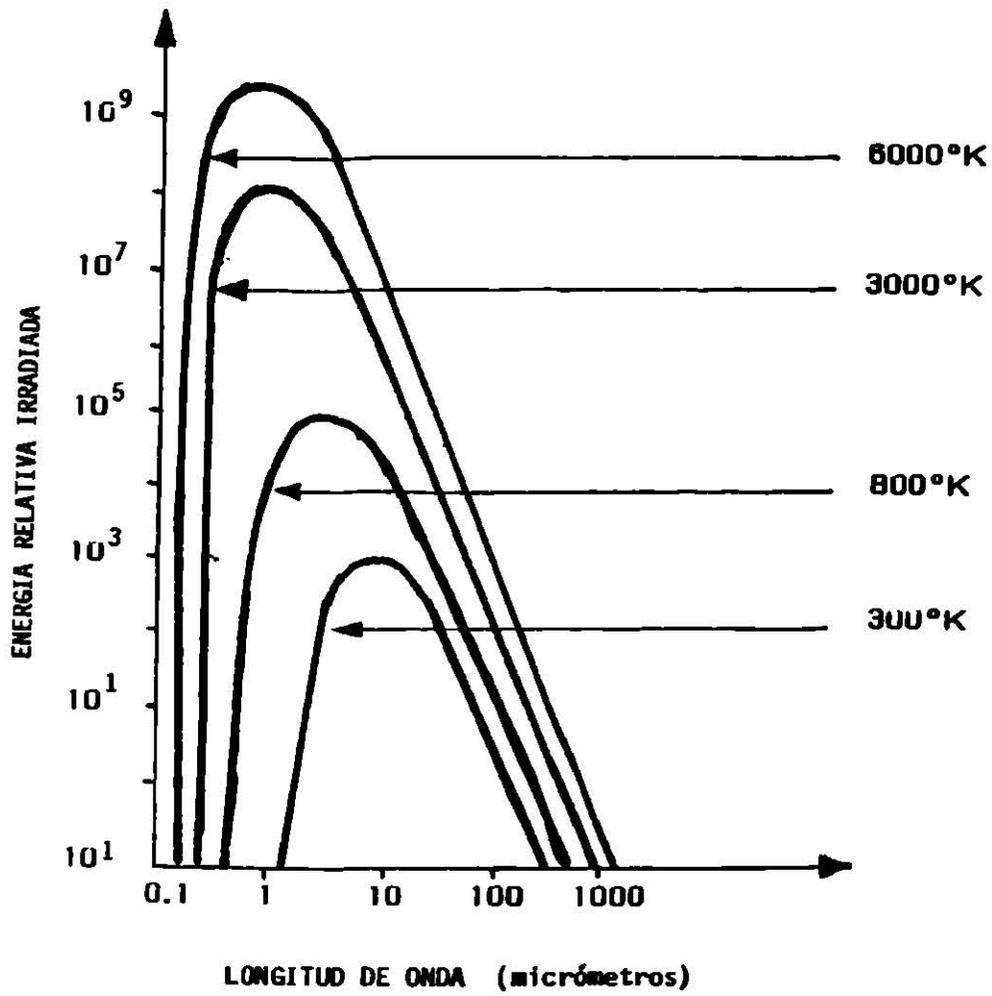


Figura 4: Curvas de la radiación de un cuerpo negro (14).

miento a medida que aumenta la temperatura del cuerpo (14).

#### **d. INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LOS CUERPOS NATURALES.**

La propagación de toda radiación electromagnética en el vacío se produce en línea recta y sin absorción, cuando se intercala en la trayectoria del rayo un medio como la atmósfera o el agua, se producen perturbaciones en la propagación (8), ver Figura 5.

Estas perturbaciones son selectivas para cada longitud de onda y se deben a:

- 1). Absorción
- 2). Dispersión (difusión).
- 3). Emisión
- 4). Refracción.
- 5). Reflexión.

#### **1). ABSORCION:**

La absorción de la radiación electromagnética en la atmósfera es ocasionada por los gases que la conforman.

Los principales gases de la atmósfera que absorben la radiación electromagnética son:

Absorción gobernada por la química de la atm.

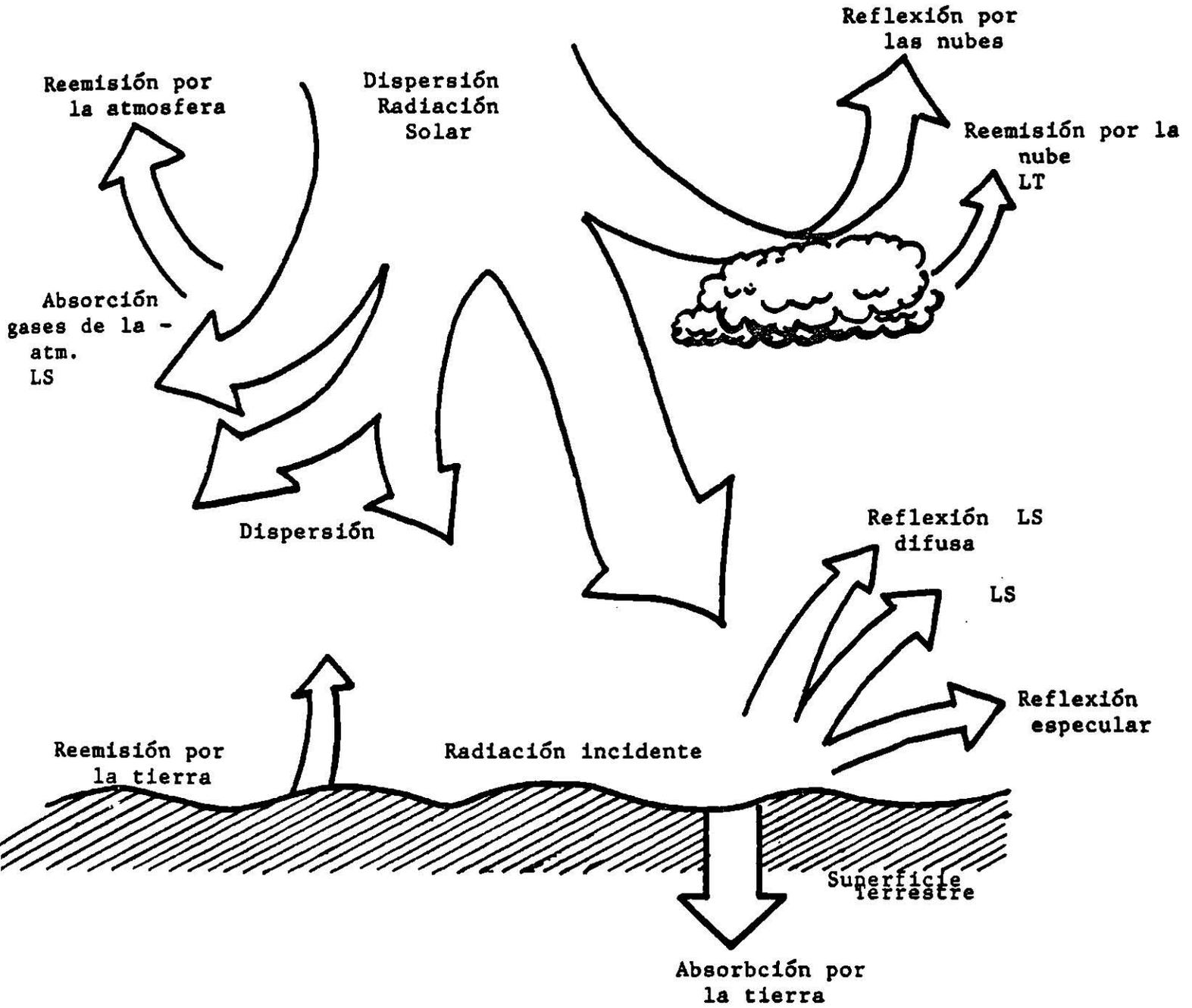


Figura 5. Transformaciones de la radiación electromagnética en su interacción con la atmósfera y con los cuerpos sólidos de la superficie terrestre  
LS longitudes de onda de emisión solar  
LT longitudes de onda térmicas (8).

oxígeno -----O<sub>2</sub>

Oxígeno atómico ---- O

ozono ----- O<sub>3</sub>

Monóxido carbono ---- CO

agua ----- H<sub>2</sub>O

y el N<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, etc.

gas carbónico -- CO<sub>2</sub>

Los coeficientes de absorción correspondientes a cada longitud de onda varían en función de la altura y composición de la atmósfera por ejemplo.

- Ultra violeta :.280  $\mu\text{m}$  a .400  $\mu\text{m}$ , la absorción mas elevada correspondiente al O<sub>2</sub> Y N<sub>2</sub> y en mayor grado al O, N y O<sub>3</sub> lo que produce una gran capacidad de la atmósfera para longitudes de onda inferiores a .3  $\mu\text{m}$  (.3 a .13  $\mu\text{m}$ ).

- Espectro visible .400  $\mu\text{m}$  a .700  $\mu\text{m}$ , en el rango visible del espectro, el ozono (O<sub>3</sub>) produce absorción para las longitudes de onda de .6  $\mu\text{m}$  y el oxígeno molecular (O) absorbe entre .69 y .76  $\mu\text{m}$ .

- Infrarrojo .700  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ , las bandas absorbidas en el infrarrojo corresponden a las siguientes elementos y longitudes de onda.

1 Vapor de agua : 0.7 ,0.8 ,0.9 ,1.1 ,1.4,1.9,2.7,3.2,6.3,  $\mu\text{m}$  y de 14  $\mu\text{m}$  a 1 mm (milímetro).

2 Gas carbónico: 1.6, 2.0, 2.7, 4.3, y 15  $\mu\text{m}$ ,

Para longitudes de onda superiores se presentan absorción en las siguientes bandas:

Vapor de agua: 1.63-13.5  $\mu\text{m}$ , Oxígeno : 2.5  $\mu\text{m}$ , Ozono: 27  $\mu\text{m}$  (8).

### 1.1). VENTANAS ATMOSFERICAS

A pesar de la gran absorción de radiaciones producida por la atmósfera para diferentes longitudes de onda, es posible encontrar algunas bandas donde pasa un gran porcentaje de energía.

Se denominan ventanas atmosféricas a las regiones del espectro comprendidas entre bandas de absorción, Figura 6. Las ventanas atmosféricas corresponden a las zonas del espectro, en los cuales se pueden emplear las técnicas de Percepción Remota (8).

Tabla 2.- Tipos de Ventanas Atmosféricas (8).

Ventanas Atmosféricas		
Bandas ( $\mu\text{m}$ )	Nombre	Sensor
0.3-1.35	UV-visible-IR	Fotográfico,barredor óptico mecánico
1.5-1.8	IR	Barredor óptico mecánico
2.0-2.9	IR	Barredor óptico mecánico
2.9-4.2	IR	Barredor óptico mecánico
4.5-5.5	IR	Barredor óptico mecánico
8.0-14	IR	Barredor óptico mecánico
> de 1 $\mu\text{m}$ .		Microondas y Sensores pasivos radioactivos de micro ondas

"TIPOS DE VENTANAS ATMOSFERICAS"

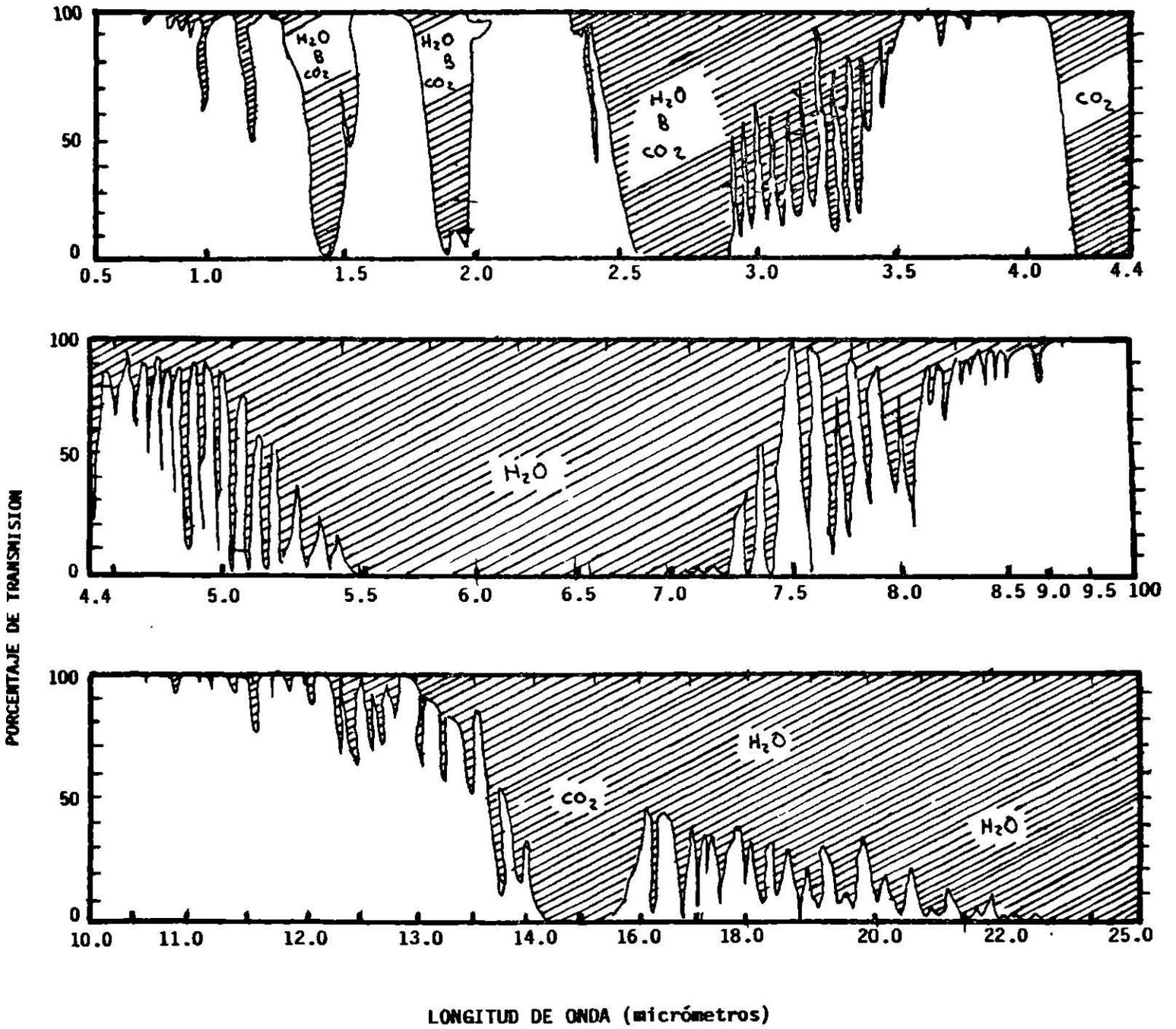


Figura 6: Ejemplo de las características de transmisión atmosférica. (14)

## 2). DISPERSION

La dispersión que produce la atmósfera se debe principalmente a las moléculas de gas que la componen (agua, gas, humo, etc). De acuerdo a la relación entre el tamaño ( $t$ ) de las moléculas y la longitud de onda ( $\lambda_0$ ) de la radiación se tendrán tres tipos de dispersión (8).

- a) Dispersión Rayleigh: ( $t$  menor que  $\lambda_0$ ), se produce cuando el tamaño de las partículas es muy inferior a la longitud de onda. La dispersión Rayleigh produce una pérdida de energía que explica el calor azulado del cielo, cuando no se presentan partículas gruesas en la atmósfera, la luz azul ( $0.45 \mu\text{m}$ ) sufre una dispersión que es 6 veces H 10,000 m de altura. El fenómeno es importante para el espectro visible pero es despreciable para longitudes de onda mayores de 1 micrómetro.
- b) Dispersión Mie: ( $t$  aproximadamente igual a  $\lambda_0$ ) Cuando las partículas son aproximadamente, del mismo tamaño que la longitud de onda se produce una dispersión Mie, la dispersión se produce por debajo de los 5,000 m de altura.

Tabla 3. Elementos que producen dispersión.

Elemento	Longitud/onda $\mu\text{m}$
Vapor y Humo	0.001-0.5
Humo industrial	0.5- 50.0
Bruma	0.001-0.5
Nubes	2.0-30.0
Lluvias	200.0-2000.0

c). **Dispersión no selectiva:(t mayor que lo).**

Si el diámetro de las partículas es superior a la longitud de onda ( $\lambda_0$ ) la dispersión es independiente de ( $\lambda_0$ ); esto explica el color blanco de las nubes. El vapor de agua es el único elemento que produce esta dispersión, para longitudes de onda inferiores a  $15 \mu\text{m}$ , en realidad la atmósfera contiene una concentración no uniforme de partículas que depende de la posición geográfica, condiciones meteorológicas, altura etc. En general puede afirmarse que las moléculas gaseosas producen una dispersión Rayleigh, importante en el rango visible del espectro, así como las gotas de lluvia (o nubes muy cargadas) producen la misma dispersión en las ondas milimétricas.

### 3). EMISION ATMOSFERICA

De acuerdo a la ley de Kirchhoff que nos dice: Un gas que absorbe radiaciones de una cierta longitud de onda, emite también radiaciones de la misma longitud. Es por eso que la atmósfera presenta una fuerte emisión de radiaciones de longitudes de onda correspondientes a las bandas absorbidas, su comportamiento corresponde a la de un cuerpo negro, con una temperatura comprendida entre 200 y 300 k (8). Como consecuencia de esta emisión se produce una radiación parásita que se agrega a la radiación útil, reduciendo el contraste de radiación de los objetos. La reducción de contraste es función de la elevación del sol, altura del "observador o sensor" dispersión atmosférica (longitud de onda) y de la reflexión de la superficie estudiada.

#### **4). REFRACCION ATMOSFERICA**

La atmósfera es un medio gaseoso, afectado por un índice de refracción que varía con la altura (presión y temperatura); en consecuencia las ondas electromagnéticas no se propagan en la atmósfera en línea recta.

Las turbulencias atmosféricas hacen variar el índice de refracción, motivando que la curvatura de las radiaciones no sea constante sino que varíe en forma aleatoria. El color rojizo con que se observa el sol sobre el horizonte es producido por dispersión y refracción de los rayos solares.

#### **5). REFLEXION ATMOSFERICA**

Parte de la radiación proveniente del sol incide sobre las nubes presentes en la atmósfera y es reflejada por éstas, sin que logre incidir sobre los cuerpos de la superficie.

#### **e. INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y EL AGUA**

La propagación de las ondas electromagnéticas en el agua es afectada por los fenómenos siguientes :

1. Absorción
2. Reflexión
3. Refracción.

Sin embargo sus propiedades físicas (constante dieléctrica, índice de refracción etc.), son

tan diferentes que también es diferente su efecto, los fenómenos más significativos son la absorción-transmisión y reflexión. ver Figura 6.1.

### 1). Absorción - Transmisión

La máxima absorción del agua pura, corresponde a las radiaciones infrarrojas y la mínima a la banda azul-violeta.

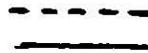
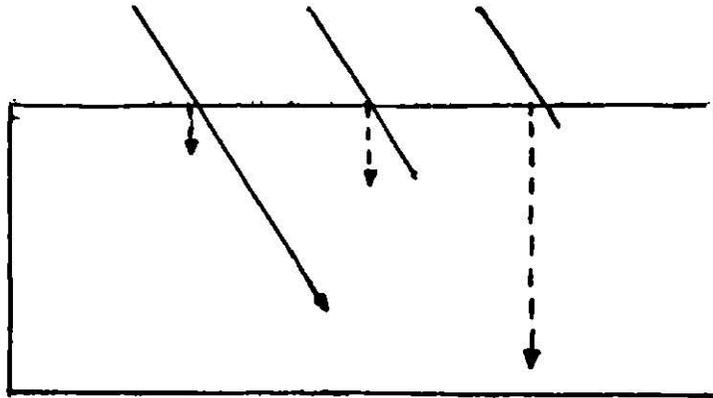
Las regiones de mínima absorción corresponden a la máxima transmisión, esto explica el color azul o verde de las grandes masas de agua limpia. La presencia de contaminantes reduce la transmisión para determinadas longitudes de onda, cuando se trata de contaminantes químicos que pueden disolverse completamente en el agua, los contaminantes que aportan partículas sólidas, incrementan la reflexión.

Para radiaciones de longitud de onda superior a 10  $\mu\text{m}$ , la absorción va disminuyendo progresivamente (8).

