

SESIÓN I. INTRODUCCIÓN, DEFINICIÓN Y ANTECEDENTES DE LA FOTOGRAMETRÍA

INTRODUCCIÓN

Definición

La palabra Fotogrametría comienza a tener uso general en los EE UU cerca del año 1934 cuando se la Sociedad Americana de Fotogrametría si bien el termino ya se usaba en Europa algunas décadas atrás. La palabra deriva de 3 palabras griegas; "photos" que significa luz "gramma" que significa dibujo o escritura y metrón que significa medir. Si aplicamos la etimología de la palabra original nos proporciona una definición "medir gráficamente por medio de la luz". Las primeras ediciones del manual de fotogrametría su definición era "La ciencia o el arte de obtener mediciones fidedignas sobre fotografías". En ediciones posteriores esta definición fue ampliada con una nueva aplicación la "interpretación" y esta función tiene igual importancia dado que reconocer un objeto sobre la imagen fotográfica era tan importante como la de obtener mediciones. H. Bonneval definía la fotogrametría como: "...técnica para estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando medidas realizadas sobre una o varias fotografías"

1

En la década de 1966 la definición es ampliada, por una nueva aplicación o por otra herramienta, "los sensores remotos". Si bien la fotogrametría es por si un sensor remoto pues la toma fotográfica captura información de los objetos. El sensor remoto tiene que ver con una imagen obtenida fuera del rango visible normal, con la utilización de cámaras no convencionales que registran la escena con uno o varios sensores tomando información fuera del espectro visual. Estos sensores especiales trabajan generalmente por barridos electrónicos, usando radiaciones como microondas, radar, infrarrojo termal, ultravioleta y radiaciones multiespectrales. Técnicas especiales son aplicadas en orden para procesar e interpretar la imagen proveniente de los sensores remotos; con el propósito de producir mapas convencionales, mapas temáticos, de recursos forestales, geografía, geología, y otros.

Es tan importante las aplicaciones de los sensores remotos que la sociedad americana de fotogrametría publicó un manual de Sensores Remotos en 1976. Además el nombre oficial de la sociedad cambió para llamarse de ahí en adelante Asociación Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos.

En vista de estos acontecimientos se dio en 1979 una nueva definición de Fotogrametría: Fotogrametría es un arte, ciencia y tecnología que obtiene información de objetos físicos y del medio ambiente, a través de registros, medición y interpretación de imágenes fotogramétricas y de cualquier otro

Fotogrametría y Fotointerpretación

patrón de energía electromagnética u otro fenómeno. A partir de allí el concepto de medición va implícito en el término de fotogrametría. Su mas conocida aplicación es la compilación de mapas topográficos, mapas de línea que captura información por medio de fotos aéreas o espaciales, la compilación es un método puede extraer información del terreno por el uso de instrumentos analógicos, analíticos o digitales.

Sus principios básicos no cambian tanto sea para la confección de un mapa topográfico, estudio de deformaciones ambientales, modelos de deformación ambiental para ingeniería o estudios médicos. Para producir un mapa, las mediciones se hacen sobre las fotografías que reemplazan al terreno, en un todo o en parte, por eso que cuando uso fotografías aplico los términos "relevamiento aéreo " o "aerofotogrametría".

Historia

La Fotogrametría y su inseparable compañera el sensor remoto consisten en un arte, una ciencia y una tecnología. El estudio de fotogrametría tiene su base en antiguas culturas y filosofías donde se anexan periodos de grandes descubrimientos e invenciones. Estas raíces constituyen los sólidos fundamentos que conforman aún hoy en el crecimiento de esta técnica que impacta en la civilización humana. Fotogrametría, la simple definición del arte de medir por medio de la luz, fue practicada mucho antes de los procesos fotogramétricos, con el sensor más puro y natural que es la visión humana. Muchos de los rudimentarios documentos que son preservados en instituciones o museos constituyeron las bases del progreso que hoy nos acompaña.

Precursores de la fotogrametría

Podemos empezar la historia de la fotogrametría en la era del de ese genio italiano que fue científico, ingeniero, inventor y maestro de imágenes creativas "Leonardo Da Vinci". Su mente exploró las ciencias de la geometría, óptica, mecánica y geofísica, y tenía una intuición gráfica demostrada en 1492 con los "principios de la aerodinámica y proyecciones ópticas. También trabajó en el pulido y mecanismos de lentes. Contemporáneos de Leonardo esta Albrecht Dürer pintor y maestro del arte gráfico. Dürer creó un bosquejo de leyes de perspectiva y en 1525 construyó simples mecanismos que formaron imágenes perspectivas dibujadas al natural. También tiene un apartado especial en dibujos estereoscópicos. Alrededor del 1600 el astrónomo Johannes Kepler da la precisa definición de estereoscopia y el pintor florentino Jacobo Chimenti produce el primer par estereoscópico (que se preserva en el museo Wicar de la ciudad de Lille, Francia). En Inglaterra John Napier publica la tabla de logaritmos y Blas Pascal le da al mundo su primer calculador de mesa.

Fotogrametría y Fotointerpretación

Issac Newton (1642-1727) y Von Leibnitz (1646-1716) desarrollan el cálculo diferencial y calculo integral. El concepto de dibujo estereoscópico fue usado en forma práctica por un físico suizo F. Kapeller en 1726. El construyo un mapa topográfico con dibujos realizados desde el Monte Pilatus sobre el lago de Lucerna. Un almirante francés Beautemps-Beaupré construyó mapas topográficos de pares de perspectivas utilizando las instrucciones de un matemático Hemy Lambert quien 100 años antes había escrito un tratado llamado la "Perspectiva Libre" y allí se incluían los conceptos de perspectiva central, intersección de haces de rayos y que contenían los conceptos de lo que más tarde se llamaría Fotogrametría.

En el año 1759 Shulze, en Nuremberg alquimista observa como el nitrato de plata se oscurecía cuando era expuesto a la luz del sol. El comenzó la larga búsqueda de los químicos en Alemania, Francia y Inglaterra para encontrar la respuesta del problema de retener la imagen que entrega un sistema óptico. La invención de los prismas ópticos trajo consigo la cámara clara. Sin embargo la búsqueda continuaba con el fin de extraer la imagen latente de sus componentes y poder copiarlos en un vidrio, papel o metales plateados. Fox Talbot 1800-1877 triunfó en producir con su cámara oscura algún negativo, mientras tanto Arago y Niepce anuncian el proceso "Heliográfico". Basados ellos en un pionero trabajo de Lois Daguerre, pintor francés y físico. Presentan a la Academia de Artes y Ciencias Francesa el primer resultado tangible sobre un metal plateado que llamaron Daguerrotipos. Estos procesos fueron prontamente mejorados y estimularon un gran negocio en toda Europa. Por lo cual no fue sorpresa tomar fotos desde el aire ya que alrededor de 1763 Mongolfier había tenido éxito volando unos globos de aire caliente cerca de París. Prontamente las fuerzas militares notaron la ventaja de tener o realizar observaciones desde el aire. La armada francesa uso globos cautivos en la batalla de Fleurs en sur de Bélgica como puesto de observación de su comandante.

