

**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y  
METALURGICA**



**"Aplicación de los Sistemas Geodésicos de  
Posicionamiento Satelital G.P.S. en la Determinación  
Geográfica de los Derechos Mineros"**

**INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero de Minas**

**ROSULO DIAZ FLORES**

**LIMA - PERU**

**1996**

### **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud a la Cía MINSUR S. A. en nombre de su Gerente General Ing° Fausto Zavaleta C. y a los Ings: Washington Sanchez Sánchez, Luis Sánchez Bazalar por sus enseñanzas y consejos oportunos.

**"APLICACION DE LOS SISTEMAS GEODESICOS DE POSICIONAMIENTO  
SATELITAL G.P.S. EN LA DETERMINACION GEOGRAFICA DE LOS  
DERECHOS MINEROS"**

**INDICE**

**INTRODUCCIÓN**

**CAPITULO I**

- I.1. Evolución en la determinación de una Posición a través del tiempo.
- I.2. Definiciones Básicas de Geodesia
  - I.2.1. Geodesia
  - I.2.2. Forma y Dimensiones de la tierra
  - I.2.3. Datum Geodésico
  - I.2.4. Datum Satelital
  - I.2.5. Sistema Geodésico de 1984 ( WGS-84)

**CAPITULO II**

- II. Sistema de Posicionamiento Satelital-Conceptos Básicos
  - II.1. Elipsoide
  - II.2. Geoide
  - II.3. Sistema de referencia
  - II.4. Coordenadas Geográficas
  - II.5. Coordenadas Cartesianas
  - II.6. Coordenadas Planas
  - II.7. Datum
    - II.7.1. Datum Local
    - II.7.2. Datum Satelital
      - II.7.2.1. El Sistema Geodésico Mundial WGS-84.
  - II.8. Alturas y Elevaciones
    - II.8.1. Altura Elipsoidal
    - II.8.2. Altura Sobre el Nivel del Mar

- II.9 Efemérides
  - II.9.1. Efemérides Transmetidas
  - II.9.2. Efemérides Procesadas
- II.10. Configuración del Sistema
  - II.10.1. Sistema Satelital
  - II.10.2. Sistema Control
  - II.10.3. Sistema Usuario
- II.11. Determinación de la posición con el Sistema GPS.
- II.12. Determinación de la Distancia al Satélite
- II.13. Ajuste Perfecto del Tiempo
- II.14. Ubicación de los Satélites
- II.15. Errores que afectan la precisión del Sistema GPS.
- II.16. Otros tipos de errores
- II.17. GPS. con Corrección Diferencial y Corrección Diferencial a Tiempo Real.
- II.18. Principales Componentes del Receptor GPS.
- II.19. Selección de un receptor GPS.
  - II.19.1. Receptores Secuenciales
  - II.19.2. Receptores Continuos
- II.20. Aplicaciones del Sistema GPS.

### **CAPITULO III**

- III.1. Técnicas Geodésicas y Topográficas de medición en el terreno
  - III.1.1. Método Diferencial Estático
  - III.1.2. Método Estático Rápido
  - III.1.3. Método Cinemático
- III.2. Etapas de Ejecución de un Proyecto utilizando el Sistema GPS.
  - III.2.1. Antes de Salir de la Oficina
  - III.2.2. En el Campo
  - III.2.3. De Regreso a la Oficina (Post-proceso)

### **CAPITULO IV**

Aplicación de los Sistemas Geodésicos de posicionamiento

Satelital G.P.S. en la determinación geográfica de los Derechos Mineros.

IV.1. Determinación de la ubicación del Punto de Partida en función de las visuales enlace a un punto geodésico.

IV.1.1. Documentación en Lima

IV.1.2. Equipos y materiales a usar

IV.1.3. Determinación del Norte del Derecho Minero

IV.1.4. replanteo en el campo y ubicación del PP.

IV.1.5. Enlace de PP. a un Punto Geodésico de Primer orden.

IV.1.6. Trabajo de Gabinete (post-proceso).

## **CAPITULO V**

Anexo N° 01

Ejemplo práctico de enlace de PP. de un Derecho Minero a un Punto geodésico de primer orden.

## **CAPITULO VI**

Anexo N° 02

Determinación de la precisión del equipo G.P.S. y configuración.

## **CAPITULO VII**

Conclusiones

## **CAPITULO VIII**

Recomendaciones

## **CAPITULO IX**

Referencias bibliográficas.

## INTRODUCCION

El sistema de Posicionamiento Global (GPS) es una nueva tecnología que ha revolucionado la práctica de la Geodesia. Muchos de los conceptos tradicionales, otrora fundamentales, ya no lo son tanto y han sido reemplazados por nuevos conceptos que son indispensables para el óptimo aprovechamiento de esta tecnología.

GPS. permite la determinación de posiciones en cualquier lugar del globo terrestre en un sistema mundial, con precisiones absolutas de decenas de metros en tiempo real, hasta precisiones relativas de milímetros en una hora de observaciones.

El Sistema de Posicionamiento Global, GPS fue diseñado por la NASA por encargo del Departamento de Defensa de los EE.UU., con fines estratégico militares: fue empleado en la guerra del Golfo Pérsico.

En la actualidad, nosotros lo usamos con fines civiles como instrumentos topográficos y geodésicos, con una precisión de  $5\text{mm} \pm 1 \text{ ppm}$ . de la base o longitud medida.

En el presente trabajo, desarrollo la geodesia satelital, conceptos básicos del GPS, determinación de la precisión del equipo GPS efectuado en el Departamento de Puno y aplicación en la determinación geográfica de los Derechos Mineros antiguos.

## CONCEPTOS BASICOS DE GEODESIA

### CAPITULO I

#### I.1.-EVOLUCION DE LA DETERMINACION DE PUNTOS GEODESICOS A TRAVES DEL TIEMPO

El hombre probablemente desde que habita comenzó a vagar alrededor de nuestra planeta e inicialmente sobre áreas pequeñas, y viendo la manera de resolver donde se encontraba y hacia donde iba.

Los primeros viajeros probablemente resolvieron marcando sus rastros con estacas de piedras. Pero eso trabajaba bien alrededor de una área pequeña, el problema se presenta cuando cae nieve ó cuando llueve sobre estas marcas.

Cuando el hombre empezó a explorar los océanos, el problema fue peor aún, por que allí no había lugar para colocar estacas de piedras y tampoco para las marcas de referencias, la única manera de con que se podía contar eran las estrellas.

Desafortunadamente, las estrellas se encuentran a distancias muy lejanas y la única manera de conocer una posición en nuestra planeta era realizar mediciones muy cuidadosas, por supuesto, estas medidas se realizan o se realizan en las noches y solamente en noches claras.

Acorde a la evolución de la ciencia, los instrumentos también mejoran; pero aún así con estos instrumentos la navegación celestial puede solamente decir aproximaciones de la posición, algunas veces eso no es suficiente.

El hombre moderno con todos sus aparatos electrónicos ha tratado con nuevos sistemas, pero aún se mantiene el problema.

Cuando se comienza a utilizar en la navegación marítima los sistemas LORAN y DECCA, que utilizan un sistema de radio y que es muy útil para para aguas costeras donde hay cadenas LORAN y DECCA, se inicia con mejorar la precisión de la posición.

Otro de los hitos importantes en la evolución en la navegación es la aparición del "SISTEMA TRANSIT" ó Sat-Nav, desafortunadamente los satélites que se usaban estaban en órbitas muy bajas por lo tanto la visibilidad era dificultoso, entonces conocer una posición era muy lento. Tal sistema estaba basado en medidas de frecuencia Doppler bajas, aún los más pequeños movimientos podían causar errores significativos.

Finalmente se consigue un sistema que realmente trabaja que se denomina Sistema GPS.



## I.2. DEFINICIONES BASICA DE GEODESIA

### I.2.1.-GEODESIA

GEODESIA, es la ciencia de medición y levantamiento de mapa de la superficie de la tierra (Helmert 1880). Esta definición incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra.(C.F. Torge 1991).

Inicialmente la superficie de la tierra en distancias cortas es plana, pero a grandes distancias se puede observar la curvatura, entonces se definiría a la tierra como una superficie cerrada.

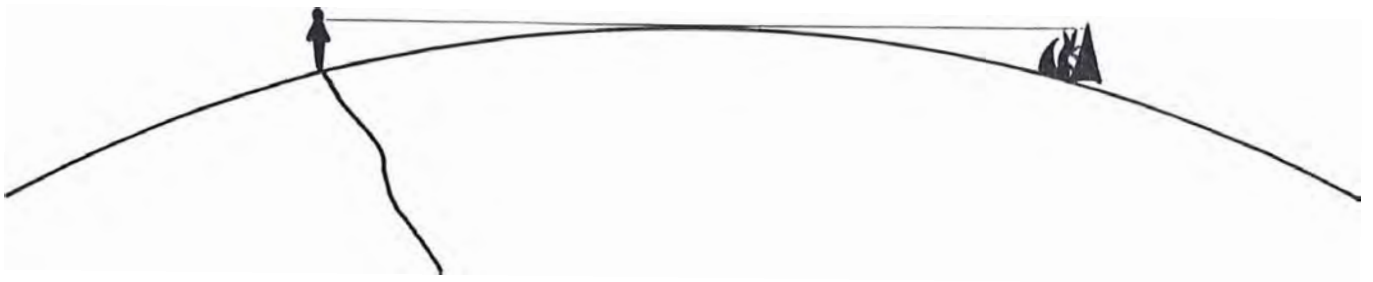
### I.2.2.-FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA.

En distancias cortas consideramos a la tierra como plana; pero distancias más grandes y áreas aún mucho más grandes, esta premisa no se cumple.

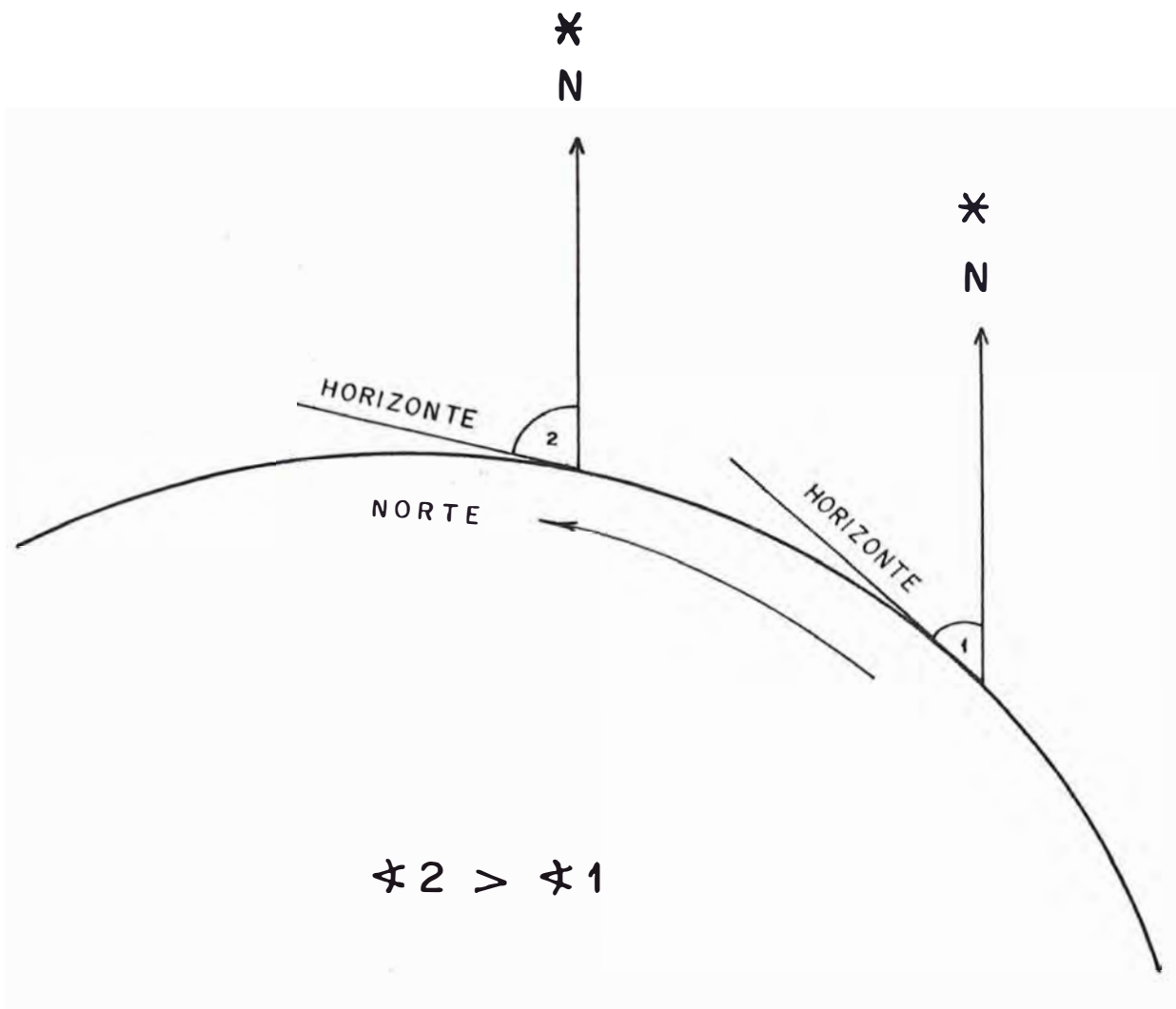
Dado que presenta una curvatura; por tanto se definiría a la tierra como una superficie cerrada por las siguientes razones:

-Los antiguos navegantes griegos habían observado que un barco que aparece en el horizonte no se le ve en forma completa al instante, sino que su superestructura se hace visible antes de que aparezca el casco del mismo.

-Cuando se viaja hacia el norte durante la noche, la estrella polar parece que se eleva más en el cielo, conforme se le mire al medírsele desde el horizonte.



**UN BARCO EN EL HORIZONTE**



VIAJE NOCTURNO HACIA EL NORTE

-Cuando se viaja hacia el norte durante el día la sombra del hombre se alarga.

La tierra se considera como una esfera achatada en los polos, desde la época de Newton. En la actualidad el modelo matemático que representa mejor a la tierra es el elipsoide (**elipsoide terrestre**), que tiene su eje menor paralelo al eje de rotación de la tierra. Las dimensiones de tal elipsoide están dadas por la longitud de los dos semi ejes o por la longitud del eje semi mayor y el achatamiento. Con el lanzamiento de los satélites, se tuvo mayor información y cuando se analizaron, se comprobó que había asimetría en la forma de la tierra y es más estrecha en el norte que en el Sur; por tanto tiene casi la forma de una pera.

#### **I.2.4.-EL CAMPO GRAVITACIONAL DE LA TIERRA**

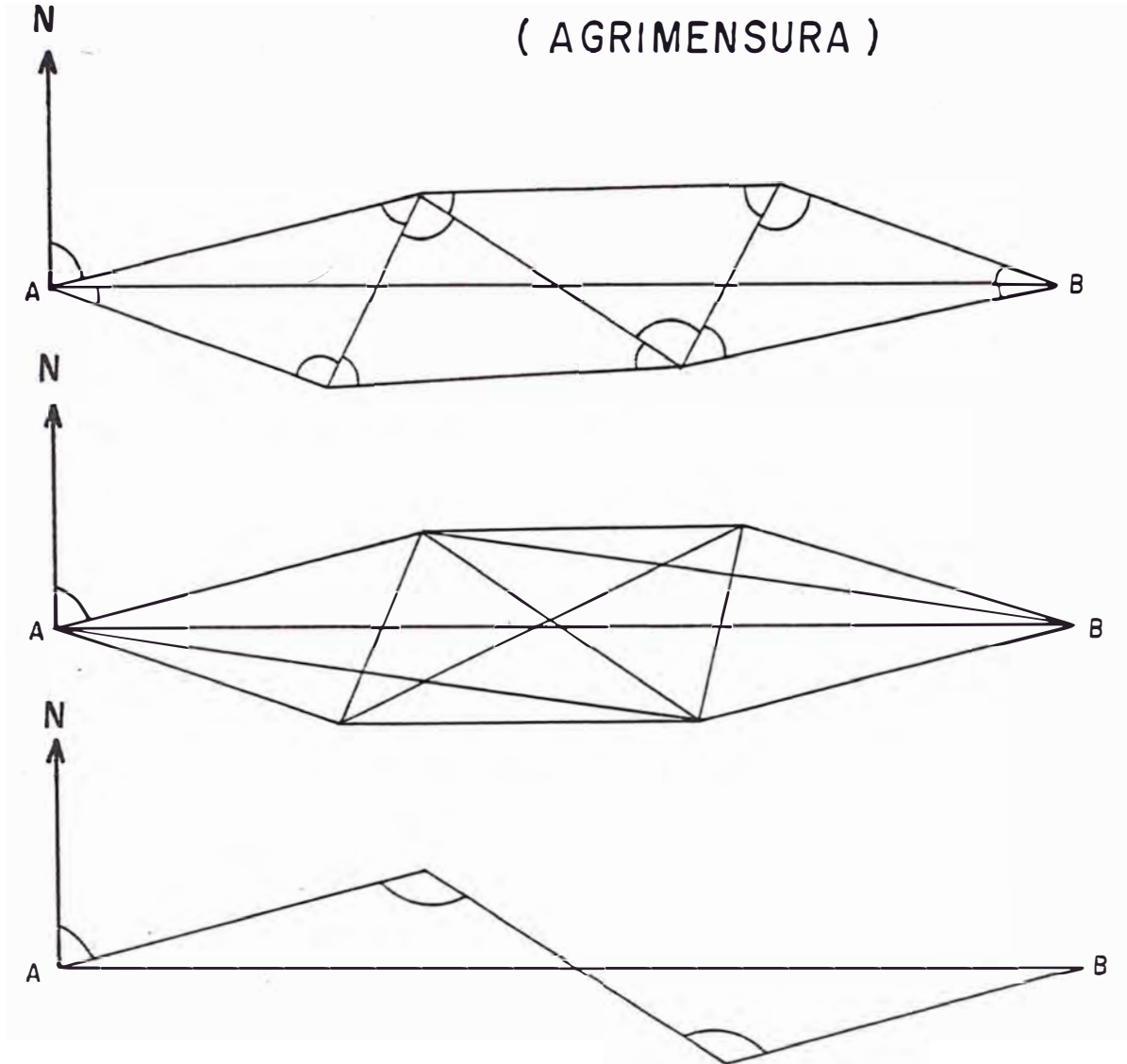
Sabemos que la tierra no es perfectamente homogénea en cuanto a la gravedad, en realidad las montañas y valles, el agua y la tierra, y los diferentes tipos de rocas complican aún más la teoría geodésica debido a que ellos afectan la gravedad y la gravedad afecta a la forma del geolide.

#### **I.2.5.-POSICIONAMIENTO DE UN PUNTO**

Para conocer la ubicación de un punto es necesario relacionarlo con algún punto de referencia conocido. Y para realizar el enlace existe los siguientes procedimientos:

# MEDICIONES GEODESICAS

( AGRIMENSURA )



TRIANGULACION

TRILATERACION

POLIGONALES

**-TRIANGULACIÓN.**-Que establece una cadena de triángulos. El procedimiento se inicia a partir del punto dado A con una línea base cuidadosamente medida, así como su azimut. Luego se miden todos los otros ángulos en la cadena de triángulos por medio de ellos se puede computar la distancia y dirección finales entre A y B.