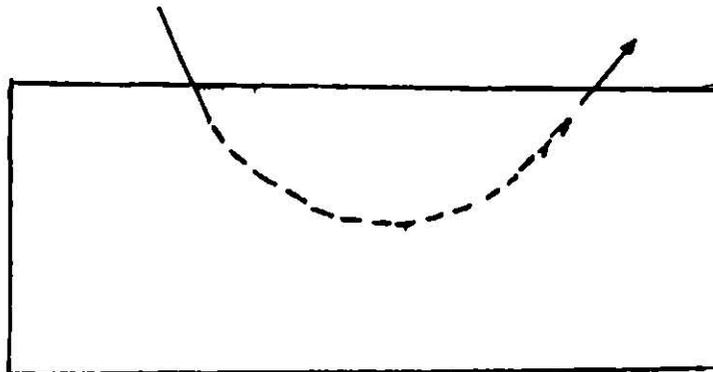
### 2). REFLEXION

La superficie de separación entre agua y aire se comporta como una superficie de reflexión espectral. En general, la presencia de partículas de sedimento aumenta la cantidad de energía reflejada, el agua turbia refleja en mayor proporción, la radiación incidente (8). La reflexión producida por el fondo de una masa líquida es de naturaleza difusa y depende de las

A. TRANSMISION  
AGUA CLARA



B. TRANSMISION  
AGUA TURBIA



C. TRANSMISION  
ABSORCION Y  
REFRACCION

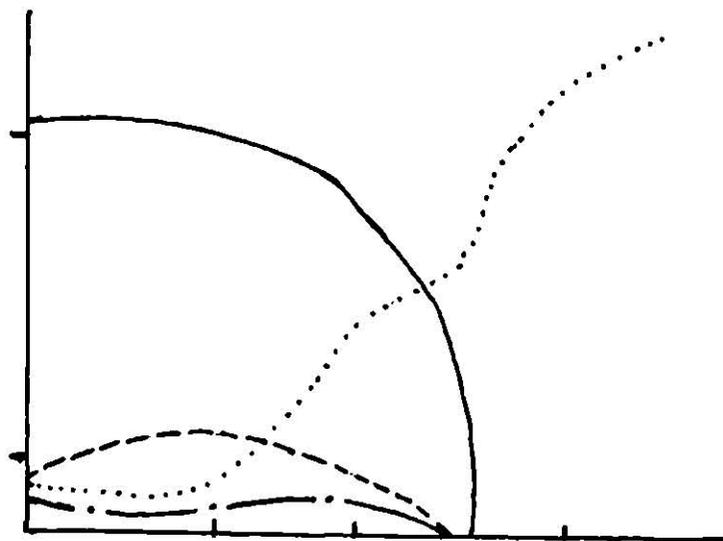


Figura 6.1 Transmisión, absorción y reflexión de la radiación electromagnética en cuerpos de agua.

características de la misma, en aguas someras y carentes de sedimentos puede reflejarse un porcentaje significativo de la radiación incidente, ésta reflexión corresponde a longitudes de onda del rango visible, ya que el infrarrojo se absorbe casi en su totalidad.

## f. INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LOS MATERIALES SOLIDOS.

La interacción de las radiaciones electromagnéticas con los elementos que forman la superficie terrestre, tales como, rocas, suelo, vegetación u objetos hechos por el hombre, depende de su composición química, características físicas del material y de la configuración de su superficie. Desde el punto de vista de Percepción Remota se producen dos tipos importantes de interacción entre la energía electromagnética y los materiales de la tierra, Reflexión y Absorción, a los cuales también se puede agregar la penetración con o sin reflexión desde superficies internas, la transmisión, la reducción de intensidad, y la dispersión. (8).

### 1). Reflexión

La energía electromagnética incidente sobre la superficie de un objeto y que no lo penetra, es reflejada. La reflexión de energía producida por un objeto puede ser "especular", "difusa", o una combinación de ambas.

#### a. Reflexión especular (t menor que lo):

Tiene lugar cuando la rugosidad del material es inferior a la longitud de onda ( $\lambda_0$ ) de la radiación incidente, en la reflexión especular la energía es reflejada formando un ángulo de incidencia.

**b. Reflexión difusa ( $t$  mayor o igual que  $\lambda_0$ ):**

Cuando la rugosidad del material es aproximadamente del mismo orden o de mayor magnitud que la longitud de onda, la energía electromagnética es reflejada en forma difusa, es decir el ángulo de reflexión es diferente al ángulo de incidencia.

La reflexión de la energía se produce en varias direcciones dependiendo de la rugosidad de la superficie (altura, forma e inclinación, etc.), y de la longitud de onda de la energía electromagnética .

**c. Reflexión especular-difusa.**

En general, las características del terreno producen una combinación de las dos reflexiones anteriores, por lo que parte de la energía incidente es reflejada en la misma dirección de incidencia. La reflexión produce también un cambio entre la polarización de emisión y la de recepción, el radar controla la polarización de la onda emitida y la polarización de la radiación reflejada por el terreno, recibiendo la señal polarizada, bien sea horizontal o vertical.

La forma como los cuerpos naturales reflejan la radiación electromagnética constituyen

una de sus propiedades fundamentales en percepción remota; Las curvas representadas en la Figura 7 dan una idea de como cada cuerpo presenta variaciones en cuanto el porcentaje de radiación que refleja, en diversos rangos de longitud de onda aquellos rangos, en los cuales las curvas presentan mayor separación, constituyen las zonas donde es mas fácil establecer diferencias entre estos cuerpos, una de las ventajas principales de la información multispectral consiste en permitir al usuario trabajar en las regiones en las cales los cuerpos naturales presentan las máximas diferencias (8).

## 2). ABSORCION

Las cantidades relativas de energía electromagnética reflejada o absorbida por un material, dependen principalmente de su coeficiente o constante dieléctrica; El valor de este coeficiente es difícil de conocer con precisión para los materiales de la superficie terrestre, debido al gran número de elementos que los forman cada uno con propiedades físicas y químicas diferentes, el factor que en mayor grado condiciona la constante dieléctrica es el contenido de humedad.

El porcentaje de energía absorbida por cada uno de los materiales que se encuentran en la superficie terrestre, varía considerablemente de uno a otro cuerpo, por tanto es necesario hacer la determinación en cada caso específico.

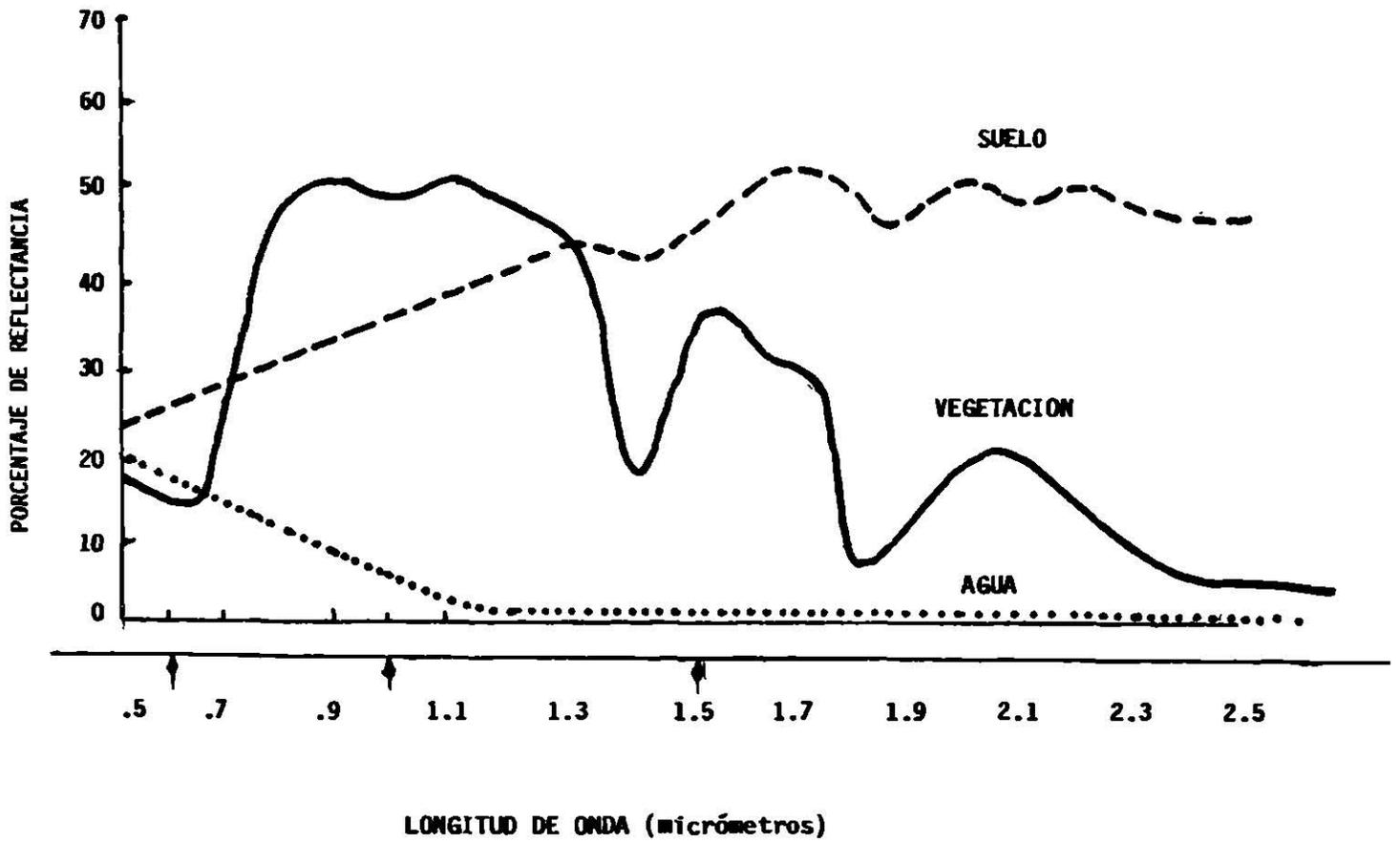


Figura 7: Reflectancia relativa de los tipos característicos de cubierta terrestre.

## **g). INTERACCION ENTRE LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA Y LA IONOSFERA.**

Entre 80 y 100 km de altura se extiende una zona ionizada de fuerte actividad electrónica, la fuerte ionización es producida por los rayos solares y aumenta considerablemente durante el día o en períodos de actividad solar.

La señal electromagnética que se propaga a través de la ionósfera, sufre un cierto número de perturbaciones producidas por la anisotropía y turbulencias del medio (8). Las principales degradaciones son

### **1). Refracción**

Las onda que se propaga en la ionósfera sufre una refracción que es de signo contrario a la refracción que afecta a la misma onda en la atmósfera, en consecuencia el efecto combinado de ambas es relativamente reducido. La velocidad de propagación de la onda en la ionósfera es inferior a la velocidad de la luz. Al utilizar la velocidad y tiempo de propagación de una onda electromagnética para calcular una distancia, se cometen de acuerdo a lo anterior, dos errores al no tomar en consideración que:

- a). La velocidad de propagación en la ionósfera es inferior.
- b). La dirección de propagación es curva y no recta.

## 2). Efecto doppler

Una señal radioeléctrica emitida por un vehículo en movimiento es recibida por una estación fija, sufriendo un pequeño cambio de frecuencia debido al efecto Doppler. Este fenómeno también llamado "desplazamiento de frecuencia Doppler" es producida por el movimiento relativo entre la fuente de emisión y la de recepción, se emplea en los sistemas de radar con apertura sintética y en el sistema de navegación Doppler (15).

## 3). Rotación del plano de polarización

Cuando una onda electromagnética linealmente polarizada penetra en un medio ionizado, se separa en dos componentes, para un cierto rango de longitudes de ondas, estos componentes se polarizan circularmente y al salir de la capa ionizada, se recomponen para formar nuevamente una onda linealmente polarizada cuyo plano de polarización ha sufrido un pequeño giro.

Este fenómeno se conoce también bajo el nombre de Efecto Faraday (8). El efecto Doppler ocurre también en la atmósfera ya que es causado por el movimiento relativo entre la fuente de emisión y de recepción.

## 4). Atenuación de la onda

La atenuación de la onda que se propaga en la ionósfera es casi despreciable para longi-

tudes de onda inferiores a 1 m, para longitudes de onda mayores, la atenuación crece progresivamente (8).

### 5). Fluctuaciones

Las irregularidades en la distribución de la densidad electrónica causa fluctuaciones en la amplitud y frecuencia de las ondas, este efecto es casi despreciable para longitudes de onda inferiores a 60 cm.

## E. PROCEDIMIENTOS EN LA PERCEPCION REMOTA

### 1. DETECCION, TRANSFORMACION Y REGISTRO DE LA ENERGIA RECIBIDA.

El flujo de información que llega hasta un sensor, debe ser en primer lugar detectado luego transformado y registrado para su posterior análisis, el registro de la información puede realizarse de dos formas diferentes :

a)-. Gráfica

b)-. Digital

#### a). REGISTRO GRAFICO

Este se lleva a cabo en emulsiones fotosensibles o pantallas de televisión, donde se registra en tiempo real y en forma simultánea la siguiente información:

i). La posición planimétrica, es decir las coordenadas X y Y referidas a un sistema arbitrario de coordenadas, estando afectadas dichas coordenadas por las deformaciones geométricas propias del sistema (cámaras aéreas convencionales, cámaras panorámicas, etc.

ii). La intensidad (tono) y banda espectral (color) de la energía recibida, por lo general, este tipo de registro es utilizado para longitudes de onda correspondientes al espectro visible y al infrarrojo cercano.

Con esta información gráfica se facilita el análisis visual de la información recibida, aunque este es precisamente el factor que retarda el proceso de interpretación de imágenes (8).

#### b). INFORMACION DIGITAL

Para la mayoría de los sensores que trabajan fuera de la región visible del espectro, la aplicación directa del registro gráfico (tiempo real) resulta complicada, por lo cual se prefiere registrar inicialmente la información en forma digital para producir posteriormente una imagen fotográfica (8).

La información recibida es cuantificada (a veces también ampliada), y se registrada en cinta magnética (o perforada) incluyendo datos correspondientes a diversos parámetros de la energía recibida que son los siguientes:

i).- Frecuencia (banda del espectro).

ii).- **Intensidad (transformada en voltaje).**

iii).- **Polarización (H o V).**

iv).- **Tiempo (de registro, de retorno de las radiaciones etc.).**

El factor tiempo es para estos sensores de suma importancia, ya que en base al registro de tiempo se puede :

- 1).- **Relacionar la información digital con la información gráfica de la misma zona obtenida por otro medio.**
- 2).- **Relacionar la información multiespectral (hasta 24 canales) correspondiente a un mismo punto del terreno.**
- 3).- **Determinar la posición planimétrica del punto cuya intensidad de radiación ha sido medida (radar).**

La información digital correspondiente a una zona, puede ser fácilmente estudiada por medio de un computador facilitándose la comparación de información, correspondiente a diferentes bandas del espectro y su análisis estadístico (información multiespectral).

Con los datos registrados digitalmente, también es posible reconstruir una imagen del terreno, utilizando el factor tiempo para la localización del punto en la imagen y la intensidad de energía (voltaje) para producir la densidad (tono) del punto.

Para producir una imagen gráfica a partir de datos digitales, es necesario transformar la información continua registrada digitalmente, en información gráfica discreta, lo cual produce

siempre una pérdida de información (comprensión de tonos) en dicha imagen ya sea imagen termal, o de radar, etc.

## 2. RESOLUCION, DETECTABILIDAD Y RECONOCIMIENTO

El Término "Resolución" ha sido tradicionalmente empleado como criterio único para medir la calidad de una imagen fotográfica de televisión, radar, etc.

La resolución espacial, "poder de resolución" es la habilidad de un sistema para distinguir o diferenciar dos objetos separados, también se le define como el tamaño mínimo que debe tener un objeto o rasgo para ser detectado en una imagen; esta resolución varía en función de algunas características del objeto, como son : forma, tamaño, distribución, contraste. etc.

En fotografía y fotogrametría, la resolución espacial se expresa en pares de líneas por unidad de longitud (líneas/mm) que pueden ser observadas por el ojo humano bajo determinadas condiciones de iluminación y ampliación (8).

La función molecular de transformación (MTF) es otra forma de medir la calidad de un sistema óptico, mediante una curva se representa la relación entre el contraste decreciente de un objeto y su frecuencia creciente de distribución, por tratarse de una curva, su aplicación no es tan sencilla como cuando se expresa la resolución en líneas/mm.

Para sistemas de barredores es más usual utilizar el término campo instantáneo de vista,

el cual expresa la mínima porción del terreno que puede ser resuelta por el sistema.

En algunos sistemas que producen su información en forma digital, puede haber diferencia entre la resolución del sistema y el tamaño del pixel, igualmente es empleado el término de célula de resolución, para indicar el área mínima que puede ser captada por el sistema, asociado a éste, se encuentra el término pixel o elemento pictórico, en el cual se conjuga el concepto de célula de resolución como unidad de área y el concepto de la respuesta espectral de esa unidad en una determinada región del espectro.

En los sistemas que captan información originalmente digital, tiene especial significado la resolución espacial, ya que de este factor va a depender el grado de detalle que pueda obtenerse en las imágenes producidas a partir de estos datos; la escala en estos casos juega un papel secundario, sobre todo porque esta puede variarse por métodos bastante sencillos, mientras que la resolución es inmodificable (8).

Con la introducción de los sistemas modernos de Percepción Remota en especial de las imágenes obtenidas desde el espacio extraterrestre, utilizando barredores multiespectrales, se han introducido nuevos conceptos sobre resolución:

#### a). RESOLUCION ESPECTRAL

Es la capacidad de un sensor para captar diversas bandas o porciones del espectro electromagnético; esta capacidad está limitada por las zonas de absorción de la radiación electro-

**magnética y por las características del sensor empleado.**

**Los rangos de resolución espectral se establecen teniendo en cuenta fundamentalmente, las aplicaciones que ha de tener la información obtenida.**

### **b). RESOLUCION TEMPORAL**

**Es la capacidad de un sistema o programa para producir imágenes de un mismo objeto en diversos lapsos de tiempo.**

**Con el desarrollo de las modernas técnicas de Percepción Remota, se ha incorporado una serie de imágenes producida con fines muy diversos y por equipos muy diferentes, que obligan a tomar encuentra una serie de factores como:**

- 1.- Altura del vehículo que transporta el sensor**
- 2.- Tipo de sensor**
- 3.- Area cubierta**
- 4.- Precisión métrica de la imagen**
- 5.- Banda espectral de la imagen**
- 6.- Método para coleccionar y retransmitir la información.**

**Con el objeto de ampliar y generalizar el concepto de resolución para todo tipo de sensor remota, se ha convenido en definir los siguientes conceptos:**

**Sistema: es la combinación de un instrumento de Percepción Remota y un observador o**

**intérprete.**

**Señal:** es el elemento de información (espectral o temporal) en una imagen (es la magnitud de la información).

**Detectabilidad:** es la habilidad de un sistema de distinguir entre dos señales que están muy próximas en el espacio, tiempo o espectro (posibilidad de percibir una señal).

**Resolución:** es la habilidad de un sistema de distinguir dos objetos separados, o como el tamaño mínimo que debe tener un objeto para ser detectado.

**Reconocimiento:** es la habilidad de un sistema para identificar una señal. Una señal puede ser detectada a pesar de ser inferior al poder de resolución de un sistema (por ejemplo, un camino en imagen de radar) esto ocurre cuando se presenta un alto contraste entre el objeto y el medio que lo rodea.

Un objeto puede ser detectado y resuelto sin ser reconocido (por ejemplo, una imagen de una luna) una señal puede ser detectada sin poder ser reconocida ni resuelta.

Como es lógico en los conceptos anteriores juega un papel importante el conocimiento previo (o nivel de referencia), que posea el observador sobre el objeto que se pretende localizar, este factor ha sido decisivo para que hasta el momento no se haya encontrado una cifra numérica (o unidad) para expresar la idea de detectabilidad y reconocimiento (17).

## F. METODO DE INTERPRETACION DE IMAGENES DE SATELITE

### 1. SISTEMA SIADIS

Este sistema permite procesar las cintas magnéticas en las cuales vienen grabadas las imágenes de satélite landsat.

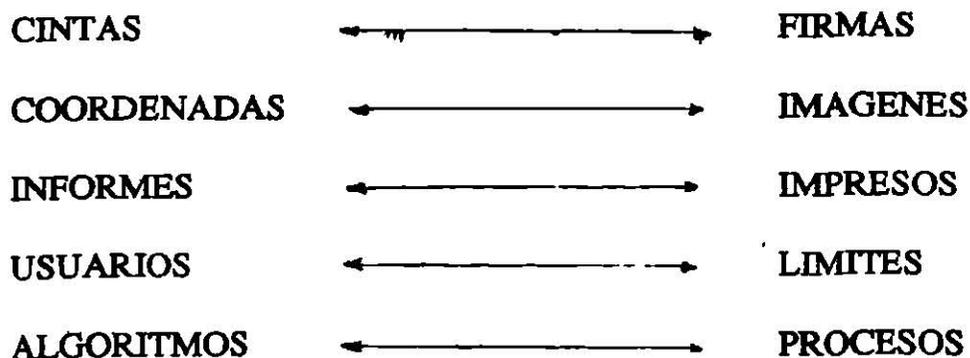
Este proceso se realiza con la ayuda de un computador PDP 11/70, utilizando el lenguaje "Fortran 1V Plus".

En particular el sistema SIADIS se emplea principalmente en estudios de uso actual del suelo, pero también puede adaptarse a cualquier estudio de recursos naturales, ya que su constitución es suficientemente flexible para su programación (16).

El funcionamiento del SIADIS opera sobre un conjunto de directorios divididos en dos clases:

#### Directorios del sistema

#### Directorios para cada usuario



El campo principal del SIADIS lo constituye un programa detector junto con las tareas que se controlan desde él.

PROGRAMA DETECTOR

ALMACENAMIENTO

HISTOGRAMA

MAPA DE GRISES

CLASIFICACION NO SUPERVISADA

CLASIFICACION SUPERVISADA

DELIMITACION DE FRONTERA

PRODUCCION DE MAPAS

IMPRESION DE MAPAS

RESPALDO DE RESULTADOS

ALMACENAMIENTO DE RESULTADOS

## G. SISTEMA DE CLASIFICACION DE LOS SENSORES REMOTOS

### Introducción

Los sistemas de clasificación de sensores remotos que a continuación se mencionan son realmente variados, y en ningún caso los criterios empleados son excluyentes.