3

El caricaturista, fotógrafo y elegante play boy dedicado a los globos aéreos Gaspar de Tornachon apodado Nadar tomo su cámara y realizo la primera toma desde el aire. Ahí surgió la idea de tal vez de poder hacer mapas desde el cielo. Inventores de Europa experimentan con cámaras en cohetes y globos como así también su forma de estabilizarlas.

Fotogrametría en el centro y oeste de Europa

En la segunda mitad de siglo XIX por toda Europa comienza la era de la industrialización y el nacimiento de una serie de científicos que produjeron avances en la civilización.

- La fundación de la ZEISS realizan trabajos y manufacturan instrumental fotogramétrico.

Fotogrametría y Fotointerpretación

- Avances en óptica incluyendo lentes planas y lentes a 90 grados
- Invento de la marca flotante de Stolze Anáglifo Dálmeida
- Nuevos instrumentos de fotografía planetaria y fototeodolitos
- Nuevas técnicas que incluyen figuras estéreos, fotoescultura.

FRANCIA: La técnica de la fotografía estaba latente en el periodo que el coronel francés AIME LAUSSEDAT hacia levantamientos topográficos de París el toma este nuevo descubrimiento para realizar lo que llama Iconometría. El aplico esta ciencia nueva y recibió la medalla de oro en su trabajo presentado en Madrid en 1864 "Los errores de mapas construidos por perspectivas fotográficas". A partir de allí tuvo aceptación la fotogrametría y sirvió al gobierno francés como herramienta en la construcción de mapas. Por eso este señor es conocido por el nombre del padre de la Fotogrametría en todas las literaturas.

AUSTRIA: Eduard Dolezál, profesor de geodesia y matemáticas funda en 1907 la Sociedad Austríaca de Fotogrametría y la Sociedad Internacional de Fotogrametría y es el primer presidente de ambas asociaciones. También crea los archivos internacionales de Fotogrametría y hoy todavía constituye el depositario profesional de cerca de 62 organizaciones alrededor del mundo. En 1897 el capitán Theodor Scheimpflug publica unos escritos de la proyección óptica mecánica coincidente con la estereo-restitución sobre un globo y un kit fotogramétrico en la cual se desarrolla la teoría de la doble proyección como una posible solución de la proyección directa. Si bien descubrió las leyes que lo rigen no fue posible su realización por las limitaciones de la óptica del momento. También contribuyo a la resolución de problemas de aerofotogrametría y Aerotriangulación. Otro austríaco el oficial Von Orel inventa una primera aproximación de automatismo que soluciona el caso normal de fotogrametría terrestre.

ALEMANIA: Ernest Abbe cofundador de la Zeiss realiza intensos estudios y test de laboratorio para emplazar las lentes como también rigurosos análisis matemáticos del tema. Stolze descubre el principio del estil-óptico la marca flotante que permite realizar mediciones sobre las imágenes fotográficas. Pulfrich desarrolla en la práctica el principio de la marca flotante y suplanta el prototipo de Von Orel con el estereocomparador Zeiss-Pulfrich con un sistema que se conoce como el paralelogramo de Zeiss. Esta empresa vende una gran cantidad de aparatos en Europa y América del Sur. Sebastián Finsterwalder profesor de geografía y de matemáticas desarrolla el Fototeodolito y contribuye con literatura en estudios analíticos que constituyen los rudimentos de la fotogrametría. Este hombre de precisas descripciones de las relaciones geométricas que gobiernan la orientación relativa en estereofotografías en fajas y predice las futuras aplicaciones de los puntos nadirales en los métodos de Aerotriangulación y en medidas astronómicas y geodésicas formulando el error de propagación a lo largo de fajas de Aerotriangulación.

Impacto de la aviación y primera guerra mundial

En 1900 empieza la aviación con sus dirigibles y Zeppelings abre esto nuevos horizontes de exploración por el desarrollo de cámaras. El aeroplano es una maravillosa plataforma para cámaras aéreas, sin embargo los grandes progresos se efectúan durante la primer guerra mundial 1914 de ambos bandos son usadas. En 1915 una cámara automática presta servicios del lado de Alemania y produce una cobertura de fajas y mosaicos a lo largo de una línea de vuelo. Hay un reporte que 240 cámaras cubrieron 7000000 de Km2 del territorio de Francia, Bélgica y Rusia. Luego de la guerra los productos Europeos y las industrias esta forzadas a una reparación acelerada y revisión de los mapas existentes.

Fotogrametría moderna y segunda guerra mundial

Todos los problemas fotogramétricos tratan de resolverse simultáneamente en diferentes países y quizás un factor se suma a ello la segunda guerra mundial. En Alemania Reinhard Huggershoff en la Universidad Tecnológica de Dresden se construye el auto cartógrafo que emplea el método de Porro-Koppe como principio de observación que sirve tanto para fotos aéreas o terrestres el cual es presentado en el segundo Congreso Internacional de Fotogrametría y también se presenta al aero cartógrafo mas liviano que el anterior y con capacidad de Aerotriangulación. En 1923 Zeiss produce el estereo-planígrafo basado en proyección óptica bajo la guía de Von Gruber colaborador de Pulfrich entre sus escritos esta "Teoría y practica de la Aerotriangulación" Suiza H Wild produce una mejora al autógrafo mejorando sus ópticas. En Italia H Nistri el foto cartógrafo cambio de la solución óptica mecánica. Santoni inventor cámaras multi lentes y creo el periscopio solar recordando la posición del sol como un punto celestial de control para la Aerotriangulación.

Guerra mundial, todo europeo se prepara para la II gran guerra y buscan en la fotogrametría un medio potencial de ataque y defensa de la tierra, mar y aire. Los desarrollos de la fotointerpretación son considerados como un arma táctica. Luego de finalizada Alemania se divide así también la Zeiss en Oriental y Occidental. Pero todos aquellos que aplicaron esta herramienta al volver a la vida civil la toman como una importante vía de investigación de otros aspectos fuera del ámbito militar. En 1953 se crea la O.E.E.F.E Organización Europea para Estudios Fotogramétricos Experimentales con sede el Delf Holanda e intervienen Bélgica, Alemania, Holanda, Suiza y Austria. Geólogos, Urbanistas, Ecólogos, Agrónomos, Ingenieros, Constructores de Arte logran impresionantes éxitos en la exploración de terrenos basados en fotos aéreas.

CLASIFICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría se la divide en especies o categorías de acuerdo con el tipo de fotogramas o del sensor usado. Por lo cual se divide en su primera instancia en:

- Fotogrametría terrestre
- Fotogrametría aérea
- Fotogrametría espacial

La primera usa tomas realizadas en tierra y fue en esta los orígenes de esta ciencia los ejes de toma son horizontales paralelos al terreno y los fotogramas obtenidos se los denomina horizontales. La técnica fue perdiendo vigencia por el solo hecho de que objetos fotografiados en un primer plano tapan a los de atrás y hoy solo se la usa en casos de pequeños levantamientos. Sin embargo otra disciplina la reemplaza con amplio éxito en levantamientos de corta distancia o también llamada fotogrametría de objetos cercanos (close-range) cuya aplicación cubre distintos campos como ser arquitectura, ingeniería, historia, etc.

La fotogrametría aérea denota el uso de fotogramas obtenidos por un avión u otro vehículo aéreo y en cuyo caso el eje de toma es vertical u oblicuo. Esta es la más aplicada durante el presente siglo la más conocida y difundida en todo el mundo ya que fue durante años la única forma de conocer información del terreno y producir su representación en una carta topográfica.

Fotogrametría espacial durante mucho tiempo esta fue y es usada con el propósito de conocer información del país sino de otros países con el fin de investigar cosechas, movimientos de tropas, armas nucleares y otros fines.

Con la llegada del sensor remoto la técnica fotogramétrica adquiere nombres de acuerdo con el sensor usado:

- Radarfotogrametría
- Cinefotogrametría
- Holofotogrametría

El desarrollo de esta materia se ubicara para su estudio en la fotogrametría aérea y no en su interpretación así que en adelante todos los temas trataran de poner en claro, las cámaras usadas, 1a medición de los fotogramas, métodos de levantamientos, instrumental necesario y todos aquellos tópicos referentes al presente curso. Así hablaremos de la estereofotogrametría que es la superposición de un par de fotogramas que son observados y medidos utilizando un fenómeno conocido por Estereoscopia el cual crea en nuestro

Fotogrametría y Fotointerpretación

cerebro la ilusión de estar observando el terreno cuando se miran un par de fotos con una determinada superposición y esa imagen virtual así creada tiene la virtud de permitirnos medir con idéntica precisión que si estuviéramos en el. Por supuesto que esa tarea se podrá hacer por procedimientos analógicos, usando mecánica y óptica de precisión; o si no por procedimientos analíticos usando computación automática y mediciones sobre fotogramas; o tal vez escaneado los negativos fotográficos para que sean los datos de entrada de un equipo digital. Pero cualquiera que sea el método utilizado la solución debe ser la misma conocer las formas del terreno; poder medirlo; y poder representarlo.

De acuerdo al tipo de fotogramas tiene también una forma de clasificar a la fotogrametría de acuerdo con su inclinación:

- Fotogrametría vertical, implica eje de toma vertical durante la exposición
- Fotogrametría oblicua, aquí hay otra división en poco oblicua y muy oblicua en donde el eje de toma se aparta un pequeño ángulo de la vertical no incluye al horizonte aparente y las otras en donde se incluye el horizonte aparente
- Fotogrametría horizontal (fotogrametría terrestre)

Nosotros usaremos la fotogrametría vertical o lo mas cercano a la vertical en donde lo ejes de toma no se alejen mas de tres grados; así las imágenes obtenidas no afectaran los resultados del documento final.

Fotogrametría Aérea

Es aquella que utiliza fotografías tomadas desde una cámara aerotransportada. Este hecho implica que su eje óptico casi siempre es vertical, y que su posición en el espacio no está determinada. Generalmente, las cámaras usadas son de formato 23 x 23 cm, ya que son las más apropiadas para los trabajos cartográficos a los cuales está destinada. Actualmente cobra importancia la fotografía aérea de pequeño formato, debido a sus ventajas de accesibilidad económica. Otra modalidad que gana importancia la constituye la fotogrametría espacial, que utiliza imágenes estereoscópicas tomadas desde satélites de observación de la tierra.

La Fotogrametría Terrestre

La Fotogrametría Terrestre se muestra como una técnica muy útil para obtener representaciones de edificios con información métrica (Almagro, 1999) en aquellos lugares en los que la existencia de construcciones arquitectónicas de interés así lo justifique. Así, esta técnica contribuye al conocimiento y facilita la toma de decisiones en las actuaciones sobre el patrimonio arquitectónico.

Fotogrametría y Fotointerpretación

Una de las primeras aplicaciones de la fotogrametría fue sin duda la fotogrametría terrestre hoy derivada en fotogrametría cercana.

Si se toman en el terreno dos vistas fotográficas, con las placas verticales y a igual altura sobre el suelo, pero separadas una cierta distancia entre sí, las fotografías obtenidas tienen propiedades estereoscópicas, es decir, que si se colocan las positivas correspondientes en un estereoscopio ordinario, se ve en relieve la parte del terreno fotografiada.

Antiguamente la fotogrametría terrestre era muy utilizada en levantamientos topográficos con el objeto de obtener la representación plano altimétrica del terreno a escalas grandes (1:500, 1:1000). En general se aplica en el estudio previo al emplazamiento de obras de ingeniería. En la actualidad se ha encontrado un nuevo uso a esta técnica, principalmente en la conservación de obras de arquitectura y el resguardo de monumentos históricos, pero también se presta eficientemente para el estudio de deformaciones de cuerpos sólidos y ensayos dinámicos en la industria aeronáutica y automotriz.

En la fotogrametría terrestre la cámara fotogramétrica se encuentra apoyada sobre el terreno, y en el Caso Normal, los ejes de la cámara (o cámaras) son horizontales, paralelos entre sí y perpendiculares a la base

Metodología

8

El problema del levantamiento estéreo fotogramétrico terrestre, como todo trabajo de relevamiento, tiene como una de las primeras tareas el reconocimiento previo de la zona, siendo a su vez el principal problema del reconocimiento el de la elección y ubicación de la base.

Se hace necesario tomar puntos de control bien señalizados en el terreno con el objeto de identificarlos fácilmente en el fotograma y se determinan sus coordenadas topográficas por cualquier método de la geometría práctica. Generalmente se eligen cuatro puntos en la zona de superposición estereoscópica, tres cerca del Y max y uno cerca del Y min. Las coordenadas X, Y, Z de cada uno de estos puntos, obtenidas por un método topográfico, deberían coincidir con las que se obtengan a partir de los valores medidos en el instrumento de restitución.

Relevamiento terrestre Láser

Una nueva tecnología se apresta a sustituir, quizás en el corto plazo, al clásico método de relevamiento estéreo fotogramétrico terrestre. Las cámaras fotográficas métricas y el film serán remplazados por un sistema de sensor remoto que generará un modelo digital del terreno en tiempo real sin requerir de complejos equipos y procedimientos de restitución. Este sistema que ya ha

Fotogrametría y Fotointerpretación

sido probado con éxito para relevamientos aéreos consiste en un barredor láser que produce coordenadas 3D de cada punto de terreno o de una estructura en particular. Tal vez podría establecerse una discusión en cuanto a la precisa resolución que se puede conseguir con este método para diversas distancias a los objetos a relevar pero es evidente que el sistema tiene grandes ventajas sobre la fotogrametría terrestre tradicional.