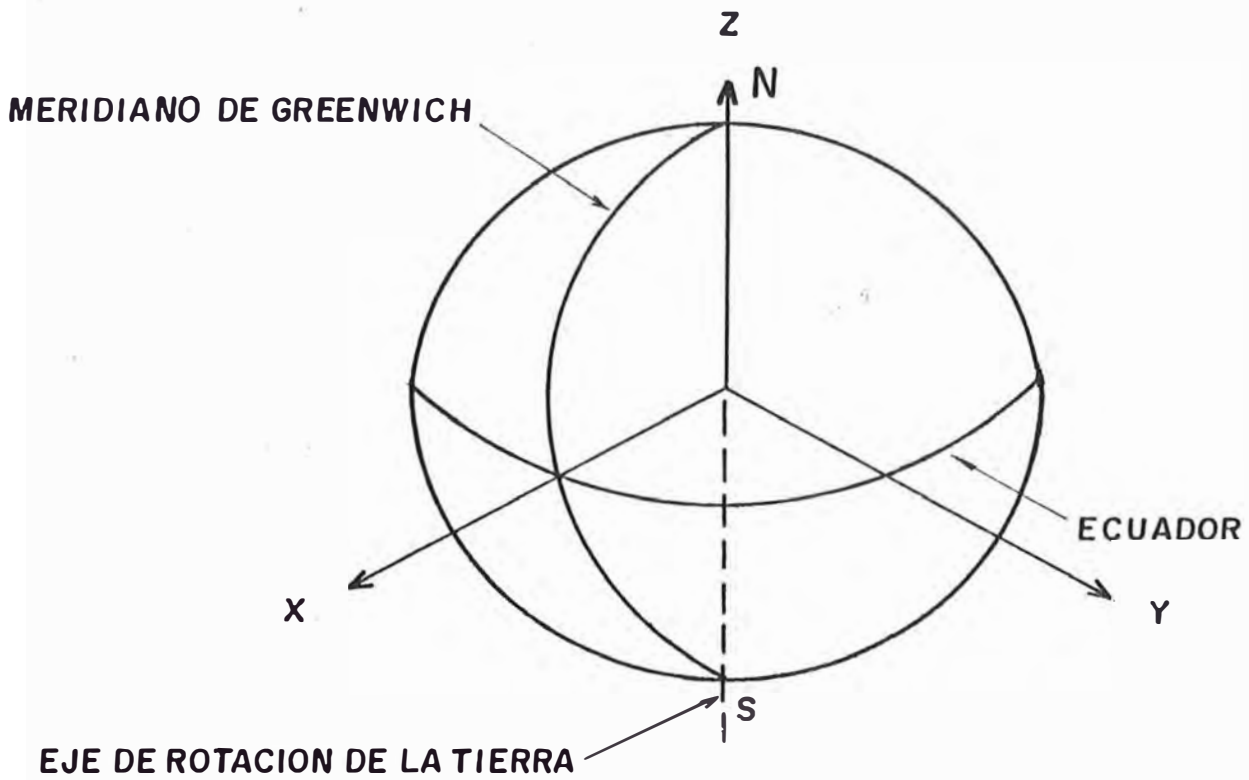
**-LA TRILATERACION.**- que comprende las mediciones de los lados de una cadena de triángulos u otros polígonos. De ellos se puede computar la distancia y dirección entre A y B.

**-LA POLIGONAL.**-Que comprende las mediciones de las distancias y los ángulos entre éstas, sin la utilización de triángulos con el propósito de computar la distancia y la dirección de A y B.

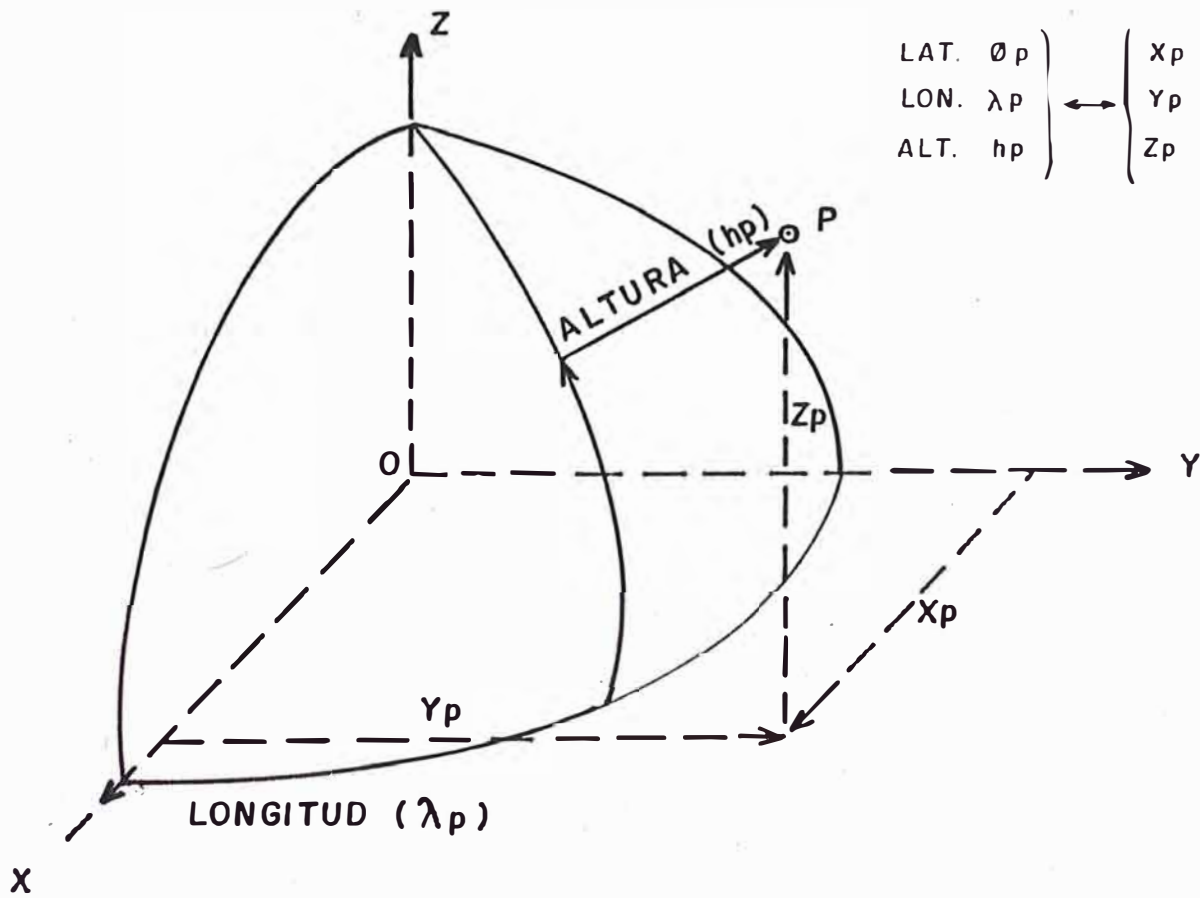
Para los sistemas geodésicos lo suficientemente grandes como para ser afectados por la curvatura de la tierra, se usa un modelo elipsoidal de la tierra y se designa la posición de cualquier punto en términos de latitud, longitud y altura.

**-LA LATITUD.**-se refiere a un conjunto de círculos paralelos al Ecuador que se llaman "paralelos".El número empieza en el Ecuador y se extiende hasta los noventa grados al norte y noventa grados al sur.

**-LA LONGITUD.**-Se refiere a un conjunto de elipses (o círculos, si el modelo de la tierra ha sido tomado como una



## EL SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS

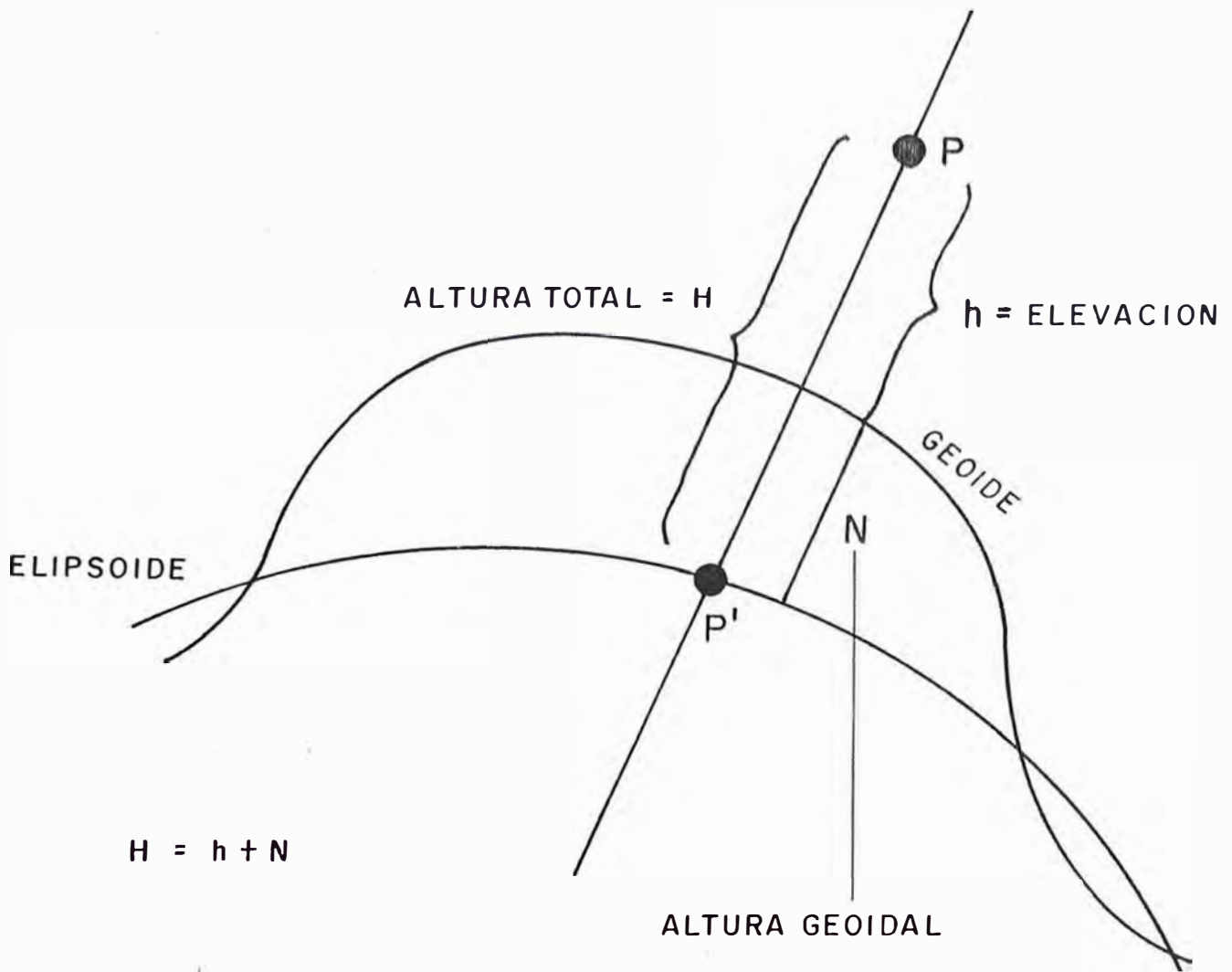


## SISTEMAS DE COORDENADAS

esfera), que se llaman "meridianos". Su numeración inicia con el meridiano que pasa por Greenwich, u se extiende hasta los 360 grados hacia el este.

-**POSICIÓN HORIZONTAL.**-Viene ha ser el punto de intersección de un paralelo y un meridiano. Que incluye la posición vertical. Esta es la altura del punto por encima o por debajo del elipsoide.





## LA POSICION VERTICAL

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

### CAPITULO II

#### II.-CONCEPTOS BÁSICOS

Para entender bien sobre el Sistema GPS es necesario tener claramente definidos, los principales términos empleados en el Sistema.

##### II.1. ELIPSOIDE:

Es la figura geométrica resultante de hacer girar un elipse sobre su eje menor (b), quedando definida por la longitud del semieje mayor (a) y el aplanamiento (f). El elipsoide se utiliza en geodesia como marco de referencia para establecer posiciones, distancias y direcciones.

El elipsoide que se usa en Sistema GPS es el WGS-84 (**World Geodetic System-84**) tiene una dimensión de semieje mayor de  $a = 6378137$  y un aplanamiento  $f=1/298.26$ .

La forma física de la tierra real se aproxima estrechamente a la superficie matemática del elipsoide de revolución. La superficie elipsoidal es lisa conveniente para las operaciones matemáticas. Esta es la razón por la cual el elipsoide se emplea ampliamente como la superficie de referencia para coordenadas horizontales en las redes geodésicas.

Por otro lado, el elipsoide es mucho menos conveniente como una superficie de referencia para coordenadas verticales.

## II.2. GEOIDE

Se define como aquella superficie equipotencial que corresponde a un nivel medio del mar; es decir que el potencial gravitacional en cualquier punto del GEOIDE será el mismo y la dirección de la gravedad será perpendicular al geoide.

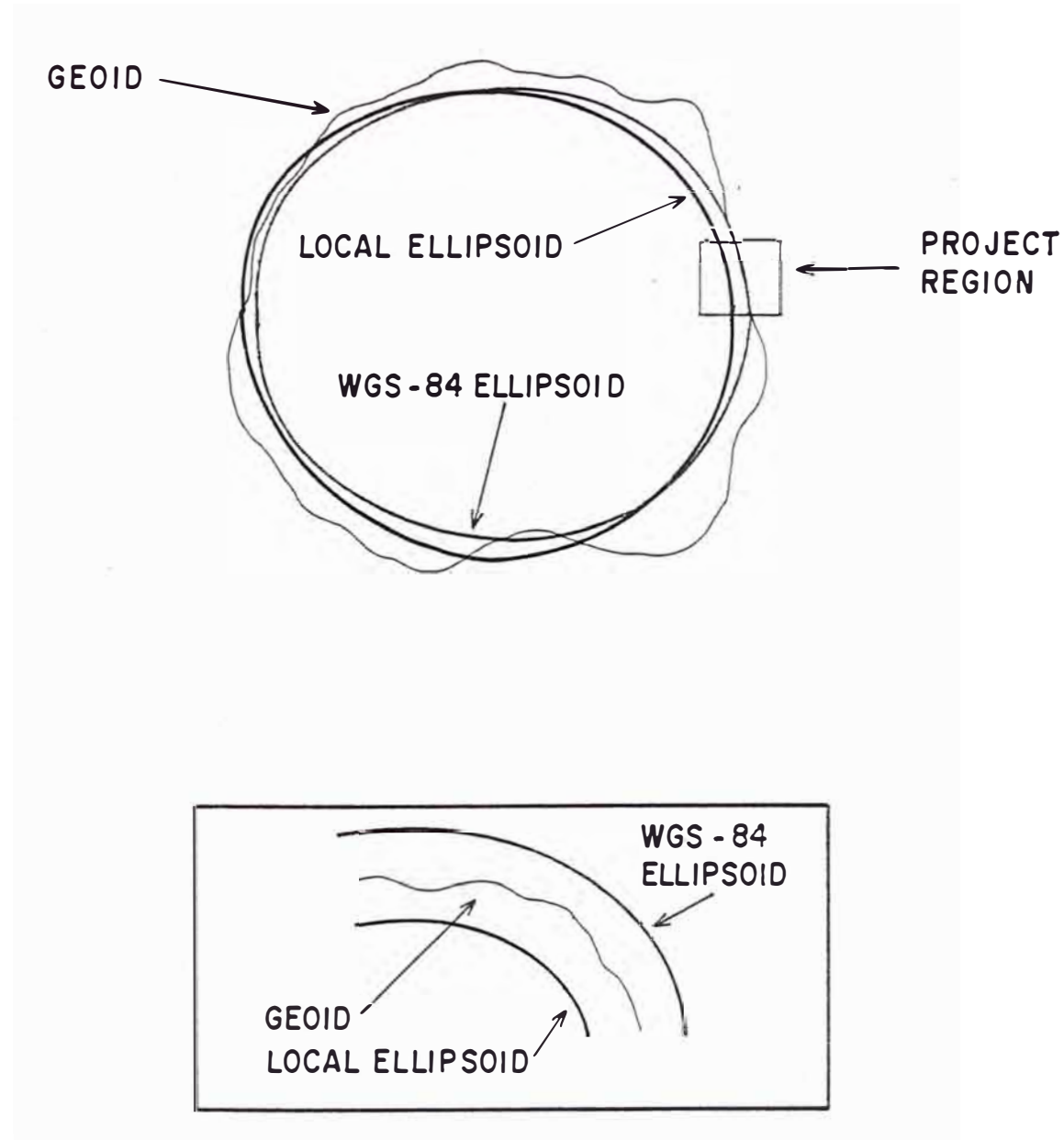
Si la tierra tuviera una densidad uniforme y la topografía de ésta no existiera, el geoide tendría la forma de un elipsoide achatado, ubicado exactamente sobre el centro de las masas de la tierra. Como esto no ocurre ya que existen variaciones en la densidad terrestre, haciendo que la forma de la superficie varíe, se afirma que donde exista una diferencia de masa el geoide se hundirá por debajo de la elipsoide y donde exista un exceso de masa el geoide se levantará sobre el elipsoide medio.

El geoide WGS-84, fue diseñado utilizando observaciones satelitales, mediciones gravimétricas, redes de control geodésicas de alta precisión y mediciones astronómicas.

La relación entre el geoide y el elipsoide de referencia se llama **ONDULACIÓN GEOIDAL**. La relación entre elipsoide y geoide se ilustra en la siguiente figura.

El ángulo teta entre las direcciones de la normal elipsoidal y la línea de plomada en el punto P se denomina **DEFLEXIÓN DE LA VERTICAL**.

# LOCAL ELLIPSOID PROVIDES BEST FIT FOR PROJECT REGION



### II.3. SISTEMAS DE REFERENCIA

Cuando se realizan cálculos de posición sobre la superficie de la tierra, es necesario tener el marco de referencia matemático. El marco de referencia más conveniente es el elipsoide, ya que provee una figura relativamente simple y se ajusta al geoide con bastante aproximación.

Los levantamientos se hacen con instrumentos nivelados y por tanto estas observaciones se hacen relativas al geoide y al elipsoide, sin embargo para ciertos propósitos estas diferencias pueden ser ignoradas y escoger un elipsoide de referencia que se ajuste en forma muy aproximada al geoide en el área considerada; para alcanzar el ajuste preciso se han establecido diferentes elipsoides de referencia los cuales **encajan** en forma adecuada con un área particular del geoide.