Esto significa que prácticamente cualquiera de los sensores estudiados, podrá ser incluido en todos los sistemas de clasificación (17).

Los frecuentemente empleados para clasificar los sensores remotos son: 1) Fuente emisora, 2) Ubicación espacial de la fuente emisora y receptora, 3) Información registrada y 4) Mecanismos utilizados para captar la información.

### 1. CLASIFICACION EN BASE A LA FUENTE EMISORA

El criterio se basa en establecer si la fuente emisora de energía pertenece al sistema de Percepción Remota o si es independiente.

Así los sensores se clasifican en dos grupos:

A). Sensores pasivos: son aquellos que reciben la energía emitida por otra fuente (generalmente el sol), y reflejada por los objetos, ejemplo de este tipo de sensores (fotografía, barredor, multiespectral etc.).

**B). Sensores activos:** son aquellos que poseen la fuente de energía electromagnética en dirección al objeto y luego detectan la energía reflejada (radar).

## **2. CLASIFICACION EN FUNCION DE LA UBICACION ESPACIAL DE LA FUENTE EMISORA Y DE LA FUENTE RECEPTORA**

La clasificación se basa en la posición relativa de la fuente emisora de energía y la fuente de recepción de la misma.

Se distinguen dos grupos de sensores:

- A). Sensores monoestáticos:** cuando las fuentes de emisión y de recepción de energía ocupan la misma posición en el espacio, es decir que emite y recibe la energía desde la misma posición (radar).
- B). Sensores biestáticos:** la fuente de emisión tiene una posición espacial diferente de la fuente de recepción (fotografía aérea).

## **3. CLASIFICACION EN BASE A LA INFORMACION REGISTRADA**

De acuerdo a la información registrada, los sensores se clasifican en :

- A). Sensores fotográficos:** cuando toda la información es registrada en emulsión fotográfica en el momento de ser recibida( cámaras aéreas, cámaras multispectrales

etc..).

**B). Sensores no fotográficos:** la información recibida es proyectada sobre una pantalla o es registrada en forma gráfica (perfiles) o digital (cinta magnética).

Los sensores que registran la información digitalmente, presentan ventaja de poder detectar la energía, correspondiente a una banda muy angosta del espectro.

Así los sensores que registran la información digitalmente pueden ser subdivididos en:

- a). **Radiómetros:** cuando se registra la intensidad de una determinada longitud de onda del espectro (en la práctica es una banda muy angosta).
- b). **Espectrómetros:** si registran la intensidad de una banda (amplia) del espectro (17).

#### **4. CLASIFICACION DE LOS SENSORES REMOTOS EN BASE A LOS MECANISMOS USADOS PARA CAPTAR LA INFORMACION**

##### **a). SENSORES FOTOGRAFICOS U OPTICOS**

Estos incluyen todos los tipos de cámaras y películas; operan todos bajo el mismo principio. Las cámaras pueden ser: 1) Métricas, 2) Multibanda, 3) Panorámicas.

Los sensores ópticos o fotográficas, están por un lente u objetivo montado en una estructura rígida, cuya función es enfocar el haz de rayos provenientes del terreno en un punto del plano focal (8).

Los sensores ópticos mas conocidos son las cámaras aéreas las cuales constan de un cuerpo, cono del lente, obturador, almacén para película, equipo accesorio con sistema de suspensión, controles de la cámara, e instrumentos etc.

### 1) Cámaras (con formato) Métricas o Cartográficas

Son las cámaras mas usadas para obtener imágenes de la superficie, para realizar con ellas todo tipo de mediciones y para fotointerpretación, se les llama de formato porque presentan un recuadro de (18 x 18 cm, ó 23 x 23 cm) que es expuesto a través de una lente, permaneciendo fijo durante el tiempo de exposición (17).

Las cámaras métricas con formato se clasifican en función de campo angular de la lente:

- Cámara normal,
- Cámara gran angular.
- Cámara super angular

Las cámaras métricas se trabajan de .46-.73 micrometros otro tipo de cámaras métricas son:

Cámaras de reconocimiento, para propósitos militares, no se realizan operaciones métricas, pero sí trabajan en el espectro visible e infrarrojo cercano (17).

## 2) Cámaras Multibanda:

La capacidad y las limitaciones de esta cámara depende de las propiedades ópticas de la película de los filtros empleados, con la debida combinación de películas y de filtros; es posible utilizar los métodos fotográficos para producir imágenes de multibanda o multiespectrales (1), ver Figura 8.

Cuando se usan conjuntamente con los conocimientos de las propiedades de reflectancia de los detalles de la superficie terrestre, estas imágenes multibanda producen mucha información que la produce una sola imagen; el uso de la película a colores es uno de los métodos mediante el cual se combinan tres bandas espectrales para formar una sola imagen (7).

### Ventajas de la Fotografía Multibanda

1. Obtiene mayor información que la que se obtiene en una sola imagen.
2. Se obtiene usando combinaciones de películas y filtros y sistemas de cámaras para propósitos especiales y produce imágenes de cuatro bandas:

Banda 1	0.4-0.5 $\mu\text{m}$	azul
Banda 2	0.5-0.6 $\mu\text{m}$	verde
Banda 3	0.6-0.7 $\mu\text{m}$	rojo
Banda 4	0.7-0.9 $\mu\text{m}$	infrarrojo reflejante

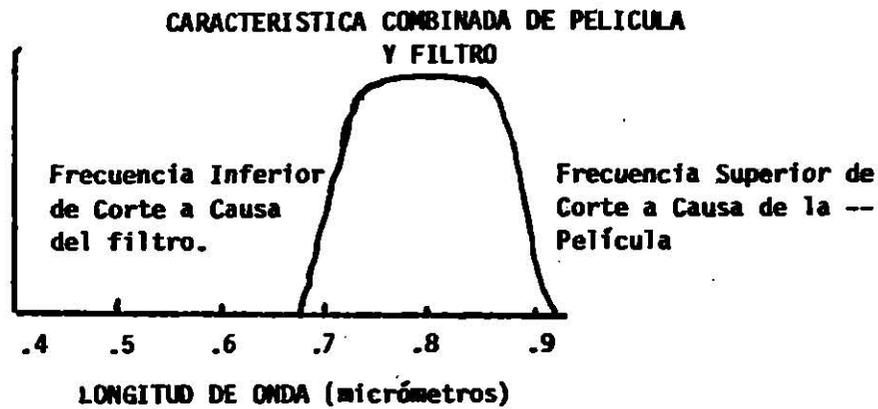
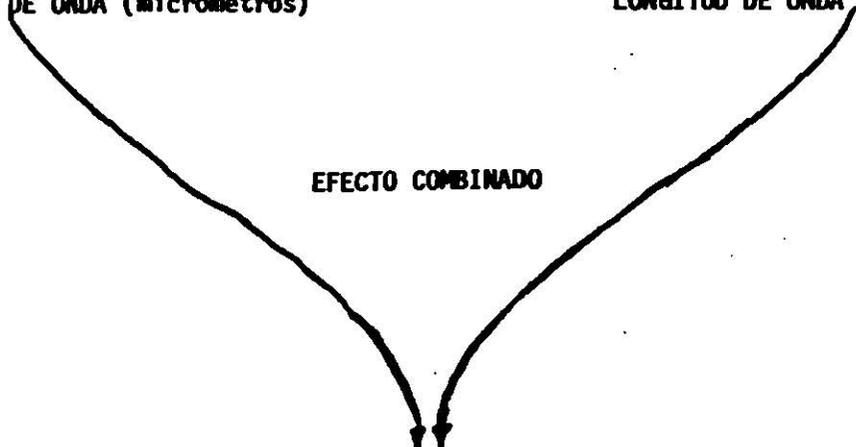
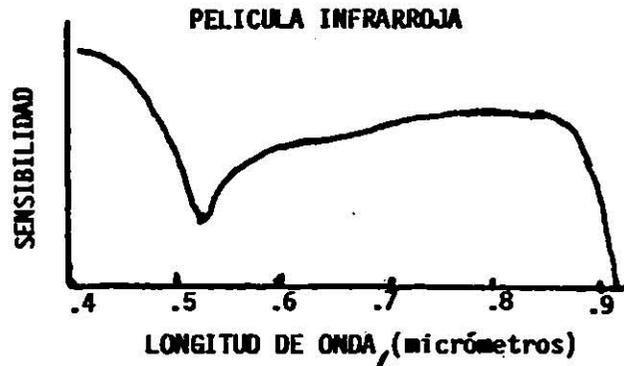
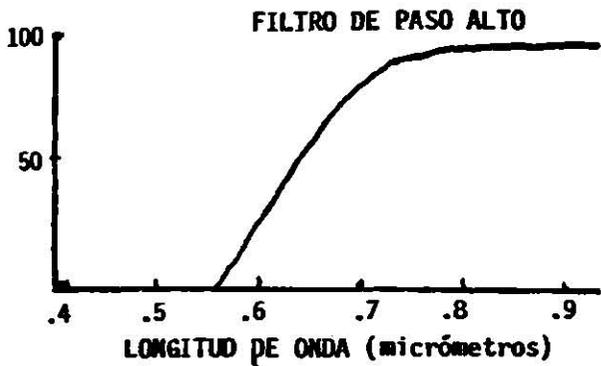


Figura 8: Diagrama donde muestra cómo puede usarse la película infrarroja en blanco y negro conjuntamente con un filtro óptico para formar una imagen producida por la energía que se refleja (o emite) en la parte correspondiente a .7 - .9  $\mu$  del espectro.

**Tipos de películas en blanco y negro: plus x, e infrarrojo**

**Tipos de películas a colores: Ektachrome y Ektachrome infrarrojo**

**La primera de 0.36-0.72  $\mu\text{m}$  y la última de 0.36-0.90  $\mu\text{m}$**

**Tipos de filtros que se usan : De paso alto, de paso bajo y de paso de banda (7).**

## **B). SENSORES OPTICOS - MECANICOS**

**Se mencionan únicamente los formadores de imágenes tales como:**

### **1). Sensores de formato**

**Estos no necesitan movimiento de barrido, para captar imágenes de zona, perteneciendo este grupo la Cámara de Vidición de Haz de Retorno (RBV=Return Beam Vidicon Camera) que funcionó poco tiempo en el Landsat I y II (17).**

**Este sistema consiste de tres cámaras de televisión que no registraban la escena sobre la película sino sobre una pantalla fotosensible; esa imagen era al mismo tiempo barrida por un haz electrónico que producía una señal al video y de aquí a una estación receptora terrestre.**

**Este sistema trabaja en las siguientes bandas:**

**Banda 1 = 0.47-0.57  $\mu\text{m}$  = luz verde.**

**Banda 2 = 0.58-0.68  $\mu\text{m}$  = luz roja.**

**Banda 3 = 0.69-0.83  $\mu\text{m}$  = infrarrojo cercano.**

### **Características de las imágenes**

**Cubren una área: 185 x 185 km.**

**Placa "reseau"= indicada por cruces negras**

**Resolución espacial = 80 m aproximadamente.**

### **2). SENSORES BARREDORES ESTATICOS**

**Son aquellos que barren en una mira vertical, por medio de lecturas electrónicas y requieren además de un sistema auxiliar de inclinación, para barrer en miras laterales (sin oscilar) sistemas como este se usan en los programas SPOT y MAPSAT (17).**

### **3). SENSORES BARREDORES MECANICOS**

**Incluyen una amplia variedad de sistemas de barrido doble o sencillo, barren en la dirección de desplazamiento de la plataforma y perpendicularmente a ésta, mediante mecanismos oscilantes de espejos (17). Sensores de este tipo han sido utilizados ampliamente en estudios de recursos naturales, Landsat MSS y Landsat Tm. A continuación se presentan los principales programas que trabajan con sensores ópticos mecánicos .**

## **b.1. PROGRAMA LANDSAT**

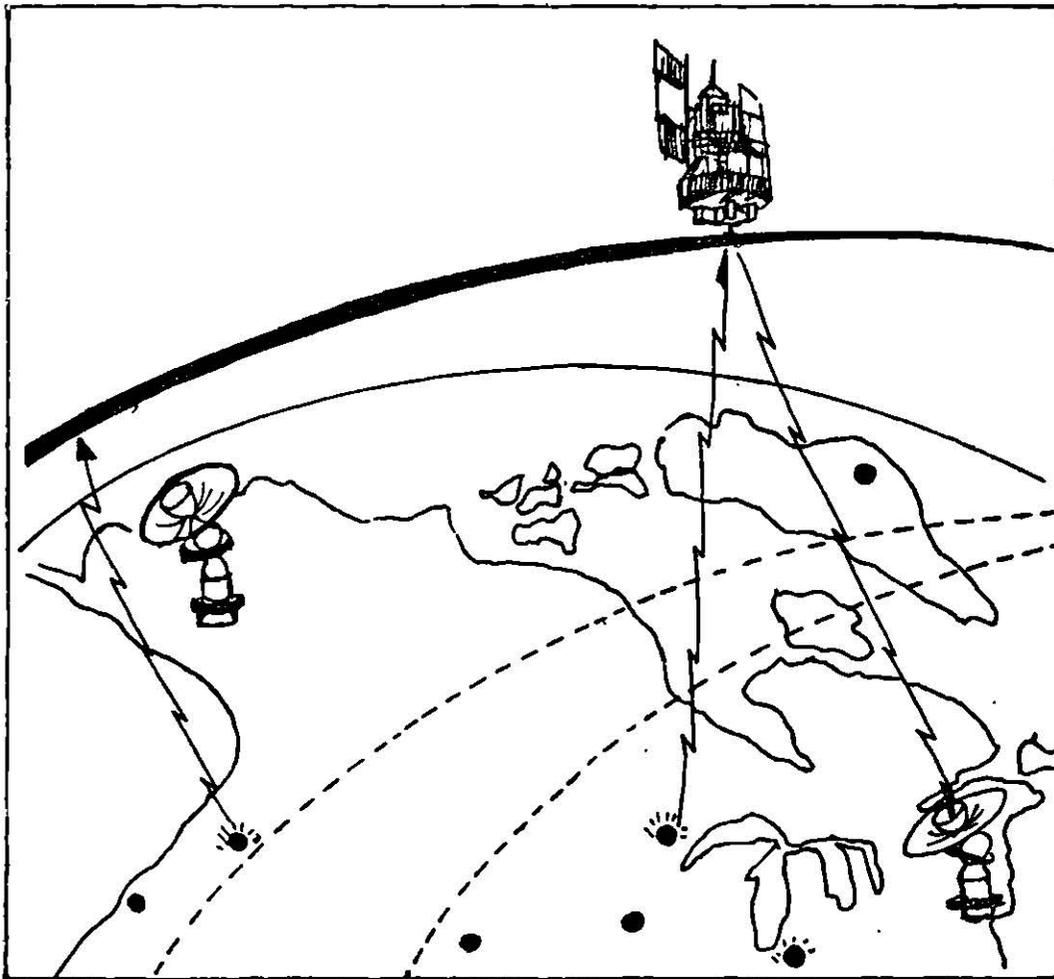
Corresponde al programa de satélites tecnológicos para la explotación de recursos terrestres, originalmente denominado ERTS (Earth Resources Technological Satellit) en los USA, puesto en marcha en 1972, continuaron los lanzamientos con el landsat 2 (1975), el landsat 3 (1978), landsat 4 (1982), landsat 5 (1984) etc.

Los satélites fueron puestos en órbitas polares con dirección norte-sur, a una altitud nominal de 918 km; y una órbita completa se efectúa en 103 min, por lo tanto en un día de 24 horas se cumplen 14 órbitas, Figura 9.

Cada 18 días pasaban sobre una misma zona, gracias a esto es posible analizar los cambios ocurridos en la superficie terrestre: climáticos, de vegetación, uso de la tierra, inundaciones, erosión acelerada etc.

Los sistemas de sensores acoplados a las plataformas Landsat son de dos tipos:

- b.1.1).- Cámara Vidicón de Haz de Retorno que funcionó por poco tiempo debido a averías del cual ya se habló anteriormente.
  
- b.1.2).- Barredor Multiespectral, MSS (Multiespectral Scanner System). Con sistemas de barrido continuo de líneas, segmento por segmento desarrollado inicialmente para el registro de radiación termal reflejada desde la superficie terrestre.



**Figura 9: Sistema de Colección de Datos a través de un Satélite Landsat.**

En los satélites Landsat 1 y 2, el barredor MSS trabaja en 4 bandas del espectro, 4, 5, 6 y 7; en landsat 3, trabaja en 5 bandas, las mismas anteriores más una banda 8.

El terreno es barrido por medio de un espejo oscilante que recorre fajas de 185 km de ancho, en un movimiento perpendicular a la dirección de vuelo (17). Figura 10

Los componentes del sistema son:

- i).- Espejo oscilante que gira sobre un eje en dirección perpendicular a la línea de vuelo u órbita, con un ángulo de casi 12 grados, con lo cual cubre una faja de barrido de 185 km.
- ii).- Sistema óptico (arreglo de prismas y hendedores de haz dicróicos) que separan la energía reflejada de la tierra, en 4 o 5 bandas de longitud de onda, cada una de las cuales es enfocada mediante espejos parabólicos, a los detectores respectivos.
- iii).- Sistema detector-sensor, cuadros correspondientes a partes extremas de fibras ópticas.
- iv).- Amplificador y sistema de registro digital.
- v).- Sistema de transmisión y almacenamiento de datos. Ver Figura 11.

### Funcionamiento

La energía electromagnética emitida por el sol y reflejada desde la superficie terrestre, es captada por los sensores y registrada en forma digital; posteriormente los datos grabados son transmitidos a tierra (estación receptora). Las estaciones terrestres reciben la información la

que luego es procesada para introducir correcciones geométricas. Figura 11.

Finalmente esa información llega al usuario ya como imágenes fotográficas o como cintas compatibles con computador.

Tabla 4.- Bandas en las cuales trabaja el MSS (17).

Landsat 1,2,3	Espectro		Land.4,5
Espectro visible:	Banda 4.5	0.6 $\mu\text{m}$ = verde	Banda 1
	Banda 5	0.6 -0.7 $\mu\text{m}$ = rojo	Banda 2
Infrarrojo cercano:	Banda 6	0.7-0.8 $\mu\text{m}$ = i.r.	Banda 3
	Banda 7	0.8-1.1 $\mu\text{m}$ = i.r.	Banda 4
Infrarrojo termal:	Banda 8	10.4-12.6 $\mu\text{m}$	(solo en Landsat 3).

#### Aplicaciones de las Bandas para el MSS

##### BANDA

##### UTILIDAD

Banda 1 a la 4:..... Para estudios de superficie de cuerpos de agua.

Banda 2 a la 5:..... Localización de fracciones cultivadas.

Banda 3 a la 6:..... Estudios de vegetación y delimitación de cuerpos de agua.

Banda 4 a la 7:..... Penetración de Bruma, y estudios de vegetación (5).

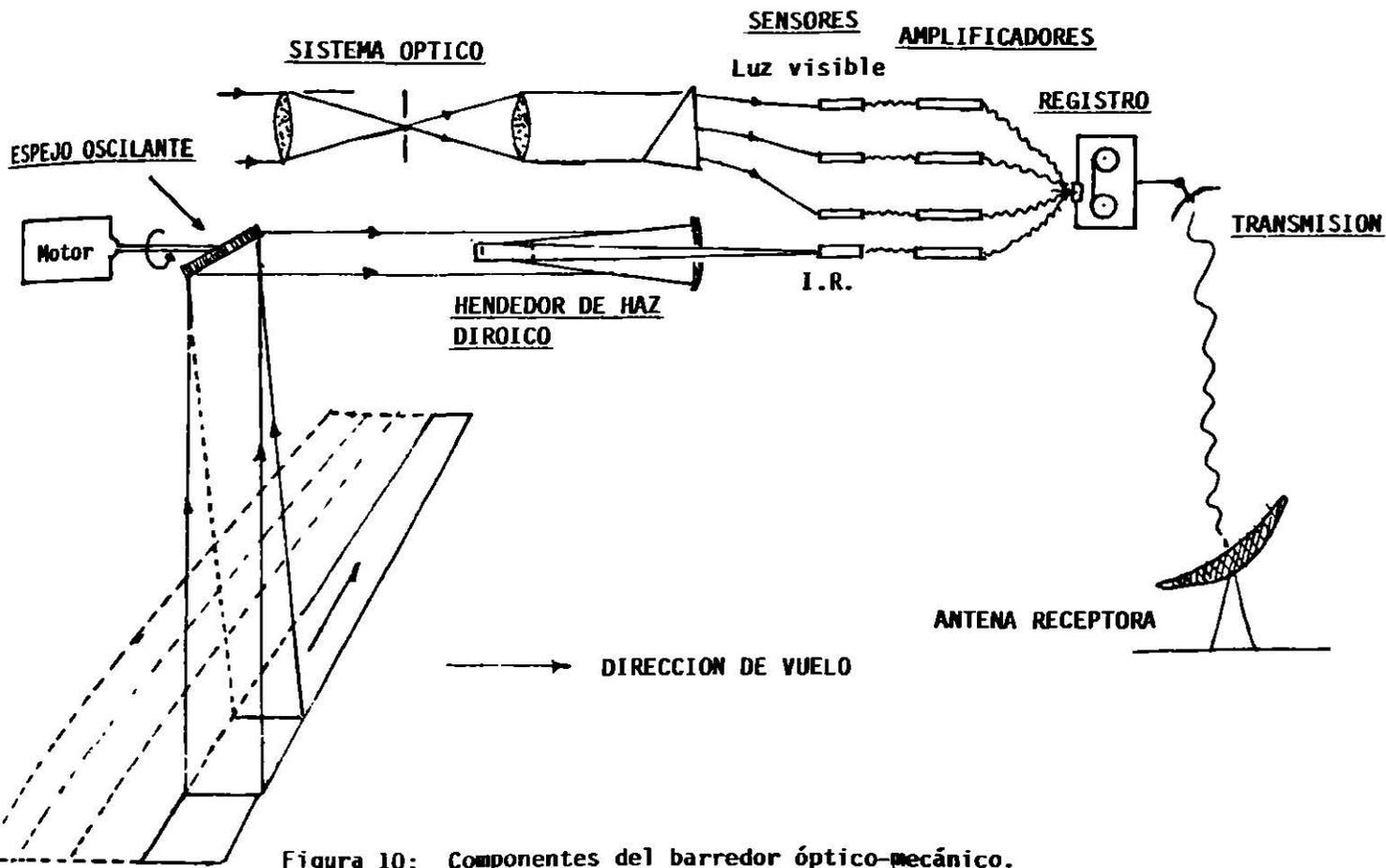


Figura 10: Componentes del barredor óptico-mecánico.