Fotogrametría de objetos cercanos

En forma general, agrupa aquellas aplicaciones que no tienen carácter geodésico o topográfico. Se aplica para resolver problemas singulares, muy específicos. Por ello se puede decir que son soluciones a la medida del problema a resolver. Esta división es la que abarca la mayor amplitud de técnicas para la toma de fotografías y su posterior restitución.

Ventajas de la fotogrametría

- Reducción de costos. Está relacionado con el tamaño del área a restituir. A partir de las 200 ha. de superficie, el método fotogramétrico se torna competitivo frente al método topográfico, aumentando esta competitividad a medida que el área se hace más extensa.
- Reducción del trabajo de campo. El trabajo de campo es un componente oneroso de todo trabajo topográfico, cuyo costo aumenta con la accesibilidad y las condiciones de clima adverso. La reducida cantidad de puntos e control necesarios en la fotogrametría, reduce la estadía en el campo.
- Velocidad de compilación. El tiempo requerido para realizar un mapa fotogramétrico es mínimo comparado con el que requiere el levantamiento topográfico y su posterior trabajo de gabinete.
- Dado el poco tiempo necesario para el levantamiento fotogramétrico con el que se obtiene una reproducción fiel del terreno, en un periodo determinado, nos facilita datos muy valiosos en los casos de cambios súbitos, como por ejemplo: durante o después de catástrofes naturales.
- Flexibilidad. El método fotogramétrico puede ser realizado en un variado rango de escalas, dependiendo de la escala de las fotografías y del tipo de aparato compilador utilizado, dependiendo también de la disponibilidad de recursos económicos y técnicos. Por ello, suministrar mapas o sustitutos con diferentes tiempos de producción, costos y precisión.
- Registro multitemporal. Es muy útil para verificar mapas fotogramétricos. Las fotos aéreas proveen un registro preciso del las características del terreno en la fecha en que fueron tomadas, lo cual permite realizar comparaciones entre fotos de otras fechas para evaluar cambios en el terreno. Las fotos aéreas también pueden ser empleadas para otros usos diferentes al del proyecto original, ya que además de información

Fotogrametría y Fotointerpretación

métrica, las fotografías aéreas proporcionan información de carácter cuantitativo y cualitativo.

- La Fotogrametría se puede aplicar en regiones donde no pueden utilizarse los métodos clásicos, como, por ejemplo: en regiones intransitables, tales como: ciénagas, desiertos, selvas vírgenes, territorios azotados por alguna epidemia u ocupados por fuerzas enemigas, etc., debido a la característica intrínseca de la fotogrametría, de que los objetos pueden ser medidos sin necesidad de estar cerca de ellos.
- La aerofotogrametría aporta además una serie de ventajas, tales como, la fotografía en si, la cual es un documento que permite efectuar cualquier control en un momento dado. También se pueden obtener de ella datos jurídicos, geológicos, históricos y geogénicos de suma importancia.

Desventajas de la fotogrametría

- Visión de la superficie del terreno cuando existe densa cobertura vegetal. En este caso es imposible ubicar la marca flotante sobre el terreno, por lo que se debe presumir una altura promedio de la vegetación con respecto al suelo. Sin embargo, como la cubierta vegetal tiende a suavizar los accidentes topográficos del terreno, siempre existirán errores en la ubicación de las curvas de nivel, aunque se pueda verificar la cota en los claros que existan en la vegetación.
- Ubicación de curvas de nivel sobre superficies planas. El determinar la trayectoria de una curva de nivel en un terreno plano tiene un alto grado de dificultad, debido a la imprecisión en la colocación de la marca flotante. En consecuencia, se colocan puntos acotados en la restitución o se complementa con trabajo de campo.
- El lugar debe ser inspeccionado para determinar aquellos elementos que no son visibles en forma satisfactoria, o que no cuya naturaleza exacta no puede ser determinada en el estereomodelo.
- Siempre es necesario realizar un control de campo.
- La aplicación de la fotogrametría requiere una inversión considerable de equipo y de personal especializado, por lo que su costo es elevado.
- Para realizar nuevos levantamientos se requiere la obtención de nuevas fotografías.

La nueva fotogrametría

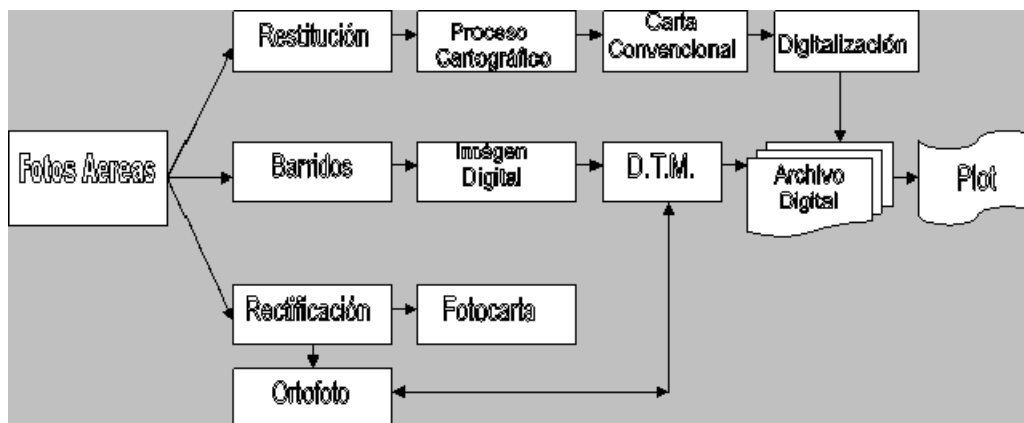
Durante las ultimas tres décadas se abrieron nuevos horizontes que ya presagian un futuro. Estos son llamados por nuevos términos que abren día a día nuevos y complejos problemas matemáticos, dado que esta necesita cada vez más precisión, velocidad y economía de procesos automatizados.