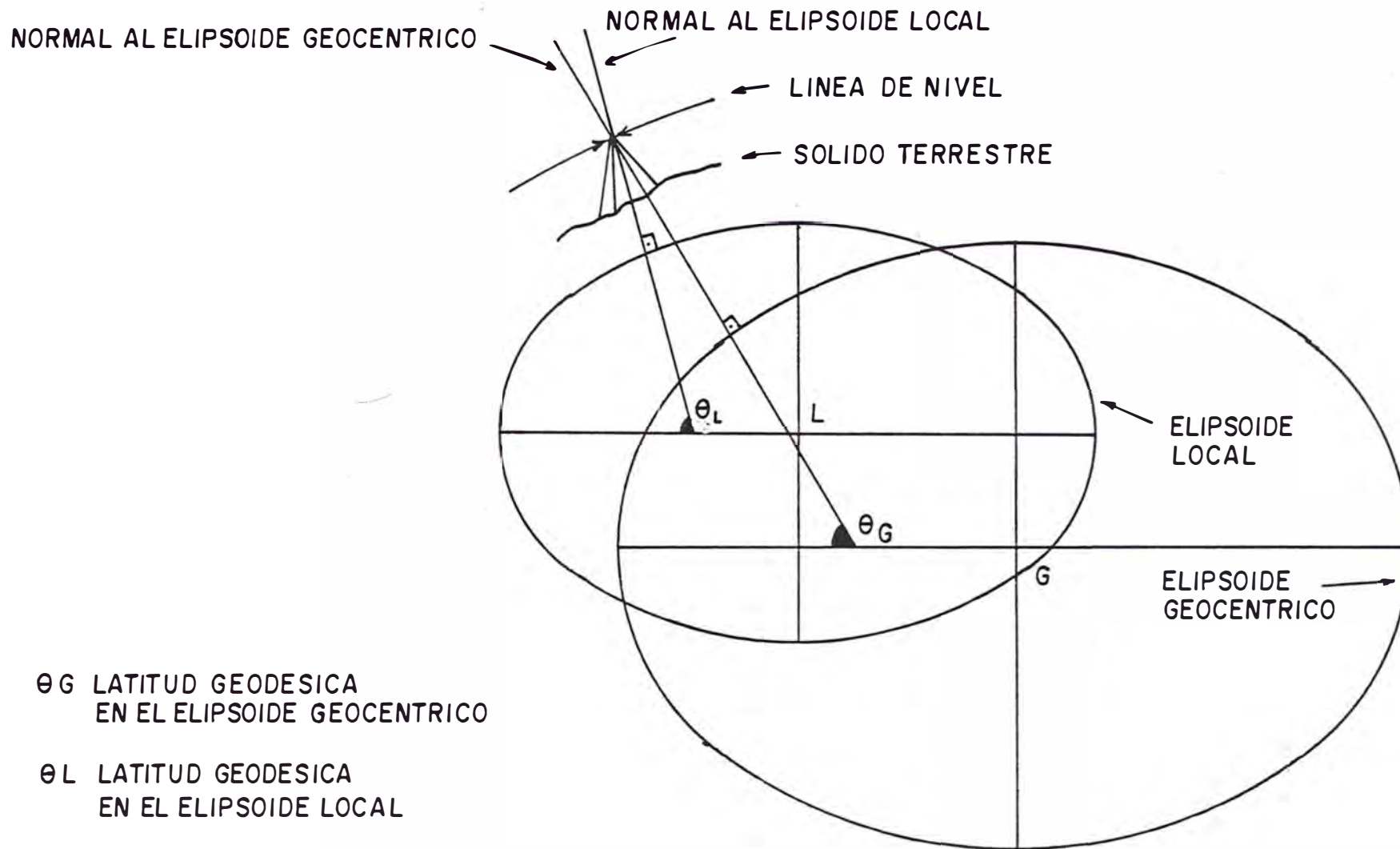
En consecuencia cada país o región puede elegir su propio marco de referencia, teniendo en cuenta para ello lo siguiente:

- Topografía (superficie física de la tierra)
- El geoide (superficie equipotencial física)
- El elipsoide (superficie matemática o marco de referencia para cálculos)

### II.4. COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Para fijar una posición sobre el elipsoide se utiliza un Sistema Geográfico de Coordenadas definido por la Latitud y Longitud.

Se debe considerar dos tipos de latitudes:



## MULTIPLICIDAD DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA GEODESICOS

- La Latitud geodésica referida a la superficie de referencia geodésica, es decir el elipsoide y,
- La latitud astronómica, que corresponde al ángulo entre el Ecuador y la componente meridiana de la normal al geoides en el punto P.

### II.5. COORDENADAS CARTESIANAS

Es un método alternativo para definir posición es el empleo de Coordenadas Cartesianas. El Sistema tiene su origen en el centro de la tierra con los ejes "X" e "Y" al plano del Ecuador. El eje "X" pasa a través del meridiano de GREENWICH y el eje "Z" coincide con el eje de rotación de la tierra, los tres son ortogonales entre sí.

### II.6. COORDENADAS PLANAS

Están referidas a un Sistema de Proyección Cartográfica para el dibujo de la carta geográfica. Los puntos de origen son establecidos por el país de procedencia de acuerdo a su necesidad y geografía.

### II.7. DATUM LOCAL

Países individuales han escogido elipsoides de referencia diferentes, los factores que afectan esta selección son el tamaño y forma del elipsoide así como su posición. Los elipsoides que han sido definidos con orientación, posición, tamaño y forma son llamados DATUM GEODESICOS. En el, contexto de GPS, estos Datum Geodésicos

individuales designan frecuentemente como datum local, dado que en comparación con **DATUM SATELITALES**, son válidos solamente en una región o en un área local.

La definición de un **DATUM GEODESICO** o **LOCAL**, es generalmente bastante arbitraria su selección está sujeta sólo a conveniencia. Primero se debe definir el tamaño y forma del elipsoide seleccionado, un largo del semieje mayor (**a**) y aplanamiento (**f**): posteriormente se elige un punto de control, el origen y se define la altura de este punto sobre el elipsoide a través de una nivelación. Esta nivelación será relativa al nivel medio del mar (geoide). El empleo de esta altura nivelada sobre el elipsoide define como es que en el origen coinciden el geoide y el elipsoide, en otras palabras existirá desviación cero de la vertical en el origen.

## II.8. DATUM SATELITAL

El Sistema de referencia para el satélite se define por el marco en el cual están dadas las efemérides del satélite o datos orbitales, éstos se basan en las coordenadas adoptadas por un número de estaciones del rastreo, un modelo geopotencial adoptado para el campo gravitacional terrestre y un conjunto de constantes (Velocidad de la luz, constante gravitacional, masa terrestre)

La definición de elipsoide no se utiliza en la computación de la órbita, sin embargo un elipsoide está normalmente asociado con un **DATUM SATELITAL**, de tal forma que las posiciones puedan ser mostradas tanto en coordenadas



geográficas como cartesianas. Este elipsoide es derivado mediante un proceso de ajustes por mínimos cuadrados.

En conclusión, cuando el DATUM no es referenciado con un elipsoide sino con parámetros orbitales y constantes se habla de un DATUM SATELITAL.

## II.9. ALTURAS Y ELEVACIÓN

Se define dos "alturas" básicas; elipsoidal y elevación sobre el nivel medio del mar.

### II.9.1. ALTURA ELIPSOIDAL(h)

La altura elipsoidal de un punto, es la distancia vertical del punto en cuestión hacia el elipsoide de referencia y es medida a lo largo de la normal al elipsoide en el mismo recorrido.

### II.9.2. ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Altura medida sobre el nivel medio del mar (H), también llamada altura ortométrica, es la distancia vertical del punto sobre el geoide y es medida a lo largo de la línea de la plomada desde el punto al geoide.

La diferencia entre estas cantidades es la ALTURA GEOIDAL (N), también llamada ONDULACION GEOIDAL; que es la separación vertical entre el geoide y el elipsoide.

Los datos requeridos normalmente están referidos al Nivel Medio del Mar y no al elipsoide, por lo tanto es mejor referenciarlo a un geoide de tipo local.

Se sabe que las capas tectónicas en la región d la

selva permite una altura de menos error, porque la ondulación geoidal se extiende.

## **II.10. EFEMERIDES**

Las efemérides son una lista de coordenadas que definen la posición orbital de un satélite en diversos momentos. Todas las técnicas de procesamiento de mediciones del GPS requieren las efemérides correspondientes al intervalo en que se efectuaron las observaciones a fin de determinar la posición del receptor terrestre, tanto la absoluta para la modalidad de posicionamiento por puntos, como la relativa cuando se utiliza en el modalidad diferencial.

Las efemérides de los satélites están actualizadas cada hora, pero son válidas por un intervalo de tiempo adicional (al menos 1/2 hora). Las efemérides es un conjunto de parámetros que contienen no solamente elementos Keplerianos de la órbita sino también correcciones para ellas.

Los valores de los parámetros son obtenidos por un ajuste de mínimos cuadrados de la órbita predicha dentro de un intervalo de tiempo. Por lo tanto, en apariencia son solamente elementos Keplerianos que no se cumplen para el total de la órbita, sin embargo, describen la verdadera órbita Kepleriana dentro de un rango de unos pocos Kilómetros.

Los efemérides se cladsifican en transmitidas (o de referencia) y Post-procesadas (o pronosticadas)

### **II.10.1. EFEMERIDES TRANSMITIDAS**

La efemérides de referencia es un estimado inicial de la

trayectoria del satélite, calculada a partir del registro de datos durante una semana, en las cinco estaciones de monitorio.

#### **II.10.2. EFEMERIDES PROCESADAS**

La predicción de efemérides transmitidas no siempre satisface las necesidades de todos los usuarios, entonces la alternativa es emplear efemérides pos-procesadas, que son calculadas por el Centro Naval de los Estados Unidos.

#### **II.11. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA**

El sistema está compuesto básicamente por tres segmentos:

**SEGMENTO ESPACIAL**

**SEGMENTO DE CONTROL**

**SEGMENTO UTILITARIO**

##### **II.11.1. SEGMENTO SATELITAL**

Constelación está conformada por 31 satélites para brindar información en 3D durante las 24 Horas del día, 21 de ellos se consideran como principales y 3 son de emergencia. Todos tienen órbitas casi circulares, una altura promedio de 20,200 Km (Esto con el fin de tener una mayor cobertura) y un período de 12 horas sidéreas.

De ellos 18 satélites se distribuyen en 6 planos orbitales, con una inclinación de  $55^\circ$  con respecto al plano ecuatorial, rotados  $60^\circ$  con respecto a los planos

orbitales adyacentes y un ángulo de  $90^\circ$  entre ellos, su separación en ascensión recta es de  $60^\circ$ .

La estrategia que se utilizó para conseguir esta configuración se basó en:

- Relación geométrica entre todos los satélites, para asegurar cobertura continua en toda la superficie terrestre.
- La mayor altura de los mismos requerirá de menor número de satélites para un cubrimiento total de la superficie.

Cada satélite GPS genera una frecuencia fundamental de 10.23 Mhz, de la cual se derivan las restantes frecuencias y señales integradas. Mediante los factores multiplicadores 154 y 120 se obtienen 2 frecuencias portadoras de la banda L:

**L1= 1,575.42 Mhz    Long. de Onda 19.0425 cm**

**L2= 1,227.60 Mhz    Long. de Onda 24.4379 cm**

Sobre éstas dos portadoras, respondiendo a algoritmos polinómicos que caracterizan a cada satélite, se modulan las señales de navegación conocidas como:

Código P. También llamada PPS (Precise Positioning Service), sólo puede ser utilizado por lo militares y algunos civiles autorizados.

Este código puede modularse y hasta encriptarse sobre 1 ó las 2 frecuencias portadoras.

Código C/A. También llamada código S (Standart Positioning Service). Es una señal de código de frecuencia 1,0233 Mhz lo que corresponde a una resolución de distancia del orden de 300 mt., que puede ser mejorada mediante la interpolación.

Es sobre ambas portadoras que se transmite el denominado

"Mensaje de Navegación" del satélite y está constituido por 50 palabras de 30 bits cada una, durante 30 segundos en su totalidad.

### II.11.2. SEGMENTO DE CONTROL

Este segmento tiene la tarea de llevar a cabo el rastreo, cálculo, transmisión de datos y supervisión necesarios para el control diario de todos los satélites del Sistema, envía informes de efemérides y luego las recibe, compara, establece los factores de corrección y modifica la trayectoria de los satélites en el espacio.

Existen 5 estaciones:

- Master Control Station, ubicado en Colorado Springs.USA
- Ascensión.
- Kwajalein
- Hawai
- Diego García

Todas estas estaciones se encuentran igualmente espaciadas, además de cumplir 3 funciones especiales:

1.-Todas cumplen labores de monitorio, rastrean todas señales GPS para ser empleadas en el control de los satélites y predecir sus Órbitas. Este rastreo se realiza mediante receptores de doble frecuencia equipados con osciladores de cesio. También son recolectados datos meteorológicos para permitir una evaluación más precisa de los retardos troposféricos. Las posiciones para estas Estaciones de Monitorio son conocidas con muy alta precisión.

2.-Tres de las estaciones (Ascensión, Diego García y Kwajalein) están capacitados para transmitir información hacia los satélites, incluyendo nuevas efemérides, corrección de reloj, mensajes de transmisión de datos y comandos de telemetría. Estas realizan un seguimiento permanente de la constelación

**NAVSTAR**, transmitiendo los datos recolectados al Centro de Operaciones Espaciales Unidas, de la estación principal donde estas observaciones y las efemérides de referencia proporcionadas por la Naval Surface Weapons Center-NSWC, obtenidas mediante integración de largos arcos de trayectoria, se calculan las efemérides de cada satélite para un período posterior. Esta información se inyecta desde la estación principal al receptor colocado a bordo de cada satélite.

3.- Una estación (**Colorado Springs**) es la Estación de Control Principal. Los datos rastreados desde las estaciones de monitoreo son transmitidas a la Estación de Control Principal para ser procesadas. Este procesamiento involucra el cálculo de las efemérides de los satélites y correcciones de reloj a los mismos.

### **II.11.3. SEGMENTO DEL USUARIO**

Está constituido por todos los equipos, permanentes u ocasionales, utilizados para la recepción de señales emitidas por los satélites y empleados para el posicionamiento o para la precisa determinación del tiempo. Se conoce

como receptor GPS a un equipo constituido por una antena con preamplificador para la captación de señales emitidas por los satélites y un receptor integrado por los elementos físicos y de lógica necesarios para el control, seguimiento, registro, almacenamiento, visualización de los datos, cálculos previos, cálculos pos-observados y presentación de resultados.

Un receptor normalmente utiliza un canal o más. Un canal consta de un hardware y un software necesarios para rastrear la señal de un satélite en una de las dos frecuencias portadoras.

Algunos receptores llevan incorporado el calculador, así como un elemento para registro de datos sobre soporte magnético, en tanto que otros precisan de un ordenador exterior, generalmente de tipo PC, y unidad de registro en diskette.

## II.12. DETERMINACION DE LA POSICIÓN CON SISTEMA GPS.

El Sistema GPS constituye una nueva tecnología, que consiste en calcular nuestra ubicación en la tierra midiendo la distancia a un grupo de satélites en el espacio.

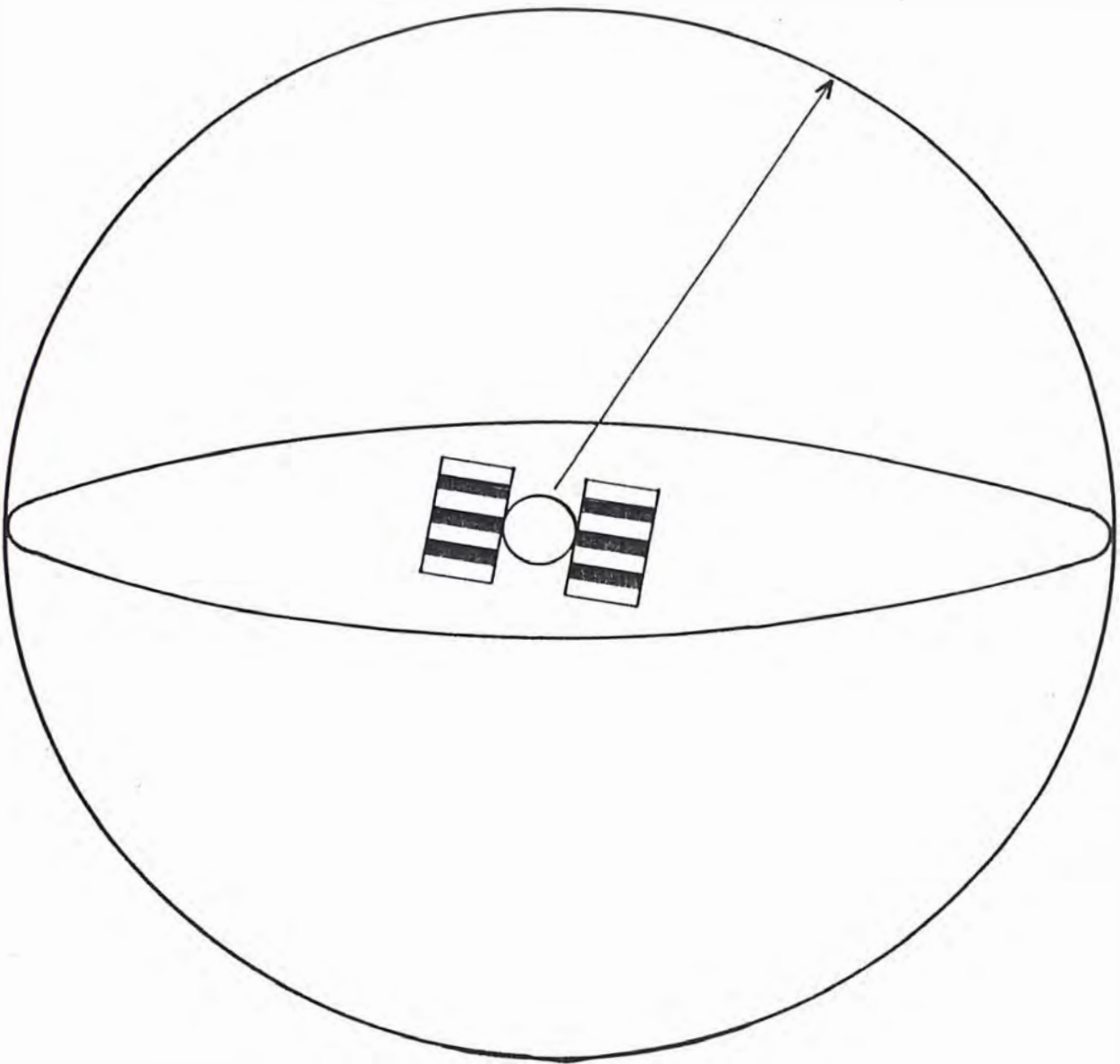
Inicialmente los satélites actúan como puntos de referencia precisos para nosotros.

Si sabemos que el punto donde nos encontramos se encuentra a 21,000 Km con respecto a un satélite "X". Esto nos dice que debemos estar en algún lugar de una esfera imaginaria que tiene como centro el satélite y que tiene como radio 21,000 Km. Si, al mismo tiempo, también conocemos que estamos a 23,000 Km. de otro satélite "Y". Debido a que el único lugar del universo donde podemos estar a 21,000 Km de "X" y 23,000 Km de "Y" es un círculo donde ambas esferas se interceptan.