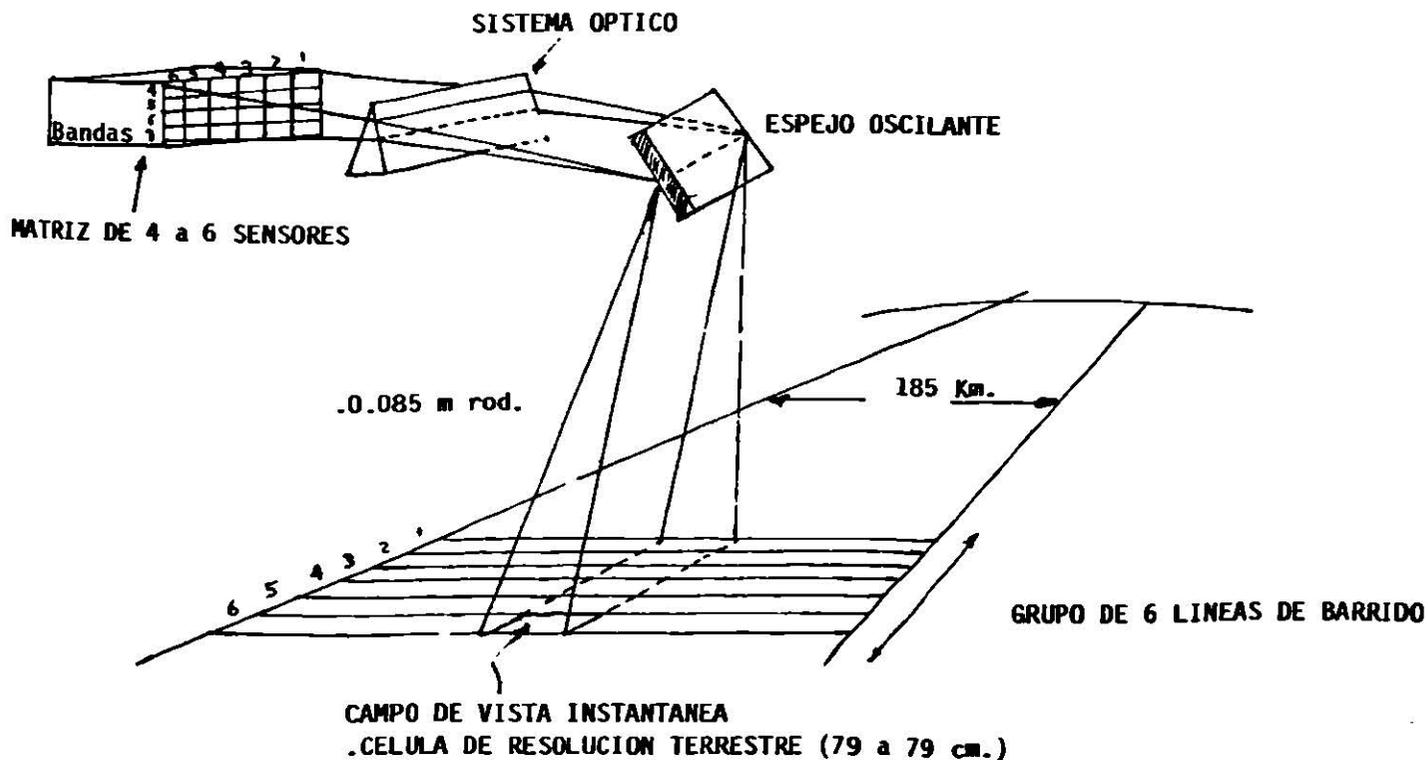


Figura 11: Funcionamiento del barredor Multiespectral.

## Tipos de imágenes landsat - MSS

Los productos comunes del sistema Landsat son las imágenes en blanco y negro de cada banda individual, a escala comercial de 1:1,000,000, en formato 18.5 x 18.5 cm y con una resolución de 70 m, se pueden conseguir en forma de negativos, diapositivas o copias en papel, no dan estereoscopía. También se pueden conseguir composiciones a falso color se pueden producir combinaciones de 2 ó 3 de las 4 bandas, generalmente se eliminan una de las bandas infrarrojo (17).

Estas composiciones se pueden producir mediante varias técnicas a saber:

1).- Con el visor multiespectral; por medio de lámparas y filtros la luz atraviesa por diapositivas en blanco y negro, de las bandas individuales (tamaño=70 mm), y se proyecta la imagen sobre una pantalla.

Cada banda puede ser proyectada con luz azul, verde, roja o infrarroja cercana y con estas se pueden hacer múltiples combinaciones.

2).- Composiciones en colores fotográficos: se utilizan películas con tres emulsiones que tienen sensibilidad para la luz verde, rojo o infrarrojo cercana, resultando que la vegetación siempre aparece en rojo se venden copias en papel o diapositivas.

3).- Diazos: Son tipo de diapositivas que se obtienen usando películas "diazochrome", con emulsiones con colorantes amarillos, magenta o cian. La película se pone en

contacto con la diapositiva en blanco y negro y se le expone a la luz ultravioleta.

Luego se revela la película con amoníaco pulverizado.

Película diazo amarillo = banda 4

Película diazo magenta (rojo) = banda 5

Película diazo cian (azul) = banda 7

Los tres se ajustan cuidadosamente.

### b.1.3). Mapeador temático (TM)

Es un sistema de sensores remotos. acoplado al Landsat 4, con un disco similar al sistema MSS, pero con algunas adiciones y cambios en los que sobresalen un telescopio acoplado al sistema receptor, sistema electrónico y monitor de barrido.(17).

Tiene 6 detectores para las 4 bandas no termal y otros 6 detectores adicionales por la banda termal.

Resolución espacial= 30 m./ Resolución temporal= 16 días.

Resolución espectral: opera el TM en 7 bandas, cuya selección fue objeto de amplio debate luego de las experiencias adquiridas con el sistema MSS. Sus rangos espectrales son:

Banda 1= 0.45-0.52  $\mu\text{m}$  (azul).Diseñada para la penetración en cuerpos de agua, y para di-

ferenciación entre suelo y vegetación.

**Banda 2= 0.52-0.60  $\mu\text{m}$  (verde).** Para medir el pico de reflectancia de la vegetación, para estimación de su vigor.

**Banda 3= 0.63-0.69  $\mu\text{m}$  (rojo).** Banda de absorción de clorofila, importante para discriminación en vegetación.

**Banda 4= 0.76-0.90  $\mu\text{m}$  (infrarrojo cercano).** Util para determinación de biomasa y para delineado de cuerpos de agua.

**Banda 5= 1.55-1.75  $\mu\text{m}$  (infrarrojo cercano).** Indicativa del contenido de humedad en las plantas y en el suelo. También útil para diferenciar nieve de nubes.

**Banda 6= 10.4-12.5  $\mu\text{m}$ .** Banda infrarrojo termal para uso en análisis del stress en la vegetación; discriminación en humedad del suelo y mapeo termal.

**Banda 7= 2.08-2.35  $\mu\text{m}$ .** Seleccionada por su potencial para discriminar tipos de rocas y para mapeo hidrotérmico.

Puede deducirse, que la selección de bandas se hizo para el monitoreo de la vegetación, a excepto de la banda 7, diseñada para aplicaciones geológicas (17).

Los productos Landsat se distribuyen desde 1984 como:

Impresos en blanco y negro de 241 mm de formato, para las bandas del TM (Thematic Mapper). Las composiciones en falso color se hacen a partir de las bandas 2, 3 y 4, y las cintas son compatibles con computador.

nuevo y de trabajos frecuentes de revisión de cartas en las escalas del orden de 1/50,000.

## **2. El Satélite**

El satélite está compuesto de dos partes:

- a).- Una plataforma multi-misión estandard y
- b).- Una carga útil.

La plataforma, asegura los servicios necesarios para el cumplimiento de la misión.

La concepción de esta plataforma, apta para recibir diversos instrumentos destinados a la observación de la tierra, permite proyectar otras misiones del mismo tipo sin tener que sopor-  
tar el costo del desarrollo de una nueva plataforma.

b).- La carga útil: fijada sobre la parte lateral de la plataforma, contiene los instrumentos de observación de la tierra y de teledata de las imágenes, la carga útil del primer satélite SPOT está constituida por dos instrumentos idénticos llamados ARV (Alta Resolución Visible) y de un conjunto de registro sobre cintas magnéticas y de transmisión de los datos hacia las tierra (3).

### **2.1. Satélite**

Tiene una masa total de aproximadamente 1750 kg al principio de su funcionamiento y

## **b.2. PROGRAMA SPOT**

**SPOT fue concebido por el "Centre National de Etudes Spatiales" Centro Nacional de Estudios Espaciales y realizado por Francia en asociación con partidarios Europeos (Bélgica y Suecia) (3).**

**SPOT comprende un satélite para la observación para la tierra y varias estaciones terrestres de recibimiento de datos.**

**El interés que presentan los datos de la observación de la tierra es del origen de proyecto Frances SPOT, cuya decisión de realización fue tomada en 1977 y su explotación empezó en 1984.**

**El período de vida previsto por el primer satélite es de dos años; un satélite de respuesta está previsto. Otros satélites que aseguran la continuidad del abastecimiento de los datos están en estudio.**

### **1. UTILIDAD DEL SPOT**

**El estudio de la utilización de los suelos y de la evolución del medio ambiente. La evolución de los recursos naturales (agricultura, silvicultura etc..)**

**Trabajos cartográficos a las medias escalas (1/100,000) una concepción de cartas de tipo**

será colocado por el cohete europeo Ariane a 832 km de altura sobre una órbita circular casi polar (con una inclinación de 98.7), las dimensiones del cuerpo del satélite son 2 X 2 X 3.5 m.

### 3. LA ORBITA

La selección apropiada de la altitud del satélite y de la inclinación del plano de la órbita heliosincronica, el plano que la contiene gira alrededor del eje de la tierra , realizando una vuelta en un año; de esta manera conserva un ángulo constante con la dirección del sol todo el año (3).

Todo esto implica que una región cualquiera de la tierra es sobrevolada siempre a la misma hora solar local, que depende solamente de su altitud.

Además el movimiento del satélite esta sincronizado con la rotación diaria de la tierra de tal modo que él pasa de nuevo sobre la misma traza cada 26 días, esto permite efectuar observaciones repetidas de una misma región de la tierra bajo un mismo ángulo de mira.

### 4. La Mira Lateral

Con una orientación correcta del espejo de entrada del instrumento fijada por telemando, es posible observar regiones interesantes y que no están necesariamente a la vertical del satélite. Sin embargo estas deben estar situadas en una faja de

950 km de ancho rodeando la traza en tierra del satélite (3).

El ancho del segmento efectivamente observado varía entre 60 km a la vertical del satélite y 80 km en mira lateral extrema.

La ejecución de las observaciones es ordenada por el calculador a bordo del satélite, una secuencia de tomos de multibanda puede ocasionar una sucesión de modos de funcionamiento diferentes (multibanda o pancromático) y cambios de dirección de mira, para cada uno de los instrumentos del satélite, Figura 12.

## 5. Frecuencia de observaciones

Si el satélite pudiese efectuar solamente miras verticales sería necesario esperar 26 días entre dos observaciones de una misma región, corriendo el riesgo entonces, que en el momento de un pasaje la nebulosidad impida las tomas (3).

Esta espera sería, de todos modos inaceptable en el caso de la observación de un fenómeno de la evolución relativamente rápida (algunos días o algunas semanas). Figura 13

Utilizando las miras laterales durante el pasaje del satélite cerca de la región escogida es posible aumentar considerablemente la frecuencia de las observaciones, se comprueba que se pueden tener observaciones sucesivas de una misma región a fechas separadas de uno a cuatro días alternativamente (a veces 5 días).

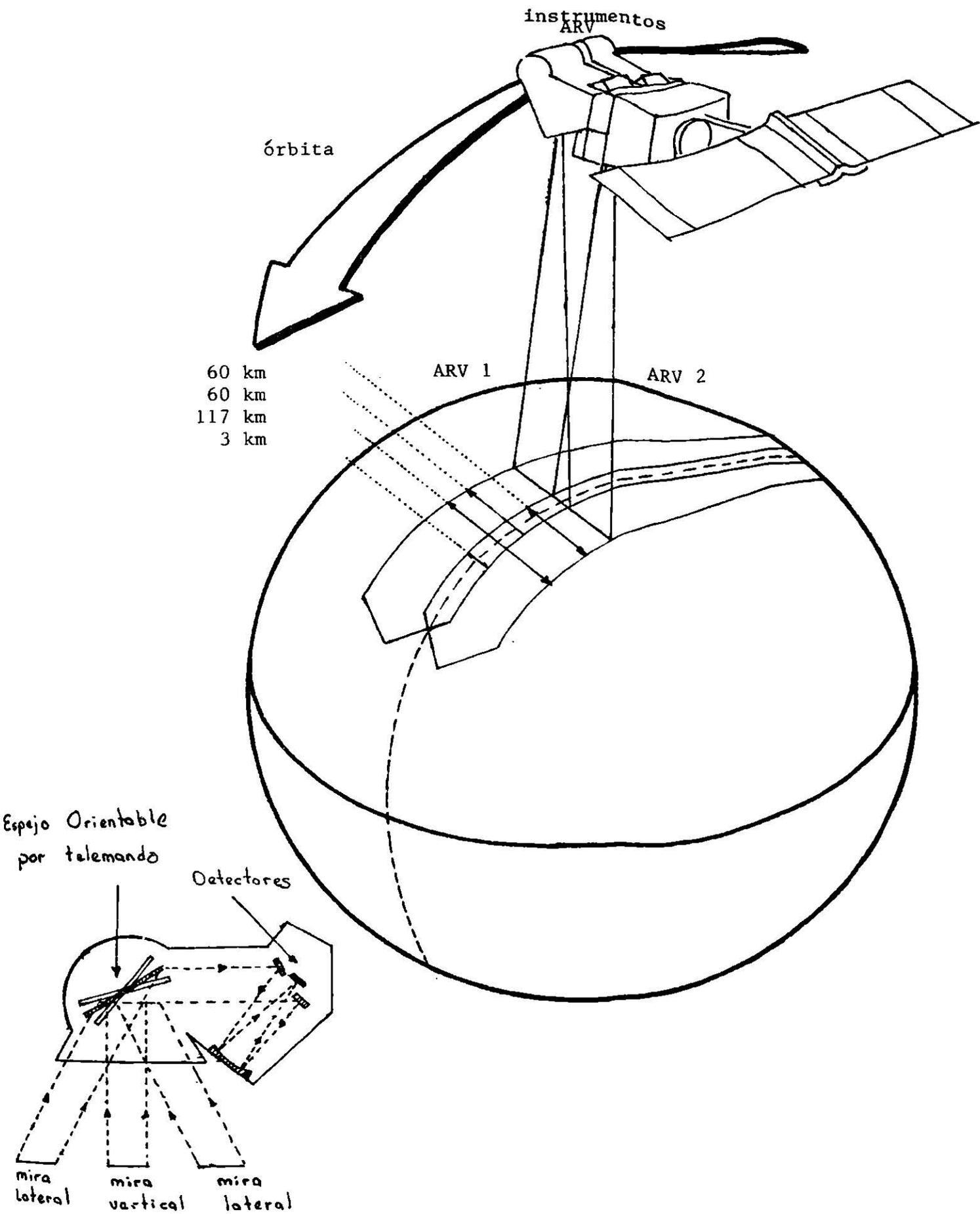


FIGURA 12: Característica del instrumento ARV.

paso al día

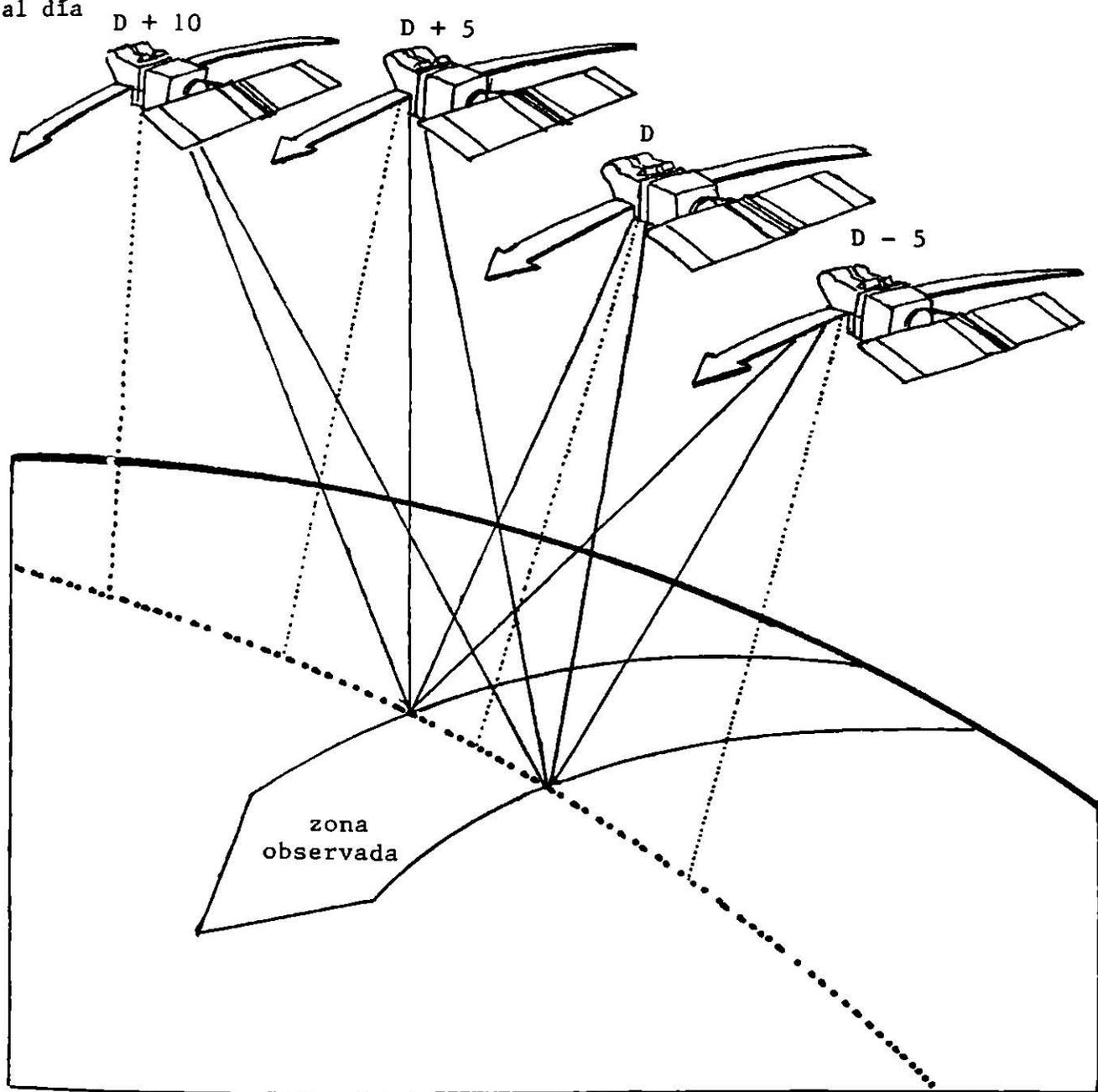


FIGURA 13: Frecuencia de las observaciones del SPOT y obtención de la Estereoscopia.

## 6. La estereoscopia

Las miras laterales permiten también obtener pares de imágenes estereoscópicas de una misma vista, estas imágenes son tomadas bajo ángulos diferentes durante las sucesivas revoluciones orbitales del satélite (3).

Las aplicaciones posibles son: la fotogrametría y la fotointerpretación, que utilizan la percepción del relieve ejemplo: (morfología, estudios hidrográficos) etc.

## 7. Programación de las Observaciones

El programa de las observaciones previstas es cargado cada día en la calculadora a bordo del satélite por la estación de control de Tolosa Francia durante un pasaje del satélite en su zona de visibilidad (3).

- a.- A través de un programa se fijan los ángulos de mira de los dos instrumentos.
- b.- Sus modos de funcionamiento (multibanda o pancromático).
- c.- Los instantes de tomas.
- d.- El modo de funcionamiento de la telemetría (- emisión directa de los datos y/o grabación a bordo).
- e.- La activación de la telemetría.

