



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INTRODUCCIÓN A LA FOTOINTERPRETACIÓN

"INTRODUCCION A LA FOTOINTERPRETACION APLICADA A DETERMINA
DAS RAMAS DE LA INGENIERIA"

1 - Introducción

Conforme aumenta la demanda para la explotación de recursos naturales, debido al crecimiento de la población y a la elevación de los niveles de vida, se hace más importante conocer y manejar con eficiencia esos recursos. La tarea requerida que se tiene que hacer periódicamente - consiste en inventarios exactos. Hasta la generación anterior, estos inventarios se hacían en su totalidad desde la superficie de la tierra. Los geólogos viajaban extensamente explorando en busca de minerales; los agrónomos y expertos forestales examinaban árboles y cosechas con el objeto de confirmar su condición. Los topógrafos caminaban por los campos para preparar los mapas necesarios. Pero el advenimiento de la fotografía aérea representó un gran paso hacia adelante. En los últimos años, la obtención de fotografías aéreas ha sido incrementada por nuevas técnicas, - en las cuales la percepción se hace simultáneamente en varias bandas del espectro electromagnético. El nombre comúnmente dado a esta técnica es la percepción remota. De esta manera se puede lograr una gran información adicional acerca del área en estudio, sobre la obtenida con una fotografía convencional, la cual está limitada a la porción visible del espectro luminoso.

La percepción remota puede hacerse desde aviones o naves espaciales, incluyendo satélites automáticos, empleando diversos sensores. Los datos obtenidos por los sensores pueden ser procesados e interpretados automáticamente, hasta cierta extensión, y así un gran volumen de información, puede manejarse con rapidez.

La información obtenida es utilizada por investigadores en numerosas disciplinas. Los geólogos utilizan la percepción remota para encontrar minerales y petróleo,

para mejorar su conocimiento de la distribución y el origen de los rasgos geológicos mayores y el estudio del intercambio de la energía asociada en los disturbios de la corteza terrestre, terremotos y erupciones volcánicas. Los técnicos en suelos pueden obtener inventarios de características físicas y químicas relacionando estas características con los rasgos geológicos y los tipos de vegetación encontrados en las imágenes obtenidas por percepción remota. Los expertos forestales y los agricultores pueden determinar la clase de árboles y plantas que crecen en esa área y pueden confirmar la salud del bosque y la cosecha y estimar su rendimiento. Información similar puede ser obtenida sobre el ganado, los animales salvajes y los peces.

Por medio de la percepción remota, los hidrólogos están en condiciones de localizar mantos acuíferos y estimar su volumen, la superficie y el flujo subterráneo en el lecho del manto, así como su escurrimiento en la superficie y el área que abarcan cuencas determinadas, con el fin de conocer los gastos de esas corrientes y dar recomendaciones para cruces de Vías Terrestres. Los Oceanógrafos pueden trazar mapas de las corrientes marinas, estudiar los organismos marinos, las contaminaciones del agua, los cambios diarios y por estaciones de las mareas, playas, plataformas y el estado general del mar. Los Geógrafos pueden analizar los patrones de la tierra utilizable sobre grandes áreas y estudiar los cambios de clima, la topografía, la vida vegetal, la vida animal y la actividad humana en áreas particulares. Los ingenieros pueden proyectar grandes construcciones, como carreteras y aeropuertos, y pueden obtener para la construcción de presas datos sobre topografía, materiales rocosos, suelos, tipos de vegetación y condiciones de drenaje. Puede decirse que la percepción remota a través de las varias partes del espectro es de gran valor para quienes al trazar mapas, se esfuerzan en identificar con precisión, características de tierra y su posición.

Las primeras fotografías aéreas tomadas hace poco más de un siglo, sufrían de las deficiencias de las cámaras y las emulsiones utilizadas por la necesidad de utilizar vehículos inestables (globos y cometas) como plataformas. En la actualidad, la cantidad de equipo disponible para percepción remota, puede cumplir con casi todos los requerimientos. Cualquiera que sea la plataforma, helicóptero, aeroplano o satélite, la cámara puede ser instalada en forma tal, que quede estabilizada y asegurada con un aislamiento antivibratorio. La aberración de los lentes de las cámaras ha sido reducida grandemente y en esta forma pueden obtenerse imágenes de gran fidelidad. Las películas de rollo de alta estabilidad han sustituido las placas de vidrio de cubierta emulsionada. Películas de color aumentan o reemplazan las de blanco y negro y son de fácil obtención en la actualidad, ya sea para el espectro visible o la porción infrarroja.

2 - Generalidades

Interpretar las fotografías aéreas, es obtener la mayor información con respecto a un objeto determinado. También consiste en sacar conclusiones verificables y verificarlas. Con el correcto desarrollo de esa técnica se pretende evitar las deformaciones producidas por dibujos sucesivos, y lo más grave es hacer coincidir el recuerdo de una observación de campo, con una teoría preconcebida.

Los conceptos sobre fotointerpretación se tratan en un principio independientemente de su aplicación a una disciplina determinada. Los ejemplos que se citarán tratan sobre materias diversas, tales como la geomorfología, geología ingeniería, etc. En la fotointerpretación no se debe buscar otra abstracción que la que constituye la observación de objetos y volúmenes reales, mostrados por la imagen plana fotografiada, por la cámara del avión.

Por lo tanto, se tomarán las precauciones lógicas para no obtener más detalles, que aquellos que están bien definidos. Actualmente hay muchos ejemplos acerca de la aplicación de esta técnica.

Los estudios de la interpretación de fotografías aéreas, ofrecen un interés muy particular. Representa el efecto simultáneo comparativo de las características obtenidas con la técnica más moderna, ya que se han utilizado a la vez las últimas novedades de la óptica o de la química.

Nos lleva también a considerar el sentido de las formas, sin caer en la aberración de ciertos pintores modernos que tratan de producir formas totalmente desprovistas de sentido.

La fotografía aérea nos presenta simultáneamente todo lo que se encuentra en la superficie terrestre. Es por esto que la interpretación obliga a tocar conocimientos geográficos, particularmente orientados hacia el entendimiento de las relaciones que ligan las apariencias terrestres con las realidades correspondientes. El uso de las fotografías aéreas exige conocimientos extensos en varias ciencias, las que en la actualidad existen especializadas con un campo de acción extremadamente limitado.

Por lo tanto, primeramente se estudiarán las modalidades de esta técnica evitando en lo posible la liga a una disciplina en particular. Y posteriormente se verá el empleo que se puede dar a esta técnica en el campo de la ingeniería.

2.1 Analogía de la Fotografía Aérea

Los métodos de interpretación se derivan de la naturaleza de la fotografía aérea y del fin que se persigue en cada caso. Tanto los fines como los métodos deben

tomar en cuenta las características propias de las fotografías empleadas.

Las fotografías aéreas corresponden a perspectivas tomadas desde un punto elevado, lo que elimina casi en su totalidad los ángulos muertos.

Pueden ser oblicuas, en cuyo caso presentan un aspecto de los objetos al que estamos acostumbrados.

En el caso general, se utilizan vistas verticales tomadas con fines topográficos. Muchos países se encuentran cubiertos totalmente por medio de fotografías aéreas a escala 1:25 000. En México se están llevando a cabo trabajos con este mismo objeto.

La fotografía es una perspectiva con eje vertical muy semejante al terreno, si éste es plano y horizontal, un poco diferente de una proyección ortogonal si el relieve no es muy acentuado. Presenta los objetos visibles prácticamente como lo haría un plano que se hubiera trazado a escala.

La diferencia fundamental con una carta es que ésta representa cosas u objetos que existen sobre la superficie del suelo. Es una representación muy útil de la geografía local. Además la representación de los objetos en la carta geográfica, es convencional y se explica por medio de una leyenda. Al contrario de la fotografía aérea que es el resultado de un registro fotográfico imparcial o más aún, de una parcialidad constante, que depende del tipo de película empleada en su obtención.

Sobre este registro, las tonalidades reales, si la fotografía es un blanco y negro, se traducen en grises de valores diferentes. La posición relativa de los grises corresponde de una manera bien definida a la de los objetos.

Los métodos de fotogrametría permiten situar so

bre una carta, con toda precisión, todo aquello que se observa sobre una fotografía.

Así se podrá encontrar sobre la fotografía objetos ya conocidos y con ello completar un plano en el cual hayan sido omitidos. De la misma manera se encontrarán apariencias que no se habían notado antes en el terreno y que conducirán a establecer nuevas relaciones entre los objetos. La fotografía registra todo aquello que es visible sobre la superficie. Los planos están en función de los conjuntos del que los hace. Los planos también representan una zona según el topógrafo que la traza y que no siempre coincide con el suelo real.

El empleo de fotografías originará así una modificación a ciertos criterios, un cambio del punto de vista y casi siempre una aportación de información nueva, acerca del objeto que se estudia.

Interpretar una fotografía aérea a un plano, no consiste únicamente en traducir una apariencia por una palabra. Consiste en imaginar lo que se vería, si el sujeto se encontrará en el terreno en un punto determinado, el que se localiza sobre la fotografía o sobre el plano.

Es prácticamente imposible interpretar fotografías aéreas, si no se puede desde un principio establecer una relación entre lo que se observa desde el avión y el aspecto del terreno. Esta relación entre los dos esquemas visuales es también de naturaleza visual.

La primera operación para un intérprete llamado a ejecutar un trabajo dado, es el de formar un repertorio de asociaciones necesarias. Tiene que estudiar más o menos las disciplinas que tratan sobre los objetos que se le pide buscar. Pero no hay que olvidar que este estudio se realiza bajo un punto de vista de investigación visual. Hay que aprender lo que se necesita saber y no perder el tiem-

po con el resto.

Esta operación se encuentra ya realizada por ciertos especialistas. Así por ejemplo existen técnicas en caminos, o geólogos con amplia experiencia en fotografía aérea que el estudio y numerosos recorridos sobre el terreno les ha formado un extenso repertorio de los diferentes aspectos que presentan el terreno y los objetos que se suelen buscar.

En el caso en el que este repertorio de correspondencias sea insuficiente para el trabajo que se va a realizar, es necesario acudir al lugar para completar los datos. Una vez ahí y de ser posible, se fotografiarán sobre el terreno los aspectos exactamente localizados sobre los pares estereoscópicos de que se dispone y se formará así una colección de pares identificados.

Esta colección representa lo que ciertos autores han llamado Claves de Interpretación. Algunos creen que ésto constituye toda la fotointerpretación, aún cuando esto no es más que el principio.

La interpretación de las fotografías aéreas ha sido utilizada en la mayoría de las disciplinas que se agrupaban con la denominación de geografía. El enclaustramiento actual de los conocimientos, ha sido causa de que cada una de estas especialidades está impedida de ver lo que hay de general en la interpretación de las imágenes.

Mientras tanto, gracias al contacto entre los investigadores interesados, gracias también a la formación de pequeños grupos de trabajo, ha sido posible el señalar ciertos principios fundamentales.

Antes de intentar el trazo de una metodología coherente, es bueno recordar y precisar estos principios, que tienen ante todo deducción teórica, además de la venta

ja de haber pasado la prueba de la experiencia y mostrado su eficiencia,

3 - Uso de las Fotografías Aéreas en Análisis Geográficos

El principio que se sigue o que se debería seguir cuando se trata de analizar una región, es el de planear. Su definición suele ser la siguiente: "la mejor planeación es aquella que sin disminuir los recursos futuros, satisfaga las necesidades actuales, al mismo tiempo que procure a los propietarios los mayores rendimientos". Hasta hace poco, no se sabía si las tres condiciones de esta fórmula se podían conciliar.

Ultimamente la experiencia ha demostrado, que el método por medio del cual los especialistas resuelven los problemas en el orden aparente de urgencia, no tiene nada que ver con la planeación así definida y se dispone muy mal de los cursos futuros. De ahí la idea después de todo natural, de informarse antes de reformar y antes de tomar una medida, prever todas las repercusiones.

Una primera solución a este problema consiste en enviar a todo lugar que se quiere adoptar, a un cierto número de especialistas. Se ha demostrado las dificultades por las que se atraviesa, cuando esto no se lleva a cabo y se, deja de emplear los métodos y conocimientos propios de otras especialidades.

En forma general, sus conocimientos podrán ser aplicados en regiones en proceso de desarrollo, en las que tendrán problemas, ya que la información que se les proporciona puede ser por medio de la bibliografía existente que en su mayor parte, caduca tanto de pensamiento como de hecho. Las cartas serán mediocres o inexistentes. Pero se debe tomar en consideración que lo anteriormente no tendrá ningún valor si la presión de los intereses existentes obligan a tomar medidas irreversibles.

Aquí es donde interviene la fotografía aérea, - ya que ofrece al experto una carta detallada y desprovista de las cosas arbitrarias que en otros casos no se pueden - evitar. Más aún, en un instante se podrá verificar la analogía de las formas que en el terreno se encuentran distantes entre sí. Es un material muy útil pero es necesario saberlo utilizar.

El manejo de la fotografía aérea requiere de aptitudes, conocimientos, método y también entrenamiento. - Las aptitudes incluyen una buena vista estereoscópica, - gran memoria visual e intelectualmente una preocupación constante de distinguir lo esencial del detalle sin perder de vista el fin que se persigue.

Los conocimientos deben adaptarse al fin y a los medios que se analizan. La interpretación consiste en deducir ideas de las imágenes, aún cuando también para formar una base sólida, se requiere transformar en imágenes - las ideas que se reciben, verificando siempre la existencia sobre las fotografías, de las imágenes que resultan de esta observación. No se deben admitir como válidos, más - que las afirmaciones que se pueden verificar. Lo primero - debe ser no recibir como buena una cosa, más que cuando se conoce evidentemente como tal.

De las ciencias experimentales, la fotointerpretación es una de las que ha logrado mayor éxito en cuanto a método. Primero la observación, la experiencia cuando se puede y el razonamiento y el cálculo para transformar las hipótesis en una afirmación verificable. La aplicación rigurosa de este método es indispensable en interpretación. - En efecto, en esta materia no se busca redactar una descripción de la región que se estudia, sino más bien de separar los elementos observados y los medios que se deben - utilizar para arreglarlos.

Estas consideraciones deben sorprender a aquellos que han leído textos en el que el término fotointerpretación se aplica a la investigación de objetos diversos, más o menos visibles sobre la superficie terrestre. - Esta búsqueda es un arte necesario y un experto que utilice las fotografías aéreas, debe reconocer y encontrar los objetos vistos desde arriba. Se debe tener cierta astucia mental para poder discernir unos objetos de otros, basándose en las características del lugar, del clima, etc.

El conocimiento de estas asociaciones es necesario; no es un método sino una integración a los conocimientos particulares de la especialidad.

Entre los conocimientos útiles que se requieren, se citarán las nociones indispensables de estereoscopia y de fotogrametría elemental. Es necesario saber calcular la escala de una fotografía y el desnivel entre dos puntos cercanos.

También se deben tener nociones sobre todas las materias utilizadas en la interpretación. Esto es de orden enciclopédico, ya que la adquisición de conocimientos se simplifica considerando que el experto no estudia para pasar un examen, sino para comprender mejor las relaciones espaciales de los elementos que se observan sobre las fotografías.

El trabajo sobre las fotografías aéreas, supone una gran parte del entrenamiento que no se adquiere más que con el trabajo diario. Por otra parte, se deben leer de manera normal las fotografías, sin deletrearlas con trabajo. Esto no se aprende más que estudiando las mejores. - El ejercicio escolar clásico consiste en interpretar completamente un par y en preparar un plano a la misma escala en el que se muestre todo lo que se ha visto; es muy útil para los principiantes pero no debe ser la única práctica. El objeto debe ser llegar a juzgar rápidamente una región-

por lo menos desde un punto de vista ingenieril, procediendo después al examen de algunas centenas de fotografías en las que se busca discernir lo que es esencial para la acción que se quiere tomar. Esta selección de la útil, es indispensable si se quiere evitar lo que es secundario. Sin embargo sólo el entrenamiento individual puede dar cierta-habilidad.

4 - Algunos Análisis de los Factores que Controlan la Calidad de las Imágenes Fotográficas.

Muchas de las siguientes discusiones de este capítulo, deben tomarse como una guía, en la que un fotoin - térprete debe basarse, para conocer su capacidad en obtener buenas ventajas de las fotografías aéreas. En algunos - aspectos hubiera sido lógico preceder esas discusiones con una definición de lo que es una buena fotografía aérea. Pero para hacer eso hubiera sido necesario presentar todas - las experiencias de esta especialidad según los factores - necesarios y suficientes que dan una imagen fotográfica de buena calidad. Desafortunadamente hay bastante desacuerdo - entre los especialistas de estas técnicas y ello no permiti - ó que se presentaran las conclusiones más lógicas. Es po - sible que muchas de las diferencias en los puntos de vista en relación a la calidad de la imagen, solo representan pe - queñas diferencias en el uso de los términos aplicados a - cada concepto. Otras diferencias parecen ser atribuidas a - las variaciones en los conceptos aplicados por los técni - cos de esta especialidad, en lo que constituye la causa y - cuál sería el efecto en relación a la calidad de la ima - gen. De todas formas las diferencias son tan notorias, que permiten que las discusiones de esta materia, sean analiza - das en este capítulo. Diferentes puntos de vista son expre - sados, sin que ellos influyan en el contenido en esta edi - ción. Conscientes de las dificultades de presentar un aná - lisis completo de los factores que rigen la calidad de la -

imagen fotográfica, se presentan las declaraciones de tres diferentes investigadores y que han sido publicadas en recientes revistas de Ingeniería Fotogramétrica.

- 1 - Los factores que controlan la calidad de la ima - gen son:
 - a) Vista angular
 - b) Definición
 - c) Distorsión
 - d) Carácter de la emulsión
 - e) Altitud
 - f) Velocidad
 - g) Vibración
 - h) Carácter de la iluminación

- 2 - La cantidad de información contenida en una fo - tografía aérea, depende de las siguientes pro - piedades de la imagen:
 - a) Textura
 - b) Claridad
 - c) Poder de resolución
 - d) Reproducción del tono

- 3 - Las características primarias que influyen en - la calidad de las imágenes fotográficas son:
 - a) El contraste entre el tono o el color de un objeto y la sombra de éste.
 - b) Las características de la claridad de la - imagen.
 - c) Las características del paralaje de los apa - ratos con los cuales se analizan dichas imá - genes.

Desafortunadamente, las limitaciones de esta -

obra, no permiten hacer un análisis comparativo en detalle de los tres puntos de vista antes mencionados, pero sí es necesario llevar a cabo un análisis en detalle, de como se producen buenas fotografías aéreas y como se conocen las deficiencias en la calidad de la imagen, para así estar en condiciones de proponer formas eficientes para evitarlas.

El tercer punto de vista anotado, se le debe dar bastante atención en su discusión o comentario; pero en esta presentación se deberán respetar los otros puntos de vista, teniendo claramente en cuenta que el objetivo que buscamos es sencillamente un conocimiento más claro de los factores que afectan a la calidad de la imagen en las fotografías aéreas. Si por el resultado de esta edición, los lectores tienen argumentos para hacer críticas constructivas, se habrá cumplido el fin con el cual ha sido elaborado.

