

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA
MINERA Y METALURGICA**



***“USO DEL GPS EN TRABAJOS GEODESICOS
PARA EL CATASTRO MINERO”***

INFORME DE INGENIERIA

**Para optar por el título de:
INGENIERO DE MINAS**

ING. JORGE LUIS PAREDES AGUILAR

LIMA-PERU

1999

CAPITULO I

OBJETIVO, MARCO DE REFERENCIA, CONCLUSIONES

Objetivo	4
Conclusiones	5-6
Marco de Referencia	7
Diagnostico	8
Introducción	9
Antecedentes	10
Procedimiento	11
Descripción de los trabajos de campo	14-16
Coordenadas en el sistema WGS-84 del Marco de referencia geodésico minero	17
Coordenadas en WGS-84 de la señal Satélite (datum local)	18
Hitos de apoyo para la ubicación de los derechos mineros	19
Esquema de enlace hacia un vértice partiendo de dos señales de distinto orden	20

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA GEODESIA

Sistema de Posicionamiento Global	24-25
Sistema Mundial de Coordenadas WGS-84	26
Introducción al GPS	27-33
Sistema de coordenadas elipsoidales y espacial	34
Sistema Astronómico Local y Sistema Terrestre Local	35
Sistema Elipsoidal Global y Local	36
Formulas utilizadas para la comprobación de reportes GPS	37
Formulas utilizadas en el calculo de distancias geodésicas y reducción a la cuerda	39
La tierra representada por el geoide	40
Gráfico elipsoide, Geoide y Tierra	41
Diagrama de ángulos cenitales y verticales	42

CAPITULO III

FORMULAS DE TRASFORMACION ELIPSOIDAL

Primeros intentos en la formulación de parámetros de transformación zona centro y sur , uso de parámetros únicos para el Perú	44-45
Calculo de las coordenadas Cartesianas	46
Ejemplo de conversión elipsoidal desde el sistema WGS-84 al PSAD-56, para la señal SAMA	
Ejemplo de conversión elipsoidal desde el sistema WGS-84 al PSAD-56, para la señal PASCO	48-49
Descripción del Modelo Tridimensional General para la Conversión Elipsoidal	50-54
Generación de los modelos de 07 y 13 parámetros	
Ejemplo de aplicación del uso de 07 parámetros	55-58
Ejemplo de aplicación del uso de 13 parámetros en sama base N.E.	59
Ejemplo de aplicación del uso de 13 parámetros en Cerro de Pasco base sur	60 ₁

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LAS BASES LAPLACE

Definición de los puntos Laplace	62
Calculo de la distancia inclinada de las bases Sama y Ayabacas	64
Resumen de las Mediciones	66
Comprobación de la distancia Geodésica para la base Ayabaca (Puno)	67-70
Reporte Post Proceso de la Medicion de la base Ayabacas	71
Reporte Post Proceso de la Medicion de la base Sama	72

CAPITULO V

ESTUDIO Y MEDICION DE LAS BASES LAPLACE EN EL PERU

Poligonal Caraveli	74
Cuadro de coordenadas en UTM en el PSAD-56	75
Cuadro de coordenadas geográficas le la poligonal caraveli	76
Cuadro de distancias inclinadas	77
Coordenadas de los vértices en el elipsoide WGS-84	78
Cuadro resumen de las mediciones	79

CAPITULO VI

COMPROBACION DE PARAMETROS Y AJUSTE DE FIGURAS GEODESICAS CON EL USO DEL GPS

Alcance de la formula de transformación	81-84
Descripción de la zona catastral 19-W-VI	85
Cuadro de ajuste simultaneo GPS en la zona catastral 18-W-IV	86
Diagrama de mediciones simultaneas con equipos de doble frecuencia	87
Hito Matriz S.E. Cerro de Pasco	88
Descripción de la zona catastral 18-W-IV	