Fotogrametría y Fotointerpretación

Empresas privadas y estatales incorporan estéreo plotters, llamados instrumentos analógicos que con registradores de coordenadas imprimen sus valores; equipos electrónicos que almacenan datos on line u off line y que grafican en forma automática; modelos que pueden ser medidos por perfiles y generan en forma automática curvas de nivel, escaneo de las fotos compatible con calidades más exigentes que hacen al tema catastral. Ortofoto y ortofocartas, aviones cada vez más estables y confiables, sistemas de lentes más eficientes que pueden trabajar con cualquier tipo de emulsiones. Métodos de Aerotriangulación cada vez más confiables. El sistema de posicionamiento Global en apoyo de estas tecnologías cuya tendencia es la reducir el apoyo de campo; fusión de grandes empresas para llevar a la práctica a bajo costo la cámara digital. Esto trae aparejado el aumentar la capacidad de almacenar grandes volúmenes de datos en una computadora del tipo PC es otra de las metas de las empresas de computación. Bajo costo de equipos Fotogramétricos dejando de lado la óptica-mecánica para pasar a equipos analíticos y de estos a digitales.

PRODUCTOS DE LA FOTOGRAMETRÍA

Generalmente a la restitución usual de un Modelo le sigue un proceso cartográfico que da como resultado la obtención de una Carta Topográfica convencional, las dificultades que presentan estas cartas obtenidas con esta metodología de trabajo está en la actualización. Los productos digitales permiten realizar una actualización continua no siendo necesario volver a efectuar una restitución. Por otra parte la posibilidad de manejar la información directamente en capas (Layers), facilita mucho la carga de datos en Sistemas de Información Geográficos (GIS), agilizando de esta manera la toma de decisiones que en el campo de los accidentes ambientales por ejemplo puede ser crucial.



Estos productos se pueden agrupar en 5 categorías; mapas convencionales, fotomapas, datos numéricos, datos de sensores, productos especiales.

Mapas convencionales

Es quizás el producto más conocido y más importante de la aplicación fotogrametría en el campo de mapas y cartas topográficas. La captura de información es solo una parte del proceso, el sigue después la medición de puntos de control, la verificación de la estabilidad dimensional y geométrica, Aerotriangulación y restitución. La foto aérea reemplaza a las libretas de campaña de los topógrafos. Todas las formas geométricas pueden ser obtenidas de una simple fotografía; que siempre esta a nuestro alcance; con la superposición de fotografías y puntos de control tengo una maqueta del terreno del cual puedo obtener información. En los mapas convencionales representan una cartografía de detalles en donde los objetos son reemplazados por símbolos estándar. Esto tiene la ventaja de incluir en la compilación la interpretación de los datos. Su desventaja es que si se omite un dato de detalle este jamás será encontrado en todas las demás fases del proceso.

Fotomapas

El fotomapa es diferente al mapa convencional ya que todos los detalles se muestran fotográficamente sin necesidad de símbolos. Un fotomapa tiene los atributos básicos de un mapa:

- Conocimiento de la escala y del sistema de referencia
- También se pueden añadir símbolos
- Los fotomapas deben ser rectificados y suelen ser usados en zonas llanas. Si la zona es montañosa los desplazamientos de la imagen son corregidos por procesos de rectificación y foto se la denomina ortofoto.

La rectificación es un proceso que remueve los desplazamientos de la imagen causados por el efecto del relieve y es llamado rectificación diferencial; un proceso consiste en que la foto es escaneada y de esta manera las correcciones son hechas a cada elemento de la fotografía así cada porción de imagen es corregida a su posición original. El producto corregido por rectificación diferencial es una ortofoto. Las ortofotos pueden ser impresas a una escala predeterminada o ensambladas en ortofotomosaico. Por aplicación de color a la fotoimagen con el uso de tintas apropiadas y técnicas de enmascaramiento el terreno puede ser reorganizado a colores más naturales. El ensamble de ortofotos constituye la ortofotocarta que incluye en muchos casos símbolos y curvas de nivel. En la actualidad las ortofotos son confeccionadas siguiendo procesos en donde se involucran técnicas digitales.

Datos numéricos

Los avances de los procesos numéricos tienen larga data, pero lo que revoluciono los procedimientos y productos fue durante los años 1966-1979.

Fotogrametría y Fotointerpretación

Antes el proceso tradicional era un mapa pero por esos años aparece la idea de cambio del modelo por una colección de datos numéricos que conforma el modelo numérico. Si bien antes se podía conocer datos numéricos valiéndonos de técnicas de Aerotriangulación donde se podía extraer X, Y, Z, derivadas del modelo imagen pero era complejo extraer otras informaciones. Fue durante esos años que se logró obtener, áreas, volúmenes, distancias, ángulos y todo aquello que puede ser determinado por coordenadas, si bien determinar coordenadas tiene muchos años. La diferencia vive en que primero se mostraban los datos del terreno en forma gráfica (principalmente mapas) y ahora se almacenan los mismos datos pero en forma digital, este gran paso nos lleva a procesar estos datos en forma automática según su necesidad. Esto también implica una salida de datos que pueden ser graneados por plotters automáticos. Todo esto nos lleva a la modificación del mapa en soporte gráfico a un formato digital.

Datos de sensores remotos

La clase de productos que se pueden obtener de ellos pueden abarcar varias áreas del conocimiento veamos su definición: En sentido general es, la medición u obtención de algunas propiedades de un objeto, o de un fenómeno, por el registro de información que no está ligada en forma directa con el objeto o fenómeno en estudio. Para ello se emplean elementos como, láser, radio frecuencia, sistemas de radar, sismógrafos, sonar, gravímetros, magnetómetros o imágenes de satélites. Los sensores remotos pueden producir datos numéricos que en la práctica, estos datos son volcados como una forma de energía. La imagen puede ser color, infrarroja, fotografía multibanda, escaner multiespectral, o producida por mecanismos electro-ópticos. Así la imagen es manipulada por interpretes, que usan técnicas como extracción automática, clasificación en temas específicos o determinar elementos de la corteza terrestre que no son vistos por visual normal. O sea que estas técnicas nos permiten conocer cosas que no pueden ser extraídas por interpretación convencional. Por estos medios se puede inferir áreas de petróleo, recursos minerales y forestales, búsqueda de agua, planeamientos regionales, trazados de rutas, recursos marinos, arqueología o demografía. Un uso importante constituye el hecho de aprovechar su potencial a la actualización de mapas cartográficos.

Otros usos de la fotogrametría

GEOLOGÍA: Geólogos y geofísicos aplican fotogrametría para estudios estructurales geológicos, investigación de recursos naturales, análisis termal de patrones sobre la superficie de la tierra, geomorfología, ingeniería geológica, estudios estratigráficos, estudio de luminiscencia y registros y análisis de eventos de catástrofes, como inundaciones o erupciones.

Fotogrametría y Fotointerpretación

FORESTAL: Fotografías aéreas son usadas como base de inventario de recursos que permiten estudiar y analizar por ejemplo el control de fuego. Como también búsqueda de plagas en ellos.

AGRICULTURA: En muchos países tienen un programa de cobertura fotográfica a lo largo de áreas sembradas. Estas fotos son usadas con fines de estudio de tipos de suelos, conservación y planeamiento. Como así también regular precios de mercado sobre aéreas sembradas.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN: Muchos datos para planificar rutas, o trazar planeamientos alternativos, son realizados por técnicas fotogramétricas. Líneas de alta tensión u otros proyectos de similar naturaleza. Autoridades la aprovechan para establecimientos de nuevos núcleos de población.