En lo que se refiere al contraste de tono en las fotografías, se dice que es la diferencia en la brillantez entre la imagen y la sombra que ésta proyecta. Similarmente en fotografías a color, el contraste de color es el resultado de todos los matices y diferencias cromáticas entre la imagen y su sombra. A ese grado, el contraste de tono no está representado por las diferencias en la claridad de objetos en las fotos.

La claridad significa el cambio brusco, en el cual el tono o el contraste de color, parecen sucederse en las fotografías.

4.1 - Paralaje Estereoscópico

Es el desplazamiento de la posición aparente de un cuerpo con respecto a un punto de referencia o sistema de puntos, causados por un cambio en el punto de observación. Ahora vamos a examinar brevemente la evidencia sobre

la cual estas características se han basado. Cuando un lógico o matemático observa un cierto resultado y puede demostrarse que ciertas condiciones son necesarias o suficientes para predecir este resultado, se dice que él ha definido todos los parámetros que contribuyen a ese resultado. Pensando entonces de esa misma manera, se pueden analizar las características que rigen la calidad de la imagen de una fotografía; interpretándose varios pares de fotografías aéreas de la misma zona, pero obtenidas con características distintas.

La evidencia del contraste de tono, es necesaria en un estereograma, en el que se tienen características de buena claridad y paralaje, pero se tiene insuficiente contraste de tono para ciertos tipos de fotointerpretación, ya que no se seleccionaron la película y los filtros adecuados para las tomas. Por lo tanto este estereograma no sirve para determinar o reconocer zonas pavimentadas entre la sombra del pasto.

La experiencia ha manifestado que una claridad favorable debe ser necesaria y que un par estereoscópico que contiene buenas características de tono y paralaje, pero una claridad insuficiente, no es útil para ciertos tipos de fotointerpretación por mal enfoque de la cámara, lo que impide identificar rasgos existentes.

Es evidente que el paralaje favorable, es también necesario; en algunos estereogramas se muestra que se tienen buenas características de tono y claridad, pero insuficiente paralaje para ciertos tipos de interpretación, esto es debido a que la posición de la cámara en las estaciones de toma, estaba muy cerca entre una toma y otra. El resultado, es que se tiene un paraestereoscópico inadecuado y por esta razón, no se aprecian las capas de los árboles y sus correspondientes sombras.

Por lo tanto, para obtener estereogramas de buena calidad, es necesario que estos deberán tener tonos, cla

ridad y paralaje favorables y suficientes. Se considera que los ejemplos antes anotados son los mejores para definir -- las características necesarias para una buena fotointerpretación, cualquiera que sea la aplicación que se les vaya a dar. La conclusión a que se llega cuando se interpretan estos pares estereoscópicos es que las características de tono, claridad y paralaje son ambas, suficientes y necesarias para dar una buena calidad a la imagen de la fotografía en blanco y negro. La calidad de la imagen de estas fotos, podrían ser mejor si se utilizaran fotografías a colores. Algunas personas consideran que este análisis está incompleto o muy simplificado, porque no se menciona ciertos factores que también indudablemente afectan la calidad de las fotografías. Algunos de estos factores son, la sensibilidad espectral de la película, la transmisión espectral por los -- filtros y las imágenes movidas por el giro, cabeceo, ban -- queo y el movimiento de avión durante la exposición, lo -- cual a su vez provoca vibración de la cámara, variaciones -- en las escalas fotográficas, sobreposición, tiempo de exposición, formas y materiales que se usan en el procesado de la película, fallas en el sistema de lentes, reflexión es -- pectral de los objetos fotografiados, descomposición de el -- aire por la velocidad del avión y otros disturbios atmosféricos. Se dice que estos factores influyen indirectamente el carácter y calidad de las imágenes por el efecto que dan al tono, claridad y paralaje en las fotografías aéreas. Así como se ha anotado con anterioridad la sensibilidad de la película, transmisión espectral del filtro y la refle -- xión espectral del espectro con respecto a su sombra, afecta grandemente el contraste del tono, pero tiene muy poco o nada de efecto a la claridad o paralaje. El enfoque del len -- te afecta grandemente a la claridad de la imagen, pero tiene poco o nada de influencia en el contraste de tono o para -- laje. La distancia focal y la cantidad de sobreposición -- afectan el paralaje estereoscópico, pero no tienen efecto -- en la claridad o el contraste del tono.

Se considera que este análisis, nos proporcionará mejores conocimientos de los factores que afectan a la calidad de la imagen, y la manera de efectuar perfectas aplicaciones, para obtener mejores imágenes fotográficas. Para esto, primeramente se deberá obtener un método especial de resolución del objetivo, el que debe ser construido de tal manera, que nos facilite determinar que características de tono, claridad y paralaje se obtienen a partir del equipo que se usa, para determinar así las modificaciones específicas -- del sistema fotográfico, con el fin de obtener mejor calidad de la imagen.

4 . 2 Factores que controlan la calidad de las fotografías aéreas.

- I El contraste de tono está regido por:
 - a) Reflectividad espectral de un objeto y su -- sombra
 - b) Sensibilidad espectral de la película
 - c) Dispersión espectral por partículas atmosféricas
 - d) Transmisión espectral por el filtro fotogr -- fico.

- II La claridad se gobierna por:
 - a) Aberraciones en el sistema de los lentes
 - b) Enfocue del sistema del lente
 - c) Movimiento de la imagen en el momento de la exposición
 - d) Características del material fotográfico.

- III El paralaje estereoscópico se gobierna por:
 - a) Altitud de la fotografía
 - b) Altura del objeto que se fotografía
 - c) Longitud de la distancia focal

Al analizar estos factores nos preguntamos ¿hás -- ta donde podemos usar objetivos como éste para mejorar la -- calidad de la imagen?. La respuesta puede ser el optimi -- zar todos los factores que gobierna la calidad de la ima -- gen y de esta manera sacar la mejor imagen posible; pe -- ro el tratar de llevarlo acabo, pronto nos - - - - -

damos cuenta de que estamos en contra de ciertas consideraciones, ésto es, notamos que no será posible optimizar, ya que mejorando en un factor fotográfico que pueda ser compensado, se obtiene la consecuente degradación de otro factor. Cuando esto pasa, la imagen que resulta puede ser de menor calidad que antes. La necesidad de tener elementos adecuados para cada caso, está dicha por el Dr. George Higgins de Eastman Kodak, con las siguientes palabras "Si no se obtienen las condiciones necesarias entre el lente, película, -- textura, movimiento de la imagen, tiempo de exposición y -- otros factores, se tendría que cualquier sistema de fotografía empleado, sería el mejor". Por ejemplo, si el movimiento de la imagen y el tiempo de exposición no fuera problema, entonces obviamente se usaría un material fotográfico, lento, de definición alta y textura fina. Sin embargo, por consideraciones prácticas se deben obtener equipos y elementos aplicables para cada caso que se presente.

4.3 Condiciones para fotografiar objetos bajo el agua.-

- 1) Condiciones meteorológicas; estado de la atmósfera, nebulosidad y el viento
- 2) La altura del sol arriba del horizonte
- 3) Altitud del vuelo

El estado de la atmósfera durante el levantamiento aéreo, deberá ser caracterizado por la visibilidad en dirección vertical. En el levantamiento aéreo de objetos bajo el agua, es necesario obtener las fotografías, cuando la -- transparencia de la atmósfera es la mejor. La Tabla 1 indica la relación entre el estado de la atmósfera y la intensidad de la bruma atmosférica.

El presente estado de técnica de fotografías aéreas, nos permite tomar objetos abajo del agua en los primeros tres casos.

TABLA 1

NATURALEZA DE LA BRUMA	RANGO DE VISIBILIDAD EN KM
No hay, o es apenas aparente	115
Liviana	55
Normal	25
Fuerte	15
Aparente Niebla	7
Nuboso	2 a 3

Nubosidad

Si el cielo está cubierto de nubes la luz solar se distorsiona al pasar por las nubes y la superficie es iluminada por la luz difusa y por luz directa. La cantidad de intensidad de luz de la superficie del agua se incrementa con las nubes. Pero este incremento no es conducido a mejorar la calidad de la fotografía aérea de un objeto bajo el agua, porque envuelve también un incremento de reflexión que pasa por la superficie del agua y por esto, la imagen del objeto se opaca. Basado en lo antes dicho se recomienda que el levantamiento aéreo de objetos bajo el agua se efectuó durante un día claro o un día poco nublado.

Aire.- El viento causa movimiento en la superficie del agua, el oleaje así formado, reduce la cantidad de rayos solares que penetran a través del agua. Si el oleaje está ausente, las profundidades son penetradas por 1-W solar, en donde W denota coeficiente de reflexión a cierta altura del sol arriba del horizonte. Por la presencia del oleaje, magnitud de W varía incrementándose para los rayos que penetran y cambian bruscamente y a través de los cuales penetra menos luz a la profundidad. Las olas se comportan en relación a los rayos incidentes como superficies verticales

con diferentes radios de curvatura. Al ser reflectados de estas superficies, la luz se polariza y en la presencia de un oleaje en la superficie del agua, se observa la característica de la trayectoria de luz compuesta (cintilante y resplandeciente).

Cuando esto se presenta en una fotografía aérea, esta trayectoria de luz impide su interpretación. La intrusión por rayos de luz reflectados como espejos por la superficie del agua, pueden ser eliminados por un filtro analizador de color que es montado. Pero en la práctica, el uso de estos filtros no han dado los resultados requeridos.

El viento siempre reduce la claridad del agua, revolviéndola por lo que entonces no se recomienda que se efectúe el vuelo cuando haya viento.

Altura del Sol arriba del horizonte.- Los extremos -- arriba y abajo de la altura del sol, son seleccionados con base en las siguientes representaciones:

En un levantamiento aéreo vertical la superficie del agua refleja el zenit. Consecuencia, cuando esté más -- próximo, el sol a su zenit, la mayoría de los rayos reflejados entran al lente y hay más luces reflectadas que obstruyen la interpretación. Basado en experimentaciones de A. Fass se ha establecido que estas luces aparecen en la superficie del agua, cuando la altura del sol está arriba del horizonte:

$$h_0 = 90^\circ - 2\alpha - \rho$$

Donde alfa es el ángulo de inclinación de la onda y rho es el diámetro del sol, junto con su halo (igual a 2° , aproximadamente). Suponiendo entonces que en una onda con perfil tricoidal, el radio de su longitud a su altura es de 10/1, tendremos que alfa es igual 18.5 y entonces suponemos que la altura del sol es:

$$h_0 = 90^\circ - 37^\circ - 2^\circ = 51^\circ$$

Si las fotografías se toman cuando el sol está -- situado en un ángulo mayor al indicado, las fotografías son

son casi inservibles. Entonces la posición del sol arriba -- del horizonte, es seleccionada con base a las posibilidades técnicas del aparato y película utilizadas. Empíricamente -- se ha establecido que cuando el sol está en una posición de 20° a 25° arriba del horizonte, las fotos que se tomaron -- después de mediodía son buenas para la fotointerpretación; -- en las horas antes del mediodía y a la misma altura del sol las fotografías serán mejores, ya que a esa hora, la atmósfera es más transparente. Consecuentemente el levantamiento aéreo de objetos bajo el agua pueden hacerse con el sol a -- una altura no menor de 20° a 25° , pero no mayor de 50° arriba del horizonte.

Altura de Vuelo.- Esta debe ser mínima para cualquier condición, ya que cuando la escala es de 1:5000, es mejor -- fotografiar de una altura de 1,000 mts. con una cámara de -- longitud focal (f) de 200 mm., que dé una altura de 2,500 -- mts., a una distancia focal igual a 500 mm.

Aún cuando existen una cantidad considerable de -- condiciones que mejoren la calidad de las fotografías aéreas, se considera que para los requerimientos de estas -- notas, no es necesario ahondar más en ello.

5 - Principios de Fotointerpretación

En este capítulo se consideran las características de las fotografías aéreas y se tratará de explicar los -- principios básicos de fotointerpretación. El más importante de estos principios, trata de la observación. En varias -- ocasiones el fotointérprete deberá practicar la técnica de -- la observación y con ello estar en condiciones de aplicarla en las partes más difíciles de su trabajo, como es el uso -- de formas lógicas, de ideas para dibujarlas y de conclusiones correctas a partir de los objetos observados.

Tres factores fundamentales explican la utilidad de la fotografía aérea:

- 1 - El cubrimiento de una gran superficie de la tierra (a escala 1:200,000 son cerca de 20 km^2), está registrado en la fotografía.

- 2 - La sobreposición de los pares de fotos aéreas, proporcionan imágenes en tres dimensiones de la superficie terrestre y de los objetos localizados sobre ella.
- 3 - Las imágenes fotográficas son permanentes y fieles representaciones de los objetos originales.

La gran superficie fotografiada permite al observador percibir las relaciones entre objetos y sus alrededores, los que para un intérprete de campo, pueden no ser suficientes.

El fotointérprete debe estudiar modelos significativos sin distraerse en detalles que estén fuera del sitio y puede comparar estos modelos con mapas representativos. Si las fotografías son de buena calidad y escala apropiada, los detalles muy pequeños pueden ser identificados; en muchos casos, estos pueden ser observados a simple vista con un buen lente o bajo los lentes del estereoscopio.

La impresión de profundidad (causada por el efecto estereoscópico), permite al intérprete percibir las formas de los objetos los que en fotografías común y corrientes son amorfas. La identificación de las formas, facilita al fotointérprete la determinación e identidad de objetos importantes y lo capacita para medir alturas y ángulos verticales. La exageración en las distancias verticales que se presentan en los pares estereoscópicos es de gran ayuda para el intérprete ya que dá énfasis a pequeñas pero importantes diferencias en elevación y separa objetos de sus sombras.

La permanencia y fidelidad de las imágenes fotográficas permiten al intérprete efectuar un cuidadoso y detallado estudio del área por interpretar.

Se pueden interpretar fotografías aéreas con más comodidad y en circunstancias más favorables que las obtenidas en observaciones directas, ya sea en el terreno o desde un avión. Además las fotografías tomadas en diferentes momentos, proporcionan buenos datos históricos y comparativos. -- Por lo tanto la fotointerpretación difiere de la observación

directa en extensión del área, perspectiva y relaciones con el tiempo. Esto aunque se semeja a la observación directa, es un aspecto importante, por la cantidad y confiabilidad de la información obtenida, la que depende del entrenamiento y aptitud del observador y de la zona observada. La capacidad que se puede suponer de la interpretación individual en trabajos de varios grados de complejidad, será analizada más tarde en este mismo capítulo.

La mayoría de los trabajos de fotointerpretación se efectúan en fotografías verticales en las que se presentan objetos de aspectos poco conocidos en la superficie terrestre. Las fotografías oblicuas, muestran en la superficie de la tierra una perspectiva a la cual estamos más acostumbrados, pero causa problemas especiales de mediciones.

Para trabajar con las fotografías verticales, el intérprete deberá repasar sus conceptos sobre la naturaleza y adquirir nuevos hábitos de observación. Además, los objetos son imágenes en la mayoría de las fotografías aéreas con escalas muy pequeñas. En muchos casos en las fotos verticales y a pequeña escala, algunos elementos asumen apariencias importantes más grandes que las que verdaderamente tienen en el terreno por lo que deberá el intérprete poner especial atención a las siguientes características de las imágenes fotográficas:

Tamaño. - El tamaño de un objeto, es una de las principales guías para su identificación; para medir un objeto desconocido en una fotografía aérea, el intérprete puede eliminar a fuerza de consideraciones todos los grupos de posibles identificaciones. Un canal para irrigación y una zanja contra tanques, por ejemplo, son muy semejantes, pero su tamaño y una simple medida puede ser suficiente para hacer la identificación. Esto es siempre prudente, cuando se encuentra uno con un objeto desconocido. Cuando se trabaja con fotografías de varias escalas, el intérprete deberá efectuar medidas con

frecuencia de los objetos de más interés.

Forma o Modelo.- Las formas de los objetos observados en la fotografía aérea, son algunas veces sorprendentemente difíciles de interpretar. La planta o cima de un objeto es tan diferente desde un punto de vista, ya sea de perfil o oblicuo, que intérpretes con poca experiencia ha tenido fallas para reconocer hasta la imagen del edificio en el cual ellos trabajan. La habilidad para comprender y hacer uso de las fotografías aéreas, tienen que ser adquirida, como si se quisiera aprender otro idioma. Teniéndose entonces una habilidad útil para la observación en planta de objetos que son importantes y en los que algunas veces se tienen indicaciones complementarias, que permiten concluir en su estructura, composición y función. Para el intérprete que tiene experiencia en estudios industriales, las vistas verticales de una fábrica le dicen más acerca de sus funciones, que si efectuara un recorrido de observación por el frente de dicha factoría. La observación vertical de una área forestal puede revelar su economía y valor recreativo. Lo mismo que en una superficie de terreno en la que se pueden observar efectos espectaculares de tectonismo y procesos erosivos. Para el conductor de automóviles, un cruce de caminos en forma de trébol es un laberinto que el no comprende o no quiere comprender, ya que a través de él tiene que encontrar su camino con la ayuda y estricta atención de las señales; para el fotointérprete sin embargo, el cruce es bastante claro en forma y función.

La gran mayoría del entrenamiento del fotointérprete está condicionado a la reorientación de su capacidad mental de retención de lo percibido, tanto así, que el podrá fácilmente reconocer objetos vistos a través de las fotografías. Esta reorientación será de gran ayuda si todas las explicaciones van acompañadas con la observación de pares estereoscópicos.

En pares estereoscópicos de fotografías aéreas - el fotointérprete deberá observar los objetos en tres dimensiones, correlacionando determinadas características con objetos más distantes; es decir, percibirá los ángulos de ----

paralaje y con ello identificará el objeto. La función visual en la percepción de profundidad, se explicará en otros capítulos. En la observación de objetos, el ángulo de paralaje es determinado por la distancia interpupilar de los ojos del observador. Un incremento de profundidad aparente presenta comunmente una ventaja para el observador. En fotografías aéreas la distancia entre exposiciones sucesivas (base aérea), corresponde a la distancia focal del observador. La base aérea comparada en la imagen de la fotografía, es la foto base y en realidad es mucho más grande lógicamente que la base del ojo humano (distancia focal). En fotografías de escala ordinaria y con una sobreposición normal, la impresión de profundidad en relación con la que se presenta en el terreno es muy exagerada. Debiendo tener muy en cuenta esta exageración el fotointérprete. Por ejemplo, si él está intentando decidir si el terreno está cruzado por vehículos, no se confundirá o decidirá basándose en las zanjas formadas por las ruedas de los vehículos ya que debido a la exageración por la estereoscopia aparecen con mayores profundidades.