APLICACIONES PRACTICAS DEL GPS Y PRUEBAS DE EQUIPOS

Formulas de aplicación de GPS	91
Tarjetas de coordenadas de las señales usadas	92-94
Descripción de las formulas del calculo directo	96-97
Descripción de las formulas del calculo inverso	98-99
Ejemplo del uso de las coordenadas GPS para la comprobación de resultados en poligonales clásicas , en mediciones de ángulos horizontales (caso Caraveli)	100-103
Diagrama de mediciones con equipos de una frecuencia	104
Cuadro de alcances de los equipos de una frecuencia	
Calculo de la ondulación geoidal y su aplicación en la cota ortometrica	105
Cuadros comparativos del uso de los 3, 7, 13 parámetros	106-108

CAPITULO I

**OBJETIVO
MARCO DE REFERENCIA
DIAGNOSTICO
ANTECEDENTES
CONCLUSIONES**

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es hacer el desarrollo de toda la investigación que nos permite tener un Catastro Minero Moderno, con el uso del GPS y las formulas de conversión elipsoidal. Del mismo modo nos presenta los resultados obtenidos en los trabajos tanto como de geodesia convencional y Satelital, hago secuencialmente el modo como se ha ido realizando la investigación y la evolución de la misma., presento los métodos de trabajo practico del GPS y sus usos para la obtención de una cota al nivel medio del mar y la obtención de coordenadas en PSAD-56.

En esta parte hago una descripción de la labor realizada hasta el momento por el Registro Publico de Minería:

Se ha dividido al país en 09 zonas Catastrales Mineras de tres grados de latitud x tres grados de longitud o su equivalente de 330 km. x 330 km.

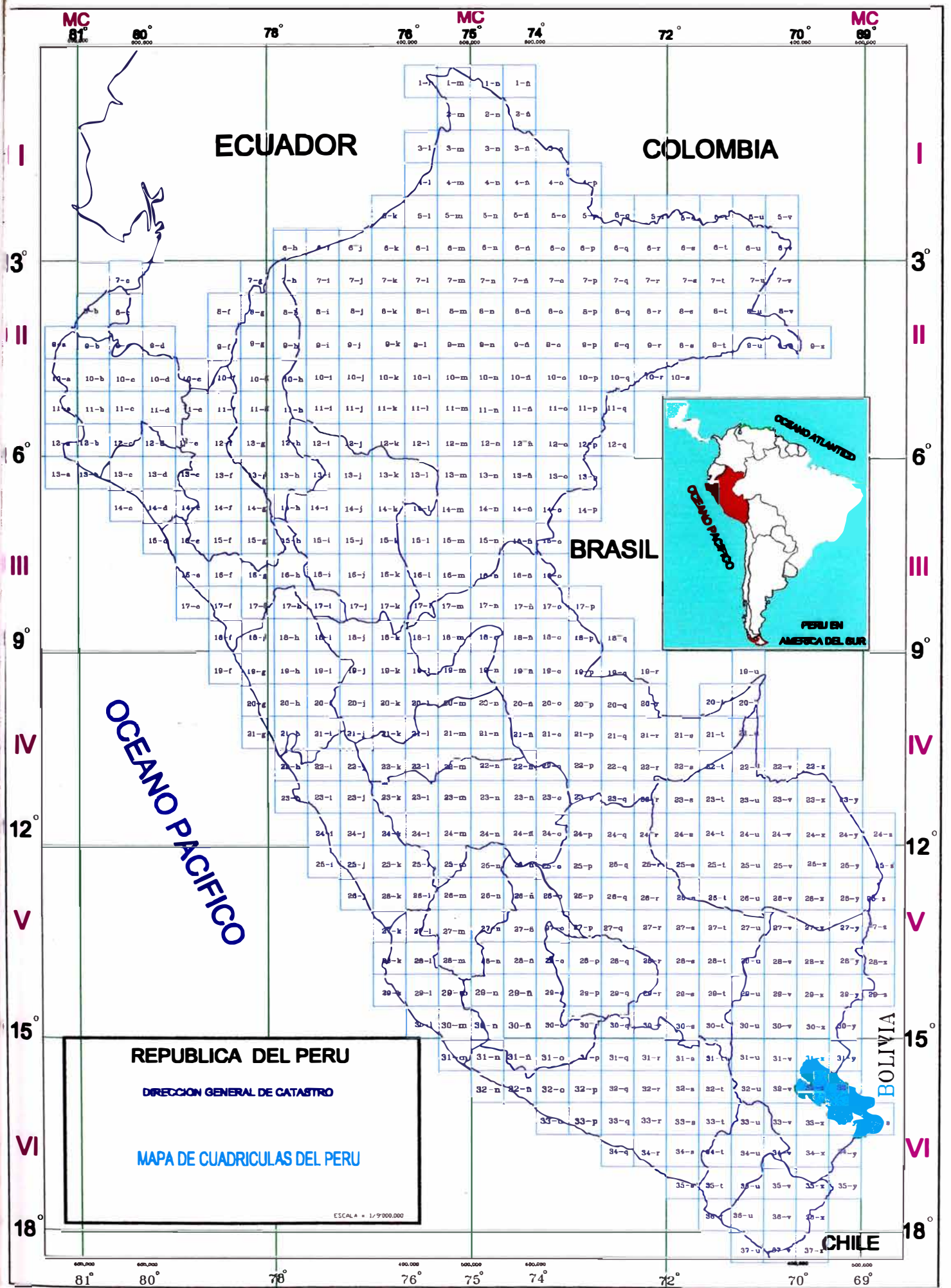
En cada una de estas zonas catastrales se ha empleado señales de primer orden con coordenadas tanto en el sistema WGS-84 y PSAD-56, con dichos valores se ha formado un modelo de conversión elipsoidal para llevar coordenadas del sistema WGS-84 al PSAD56, haciendo el uso del método de mínimos cuadrados, dicho modelo de conversión lleva 13 parámetros que implica un factor de escala, tres giros, tres desplazamientos