CATASTRO: También la solución fotogramétrica es viable en problemas catastrales. Muchas municipalidades y ciudades usan fotos y ortofotos a gran escala en la que determinan líneas de manzana, parcelas y edificaciones de modo de contar con un registro gráfico, digital o numérico de todas estas informaciones. En Europa y EE UU la foto aérea es usada en forma intensiva como un reporte de la tierra.

ESTUDIOS AMBIENTALES: El desarrollo de programas ambientales permite planificar el uso de la tierra y sus análisis; con la introducción de sofisticadas tecnologías nos permiten evaluar aéreas de degradación, polución ambiental, recursos pesqueros, polución de ríos, lagos y mares.

EXPLORACIÓN: La imagen de un avión, satélite o de un vehículo espacial es una notable herramienta de exploración moderna. Las fotos o imágenes bajo diversos métodos nos permite analizar datos de áreas inaccesibles o con poca información debido al follaje. Así también los vehículos espaciales nos traen información de la Luna, Marte, Júpiter o Venus.

INTELIGENCIA MILITAR: Quizás la primera aplicación fotogramétrica fue en el campo militar y el más importante dado que permite reconocer y sacar información siendo la llave de las ciencias militares. Un reconocimiento fotogramétrico y sus análisis nos permite conocer las fuerzas del enemigo y nos da apoyo para planear estrategias y asegurar el efecto de las operaciones, sino que también informa datos sobre el terreno a moverse.

MEDICINA: En 1895 es el año en que Rontgen descubre los rayos X es el tiempo en que por primera vez se puede ver el interior de la materia y observar aquello que el microscopio no ve. Sin ello no se habría tenido la investigación sobre el átomo, no se habría podido pensar en la fisión atómica. Tampoco en tratamientos y diagnostico en condiciones más certeras. La típica aplicación medica fotogramétrica en que se emplaza la cámara a corta distancia del sujeto

en contraste con los miles de metros que separa al avión del terreno. Esta aplicación se la denomina Biomedicina y desde comienzos de 1974 con procedimientos y publicaciones se separan de la fotogrametría tradicional.

MISLANEAS: La fotogrametría tiene muchas aplicaciones, como en el campo de la criminología, estudios de tráfico, oceanografía, observaciones meteorológicas, arquitectura y arqueología. Pasan los años y aplicaciones y métodos se desarrollan no solo, para casos particulares, sino también para casos generales. Generalmente estos tópicos son tratados en libros que se denominan Aplicaciones no topográficas de la fotogrametría.

Futuro rol de la fotogrametría

La fotogrametría es una ciencia nueva en comparación con otras, con muchos problemas por resolver y muchos usos y métodos por descubrir. Pero vemos que la fotogrametría clásica aprovecha y desarrolla como toda ciencia cambios y no solo en aspectos particulares sino también en radicales. La fotogrametría clásica basada en la foto convencional va decayendo ante el impacto de los sensores remotos y otros sistemas de fotografía. Anticipando al futuro cercano con los siguientes hechos:

- Incremento de la altitud del avión o vehículo espacial por la adquisición de datos básicos o de otro tipo de datos.
- Los sensores cada vez captan información más precisa del terreno y al mismo tiempo mejoran su posicionamiento del sensor lo que nos da una precisa posición en cada instante de tiempo.
- Reducción de los puntos de control por el uso de sistemas que en forma automática dan las coordenadas de cámara o del sensor con lo cual este hecho nos lleva a la automatización de la Aerotriangulación analítica.
- Reducción práctica y automatizada de los sistemas de producción de ortofotos, con curvas de nivel y modelos digitales de terreno.
- Desarrollo de métodos de manipulación de la imagen y de varios sensores que permiten extraer y clasificar en forma automática los datos provenientes de ellos.
- Desarrollo integrado de sistemas cartográficos agilizando toda la cadena del proceso.
- Desarrollo de nuevas clases de productos en gráficos, en productos digitales o formas de imagen.

Es evidente que esta ciencia es la llave de las frases y palabras del futuro pues la fotogrametría es posicionamiento inercial, automatización, sistemas de sensores, sistemas digitales, calidad de imagen, sistemas espaciales. No cabe duda que estos avances y los avances provenientes de las técnicas e instrumental continúan en forma creciente desde 1979. Nos encontramos ante algo que ya no tiene fronteras y que cada día presenta ante nuestros ojos un

Fotogrametría y Fotointerpretación

nuevo desafío lo que implica estar siempre en completo estudio para entender a esta ciencia la Fotogrametría.

Sociedades e Institutos de fotogrametría:

ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing) www.isprs.org Esta es la primera Sociedad de fotogrametría que se fundó, y contiene información interesante sobre fotogrametría, teledetección, GIS, GPS, etc, en: Links, Educations.

ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing) www.asprs.org Esta sociedad fue fundada en 1934, y al igual que la primera, está dedicada a dar a conocer la fotogrametría y ciencias afines.

Las siguientes direcciones corresponden a Institutos de fotogrametría que contienen informaciones y publicaciones interesantes.

Institute of Geodesy and Photogrammetry ETH Zurich www.igp.ethz.ch

University of Bonn, Institute of Photogrammetry www.ipb.uni-bonn.de

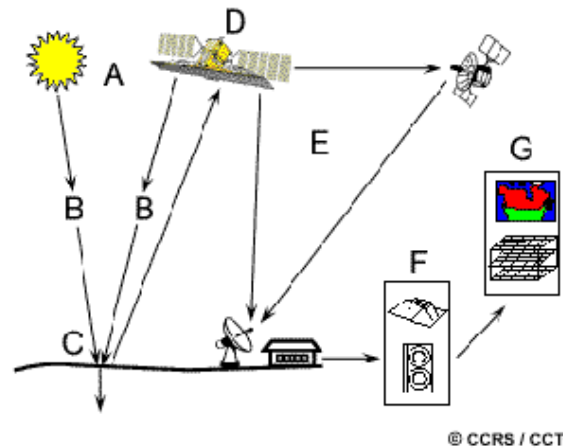
University of Hannover, Institute for Photogrammetry and Engineering Survey www.ipi.uni-hannover.de

Institute für Photogrammetrie, University of Stuttgart www.ifp.uni-stuttgart.de

BASE FÍSICA DE LA PERCEPCIÓN REMOTA, FUNDAMENTOS (EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO)

¿Qué es exactamente Percepción Remota? “Percepción Remota es la ciencia (y algo extendida a arte) de adquirir información de la superficie de la tierra sin estar realmente en contacto con ella. Esto es hecho por sensoramiento y grabación de la energía reflejada o emitida y procesando, analizando y aplicando esa información”.