El intérprete experimentado está en posibilidad de estimar cuidadosamente las variaciones de profundidad como para identificar los objetos más importantes. Los fotointérpretes que se inician, deberán desarrollar esta habilidad, con el objeto de efectuar medidas cuidadosas en las fotografías y con ello chequear sus estimaciones visuales, o con el fin de efectuar una verificación de campo, repitiendo las observaciones de los objetos que él ha estudiado en las fotos. Si se requieren medidas exactas o se necesitan ángulos verticales, éstos pueden ser encontrados con medidas y computaciones sencillas, o con la ayuda de instrumentos fotogramétricos, ya que la amplificación vertical de los pares estereoscópicos permiten al intérprete medir un árbol, un edificio u otros objetos, cuyas medidas son tan pequeñas en relación con la altura de vuelo, que no sería posible estimarlos u observarlos si fueran vistos con observaciones directas de las fotografías.

El valor de las formas en las fotografías para el intérprete es la delimitación del tipo de objetos, los que desconoce antes de observarlos; estas formas concluyen con la identificación de dichos objetos, permitiendo comprender o entender el significado o función de cada uno de ellos.

Sombras.- Las sombras son fenómenos comunes mediante las que conocemos el tamaño y forma de objetos y personas trásándonos en las sombras que ellos proyectan. Las sombras que se presentan algunas veces en las fotografías aéreas, ayudan al fotointérprete proporcionándole perfiles representativos de objetos de interés. Las sombras son muy útiles si los objetos son muy pequeños o si el contraste tonal de objetos que les circundan es muy notorio. Bajo estas condiciones los gradientes de brillantes tonal de las sombras pueden permitir al intérprete la identificación de los objetos. Recientes investigaciones sobre la identificación de las sombras se registran en la sección de factores humanos de este capítulo. Las sombras tienen importantes efectos para la percepción de profundidad en los fotointérpretes ya que si éstas se sitúan en dirección del fotointérprete, se logra en mejor efecto estereoscópico.

Tono y Color.- La percepción de color es un elemento importante para definir características de nuestro ambiente. En fotografías en blanco y negro las diferencias de matices son muchas y los objetos se observan con diferentes tonalidades de gris. Los tonos de las imágenes fotográficas están influenciados por muchos factores y los tonos de objetos conocidos, con frecuencia engañan nuestras observaciones al tratar de correlacionarlos con objetos idénticos en la naturaleza. Un cuerpo de agua (laguna, piscina, etc.), puede aparecer con un rango de tonos desde el blanco hasta el negro dependiendo del ángulo del sol y del número de ondas en la superficie del agua que está reflejando la luz a los lentes de la cámara. Un camino asfaltado puede aparecer muy luminoso por lo uniforme de su superficie; lo mismo que una pista de aeropuerto puede aparecer blanca en tiempo seco y oscura - -

después de la lluvia. Una uniformidad de un objeto redondeado de metal de determinado color semejando a una "pipa", puede reflejar tal cantidad de luz que el rango de tono de la película no puede registrarla y su representación en la fotografía se pierde.

Cuando los fotointérpretes entiendan los factores que gobiernan el tono de las fotografías, observarán con mayor cuidado los tonos de los objetos de mayor interés para mejor guía en su identificación o composición.

Los científicos que estudian los suelos, utilizan las variaciones tonales de éstos para clasificarlos; el técnico forestal los emplea para diferenciar las distintas especies de árboles y plagas que éstos contenga. El geólogo les permiten limitar las características litológicas, estructuras o la investigación de zonas mineralizadas. En fotografías simples el tono es muy importante cuando los objetos de interés tienen medidas muy pequeñas o no visibles (por ejemplo, suelos o zonas de cultivo finos). Las fotografías pancromáticas son sencibles a todos los colores del espectro solar; esto permite registrar objetos sobre la superficie de la tierra en distintos tonos que nos permitan distinguirlos con facilidad. Para fotografías a las que se les va a dar distintos tipos de fotointerpretación, la película pancromática con un filtro azul negativo que permita reducir la interferencia de la bruma, es más satisfactoria y su combinación es frecuentemente utilizada en vuelos de levantamientos fotográficos. Como se indicará posteriormente, muchos trabajos especializados de fotointerpretación podrán ser efectuados con mayor eficiencia si se combina el uso de otros tipos de filtros en la obtención de las fotografías. Las fotografías infrarrojas o infrarrojas modificadas, registran condiciones de plantas, suelos y drenaje, los cuales pueden ser de interés para estudios de ecología o para los agricultores. En la interpretación de rocas, suelos y plantas donde se pueden obtener abundantes características en las que los colores naturales son importantes y en algunas ocasiones proporcionarán indicaciones definitivas para su identificación-

y uso, muchos fotointérpretes han concluido en que las que - fotografías en colores, proporcionan una gran abundancia de información y precisión a la interpretación.

Textura.- La textura en fotografías aéreas es ocasionada por repeticiones tonales de grupos de objetos, los que son demasiado pequeños para ser separados. Por consiguiente el tamaño de los objetos provocarán varias texturas de acuerdo a las escalas de las fotografías. En fotografías de escalas grandes, los árboles pueden ser apreciados individualmente; aún cuando sus ramas y hojas no sean visualizados, pero si contribuirán a definir sus copas. En fotografías de escalas pequeñas, las copas contribuyen a identificar los árboles y marcan un determinado tipo de textura. Sin embargo en un determinado tipo de escalas, la textura de un grupo de objetos puede ser bastante distintiva para servir como una guía digna de confianza en la identificación de estos objetos.

Modelo.- Los investigadores que se dedican al estudio de la ciencia de la tierra tienen siempre que hacer un esfuerzo de definir los modelos o la forma en que están situados los objetos, para guiarse y conocer con ello su origen o función. Los Geógrafos y Antropólogos estudian los modelos de aldeas y su orden de distribución para comprender los efectos de difusión y migración en la historia de las culturas que ellos están interpretando. Los modelos de afloramientos proporcionan guías para definir estructuras geológicas; apreciándose que los modelos de drenaje tienen una gran asociación con la textura litológica y la textura de los suelos. La relación variable entre ciertos organismos y su hábitat, produce modelos característicos de asociaciones de plantas. Los modelos regionales que antiguamente sólo se podían estudiar a través de laboriosas observaciones de campo, actualmente son interpretadas instantánea y claramente mediante el uso de fotografías aéreas. Además, las fotografías aéreas son tan pequeños pero significativos modelos, los que podrían ser observados pero mal interpretados por el observador de campo, ya que no tendría espacio suficiente como para corre-

lacionarlos con otros modelos, por ejemplo, trazas de fracturas, fallas, etc. Innumerables variaciones en modelos clásicos pueden ser observados y modelos hasta ahora desconocidos pueden ser identificados por medio de la fotointerpretación. Realmente la instrucción del observador le hace apreciar el significado de las fotografías aéreas principalmente a través de su entendimiento con los modelos que observe en la superficie de la tierra.

Actualmente muy pocas porciones de la tierra no han sido exploradas por el hombre y la mayoría de los modelos visibles en las fotografías aéreas, en muchas ocasiones resultan de la combinación de factores naturales y elaborados por el mismo. Algunos modelos son de naturaleza primaria y otros de culturas primarias. En muchas ocasiones el fotogeólogo deberá tomar en cuenta lo hecho por el hombre, para concluir sobre el resultado de algunos modelos.

Los detalles característicos de las construcciones efectuadas por el hombre son bien visibles en las fotografías aéreas, porque ellas se manifiestan por líneas rectas u otras configuraciones regulares. La gran mayoría de las actividades del hombre dejan huellas en la superficie terrestre las que persisten por un largo período de tiempo después de que estas actividades han cesado; aún cuando sus huellas pueden ser definidas por medio de la fotointerpretación. Los modelos de poblados, minas y labores agrícolas, pueden ser distinguidos desde el aire después de cientos de años, ya sea directamente o a través de modelos alterados por la vegetación y la erosión; actualmente el empleo de la fotointerpretación también se utiliza en la localización de zonas arqueológicas aún no descubiertas.

Además de ser difícil entender las características de las construcciones con una simple observación, ya que la altura a la cual están fotografiadas no permite su rápida identificación, la configuración que ellas manifiestan desde el aire es una guía suficiente para identificar las funcio-

nes específicas que ellas están representando. Una carretera y un ferrocarril se pueden ver de un mismo modo en una fotografía; el fotointérprete puede distinguirlas por las diferencias que requieren en su construcción. Una carretera puede tener un grado de pendiente alto, curvas pronunciadas y muchas intersecciones, no así un ferrocarril en el que se tienen grados de pendientes alto, curvas suaves, amplia curvatura y pocas intersecciones.

Técnicas de Fotointerpretación

Equipo.- Costosos y complejos instrumentos se emplean para fines especiales de fotointerpretación. Algunos de estos instrumentos, los más usuales son descritos en otra parte de este capítulo. Sin embargo, el intérprete puede hacer la mayor parte de su trabajo con tres equipos fundamentales de equipo, que son: un estereoscópio, un lápiz de color y un escalímetro.

La función del estereoscopio se explica en la sección de necesidades visuales. Los lentes deberán ser de buena calidad, sin objetos que distorsionen las características en las fotos y con alto poder de resolución.

Una pluma o un lápiz grueso, es lo más recomendable para dibujar en las fotografías. Ya que lo marcado puede ser borrado nuevamente con el fin de utilizar las fotos en otro tipo de interpretación. Algunos intérpretes dibujan sobre papel transparente colocado sobre las fotografías y con lápices suaves. Otros utilizan tintas de colores para hacer sus anotaciones.

El escalímetro es una simple regla de plástico, aluminio o madera y que se utiliza en la medición de los objetos o trazos a escala localizados en las fotografías. Para casos más especializados, hay aparatos (regla de paralaje) que ayudan al intérprete a medir distancias verticales en las fotografías.

5.1 Manejo de las Fotografías

La mayor parte de la fotointerpretación se efectúa en papel impreso. Un vuelo puede consistir de muchos cientos de exposiciones de una o varias cámaras que son utilizadas en dichos vuelos. Además algunas fotografías se toman con cámaras manuales para efectuar comparaciones de los rasgos fotografiados. Así el fotointérprete puede tener una buena cantidad de fotografías disponibles para su interpretación, las que ocuparán espacios limitados en la oficina o escritorio. Esta gran cantidad de fotografías deben ser, aún cuando en ocasiones no lo son, manipuladas o tratadas de una manera ordenada. Muchos intérpretes experimentados nunca tienen desarrollado un método ordenado del empleo de las fotografías y pierden mucho el tiempo en localizar las fotografías que tratan de interpretar.

Desde el momento en que las fotografías son tomadas tienen un número que permite distribuirlas y ordenarlas fácilmente.

Un método sencillo para ordenar las fotografías, es el siguiente:

- a) Ordenas las fotografías de cada vuelo numerándolas en la parte superior, anotando la referencia del sitio volado.
- b) Ordenar los vuelos según hayan sido obtenidos y colocar fajillas separadoras para cada una de las líneas, anotando en ellas el número de la línea y su dirección de vuelo.
- c) Colocarlas para su interpretación de tal manera que la línea de vuelo se extienda de izquierda a derecha y de preferencia que las sombras se sitúen hacia el fotointérprete. Decidiendo entonces si el trabajo se inicia de izquierda a derecha o a la inversa, para con ello colocar las fotografías

tos en el lugar correspondiente.

- d) Cuando las fotografías han sido interpretadas, se recomienda colocarlas hacia abajo, pero con -
servando su orden numérico.

Habiendo adoptado algunas maneras de emplear las fotografías ordenadamente, el intérprete deberá continuar con esos buenos hábitos, ya que éstos le proporcionarán eficiencia y rapidez en su trabajo.

5.2 Visión Estereoscópica

Las bases ópticas y psicológicas del estereoscópio se explican en la sección de necesidades visuales. La visión binocular concedida, deberá ser completamente entendida y concienzudamente explorada por el fotointérprete para que pueda obtener mucha mayor información de los pares estereoscópicos que de fotografías común y corrientes. Una orientación cuidadosa de los pares estereoscópicos, deberá producir una imagen clara y un reducido esfuerzo de la vista.

Para observar fotografías verticales con un estereoscópio, la persona que se inicia, deberá efectuar los siguientes pasos:

- a) Marcar con una aguja o implemento punzante (la punta de compás, alfiler, etc.), el punto principal de cada fotografía. Este punto lo determinan las intersecciones de las marcas fiduciales que se localizan en los lados o extremos de las fotografías.
- b) Marcar en las fotografías los puntos transferidos o sea los puntos principales de las fotografías que anteceden y suceden a la foto que se está marcando. En ambas fotografías se deberá trazar una línea entre los puntos principales y transferidos, considerándosele a esta línea como una parte de la línea de vuelo con que se obtu-

vieron dichas fotos las cuales han sido tomadas desde estaciones de la cámara situados directamente sobre los dos puntos principales.

- c) Sobreponer las fotografías de manera que las porciones de las fotos con imágenes correspondientes de dos líneas de vuelo, sean superimpuestas y extendidas de izquierda a derecha respecto al observador. Desplazándose las fotografías de cada línea en dirección paralela a la línea de vuelo (dirección del eje "X"), manteniendo alineados los segmentos de la línea de vuelo, hasta que las fotografías correspondientes están separadas a una distancia más o menos igual a la distancia focal del observador; cerca de 5 cm. es lo más usual y satisfactorio.
- d) Colocar el estereoscópio sobre las fotografías de tal manera que los lentes estén alineados en la línea de vuelo y sobre las dos imágenes que van a ser observadas.

Si es utilizado un estereoscópio de espejos, las fotografías tendrán una separación igual a la distancia que hay entre los lentes de los espejos inclinados.

Comunmente, con un solo ajuste no es posible examinar todas las porciones de un modelo estereoscópico. Una de las fotografías puede desplazarse en dirección "X" o "Y" (paralela o perpendicularmente a la línea de vuelo), pero los dos segmentos que marcan la línea de vuelo, deberán siempre conservar su paralelismo. Los lentes o espejos del estereoscópio siempre deberán situarse sobre las imágenes por observar. Después de un determinado tiempo de trabajar con las fotografías aéreas, la necesidad de efectuar reajustes en la colocación del aparato, se manifiesta por una sensación de esfuerzo en los músculos de la vista.

Con una poca de experiencia el intérprete ya no-

necesitará marcar los puntos principales y los segmentos de la línea de vuelo, puesto que se ha habituado a situar las fotografías en su posición adecuada. Una forma más de lograr las estereoscopías en los pares, es colocando el dedo índice de cada mano en puntos iguales de cada una de las fotos y observando a través del estereoscopio, se procede a desplazar los dedos y las fotos en direcciones paralelas a la línea de vuelo, hasta lograr que las uñas den la sensación de coincidir en una sola, logrando con ello el objetivo que se persigue. Si las imágenes no coinciden o no se logra la impresión de profundidad, deberá iniciarse nuevamente el proceso.

Un fotointérprete con experiencia puede orientar sus pares estereoscópicos sin necesidad de emplear el método antes descrito.

Si el intérprete intenta efectuar medidas verticales con la barra de paralaje, el deberá marcar cuidadosamente los puntos principales y los segmentos de la línea de vuelo. La separación de las fotografías deberá ser verificada varias veces con la separación óptica del instrumento los segmentos de la línea de vuelo y las perpendiculares a ésta sobre los puntos principal y transferidos de las fotos los que serán ajustados a lo largo de un sistema "H" anteriormente trazado sobre la mesa de trabajo. Para una mayor precisión en la localización de los puntos, deberán ser utilizados los prismáticos del estereoscopio.

Cuando el intérprete no hace las mediciones en las fotografías, principalmente porque hay muchas fotografías por interpretarse, o con el fin de economizar tiempo se efectúan con rapidez y descuido el ajuste de los pares estereoscópicos sin saber que con ello se provocan esfuerzos inútiles de la vista, dolores de cabeza y otros malestares.

Los centros de los lentes del estereoscopio deberán tener una distancia igual a la distancia focal de intérprete. Si los lentes no están colocados a la distancia correcta, el intérprete tendrá que sobreponerse a la fuerza prismática, lo que provoca malestares visuales. El ajuste --

deberá ser checado de vez en cuando, ya que el movimiento al guardar el aparato o el uso por otros intérpretes, pueden cambiar la distancia correcta. La distancia focal es fácil de medir, colocándose una regla graduada en el puente de la nariz de fotointerpretación y midiendo la intersección con las dos pupilas; cuidando que los ojos del intérprete y del que está efectuando la medición estén al mismo nivel.

Los lentes del estereoscopio deberán ser limpiados al iniciarse la interpretación. El polvo, la transpiración, las pestañas, la caspa y la peluza se adhieren a los lentes y causan variaciones en la claridad de lo observado. Es ideal limpiar los lentes con pañuelos faciales, papel de silicones y evitar limpiarlos con cualquier otro tipo de pañuelos, ya que se provoca con ello rayaduras.

5.3 Método de Investigación

Un trabajo de interpretación deberá iniciarse con un examen cuidadoso de todos los detalles, los que deberán pensarse antes de ser aplicados, aún cuando los intérpretes con experiencia prefieren iniciar la interpretación con un análisis general del área por estudiarse. Mediante este análisis se está en condiciones de seleccionar inteligentemente los detalles que deberán ser más estudiados. Una buena costumbre es la de colocar en sobreposición 10 o más fotografías analizándolas en conjunto antes de estudiar a fondo cada uno de los pares estereoscópicos cuando se han interpretado estas fotografías, un nuevo grupo deberá ser colocado. Si el área es pequeña, las fotos pueden colocarse completamente y analizarse antes de proceder a su interpretación. De esta manera, el intérprete adquiere y tiene una idea del terreno que podrá relacionar con la observación que efectúe al interpretar las fotografías.

Es siempre de gran ayuda y muy necesario estudiar las fotografías, basándose en uno o más planos de la zona. Debiendo contarse además con el fotoíndice y el uso de --

un plano a gran escala que proporcione la topografía del terreno. Estos planos contienen mucha información geográfica, - la que puede que no sea evidente en las fotografías aéreas. - Además el intérprete deberá compilar un mapa o un reporte de lo que ha encontrado, para referirlo a un plano existente.

Antes de dibujar los datos planimétricos, contornos, unidades interpretadas, objetos contados, etc., el intérprete deberá delinear las áreas efectivas en las fotografías. Estas áreas incluyen todos los rasgos situados en la porción central de esa foto y que deberán estar ligados con el centro de la siguiente foto; ésta será el área en la cual los objetos pueden ser vistos con el menor desplazamiento en el relieve. Teniendo divididas las áreas efectivas, el intérprete puede iniciar su trabajo metódica y rápidamente sin dejar pasar alguna cosa importante o contando y dibujando dos veces el mismo detalle.

Hay dos formas principales de estudiar las fotografías aéreas: Por análisis rápido o por determinaciones lógicas.

Los fotointérpretes deberán aprender que las fotografías aéreas, están llenas de sorpresas y esto puede inducir en ocasiones a examinar cada imagen en cada fotografía para evitar el dejar pasar desapercibida alguna cosa o detalle. Este es el análisis rápido u observación por detalles, - cuyo método de investigación es frecuentemente utilizado. - Analizando uno y otro detalle, se producen grandes aportaciones de información, incluyendo muchas cosas más que no son necesarias para la investigación que se hace.

Esto requiere de un esfuerzo mayor por parte del intérprete, pero las conclusiones a que llega, tienen más información y mayor base de apoyo para su identificación.