Dicho modelo permite obtener coordenadas en el PSAD-56 con una precisión del submetro, ahorrándose tiempo y dinero.

De igual forma es posible obtener modelos de tres y siete parámetros los cuales no nos dan precisiones tan buena como el de los trece parámetros, los resultados son mostrados en tablas.

La infraestructura formada para el catastro, recomienda los hitos-señales del IGN para hacer los trabajos tanto de GPS como convencionales, de la misma manera recomienda cual deberá ser las bases de salida para los trabajos geodésicos convencionales.

El Registro Publico de minería posee coordenadas en el sistema WGS-84, las cuales difieren en un promedio de 15 cm., con los valores que da en IGN, dicha base de datos nos ha permitido tener buena precisión en las formulas de conversión elipsoidal.



MC
81°
600,000

80°
600,000

78°

76°
400,000

MC
76°
600,000

74°
800,000

72°

70°
400,000

MC
69°
600,000

ECUADOR

COLOMBIA

BRASIL

OCEANO PACIFICO



REPUBLICA DEL PERU

DIRECCION GENERAL DE CATASTRO

MAPA DE CUADRICULAS DEL PERU

ESCALA = 1/9'000,000

ZONA 17

ZONA 18

ZONA 19

CONCLUSIONES

•El trabajo realizado ha servido para la implementación del Catastro Minero, le llamamos a ello toda una infraestructura catastral.

• Los objetivos iniciales fueron dos básicamente, el primero el de tener un marco de referencia geodésico minero, el cual consistió de poder tener coordenadas de señales en el sistema WGS-84 con la mejor precisión y de esta manera poder densificar puntos GPS en las zonas de interés minero, para lograr dicho objetivo el RPM comenzó haciendo un red geodésica minera GPS en las señales IGN de primer orden , preferentemente Laplace. Por evitar ambigüedades con el IGN se optó por denominarlo Marco Geodésico Básico Minero, dicho trabajos consistió en cubrir todo el país en lo posible con mediciones GPS , formando figuras cuyos lados no fueran mayores de 300 km. en promedio y haciendo uso de equipos satelitales de doble frecuencia con mediciones simultáneas de no menos de 5 horas, el número de señales fue 17. Las mediciones empezaron en la señal Satélite en Arequipa y se fue avanzando hasta Piura en forma uniforme y teniendo coordenadas confiables con buena precisión.