Nota: Los programas de los dos instrumentos son independientes uno de otro.

Tabla 5.- Características de Funcionamiento de SPOT (3).

Características del instrumento	Modo multibanda	Modo Pancromático
Bandas espectrales	0.50 - 0.59 mm 0.61 - 0.68 mm 0.79 - 0.89 mm	0.51 - 0.73 mm
Campo del instrumento	4.13°	4.13°
Dimensión del pixel en mira vertical	20 m x 20 m	10 m x 10 m
Longitud de una línea barrida al nivel de tierra, en mira vertical	60 km	60 km
Codificación del pixel	3 x 8 bits	6 bits DPCM
Cantidad de información/seg.	25 Mbits/seg	25 Mbits/seg

Nota:DPCM = es un modo de comprensión de los datos que permite conservar 256 niveles de gris.

La barra monoblock, tiene 6000 elementos sensibles que permiten recibir la totalidad de una línea de una vista perpendicular a la traza del satélite, sin necesitar un dispositivo de barrido mecánico, (detectores tipo CCD, dispositivos a transformar de carga).

### 8. Adquisición de los datos

Una estación de recepción de imágenes puede recibir la telemetría del satélite cuando este en un círculo de visibilidad, de aproximadamente de 2.600 km de radio lo que corres-

ponde a una elevación del satélite de 5 grados por encima del horizonte (3).

La telemetría "directa" del satélite, cuando esta puesta en funcionamiento, transmite las observaciones a medida que son obtenidas, esto permite que la estación reciba los datos de las regiones de su zona de visibilidad; una estación puede entonces recibir datos durante 2 o algunos pasajes cada día según su latitud, cada pasaje demora un máximo de 800 segundos, el número de pasajes de recepción de datos aumenta con la latitud.

Una estación de recepción francesa está prevista en Tolosa. Un cierto número de estaciones extranjeras repartidas en el mundo, serán autorizadas para recibir los datos, después de realizar acuerdos con la CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales) Francia (9).

Las estaciones de recepción extranjeras abastecerán al CNES, las informaciones útiles sobre las tomas que habrán recibido y archivado (catálogos) para usuarios de todos los países.

La grabación de los datos a bordo del satélite es igualmente posible, particularmente para adquirir las imágenes de las regiones fuera de alcance de la recepción directa de una estación.

Los datos son retransmitidos en tiempo distanciado a la estación de Tolosa, en cada caso la programación de las tomas esta asegurada por el Centro de Misión de SPOT situada en Tolosa.

## 9. El tratamiento de los datos.

Los datos digitales recibidos por las estaciones de recepción, están divididos en zonas constituyendo imágenes o escenas de 60 km de largo y de 60 a 80 km de ancho (según el ángulo de mira); estas zonas conforman una rejilla, permitiendo que se aplique a la superficie terrestre.

Estos datos para ser utilizables deben someterse a un cierto número de tratamientos, dejándolos utilizables de una forma mas directa.

- a).- Correcciones radiométricas: tomando en cuenta las graduaciones y las particularidades de los detectores de los equipos ópticos y de la telemedida.
- b).- Correcciones geométricas: toma en cuenta las condiciones de toma, ángulo de mira, y movimientos relativos de la tierra y del satélite.

Estas correcciones no excluyen el poder efectuar otras como: correcciones atmosféricas y modificaciones de dinámica (3).

## 10. El Servicio a los Usuarios.

Se prevé la instalación de una unidad especializada encargada de asegurar la distribución a nivel comercial de los datos recibidos por las estaciones francesas, esta unidad estará consti-

tuida con organismos asociados al CNES dentro del GDTA "grupo para el desarrollo de la teledetección aeroespacial" y con la participación de empresas que se relacionen en el campo de la teledetección, esta unidad se llamará SPOT IMAGE. Así los usuarios podrán tener las imágenes suministradas por los satélites SPOT de dos modos.

Dirigiéndose a una de las estaciones que haya efectuado un acuerdo con la CNES para recibir, archivar u distribuir las imágenes en su zona de visibilidad.

También dirigiéndose a SPOT IMAGE., esta organización permitirá un mejor uso de las capacidades de los satélites SPOT y favorecerá la adquisición y la distribución rápida y eficaz de las imágenes, para las diversas categorías de usuarios (9).

## 11. TIPOS DE PRODUCTOS DEL SPOT

- 1) Cintas compatibles con computador.
- 2) Fotografías de formato 24 x 24 cm y escala 1:400,000 (se pueden lograr ampliaciones hasta 1:50,000). Las imágenes estarán corregidas geométricamente (17).

### C. SENSORES ACTIVOS DE MICROONDAS

(Electrónicos)

Los sensores activos de microondas son aquellos que poseen la fuente de energía elec-

tromagnética y la emiten en dirección al objetivo estudiado y luego detectan la energía reflejada, a este grupo pertenecen:

### **c.1). Sistemas de Radar de Visión Lateral (SLAR)**

Se usaron por primera vez en USA con propósitos militares en 1953, además fue desarrollado en Inglaterra ( 1970 ), Rusia (1972) Francia (1977). La primera aplicación del RADAR en las ciencias de la tierra se hizo en Panamá (provincia del Darién) en 1967.

Hasta 1977 los sistemas de radar se acoplaron en aviones pero al año siguiente, con el lanzamiento del SEASAT-1 se inicia la aplicación del radar desde el espacio para estudio de la tierra (17). En 1981 la NASA pone en órbita la Segunda misión del transbordador espacial e incluye en su carga el sistema : "Imagine Radar System" (SIR-A), cuyo propósito fue el de obtener imágenes de radar de diferentes regiones geológicas de la tierra para demostrar su utilidad en estudios geológicos y morfológicos (8).

Finalmente en 1984 la NASA envió al espacio la misión Sir-B (Shuttle imaging Radar B) que proporcionará imágenes para procesamiento digital. En Colombia se uso el SLAR en el proyecto radar-gramétrico del Amazonas, para el estudio integrado de los recursos naturales de la amazonia, con la participación de varias instituciones del estado. Anteriormente se había usado en el proyecto RADAM-BRASIL con igual propósito. Colombia también obtuvo un cubrimiento completo de la costa pacifica, una región de alta y de continua nubosidad difícil de cubrir con fotografías aéreas convencionales (17).

El Radar de Visión Lateral (SLAR) que se utiliza mayormente en levantamientos de recursos naturales, es un sensor activo de microondas, que produce su propia energía en forma de ondas de radio y que emite impulsos a intervalos de certísima duración (milésimas de segundo). Las señales de retorno son recogidas por medio de una antena, luego registradas y procesadas. Por ser un sistema que opera en la región de microondas, con que varían entre 8 mm y 100 cm. puede usarse para obtener imágenes de la superficie terrestre operando en el día y en la noche, y además puede penetrar nubes, niebla, y aún lluvias. Puede operar entonces bajo cualquier condición atmosférica y sin influencia de las radiaciones solares. Los impulsos de energía son emitidos a uno o ambos lados de la plataforma (Avión, Satélite, Transbordador etc), el haz de rayos cubre una línea de terreno perpendicular a la línea de vuelo, de unos 10 a 70 km de ancho. Con el desplazamiento del avión también se desplaza el haz de rayos sucesivo barriendo así una franja de terreno paralela a la línea de vuelo. Figura 14.

En las imágenes de radar se resalta ampliamente el relieve y aún cuando no se tenga estereoscopia, éste se aprecia visualmente siendo ello muy útil para estudios geológicos, fisiográficos, hidrológicos. Lo anterior se debe a que el sistema opera con ángulos de depresión bajos, lo cual resulta el efecto de las sombras del relieve como árboles y edificios (17).

### 1. Los componentes del sistema SLAR

a).- La plataforma, el sistema de radar propiamente dicho; el equipo accesorio, a continuación se analizan los dos primeros componentes del sistema:

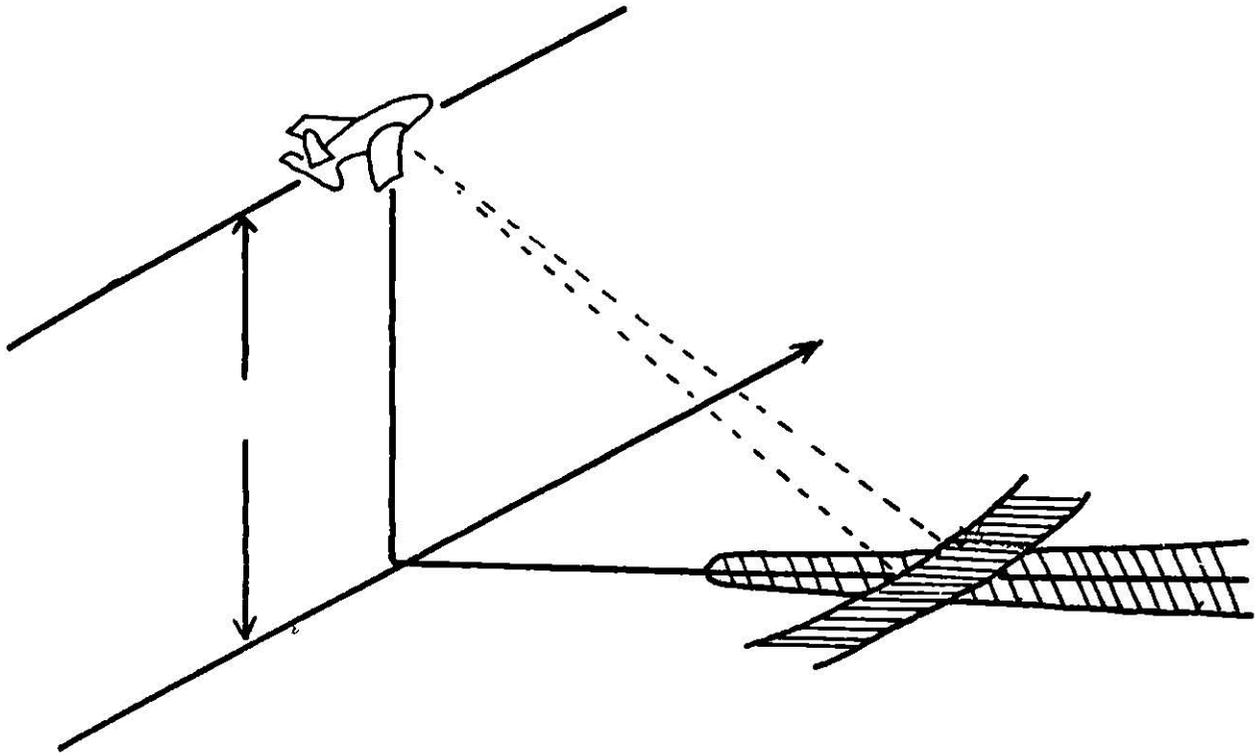


FIGURA 14: Ejemplo de cobertura del Radar

- a.1) **Plataforma:** Los sistemas de radar aerotransportado pueden operar desde aviones, satélites y transbordadores espaciales. Particularmente los aviones deben reunir ciertas características relativas al equipo de vuelo, amplitud de la cabina capacidad de carga, alta velocidad y especialmente al sistema de vuelo que controla tanto la operación del avión como la operación del radar.
- a.2) **Sistema de Radar:** Es un conjunto de partes que genera el campo electromagnético en formas de ondas de radio, controla los parámetros de emisión recibe y registra la señal reflejada por los objetos (o el terreno), transforma y mejora la señal recibida y finalmente produce las imágenes de radar (14).

## **2. Partes que componen el SLAR:**

- Fuente de energía (generador).
- Reloj que controla la dirección de los impulsos.
- Transmisor o emisor
- Interruptor (transmisor-receptor)
- Antena
- Receptor(amplificador)
- Equipo de registro
- Cinta grabada u osciloscopio (T.R.C.), lente y película.

### 3. Funcionamiento

El ciclo se inicia en el generador que produce las ondas electrónicas de alta frecuencia, las cuales son enviadas en forma de impulsos de varios kilowattios de potencia y con una duración que varía entre 0.01 a 0.04 microsegundos (15).

El tiempo de transmisión y de recepción de un pulso entre la antena y un objeto a una distancia de p.e. 50 km es de  $1/3,000$  s, lo cual significa que teóricamente se pueden transmitir y recibir 3.000 pulsos/s pudiéndose reproducir un objeto por muchos pulsos, mientras el avión se mueve solo unos pocos centímetros. Por lo tanto un gran número de líneas-imágenes aparecen superpuestas e integradas en una imagen realmente continua.

El reloj controla y establece la duración exacta del impulso, como el tiempo es uno de los parámetros que se miden, el sistema coordina el tiempo a que deben incurrir las diferentes funciones del mismo. La función de sincronización se hace produciendo una cadena de pulsos repetitivos separados por intervalos de tiempo conocidos y muy precisos.

Esta señal o cadena de pulsos es entonces transmitida a través de la antena, cuya forma de parabólica permite producir un haz en forma de abanico.

El mecanismo de control E/R (Interruptor Emisor/Receptor) tiene como función principal separar en el tiempo, la señal emitida de la señal recibida. El sistema aísla y protege los delicados componentes del receptor, durante el tiempo en que la antena está emitiendo los pulsos

de alto poder.

La energía electromagnética reflejada por los objetos (o el terreno) y que regresa a la antena, representa solo una pequeña fracción de la energía originalmente transmitida por el sistema; el resto puede ser dispersada por la rugosidad del terreno o absorbida por la atmósfera.

La señal captada por la antena pasa al Receptor donde luego es amplificada y registrada en cinta electromagnética para producir posteriormente una imagen visual. También se puede formar directamente a una imagen similar a una fotográfica, utilizando un osciloscopio esto es un tubo de rayos catódicos (TRC).

La imagen del terreno obtenida con el uso del TRC, se registra por medio de una cámara cuya película se mueve continuamente y en forma sincrónica con la velocidad del avión (15).

#### 4. Resolución Espectral

Como se señaló antes el SLAR opera entre 0.8 y 100 cm aún cuando el rango más usual varía entre 0.8 y 25 cm. Cada rango de cada banda se identifica con una letra. En cuanto a las ventajas de los diferentes sistemas de radar puede señalarse que aquellos que operan con banda larga, tienen la posibilidad de penetrar la vegetación boscosa y aún obtener información del subsuelo. Este es el caso del sistema SIR-A (Shuttle Imaging Radar) del que se le conoce una penetración en terrenos arenosos del Sahara de unos 20 m, permitió describir lechos de

ríos sepultados por dunas (4).

En Colombia y otros países del área se han obtenido imágenes de radar por los Sistemas Goodyear y Westinghouse; finalmente se han preferido los productos del primero, debido a su mayor penetrabilidad en los bosques amazónicos y de la Costa del Pacífico, lo que ha permitido el estudio de las características morfológicas del terreno (17).

### 5. Resolución Espacial:(o poder de Resolución)

El tamaño mínimo del terreno (pixel) que pueda ser diferenciado por un sistema de radar, permite definir la resolución espacial de dicho sistema. Esa área mínima que puede ser definida separadamente en una imagen, constituye la medida fundamental de resolución espacial, entre más pequeña sea el área de cada "pixel" más detallada será la información de la imagen (15).

En el SLAR la resolución espacial está determinada por las resoluciones acimutal (dirección paralela a la línea de vuelo) y horizontal (dirección perpendicular a la línea de vuelo) es decir dirección de barrido (4). La resolución acimutal se determina en función de la distancia del objeto (terreno) a la antena y del ancho del haz de energía emitido. La resolución horizontal está determinada por la duración de un pulso o vibración de la energía emitida. En general se tiene que la resolución espacial en el sistema Goodyear es de unos 16 m en el sistema Westinghouse es de 12 m y en el SIR-A de 47 m.

Los valores anteriores no son uniformes en toda la imagen pues en ocasiones se pueden detectar en ésta, objetos de menor tamaño, existen materiales que reflejan los rayos de radar muy intensamente, como por ejemplo una cerca o un puente metálico a pesar de que su tamaño sea muy pequeño, en cambio objetos más grandes pero opacos prácticamente no se detectan. También hay que tener en cuenta que los objetos localizados en el rango cercano tienen menor resolución (se aproximan más) que aquellos en el rango lejano (17).

## 6. Imágenes de Radar

- a) Imágenes en blanco y negro: el SLAR es un sensor monocromático cuyo producto final es el registro de detalles de la superficie terrestre sobre una emulsión. La película usada para la obtención de imágenes en blanco y negro; sobre ella se registran 64 tonalidades de gris, partiendo del blanco al negro. El formato de las imágenes es de 10 cm de ancho por unos 100 cm de largo.
- b) Imágenes a color :se obtienen usando película a color con tres diferentes emulsiones y luz coherente (rayo láser) para iluminar la película de datos, en la practica no obstante solo se utilizan dos de las emulsiones durante el proceso de correlación para obtener la imagen final, cuyos productos mas comunes son:
- Una imagen de color rojo-amarillo.
  - Una imagen de color verde-amarillo.
  - Una imagen de color azul-verde.

La calidad de estas imágenes dependerá del tipo de luz a utilizar para iluminar la película de datos, del procesamiento fotográfico y del tipo de película usado.

El sistema SLAR se puede calibrar para obtener imágenes adiferentes escalas, pero cuánto mayores sean éstas, mayor será su costo y las dificultades de toma especialmente en terrenos quebrados, por ello las escalas se han estandarizado en 1:250,000 y 1:400,000 (17).

### 7. Ventajas de las Imágenes de Radar

- a.- No tienen limitaciones horarias para su toma (en el día y en la noche).
- b.- No tienen limitaciones atmosféricas (con nubes, bruma o sin ellas).
- c.- Rapidez en la toma de las imágenes sobre extensas zonas y ofrecen un alta impresión monoscópica del relieve.
- d.- Resaltan mejor las estructuras geológicas, como fallas y pliegues.
- e.- Pueden penetrar la vegetación arbórea densa y mostrar los rasgos topográficos ocultos por ésta.
- f.- Prácticas para levantamientos de tipo preliminar y exploratorios.

### 8. Desventajas de las Imágenes de Radar

- a.- Da escalas muy pequeñas como para usarse en levantamientos generales a semidetallados.
- b.- Con poder de resolución variable y en general pobre.

- c.- Con valor cartográfico restringido debido a la impresión de detalle.
- d.- Muchas deformaciones del terreno, especialmente en zonas montañosas.
- e.- Frecuentes y excesivas presencias de sombras (áreas de no retorno) especialmente en terrenos montañosos.
- f.- Costo relativamente alto (de un 500 % a un 800 % mayor que el de las fotografías aéreas convencionales (17)).

### c.2).- RADAR DE APERTURA SINTETICA

Este radar usa técnicas de procesamiento de señales para producir los efectos físicos, de una antena larga (de donde, un haz angosto) sin realmente tener que incrementar la longitud de la antena, esto se logra usando el movimiento relativo entre el juego de radar y un blanco u objetivo en particular en el terreno, buscando que la frecuencia de la señal reflejada por ese objetivo sea ligeramente diferente de la frecuencia transmitida; este desvío de frecuencia se conoce como el desvío Doppler (13).

Este desvío puede reducirse a el ancho efectivo del haz de la antena, para que la resolución a lo largo del rastreador del radar sea del mismo orden de magnitud, así como la resolución en el alcance.

La resolución en la dirección del vuelo se determina por la anchura del haz de la antena o resolución a lo largo de la trayectoria.

La ventaja de un radar de abertura sintética es que aumenta el tamaño de la resolución y se utiliza un haz de anchura de la antena de la misma longitud.

Empleando técnicas de abertura sintética, es posible producir anchuras efectivas de haces de antena de 0.1 o algo parecido.

Tabla 6.- Resolución Acimutal del SAR (13).

Ancho de haz efectivo	Ancho de haz efectivo (radianes)(m)	Alcance Resoluc. Acimutal (m)
0.1°	0.001710	17 m
0.1°	0.001720	34 m
0.3°	0.005210	52 m
0.3°	0.005220	104 m

Tabla 7.- Resolución Acimutal para el SLAR (13).

Grados B	B (radianes)	R(m)	Resoluc. Acimutal (m)
1°	.017	10.000	170 m
1°	.017	20.000	340 m
3°	0.052	10.000	520 m
3°	0.052	20,000	1040 m

## H. PLATAFORMAS EN PERCEPCION REMOTA

En percepción remota se considera una plataforma, a cualquier sistema o vehículo capaz de transformar un sensor remoto a la zona de operación y mantenerlos sobre el objetivo durante el tiempo que sea necesario para cumplir su misión.

Al introducirse la percepción remota desde el espacio extraterrestre, el concepto de plataforma se ha ampliado, ya que es necesario considerar todo el sistema, compuesto no solo por la nave portadora sino también por el complejo de comunicaciones y el control de la tierra.

A mediados del siglo pasado, los globos eran los medios ideales de observación de la tierra desde un plano superior, y este fue el medio utilizado para obtener las primeras fotografías aéreas sobre la ciudad de París en 1858, obtenidas a varios centenares de metros sobre el terreno, con el propósito de producir un mapa topográfico.

El perfeccionamiento del avión, como medio de transporte aéreo trajo grandes beneficios a la Percepción Remota, ya que este se construyó en el medio ideal para el transporte de cámaras aéreas inicialmente, y luego de los sistemas de radar y barredores tanto óptico-mecánicos como estáticos.

La evolución de la tecnología espacial también ha beneficiado ampliamente a la teledetección, con el perfeccionamiento de los cohetes impulsores y de las naves espaciales ha sido posible colocar en el espacio sistemas de observación cada vez más sofisticados.