Recurriendo a las probabilidades, el intérprete puede trabajar con más eficiencia. El investigará únicamente aquellas áreas en las que los objetos de interés sean necesarios de determinar y omitir todas las imágenes que no tengan

la información deseada. Este método es una combinación de investigación rápida y estudio intensivo. Para llevar a cabo - este método se requiere de mayor experiencia que el método de análisis rápido, ya que en éste, el intérprete debe decidir en que parte de las fotos, el estudio deberá ser más intenso para obtener mejores resultados, lo que producirá una mayor efectividad en relación al tiempo y esfuerzo empleados. La cantidad de tiempo empleado en estudio intensivo y el gasto de una investigación rápida, deberá ser determinado por el tipo de estudio. Algunos tipos de interpretación, requieren estudios muy detallados del área fotografiada.

La identificación de objetos en fotografías aéreas por reconocimientos directos, es un proceso simple y de gran atracción. Entre ambos, el intérprete conoce los objetos porque él los ha visto antes, o simplemente porque los desconoce y se le hacen objetos raros. Sin embargo se debe reconocer elementos en el terreno como carreteras, casas, ferrocarriles, cursos de corrientes o ríos, en los que una simple observación es suficiente para identificar sus principales características. Para identificar los objetos, no es necesario que los haya visto antes, ya que al medirlos, el fotointérprete deberá concluir en las determinaciones más evidentes para esos objetos.

Hay muchas guías o formas de identificar un objeto desconocido, ninguna de estas es infalible; pero si todas o la mayor parte llegan a la misma conclusión, o convergen en la misma solución y la conclusión es probablemente correcta. Por lo tanto, la fotointerpretación debe considerarse como un arte de probabilidades. Algunas cosas son exactamente ciertas en fotointerpretación y la parte difícil de ésta consiste en ajustar los grados de probabilidades de los objetos que se están fotointerpretando.

El principio de concluir en lo evidente, requiere del intérprete, reconocimiento de las características o tipo de características, para así entonces considerar el mo-

delo de la zona analizada. Varias interpretaciones del mismo sitio, pueden dar lugar a la interpretación más lógica. El análisis crítico de todas las interpretaciones, mostrará que son diferentes o poco posibles.

5.4 Claves en Fotointerpretación

Cuando algunos objetos son observados en fotografías sencillas, el fotointérprete deberá conocer cuales son los detalles desconocidos para él o para el trabajo que esté efectuando en dicha interpretación. Las claves de identificación son utilizadas con mucha frecuencia para trabajos de campo en Biología, Geología, etc., y son también ayudas muy útiles en fotointerpretación.

Una clave en fotointerpretación ayuda al observador a organizar la información que aportan las fotografías aéreas y es una guía para una correcta identificación de objetos desconocidos. Difieren de las claves usadas en otras disciplinas, las que consisten esencialmente de ilustraciones, ya que en este caso, las fotografías están ilustrando las áreas en que son tomadas.

Una clave puede estar definida para su identificación, por selección o eliminación. Una clave de selección, ilustra y describe clases de fenómenos y el intérprete elige el ejemplo que se ajusta más al objeto que está observando. Una clave por eliminación, proporciona un método para identificar paso a paso, procediendo el intérprete a tener una serie de identificaciones de las cuales irá eliminando las elecciones efectuadas incorrectamente.

La clave por separación, es tomada en cuenta por algunos intérpretes como la forma más eficiente de identificación. Consiste de una serie de pares escogidos, los que conducen al fotointérprete a través de categorías generales para la interpretación de más detalles, en las que puede ser efectuada en una escala específica y en un determinado tipo-

de fotografías. Las ventajas de este tipo de claves se basan en la capacidad del intérprete para trabajar de detalles generales a detalles particulares, esto es, él escogerá a través de su observación, de una cantidad de detalles, para concluir en una decisión final; y con ello en cada paso, el intérprete cambie alguna de las características observadas por una en particular. Estas condiciones son de gran valor y sus cambios producirán soluciones correctas. El inconveniente de las claves por separación es que en algún punto, el intérprete puede dejar de detectar las características necesarias de algún objeto desconocido; y que esos objetos marcados en las fotografías aéreas, no siempre muestran las características de ellas, como lo muestran en las claves. Si en algún punto de la observación, el intérprete hace un cambio fuerte, el error deberá ser evidente, porque las siguientes descripciones no concordarán con lo interpretado.

Toda interpretación deberá ser verificada en el campo y esta verificación estará de acuerdo, con el tipo de trabajo que se esté efectuando a lo complejo del área, a la calidad de las fotografías y a la habilidad del intérprete.

5.5 Necesidades Visuales

Cada uno de los fotointérpretes, deberá tener las siguientes condiciones visuales:

- a) Agudeza normal a una distancia de 7 mts.
- b) Agudeza normal a una distancia de 0.40 mts.
- c) Agudeza estereoscópica normal

5.6 Visión Estereoscópica

La visión estereoscópica es la habilidad para apreciar profundidades a través de la percepción del paralaje. Una persona que carece de visión estereoscópica, tiene que analizar la profundidad que producen los pares estereos-

cópicos apoyándose en los binoculares del aparato.

El estereoscopio se emplea para el análisis especial de pares estereoscópicos de fotografías aéreas y/o terrestres. La visión estereoscópica de las fotografías se logra debido a la separación de los dos ojos, ya que esto provoca imágenes diferentes con cada ojo, obteniéndose con ello el visualizar los objetos en el espacio. El estereoscopio consta de un soporte reforzado, en el que van montados los implementos ópticos.

Los dos espejos que en conjunto con los lentes superiores se localizan en la parte central del soporte, constituyen dos sistemas de observación y están relacionados con distancias interpupilares que varían de 56 mm hasta 74 mm, esto con el objeto de ser útiles a cualquier tipo de fotointérprete, ya que cada uno de éstos, posee distancias interpupilares distintas. Tiene además un dispositivo binocular adicional que permite observar las imágenes con un aumento de tres veces; aún cuando esto reduce el campo visual observado pero permite detallar la interpretación sobre todo en fotografías, en las que se aprecian muy leves relieves y en las que mediante el uso de los lentes fijos, no es posible detallar las características del terreno.

Los espejos laterales entre cuyos centros hay una distancia de 250 mm, están fijados en un soporte giratorio que sostiene los apoyos del aparato, el que puede plegarse para el guardado y transporte del estereoscopio. Empleando los lentes del instrumento, se cubre un campo de 16 x 23 cm., de la imagen estereoscópica; si se utilizan los binoculares de 3X se abarca una zona de 7 cm., de diámetro y empleando binoculares de 8X se abarcan 3 cm., de diámetro.

La distancia de 250 mm., entre centros permite observar estereoscopia de pares, cuya zona común tenga alta dimensión; pudiéndose observar el 60% en fotografías de 40 x 40 cm.

Uno de los apoyos del estereoscopio es ajustable

con el fin de asegurar el apoyo firme del estereoscopio.

El estereomicrometro (barra de paralaje) consta de dos placas de vidrio provistas de tres marcas (+ 0.), para efectuar lecturas con gran exactitud, ya que están unidas a un tornillo micrométrico, de tal forma que la distancia entre dichas marcas puede variarse. El valor de las lecturas se incrementa, o sea son más exactas, a medida que disminuye la distancia entre las marcas. El soporte de la plaquita izquierda puede desplazarse a lo largo del husillo del micrómetro, en una longitud máxima de 3 cm., y fijarse en cualquier posición por medio de un tornillo de sujeción. De esta forma y ajustando el micrómetro en "0", la distancia entre marcas, podrá variarse entre 240 y 270 mm. Al guardar el micrómetro, se deberán extraer las dos plaquitas de sus soportes, operación que no ofrece ninguna dificultad.

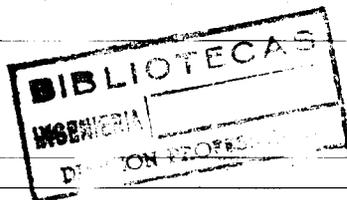
Para obtener la impresión óptima de relieve, las fotografías se deben orientar adecuadamente bajo el estereoscopio. Para obtener dicha orientación en las fotografías verticales con una sobreposición del 60%, se marca el punto principal, o sea el punto en el que se interceptan las líneas que unen las marcas fiduciales de la fotografía izquierda, localizándolo en la foto de la derecha, obteniéndose con ello el punto principal transferido. De la misma forma se procede con la fotografía de la derecha. A continuación se marcan en los extremos de las fotos, perpendiculares de la línea obtenida entre los puntos principales y transferidos. En la mesa de trabajo y sobre una cartulina se colocará el estereoscopio y utilizando los binoculares se procede a localizar un punto con el ojo derecho, el que deberá situarse en la parte más central del objetivo; posteriormente y utilizando los dos ojos se observará en estereoscopia, observándose que por efectos ópticos, ese punto estará representando en el otro extremo, procediendo a marcarlo, procurando evitar su desplazamiento, como consecuencia del desplazamiento del músculo óptico. Sobre los dos puntos localizados, se traza una recta y perpendiculares a esos puntos; se considera que la distancia entre

esos puntos es de aproximadamente 250 mm., siendo variable para cada fotointérprete.

Sobre los ejes trazados, se ajustarán las marcas obtenidas en los pares fotográficos, de tal manera que en un eje se situó el punto principal y en el otro el punto principal transferido a la fotografía continua.

Si a continuación se coloca el estereoscópio sobre las fotografías fijadas en el sistema de ejes trazados, de tal forma que la base ocular del aparato ocupe una posición paralela a la recta, que une los puntos principales, se obtendrá fácilmente el efecto de relieve de las fotografías.

Se puede fácilmente comprobar que la escala de la fotografía ($M=1:m$) es igual a la relación existente entre la distancia principal de la cámara (distancia focal "f") y la altura de vuelo "h" sobre la superficie. Se considera que la escala de las fotografías sólo es uniforme cuando el terreno es aproximadamente horizontal. Ya que la altura de vuelo en la mayoría de los casos no es conocida o no es conocida con bastante exactitud; la forma más sencilla para determinar dicha escala consiste en efectuar comparaciones entre distancias medidas en las fotografías, con las correspondientes de ellas conocidas en el terreno, por ejemplo, kilometrajes medidos en una carretera, dimensiones de terrenos o campos deportivos o distancias entre calles en una ciudad, de tal forma que la escala será más exacta entre más grandes sean las distancias de comparación



Una lista típica de las características principales que deberá reunir un fotointérprete, es la siguiente: Agudeza visual, poder de observación, imaginación, paciencia y buen juicio.

6.- Fotointerpretación Aplicada a la Geología.-

Breve Análisis de la Geomorfología.- La geomorfología se define como el estudio de las formas del relieve, -- considerándose estas formas como un resultado de los diferentes fenómenos geológicos que ocurrieron, ocurren y ocurrirán sobre las superficies terrestre.

Se considera que las bases de la geomorfología -- tienden más a la geología que a la geografía por:

- a) La relación de la mineralogía en el estudio de los -- procesos meteorización.
- b) Mayores aplicaciones prácticas de los principios geomorfológicos, a estudios de geohidrología, pedología, geología aplicada a la ingeniería civil, etc.

Transcribamos algunos de los conceptos fundamentales básicos que permitirán familiarizarse en parte con la geomorfología (MORNIERY), cuya aplicación en los estudios de fotointerpretación es de gran valor, ya que muchos de estos conceptos revuelven por sí solos los problemas que se presentan al estudiar las fotografías aéreas.

- A) Los mismos procesos y leyes físicas que actúan hoy en día, actuaron a través de todo el tiempo geológico, -- aún cuando no necesariamente con la misma intensidad.
- E) La estructura geológica es un factor dominante de -- control en la evolución de las formas de la tierra.
- J) Los procesos geomórficos dejan su impresión distintiva sobre las formas del terreno y cada proceso geomórfico desarrolla sus propios conjuntos característicos de formas del relieve.
- D) A medida que los diferentes agentes erosivos actúan -- sobre la superficie terrestre, se produce una secuencia en las formas del relieve con características dis

- tintivas en los estados sucesivos de su desarrollo.
- E) En la evolución geomórfica, la complejidad es más común que la simplicidad.
 - F) La mayor parte de la topografía terrestre tiene una edad que no vá más allá del Pleistoceno, aún cuando existen pequeñas zonas topográficas anteriores al Terciario
 - G) La perfecta interpretación de los paisajes actuales es imposible sin una apreciación total de las influencias múltiples de los cambios geológicos y climáticos, ocurridos durante el Pleistoceno.
 - H) Para comprender perfectamente la importancia de la variación de los diferentes procesos geomórficos, es necesario considerar los diferentes climas del mundo.
 - I) Aún cuando el interés principal de la geomorfología es el paisaje actual, su utilidad máxima la logra efectuando análisis de la geología histórica.

Según Thornbury, los principales agentes y procesos geomórficos son:

		Agua Corriente
		Agua Subterránea
	Agradación	Olas, corrientes, mareas, uzunami
	por	Viento
Epígenos o exógenos		Glaciares
		Trabajo de organismos, incluyendo al hombre
		Meteorización
		Remoción en masa o deslizamientos
	Degradación	Agua corriente
	Erosión	Agua Subterránea
	por	Olas, corrientes, mareas
		Viento
		Glaciares
	Orogenia	Formación de Montañas con deformaciones.

Epeirogenia Levantamiento regional sin deformación importante

Hipógenos o Endógenos Vulcanismo

Caida de Meteoritos

La aplicación de la fotografía aérea en la geología, es muy variada, tomando en cuenta que la geología es una ciencia de determinaciones e interpretaciones, en las que se requieren cierta habilidad para efectuar observaciones y deducciones. Lahae dice que "la habilidad para deducir y para deducir correctamente, es producto del entrenamiento o experiencia que se tenga de la geología de campo".

Las fotografías aéreas como una herramienta geológica, ofrecen las más grandes ventajas para el estudio de la geología regional y efectuar determinaciones y estudios de estratigrafía, litología, geología estructural y geomorfología.

La estratigrafía trata de la posición o distribución vertical de las rocas estratificadas, de los fósiles y estructuras que ellas contienen. La geomorfología, analiza principalmente las formas de la superficie terrestre, y ayuda al geólogo a aplicar los principios geomorfológicos para interpretar las características que se observan en la superficie terrestre.

En el campo, el geólogo utiliza las fotografías aéreas para situarse y planear sus recorridos. Las localidades y datos geológicos pueden ser marcados en las fotografías o anotados como puntos de control, los cuales estarán descritos con mayor amplitud en las anotaciones de las libretas de campo.

El fotogeólogo compila e interpreta los datos observados, de la misma manera que un geólogo de campo, la única diferencia fundamental es la perspectiva que se tienen en las fotos, la que permita hacer observaciones directamente en varios cientos de metros cuadrados. El efecto del relieve creado con la estereoscopia de los pares y la precisión de las formas topográficas observadas, son de gran ayuda para los análisis de la superficie terrestre. Algunos tipos de

datos geológicos, como son la presencia de fósiles y la petrografía de las rocas, no pueden ser obtenidos en la fotointerpretación, requiriéndose para ello, verificaciones de campo.

La investigación a fondo de los datos geológicos, permiten obtener sitios apropiados para diversos estudios de ingeniería.

Las principales necesidades para el correcto y fructífero uso de las fotografías aéreas, están basadas en la experiencia y habilidad del intérprete. El fotogeólogo con cierta experiencia deberá ser capaz de reconocer detalles complejos desde las fotografías. Debiendo tener también habilidad para ordenar lo que haya interpretado, tomando como base los principios de la geología o de otras ciencias. Se considera que el fotogeólogo, deberá ser a su vez, geomorfólogo, estratígrafo, geólogo estructural, geógrafo, edafólogo y geobotánico, con ciertas habilidades para aplicar su entrenamiento y experiencia en la interpretación de los detalles geológicos que se manifiestan en las fotografías aéreas.

Entre más completa sea su experiencia y entrenamiento en estos campos, mejores trabajos de fotointerpretación serán efectuados por él. Como el fotogeólogo utiliza su agudeza visual y mental, ello le facilita conocer los recursos de la fotointerpretación, los que le permiten hacer observaciones y con ello resolver e interpretar muchos datos geológicos difíciles.

Aún cuando en algunos casos es necesario, el intérprete deberá combatir la tendencia a seleccionar y tratar de recabar la mayor información de la zona que vá a interpretar, ya que en ocasiones se puede dejar influir en la interpretación que el llevará a cabo.

La estereoscopia es fundamental en la interpretación de detalles geológicos; ya que las características del terreno (su forma, modelo, orientación y la relación del ambiente topográfico) son aparentes en las fotografías aéreas.

Las características tonales son comunmente más --

claras en estereoscopia que en las fotografías sencillas. La constitución interna del terreno, no es directamente visible en fotografías aéreas, pero puede ser interpretada o supuesta, basándose en los detalles visibles, o si esto tampoco es posible y la información es necesaria, se deberá efectuar verificaciones de campo que permitan conocer los datos que se requieren.

Con el fin de llevar a cabo la más completa interpretación fotogeológica, se deberán considerar los puntos siguientes:

- a) Geomorfología.- Tectonismo, intemperismo, modelos de drenaje, corriente erosivas y de depósito, actividad eólica, erosión por el hielo, depósitos glaciares, erosión por agua subterránea, erosión y depósito por efecto del oleaje, barras, playas, islas, pantanos, etc.
- b) Litología y Estratigrafía.- Expresiones topográficas, topografía cárstica, microcaracterísticas, tono y color del suelo o roca, anomalías tonales, zonas de vegetación, estructuras de las rocas.
- c) Estructuras primarias en rocas sedimentarias.- Estratificación, sedimentación, clásticos, biohermas, estratificación cruzada, horizontes clásticos, etc.
- d) Estructuras secundarias en rocas sedimentarias.- Capas de fisibilidad concreciones, juntas, etc.
- e) Estructuras primarias en rocas ígneas.- Zonas de contacto, estructuras de flujo, etc.
- f) Estructuras secundarias en rocas ígneas.- Diaclasas, cruceros, fracturas, etc.
- g) Estructuras en rocas metamórficas.- Esquistocidad, etc.
- h) Geología Estructural.- Rumtos, echados, pliegues, fracturas, desplazamientos en superficies de erosión, expresiones topográficas de las estructuras, modelos de drenaje, modelos tonales, lineamientos tonales, análisis de fallas, etc.
- i) Métodos fotogeológicos.- Determinación de unidades estratigráficas, estimación visual de rumtos y echados, medida y cálculo de rumtos y echados, determinación de rumtos y echados fotogramétricamente, aparatos usuales para medir la inclinación, etc.