Se realizamos un tercera medida a otro satélite "Z" y se encuentra a 25,000 Km., podremos saber el punto donde estamos, puesto que sólo hay dos puntos en el espacio donde la esfera de 25,000 Km de radio corta a círculo de la interceptación de las esferas de 21,000 Km. y 23,000 Km.; uno de los puntos está en el espacio y resulta obvio conocer cuál es nuestra ubicación en la tierra. Sin embargo, si queremos resultados técnicamente preciso, la trigonometría recomienda una cuarta medida a otro satélite para hacer que desaparezca la ambigüedad de nuestra posición.



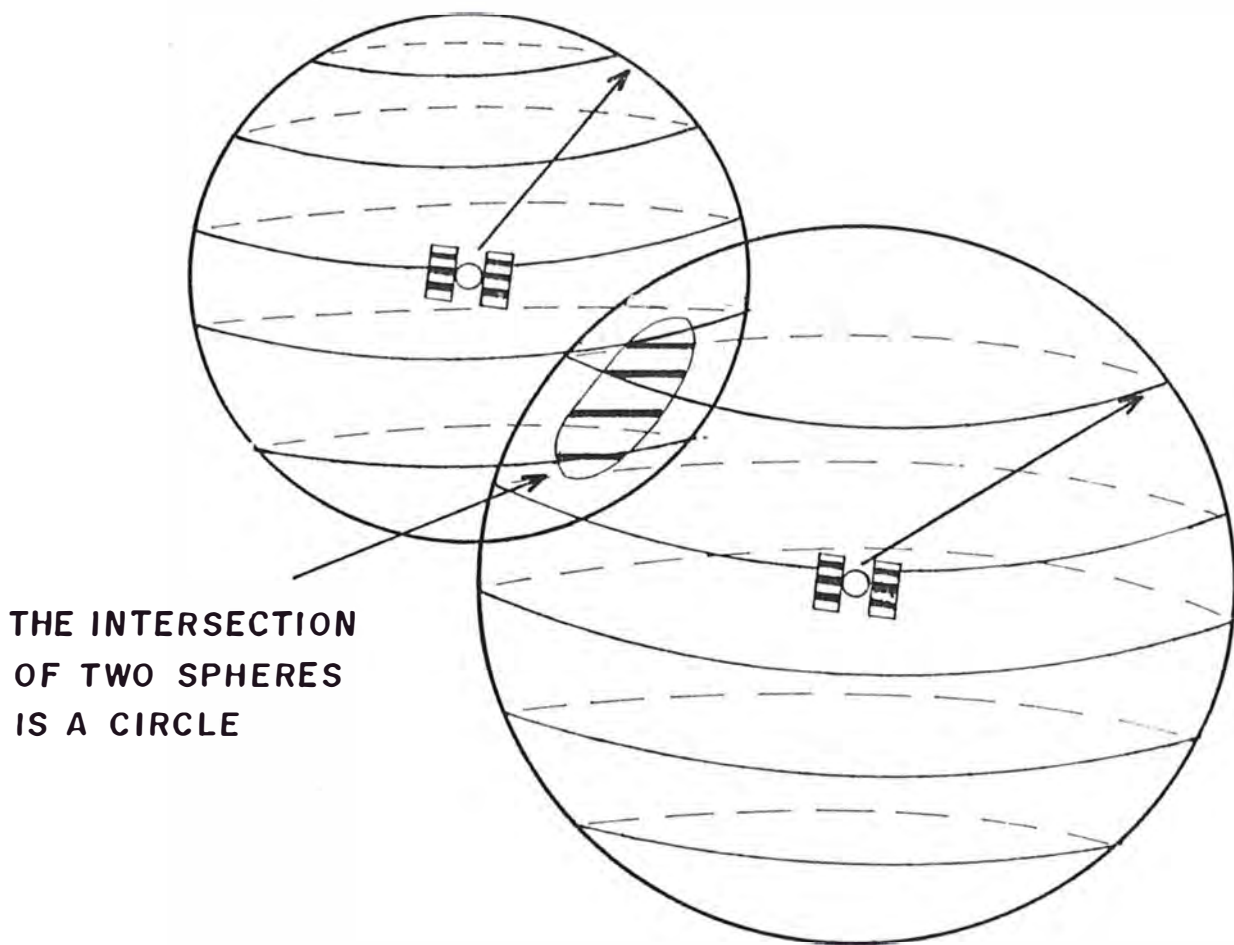
ONE MEASUREMENT NARROWS DOWN OUR  
POSITION TO THE SURFACE OF A SPHERE



WE ARE ON THE  
SURFACE OF THIS  
SPHERE .

ONE SATELLITE

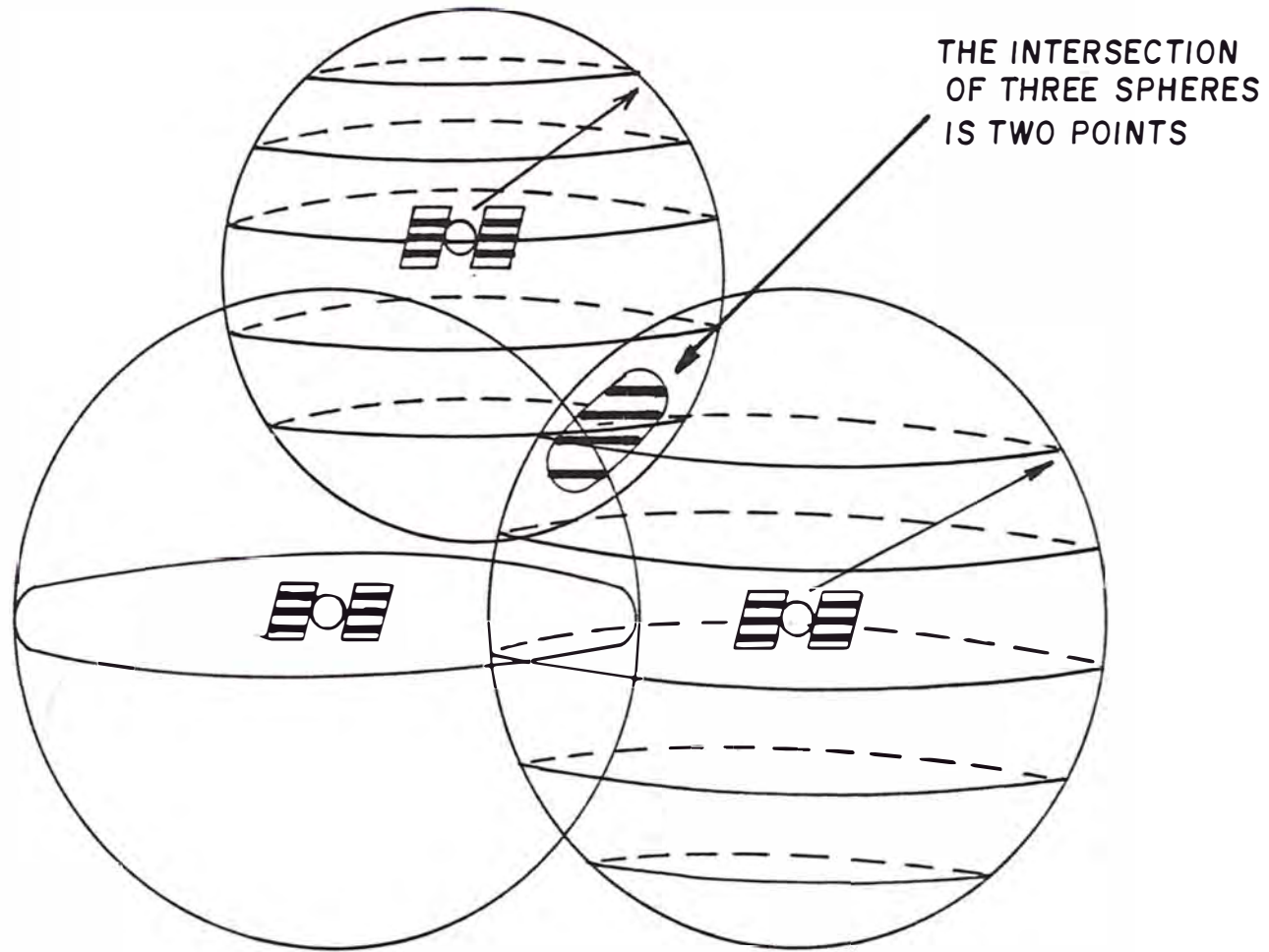
A SECOND MEASUREMENT NARROWS DOWN OUR  
POSITION TO THE INTERSECTION OF TWO SPHERES



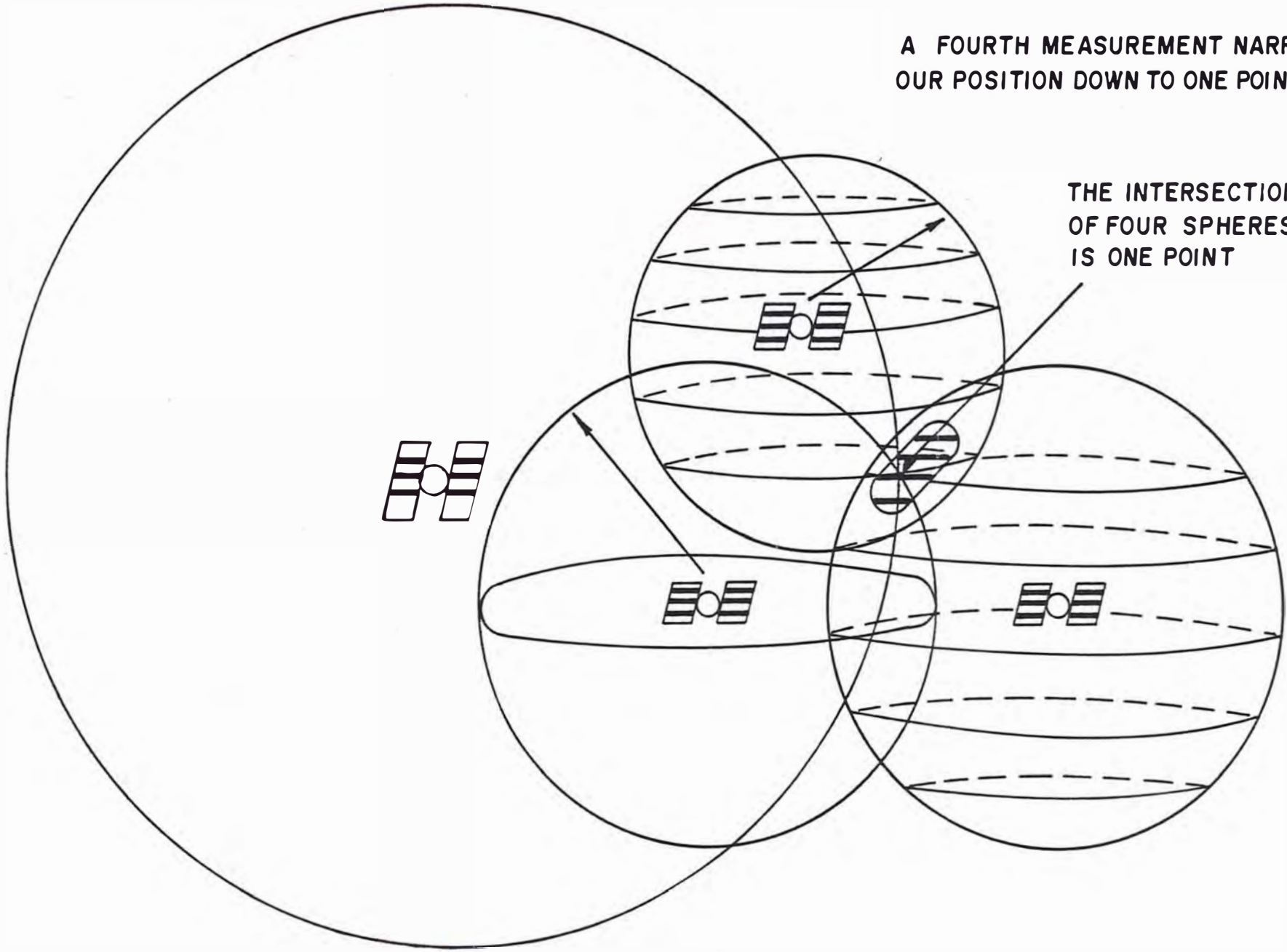
THE INTERSECTION  
OF TWO SPHERES  
IS A CIRCLE

TWO SATELLITES

A THIRD MEASUREMENT NARROWS  
DOWN OUR POSITION TO TWO POINTS



THREE SATELLITES



A FOURTH MEASUREMENT NARROW  
OUR POSITION DOWN TO ONE POINT

THE INTERSECTION  
OF FOUR SPHERES  
IS ONE POINT

FOUR SATELLITES

La idea básica de medir la distancia a un satélite es el antiguo concepto:

$$\text{ESPACIO} = \text{VELOCIDAD} \times \text{TIEMPO}$$

### II.13. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA AL SATÉLITE

El GPS trabaja midiendo el tiempo que tarda una señal de radio de un satélite en llegar hasta un receptor en tierra, calculando la distancia en función de ese tiempo.

Las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz. 300,000 Km/seg .Si la multiplicamos por el tiempo que tarda la señal en segundos, sabremos la distancia que nos separa de los satélites que observamos. Lógicamente, necesitamos relojes muy precisos, por lo que los satélites utilizan relojes de Rubidio y Cesio que miden el tiempo en nanosegundos.

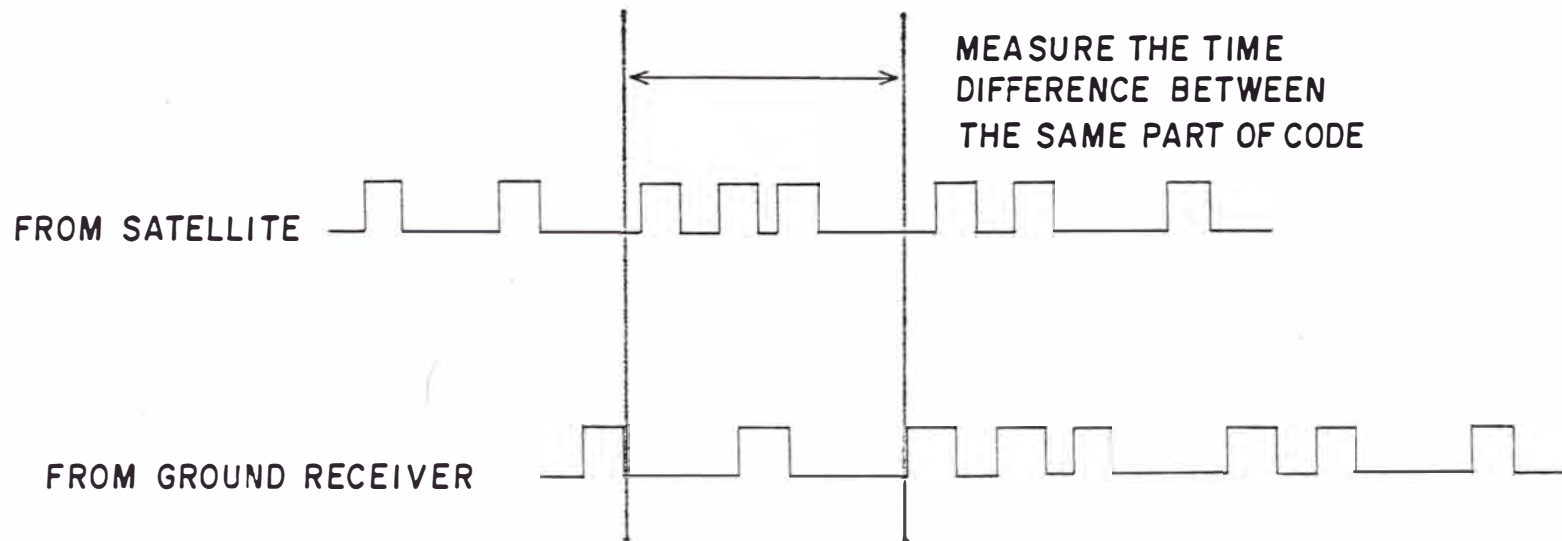
El mayor problema para medir el tiempo de viaje de la señal de radio es resolver exactamente cuando la señal deja el satélites, los diseñadores idearon lo siguiente: Sincronización los satélites y receptores para que generen en mismo código exactamente al mismo tiempo. Luego la técnica consiste en recibir los códigos de un satélite y averiguar cuanto tiempo hace nuestro receptor generó el mismo código, la diferencia de tiempo es lo que demoró una señal para viajar del satélite hasta el receptor.

El Sistema GPS no utiliza números; más bien tanto los satélites como los receptores generan un complicado set de códigos digitales. Los códigos pseudo-random fueron imple-

# CODE GENERATION

HOW DO WE KNOW WHEN THE SIGNAL LEFT THE SATELLITE ?

- \* USE SAME CODE AT THE RECEIVER AND SATELLITE
- \* SYNCHRONIZE THE SATELLITES AND RECEIVERS SO THEY ARE GENERATING SAME CODE AT SAME TIME
- \* THEN LOOK AT THE INCOMING CODE FROM THE SATELLITE AND SEE HOW LONG AGO THE RECEIVER GENERATED THE SAME CODE



mentados en forma complicada a propósito, para que puedan ser comparados fácilmente y sin ambigüedad. Otras de las razones técnicas es que permite trabajar con señales de bajo poder y pequeñas antenas, da al DoD una manera de controlar el acceso al sistema. Además permite a todos los satélites usar una frecuencia.