En mucha de la percepción remota, el proceso involucra una interacción entre la radiación incidente y los blancos de interés. Esto se ejemplifica por el uso de sistemas de imágenes donde están involucrados los siguientes siete elementos. Note, sin embargo que la percepción remota también involucra el sensoramiento de energía emitida y el empleo de sensores sin imágenes.



1. Fuente de Energía o Iluminación (A) – el primer requerimiento de la percepción remota es tener una fuente de energía que ilumine o provea de energía electromagnética al blanco de interés.
2. Radiación y la Atmósfera (B) – como la energía viaja desde su fuente hacia el blanco, habrá un contacto e interacción con la atmósfera cuando la atraviese. Esta interacción puede tener lugar una segunda vez cuando la energía viaje desde el blanco hacia el sensor.
3. Interacción con el Blanco (C) – una vez que la energía hizo su recorrido hacia el blanco a través de la atmósfera, interactúa con el blanco dependiendo de las propiedades tanto del blanco como de la radiación.
4. Grabación de Energía por el Sensor (D) – después que la energía ha sido dispersada, o emitida desde el blanco, requerimos de un sensor (remoto – no en contacto con el blanco) para coleccionar y grabar la radiación electromagnética.
5. Transmisión, Recepción y Procesamiento (E) – la energía grabada por el sensor tiene que ser transmitida, a menudo en forma electrónica, hacia una estación de recepción y procesamiento donde la data es procesada en una imagen (impresa o digital).
6. Interpretación y Análisis (F) – la imagen procesada es interpretada visual, digital o electrónicamente, para extraer la información acerca del blanco que ha sido iluminado.
7. Aplicación (G) – el elemento final en el proceso de percepción remota es alcanzado cuando la aplicación de la información que tenemos disponible para extraer desde la imagen del blanco para comprenderlo mejor, revela alguna información nueva o nos asiste en la solución de algún problema particular.

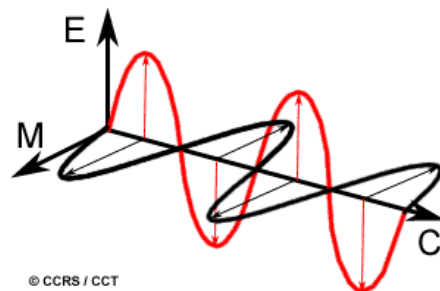
Estos siete elementos comprimen el proceso de percepción remota desde el comienzo hasta el final.

Fotogrametría y Fotointerpretación

Como hemos notado, el primer requerimiento para la percepción remota es tener una fuente de energía que ilumine el blanco a menos que la energía sensada este siendo emitida por el blanco). Esta energía esta en forma de radiación electromagnética.

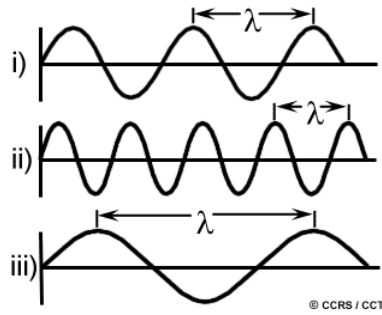
Toda la radiación electromagnética tiene propiedades fundamentales y se comporta en formas predecibles de acuerdo con la teoría base de las ondas. La Radiación Electromagnética consiste de un campo magnético (E) que varia en magnitud, en dirección perpendicular a la dirección en que la radiación esta viajando, y un campo magnético (M) orientado en ángulos rectos al campo. Ambos campos viajan a la velocidad de la luz.

Hay dos características particularmente importantes de la radiación electromagnética para el entendimiento de la percepción remota. Estos son Longitud de Onda y Frecuencia.



La longitud de onda es la longitud de un ciclo de onda, que puede ser medido como la distancia entre crestas de onda sucesivas. La longitud de onda es normalmente representada por la letra griega Lambda (λ). La longitud de onda es medida en metros (m) o algunos factores de metros como los nanómetros (nm, 10^{-9} metros), micrómetros (μm , 10^{-6} metros) o centímetros (cm, 10^{-2} metros). La Frecuencia esta referida al número de ciclos que una onda pasa por un punto fijo por unidad de tiempo. La Frecuencia es medida normalmente en hertz (Hz), equivalente a un ciclo por segundo, y en varios múltiplos de hertz.

Fotogrametría y Fotointerpretación



La Longitud de Onda y la Frecuencia están relacionadas con la siguiente formula:

$$c = \lambda v$$

Donde:

λ = longitud de onda (m)

v = frecuencia (ciclos por segundo, Hz.)

c = velocidad de la luz (3×10^8 m/s)

Por lo tanto, las dos están inversamente relacionadas. A más corta la longitud de onda, mas grande la frecuencia. A más grande la longitud de onda, mas pequeña la frecuencia. El entendimiento de las características de la radiación electromagnética es crucial para comprender la información que será extraída desde data remotamente sensada. Seguidamente examinaremos la forma en que categorizámos la radiación electromagnética para este propósito.

El espectro electromagnético va desde las longitudes de onda corta (incluyendo los rayos gamma y rayos X) hacia longitudes de onda largas incluyendo las microondas y las ondas de radio de emisoras). Hay varias regiones del espectro electromagnético que son útiles para la percepción remota.