Las plataformas se caracterizan fundamentalmente por la altitud a la cual permiten la observación de la tierra.

Con la tecnología actual, es posible obtener información desde unos pocos metros sobre la superficie (con plataformas colocadas sobre camiones estáticos) hasta cientos de km, 200 a 1000 km de altitud, con los satélites de órbitas polares y ecuatoriales, y algunos miles de km para las órbitas geosincrónicas 35,800 km.

La utilización de plataformas espaciales, es cada vez mayor, los gobiernos de muchos países han tomado conciencia de la importancia de estos sistemas, y ahora algunos de ellos, distintos de las grandes potencias económicas tienen o han programado sistemas de observación de sus territorios desde el espacio extraterrestre, tal es el caso de Holanda, Argentina, Brasil y la India, quienes en el futuro cercano contarán con programas espaciales para estudio de sus recursos naturales (8).

## 1. PLATAFORMAS AEREAS

### A). Aviones

Para la obtención de datos de Percepción Remota desde la Atmósfera terrestre, los sensores se transportan en aviones, helicópteros, globos (8).

Las plataformas de más amplia utilización son los aviones de diverso tipo; para ser utili-

zados en aereofotografía, el avión debe reunir algunas características que le permitan cumplir la labor a realizar, entre estas características debe de contarse:

- a).- Estabilidad
- b).- Maniobrabilidad
- c).- Visibilidad
- d).- Techo
- e).- Autonomía de vuelo etc.

## **B). Helicópteros**

Los Helicópteros han tenido menor aplicación en Percepción Remota, debido a la alta vibración producida por la rotación de las hélices, lo cual obliga la adaptación de sistemas de soporte muy especiales cuando se transportan sensores; y a la limitación en cuanto ha techo alcanzado, no obstante, su facilidad de maniobrar y la capacidad para decolar y aterrizar en la zona de trabajo. Hace que estos vehículos sean muy útiles en algunas misiones espaciales.

Hasta el presente solo se han utilizado los helicópteros para misiones fotográficas, no obstante la mayoría de ellos cuentan con poco espacio disponible para la colocación del equipo, además de las limitaciones en cuanto al techo y capacidad de ascenso, por lo cual en su mayoría su utilización se ha limitado a misiones con cámaras convencionales, pero en áreas relativamente pequeñas y alturas medias y bajas.

La evolución del Helicóptero con la fabricación de aparatos cada vez más sofisticados,

hacen que pueda considerarsele una plataforma de gran utilidad para el futuro inmediato.

### C). GLOBOS

Las primeras plataformas utilizadas en aereofotografía fueron los globos aerostáticos, luego con la invención y perfeccionamiento del avión, éste suplantó al globo en la mayoría de las misiones, no obstante los globos aún siguen utilizándose para obtención de datos desde la atmósfera.

Existen 2 tipos de globos utilizados en teledetección

- a).- Globos estratosféricos libres: inflados con hidrógeno o helio, los cuales operan durante varias horas a altitudes entre 30 y 40 km, con trayectorias regidas enteramente por los vientos; debe proporcionarse al balón una adecuada protección contra las bajas temperaturas (del orden de  $80^{\circ}\text{C}$ ).
  
- b).- Globos troposféricos cautivos. Inflados con helio, son retenidos sobre el área a observar por medio de un cable, su altitud de operación es del orden de 300 a 3,000 m.

Ambas formas de globos, se utilizan especialmente con fines experimentales mas que en programas operacionales, son muy frecuentemente utilizados en investigaciones meteorológicas

(8).

## 2. PLATAFORMAS ESPACIALES

### A). Posiciones orbitales:

Las plataformas actualmente en uso para Percepción Remota desde el espacio extraterrestre son satélites, se presume que en un futuro no muy lejano, se utilizarán estaciones fijas, para operación por períodos considerables de tiempo de hecho la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas ha dado el primer paso en éste sentido, con la operación de la misión Soyuz la cual puede considerarse la precursora de las plataformas espaciales tripuladas (8).

Los satélites actualmente en uso para recursos naturales, operan desde órbitas heliosincrónicas y de sincronización terrestre o geosincrónicas, según el astro que se tome como referencia para la sincronización de la trayectoria de la nave, las órbitas heliosincrónicas normalmente son de menor altitud, por lo cual se utilizan preferencialmente para transportar sistemas formadores de imágenes, según su posición con relación a la superficie de la tierra, las órbitas pueden ser polares o ecuatoriales o libres.

Las órbitas polares han sido ampliamente utilizadas en teledetección, en este caso el satélite órbita pasando por los polos a cada paso la tierra se ha desplazado un determinado número de km, por tanto debe de haber un balance entre el área cubierta en cada paso del satélite y el desplazamiento de la tierra en su rotación sobre su propio eje para lograr un cubrimiento total, según el programa éste cubrimiento se logra después de un lapso de varios días, así por ejemplo Landsat lo obtiene en un período de 18 días.

Las órbitas ecuatoriales han sido más empleadas en programas específicos, tal es el caso del programa Holandes TERS (Tropical Earth Resources Satellite) algunos programas para observación oceanográfica como el SEASAT, utilizan órbitas casi ecuatoriales.

La plataforma espacial más versátil en el momento actual, es el transbordador espacial, el cual tiene la capacidad de operar como nave espacial, las órbitas del transbordador varían según la misión a cumplir, por esto tienen la posibilidad de cubrir cualquier área específica.

Todas las plataformas que portan sensores utilizados en estudios de recursos naturales, son de tipo migratorio, su posición cambia continuamente en relación con la superficie de la tierra, ya que su objetivo es observar diversos sitios de la superficie, obsérvese la Figura 16.

En comunicaciones tienen especial aplicación las plataformas "estacionarias" estas utilizan las órbitas geoestacionarias; esta órbita presenta características muy especiales ya que cuando se coloca el satélite a la altura adecuada 35,786.103 km éste gira a una tasa angular igual a la tasa de rotación de la tierra por tanto el satélite se mantiene fijo sobre una franja determinada.

Tiene muchas aplicaciones en meteorología y comunicaciones ya que el satélite siempre observa un determinado sector de la superficie terrestre, además por la gran distancia entre la tierra y el satélite, es posible observar una zona sumamente amplia con cada plataforma, no obstante esta misma propiedad se transforma en limitante cuando se trata de estudios de recursos naturales, ya que la resolución obtenida en estos casos es demasiado baja para la mayoría

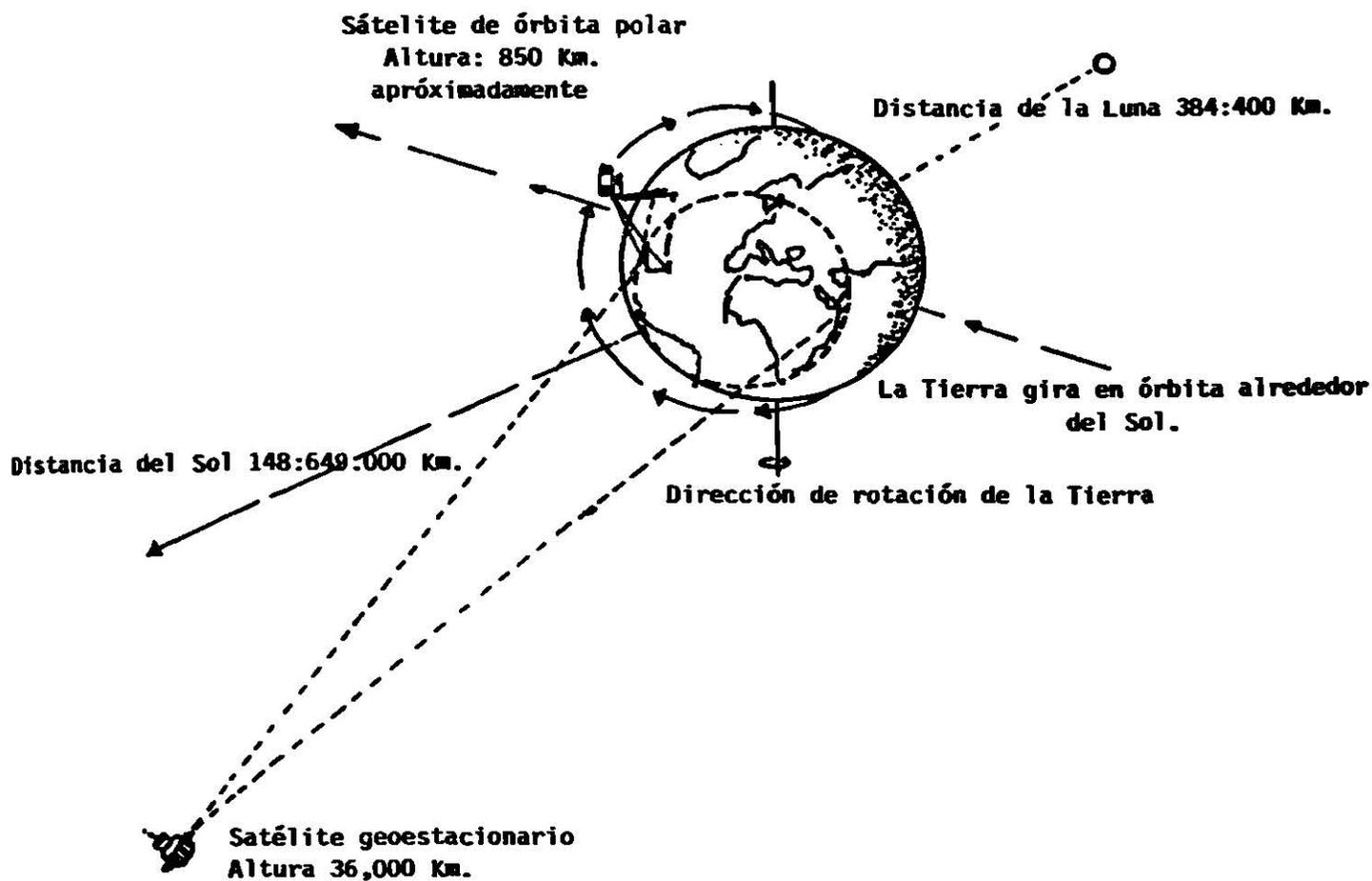


Figura 16 : Ilustración esquemática que muestra el campo de visión de la tierra desde un satélite de órbita polar y desde un satélite geostacionario.

de estos estudios.

En la mayoría de los programas para estudios de recursos naturales, se programan órbitas circulares ya que éstos son más simples en cuanto a selección de la órbita, relaciones geométricas y control. Las órbitas elípticas o cónicas por su mayor complejidad se aplican solo a programas especiales.

Las plataformas utilizadas para estudios de recursos naturales, operan en órbitas del orden de 200 a 1000 km de altitud, según los objetivos de la misión, tipos de sensores transportados y la resolución espacial requerida (8).

#### B). Segmento Espacial y Terrestre

Cada plataforma espacial tiene capacidad para cubrir determinada área sobre la superficie terrestre, este cubrimiento depende no solo de la capacidad de observación de los instrumentos de a bordo de la plataforma, sino también de la capacidad de recepción en tierra. La cual está condicionada fundamentalmente por la cobertura de las antenas receptoras, este conjunto determina lo que se denomina el Segmento Terrestre del sistema y tiene gran aplicación en estudio de recursos naturales.

El Segmento Espacial se refiere al área dentro de la cual, la plataforma puede localizarse en el espacio, sin interferir el normal funcionamiento de otras naves espaciales, tiene especial aplicación en satélites colocados en órbita geosincrónica, ya que en este caso el espacio dis-

ponible es muy reducido (8).

## 2.1. Cohetes

La utilización de cohetes en Percepción Remota, data de 1891, cuando se otorgó una patente a un aparato nuevo y mejorado para obtención de vistas fotográficas de ojo de pájaro, y 16 años mas tarde Alfred Maul, obtuvo una patente para el uso de un instrumento que corresponde a una cámara giroscópicamente estabilizada, precursora del montaje de Torque LS-58 usado hoy en aviones de reconocimiento táctico Maul, utilizó una cámara pequeña inicialmente, en 1912 logró elevar el sistema hasta una altitud de 2600 pies, transportando un peso de 90 libras (8).

En el período de 1946 a 1963, se obtuvieron fotografías por diversas cámaras transportadas por cohetes V-2, con los cuales se probó la utilidad de las imágenes obtenidas desde altitudes orbitales.

Las fotografías obtenidas desde hiperaltitudes fueron usadas por primera vez, para fines no militares en 1963, cuando Merfield demostró que se podrían hacer interpretaciones geológicas útiles, con imágenes obtenidas por cámaras transportadas en cohetes, actualmente los cohetes se usan como impulsores para colocar plataformas espaciales en órbita.

Los Estados Unidos han desarrollado una serie de cohetes para colocar en el espacio plataformas de peso considerable, igualmente la agencia espacial europea, ha mejorado nota-

bientemente la capacidad de su cohete portador Ariane, la nueva versión Ariane -4, esta en capacidad de colocar en órbita geoestacionaria un peso útil de 4300 kg.

Estados Unidos se vio en la necesidad de mejorar su cohete Delta para poder colocar en órbita de sincronización solar, su satélite landsat 4, con peso de 2000 kg.

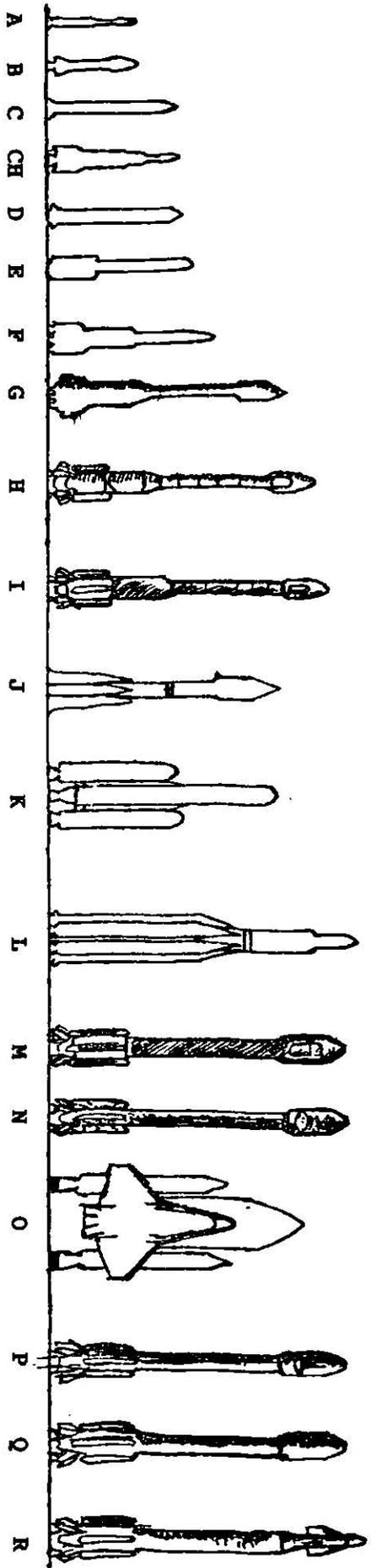
Una idea de la diversidad y magnitud de los cohetes portadores, puede obtenerse en la figura 15, en especial del incremento en tamaño después de los inicios de la era espacial en el período de 1960 cuando se utilizaron los Scout, son especialmente notorios los incrementos en tamaño de los cohetes Soyuz, Titán, Zonda, Delta Ariane y Shuttle (8).

Los Estados Unidos han evolucionado de la serie Scout y Diamant, A los Atlas, Cenaur, Delta, Titán, Shuttle. La Unión Soviética ha producido varias generaciones Kosmos y luego ha pasado a los Soyuz y Zonda, la agencia espacial europea, ha producido una amplia gama de portadores Ariane.

## 2.2. Tipos de plataformas espaciales

Las plataformas espaciales pueden dividirse en satélites para comunicaciones, meteorológicos, y para aplicaciones terrestres, oceanográficos y satélites para espionaje; los satélites se agrupan con base en el tipo de posición orbital utilizada.

La Tabla 8 resume las características de los tipos básicos de plataformas, las plataformas



SIMBOLOGIA	NOMBRE	SIMBOLOGIA	NOMBRE
A	Scout D	J	Soyuz A2
B	Diamant BP4	K	Titan III C
C	Kosmos B1	L	Zonda Dle
CH	N	M	Ariane 5/2
D	Kosmos C1	N	Ariane 5/3A
E	Delta 39/4	O	Shuttle STE
F	Atlas Centaur	P	Ariane 5/4
G	Ariane 1	Q	Ariane 5/30
H	Ariane 2-3	R	Ariane 5H
I	Ariane 4		

Figura 15: Tipos de Cohetes utilizados como Plataformas Espaciales.

de órbita geosincrónica tienen muy amplia cobertura y permiten la comunicación muy rápida, por lo cual las órbitas de mayor aplicación en comunicaciones.

Las órbitas Heliosincrónicas, operan en diferentes períodos del día, para lograr una máxima iluminación, se programan órbitas de medio día, si se requiere acentuar las sombras para mejorar la apreciación del relieve, se utilizan órbitas de media mañana (ejemplo Landsat, ver Figura 17) y para sensores termales, se usan generalmente órbitas previas al amanecer, las órbitas polares de sincronización no solar, casi siempre se programan según objetivos muy específicos, especialmente aquellos relacionados con fenómenos terrestres (8).

El transbordador espacial y las aeronaves tienen la ventaja de su flexibilidad para aplicaciones a casos específicos.

Los satélites meteorológicos pueden ser de órbita polar y geoestacionarios, los de órbita polar operan desde altitudes del orden de 800 a 1,000 km; los operacionales desde órbitas polares en la actualidad, corresponden a las series TIROS-N y METEOR-2, operados por Estados Unidos y la Unión Soviética respectivamente.

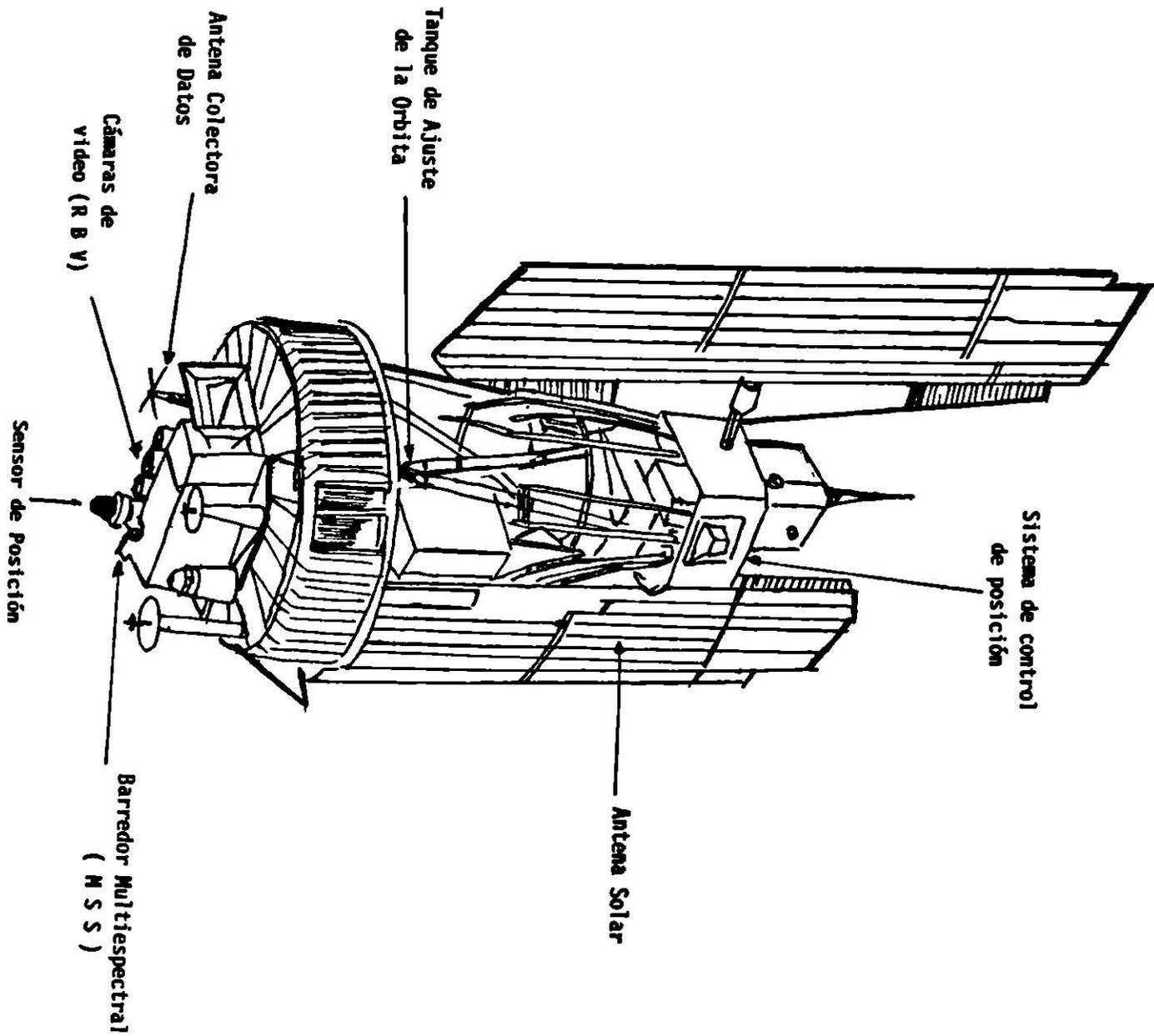


Figura 17: SATELITE LANDSAT

Tabla 8.- Tipos básicos de Plataformas (8).