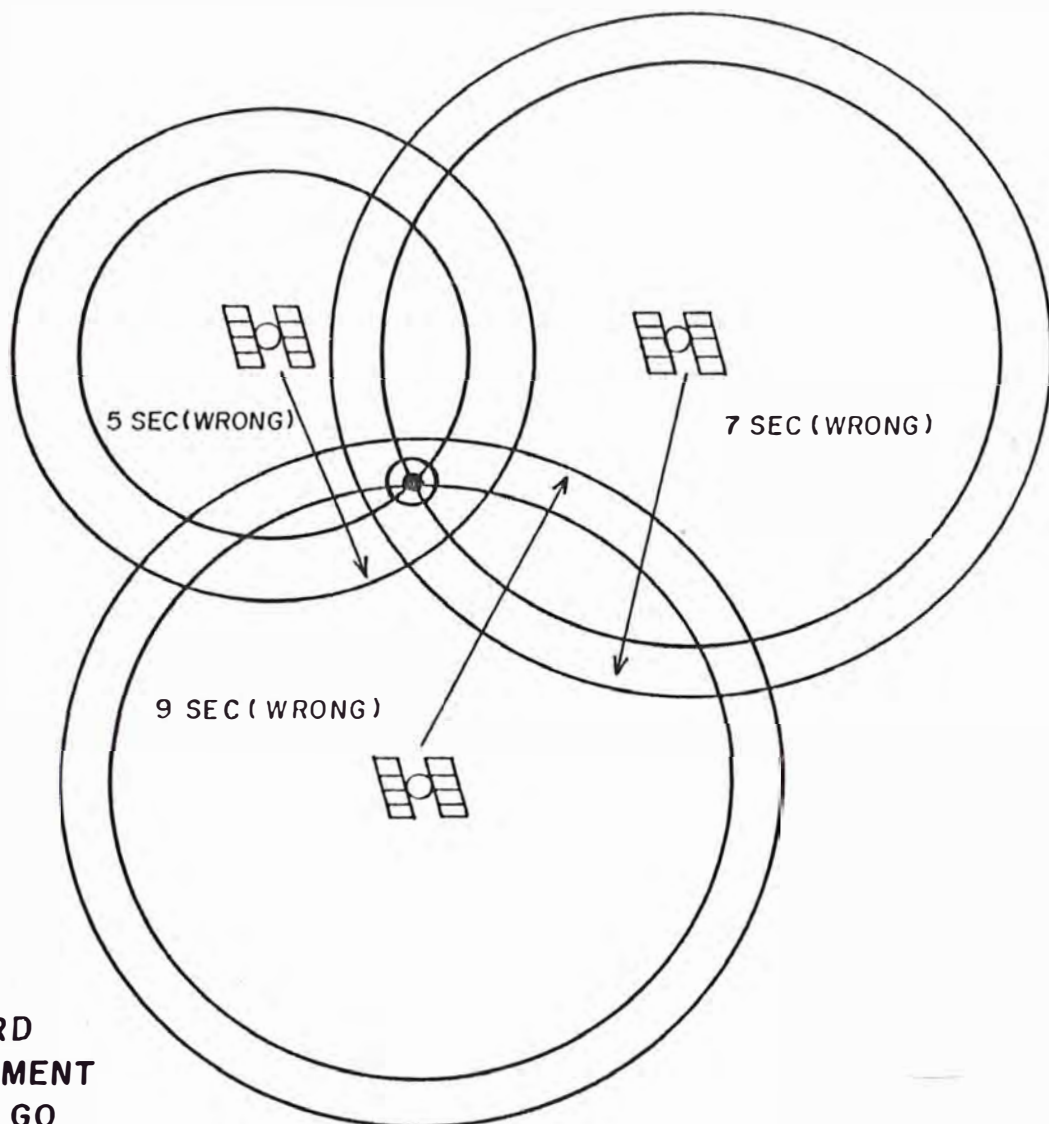
#### II.14. AJUSTE PERFECTO DEL TIEMPO

Sabemos que la velocidad es 300,000 Km/seg, entonces si el satélite y el receptor estuvieran fuera de sincronización por 1/100 de segundo, nuestra posición verdadera estaría alejado 300 Km. Para medir el tiempo con precisión los satélites llevan a bordo relojes atómicos en un número de 4; mientras que los relojes de los receptores son moderadamente precisos; siendo así los resultados obtenidos serían desastrosos; pero este inconveniente se elimina realizando una medida extra (cuarta) de la distancia.

Inicialmente el ajuste perfecto del tiempo se basa en la intersección de círculos en un punto común. Las computadoras de nuestros receptores son programadas tal que cuando consiguen una serie de medidas que no pueden interceptar en un punto común, asumen que la causa es el reloj interno y tiene que realizarse alguna compensación en el tiempo. Entonces comienzan a sustraer (o añadir) tiempos en la misma magnitud a todas las medidas. Esto permite guardar tiempo de todas las medidas hasta que esto llegue a una respuesta que le permita a todas las posiciones llegar a un punto. En esencia, se descubre que por sustraer o añadir fracción de segundos de las 3 medidas pueden hacer que los

# MEASURING DISTANCES FROM THREE SATELLITES WITH FAST CLOCKS

THREE MEASUREMENTS WITH FAST CLOCKS , IN TWO DIMENSIONS



THE THIRD MEASUREMENT WILL NOT GO THROUGH THE OTHER TWO



círculos se intercepten en un punto.

Para corregir el tiempo con una cuarta medida nuestros receptores llevan un programa, que resuelven 4 ecuaciones con 4 incógnitas, y de esa manera determinan la compensación del reloj. Tal como se observa en el gráfico correspondiente.

Las medidas de posición en tiempo real, se necesitan de un receptor de por lo menos de 4 canales, esto es, para que cada canal se dedique a cada uno de los cuatro satélites simultáneamente.

## II.15. UBICACIÓN DE LOS SATÉLITES

Los satélites están en el espacio a una distancia de 11,000 millas y esta altitud es verdaderamente un beneficio en nuestro caso; dado que domina una gran área de nuestra planeta.

La Fuerza Aérea de Estados Unidos coloca a cada satélite en una órbita muy precisa de acuerdo al Plan Maestro del GPS

Las órbitas de los satélites son conocidas y los receptores GPS tienen programado un "almanaque" en la memoria de sus computadoras, que informa en todo instante la ubicación de cada satélite. Todos los satélites están constantemente monitoreados por el Departamento de Defensa a fin de que tengan una órbitas muy precisa. Desde que están alrededor de la planeta una vez cada 12 horas, los satélites GPS pasan sobre una de las estaciones de Monitoreo DoD dos veces al día. Donde mide su altitud, posición y velocidad. Las variaciones que muestran son llamadas errores

círculos se intercepten en un punto.

Para corregir el tiempo con una cuarta medida nuestros receptores llevan un programa, que resuelven 4 ecuaciones con 4 incógnitas, y de esa manera determinan la compensación del reloj. Tal como se observa en el gráfico correspondiente.

Las medidas de posición en tiempo real, se necesitan de un receptor de por lo menos de 4 canales, esto es, para que cada canal se dedique a cada uno de los cuatro satélites simultáneamente.

## II.15. UBICACIÓN DE LOS SATÉLITES

Los satélites están en el espacio a una distancia de 11,000 millas y esta altitud es verdaderamente un beneficio en nuestro caso; dado que domina una gran área de nuestra planeta.

La Fuerza Aérea de Estados Unidos coloca a cada satélite en una órbita muy precisa de acuerdo al Plan Maestro del GPS

Las órbitas de los satélites son conocidas y los receptores GPS tienen programado un "almanaque" en la memoria de sus computadoras, que informa en todo instante la ubicación de cada satélite. Todos los satélites están constantemente monitoreados por el Departamento de Defensa a fin de que tengan una órbitas muy precisa. Desde que están alrededor de la planeta una vez cada 12 horas, los satélites GPS pasan sobre una de las estaciones de Monitoreo DoD dos veces al día. Donde mide su altitud, posición y velocidad. Las variaciones que muestran son llamadas errores

"efimeros".

Una vez que el DoD ha medido la posición de un satélite, ellos deciden que información va al satélite. Luego el satélite emite estas correcciones al los receptores.

## II.16. ERRORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN DEL GPS.

Uno de los errores significativos que se comete con el sistema GPS es la produce la ionósfera terrestre que contienen partículas eléctricamente cargados de 129 a 194 Km. de la tierra. Estas partículas afectan las velocidad de la luz y las velocidades de las señales de radio del GPS. Como se sabe la velocidad de la luz es solamente constante en el vacío; pero la luz (o señal de radio) atraviesa un medio más denso una franja de partículas cargadas de muchas Km. de espesor disminuyendo indudablemente la velocidad esa disminución generaría una posición errón a, porque esos cálculos asumen una constante de la velocidad de la luz.

Existe 2 maneras con lo cual se puede minimizar el error causado por esta variación. Para un determinado área de trabajo podemos predecir cual sería la típica variación de la velocidad en un día promedio, bajo condiciones promedio de la ionósfera y luego aplicar ese factor de corrección a todas nuestras medidas. Ello ayudaría pero desafortunadamente no todo el día es promedio.

Otra manera en que podemos medir la variación de la velocidad de nuestra señal es viendo la velocidad relativa de 2 diferentes señales. La idea básica es lo siguiente: Cuando la luz viaja en medio de la ionósfera disminuye a un

promedio inversamente proporcional a su frecuencia al cuadrado. La frecuencia más baja es la que disminuye. Entonces si comparamos los tiempos de llegada de 2 posiciones diferentes de la señal GPS, que tienen diferentes frecuencias, podemos deducir que tipo de disminución tendrán. Este tipo de corrección de error es muy sofisticado y solamente se le encuentra en el más avanzado de receptores GPS de "**Doble Frecuencia**", llamado solución libre de ionosfera y con esto, se elimina este error.

Después de que las señales GPS cruzan la ionosfera, entran a la atmósfera terrestre, donde toda la capa está saturada de vapor de agua, el cual también afectará a las señales. Los errores son similares en magnitud a aquellos causados por la ionosfera, pero este tipo de errores es casi imposible de corregir.

#### OTROS TIPOS DE ERRORES

A pesar de ser tan precisos los relojes que llevan los satélites, están sujetos a pequeñas variaciones. Mediante el monitoreo de parte de DoD estos relojes pueden ajustarse cuando ocurren pequeñas desviaciones, pero aún así, leves impresiones pueden afectar nuestras mediciones.

Al igual que los relojes atómicos en los satélites, nuestros receptores en la tierra algunas veces cometen errores. El receptor pudo haber realizado una correlación errónea de los códigos pseudo-random por causa de una interferencia eléctrica.

Otro error es el denominado "**error multipath**". Este se incrementa cuando las señales transmitidas por los satélites

reflejan en la superficie antes de ser detectado por nuestros receptores llegando como una señal débil.

La última precisión del GPS es determinada por la determinada por la suma de varias fuentes de error. La contribución de cada fuente puede variar dependiendo de las condiciones atmosféricas y del equipo.

Además, la precisión del GPS puede a propósito ser implementada por el Departamento de Defensa usando la "Disponibilidad Selectiva" o "SIA."

#### FUENTE DE ERROR (TÍPICO)

|  |         |
|--|---------|
| ERROR DE RELOJ DEL SATÉLITE.....           | 2 PIES  |
| ERROR EFÍMERO.....                         | 2 PIES  |
| ERROR DE RECEPTOR.....                     | 4 PIES  |
| ATMOSFÉRICO/IONOSFÉRICO.....               | 12 PIES |
| EL PEOR CASO SIA (SI ES IMPLEMENTADO)..... | 25 PIES |

Otro de los factores que influyen en la calidad de la posición es la Geometría del Satélite. Una geometría pobre originará un elevado DOP y por consiguiente la solución de la posición probablemente no va satisfacer las especificaciones de precisión.

La relación importante es la siguiente:

$$GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2$$

Donde:

**GDOP** = Dilución de la precisión geométrica

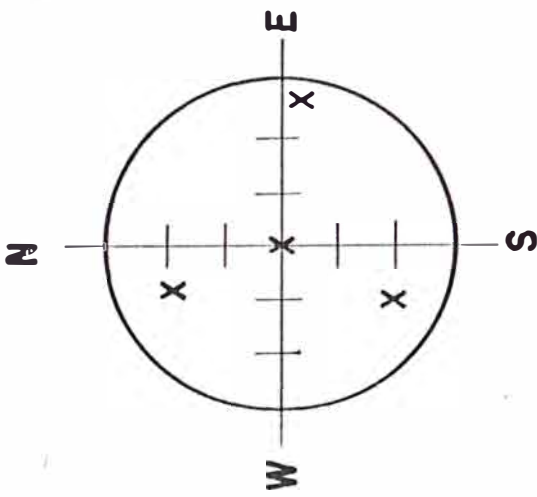
**PDOP** = Dilución de la precisión de medidas horizontales y  
verticales

**TDOP** = Dilución de la precisión del Tiempo

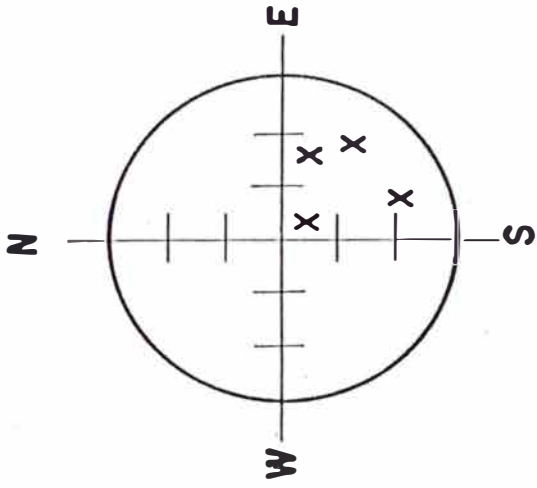
Una geometría menos ideal la tienen los satélites que se encuentran ubicados todos en la misma parte del firmamento. Recuerde que cuando una geometría en particular es pobre para un tipo de DOP, puede ser buena para otro tipo de DOP. Por ejemplo, si se necesita una medición vertical muy precisa, podría recopilar datos cuando la geometría se parezca a los ejemplos 4 y 5. Aún cuando el receptor calculará un elevado PDOP, las medidas verticales serán buenas.

Sin embargo, el receptor del GPS siempre seleccionará automáticamente los 3 o 4 satélites que dan el PDOP más bajo.

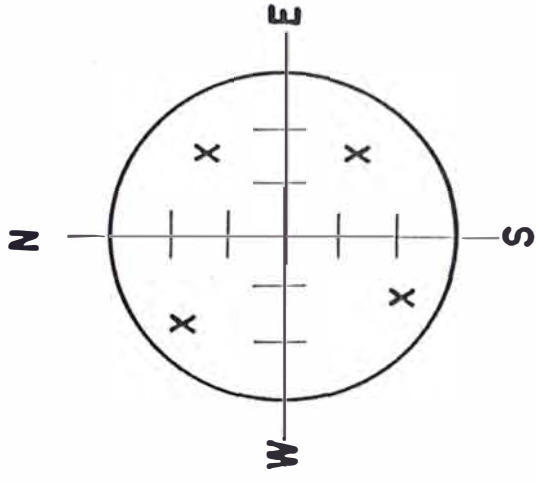
# PDOP DIAGRAM



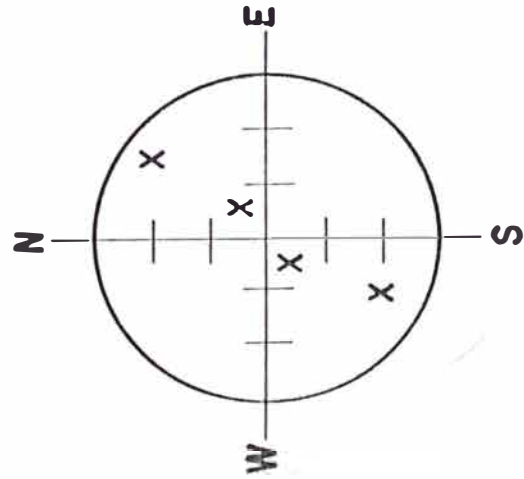
1.- Good PDOP, HDOP, VDOP



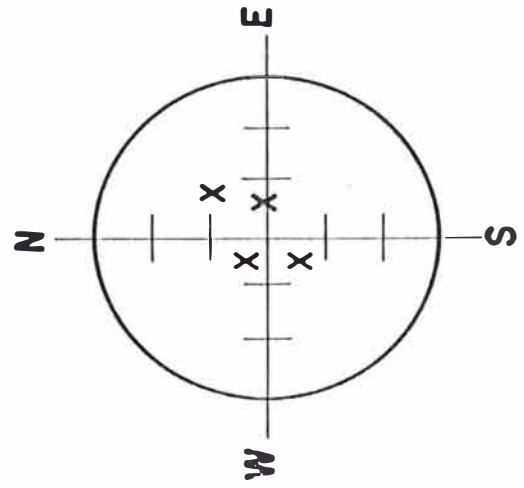
2.- Poor PDOP, HDOP, VDOP



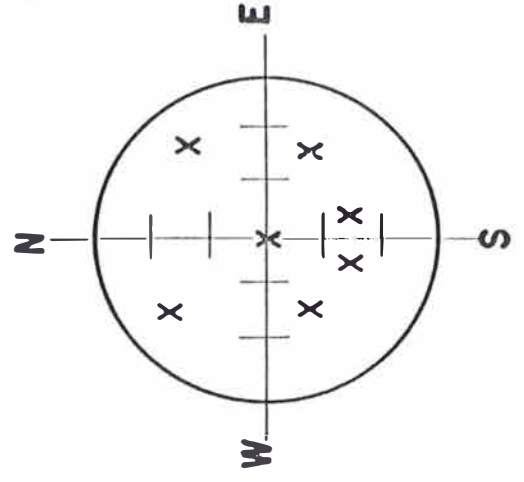
3.- Poor PDOP, good HDOP, poor VDOP



4.- Poor PDOP, poor HDOP, good VDOP



5.- Poor PDOP, poor HDOP, good VDOP



6.- Have a good DOP

## II.17.GPS CON CORRECCIÓN DIFERENCIAL-CORRECCIÓN DIFERENCIAL A TIEMPO REAL.

GPS es el sistema de navegación más preciso jamás diseñado, pero aún ésta increíble precisión puede ser incrementada usando una técnica llamada "GPS DIFERENCIAL". Con esto el GPS puede conseguir medida precisa mejor que una cinta métrica. Y esto hace que el GPS tenga aplicaciones sorprendentes.

Apropiados receptores son requeridos para utilizar las señales GPS para propósitos de navegación o para posicionamiento geodésico. El GPS continúa desarrollándose en forma vertiginosa, y también el diseño.

La corrección diferencial en GPS es un proceso mediante el cual se ubica un receptor en un lugar conocido, llamado estación base, y se usa los datos recopilados por el satélite para ajustar las posiciones del GPS que fueron computadas por otros receptores (remotos) en lugares desconocidos. Las posiciones flotantes se comparan con las posiciones de la estación de base conocida y las diferentes existentes se emplean para corregir las posiciones de los flotantes.

Se considera el hecho de que la precisión disminuye a medida que incrementa la distancia de la estación base al rover.



En el DGPS de tiempo real, la estación base inmediatamente determina el error por cada uno de los satélites a medida que recibe los datos. Esta corrección es recibida por su flotante que aplica la corrección a la posición que se está calculando. El resultado es que la posición que Ud. ve en el flotante es su posición corregida diferencialmente. Esto es útil para saber donde se encuentra en determinado momento.

## II.18. PRINCIPALES COMPONENTES DEL RECEPTOR

Los principales componentes del receptor GPS son:

- Antena con pre-amplificador
- Sección RF con identificación de señales y procesamiento de señales (canales)
- Microprocesador para control de l receptor, base de datos de muestras y base de datos de procesamiento (solución de navegación).
- Oscilador de precisión
- Suministro de poder
- Interfase usuaria, comando y panel (exhibidor)
- Memoria, almacén de base de datos.

La antena detecta las ondas electromagnéticas que vienen desde el satélite, convierte las ondas de energía en corriente eléctrica, amplifica la fuerza de la señal y manipula la señal sobre los receptores electrónicos. La estructura de la señal GPS requiere que todas las antenas GPS tengan que ser polarizadas circularmente. La antena tiene que ser muy sensitiva dadas las elevaciones y los azimuts del hemisferio visible.

Más requerimientos para aplicaciones geodésicas de alta precisión se necesitan, como una alta estabilidad del centro de la fase eléctrica y una protección contra la multivía.

## II.19. SELECCIÓN DE UN RECEPTOR GPS.

El GPS pronto será de utilidad básica, casi todos utilizarán de una manera u otra. Es un sistema con tremendo potencial y con una amplia variedad de usos posibles. El tener exactamente el equipo correcto para un uso particular requiere de un análisis cuidadoso de como usarías el receptor, que tipo de información necesitas y con que presupuesto cuentas.