- j) Curvas de nivel. Curvas de nivel en tipografía contorbism estructurales, etc.
- k) Mapas geológicos
- l) Procedimientos específicos para utilizarse en explotación minera

7 - Fotointerpretación en suelos

Los Pedólogos definen el suelo como la parte de la regolita que soporta la vida de las plantas. El suelo y sus derivados provienen de los efectos combinados por clima y la materia orgánica, factores que actúan sobre los principales materiales en ciertos relieves de la superficie terrestre. Un suelo individual es una porción tridimensional de terreno que permite el crecimiento de las plantas y en el que un científico del suelo, deberá estudiar sus características físicas, químicas y biológicas, las que deberán tener influencia en el crecimiento de las plantas (a una profundidad de 1.20 ó 1.50 mts. y algunas veces más). Cuando se cuenta con la ayuda de la fotointerpretación se deberá comprender que el objeto del estudio, o sea el suelo, es raramente proyectado en la fotografías; si el suelo no es cubierto por la vegetación, su superficie es marcada, bajo condiciones variables de luz reflejada, lo que impide tener buena guía para determinar las condiciones de esos suelos. La fotointerpretación en suelos, es completamente diferente a la interpretación en otros campos, en los cuales el estudio de los objetos es parcial o totalmente visible en las fotografías aéreas

Los suelos pueden ser interpretados en las fotografías por medio del estudio de modelos formados por la naturaleza de la roca original, por la forma de depósito y ambiente climático, biótico y fisiográfico. Para el intérprete con experiencia, muchos de estos modelos ya le son característicos, y pueden ser correctamente interpretados, paratiendo de tres principios importantes como son:

- a) Tipos de suelos similares que aparecen con modelos similares. Algunos de los materiales del suelo derivados de la misma roca original, depositados en iguales condiciones y ocupando posiciones topográficas si-

milares bajo las mismas condiciones ambientales, deberán tener propiedades similares y aparecerán en las fotografías aéreas en modelos muy semejantes o iguales.

- b) Los suelos que son diferentes entre sí, deben aparecer en las fotografías aéreas como modelos diferentes.
- c) Algunas veces las características de las imágenes fotográficas, han sido correlacionadas con las propiedades de suelos que se han observado y analizado en el laboratorio y las secuencias de eventos mediante los que se forma un suelo en particular, son con frecuencia reconstruidos por medio de la fotointerpretación y muchas propiedades de suelos similares, pueden ser deducidas.

Una buena interpretación de suelos y materiales de rocas, asegura la evaluación de las condiciones en que han sido formados.

Las características pedológicas de una área determinada, son producidas por ciertos fenómenos naturales y procesos elaborados por el hombre, basándose en ellos, el intérprete puede clasificar los suelos de acuerdo con sus propiedades. Algunas zonas de arenas y gravas, son necesarias para muchos proyectos de construcción; por lo tanto, si el intérprete comprende las condiciones de depósito y puede reconocer el terreno en el cual se localizan estos tipos de sedimentos, el estará en condiciones de localizar rápida y eficazmente, materiales para la construcción. La fotointerpretación de suelos es también empleada por pedólogos en la preparación y levantamiento de planos de suelos y estudios de conservación, así como también por los agricultores para el manejo adecuado en varios aspectos de granjas o ranchos.

7-1 Factores que afectan la fotointerpretación de suelos.

Los especialistas en suelos que utilizan las fotografías aéreas, deben comprender las limitaciones de la fotointerpretación, puesto que ellos están en condiciones de reconocer en que situaciones la fotointerpretación no proporcio

nará resultados satisfactorios. Los factores que limitan el uso de la fotointerpretación se sitúan dentro de tres categorías que son:

- a) Factores relacionados con los materiales y técnicas fotográficas empleadas.
- b) Habilidades del fotointérprete
- c) Características observadas en la fotografía de las imágenes del terreno.

- a) Factores fotográficos.- No hay una escala específica que satisfaga a los especialistas en suelos, sin embargo las escalas 1:10,000 y 1:20,000, proporcionan una buena imagen estereoscópica y una buena superficie de área; considerándose éstas como las mejores escalas para estudio de suelos.

El efecto de tercera dimensión provocada por los pares estereoscópicos de fotografías aéreas, es de gran valor en el estudio de suelos, ya que los que estudian las formas y características de depósito y erosión, pueden estimar los espesores del suelo por la interpretación de algunas secciones de suelos expuestos e identificar los tipos de vegetación y valorar las condiciones de drenaje.

En estudios de suelos el fotointérprete depende considerablemente de las variaciones en el tono observado. -- Por esa razón, él necesita fotografías de una buena calidad en los tonos, grado de tonos adecuados y una calidad persistente. Si las fotografías tienen grandes variaciones en sus valores de tono, éste no se le podrá considerar como un indicador exacto de las propiedades del suelo.

Algunos problemas en la fotointerpretación de suelos se podrán resolver estudiando su distribución y su relación con el terreno; así como su estructura geológica y tipo de vegetación, ya que muchas de estas características cubren grandes áreas en las que se pueden correlacionar y así resolver los problemas que se presentan en la determinación de tipos de suelos.

- b) Habilidad del fotointérprete.- La fotointerpretación de suelos requiere entre otras necesidades, un adecuado poder visual, cierta habilidad para razonar lógicamente, conocimientos de la ciencia de suelo, principios básicos de otras ciencias de la tierra, experiencia en la clasificación de suelos, mapeo y muestreo de campo. El fotointérprete también deberá comprender la relación tan estrecha que existe entre los suelos y plantas; dicha relación proporciona en la mayoría de los casos, guías importantes para diferenciar determinadas condiciones de suelos. Debiéndose además comprender los procesos de intemperismo, transporte y depósito, para así estar en condiciones de interpretar la composición, textura y horizontes desarrollados en los suelos.

Mucho de los estudios de suelos son efectuados para proyectos de ingeniería y el especialista en suelos, deberá comprender el interés del ingeniero en la textura, resistencia del suelo y de los materiales rocosos.

Un fotointérprete de suelos siempre deberá estar interesado en literatura de geología, geografía, ecología y pedología, para con ello complementar la información que el obtenga de las fotografías aéreas.

- c) Características del terreno.- Se requiere una correcta valoración del terreno natural para conocer las condiciones que prevalecieron en el momento de tomar las fotografías. Ya que la luz del sol y las sombras afectan también los tonos de las fotos, principalmente en terreno montañoso. Sin estereoscopia, los efectos de la luz del sol y las sombras pueden ser confundidas con indicaciones de textura o drenaje; principalmente en donde hay aguas subterráneas y en terrenos labrados recientemente, en donde el ángulo del sol, provoca variaciones en el tono, las que no tienen

relación con las propiedades del suelo. Los modelos de los elementos que manifiestan las condiciones superficiales de los suelos y del subsuelo, son los siguientes:

- 1 - Tipo de terreno
- 2 - Drenaje
- 3 - Características de erosión
- 4 - Tipo de vegetación
- 5 - Tono fotográfico
- 6 - Condiciones observadas por la acción de la mano del hombre

Los modelos de drenaje pueden ser observados y -- marcados rápidamente en pares estereoscópicos de fotografías aéreas, estando con ello en condiciones de conocer la forma -- en la que el agua superficial es distribuida y eliminada o -- absorbida; proporcionando con ello una guía que permite comparar la composición y origen de los materiales del suelo. Los modelos de drenaje (dendrítico, enrejado, paralelo, anular, rectangular y radial), pueden sugerir la estructura geológica, origen, textura y composición de las rocas subyacentes.

Se considera que por la fotointerpretación se pueden definir los diferentes tipos de suelos como son: transportados, residuales, (eólicos, marinos, glaciares, etc.)

8 - La fotointerpretación en Ingeniería

En los últimos años, la interpretación de fotografías aéreas se ha considerado como una técnica indispensable para la prevención y solución de diferentes tipos de problemas en los proyectos de ingeniería.

Las fotografías aéreas son utilizadas para obtener planos topográficos, efectuar exploraciones con propósitos de planeación y así seleccionar los mejores sitios para distintos proyectos, como son la localización de boquillas para grandes presas de propósitos múltiples, así como la localización y selección de rutas como autopistas, aeropuertos, ferrocarriles, canales oleoductos; también en la investigación de condiciones superficiales y subterráneas para abastecimientos de agua potable, localización de sitios adecuados para el nuevo desarrollo de ciudades, así como la localización de bancos de materiales (arcillas, arenas, gravas, roca sana, etc.)

Las fotografías aéreas manifiestan la importancia de algunos elementos y sus relaciones con el drenaje, la topografía y la geología regional, conociendo así las condiciones de los suelos y rocas, las que en dichas fotos, son perfectamente visibles.

Las formas del terreno y los modelos de drenaje superficial y en ocasiones subterráneo, pueden ser delimitados y cartografiados con base en la interpretación de dichas fotos. El ingeniero especialista en planeación, le interesa enormemente el uso actual del terreno, así como también las condiciones naturales en que éste se encuentra; la mayoría de estas condiciones pueden ser perfectamente visibles, identificadas, medidas y analizadas mediante las técnicas de fotointerpretación.

En la ingeniería como en otros campos de la técnica, el arte de la fotointerpretación, requiere habilidad, experiencia, juicio y conocimientos especializados. Muchos de los resultados de la fotointerpretación son cualitativos y las expresiones fotográficas de los materiales de la tierra, varían de un sitio a otro. Esto es, si la fotointerpretación va a ser utilizada en ingeniería, deberá proporcionar la mayor cantidad de datos necesarios, que en otras condiciones, se obtienen por otros medios.

En la planeación de un determinado proyecto de ingeniería, el fotointérprete está obligado a analizar los materiales de la superficie de la tierra, relacionándolos en términos de sus características ingenieriles. Estudiando e interpretando además las condiciones regionales y locales del terreno, debiendo comprender la formación y comportamiento de éste y de los suelos que le sobreyacen. También se deberá conocer, como los mismos tipos de terreno en determinadas condiciones difieren en tamaño, pendiente, forma, drenaje y otras características. Debiendo distinguir entre terrenos constructivos recientes poco consolidados y terrenos destructivos y de rocas parcialmente consolidadas.

El que interpreta, deberá valorar los factores que determinan los tipos propiedades y variaciones de los materiales de la corteza terrestre. Así como conocer los efectos de intemperismo en distintos tipos de roca y en diferentes climas, ya que esto es esencial para la interpretación de suelos. Por ejemplo, el relieve del terreno y un drenaje abundante influyen de tal manera en el desarrollo de determinados horizontes del suelo. Las variaciones en algunos de estos factores, afectan los materiales superficiales y los modelos de drenaje que se observan en fotografías aéreas, provocando cambios significativos en el comportamiento de los suelos.

El uso de las fotografías aéreas y las ventajas que ellas proporcionan al ingeniero, se incrementan con la experiencia que él tenga en fotointerpretación y con el conocimiento del área que está estudiando. Un intérprete sin experiencia, deberá tener cuidado cuando fotointérprete una área compleja y desconocida.

8.1 - Suelos Básicos y Conceptos Geológicos.

Los métodos de fotointerpretación en ingeniería, se basan en los siguientes conceptos:

Materiales consolidados.- Un proceso erosivo actúa sobre un cierto material por un largo período de tiempo produciendo cambios distintivos en su apariencia. En algunos estados del ciclo de erosión, las fotografías aéreas registran rasgos característicos por medio de los cuales los materiales pueden ser identificados.

Cuando los mismos tipos de roca están asociados, el intemperismo y la erosión provocan el disgregamiento de esas rocas, dejando al descubierto los tipos más resistentes.

Las rocas sujetas al intemperismo y erosión presentan formas características que dependen de sus propiedades físicas y químicas. Las fotos aéreas captan en grandes áreas esas características erosionales, las que muchas veces no pueden observarse directamente en el campo, ya sea por la vegetación o por lo inaccesible de la zona.

Movimientos terrestres como son fallas, subsidencias, deslizamientos, provocados en zonas de debilidad en el terreno, pueden ser rápidamente localizados en las fotografías aéreas.

Materiales no consolidados.-

Los elementos observados en los modelos del terreno y registrados en fotografías aéreas, frecuentemente indican el tipo de sedimentos y sus condiciones de depósito. En el caso de que se ha seleccionado un sitio para la construcción de determinada obra de ingeniería, las condiciones generales de depósito en el sitio, deberán ser cuidadosamente analizadas. En el caso de que se estudie el carácter de los sedimentos en un valle, el intérprete deberá considerar el ancho del valle; la profundidad y el ancho de la corriente; la forma del valle en sección transversal y otras guías fotográficas que permitan

determinar la edad geológica del valle; las distancias del valle de la fuente de aportación de los sedimentos, el tipo de rocas y suelos de la zona de aportación, el régimen y gradiente de la corriente, el gradiente de sus tributarios y la desaparición de pequeñas o grandes corrientes, cuando entran a la zona del valle. Considerándose que estos elementos del terreno están determinados por las condiciones geológicas locales, las que tienen influencia y significado en el tipo y propiedades de los materiales que se encuentran en el valle. La correcta identificación de esos materiales se determina por el grado de la textura de los suelos, la que debe estar de acuerdo con la interpretación efectuada. Este tipo de análisis es más utilizado durante la elección inicial del sitio de las obras y antes de las necesarias exploraciones de campo.

La permeabilidad del subsuelo es frecuentemente indicada por la forma del terreno, mediante modelos de pequeñas elevaciones. Las formas de terreno compuestas de arenas y gravas, tienen formas más pronunciadas que los terrenos en los que se presentan limas y arcillas. Estas pequeñas características son más fáciles de observarse en las fotografías aéreas que en el campo.

8.2 - Identificación e Interpretación de Terrenos.

La interpretación de suelos y de fenómenos geológicos por medio de las fotografías aéreas es rápidamente determinada, por lo que aumenta su técnica y grado de aplicación. Determinados tipos de terrenos como son dunas de arena, barras marismas, etc., así como muchos otros tipos de rocas y suelos se pueden fácilmente identificar y los problemas a los que se deberá enfrentar el constructor, se pueden determinar antes de que sea iniciados los trabajos de campo.

Es difícil para el intérprete estudiar terrenos planos, áreas afectadas por glaciares, rocas metamórficas com

plejas, o grandes variaciones en suelos o formaciones de rocas. La experiencia, el buen entrenamiento y otras virtudes más son necesarias para llevar a cabo un análisis completo de áreas complejas.

Los terrenos en los que el ingeniero deberá estar más interesado, están compuestos de las siguientes características:

- a) Rocas sedimentarias, su tipo, estratificación y actitud
- b) Rocas ígneas, extrusivas e intrusivas
- c) Rocas metamórficas
- d) Materiales glaciares
- e) Materiales aluviales
- f) Materiales eólicos

Para utilizar las fotografías aéreas en la planeación y construcción de proyectos de ingeniería, el intérprete deberá ser capaz de identificar los materiales antes mencionados.

Las características más importantes para reconocer estos materiales en las fotografías aéreas son:

- 1 - Topografía
- 2 - Drenaje
- 3 - Erosión
- 4 - Tono de suelos
- 5 - Vegetación
- 6 - Uso actual del terreno

La topografía del terreno comunmente limita la -- identificación de tres o cuatro posibilidades. Uno o más de -- estas posibilidades pueden ser eliminadas atendiendo a la presencia o ausencia de drenaje visible y del modelo que éste forma. El tono fotográfico, las características de erosión, el -- uso del terreno, la cobertura de plantas y la presencia de -- microcaracterísticas, frecuentemente sirven para la identificación final de los materiales. La interpretación de estos elementos deberá ser siempre efectuada con estudios estereoscópicos.

Topografía.- El tamaño de un terreno es tal vez -- el mejor rasgo topográfico para su identificación en las fotografías aéreas. Las características más pequeñas del relieve, muchas de las que no son anotadas en planos topográficos, son claramente visibles en las fotografías aéreas y proporcionan una gran ayuda al fotointérprete para efectuar una correcta -- identificación. Las propiedades físicas de los materiales terrestres con frecuencia pueden ser indicados por el tamaño de un terreno; las secciones transversales y sus perfiles deberán ser cuidadosamente estimados con el fin de ayudar a definir las características de este terreno. El número y distribución de zonas con condiciones similares en una área determinada, indicarán o sugerirán la identidad de ellas; las barras o depósitos de piamonte en un clima húmedo y caliente pueden ser identificados de esta manera.

Los límites entre diferentes tipos de terreno son muy significativos y definen los contactos entre algunos depósitos con materiales que les subyacen o sobreyacen.

Drenaje.- Las condiciones de drenaje son indicadores importantes de la textura de los materiales y de la resistencia y estabilidad para el caso de construcciones. Para analizar el drenaje de una área, el fotointérprete deberá determinar si el modelo tiene un desarrollo local o aparece también

en terrenos adyacentes. El deberá entonces delimitar en el terreno determinadas unidades antes de dibujar el drenaje. La -- textura o densidad del drenaje es una función normal a la permeabilidad y dureza de la roca. Los modelos de textura fina -- están comunmente asociados con terrenos en los que afloran lutitas, esquistos o granitos mucho muy alterados. El drenaje -- en texturas menos finas (granulares), se presenta en suelos -- permeables y rocas resistentes como calizas y arenizas. El -- drenaje subterráneo puede definirse en las fotografías aéreas o modelos de tonos oscuros.

Erosión.- El número de barrancas y el gradiente de éstas en relación con la textura del suelo, el tamaño de los -- granos y la permeabilidad de los materiales en una área y pueden ser definidos mediante la interpretación fotográfica de -- las formas, localización y número de barrancas. Un cortopaciamento entre las barrancas, implica materiales granulares. Los perfiles y secciones transversales de una barranca -- pueden mostrar cambios bruscos en su inclinación debido a la diferente constitución rocosa. Las barrancas formadas en -- loess, comunmente presentan gradientes compuestos. Observándose también que las barrancas formadas en gravas, tienen forma de "V", no así las formadas en limos las que tienen forma en -- "U"; en las arcillas se presentan formas arredondadas.

Los efectos de erosión diferencial son frecuentemente visibles en las fotografías aéreas y deberán ser considerados al estimar los perfiles de suelos y la permeabilidad de éstos en períodos de precipitaciones variables.

Tono y Color.- Muchos materiales registran sus tonos -- en las fotografías aéreas de acuerdo con su origen. Los tonos reflejan condiciones de depósitos, forma de intemperismo, -- agentes de erosión, suministro de agua y drenaje, asociación con plantas y propiedades del perfil del suelo. El tono es -- frecuentemente empleado en la identificación de sedimentos no consolidados.

Los tonos de los gradientes en las fotografías de una zona en particular, normalmente están relacionados con el intemperismo y erosión, y consecuentemente significan cambios en las condiciones físicas y químicas de las rocas existentes. Los tonos oscuros en depresiones indican que los horizontes del suelo tienen texturas finas, alta humedad y gran contenido de materia orgánica. En materiales depositados bajo bastantes condiciones de uniformidad, como son las arenas eólicas, los cambios en tono son ligeros; pero cuando estos sedimentos tienen cierta consolidación, los tonos entre arenas eólicas consolidadas y no consolidadas son bastante distintivos. Los contrastes de tono no se desarrollan en arenas secas en las que su composición mineralógica es uniforme, son resistentes al intemperismo y están inmóviles. El intérprete que conoce esto deberá distinguir depósitos de arenas, depósitos de gravas. En dunas y desiertos con un alto nivel freático, los contrastes de tonos son definidos.

En regiones de temperaturas y precipitación moderada, los suelos tienden a aparecer en las fotografías en modelos de tonos distintivos.