Tipos de órbita	Cobertura	Caract. y aplic.
Geosincrónica	Cubre un hemisferio	Rápida respuesta
Heliosincrónica	Global, órbita de mediodía	Levantamientos sistemáticos, alta iluminación
	Global, órbita de sombras, medio mañana	Baja temperatura
	Global, órbita vía al amanecer	Precontrastes termales,
Transbordador Espacial	Global, órbitas según necesidad	Vuelos repetitivos y frecuentes
Polar, sincronización	Global, órbita según necesidad	Adaptada a fenómenos terrestres
Aeronaves	Cobertura regional	Flexibilidad

### 2.3. PLATAFORMAS DE DISEÑO Y FUNCIONES ESPECIALES

El avance en la tecnología de producción de naves especiales ha llevado al concepto de la nave modular multimisión, lo cual está siendo utilizada para aplicaciones terrestres.

Este tipo de nave, identificada como MMS esta conformada por un núcleo central al cual se acoplan varios módulos, de potencia, control de manejo, sistemas sensores y de manejo de datos, sistema de propulsión, está equipado además con paneles solares y varias antenas para comunicaciones.

La nave ha sido diseñada específicamente para ser lanzada y recuperada por el transbordador espacial, por medio de un largo brazo articulado, denominado sistema manipulador remoto (RMS ).

Este será el vehículo básico para las futuras misiones no tripuladas, inclusive el programa landsat (MMS: Multimission Modular Spacraft) los ha probado en sus naves Landsat 4 y 5, igualmente, el programa SPOT la utiliza.

Tanto los Estados Unidos como los países europeos (Agencia Espacial Europea), se ven abocados a la necesidad de reducir los gastos de sus programas espaciales, por lo cual han recorrido a esta configuración que prolongará indefinidamente la vida útil de las naves espaciales (8).

### 3. ESTACIONES ESPACIALES

#### A). Columbus

Se ha iniciado el desarrollo de la estación espacial, Columbus, el proyecto concebido e iniciado por la NASA de E.U. contará con la participación de la Agencia Espacial Europea (ESA).

El concepto de la estación espacial, es el de una plataforma que permanecerá en órbita por tiempo indefinido, se usará para transporte de sistemas automáticos y vehículo de servi-

cios para transporte hacia otras estructuras orbitales.

Se calcula que la fase inicial del programa operaría en 1993 y en 1998 se tendría lista la capacidad operacional autónoma (8).

#### **4. RESUMEN DE LAS PLATAFORMAS UTILIZADAS EN PERCEPCION REMOTA**

Las plataformas utilizadas en Percepción Remota cubren una amplia gama de sistemas:

A).- Cestas colocadas a pocos metros de altura, sobre el terreno.

B).- Globos

C).- Aviones y helicópteros

D).- Cohetes

E).- Satélites.

A).- Las cestas solo se usan a unos cuantos metros sobre la superficie de la tierra y en general se usan para programas de investigación, con radiómetros y cámaras de formato pequeño, para obtener información sobre datos pequeños.

B).- Los globos fueron los precursores de la observación de la superficie terrestre desde planos superiores, se usan en investigación y meteorología.

C).- Los aviones y helicópteros son las plataformas ideales para teledetección desde la

atmósfera terrestre y su uso es cada vez mas amplio.

D).- Los cohetes: han sido muy pocos utilizados como plataformas portadoras, no obstante continúan siendo muy utilizadas en programas especiales: su utilidad se reduce a la capacidad para colocar en órbita las plataformas espaciales.

E).- Satélites: son el tipo corriente de plataforma espacial y han sido utilizados para transportar todo tipo de sensores remotos, desde cámaras fotográficas hasta el sistema electro-ópticos.

Según el medio en el cual cumplen sus funciones, se pueden dividir las plataformas en dos tipos:

a).- Plataformas aéreas: Operan dentro de la atmósfera terrestre ejemplos: Aviones, Helicópteros y globos etc.

b).- Plataformas espaciales: Operan en el espacio extraterrestre ejemplos: Satélites, Transbordador Espacial. Los cohetes etc

Las plataformas aéreas son sistemas capacitados para operar, solo dentro de la atmósfera terrestre, mientras que las plataformas espaciales tienen capacidad para operar en el espacio extraterrestre (17).

# **I. APLICACIONES, VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA PERCEPCION REMOTA**

## **1. APLICACIONES DE LA PERCEPCION REMOTA**

Las aplicaciones de la teledetección son realmente vastas y cubren una amplia gama de conocimiento humano; entre los campos en los cuales esta ciencia ha tenido mayor aplicación se encuentran:

### **RECURSOS NATURALES**

- Recursos vegetales manejo de pasturas, detección y análisis del stress en la vegetación, detección de enfermedades, riesgos de erosión.
- Recursos del suelo: estimación de erosión, mapeo de suelos, e inventarios de suelos etc.
- Recursos de agua: manejo de aguas, manejo de cuencas hidrográficas, análisis de calidad de aguas etc.
- Geología: prospecciones mineras, exploraciones petroleras etc.
- Agricultura: uso agrícola del suelo, detección de problemas de suelo, evaluación de la producción agropecuaria.

## **URBANISMO**

**Sectorización urbana, planificación del uso de la tierra, estudios catastrales, proyección de obras etc.**

## **PROYECCIONES ENERGETICAS**

**Localización de líneas de transmisión de energía y ubicación de centrales energéticas.**

## **INGENIERIA CIVIL**

**Estudios de factibilidad para trazado de vías, localización de presas y embalses, cartografía en general.**

## **VIDA SILVESTRE**

**Inventario de la fauna silvestre, estudios de ecosistemas, evaluación de daños causados por el fuego.**

## **ARQUEOLOGIA**

**Estudio de huellas de antiguas civilizaciones, planeación de las exploraciones arqueológicas.**

## **PREVENCION DE DAÑOS DE DESASTRES**

**Estudios de la posibilidad de ocurrencia de desastres naturales, como inundaciones, avalanchas de nieve, huracanes etc.**

## **PLANIFICACION REGIONAL**

**Estudios regionales, sistemas de información geográfica.**

## **MANEJO DE PRADERAS**

**Evaluación del potencial de pastoreo, planificación del uso racional de praderas.**

## **INTELIGENCIA MILITAR**

**Detección de objetivos militares, movimientos de tropas, emplazamiento de armas de gran potencia, y aeropuertos (8).**

## **2. VENTAJAS DE LA PERCEPCION REMOTA**

**A).- Se tiene una visión en conjunto que facilita el análisis, como cuando se realizan estudios de gran cobertura a nivel regional o nacional.**

- B).- Se pueden realizar estudios en forma más eficiente, el observar en conjunto no solo los rasgos objetos de estudio, sino también algunos otros rasgos, como obras de infraestructura ubicación de poblaciones etc, permite realizar una planificación más adecuadas del trabajo a realizar con la siguiente economía y además la observación en conjunto permite al técnico planificar sus observaciones con mayor certeza.**
- C).- Mantiene un registro permanente y exacto de las condiciones en el momento de realizar el estudio, los productos de los sensores remotos registran las condiciones del terreno en el momento de la obtención de la información y la almacenan bien sea en imágenes o en información digital, con sistemas adecuados de archivos.**
- D). Facilita la actualización de estudios realizados, en la obtención de información en forma repetitiva ejemplo el MSS.**
- E). Es posible concentrar en un mismo tipo de imagen los resultados de estudios multidisciplinarios.**
- F). Es posible hacer mediciones sin ir al terreno (17).**

### **3. LIMITACIONES DE LA PERCEPCION REMOTA**

- A). No permite evaluar las características internas de los cuerpos naturales, excepto el radar.**

## **J. ESTUDIOS DE ALGUNOS SATELITES A FUTURO**

### **A. Estudios a Futuro del Programa Landsat**

Dentro de los programas a futuro, previstos por la NASA, se tienen proyectados hacia el futuro, algunos tipos de Satélites con algunos avances en cuanto al tipo de detector a usar, (Sensor) (3).

- 1. Landsat 6 ETM: Mapeador Temático de Realce (Enhanced Thematic Mapper). Su Funcionamiento:** Este Satélite operará a una órbita de 705 km de altura, y cubrirá una faja de ancho de 185 km, utilizando un rastreador transverso de líneas cortas, su duración del ciclo será de 16 días, su resolución espacial será de 15 m en el modo pancromático, 120 en infrarrojo termal, su resolución espectral será de .45 - 2.35, 10.4 - 12.5.µm. Trabajará en ocho bandas.
- 2. Landsat 7 ALS Espectrómetro: Sensor Avanzado Landsat. Otra opción con el objeto de obtener una resolución mejorada creada por la NASA. Su Funcionamiento:** Este Satélite operará a una órbita que comprende entre los 635 km y 705 km de altura, y cubrirá una faja de ancho 41 km, utilizando un rastreador transverso de imágenes a lo largo de la franja de rodado, extendidas físicamente y separadas con líneas en orden para cada banda con espectrómetro, su duración será de 16 días, su resolución espacial es de 10 m visible al infrarrojo cercano y 20 m a color; su resolución espectral es de las bandas .45 - 2.5, trabajará en 20 bandas.

3. **EOS Polar Órbita: Satélite producto de la combinación del ETM y ALS Espectrómetro.**  
**Su Funcionamiento: Operará a una órbita de 250 a 1000 km de altura, y una cobertura de 41 km de ancho, utilizando un rastreador transverso más largo, con espectrómetro extendidas físicamente no separadas, es decir cubriendo todo el área, con espectrómetro, su duración será de 16 días, su resolución espacial es de 7 m y 14 m, su resolución espectral es de las bandas. 4 - 2.5, trabajará con 64 a 128 bandas.**

### **B. Estudios a Futuro del Programa SPOT**

**En el Salón Internacional de Aeronáutica Espacial de París, el 5 de junio de 1985. El profesor Hubert Curien, Primer Ministro de Francia de Investigación y Tecnología, anunció dos Satélites más SPOT, siendo el SPOT 3 Y SPOT 4.**

**Estos Satélites aseguran la secuencia del programa SPOT, de los primeros satélites, el SPOT 3 tendrá la tarea de relevar al SPOT 2 a finales de 1990, y así asegurar el servicio por 4 años.**

**El SPOT 4 dará servicio desde 1994 hasta 1998, ambos contarán con nuevos detectores espaciales .**

### **3. MATERIALES Y METODOS UTILIZADOS EN PERCEPCION REMOTA**

#### **A. Materiales Principales que presentan cada tipo de medio utilizado en Percepción Remota, en base a los mecanismos usados para captar la información**

##### **I.- Sensores Fotográficos o Opticos.**

Incluye todos los tipos de cámaras tales como Cámaras Métricas, Panorámicas y Multi-banda.

- 1.- Lente u objetivo
- 2.- Obturador
- 3.- Almacén de película
- 4.- Equipo o accesorio.
- 5.- Controles de la Cámara
- 6.- Películas b/n y color.
- 7.- Filtros
- 8.- Laboratorio de revelado.
- 9.- Emulsiones Fotográficas.
- 10.- Equipo de interpretación. etc.
- 11.- Plataformas: Globos, Aviones, Helicópteros, Satélites etc.

##### **II.- Sensores Opticos Mecánicos.**

Incluye el sistema RBV.

- 1.- Cámara Vidicon de Haz de Retorno, consta de 3 Cámaras.

- 2.- Pantalla foto sensible de haz electrónico.
- 3.- Sistema de Transmisión y Almacenamiento de Datos.
- 4.- Antena
- 5.- Receptor (Estación Receptora)
- 6.- Plataformas: Satélites y Transbordadores Espaciales.

### III.- Sensores Barredores Estáticos.

Ejemplo el SPOT.

- 1.- Una carga útil compuesta por 2 ARV Instrumentos sensores.
- 2.- Detectores de energía CCD.
- 3.- Sistema de Transmisión y Almacenamiento de Datos.
- 4.- Amplificadores y Sistemas de Registro de Digital.
- 5.- Antena.
- 6.- Receptor (Estación Receptora).
- 7.- Cintas Magnéticas e Imágenes Fotográficas.
- 8.- Plataformas: Satélites, Transbordadores Espaciales, Cohetes etc.

### IV.- Sensores Barredores Mecánicos Incluye al MSS.

- 1.- Espejos Oscilantes
- 2.- Espejos Parabólicos
- 3.- Sistema Optico
- 4.- Detectores Respectivos
- 5.- Sistema Detector Sensor

- 6.- Amplificador y Sistema de Registro digital
- 7.- Sistema de Transmisión y Almacenamiento de Datos
- 8.- Antena
- 9.- Receptor (Estación Receptora)
- 10.- Cintas Magnéticas e Imágenes Fotográficas
- 11.- Plataformas: Aviones, Cohetes, Satélites Transbordador Espacial etc.

Incluye el Mapeador Temático.

- 1.- Telescopio Acoplado al Sistema Receptor
- 2.- Un Sistema Electrónico.
- 3.- Monitor de Barrido
- 4.- 12 Detectores Sensores
- 5.- El resto de los materiales es similar al anterior.
- V.- Sensores Activos de Microondas.

SLAR y SAR.

- 1.- Fuente de Energía (Generador)
- 2.- Reloj
- 3.- Transmisor o Emisor
- 4.- Interruptor
- 5.- Antena
- 6.- Receptor (Estación Receptora)
- 7.- Equipo de Registro

8.- Cintas para Computador y Imágenes Fotográficas.

9.- Plataformas: Aviones, Satélites y Transbordadores Espaciales. etc.

## B. Métodos básicos utilizados en Percepción Remota

Se incluyen los métodos principales tales como, el Proceso de Percepción Remota, Métodos de Composiciones en Falso Color, y el Método para Interpretación de Imágenes, también al final del trabajo se incluye un ejemplo, de como localizar el número de imágenes de satélite Landsat que cubre el estado de N.L. a través de todas las imágenes Landsat que cubren la República Mexicana. Figuras 1, 2 y 3.

### I.- Método Principal o Básico para el Proceso de la Percepción Remota

El funcionamiento: Este consiste cuando el detector de energía (sensor), quien es portado por una plataforma aérea, realiza la función de detectar la energía que recibe por parte del objeto censado (terreno), ésta detección para que se lleve acabo es necesario, una fuente de energía (sol o generador) natural o artificial y a la vez, se requiere de un medio de propagación (la atmósfera) ya que ambas interactúan en la forma en que la Radiación Electromagnética es emitida o reflejada por el objeto, y captada por el sensor, esta energía recibida por el sensor se transforma químicamente para formar la imagen fotográfica o registrada en forma digital, dicha datos son grabados y transmitidos a tierra a las estaciones receptoras por medio de antenas especiales.

Las estaciones terrestres reciben la información la que luego es evaluada por expertos en la materia y se encargan de procesarla para introducir correcciones geométricas y radiométricas, e imprimir las fotografías de manera definitiva o en forma de cintas compatibles para computador. para que finalmente lleguen al usuario e interpretes especializados.

## II. Métodos de Composiciones de Imágenes en Falso Color

El funcionamiento: Estas composiciones se pueden producir mediante varias técnicas:

- 1.- Con el Visor Multiespectral, por medio de lámparas y filtros se pasa luz por diapositivas en blanco y negro, de las bandas individuales y se proyecta la imagen sobre una pantalla, cada banda puede ser proyectada con luz azul, verde, roja o infrarroja cercana y hacer múltiples combinaciones.
- 2.- Composiciones en colores fotográficos, se utilizan películas con tres emulsiones que tienen sensibilidad a la luz verde, rojo e infrarroja, obteniéndose productos de falso color, por que incluyen una banda en infrarrojo, apareciendo la vegetación en rojo. Algunos tipos de películas en b/n: plus x y infrarrojo. Tipos de películas en color: Ektachrome y Ektachrome infrarrojo. Tipos de filtros: Paso alto, de Paso Bajo, y de Banda.
- 3.- Diazos : son diapositivas que se obtienen usando películas "diazchrome", con emulsiones con colorantes amarillos, magenta o cian. La película se pone en contacto con la diapositiva en blanco y negro y se le expone a la luz ultravioleta, luego se revela la película

con amoníaco pulverizado. Película diazo amarillo para la banda 4. Película diazo magenta (rojo) para la banda 5. Película diazo cian ( azul ) para la banda 7. Los tres se ajustan cuidadosamente.

4.- El Sistema Optronics: sistema para transcribir la información de cintas magnéticas en color, a través de una película fotográfica mediante la integración de colores, este se logra mediante tres filtros ( azul, verde, y rojo ) de acuerdo a esta conjugación se obtienen los diferentes colores que se quieran asignar, el proceso de filtrado es de la siguiente manera:

Banda 4 ...con filtro azul.

Banda 5 ...con filtro verde

Banda 7 ...con filtro rojo.

Después del proceso de filtrado sobre la película, se pasa dicha película al laboratorio, para ser revelada y otorgarle el carácter de presentación a diferentes escalas.

### III. Métodos de Interpretación de Imágenes

Existen en la actualidad varios tipos de métodos utilizados en todo el mundo, aquí en México la UNAM, INEGI, y otros planteles educativos y del gobierno Federal, trabajan con el SPIPER (Sistema para la Interpretación de la Percepción Remota.), otro método es el ERDAS y (HELAS) trabajado por la NASA, en el siguiente trabajo solo se describirá el método o sis-

tema SIADIS, estudiado por el IMPTA.

### 1.- Sistema SIADIS:

Este sistema permite procesar las cintas magnéticas, en las cuales vienen grabadas las imágenes del Satélite Landsat, este proceso se realiza con la ayuda de un computador PDP 11/70, utilizando el lenguaje "Fortran 1V Plus".

En particular se utiliza para estudios de recursos naturales pero se puede adaptar a cualquier otro estudio de recurso natural, ya que su constitución es sumamente flexible para su programación.

El funcionamiento del SIADIS consiste en la operación de un conjunto de directorios divididos en dos clases:

Directorios del sistema	Directorios para cada Usuario
Cintas	Firmas
Coordenadas	Imágenes
Informes	Impresos
Usuarios	Limites
Algoritmos	Procesos

El cuerpo principal lo constituye un programa detector, junto con las tareas que se controlan desde el almacenamiento, histograma, mapa de grises, clasificación no supervisada, y supervisada, delimitación de frontera, producción de mapas, impresión de mapas, respaldo de resultados etc.

b). Su empleo requiere entrenamiento especial del personal técnico (17).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION DE LA PERCEPCION REMOTA

En los últimos años, la ciencia ha avanzado a pasos agigantados que hasta resulta increíble la capacidad creativa del hombre por conseguir su avance hacia el futuro, como muestra está la creación de instrumentos que permiten la detección de objetos ha distancia. Todo esto es posible gracias a la Percepción Remota.

Instrumentos como el mapeador temático que presenta mayor ventaja que el MSS alcanzando una resolución de 30 m, mientras que el MSS solo alcanza 70 m, este último alcanza una resolución mayor que el RBV siendo de 80 m aproximadamente, los tres tipos de sensor trabajan en la actualidad con el programa Landsat.

Mientras el programa SPOT trabajan con sensores ARV con una resolución de 20 m para el infrarrojo cercano y 10 m para el pancromático en blanco y negro.

Otro tipo de sensores más común son las cámaras aéreas y cámaras multibanda que alcanzan a obtener buena información, sin embargo las multibanda producen mucho mas información que la que produce una sola imagen.

En el SLAR alcanzan una resolución que parte desde los 47 m, 16m, y 12 m, dependiendo del sistema a usar es decir del tipo comercial, esto mismo sucede para el SAR a dife-

encia que presenta una mayor resolución.

De todos los sensores en la actualidad cabe discutir que es importante tomar en consideración el conocimiento de las capacidades es decir las ventajas y limitaciones de cada sensor utilizado y del costo de la obtención de las imágenes que producen, de aquí la importancia del tipo de sensor a utilizar.

Aunado todo esto día con día con la creación de nuevos programas de interpretación de imágenes recibidas o captadas desde la superficie terrestre, es decir el método de interpretación mas importante será aquel en el que tengamos más conocimiento y disposición económica.

Aquí en México los sensores mas utilizados son los que producen los LANDSAT (NASA), y sus paquetes de interpretación de imágenes, no obstante ya se trabajan con los SPOT.

Por lo tanto hoy en día en la actualidad la Percepción Remota es una de las técnicas mas importantes dentro de los avances de la Ciencia.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. CONCLUSIONES

Podemos concluir que desde un punto de vista práctico, que la **Percepción Remota** es la técnica y el arte relativa a la adquisición de datos de la superficie terrestre o de áreas próximas a esta (atmósfera), mediante la utilización de diferentes sistemas de sensores remotos y la transformación de esos datos en información útil para el estudio o manejo del medio natural en el que se desarrollan las actividades del hombre.

De la definición de Percepción Remota pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- a). Pueden utilizarse diferentes sistemas de Sensores Remotos.
- b). Pueden utilizarse diferentes sistemas de Interpretación de Imágenes
- c). Los sensores deben de ir montados en "Plataformas" localizadas a distancia (en el espacio terrestre o extraterrestre) de la superficie del globo.
- d). El sensor remoto solo obtiene en principios datos de la superficie del planeta, los cuales deben de procesarse para obtener la información deseada (por interpretación de imágenes o estudio de cintas de conmutador).
- e). Para la interpretación de la información obtenida se requiere personal especializado en las técnicas de telepercepción, interpretación de imágenes, procesamiento digital de imágenes en computación etc .