Algunas de las características importantes para seleccionar receptores geodésicos son:

- Rastreo de todos los satélites
- Ambas frecuencias
- Longitud de onda total en L2
- Bajo ruido de fase
- Bajo ruido de código
- Valor alto de muestreo para L1 y L2
- Alta capacidad de memoria
- Bajo consumo de energía
- Capacidad operacional total en AS

Es recomendable utilizar un receptor de doble frecuencia para aplicaciones en geodesia y mediciones, debido a la influencia crítica ionosférica y a la ventaja en resoluciones de ambigüedad.

Para la mayoría de propósitos de navegación un receptor de una sola frecuencia de código C/A es suficiente.

### II.19.1. RECEPTORES SECUENCIALES

Todos los receptores GPS deben recibir información de por lo menos de 4 satélites para calcular una posición precisa.

En los receptores secuenciales, el canal cambia de satélite a satélite en intervalos regulares. Un solo canal receptor debe cambiar por lo menos cuatro satélites para determinar una posición tridimensional. Ellos usualmente tienen menos circuitos entonces son más baratos y consumen menos energía.

### II.19.2 RECEPTORES CONTINUOS

Receptores que pueden monitoriar 4 o más satélites simultáneamente pueden dar posición y velocidad instantáneamente. Esto es valioso en aplicaciones de alta precisión y trabajos científicos. Por otro lado la ventaja de poder medir una posición continuamente con estos receptores multi-canal también pueden mejorar el GDOP. En vez de confiar en un cálculo de 4 satélites, que están posicionados en el mejor lugar, algunos de estos sistemas rastrean todos los satélites en cuestión, para conseguir el GDOP mínimo.

## II.20. APLICACIONES DEL SISTEMA GPS.

Las aplicaciones que presenta el Sistema GPS son variadas y podrían dividir en los siguientes grupos:

### APLICACIONES DE USO CIVIL

- Control de Redes Geodésicas
- Monitorio de Deformaciones locales
- Monitorio de Deformaciones Globales

- Determinación de Puntos de Control fotogramétrico
- Densificación de redes locales y globales
- Medición para propósitos catastrales
- Posicionamiento en apoyos geológicos y geofísicos
- Estudio de tectónica de Placas.
- Aplicaciones del sistema GPS en el Campo de la Minería
- Navegación de vehículos terrestres
- Apoyo y búsqueda en emergencias
- Monitorio de flota de camiones, taxis, ambulancia, patrulleros, etc.

#### **APLICACIONES MARINAS**

- Apoyo a barcos Oceanográficos
- Posicionamiento de, Plataforma Petroleras
- Apoyo a flotas pesqueras
- Búsqueda y rescate de embarcaciones en peligro.

#### **APLICACIONES AÉREAS**

- Fotogrametría sin apoyo terrestre
- Proyectos de medición gravimétrica y megatométrica
- Apoyo a proyectos científicos (estudio del daño en la capa de ozono)
- Apoyo en navegación de vehículos espaciales
- Navegación en ruta
- Servicios de búsqueda y rescate
- Fumigación de áreas de interés.

## **CAPITULO III**

### **III. TÉCNICAS GEODESICAS Y TOPOGRÁFICAS DE MEDICIÓN EN EL TERRENO**

#### **III.1. METODO ESTÁTICO**

Este es el método clásico para las mediciones con GPS en Geodesia. El término "estático" se ha aplicado debido a que los receptores ocupan estaciones durante sesiones prolongadas (de una hora a cuatro días). Una sesión consiste de un período de tiempo donde dos o más receptores están en funcionamiento y captando información al mismo tiempo. Para finalizar una sesión, los receptores son desconectados y los archivos se cierran en el receptor.

Generalmente un receptor será ubicado en un punto conocido por su precisión y que será utilizado como punto de referencia mientras que los otros se trasladarán hacia nuevos puntos. La cantidad de sesiones diarias depende de la disponibilidad de la constelación satelital, de la geometría de los satélites, la precisión que se requiera en la medición y el tiempo de traslado entre estaciones.

El secreto de la precisión está basado en que si ponemos un receptor en tierra en un lugar muy conocido, podemos usarlo para calcular exactamente que errores contienen los datos transmitidos por el satélite. El actúa como un punto de referencia estático y puede entonces transmitir un mensaje corrector de errores a otros receptores GPS que está en el área, los cuales pueden usar este mensaje de error para corregir sus soluciones de

posición.

Lo que busca a través de la observación por períodos de una hora o más, es el cambio en la geometría de la observación. El movimiento de los satélites ayuda a resolver las ambigüedades en la fase. Por eso, el método estático se usa para trabajos de GPS que abarcan largas distancias, o para proyectos de densificación de puntos donde se requiere la precisión de unas pocas partes por millón o menos.

### III.2. MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO

Con la posibilidad que ofrecen los equipos geodésicos modernos de utilización de toda la información disponible de los satélites, es decir, ondas portadoras L1 y L2 y los códigos C/A y P, se han desarrollado métodos que permiten aún mayor productividad, y que mantienen e incluso superan los niveles de precisión alcanzados por los métodos cinemáticos.

Este método requiere de la utilización de equipos de doble frecuencia y código P. En la práctica, es idéntico al método estático, pero en este caso se considera suficiente un período de 10 minutos para líneas de hasta de 5 Km, y se aumentan dos minutos por Km. adicional. Se recomienda no medir líneas mayores de 10 Km.

Su aplicación se encuentra en la densificación rápida de puntos donde las condiciones topográficas son adversas y los trayectos entre estaciones están obstruidos, lo que no permite un trabajo cinemático o pseudo-cinemático por la dificultad del acceso que complica la revisita de las estaciones dentro de un período de una hora como lo requieren estos métodos.

### II.3. MEDICIONES CINEMATICAS 56

El método cinemático tiene relación con un receptor en movimiento. Por lo general, un receptor se ubica en un punto conocido mientras que el otro o los otros receptores se desplazan de punto en otro. Se calcula un resultado por cada época (instante) registrada. Para el posicionamiento de puntos, se registran y promedian varias épocas.

Comúnmente, cada estación se ocupa durante uno o dos minutos. El método cinemático es el método de medición más eficiente para recolectar la información de los puntos medidos. Al mismo tiempo, es el más exigente y frágil. Se necesita mantener la conexión con cuatro satélites durante toda la sesión; si en algún momento están disponibles menos de cuatro satélites, será necesario reinicializar la observación en el punto de medición anterior.

Durante el procesamiento de datos, la información sobre el vector y la posición se calculan en cada época de medición. Al ubicarse en el nuevo punto, las épocas marcadas con el nombre de la estación se promedian y los promedios ponderados se almacenan en un archivo de resultados. Aquellos períodos señalados con signos de interrogación no se tome en cuenta en el promedio, y son utilizados para generar un dibujo de la trayectoria seguida por el móvil.

Con puntos espaciados entre 500 a 2000 metros, un promedio de 20 puntos por receptor móvil pueden ser medidos cinemáticamente en un período de una a 3 horas. Es un método muy eficiente para mediciones donde se requiere un alto grado de productividad al tiempo que se mantienen una alta precisión, por lo que el nivel de aplicaciones múltiples.

### III.2. ETAPAS DE EJECUCIÓN DE UN PROYECTO UTILIZANDO EL SISTEMA GPS

El empleo eficiente del sistema GPS incluye algunos pasos importantes tales como: planificación de la misión, decisión en cuanto a la recolección de características y atributos más útiles, manejo cuidadoso del equipo y procesamiento de los datos recolectados.

El trabajo con el sistema GPS se divide en tres etapas:

- Antes de salir de la oficina
- En campo
- A su regreso a la oficina (trabajo de gabinete).

#### III.2.1. ANTES DE SALIR DE LA OFICINA

Se debe revisar la disponibilidad de Satélites a fin de hacer un planeamiento previo a la misión y ejecución, para ello existe en el mercado una variedad de softwares, los cuales predicen no sólo la hora en la que los satélites se encuentran disponibles sino también en qué momento está presenta mejor geometría de la constelación. Esto ocasiona la recopilación de datos más precisos posible.

Para efectuar cálculos de visibilidad del satélite se deberá tener cuidado en los siguientes parámetros:

- Fecha y hora
- Zona de Hora local
- Ubicación



### III.2.1.1. FECHA Y HORA

Deberá ingresar la fecha y hora correctas de la misión de recopilación de datos. Si la fecha se ha ingresado incorrectamente, los cálculos estarán atrasados aproximadamente 4 minutos diarios.

### III.2.1.2. ZONA DE HORA LOCAL

Se deberá ingresar correctamente el offset entre la hora local y el UTC (Universal Time Coordinated, usualmente denominado GMT). El Offset UTC correcto puede calcularse de la siguiente forma:

**Hora local - Hora Universal Coordinada (UTC)=Offset Local**

### III.2.1.3. UBICACIÓN

Deberá ingresar correctamente la ubicación para la que desea los cálculos de visibilidad. Si se ingresan ubicaciones dentro de las 10 millas, los errores de predicción se harán ilegibles.

Luego sabremos con mucha precisión la hora óptima para realizar la recolección de datos.

### III.2.2. EN EL CAMPO

Prepare el equipo

- Lleve receptor, antena y cables.
- Coloque la antena correctamente
- Encienda el registrador de datos (o computadora)
- Revise el estado del GPS.(chequear conexiones y baterías)
- Configurar el equipo para iniciar la toma de datos

### III.2.2.1. TOMA DE DATOS

- Abra archivo de datos
- Registre datos o ingrese características y atributos
- Cierre de archivo de Datos.
- Recoja todo el equipo y colocar todo las partes en sus respectivos estuches.

### III.2.3. DE REGRESO A LA OFICINA

- Se transfiere los datos de los rovers a la PC.
- Enseguida se ajusta los datos provenientes del rover en base a los datos tomados en el master.
- Finalmente nos dará los resultados en coordenadas geográficas incluyendo la altura, correspondiente a WGS-84. Para nuestro caso en particular los datos obtenidos con el Sistema GPS se transformará al Datum SUD-56 (Canoas); utilizando para ello parámetros de conversión  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  y  $\Delta z$ .

Obteniendo como resultado coordenadas geográficas en Sud-56. Para luego mediante el uso de software especializado se obtiene en coordenadas UTM.

A continuación se determina la ONDULACIÓN GEOIDAL, a fin de obtener la cota en m.s.n.m.(elevación) entrando en el cálculo la altura elipsoidal (dato de campo), altura instrumental (dato de campo). Según la ecuación siguiente:

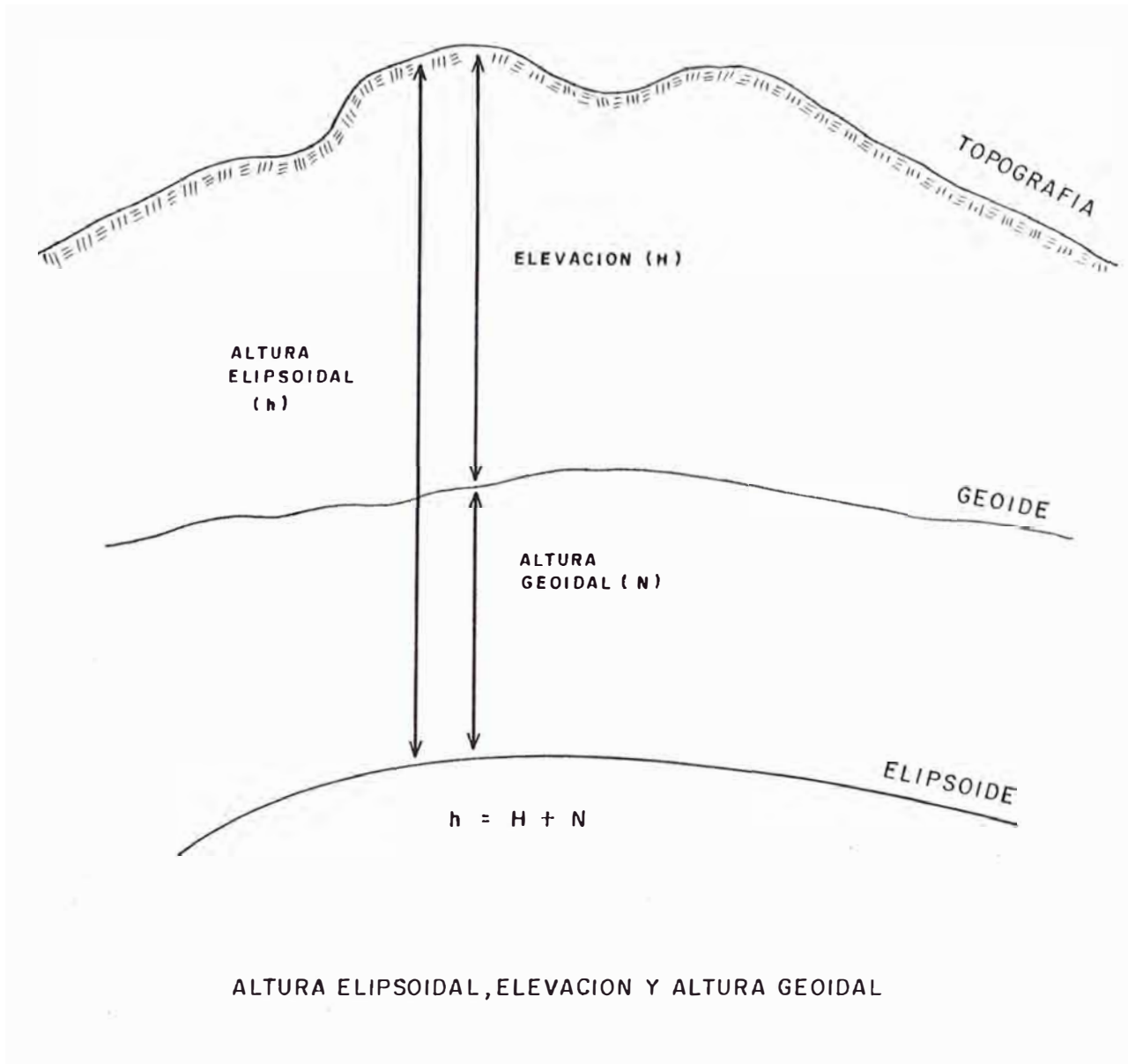
$$h = H + N$$

**Donde:**

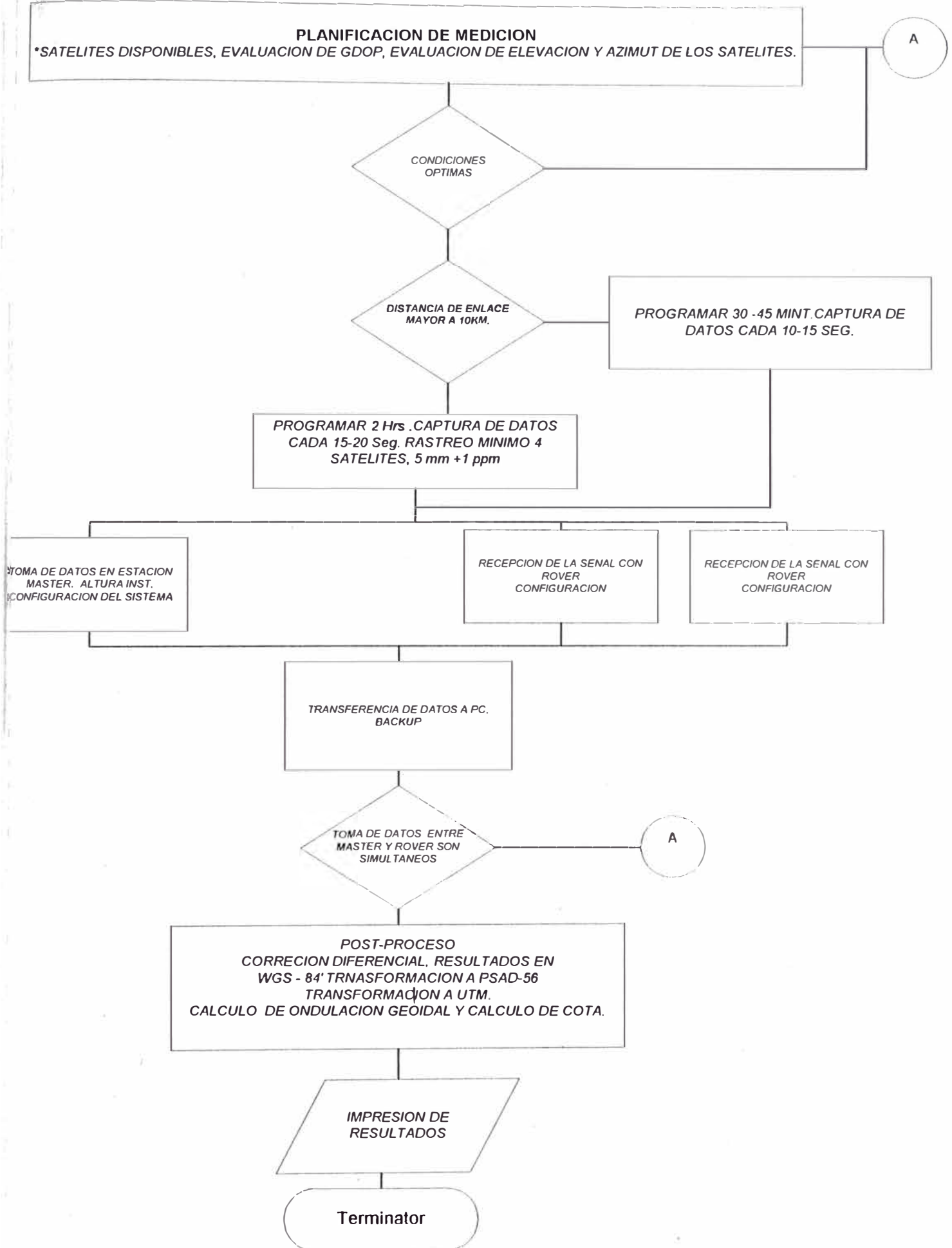
**h:** Altura Elipsoidal

**H:** Elevación

**N:** Altura Geoidal



METODO DE MEDICION: ESTATICO  
UBICACION DE MASTER : PTO.  
GEODESICO DE 1er. ORDEN  
UBICACION DEL ROVER: PP DE UN  
DERECHO MINERO



**APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS GEODESICOS DE POSICIONAMIENTO  
SATELITAL G.P.S. EN LA DETERMINACION GEOGRÁFICA DE LOS  
DERECHOS MINEROS.**

**CAPITULO IV**

**INTRODUCCIÓN**

Inicialmente la ubicación de un Derecho Minero, en el terreno no cambia con la implementación del Sistema de Posicionamiento Satelital; sino por el contrario sirve para verificar la ubicación real de un Derecho Minero. Con el sistema antiguo la determinación principal era la ubicación geográfica del Punto de Partida en función de las visuales y el Punto de Referencia (correlacionaba a un punto notable), con el uso de la nueva tecnología se ubica un Derecho Minero tomando como puntos de referencia los satélites artificiales especialmente diseñados y que permiten la determinación de posiciones en cualquier lugar del globo terrestre. En esta parte del informe desarrollo el replanteo en el terreno del Punto de Partida, Punto de Referencia (sistema antiguo) y luego realizo un enlace geodésico del PP. a un Punto geodésico de primer orden, con GPS DIFERENCIAL, de esta manera determinamos las coordenadas UTM PSAD-56 del PP. y mediante cálculo analítico o usando pequeños programas hallamos las coordenadas de los vértices de la cuadratura.