Vegetación.- El ingeniero que fotointerpreta, deberá comprender los principios de geobotánica y ecología. Las grandes asociaciones de plantas son regidas principalmente por el clima, pero muchas asociaciones locales son útiles pero no infalibles para indicar las condiciones geológicas y de suelos. Los suelos salobres y arenas eólicas en climas semiáridos, tienen característicos modelos de vegetación, los que son fáciles de reconocer en las fotografías aéreas. Lo escaso de la vegetación en determinadas regiones, está relacionada con la reacción química de los suelos, ciertas especies vegetales son muy comunes en terrenos calcáreos, otras se desarrollan en terrenos ácidos. Ciertos modelos de vegetación en determinadas regiones, indican la presencia de ciertos minerales o rocas. En los suelos de terrenos sembrados la presencia

de sales solubles en bajas concentraciones, no pueden ser observadas por inspecciones de campo, pero comunmente se manifiestan en las fotografías aéreas como modelos irregulares, debido a las variaciones en la concentración de las sales.

Uso del suelo.- El uso que se le están dando al suelo es un indicador indirecto de ciertos problemas que se presentan en ingeniería. Los métodos del manejo de la tierra, pueden ser rápidamente interpretados por su representación en las fotografías aéreas, informando al ingeniero de las condiciones locales de suelos y drenaje. Los terrenos de labor en áreas expuestas al viento, surcado en contorno y terrazas en áreas de intensa erosión o superficies denudadas por el agua, así como los cauces del drenaje, barrancas profundas y diques en el drenaje, son guías importantes para estas condiciones.- El tipo de siembras con frecuencia sirve para indicar importantes propiedades del suelo. Los modelos de caminos cuando no están controlados por el relieve o superficie del terreno, se controlan por afloramiento de rocas o áreas pobremente drenadas. Los terrenos o granjas abandonadas, pueden ser el resultado de excesiva erosión, pobre drenaje interno o aridez del suelo; así como también por los afloramientos de rocas, áreas con espesor de suelo reducido o pedregoso, topografía desfavorable, extrema acidéz o alcalinidad.

Muchos de los factores que afectan el uso del suelo son directamente visibles en las fotografías aéreas; otros pueden ser determinados por evidencias y si es necesario deberán ser confirmados con verificación de campo.

8.3 Interpretación de las formas del terreno en estudios de deslizamientos.

La fotointerpretación del terreno en estudios de deslizamientos proporciona un buen ejemplo de la importancia de la interpretación de las formas de éste en los proyectos de ingeniería

Este ejemplo se ha seleccionado porque los deslizamientos afectan grandemente muchos tipos de trabajos de ingeniería como son carreteras, ferrocarriles y construcciones en general.

Una interpretación correcta de las formas del terreno es esencial en la determinación y prevención de deslizamientos, ya que estas formas varían y dan lugar a deslizamientos de diferentes tipos. Un trabajo preliminar y cuidadoso de fotointerpretación a escalas convenientes, reducirá materialmente la cantidad de las exploraciones de campo que se requieren en los estudios de deslizamientos.

Teniendo un conocimiento general de una área determinada a través del estudio de las fotografías aéreas de la mayor parte de las zonas problema, el ingeniero estará en condiciones de definir las características particulares relacionadas con los deslizamientos. Para la mayoría de los problemas de terrenos con deslizamientos, las fotografías de escalas de 1:15,000 a 1:30,000 son adecuadas y si el área es complicada o los deslizamientos son pequeños, las escalas de 1:5,000 ó 1:10,000 deberán ser utilizadas. Las fotografías de escalas grandes son buenas para obtener mayores detalles, pero deberán ser complementadas con fotografías de escalas pequeñas para cubrir adecuadamente una región determinada.

Antes de familiarizarse con la apariencia de deslizamientos sobre el terreno, los ingenieros deberán normar ellos mismos sus observaciones, mediante el examen de fotografías aéreas de ejemplos conocidos. Los signos visibles de deslizamientos son la bien definida línea de fracturamiento en la zona escarpada, el amontonamiento superficial de la masa deslizada, cambios abruptos de vegetación y diferencias tonales entre las laderas estables y las masas deslizadas. Los deslizamientos recientes aparecen en tonos brillantes o más claros y la vegetación y el drenaje no están bien definidos.

En los sitios en donde las carreteras son construídas en materiales inestables, los contornos irregulares y los modelos tonales de zonas de fracturamiento de reparaciones de pavimentos, son visibles en las fotografías de escalas pequeñas. Estas mismas carreteras con bastantes problemas por su mala ubicación, son perfectamente visibles en las fotografías.

Las técnicas de fotointerpretación permiten al ingeniero especialista en caminos, cubrir una extensa área que él utilizará para definir sitios y examinar áreas en donde los deslizamientos son probables. Algunos de los sitios peligrosos son:

- a) Masas de tierra socavadas por corrientes. Los deslizamientos están comúnmente en bancos sujetos a socavamientos. En áreas de suelos, el punto más débil es usualmente el punto de máxima curvatura de la corriente, donde el agua socava el banco con mayor fuerza. Si la sección de máxima curvatura está ocupada por rocas resistentes, el lugar de mayor debilidad, estará en ambos lados de esa sección.
- b) Laderas saturadas. En una área peligrosa de grandes masas de roca suelta o pendientes saturadas, los deslizamientos son frecuentes y esas zonas deberán ser cuidadosamente examinadas para prevenir esos problemas.
- c) Zonas de escurrideros.- Los escurrimientos de agua contribuyen a muchos deslizamientos y la relación deslizamiento drenaje puede ser fácilmente determinada con la interpretación de las fotografías. Los escurrideros están frecuentemente cerca de lagunas, presas, canales de irrigación, etc.; si el curso del escurridero está más alto de la zona de deslizamiento, será más evidente observarlo por el fotointérprete que por el investigador de campo.

El peligro de deslizamientos en zonas en las que el drenaje se vé desviado, necesitarán de estudios especiales. La experiencia de campo en áreas inestables tiene marcadamente enseñado que uno de los sitios más peligrosos son las laderas-bajas de una montaña, en donde el drenaje superficial es desviado. Cerca de canales superficiales aparecen en las fotografías aéreas, líneas suaves y oscuras, vegetación densa sobre las laderas, movimientos y rupturas en los pavimentos de los caminos, características que son consecuencia de la evidencia de escurrimientos locales.

Las fotografías aéreas permiten a los ingenieros - comparar las zonas de laderas estables. El área de cubrimiento de las fotografías para un proyecto determinado, registran muchas variaciones de la topografía y el drenaje y los especialistas o ingenieros pueden definir áreas en las que las condiciones del terreno son más ideales para la construcción. Si estas áreas son estables, el sitio no presentará problemas y estará bien seleccionado.

8.4 Rocas susceptibles al deslizamiento

Muchas de las rocas que están sujetas a los deslizamientos pueden ser identificadas en las fotografías aéreas, aún cuando algunos tipos complejos de rocas y formaciones son difíciles de interpretar. Las rocas más susceptibles de sufrir deslizamientos son las lutitas, pizarras, calizas, piroclásticos, etc. Observándose también este fenómeno en otros tipos de rocas que presentan otras condiciones determinadas como fracturas, fallas, etc., las cuales también propician estos deslizamientos.

a) Rocas Sedimentarias.- Las rocas sedimentarias con estratificación horizontal y las areniscas masivas bien cementadas son las rocas más estables. Las lutitas intercaladas con areniscas o calizas son bastantes inestables. Los deslizamientos no son comunes en calizas a menos que éstas se encuentren interestratificadas con lu-

titas u otras rocas inestables. Si las laderas contienen tal humedad que llega hasta la saturación, cualquier tipo de rocas puede tener deslizamientos. Se considera que dependiendo del echado de las capas o estratos del sistema de juntas y/o fracturas y el clima, los deslizamientos de rocas sedimentarias se presentarán como desprendimientos de rocas, bloques caídos etc. Es también muy común observar que la socavación por corrientes y muchas ocasiones las excavaciones efectuadas por el hombre provocan también los deslizamientos.

En zonas planas de rocas sedimentarias existen deslizamientos muy pequeños que no son claramente visibles en las fotografías aéreas y existe la posibilidad de que los deslizamientos no puedan ser establecidos perfectamente por medio de la fotointerpretación.

Rocas ígneas.- Los basaltos y granitos son las rocas ígneas más comunes y ambas pueden sufrir deslizamientos cuando sus condiciones de fracturamiento, intemperismo topografía y drenaje interno son abundantes que favorecen con ello dichos movimientos.

Rocas Metamórficas.- Los desprendimientos en estas rocas varían en frecuencia y severidad, siendo difícil su identificación en fotografías aéreas, ya que de por sí la interpretación de las rocas metamórficas es muy compleja, puesto que sus características superficiales son demasiado pequeñas para lograr identificarlas; sin embargo, con algunas experiencias de campo aplicadas a la interpretación, pueden ser resueltas estas dificultades.

8.5 Forma de investigar zonas de deslizamientos.

El siguiente procedimiento es recomendable para la localización de zonas de deslizamientos por medio de estudios de fotointerpretación: el análisis detallado de todos los meandros de los ríos y áreas de pendiente húmedas con evidencias de deslizamientos en áreas de proyectos, deberán ser cuidadosamente interpretadas. La identificación del tipo de terreno, de tipos de rocas y suelos y la determinación de las áreas de posible deslizamientos, debe ser efectuada. También se recomienda examinar detenidamente todas las masas de terreno que estén cerca-

nas a las curvas de los ríos, además de todas las pendientes saturadas arriba y abajo de los cortes del camino o sitio de construcción. Los contornos irregulares del terreno y los caminos - en los que se observa una intensa conservación (parches en el pavimento), son indicadores evidentes de la formación de deslizamientos.

9 - Verificaciones de Campo de la Fotointerpretación

Una vital y muchas veces difícil parte de la planeación en la ingeniería, es la selección de un buen sitio para la construcción o proyecto de ruta. El análisis de suelos, rocas y condiciones topográficas por medio de la fotointerpretación, - permitirá al ingeniero cambiar o seleccionar un número de posibles sitios o rutas y planear con ello un programa de exploraciones del subsuelo. Estos trabajos se pueden efectuar con un mínimo de demora y costo; considerándose que este factor es importante en el caso en el que las construcciones son en el subsuelo (oleoductos), en los que al concluir su construcción, el terreno es nuevamente utilizable por sus propietarios sin sufrir ninguna alteración.

Teniendo correctamente interpretadas las condiciones de suelos y rocas observados en los pares estereoscópicos, el proyectista estará en condiciones de determinar el número, tipo y profundidad de las muestras que sean requeridas. En las áreas de terrenos y materiales más complejos se deberán coleccionar un mayor número de muestras. Las condiciones de los sitios elegidos, pueden ser rápidamente comparadas anticipándose con ello a las dificultades que se presentarán en el campo.

Las exploraciones de campo también pueden ser limitadas determinando áreas en las que las formaciones de suelos y rocas son complejas o difíciles. En donde las propiedades de los materiales puedan ser identificados directamente, el ingeniero puede extrapolar a grandes áreas la información obtenida de unos cuantos sondeos. El tiempo empleado en el muestreo de

campo es reducido cuando se conoce de antemano las texturas del suelo, mediante el empleo de las fotografías aéreas. Dependiendo del entrenamiento que tenga el intérprete, éste podrá determinar las texturas de los materiales como son dunas, loess, gravas, planicies de inundación, así como las propiedades de determinadas rocas como son calizas, granitos, etc.

Cada proyecto de ingeniería es único en uno o más conceptos, pero la función principal y los métodos básicos de fotointerpretación son similares en todos los proyectos. La interpretación de condiciones locales y la planeación del trabajo de campo, puede efectuarse eficientemente de la siguiente manera:

- a) Lista de proyectos de ingeniería de campo.
- b) Mosaico fotográfico del área por estudiar en el que estén anotadas las características geológicas observadas.
- c) Estudio de las características regionales, algunas de las que aparecerán en el mosaico y la lista de las características generales del área, las que influirán en la selección del sitio y el método de construcción y mantenimiento. Al checar las correcciones de la lista con un breve examen estereoscópico, se conocerán las condiciones del posible sitio elegido.
- d) Establecer una clasificación de las condiciones más relevantes del terreno, las que influirán en las construcciones y ejecución de las obras de ingeniería que se proyecten.
- e) Delimitar el tipo de unidades de rocas en las fotografías, de acuerdo al esquema de clasificación; y si es necesario, pasar los delimitamientos a un plano base. En la clasificación y delimitación de tipos de unidades, se deberá tomar en cuenta el costo

y función de la obra, en relación con las exploraciones de campo.

- f) Seleccionar sitios para muestreos que sean de fácil acceso para su verificación.
- g) Planear las exploraciones del subsuelo, indicando en las fotografías la localidad de los sondeos.

La eficiente planeación del muestreo de campo proporciona un mayor entendimiento de las funciones de la fotointerpretación, ya que antes que sea efectuada la verificación de campo, se puede determinar las condiciones del área por estudiarse.

La verificación de campo de la fotointerpretación tiene tres propósitos principales:

- a) Afinar la interpretación con detalles observados en el campo.
- b) Anotar las características y calidad de los materiales estudiados.
- c) Efectuar en el sitio pruebas y recomendaciones adecuadas.

¿Cuántas pruebas de campo son necesarias para un buen trabajo?, es una de las preguntas fundamentales que deberá hacerse el ingeniero.

El factor más importante que afecta a estas necesidades es la complejidad de la geología y geomorfología del área, así como el tipo de trabajo que se esté efectuando. Cuatro combinaciones básicas relacionadas con estos factores, son las siguientes:

- a) Un trabajo detallado deberá ser efectuado en un área compleja como lo es la exploración de zonas mineralizadas.

- b) Reconocimiento en área compleja, como es la valoración de concesión mineras y/o petroleras.
- c) Un trabajo detallado en un área de geología uniforme como el requerido para estudios de presas.
- d) Reconocimiento de un área de geología uniforme como sucede en la localización preliminar de vías terrestres.

En estos ejemplos, la cantidad de trabajo de campo requerido disminuye desde (a) hasta (d).

10 - Ventajas que se obtienen del empleo de la Fotointerpretación.

- 1) El tiempo necesario para realizar un estudio, se reduce en forma notoria y ésta reducción puede variar de un 50% a un 90% dependiendo del tipo de estudio y la complejidad de la zona por estudiarse.
- 2) En zonas poco habitadas por el hombre, el empleo de las fotografías aéreas permitirá efectuar el estudio sin dificultades (desiertos, glaciares, selvas).
- 3) Las fotografías aéreas estarán a disposición en el momento en que se requieran, con el fin de efectuar una nueva investigación del área estudiada, sin necesidad de hacer nuevos gastos, ya que las fotografías son documentos achivables y que pueden sujetarse a revisión en cualquier momento.
- 4) La gran cantidad de detalle que proporcionan las fotografías aéreas no pueden obtenerse de algún plano, cualquiera que sea el método o tiempo que se emplea en elaborarlo.
- 5) Pueden ser estudiadas con facilidad las zonas de morfología inaccesible o de difícil acceso.
- 6) En la programación de itinerarios que deberán seguirse para la verificación de campo es de gran ayuda.

da.

Las limitaciones que se tienen como todo método auxiliar son las siguientes:

- 1) Las escalas con que se trabaja son frecuentemente--fraccionarias, lo que provoca pequeños grados de - inexactitud.
- 2) Las determinaciones efectuadas por fotointerpreta - ción, no todas pueden ser reconocidas con precisión, siempre y cuando no se efectuen reconocimientos de - campo.

Elección del Area por Fotografiar

Como se ha comentado en páginas anteriores, para la elección del área por fotografiar se deberá abarcar:

- 1) Todas las posibles alternativas
- 2) La red hidrológica que tenga influencia sobre el - área de estudio.
- 3) Las áreas adyacentes que sirvan para efectuar una - fotointerpretación adecuada, tanto para estudios - geológicos como económicos.
- 4) Los lugares cercanos que puedan servir para bancos- de materiales y abastecimientos de agua.
- 5) Las zonas vecinas en donde se puedan construir - - obras complementarias tanto en un futuro inmediato- como mediató.

11 - Fotointerpretación en campos especiales de la Ingeniería

11.1 Caminos.- Durante muchos años los proyectistas de vías terrestres han utilizado las fotografías aéreas como pla - nos bases convenientes para la representación gráfica y locali-

zaciones de campo. Recientemente ellos han realizado en las mis - mas fotografías todas las fases de la ingeniería de vías terres - tres, como son: planeación, exploración, diseño para la cong - trucción y mantenimiento.

Para decidir sobre la más facil construcción de un - camino, el ingeniero deberá efectuar estudios sobre el origen- y destino de ese camino, densidad del tráfico, análisis de cam - po del comportamiento de otros caminos similares al proyectado- que ya estén en operación y seleccionar las rutas posibles para el nuevo camino. Los estudios de campo pueden ser efectuados - con facilidad y rapidez basándose en las fotografías aéreas. - Las posibles rutas también pueden ser seleccionadas más eficien - temente con la fotointerpretación, que por medio de las mejores técnicas de campo; por lo tanto, la exploración en ingeniería - de vías terrestres, deberá producir resultados rápidos y el fo - tointérprete estará en posibilidades de efectuar proyectos pre - liminares sin tener que salir del gabinete.

Las posibles rutas son rápidamente examinadas en pa - res estereoscópicas de fotografías aéreas y las condiciones del terreno son interpretadas, marcando en las fotografías los ti - pos de unidades litológicas y si es necesario, éstas deberán re - producirse en un plano. Mediante este proceso, es posible elimi - nar uno o más de las posibles rutas. En el proyecto de caminos, los siguientes factores deberán regir las clasificaciones y de - limitaciones de tipos de unidades.

- 1) Area y tipo de espacios libres y sin vegetación - - abundante.
- 2) Valor de la propiedad y costo del camino
- 3) Volumen de excavación
- 4) Drenaje
- a) Areas de las cuencas, topografía, vegetación y - permeabilidad del subsuelo.

- b) Condiciones del subsuelo
 - c) Esguerrideros y áreas potenciales de infiltración.
- 5) Deslizamientos antiguos y áreas susceptibles al deslizamiento.
 - 6) Materiales que requieren excavaciones.
 - 7) Volumen y acceso de bancos de materiales
 - 8) Localización de bancos de materiales para base, subbase, agregados para el concreto, así como la localización de bancos de arcillas y arenas.

La gran mayoría de estos sitios deberán ser localizados directamente en las fotografías.

Para comparar la economía de cada una de las alternativas, deberán ser utilizadas las fotografías aéreas con el fin de obtener planos fotogramétricos que permitan efectuar las valoraciones antes mencionadas.

En escalas de mayor magnitud, el intérprete está en posibilidades de analizar las distintas rutas con una buena cantidad de detalle y agregar a los factores generales de alineamiento, pendiente, excavación de roca, capacidad de carga de los suelos y otras pequeñas características como son capas de rocas, zonas de aluviones, manantiales y zonas de saturación; recomendando con ello modificaciones en zonas que no fueron apreciadas en los estudios preliminares.