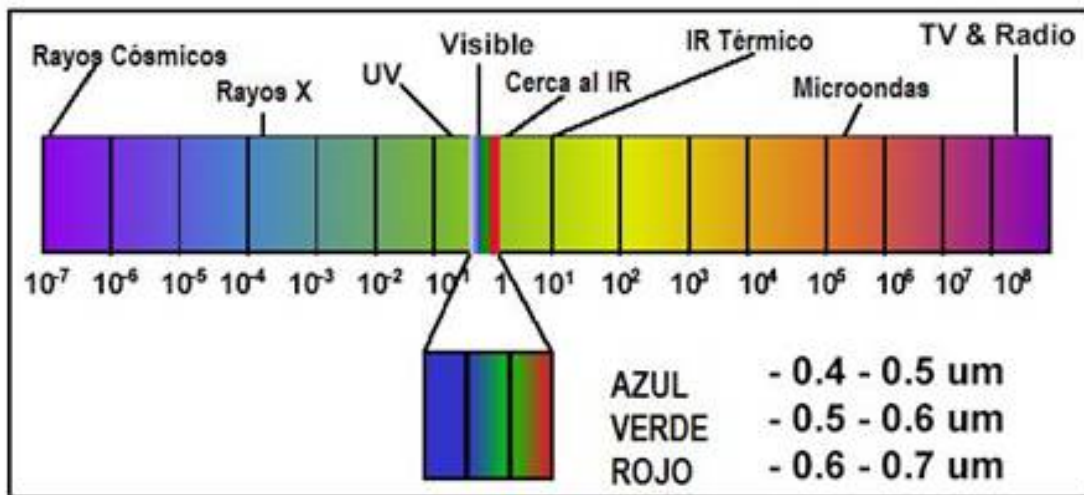


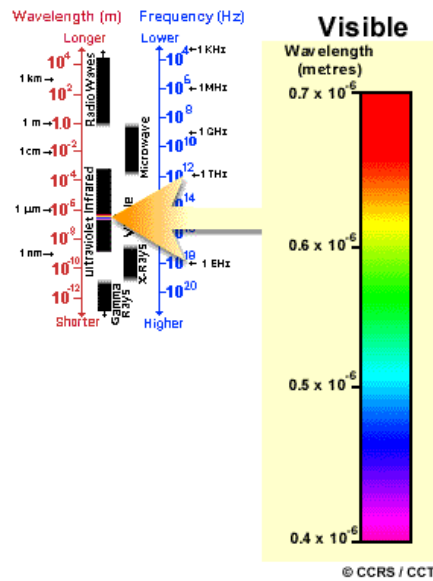
Fig. 11-3 Espectro Electromagnético

Para la mayor parte de propósitos, la porción ultravioleta o UV del espectro tiene las longitudes de onda cortas las cuales son prácticas para percepción remota. Esta radiación está justo más allá de la porción violeta de las longitudes de onda visibles, de allí su nombre. Algunos materiales de la superficie de la tierra, principalmente rocas y minerales, fluorescen o emiten luz visible cuando son iluminados por radiación UV.

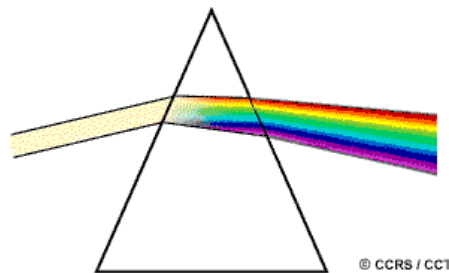
La luz que nuestros ojos – nuestros “sensores remotos” - pueden detectar es parte del espectro visible. Es importante reconocer que tan pequeña es la porción visible con respecto al resto del espectro. Existe mucha radiación alrededor de nosotros que es “invisible” a nuestros ojos, pero puede ser detectada por otros instrumentos de percepción remota y empleadas para nuestro beneficio. Las longitudes de onda cubren un rango desde aproximadamente 0.4 a 0.7 nm (nanómetros). La longitud de onda más larga es roja y la más corta es violeta. Las longitudes de onda más comunes que nosotros percibimos como colores particulares de la porción visible están listadas más abajo. Es importante notar que esta es la única porción del espectro que podemos asociar con el concepto de colores.

1. Violeta: 0.4 – 0.446 nm
2. Azul: 0.446 – 0.500 nm
3. Verde: 0.500 – 0.578 nm
4. Amarillo: 0.578 – 0.592 nm
5. Naranja: 0.592 – 0.620 nm
6. Rojo: 0.620 – 0.7 nm

Fotogrametría y Fotointerpretación

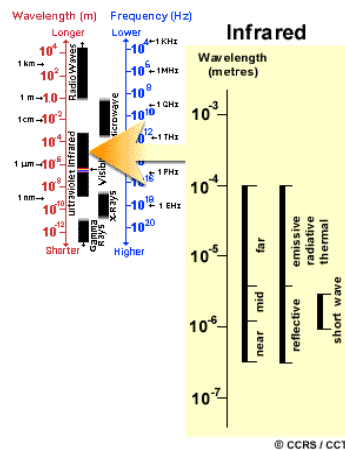


Azul, verde y rojo son los colores primarios o longitudes de onda visibles del espectro. Ellos están definidos así debido a que ningún color primario solo puede ser creado desde los otros dos, pero todos los demás colores pueden ser formados combinando el azul, verde y rojo en diversas proporciones. Aunque vemos la luz del sol como un color uniforme y homogéneo, esta realmente compuesta de varias longitudes de onda de radiación y principalmente de las porciones ultravioleta, visible e infrarroja del espectro. La porción visible de esta radiación puede ser mostrada cuando la luz del sol es pasada a través de un prisma, el cual distribuye la luz en diferentes cantidades de acuerdo a su longitud de onda.

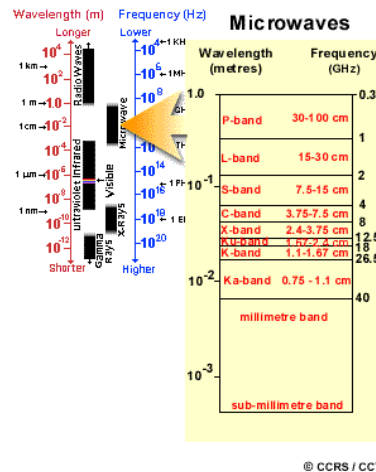


Fotogrametría y Fotointerpretación

La siguiente porción del espectro de interés es la región infrarroja (IR) que cubre un rango de longitudes de onda desde aproximadamente 0.7 nm a 100 mm – mas de cien veces el ancho de la porción visible. La región infrarroja puede ser dividida en dos categorías basadas en sus propiedades de radiación – el infrarrojo reflejado y el infrarrojo emitido o infrarrojo termal. La radiación de la región del infrarrojo reflejado es empleada para propósitos de percepción remota en formas muy similares a la de la porción visible. El IR reflejado cubre longitudes de onda desde aproximadamente 0.7 nm a 3.0 mm. La región del IR termal es bastante diferente a las porciones del visible e IR reflejada, ya que su energía es esencialmente la radiación que es emitida desde la superficie de la tierra en forma de calor. El IR termal cubre longitudes de onda desde aproximadamente 3.0 mm a 100 mm.



La porción del espectro de mas reciente interés para la percepción remota es la región de las microondas de cerca de 1mm a 1 m. Cubre las longitudes de onda largas empleadas por percepción remota. Las longitudes de onda más cortas tienen propiedades similares a las de la región infrarrojo termal mientras que las longitudes de onda más largas se aproximan a las longitudes de onda empleadas por las emisoras de radio.



BIBLIOGRAFÍA

Para los temas de calibración de cámaras, nos debemos referir a: USGS AERIAL CAMERA SPECIFICATIONS

JAUREGUI, Luis. Fotogrametría Básica.

Agrim. PÉREZ MONTEAGUDO, Horacio. Ing. MACHUCA, Jorge Téc. Geog. Mat. CANDÍA, José. Introducción a la Fotogrametría Digital

Remote Sensing Tutorial, Canada Center for Remote Sensing

Fotogrametría Terrestre. http://www.efn.uncor.edu/otros/foto/Teoria_Foto.htm

Fotointerpretación. <http://www.fing.edu.uy/ia/deptogeom/libro>

Fotogrametría arquitectónica. <http://www.magda-ramos.com/Fotogrametria/Fotogrametria.php>