#### IV.1. DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DEL PP EN FUNCIÓN DE LAS VISUALES Y EL ENLACE A UN PUNTO GEODESICO DE PRIMER ORDEN

Generalmente la ubicación de los Puntos de Partida de los Derechos Mineros resulta imprecisa en diferentes grados, sea por un trabajo de campo defectuoso, instrumental muy elemental o ausencia total de trabajo de campo. Salvo excepciones de un trabajo muy bien elaborado. En la mayoría, los Puntos de Partida de los Derechos Mineros no existen en el terreno o están destruidos, pues el problema es entonces ubicar el PP. que cumpla todas las condiciones que menciona el escrito y el plano respectivo y finalmente se usará el equipo GPS. para el enlace a un punto geodésico de primer orden.

##### V.1.1. DOCUMENTACIÓN EN LIMA

- Copia de la escritura y plano del denuncia
- Compra de la declinación magnética de la zona, del año en que realizó el denuncia y fecha del replanteo, del Instituto Geofísico del Perú (IGP).
- Compra de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y averiguar la zona a que corresponde
- compra de Punto geodésico de primer orden del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

### V.1.2. EQUIPOS Y MATERIALES A USAR

- Teodolito graduado al segundo
- Brújula montante
- Mira, jalones, wincha metálica, cordel, estacas, clavos y pintura.

### V.1.3. DETERMINACIÓN DEL NORTE DEL DENUNCIO ORIGINAL

- 1.- Los visuales fueron orientadas sin hacer uso de la corrección por declinación magnética para ese lugar geográfico y para la fecha de ejecución del trabajo.
- 2.- Las visuales fueron orientadas haciendo uso de la corrección por declinación magnética para ese lugar geográfico y para la fecha de ejecución del trabajo de campo original.
- 3.- Las visuales fueron orientadas a base de un plano de coordenadas UTM elaborados por el IGN.

### CASO 1

- 1a. Determinamos el valor de la declinación magnética en la fecha en que se hizo el denuncia original.
  - 1b. Determinamos el valor de la declinación magnética para la fecha en vamos a realizar el trabajo de reconstrucción.
  - 1c. Restamos de los valores de 1a. los valores de 2a obteniendo un valor (+-) que llamaremos  $\theta$ .
- Finalmente corregimos la brújula con los valores de  $\theta$  para obtener el mismo "N" con que se realizó el denuncia original.

## CASO 2

2a. Determinamos el valor de la declinación magnética en la fecha en que se hizo el denuncia original.

2b. Determinamos el valor de la declinación magnética en que vamos a realizar el trabajo de reconstrucción.

2c. Ajustamos la brújula con el valor de 2b con lo cual obtenemos el mismo "N" con que realizó el denuncia original.

## CASO 3

3.a Determinamos el valor de la declinación magnética en la fecha en que se hizo el plano del I.G.N.

3.b. Determinamos el valor de la declinación magnética para la fecha en que vamos a realizar el trabajo de reconstrucción.

3c. Ajustamos la brújula con el valor de 3b. con lo cual obtenemos el mismo "N" verdadero con que realizó el plano I.G.N.

### V.1.4. REPLANTEO DE CAMPO - UBICACION DE PP

1.- Como primer paso hacemos reconocimiento del área y nos aproximamos al PP. con el GPS. autónomo.

2.- Ubicación de los perfiles de las visuales señaladas en el plano del denuncia.

2.1. Caso de PP. fijado con 3 visuales.

2.2. Caso de PP. fijado con 4 visuales.

2.3. Caso de PP. fijado con más de 4 visuales.

3.- Replanteo de PR.



4.- Replanteo de PI.

5.- Enlace del PP, PR a un Punto geodésico especialmente de primer orden, con el uso del Sistema de Posicionamiento Satelital.

#### **V.1.5. ENLACE DEL PP. Y PI A UN PUNTO GEODESICO DE PRIMER ORDEN**

- Antes de iniciar el trabajo de campo debemos realizar un chequeo del equipo GPS. y los accesorios y la funcionabilidad del mismo.

Verificación de la existencia de Punto Geodésico de Primer orden, toma de tiempo de traslado al PP. del Derecho Minero para programar adecuadamente la lectura de datos; es necesario programar con una holgura de 1/2 o 1 hora, a fin de evitar algunos contratiempos en el camino.

- Paso siguiente, es el enlace tanto del PP como del PR a un Punto Geodésico, configurando el sistema de acuerdo a la zona, tiempo de toma de datos, intervalo de captura de datos, ángulo de corte, hora óptima; donde el master va al Punto Geodésico y el Rover al PP y la toma de datos es simultáneo.

#### **V.1.6. TRABAJO DE GABINETE**

Luego en la oficina mediante software especializado se obtiene las coordenadas geográfica WGS-84 y luego se transforma a PSAD-56 finalmente éste último se transforma a UTM. En lo

que respecta a Cota se debe determinar la altura geoidal y así lograr la cota aproximada del PP.

-Obtenida las coordenadas UTM, mediante un cálculo analítico o utilizando programas se logra las coordenadas UTM de los vértices de la cuadratura del Derecho Minero las cuales se plotearán en las respectivas cartas del Instituto Geográfico Nacional.

68  
ANEXO N° 1

**EJEMPLO PRACTICO DE ENLACE DE PP. DE UN DERECHO MINERO A UN  
PUNTO GEODESICO DE PRIMER ORDEN.**

**OBJETIVO:**

-Determinar las Coordenadas UTM PSAD-56 del denuncia "EL DORADO 1".

**EQUIPO A USAR**

Geodetic Surveyor 4000 SSE TRIMBLE.

**CARACTERISTICAS TECNICAS**

- Precisión Horizontal =  $\pm 5\text{mm} + 1 \text{ ppm}$  tipo por línea base
- Precisión Vertical =  $\pm 5\text{cm} + 1 \text{ ppm}$  por línea de base
- Peso = 3.1. Kg.
- Potencia = 10.3.32; Dc 9 watts.
- Temperatura de operación =  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+ 55^{\circ}\text{C}$
- Resistencia a medio ambiente = 100% humedad
- Modo de medición = Estático
- Canales = 12 en códigos C/A Y P.
- Frecuencia = 2 (L1 y L2)
- Distancia de Estaciones = Hasta 1000 Km.
- Satélites observados = 12

**UBICACION DE LA ESTACION MASTER O FIJA**

-Punto Base Sur Conchan

**UBICACION DE LA ESTACION MOVIL O ROVER**

-PP. del denuncia "EL DORADO 1"

**TOMA DE DATOS : 50 min.**

**INTERVALO DE CAPTURA DE DATOS: cada 10 seg.**

**RESULTADOS FINALES**

La posición de PP del Denuncio "El dorado 1" y los resultados del procesamiento de datos se refiere al esferoide geométrico

WGS-84 y son los siguientes:

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| Dátum              | : Efemerides transmitida WGS-84 |
| Elipsoide          | : WGS-84                        |
| Eje semimayor      | : 6378137                       |
| Achatamiento       | : 1/298.2572235                 |
| Unidad del Sistema | : Metro Convencional            |

La posición final se transformó al Sistema Geodésico PSAD-56

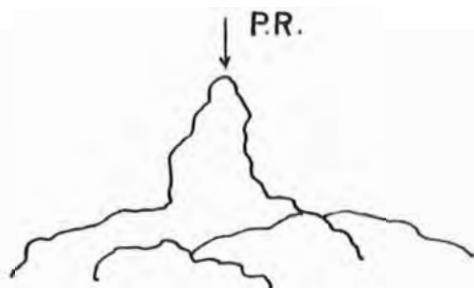
|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| Dátum            | : Dátum provisional Sud América |
| Elipsoide        | : Hayford International         |
| Eje Semimayor    | : 6378388                       |
| Achatamiento     | : 1/297                         |
| Unidad de medida | : Metro Internacional.          |

#### **PROYECCION CARTOGRAFICA**

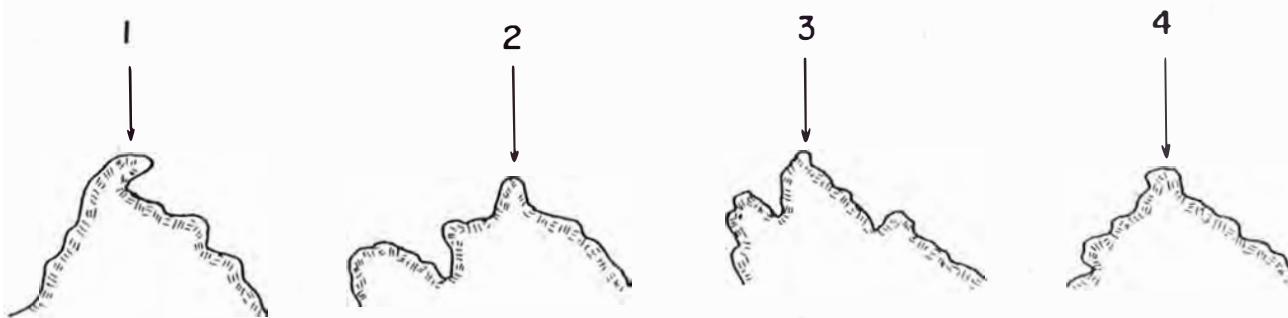
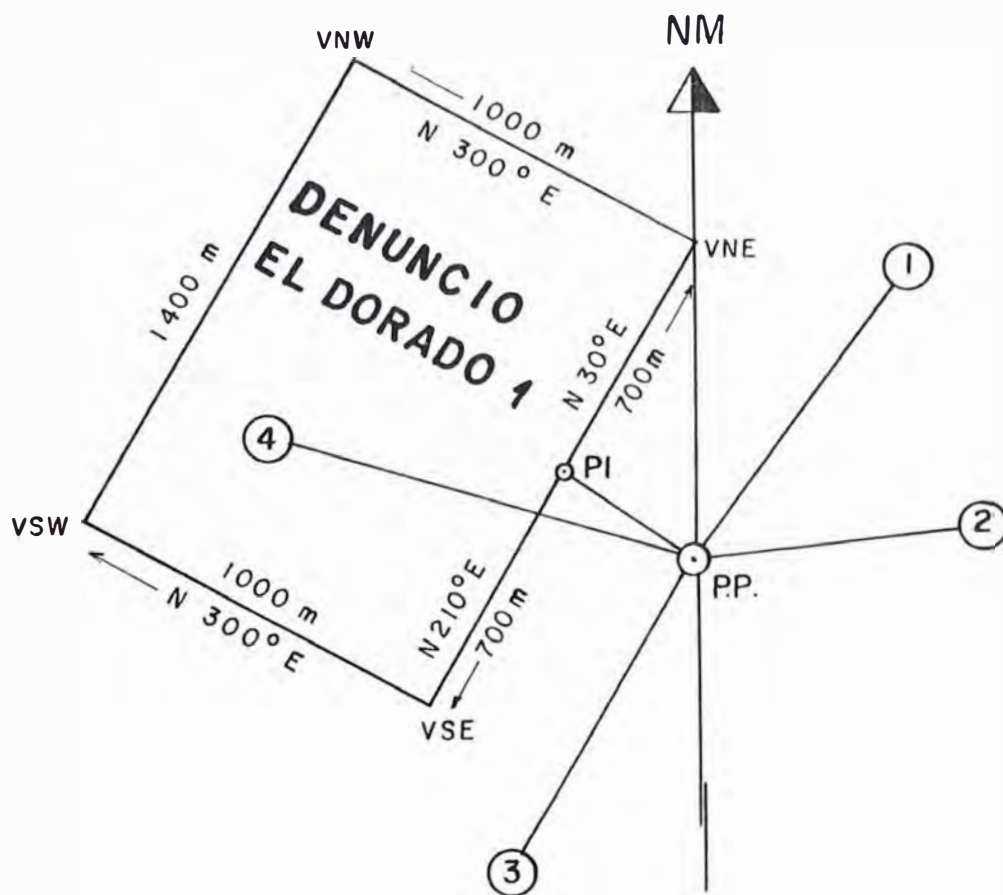
Las coordenadas planas se obtienen de las coordenadas geográficas finales PSAD-56 y se refieren al siguiente sistema de proyección.

#### **PROYECCION UNIVERSAL TRNSVRSA DE MERCATOR (UTM)**

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| Zona             | : 18                  |
| Falso Norte      | : 10'000,000          |
| Falso Este       | : 500,000             |
| Factor de Escala | : 0.9996              |
| Unidad de Medida | : Metro Internacional |



PP - PR = 20 m.  
N 135° E



VISUALES DEL PUNTO DE PARTIDA ( P.P.)

Oración

CONCHAN S. E. BASE (IGM-IAGS, 1949) .

Localidad

PERU .

Número de la Hoja 25

|                     |                   |  |                                |
|---------------------|-------------------|--|--------------------------------|
| Latitud             | Longitud          | Datum                                      | Numero                         |
| S-12° 15' 55".265 . | 76° 54' 13".800 . | Provisional South American Datum of 1956 . | RJ00-156 , 95                  |
| Norte (Y)           | Este (X)          | Zona U.T.M. y Esferoide                    | Elevación                      |
| 8,643,357.34 .      | 292,912.17 .      | 18 International .                         | 24.0 Pies<br>7,308 Metros      |
| Norte (Y)           | Este (X)          | Zona U.T.M. y Esferoide                    | Orden                          |
| Norte (Y)           | Este (X)          | Cuadrícula y Zona                          | Datum                          |
| (M.)(Pies)          | (M.)(Pies)        |  |                                |
| Norte (Y)           | Este (X)          | Cuadrícula y Zona                          | Establecido por (Organización) |
| (M.)(Pies)          | (M.)(Pies)        |  |                                |

(θ) o (Δα) = por Azimut Geodésico 70° 24' 17" . +180° = U.T.M. 18 International .

| Al Vértice           | Azimut Geodesico  | Azimut Inverso    | Log (Metros)   | (Pies)(Metros) |
|----------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|
| CONCHAN N. W. BASE . | 117° 51' 35".60 . | 297° 52' 53".57 . | 4.099 5276 2 . | 12,575.57(682) |
| Co. COLORADO SUR .   | 177 20 05.75 .    | 357 20 10.82 .    | 4.194 2381 .   | 15,640.05 .    |
| PUCARA .             | 238 08 03.19 .    | 58 05 58.32 .     | 4.322 3918 .   | 21,008.34 .    |
| Co. VILCACOTE .      | 296 15 42.52 .    | 116 10 47.40 .    | 4.666 8671 .   | 46,437.32 .    |
| Co. PUCUSANA .       | 325 34 58.32 .    | 145 33 15.13 .    | 4.410 8435 .   | 25,753.93 .    |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |
|                      |                   |                   |                |                |

INITIALIZATION 1- 3-1996 10:51: 0

\*\*\*\*\*

SPHEROID SELECTED: INTERNATIONAL  
SEMI-MAJOR AXIS= 6378300.000 METERS  
FIRST ECCENTRICITY= .006722670

\*\*\*\*\*

LOCAL SPACE RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM PARAMETERS

GEOCENTRIC COORDINATES OF ORIGIN:

X-ORIGIN= .000  
Y-ORIGIN= .000  
Z-ORIGIN= .000

GEODETTIC COORDINATES OF ORIGIN:

LATITUDE= .00000000 DEGREES  
LONGITUDE= .00000000 DEGREES  
GEOID HEIGHT= .000 METERS

AZIMUTH OF Y-AXIS FROM NORTH:

ALPHA= .00000000 DEGREES

=====

CONVERSION OF POINT CONCHAN S.R. BASE

GEOGRAPHIC COORDINATES:

LATITUDE= -12 15 55.26500 (DEG-MIN-SEC)  
LONGITUDE= -76 54 13.00000 (DEG-MIN-SEC)  
ELEVATION= 7.300

⚠: 0.61m

GEOCENTRIC COORDINATES:

X= 1412401.192  
Y= -6071616.410  
Z= -1346117.944

UTM COORDINATES:

ZONE= 10  
NORTHING= 8643357.324  
EASTING= 292912.170

LOCAL RECTANGULAR COORDINATES:

LOCAL X= 1412401.192  
LOCAL Y= -6071616.410  
LOCAL Z= -1346117.944 LOCAL Z IN TERMS OF MSL= 1700077.196

C:\GEO-PC\DATA\S010210A.COR

Statistics Version 3.6

|           | Recs | Mean             | Std Dev | Minimum          | Maximum          |
|-----------|------|------------------|---------|------------------|------------------|
| Latitude  | 275  | 12°05'34.17035°S | 1.44824 | 12°05'34.29402°S | 12°05'33.90466°S |
| Longitude | 275  | 77°01'26.39728°W | 2.86002 | 77°01'26.73302°W | 77°01'26.15508°W |
| Altitude  | 275  | 200.12537        | 4.76859 | 194.51148        | 220.14462        |

No velocity records in file.

No DOP records in file.

Start GPS Week #834 on 01/02/96 at 18:01:28

End GPS Week #834 on 01/02/96 at 18:49:34

Datum : WGS-84  
 Coordinate System : Latitude/Longitude  
 Altitude Mode : Height Above Ellipsoid  
 Altitude/Distance Units : Meters  
 Velocity Units : Meters/Second



ENTER DEG.MIN.SEC OF LONGITUDE SEPARATED BY SPACES  
NOTE: INCLUDE NEGATIVE SIGN ON THE DEGREES FOR WEST LONGITUDES  
AND ENTER SECONDS AS A DECIMAL NUMBER

-77 01 26.39728  
ENTER ELLIPSOID ELEVATION IN METERS  
208.12537

\*\*\*\*\*

DATA FOR POINT "ROVER OLD-1"

LATITUDE=-12 5 34.17830  
LONGITUDE= -77 1 26.39720  
ELEVATION= 208.125 METERS

IS THIS DATA CORRECT ? (N=NO.DEFAULT=YES)

Y

ENTER THE LOGICAL UNIT NUMBER OF THE OUTPUT DEVICE  
1-PRINTER OUTPUT (LPT1)  
2-DISKFILE OUTPUT (User inputs the filename)  
3-SCREEN OUTPUT

\*\*\*\*\*

DATA FOR POINT "ROVER OLD-1"

WGS 1984

INTERNATIONAL

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| LATITUDE=-12 5 34.17830   | LATITUDE=-12 5 21.74333   |
| LONGITUDE= -77 1 26.39720 | LONGITUDE= -77 1 18.70638 |
| ELEVATION= 208.125 METERS | ELEVATION= 109.728 METERS |

\* meeting of European Geophysical Society ) \*  
\* \*  
\*\*\*\*\*

Enter OSU 91A geoid height file name  
( example. g:\undulo91a.bin )  
OSU91A.BIN  
Output file? (y/n)

interpolation by batch mode =(y/n)?  
(if yes,an input file of points must be already exist:  
otherwise, input interpolation point interactively)

please input latitude(ex. s40 00 01.2345)=? (end. -99)  
S12 05 34.17835  
please input longitude (ex. w120 00 01.2345)=?  
W77 01 26.39728  
Loading geoid height data ( 30 degree latitude band )  
S 12 5 34.1784 W 77 1 26.3973 undulation = 28.106 m  
please input latitude(ex. s40 00 01.2345)=? (end. -99)

INITIALIZATION 1- 3-1996 14:25:52

\*\*\*\*\*

SPHEROID SELECTED: INTERNATIONAL  
SEMI-MAJOR AXIS= 6378388.000 METERS  
FIRST ECCENTRICITY= .006722670

\*\*\*\*\*

LOCAL SPACE RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM PARAMETERS

GEOCENTRIC COORDINATES OF ORIGIN:

X-ORIGIN= .000  
Y-ORIGIN= .000  
Z-ORIGIN= .000

GEODETTIC COORDINATES OF ORIGIN:

LATITUDE= .00000000 DEGREES  
LONGITUDE= .00000000 DEGREES  
GROID HEIGHT= .000 METERS

AZIMUTH OF Y-AXIS FROM NORTH:

ALPHA= .00000000 DEGREES

=====

CONVERSION OF POINT "ROVER OLD-1"

GEOGRAPHIC COORDINATES:

LATITUDE= -12 5 21.74330 (DEG-MIN-SEC)  
LONGITUDE= -77 1 18.70630 (DEG-MIN-SEC)  
ELEVATION= 109.728

GEOCENTRIC COORDINATES:

X= 1400915.370  
Y= -6078612.419  
Z= -1327109.801

UTM COORDINATES:

ZONE= 18  
NORTHING= 8662734.760  
EASTING= 279923.874

LOCAL RECTANGULAR COORDINATES:

LOCAL X= 1400915.370  
LOCAL Y= -6078612.419  
LOCAL Z= -1327109.801 LOCAL Z IN TERMS OF MSL= 1723197.958



## ANEXO 2

DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DEL EQUIPO GPS Y CONFIGURACIÓN  
EN EL CAMPO

A todo equipo de ingeniería, debe realizarse ajustes correspondientes a fin de adecuar al medio. El Sistema de Posicionamiento Satelital, también requiere este tipo de trabajo; para ello es necesario comparar con otro sistema, como es el caso de la medida de distancia con el teodolito. Inicialmente para conocer la precisión del equipo se realizó lo siguiente:

- Se midió un alineamiento de 1.5 Km. de distancia en una zona con un teodolito **WILD-T2**. Enseguida se puso en los extremos del alineamiento el **Rover**, el cual se enlazó a un punto geodésico de 1er. orden; obteniéndose resultados bastante buenos; siendo la discrepancia de 45 cm. (1,500 mts).