## B. RECOMENDACIONES

Por último mencionaremos algunas recomendaciones para la obtención de información útil de los datos censados:

- a). Conocimiento de la materia que tiene que ver con el objeto o elemento censado.
- b). Conocimiento de las capacidades y limitaciones del sistema de sensores utilizado.
- c). Habilidad y conocimiento para interpretar la y información espectral, espacial y temporal que suministran los productos de sensores remotos.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- 1.- American Society of Photogrammetry. 1968. Manual of Color Aerial Photography. Falls Church, Virginia. 550 pp.
- 2.- American Society of Photogrammetry. 1975. Manual of Remote Sensing. Robert G. Reeves, editor. Falls Church, Virginia. 2144 pp.
- 3.- CNES. 1986. SPOT. Production CNES-IGN-Distribution Spot-Image. Impression Arts Graphiques et. publicat. 31520 Remonville st-Agne Toluse Francia.
- 4.- Deane, R.A. 1973. Side-Looking Radar Systems and Their Potential Application to Earth Resources Sourveys European Space Reseaearch Organzation Report CR-B6, April, 1973. 116 pp.
- 5.- Earth Observation Satellite (EOSAT). 1990. Expanding Man's Knowledge of the Earth's Resources. Maryland. USA. pag. 13, 14.
- 6.- Estes, J. E. and Leslie W. Senger (Fds.). 1973. Remote Sensing Techniques for Environmental Analysis. Hamilton Publishing Company, Santa Barbara, California.340 pp.
- 7.- Fritz, Norman L.1967.Optimum Methods for Using Infrared Sensive Color Films. Photogrammetric Engineering pp.1128-1138.

- 8.- Montoya P., J. A. 1986. Percepción Remota. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Bogotá, D.E. pp. 10-50.
- 9.- Nouvelles de SPOT.1985 Publication semestrielle 7 Tarl. 15 julio 1985. N 7. Toluse Francia. pag. 4, 10, 11.
- 10.- Nunally, N. R. 1969. Introduction to Remote Sensing The Physics of Electromagnetic Radiation, in: The Surveillant Science-Remote Sensing of the Envioment. R.K.Holz, ed. Houghton Mifflin, Boston. pp 18-27.
- 11.- Leo E., A. L. 1974. Remote Sensing-Enviromental and Geotechnical Applications. Enginerering Bulletin 45. Dames and Moore, Los Angeles, California.47 pp.
- 12.- Parker, D. C. and M. F. Wolff. 1965. Remote Sensing. International Science and Technology 45:20-31. Reprinted in: The Surveillant Science Remote Sensing of the Enviromental, Robert K. Holz, ed. Houghton Mifilin Company, Boston (1975). pp 29-38.
- 13.- Rudd, R. 1974. Remote Sensing A Better View. Duxbury Press, North Scituate, Massachusetts. 135 pp.
- 14.- Scherz, J. P. and A. R. Stevens. 1970. An Introduction to Remote Sensing for Environmental Monitoring. University of Wisconsin. Institute of Enviromental Studies. Madison, Wisconsin. Report N 1.

- 15.- Skolnik, M. I. 1962. Introduction to radar systems. Mc Graw Hill, New York. 10 pp.
- 16.- Uvalle G., R. 1983. Evaluación del Uso del Suelo en el estado de Sinaloa por medio de imágenes de Satélite Landsat. Tesis de Licenciatura FAUANL. Monterrey N.L. pag.25-27.
- 17.- Villota, Hugo. 1987. Interpretación de imágenes de Sensores Remotos. Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano". Bogotá, D.E. pp 5-45.
- 18.- Wenderoth, S., E.Yost, R.Kalia and R. Anderson. 1972. Multispectral Photography for Earth Resources. Science Engineering Research Group, C. W. Post Center, Long Island University, Greenvale, New York.

## 7. GLOSARIO

**ARV:** Alta Resolución Visible (Instrumento del SPOT).

**ATS:** Satélite Climatológico (ATS Weather Satellite).

**Banda Espectral:** Es aquella porción del espectro electromagnético, por la cual pasa la energía ya sea, transmitida, reflejada o emitida (color) y se mide en ( $\mu\text{m}$ , mm, cm).

**Bit:** Equivale a un dígito binario, es el valor más pequeño que una computadora puede representar.

**Byte:** Unidad Mínima Direccionable de Memoria, equivale a 8 bits que una computadora usualmente almacena o usa como unidad.

**Campo Instantáneo:** Es la mínima porción del terreno que puede ser resuelta por el sistema (término usado por el MSS).

**Célula de Resolución:** Equivale a un Pixel, y es el área mínima que puede ser captada por un sistema (sensor).

**Cian:** Turmalina azul.

**CNES:** Centro Nacional de Estudios Espaciales.

**CRIS:** Centro de Rectificación de Imágenes de Satélites

**Cuerpo Negro:** Es aquel que entra en equilibrio térmico con el medio que lo rodea, y que absorbe toda la energía que recibe y la vuelve a emitir íntegramente.

**Daguerrotipo:** Procedimiento que consiste en fijar una placa metálica sensible las imágenes obtenidas en la cámara oscura.

**Detectabilidad:** Es la habilidad de un sistema de distinguir entre dos señales, que están muy próximas en el espacio, tiempo o espectro (posibilidad de percibir una señal).

**DPCM:** Modo de Comprensión de los Datos, que permite conservar 256 niveles de gris.

**Emulsión:** Preparación sensible a la luz que recubre las películas fotográficas

**ERTS:** Satélite de Recursos Naturales (Earth Resources Technology Satellite).

**Espectro Electromagnético:** Arreglo Continuo de radiaciones, ordenado en función de la longitud de onda o de la frecuencia.

**ESA:** Agencia Espacial Europea.

**ESSA:** Satélite Climatológico (ESS, Weather Satellite).

**Explorer 7:** Satélite de Exploración.

**Fotogrametría:** Es una técnica que tiene por objeto la determinación de la forma y dimensiones de los objetos, con base a las características métricas de sus perspectivas centrales.

**Fotointerpretación:** Procedimiento de investigación que consiste en identificar los rasgos que aparecen en las fotografías aéreas e interpretar su significado.

**Fotón:** Término usado para enfatizar las propiedades cuantificadas y estadísticas de la R.E.M.

**Frecuencia:** Es el número de ondas que se propagan por unidad de tiempo y se mide en ciclos/s.

**GDTA:** Grupo para el Desarrollo de la Teledetección Aeroespacial.

**IGNAC:** Instituto Geográfico Nacional.(Francia).

**Intensidad:** En Percepción Remota es la energía transmitida, y su unidad de medida es de watt/cm (tono).

**ITOS:** Satélite Operacional Mejorado Tiros (Improved Tiros Operational Satellite).

**Kilobytes:** 1,024 bytes

**Landsat:** Nombre del programa equivalente al ERTS.

**Longitud de Onda:** Es la distancia lineal entre dos ondas sucesivas y se mide en unidades métricas.

**Mega Bytes:** Equivale a 1024 kilobytes.

**µm:** Micrones, Unidad de Medida en longitud de onda de las radiaciones y equivale a 10 cm.

**MMS:** Nave Modular Multimisión (Multimisión Modular Spacraft)

**MSS:** Sistema Barredor Multiespectral (Multispectral Scanner System).

**MTF:** Función Molecular de transformación (mide la calidad de un sistema óptico).

**NASA:** Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio.(National Aeronautics and Space Administration).

**NIMBUS:** Satélite Climatológico (NIMBUS Weather Satellite).

**Onda:** Término usado para enfatizar los efectos promedios de la radiación.

**Optronics:** Sistema Digitalizador/grabador de Imágenes de Satélite.

**Orbita Héliosíncronica:** Orbita de una altura < de 1000 Km, en la cual trabajan la mayor parte de los sensores y se divide en Orbita polar y O. sincronización solar.

**PDP 11/70.:** Procesador Periférico de Datos. (Peripheral Data Processor).

**Pixel:** Elemento Mínimo de Resolución de una Imagen (Picture Element).

**Plataforma:** Sistema o vehículo capaz de transportar un Sensor Remoto.

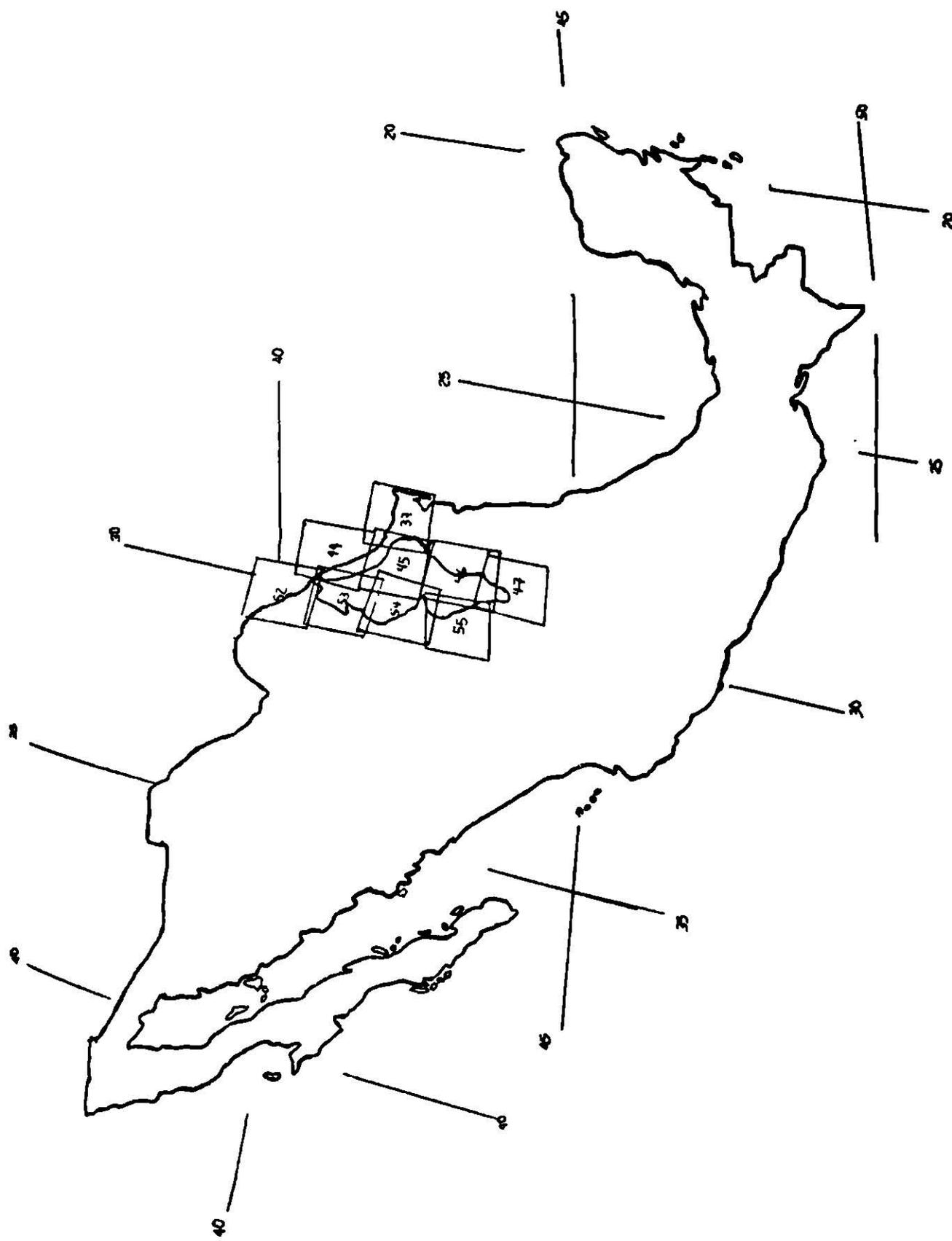


Figura 2. Ubicación del Estado de Nuevo León con sus imágenes que cubren.

ESTADO DE NUEVO LEON

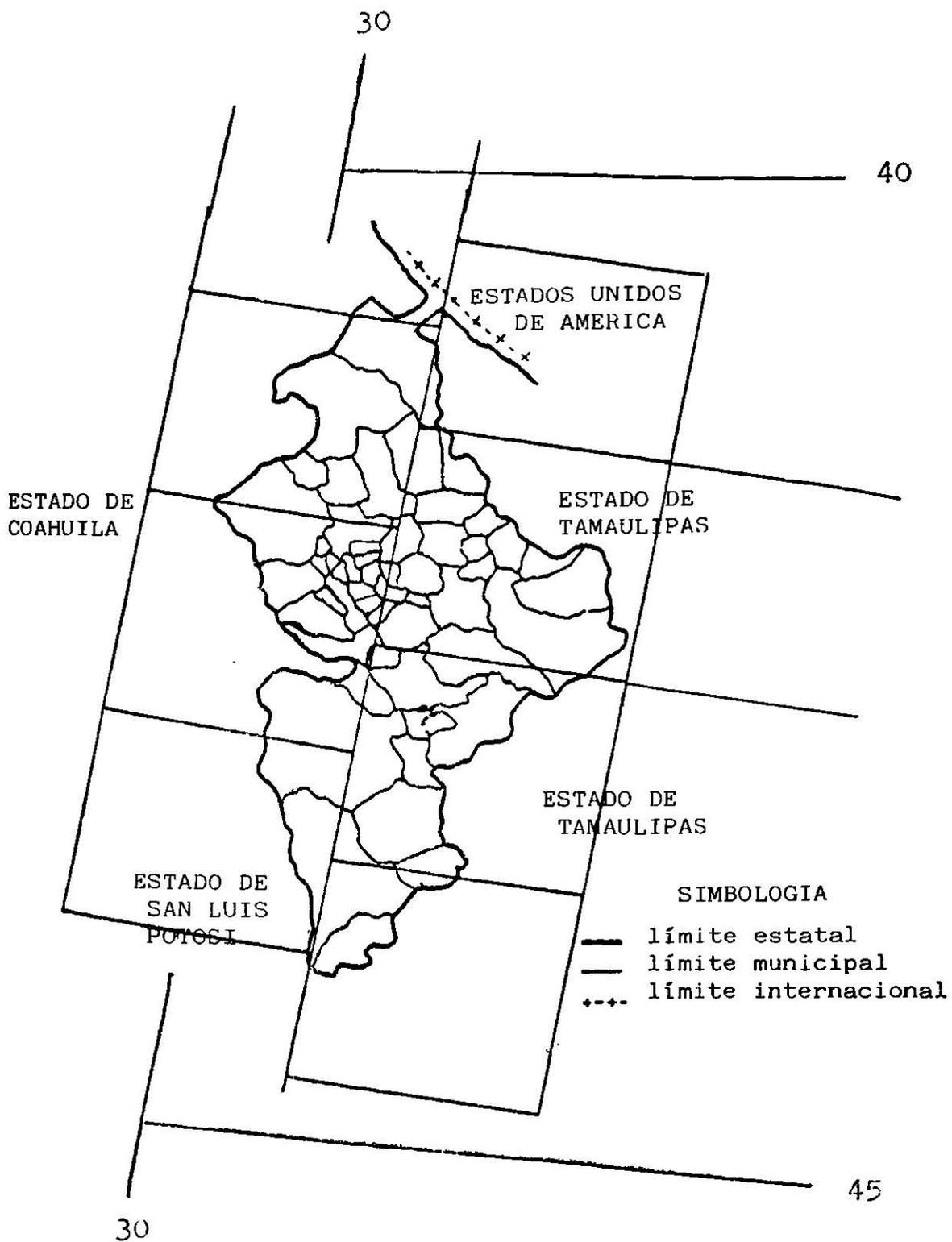


Figura 3. Zonas cubiertas con imágenes Landsat en el Estado de Nuevo León

**Polarización:** Efecto que ocurre cuando las ondas del espectro no tienen una dirección definida.

**RBV:** Cámara Vidicon de Haz de Retorno (Return Beam Vidicon Camera).

**Reconocimiento:** Es la habilidad de un sistema para identificar una señal.

**REM:** Radiación Electromagnética.

**Resolución Espacial:** Es la habilidad de un sistema (sensor) para distinguir dos objetos separados, o como el tamaño mínimo que debe tener un objeto para ser detectado en una imagen, se mide en líneas/mm.

**Resolución Espectral:** Es la capacidad de un sensor, para captar diversas bandas o porciones del espectro electromagnético.

**Resolución Temporal:** Es la capacidad de un sistema, para producir imágenes de un mismo objeto en diversos lapsos de tiempo.

**RMS:** Sistema Manipulador Remoto (recuperador del NMM).

**SAR:** Radar de Apertura Sintética.

**SEASAT:** Satélite para el estudio del Mar.

**Sensor:** Instrumento, órgano o sistema que detecta a distancia, alguna propiedad de un objeto o fenómeno, midiendo algún tipo de radiación o emanación proveniente de él.

**Señal:** Es el elemento de información espectral o temporal en una imagen (es la magnitud de la información).

**SIADIS:** Sistema de Interpretación Automática de Imágenes de Satélite.

**SIR-A:** Sistema de Imágenes de Radar.

**SLAR:** Sistema de Radar de Visión Lateral.

**Sol:** Fuente de energía natural y equivale a 0.135 watts/cm .

**Soyuz:** Primer Satélite espacial lanzado por la URSS, precursor de las plataformas espaciales.

**SPOT:** Satélite para la Observación de la Tierra.

**TDRSS:** Sistema de Satélite para Rastreo y Retransmisión de DATOS.

**TERS:** Satélite para los Recursos de la Tierra Tropical. (Tropical Earth Resources Satellite)

**TM:** Mapeador Temático (Sensor Acoplado al Landsat 4 y 5).

**TRC:** Tubo de Rayos Catódicos.

**Ventana atmosférica:** Región donde pasa un gran porcentaje de energía.

**Vidicon:** tubo analizador de las imágenes de televisión.

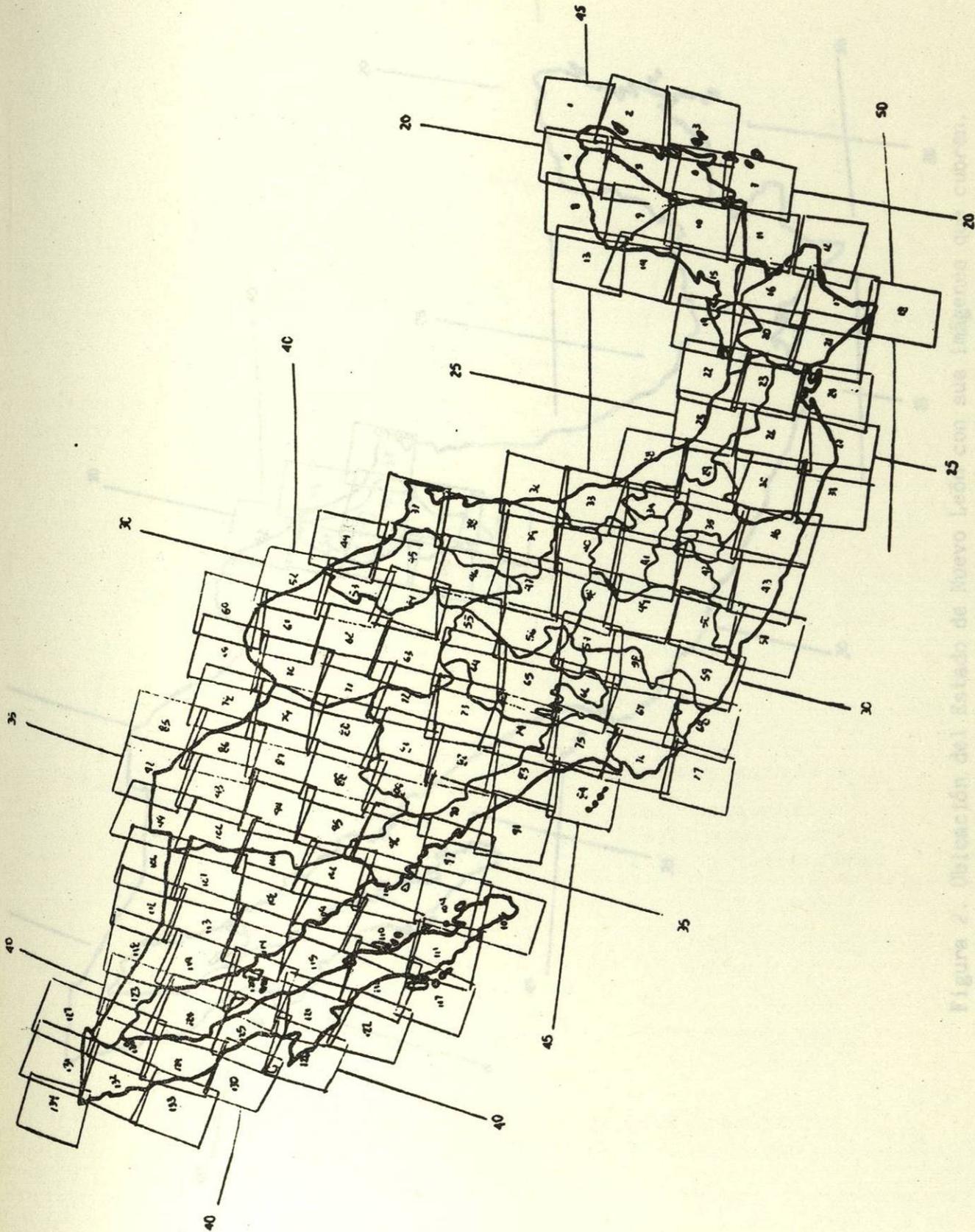


Figura 1. Número de imágenes Landsat que cubren la República Mexicana.