El trabajo de construcción incluye las exploraciones de campo, correcciones de datos de alineamiento y pendiente, localización de áreas problemáticas potenciales, y de bancos de materiales para la construcción.

A continuación se anexa la secuencia de actividades

para seleccionar rutas, tomando como base las fotografías aéreas.

- a) Primer reconocimiento aéreo en el que toman parte tres técnicos especialistas, uno en localización de vías terrestres, otro en geotécnica y otro en estudios económicos, los que realizan observaciones de su especialidad en todas las rutas posibles, sobrevolando toda el área necesaria con objeto de apreciar los accidentes topográficos e hidrográficos, las características geotécnicas generales y la situación económica y social de la zona; de este reconocimiento se elabora un informe y se escogen las rutas que deben estudiarse con más detalle, determinando la zona dentro de la cual quedan comprendidas, de la que deberán obtener fotografías aéreas a escala 1:50,000.
- b) Las fotografías aéreas obtenidas se estudian esteoreoscópicamente, con objeto de señalar en las mismas, las posibles líneas que puede seguir el trazado del camino desde los puntos de vista topográfico, geotécnico y socioeconómico.
- c) Se efectúa un estudio comparativo preliminar de las alternativas, eliminando aquellas que obviamente no reúnen las menores ventajas.
- d) Sobre las mejores rutas se practica un segundo reconocimiento más detallado que el anterior, con la participación de los mismos elementos, con objeto de verificar en el terreno las características que se fotointerpretaron en el gabinete; este reconocimiento se realiza en avión o en helicóptero.
- e) Posteriormente al reconocimiento se separan las rutas más ventajosas sobre las que se ordena efectuar un vuelo fotográfico a escala de 1:25,000. Se levanta el control terrestre necesario para poder estudiar-

los modelos fotograficos a la escala 1:5,000. Se detallan mas los estudios fotogeológicos, las cuencas de drenaje y se hacen los primeros estudios de los cruces.

- f) Las fotografías con el apoyo terrestre necesario, se estudian en los Balplex, aparatos que permiten por un sistema de proyectores a color, obtener el modelo estereoscópico del terreno en la mesa del aparato, que también sirve de mesa de trabajo al ingeniero proyectista; este modelo estereoscópico se tiene a la escala precisa de 1:5,000 y, por medio de la mesilla trazadora del aparato, se pueden determinar elevaciones del terreno, levantar perfiles y secciones transversales del mismo.
- g) Estas características del equipo y la posibilidad de tener el terreno a escala, tanto horizontal como vertical, le permite al proyectista estudiar varias alternativas de localización en una franja del terreno de mas o menos cuatro kilómetros de ancho. El estudio de estas alternativas es muy rápido y permite comparar sus costos de construcción y de operación, teniendo presente las recomendaciones de geotécnica y las proyecciones del tránsito calculadas.
- h) Finalmente sobre la ruta seleccionada en el Balplex se hace un reconocimiento más detallado a lo largo de la misma sobre el terreno, para comprobar si no existen problemas geotécnicos que se hayan pasado por alto en el estudio de gabinete y en el caso de que hubiese dos rutas comparables, este reconocimiento del terreno permitirá tomar la decisión a favor de una de ellas.

Anteproyecto.- La segunda etapa, que se designa como de anteproyecto, se inicia con el estudio en gabinete y el replanteo en el campo de una poligonal de referencia a lo largo

de la ruta elegida. Los vértices de esta poligonal se monumentan y señalan en el terreno, de tal manera que destaque en las fotografías aéreas 1:5,000 que se tomarán inmediatamente después. El trazo de esta poligonal se lleva a cabo utilizando tránsitos de 1" y el telurómetro, que es un aparato de medición de distancia basado en el tiempo de recorrido de ida y vuelta de las ondas electromagnéticas entre un aparato emisor y otro receptor. Los vértices de esta poligonal se colocan alternadamente a un lado y otro de la línea central de la ruta escogida y una distancia conveniente para que no se vean afectados posteriormente los monumentos por la construcción del camino. Además de los vértices de la poligonal se levantan algunos puntos de control auxiliares, mediante radiaciones.

Con base a estas fotografías y el control terrestre descrito, se elaboran los planos fotogramétricos a escala 1:2,000 ó 1:1,000 de una faja de terreno del ancho necesario para estudiar en ella varias alternativas de anteproyecto de trazo. Al mismo tiempo, con las fotografías en los Balplex se estudian con todo detalle las características del terreno natural y de los accidentes naturales y artificiales que en él se presentan; en esta forma se comparan varios anteproyectos, estimando los movimientos de tierra, el costo de las obras de drenaje, puentes y obras complementarias, así como los costos de operación de las diversas alternativas, con objeto de escoger de ellas aquellas que arroje el costo mínimo para el tránsito propuesto para ese camino.

Como la localización de los anteproyectos se hace en la mesa de trabajo del proyectista, éste tiene todas las facilidades para determinar con rapidéz y comodidad las características geométricas y los presupuestos y costos de operación de cada una de las alternativas, llegando en esta forma a optimizar la selección del anteproyecto definitivo.

Proyecto definitivo.- En la tercera etapa que corresponde a la del proyecto definitivo se realizan las siguien-

tes operaciones:

- a) Sobre la línea del anteproyecto elegido se realiza un estudio geotécnico detallado en el campo, a base de sondeos directos y estudios geofísicos en los cortes de más de 7 m., con objeto de determinar los coeficientes de variación volumétrica de los materiales, la clasificación de los estratos con fines de pago y la inclinación que se debe dar a los taludes de los cortes.
- b) Simultáneamente, las brigadas topohidráulicas y de exploración efectúan los levantamientos y estudios topohidráulicos necesarios en los cruces escogidos, obteniendo muestras del terreno para determinar sus características en cuanto a capacidad de carga y resistencia a la acción de otros factores a los que estará sometido el terreno.
- c) Mediante el programa correspondiente, la computadora electrónica, con los datos registrados en tarjetas perforadas, calcula y entrega los datos del alineamiento horizontal, matematizando analíticamente los datos elementales que componen dicho alineamiento.
- d) Con las diapositivas de las fotografías 1:5,000 debidamente orientadas en los Autógrafos y utilizando como eje el alineamiento horizontal matematizado, se levantan las secciones transversales con el auxilio del perfiloscopio, que es un aditamento que se coloca en el coordinatógrafo del Autógrafo para que materialmente el operador pueda seguir las líneas de las secciones transversales, marcadas en una planta del trazo. Además de los perfiles de las secciones transversales cada 20 m., y los puntos singulares se levantan también los perfiles de todos los arroyos y talwegs que cruzan la línea, para utilizarse posteriormente en el proyecto de las alcanta-

- rillas. Los datos de las secciones transversales se obtienen a base de tres coordenadas de cada punto de la sección, que se registran automáticamente en una máquina de escribir y en una perforadora de tarjetas. Con estos datos, mediante un programa especial, se obtiene el perfil longitudinal del terreno sobre el eje del camino.
- e) Sobre el perfil obtenido, se diseña un anteproyecto de subrasante con todos los datos del alineamiento vertical.
 - f) Con base en los datos de los alineamientos horizontal y vertical, las secciones transversales del terreno, las secciones tipo para terraplen y corte y los coeficientes de variación volumétrica de los materiales que constituyen los estratos del terreno, la computadora electrónica, mediante un programa preparado para el caso, calcula áreas, volúmenes ordenadas de curvatura de las terracerías resultantes de este proyecto. Si a la vista de los resultados se observa que pueden hacerse economías mediante pequeños ajustes en el alineamiento vertical y aún en lo horizontal se procede a hacer estos ajustes repitiendo el proceso de cálculo en la computadora electrónica.
 - g) Una vez que se tiene el alineamiento horizontal definitivo, la computadora electrónica con un programa expofeso, proporciona los listados de las coordenadas polares y rectangulares, con respecto a la poligonal de referencia del $\frac{1}{2}$ del trazo del camino, en las estaciones a cada veinte metros y en los puntos singulares del trazo.
 - h) De acuerdo con el proyecto del alineamiento vertical y horizontal ya debidamente ajustado y con un programa especial, la computadora electrónica calcula y proporciona un listado de las coordenadas de -

los puntos principales de las secciones de construcción, como son las del g, los hombros del camino y los cerros.

- i) El proyecto hidráulico y geométrico de las alcantarillas y los puentes se ha mejorado bastante en el método actual, debido a que las fotografías aéreas proporcionan todas las características de la cuenca de drenaje en forma fidedigna y permiten estimar el gasto y el área hidráulica necesaria con base en una información más precisa. Al mismo tiempo se han estado superando las insuficiencias derivadas del uso de fórmulas empíricas para el cálculo de estos elementos, utilizando fórmulas más racionales,

Las ventajas más importantes de la aplicación de las nuevas técnicas de proyecto, pueden sintetizarse en las siguientes:

- a) Permite aumentar la producción de kilómetros, proyectados de carretera y/o ferrocarriles, debido a la posibilidad de atacar simultáneamente varios proyectos, en sus diversas etapas. En la actualidad la producción se ha incrementado hasta alcanzar una longitud comprendida entre 1,200 y 1,500 kilómetros de vías terrestres, proyectados por año, lo que representa un aumento del más del 100% en relación con la producción de hace 10 años.
- b) Las técnicas empleadas permiten a los proyectistas y a los jefes responsables de los proyectos, visualizar en forma exhaustiva todos los problemas que puedan presentarse en la localización del camino, lo que permite optimizar el proyecto y reducir las contingencias durante la construcción y operación del camino.
- c) Se han obtenido economías muy importantes, casi de un 50%, en el costo del proyecto y se estima que las economías en la construcción son del orden del

30%.

Cuando la ruta ha sido seleccionada y se inicia la construcción, el fotointérprete deberá proporcionar valiosa ayuda a los constructores, el localizará y analizará los materiales de construcción en o cerca de la ruta proyectada; recomendará las obras de subdrenaje que sean necesarias, alcantarillas especiales y otros detalles de diseño del camino, así como sugerir medidas que permitan resolver la inestabilidad de determinados suelos.

El mantenimiento deberá ser constante, y el fotointérprete está en posibilidades de recomendar las modificaciones y localizaciones de nuevos bancos de materiales que sean necesarios para la conservación de determinados sitios.

Algunas zonas de fallas en el camino pueden ser identificadas en nuevos vuelos y con base en la fotointerpretación, determinar la extensión del o de los daños observados y recomendar las modificaciones u otras medidas de corrección.

Las determinaciones de bancos de materiales pueden ser hechas con las fotografías, aún cuando deberán ser necesariamente verificados en el campo. Las localizaciones de los sitios se deberán presentar al contratista en un fotomosaico y con un reporte escrito, en el cual se deberán incluir los siguientes puntos:

- a) Tipo y extensión de todas las superficies de depósito.
- b) Textura de los depósitos granulares; expresando la proporción de arenas, gravas y boleos o cantos rodados.
- c) Localización de canteras.
- d) Mejores localizaciones de caminos de acceso a la obra.
- e) Fluctuaciones del nivel freático.



G-

603887

- 79 -

- 80 -

FACULTAD DE INGENIERIA

- f) Localización y descripción de materiales de mala calidad.
- g) Uso actual del suelo.

11.2 Ingeniería de Tránsito

Uno de los mayores problemas en las grandes capitales es la gran cantidad de vehículos que circulan por sus avenidas; anéxese a ésto, los escasos o nulos estudios de ingeniería de tránsito o el desconocimiento de la materia de la o de las personas encargadas de resolver estos problemas, lo cual dá como resultado los congestionamientos que se encuentran sujetas - las calles de las ciudades.

El resultado de un flujo deficiente del tráfico es como antes se anota, la congestión, contratiempos en áreas de - terminadas de la ciudad, depreciación de la propiedad, pérdidas de tiempo, injurias y muertes debido a los accidentes.

La misión del ingeniero de tráfico es medir el flujo de vehículos, definir y analizar los problemas de tráfico, - recomendar reformas que tiendan a mejorar dichos problemas y - proporcionar espacios adecuados para estacionamientos y termina - les. Algunos ingenieros de tráfico utilizan las fotografías aéreas con grandes ventajas, pero la aplicación de la fotointer - pretación aún no han querido aceptarla como una técnica en di - chas investigaciones.

Las fotografías aéreas son evidencias permanentes y sin variaciones de los volúmenes y movimientos de tráfico, eliminando muchas labores que aumentan el tiempo en el conteo de - vehículos. A escalas de 1:10,000 o más grandes, los modelos de - las calles, edificios y uso del suelo, así como los vehículos y - las principales zonas de interferencia de tráfico, son observa - dos con gran claridad.

La pleneación de un tráfico eficiente en una zona -

urbana comprende: proyectos de avenidas de doble sentido, de un solo sentido, vías de alta velocidad (viaductos, periféricos), - sistemas de tránsito rápido y amplias zonas para estacionamien - tos.

Los planos para el diseño de estas obras pueden ser producidos por levantamientos aéreos o de campo, pero los levan - tamientos de campo no pueden igualarse a los aéreos ni en pre - cios ni en rapidéz y presición.

El conteo de vehículos y otros estudios especiales - de tráfico, son efectuados con mayor rapidéz y con mejor exacti - tud por medio de las fotografías aéreas que con la ayuda de la - observación directa. Dos o más fotografías aéreas de un sitio - determinado estratégicamente y obtenidas con ciertos intervalos de tiempo proporcionan volúmenes momentaneos de tráfico; este - volumen de tráfico es registrado permanentemente en las fotogra - fías y podrá ser analizado una o varias veces. El conteo de ve - hículos en uno o dos minutos, puede ser extrapolado en volúmenes de horas o días mediante curvas de tiempo-distribución.

El estudio de zonas que registran mayores acciden - tes, pueden ser analizadas en las fotografías aéreas, conociendo con ello las posibles causas de estos y a la vez estar en - condiciones de efectuar algunos cambios, que permitan evitar di - chos accidentes.

11.3 Localización de Sitios Adecuados para el Emplazamiento de Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica.

La selección de las rutas para líneas de transmi - sión, deberá tener un mayor control con objeto de localizar la - distancia más corta entre los puntos que se desea conectar. Las - fotografías aéreas proporcionan al ingeniero una gran aynda pa - ra la localización y el mejor alineamiento de la probable ruta - y más importante aún, para la determinación de los sitios en - los que se colocarán los postes o torres, con el fin de propor -

cionarles una buena cimentación.

Las compañías que se dedican a instalar líneas de transmisión, se interesan en reducir los costos de dichas construcciones, para ello procuran situar la línea en zonas accesibles. Tomando en cuenta también que será esencial el cambio de acceso para el mantenimiento de la línea.

Si el ingeniero tiene experiencia en localizar rutas, el encontrará que una ruta tentativa puede ser marcada en un fotomosaico del área por estudiarse. Cuando ha sido efectuada esta selección preliminar, muchas compañías proceden a efectuar el reconocimiento de campo; otras compañías han concluido en que el reconocimiento de campo es más fácil y más eficiente si anteriormente se han efectuado por medio de la fotointerpretación, las primeras investigaciones y detalles de la línea propuesta.

La localización de los sitios para la cimentación de las torres deberán evitar zonas de vientos fuertes, erosión del terreno, zonas de deslizamientos y otros fenómenos de la naturaleza. Las zonas pantanosas, los suelos excesivamente húmedos, las áreas de deslizamientos e intensa erosión, son sitios que las compañías prefieren evitar y para ello deberán utilizar como un elemento primordial, las fotografías aéreas.

Los sitios más adecuados para el emplazamiento de las torres o postes, son regiones planas, con la roca firme a unos 5 m., bajo la superficie y suelos bien drenados y estables. Para encontrar los sitios para las torres y que satisfagan las condiciones antes mencionadas, el fotointérprete deberá identificar los materiales y las formas del terreno. En muchas áreas potencialmente peligrosas, se pueden tomar medidas adecuadas para proteger la línea, para ello el fotointérprete, deberá tomar en cuenta dichas áreas antes de efectuar las recomendaciones más pertinentes.

11.4 Localización de Sitios Adecuados para la Construcción de Oleoductos y Gasoductos.

El reconocimiento para algunas de estas obras ha sido efectuado mediante observaciones directas a través de vuelos bajos en avionetas o helicópteros, aún cuando dicha inspección no proporcionará nunca la información detallada que se requiere para una planeación completa.

Uno de los factores más importantes que se deberán tomar en cuenta en el proyecto de un oleoducto y gasoducto es la presencia de la roca en la sección por excavar, ya que esto encarecerá la obra y causará demoras en la construcción. Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, se considera que por métodos de fotointerpretación se podrá definir la presencia de esta roca así como también zonas de suelos corrosivos, presencia de materia orgánica o sales alcalinas. El intérprete deberá poner especial atención en los niveles estáticos del agua y sus variaciones en distintas épocas; ya que esto puede provocar condiciones determinadas de corrosión.

Las condiciones del terreno que a continuación se mencionan, deberán ser identificadas y cartografiadas por fotointerpretación:

- a) Áreas de suelos de gran espesor
- b) Áreas en las cuales el agua o el viento pueden erosionar y exponer el gasoducto.
- c) Turberas profundas o poco profundas, incluyendo pantanos y marismas; además de áreas saturadas y blandas.
- d) Taludes fuertes y depósitos de piedemonte, así como deslizamientos antiguos y zonas susceptibles de derrumbes.
- e) Cruces convenientes en los ríos

- f) Terrenos no accesibles para la construcción e introducción del equipo. Las cimas de las sierras y las partes inferiores de los valles, son sitios más recomendables que las laderas de las montañas.
- g) Cambios agudos en las pendientes, en sitios en donde los cambios del gasoducto sean requeridos.
- h) Suelos en los que se pueda transitar en toda época.
- i) La existencia de otros gasoductos enterrados, alcatrillas, tubos de drenaje, etc., deberán ser definidos.
- j) Agregados para el concreto a lo largo de la línea.

El intérprete deberá también clasificar los materiales superficiales y subsuperficiales, para así determinar el equipo y técnicas que deberán ser utilizadas en la construcción. Ya que se requieren diferentes tipos de excavación para rocas duras, rocas pobremente consolidadas o fracturadas, arenas saturadas, gravas y cantos rodados, etc.

11.5 Selección de Boquillas para Presas.

El ingeniero o especialista que se dedica a seleccionar sitios para presas o boquillas basándose en la fotointerpretación, deberá interesarse en lo siguiente:

- a) El abastecimiento local de los bancos de materiales adecuados.
- b) La geología del área y sitio de la construcción.
- c) La capacidad del depósito

Antes de iniciar el extenso reconocimiento de campo y las pruebas de laboratorio, el intérprete deberá establecer las unidades tipo, de acuerdo con los factores antes mencionados y basados en los estudios estereoscópicos de las fotografías, así como algunas verificaciones de campo. De dichas obser-

vaciones se deberán obtener los siguientes conceptos:

- a) Características del valle
 - 1) Origen del valle y probable origen de sus sedimentos.
 - 2) Anchura del valle y área de la cuenca
 - 3) Presencia de afloramientos de rocas, tipos de rocas.
 - 4) Atacabilidad de taludes con equipo ordinario.
 - 5) Acceso al sitio por ferrocarril o carretera
 - 6) Cantidad y tipos de desviaciones que se requieren antes de poder ser rellenado el sitio.
- b) Localización y extensión de deslizamientos.
 - 1) Deslizamientos antiguos a lo largo de los soportes.
 - 2) Deslizamientos recientes a lo largo de los estratos o laderas del vaso.
 - 3) Zonas con laderas susceptibles de deslizamientos.
- c) Características del área del vaso
 - 1) Áreas de terrenos laborables y número de construcciones que pueden ser inundadas y en las que los costos deben ser pagados de acuerdo con el daño que les provoquen.
 - 2) Posibles inundaciones de vías terrestres.
 - 3) Capacidad aproximada del vaso.
 - 4) Localización y distribución de materiales permeables e impermeables, de preferencia cercanos a la obra.
 - 5) Probabilidades de pérdidas en los bordes del vaso.