Otra de las pruebas que se realizó, fue comparar con 2 puntos geodésicos de 1er. orden. Base Sur Ayabacas y Base Norte Ayabacas (**IGN**) en el Departamento de Puno. De acuerdo a los resultados obtenidos observamos que las discrepancias aumentan en función de la distancia.

- Finalmente se hizo el mismo trabajo con los **PUNTOS DE CONTROL SUPLEMENTARIO** del **REGISTRO PÚBLICO DE MINERÍA**,

ubicados en el Distrito de Pusi. Obteniéndose discrepancias al submetro.

-con respecto a las discrepancias notamos que en el Norte de las coordenadas UTM es mayor con respecto al Sur; esto se explica, en que en el momento de realizar la transformación del WGS-84 a PSAD-56 el parámetro  $\Delta y$  tiene mayor rango de error con  $\Delta x$ .

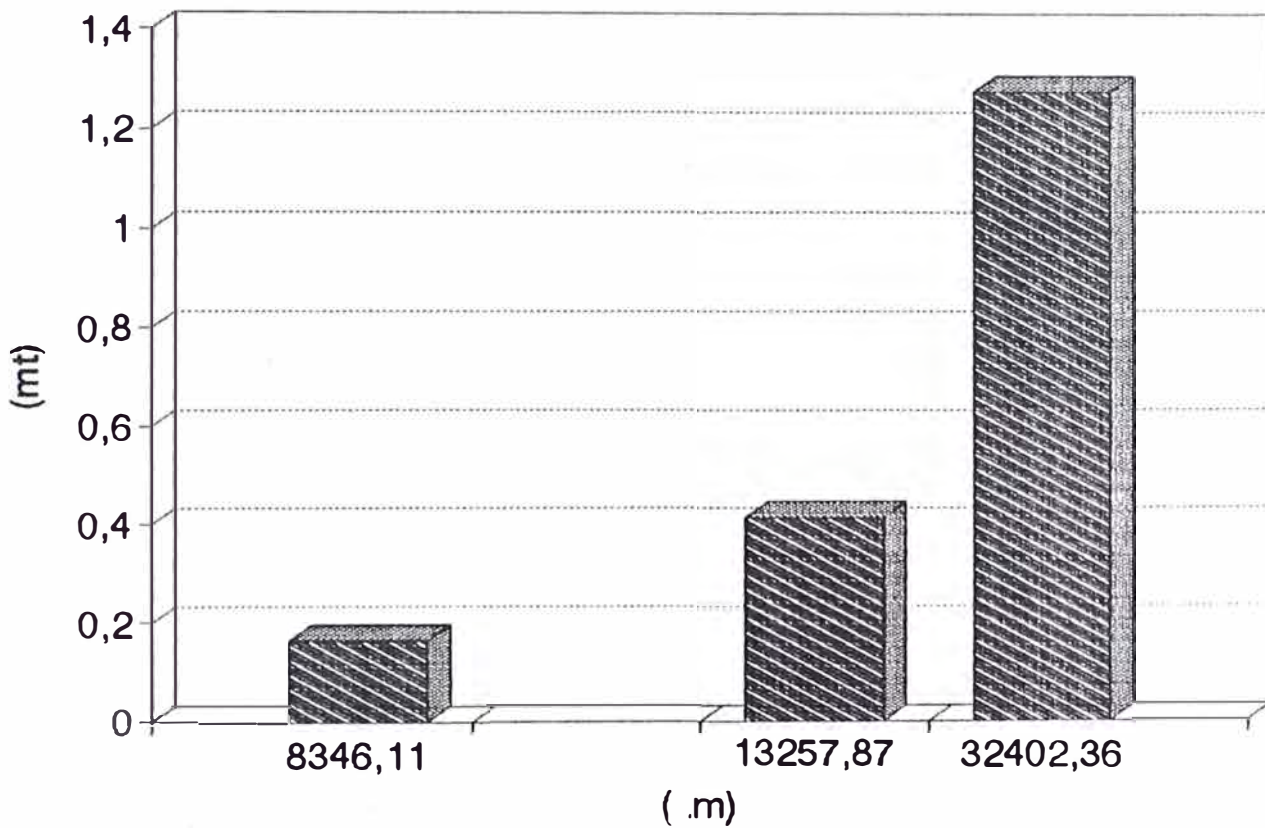
-En todo el trabajo el valor de PDOP fue menor 4, trabajandose en el sistema 3D, configurando el equipo de acuerdo a la Zona (19), ángulo de corte para el master de  $10^\circ$  y para el rover  $15^\circ$ , tiempo de toma de datos de 45 min. (aproximadamente 230 datos), intervalo de captura de datos cada 10 seg.

-De acuerdo a los resultados logrados podemos concluir que se mejora cuando la toma de datos es aproximadamente 1 hora o más dependiendo de la distancias a enlazar.

| DETERMINACION DE LA PRECISION DEL EQUIPO GPS DE 6 CANALES     |                           |   |                      |            |             |                      |
|---|---------------------------|---|----------------------|------------|-------------|----------------------|
| GPS (MINSUR) vs GPS (RPM) e IGN                               |                           |   |                      |            |             |                      |
| PUNTO GEODESICO (BASE DE ENLACE): BASE SUR AYABACAS - JULIACA |                           |   |                      |            |             |                      |
| LUGAR   | PTO.GEODESIC              |   | COORDENADAS U. T. M. |            |             | DISCREPANCIAS<br>(m) |
|   |                           |   | GPS(MINSU            | GPS(RPM)   | IGN         |                      |
| ILLPA-PUNO  | SEÑAL ILLPA               | N | 8262285.941          |            | 82622286.98 | 1.047                |
|   |                           | E | 382896.842           |            | 382897.566  | 0.724                |
| AYABACA<br>JULIACA  | BASE AYABACA<br>NORTE     | N | 8302719.494          |            | 8302719.620 | 0.126                |
|   |                           | E | 387200.804           |            | 387200.790  | 0.104                |
| PUSI-PUNO   | 31X-111-50<br>CRUZ OCOMPE | N | 8297404.207          | 8297404.21 |             | 0.005                |
|   |                           | E | 398213.347           | 398213.758 |             | 0.411                |
| SORURO-PUN  | 31-111-50<br>ESTESTINA    | N | 8296108.767          | 8296109.70 |             | 0.940                |
|   |                           | E | 398368.450           | 398367.569 |             | 0.880                |

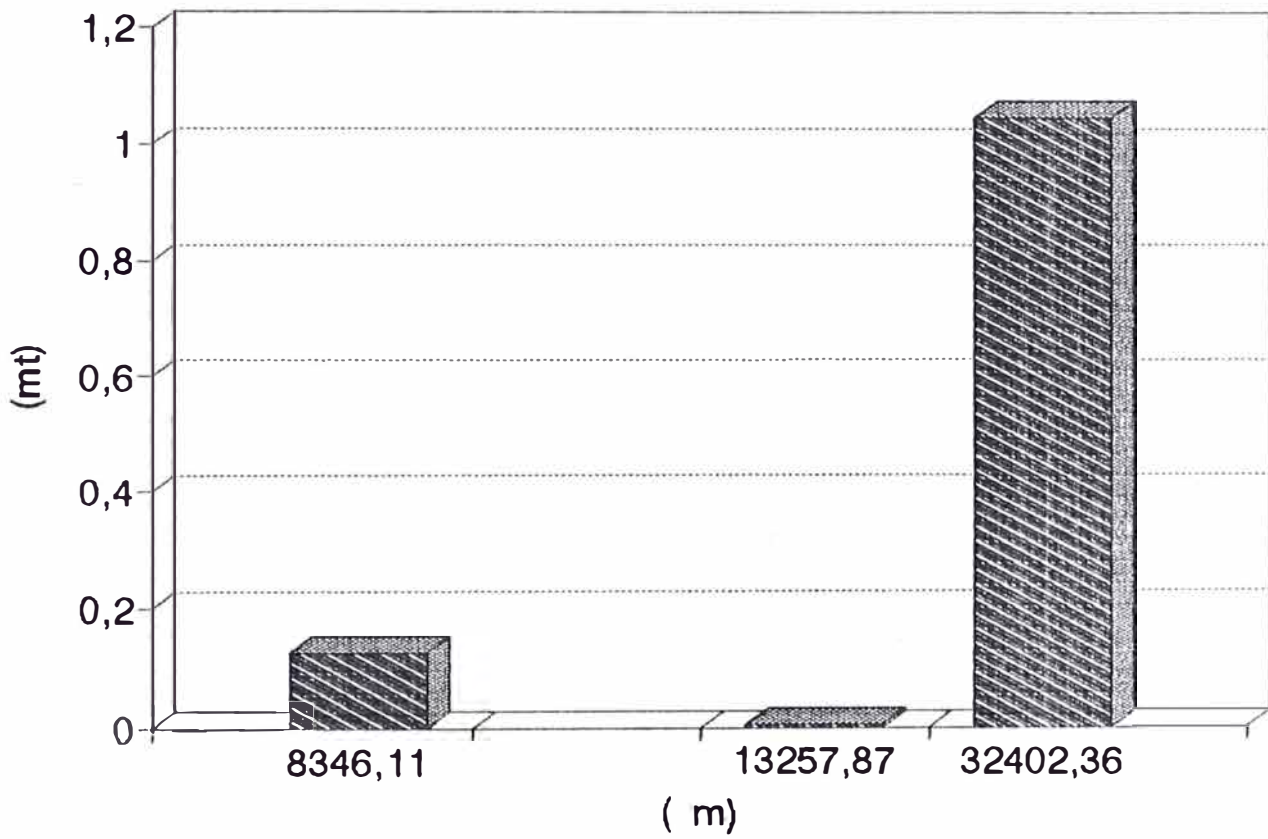
GRUPO DE GEODESIA-MINSUR S.A.

## COMPORTAMIENTO DE LA PRECISION DEL GPS CON RESPECTO A LA DISTANCIA



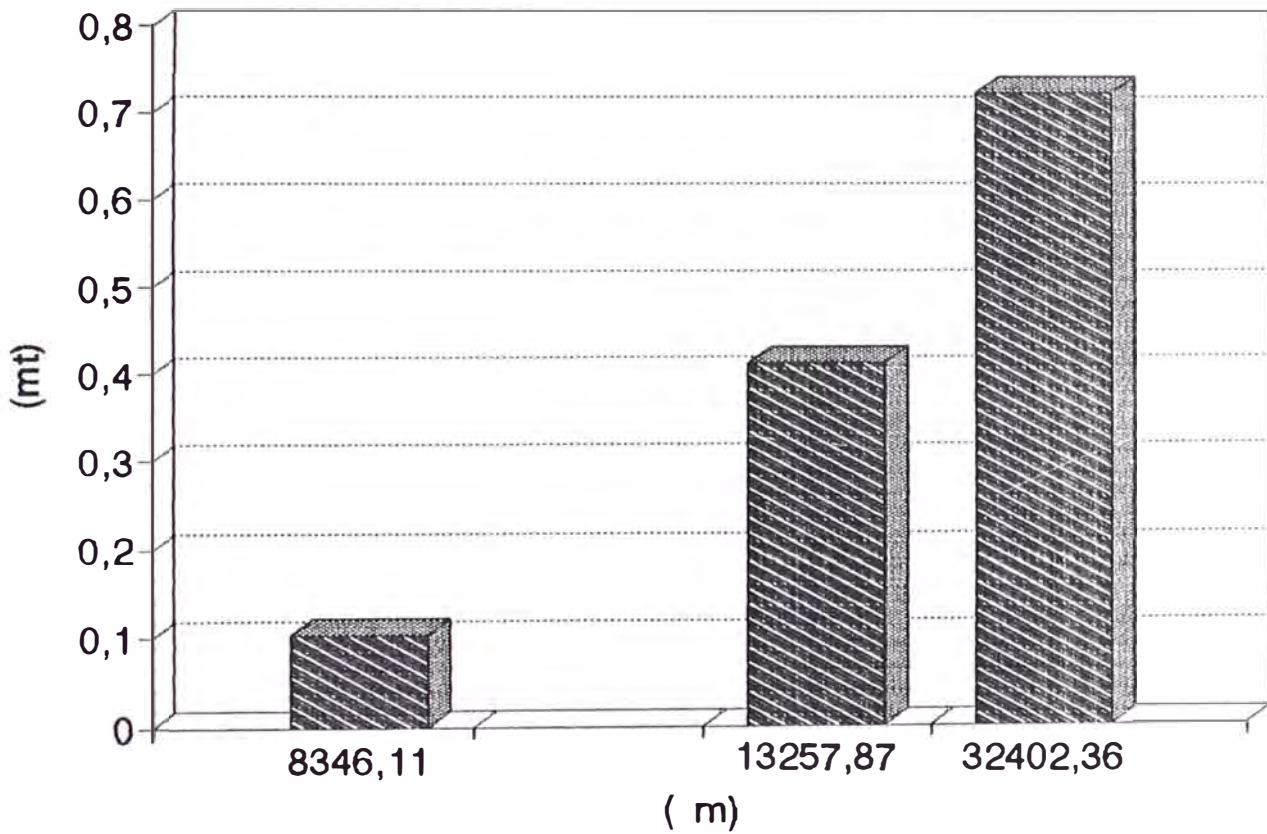
PRUEBA REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO-1994-GRUPO VULCANO MINSUR S.A.

## PERDIDA DE PRECISION DEL GPS CON RESPECTO A LA DISTANCIA-NORTE-UTM





## PERDIDA DE PRECISION DEL GPS CON RESPECTO A LA DISTANCIA-SUR-UTM



## CONCLUSIONES

1.- El Sistema de Posicionamiento Global en la industria Minera es un medio para garantizar la correcta ubicación geográfica de un DERECHO MINERO.

2.- El Sistema de Posicionamiento Global es mejor en cuanto a precisión y economía que los sistemas tradicionales, en los trabajos geodésicos (enlace del PP, PI de un Derecho Minero a un Punto Geodésico).

3.- Para la implementación del nuevo Sistema Geocéntrico (WGS-84) es necesario que exista una etapa de transición entre el Sistema PSAD 56 y el sistema moderno.

4.- En la ubicación de un Derecho Minero no debemos comparar los dos Sistemas PSAD 56 y WGS 84, porque fueron desarrollados utilizando técnicas y procedimientos diferentes; por lo tanto los parámetros de transformación no son precisos.

$$\Delta X - 279 \pm 6 \text{ mts};$$

$$\Delta Y - -175 \pm 8 \text{ mts};$$

$$\Delta Z - 379 \pm 12 \text{ mts}.$$

6.- Para el uso adecuado del Sistema GPS, como trabajo previo el IGN. debe verificar los PUNTOS DE LA RED DE TRIANGULACION

A NIVEL NACIONAL y así ver si es adecuada, fidedigna, confiable y se realmente se mantiene en el terreno. Sólo así se puede explotar las ventajas que nos ofrece este nuevo sistema.

7.- Por otra parte; también es necesario verificar los PUNTOS DE CONTROL SUPLEMENTARIO efectuados por el REGISTRO PUBLICO DE MINERÍA (RPM) en cuanto a que si es fidedigna y confiable.

8.- De replantearse en el terreno un Derecho Minero con el Sistema GPS se debe tener presente los parámetros de conversión al Sistema PSAD-56.

9.- Con respecto a la ubicación de un Derecho Minero , la representación de ubicación del área no varía , sea uno u otro sistema. (PSAD 56 y WGS-84).

3.-Actualmente con la implementación de petitorios conformado por cuadrículas y con coordenadas UTM, en base a las Cartas Nacionales, será necesario utilizar en forma intensiva el Sistema de Posicionamiento Satelital de doble frecuencia a tiempo real para el replanteo en el terreno de los vértices del petitorio.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.-GUNTER SEEGER. SATELLITE GEODESY. FOUNDATIONS, METHODS AND APLICATIONS.
- 2.-TRIMBLE NAVIGATION LTD. GENERAL REFERENCE-GPS-PATHFINDER SYSTEM- 1992.
- 3.-TRIMBLE NAVIGATION LTD. 1992.PFINDER SOFTWARE USER GUIDE.
- 4.-JEFF HURN.A GUIDE TO THE NEXT UTILITY-TRIMBLE NAVIGATIONS. 1993.
- 5.-GEODESIA SATELITAL Y USO DEL GPS. CURSO TALLER 1995.INSTITUTO MARIO SAMAME BOGGIO.
- 6.-CONTRETAS HECTOR, CLAUDIO AVELLO. VIII SIMPOSIUM DE INGENIERIA DEMINAS DEPARTAMENTO DE ING. DE MINAS. UNIVERSIDAD DE CHILE-1993.
- 7.-REGISTRO PUBLICO DE MINERIA.UNIFICACION DE CRITERIOS EN LA EJECUCION DE DILIGENCIAS PERICIALES MINERAS.LIMA-1995
- 8.-ACTUALIZACION EN LEGISLACION MINERA, ASPECTOS JURIDICOS Y TECNICOS-BIBLIOTECA DEINGENIERO DE MINAS.1ra.EDICION DICIEMBRE 1994.