- 6) Probables zonas de infiltraciones.
- d) Abastecimiento de materiales de construcción
 - 1) Materiales convenientes para el enrocamiento.
 - 2) Arenas y gravas adecuadas para los agregados de concreto
- e) Factores geológicos y topográficos que afecten la localización y diseño de las siguientes estructuras:
 - 1) Aliviaderos
 - 2) Túneles y casa de máquinas
 - 3) Obras de desviación del cauce
 - 4) Sitios para campamentos de los trabajadores
 - 5) Carreteras y ferrocarriles

11.6 Planeación de Estructuras para el Control de Inundaciones.

La fotointerpretación proporciona gran asistencia en la planeación de diques y otras estructuras para controlar inundaciones. Puesto que los diques y malecones están siempre asociados con sedimentación aluvial y marina, el ingeniero que diseña éstos, deberá tener un buen conocimiento de la geomorfología de las corrientes de inundación.

Un estudio detallado de la superficie de los suelos en zonas de planicies de inundación, puede ser efectuado en base a los tonos fotográficos, los que se manifiestan de acuerdo con la variación en la textura y contenido de humedad de los suelos.

11.7 Fotointerpretación en Hidrología.

Las fotografías aéreas pueden utilizarse en determi

nar las posiciones de las corrientes en la superficie del terreno. El tipo de corriente varía con la capacidad de infiltración del suelo, la cobertura vegetal y la geología de la zona. La cantidad de corrientes en una cuenca puede ser estimada de la manera siguiente: categoría de la corriente al ser establecida dependiendo de su presentación superficial o topográfica, suelos, vegetación y geología de la zona. Los tipos de pendientes, suelos, vegetación y rocas pueden ser interpretados y delineados en las fotografías aéreas. Cuando estos factores han sido considerados y los efectos de corriente de han determinado, una estimación preliminar de la hidrología puede ser preparada para cada corriente en el área de la cuenca.

Las identificaciones de zonas de humedad y áreas de manantiales desde fotos aéreas, puede dificultarse si únicamente se emplean fotografías pancromáticas y dependiendo de ciertas condiciones locales; áreas con una marcada estación seca, ofrecen las mejores condiciones para la fotointerpretación de estos procesos, ya que manifiestan los sitios en los que las concentraciones de humedad reflejan tonos distintivos en las fotografías. Por lo que los manantiales y zonas muy húmedas en tales áreas, son fácilmente identificados. En zonas de pastizales, un tono oscuro por la abundancia de la vegetación debe presentarse. En zonas forestales, ciertas especies típicas deberán ser observadas alrededor de los sitios de gran humedad.

Los planos de fallas que en ocasiones interrumpen el flujo de agua subterránea, son sitios en los que se presentan manantiales y son fáciles de observar en pares estereoscópicos.

Antes de que los manantiales y zonas húmedas sean definidas en las fotografías, se deberá efectuar un reconocimiento de campo.

Características de las Corrientes.- La gran mayoría de las características de las corrientes puede ser interpretadas en las fotografías aéreas. Tipos de corrientes perennes pue

den ser distinguidas de corrientes intermitentes por su mayor abundancia de vegetación en sus riberas.

Los tipos de corrientes son clasificados en base al orden de sus tributarios. La corriente principal en una cuenca se considera como de primer orden y sus tributarios seguirán un orden creciente, de acuerdo a su abundancia y este orden puede ser rápidamente determinado por fotointerpretación.

La densidad del drenaje se encuentra en relación con la geología del área. Es común observar que en rocas cristalinas sin intemperismo, la densidad del drenaje es baja; pero en el caso en que la zona de intemperismo de esas mismas rocas sea alto, la densidad de drenaje también será alta. Lo mismo sucede en el caso de las rocas sedimentarias. La permeabilidad del suelo y de las rocas subadyacentes tienen una influencia fundamental en la densidad del drenaje, ya que con un elevado índice de permeabilidad, la densidad de drenaje es más baja, considerándose que esta permeabilidad puede ser primaria o secundaria de acuerdo con el grado de fracturamiento que presentan las rocas, siendo por demás agregar que en suelos y rocas impermeables, el flujo de corrientes superficiales es abundante y en consecuencia la densidad de drenaje, será alta.

Aguas Subterráneas.- Estas se presentan comúnmente en zonas de planicies y valles. En algunas regiones los recursos principales de agua lo representan las aguas subterráneas. Su localización y cuantificación puede ser efectuada con base en la fotointerpretación. Un método para la localización de aguas subterráneas por fotointerpretación, está basado en la correlación de sitios posibles de agua subterránea con características visibles desde el aire, como son: modelos topográficos, vegetación, uso del suelo, drenaje y algunas otras características que se presentarán en el campo. En la investigación para aguas subterráneas, el fotointérprete deberá identificar formaciones porosas granulares que puedan contener agua, debiendo considerar el sitio, elevación y otras condiciones de campo, las que afectan la acumulación y movimiento del agua subterrá-

nea. Se deberán efectuar comparaciones del área con otras áreas que hayan sido investigadas. El método desarrollado por Howe, - consiste en lo siguiente:

- a) Delimitación de corrientes, drenaje y corrientes su per fi ci al e s del área en un fotomosaico.
- b) Interpretación detallada de los materiales superficiales y delimitación de los tipos de suelos, de acuerdo con la fisiografía y vegetación.
- c) Delimitación de las formas del terreno y modelos de uso del suelo, correlacionándolos con las condiciones de agua subterránea. Interpretación de características especiales de campo, tales como zonas inundadas, lagunas, presas, diques y pantanos, los que proporcionan una guía para conocer las condiciones de las aguas subterráneas en la zona.
- d) Delimitación de áreas probables que tengan formaciones saturadas.
- e) Revisión de la literatura, incluyendo registros de pozos, reportes geológicos y otras informaciones acerca del área. La verificación de campo y la obtención de fotografías de vuelo bajos deberán efectuarse en zonas con mayores problemas.
- f) Preparación de un plano de comportamiento de las aguas subterráneas y el informe escrito de lo analizado.

El plano deberá mostrar los sitios más apropiados para la exploración de aguas subterráneas. Los planos de aguas subterráneas son de gran ayuda para situar adecuadamente el establecimiento de una planta o industria en sitios en donde el suministro de agua es suficiente.

La localización y cantidad del agua subterránea en áreas desérticas es de particular importancia para el hombre.

La localización de aguas subterráneas en zonas desérticas puede localizarse rápidamente, basándose en la vegetación la que se manifiesta notoriamente en las fotografías aéreas.

Las condiciones del agua subterránea en una área desértica, pueden ser interpretadas de la siguiente forma.

- a) Reconocimiento de campo anotando la aparición de la vegetación en las fotografías en relación con la profundidad y calidad del agua subterránea. Se deben efectuar reconocimientos para aguas dulces y aguas saladas.
- b) Clasificación del área en distintas situaciones del agua subterránea, ya que sea dulce o salobre. Delimitando estas clasificaciones en las fotografías.
- c) Verificación de campo de la delimitación y condiciones del agua.

En fotografías tomadas brevemente después de una lluvia, puede efectuarse un rápido crecimiento de distintas especies vegetales, dando la impresión de una zona de abundante humedad, y de presencia de aguas subterráneas, pero al verificarse en el campo, se comprenderá inmediatamente las causas de tales manifestaciones en las fotografías.

Un problema especial en la hidrología de regiones áridas lo representa el excesivo consumo de agua subterránea por las plantas xerofitas.

Sedimentación.- Los estudios hidrológicos de un área incluyen el proceso de erosión y sedimentación y el control de estos procesos es una parte importante en el estudio de cuencas. Las fotografías aéreas pueden utilizarse para definir áreas con intensa erosión; estudiando además el transporte de sedimentos por las corrientes y estimando las cantidades y zonas de depósito.

Interpretando estas zonas, una gran variedad de métodos de conservación de los recursos naturales renovables pueden ser recomendados para evitar el ininterrumpido efecto de la erosión. Para proyectar la construcción de un dique, el hidrólogo deberá conocer el gradiente del terreno, mediante un perfil obtenido en el estudio estereoscópico de fotografías aéreas.

La cantidad de sedimentos transportados y depositados pueden ser medidos, efectuando un análisis por fotointerpretación de la naturaleza de la corriente, y dibujando una sección transversal en las zonas de sedimentación activa pueden estimarse las áreas y así conocer los volúmenes entre las diferentes secciones transversales obtenidas.

También pueden identificarse rápidamente zonas de depósitos como abanicos aluviales y deltas por sus formas, tonos y texturas, así como también las zonas de inundación provocadas por las grandes avenidas, pueden ser determinadas por fotointerpretación, conociendo además los sitios por los que los ríos desbordan y provocan estas inundaciones, estando en condiciones de proyectar obras de protección o encausamiento para evitar el efecto destructivo de dichas corrientes.

11.8 Estudio de Zonas Urbanas

El análisis de zonas urbanas está relacionado con las actividades de las personas en la ciudad y determinan en donde viven, trabajan o juegan. En donde esta situada y cuales son sus dimensiones; cual es su desarrollo regional, cuales son sus modelos en el espacio, que funciones se ejecutan en la ciudad, cuales han sido sus funciones en el pasado, cuantos son sus habitantes y cual es su organización social, cuales son las relaciones entre los habitantes y la ciudad, como y hacia donde se presenta el crecimiento de la zona urbana y cuales son los planes para su desarrollo.

En estudios de urbanismo es común medir la importancia de una área por el número de habitantes o por el uso del suelo que está dando el hombre. Pero las fotografías aéreas generalmente utilizadas en el análisis de zonas urbanas manifiestan únicamente lo efectuado por el hombre. Pero para entender esto, se deberán interpretar las fotografías a fuerza de deducir, inferir y asociar los factores.

La aplicación de la fotointerpretación para el análisis de zonas urbanas, aparentemente no tiene muchas ventajas, pero los economistas, o urbanistas y sociólogos, deberán tomar medidas de urbanismo y ecología para poder efectuar comparaciones entre las ciudades y sus necesidades; aún cuando cada unidad es única, que no permite esas comparaciones, pero si aprovechar las nuevas técnicas que en otras ciudades han permitido mejorar sus condiciones urbanísticas.

Por medio de la fotointerpretación y en combinación con reconocimientos de campo, se pueden efectuar clasificaciones de la zona urbana de acuerdo con el uso actual del terreno. Para esta clasificación se requieren de dos recursos necesarios:

- a) Un esquema de clasificación que defina los tipos del uso del suelo por ser mapeado y determinar el tamaño mínimo del tipo de área.
- b) Una base adecuada para registrar el tipo de áreas observadas. En este estudio, el registro básico es la fotointerpretación. El esquema de clasificación reconoce seis tipos o componentes del uso del terreno en zonas urbanas y son: zonas comerciales, zonas industriales, zonas de desarrollo futuro, zonas impropias para el desarrollo. Las cuatro primeras contienen estructuras: las zonas de desarrollo contienen pocas construcciones o ninguna, y las zonas con escasas posibilidades de desarrollo están desocupadas o circundadas por zonas urbanas.

En las zonas residenciales se presentan comunmente, abundantes jardines, modelos de calles curvas o rectangulares, iglesias y escuelas. En las zonas comerciales, la presencia de tiendas o almacenes, hoteles y las oficinas, son bastante frecuentes, así como los cines etc. Cerca de las zonas residenciales hay muchas tiendas que pueden ser fácilmente identificadas por medio de las fotografías, por sus grandes zonas de estacionamientos y otras características distintivas.

En las zonas industriales la presencia de residencias es insignificante, aún cuando algunas zonas residenciales están rodeadas por algunas industrias. Las zonas industriales están asociadas con almacenes y deberán tener fluidez en las avenidas de transportación. Algunos tipos de industrias tienen determinadas características que las hacen fácilmente reconocibles en fotografías aéreas. La transportación deberá tener facilidades en el desplazamiento, ya sea por aire, agua o tierra.

Los aeropuertos, ferrocarriles, carreteras y zonas de terminales, son los principales elementos que se consideran en el estudio de uso del terreno.

Guías para Interpretar Zonas Industriales.- Para la identificación de una industria a partir de sus componentes observados en las fotografías, se recomienda efectuar las siguientes observaciones:

- 1) Decidir si las industrias son extractivas, de procesos de fabricación.
 - 2) Si es una industria de proceso, decidir si son procesos químicos, técnicos o mecánicos.
 - 3) Si es una industria de fabricación, decidir si son artículos eléctricos o de maquinaria pesada.
- I Industria extractivas.-

Generalmente presentan excavaciones, minas, torres de perforación.

Acumulaciones de materiales.

Bodegas, tanques, estanques

Equipos de maniobra: conductos, gasoductos, oleoductos, bulldozers, grúas, palas mecánicas, góndolas de minas.

Edificios pequeños, etc.

II Industrias de procesado.-

En éstas se presentan espacios de edificios de almacenamiento para grandes volúmenes o zonas para acomodar en pilas los materiales; tanques, silos, toneles y carboneras.

También se deberán observar ciertas facilidades en áreas para manejo de grandes volúmenes de material, conductos, gasoductos, grúas y equipo para movilizar los materiales.

Grandes patios de equipo procesado, altos hornos, torres de ventilación, hornos y terreno de procesos químicos.

Zonas de abastecimientos para grandes cantidades de calor y energía, como son casas de calderas, tanques de aceite, pilas de carbón, grandes chimeneas.

Es común analizar largos o complejos edificios, tanques o pilas de desperdicios, etc.

A) Industrias de fabricación de productos mecánicos.

- 1) Pocas tuberías o tanques cerrados
- 2) Pocos almacenamientos de combustible
- 3) Pocos apilamientos
- 4) Nada de chimeneas.

B) Industrias de fabricación de productos químicos.

- 1) Muchos tanques grandes y cerrados
- 2) Muchas tuberías
- 3) Mucho espacio para el equipo de fabricación

C) Industrias de fabricación térmica

- 1) Pocos tanques y tuberías
- 2) Muchas chimeneas
- 3) Grandes cantidades de combustible
- 4) Hornos, etc.

BIBLIOGRAFIA

- LA TIERRA
Kirtley F. Mather
- GEOLOGIA PRACTICA
F. H. Lahee
- GEOLOGIA Y GEOTECNICA
D. P. Krynine Will R. Judd
- DIALOGO CON LA TIERRA
Hans Clos
- MANUAL OF PHOTOGRAPHIC
Interpretation the American
Society of Photogrammetry.
- DISEÑO DE VIAS TERRESTRES POR
EL METODO FOTOGRAFICO ELEC
TRONICO
Ing. G. Crunkshank G.
- PRINCIPIOS DE GEOLOGIA
Gylluly-Waters
- GEOLOGIA PARA INGENIEROS
J. M. Trefethen
- GEOLOGIA FISICA
Longwell y Flint
- HISTORIA DE LA TIERRA
T. Zajarova
- MECANICA DE LAS ROCAS EN LA -
INGENIERIA PRACTICA
Stagg Zienkiewicz
- INGENIERIA DE LOS RECURSOS HI
DRAULICOS
Linsley Franzini
- DESLIZAMIENTOS EN LA AUTOPIST
TA TIJUANA-ENSENADA
Alfonso Rico R., J. Spring -
gall G. Springall
- COLOR AERIAL PHOTOS FOR SOILS-
AND ROCKS
Abraham Anson.

A P E N D I C E

"INTRODUCCION A LA FOTOINTERPRETACION APLICADA A DETERMINADAS RAMAS DE LA INGENIERIA"

- 1 - INTRODUCCION
- 2 - GENERALIDADES
 - 2.1 ANALOGIA DE LA FOTOGRAFIA AEREA
- 3 - USO DE LAS FOTOGRAFIAS EN ANALISIS GEOGRAFICOS
- 4 - ALGUNOS ANALISIS DE LOS FACTORES QUE CONTROLAN LA CALIDAD DE LAS IMAGENES FOTOGRAFICAS
 - 4.1 PARALAJE ESTEREOSCOPICO
 - 4.2 FACTORES QUE CONTROLAN LA CALIDAD DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS
 - 4.3 CONDICIONES PARA FOTOGRAFIAR OBJETOS BAJO EL AGUA
- 5 - PRINCIPIOS DE FOTOINTERPRETACION
 - 5.1 MANEJO DE LAS FOTOGRAFIAS
 - 5.2 VISION ESTEREOSCOPICA
 - 5.3 METODO DE INVESTIGACION
 - 5.4 CLAVES DE FOTOINTERPRETACION
 - 5.5 NECESIDADES VISUALES
 - 5.6 VISION ESTEREOSCOPICA
- 6 - FOTOINTERPRETACION APLICADA A LA GEOLOGIA
 - 6.1 BREVE ANALISIS DE LA GEOMORFOLOGIA
- 7 - FOTOINTERPRETACION EN SUELOS
 - 7.1 FACTORES QUE AFECTAN LA FOTOINTERPRETACION EN SUELOS
- 8 - LA FOTOINTERPRETACION EN INGENIERIA
 - 8.1 SUELOS BASICOS Y CONCEPTOS GEOLOGICOS
 - 8.2 IDENTIFICACION E INTERPRETACION DE TERRENOS
 - 8.3 INTERPRETACION DE LAS FORMAS DEL TERRENO EN ESTUDIOS DE DESLIZAMIENTOS
 - 8.4 ROCAS SUSCEPTIBLES AL DESLIZAMIENTO
 - 8.5 FORMA DE INVESTIGAR ZONAS DE DESLIZAMIENTO
- 9 - VERIFICACIONES DE CAMPO DE LA FOTOINTERPRETACION
- 10 - VENTAJAS QUE SE OBTIENEN DEL EMPLEO DE LA FOTOINTERPRETACION
- 11 - FOTOINTERPRETACION EN CAMPOS ESPECIALES DE LA INGENIERIA
 - 11.1 CAMINOS
 - 11.2 INGENIERIA DE TRANSITO
 - 11.3 LOCALIZACION DE SITIOS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LINEAS DE TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA
 - 11.4 LOCALIZACION DE SITIOS PARA LA CONSTRUCCION DE OLEODUCTOS Y GASODUCTOS
 - 11.5 SELECCION DE BOQUILLAS PARA PRESAS
 - 11.6 PLANEACION DE ESTRUCTURAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES
 - 11.7 HIDROLOGIA
 - 11.8 ESTUDIO DE ZONAS URBANAS