•El segundo objetivo propuesto es hacer formulas de transformación elipsoidal del sistema WGS84 al PSAD 56 , debido a que toda la cartografía esta en PSAD-56 y también las coordenadas UTM de los derechos mineros.

Para lograr dicho objetivo el RPM en el area de geodesia empieza a realizar mayor numero de mediciones GPS en las señales IGN de primer orden en todo el país, de tal manera que se tuvieran coordenadas en los dos sistemas mencionados para la creación de los parámetros de transformación, para ello primeramente se empezó dividiendo al país en fajas horizontales de 2 y tres grados de latitud y se establecían parámetros que permitieran hacer la transformación entre los dos sistemas, los resultados obtenidos en este caso fueron bastante buenos a pesar que se empleo el modelo de Molowdesky y se hizo parámetros para cada señal y luego se promediaron, la transformación que requiere el catastro minero tendría que estar dentro de 2 metros para la precisión , por lo cual se optó por dividir el país en figuras de 3° x 3° tanto para la latitud como para la longitud, de esta manera se esperarían mejores precisiones.

Al tener muy buena cantidad de información de campo era posible hacer muchas pruebas en gabinete aplicando modelos ya conocidos y empleados mucho en fotogrametria es así que se hace ensayo del uso de 13 parámetros , de 7 parámetros y de 3 parámetros con ajustes de mínimos cuadrados, considerando desplazamientos de los centros de los elipsoides y giros en los 3 ejes.

Luego de hacer números ensayos hemos concluido que el uso de los 13 parámetros es el mas preciso de todos y nos da para cada zona catastral una precisión de menos de 2 metros para señales de 1er orden.

• Ahora el trabajo nos permite tener las transformaciones del sistema WGS-84 al sistema PSAD56 y viceversa, lo cual nos permitirá darles coordenadas a los petitorios con buena exactitud y para el uso de la nueva carta nacional en el sistema mundial.

- Regresando a las formulas de transformación se tiene que se ha usado un mínimo de 5 puntos para aplicar el modelo de mínimos cuadrados y que para comprobar la validez de la formula se realizo trabajos de campo para tener coordenadas WGS-84 en señales IGN que no hayan intervenido en la formación de parámetros , con la finalidad de comprobar la validez de los mismos para dicha zona, obteniendose discrepancias entre los valores GPS transformados al PSAD56 y los valores del IGN que no superan a los 2 metros para las señales de primer orden.
- Las coordenadas GPS transformadas en los limites de las zonas catastrales deberá ser el promedio aritmético entre las zonas limítrofes especialmente a menos de 20 km. de los limites de las zonas.
- Los estudios de campo y de gabinete nos ha permitido conocer el comportamiento de las mediciones GPS tanto de una como de dos frecuencias y sus alcances, concluyendo que los equipos de una frecuencia deberían trabajar hasta un máximo de 100 km. con observaciones de cada 10 segundos por espacio de 2 horas y que los equipos de doble frecuencia hasta 400 km. con observaciones de 2 horas, todo ello para tener un grado de seguridad.
- De la misma manera la mayor precisión en el ajuste de figuras con equipos GPS será cuando se hacen mediciones simultáneo con varias horas de posicionamiento
- Por otro lado podemos hacer el uso del GPS para chequear los cálculos cuando se trabajan en poligonaciones en el PSAD-56 , de tal manera que podamos usar las distancias inclinadas en forma indistinta tanto del distanciometro como del GPS, tal es así que hemos trabajado la poligonal Caraveli y hemos encontrado que luego de hacer las correcciones por temperatura y presión del distanciometro obtenemos la misma distancia que arrojan los postprocesos GPS.
- De la misma forma se ha trabajado con las bases Laplace y se ha calculado la distancia inclinada a partir de la distancia geodésica , los radios de curvatura y la diferencia de niveles para luego ser comparada con la distancia GPS, llegando a discrepancias muy pequeñas, lo cual nos garantiza que las bases de cierre de la red Geodésica Nacional son muy exactas.
- Los resultados de los reportes Postproceso son verificables tanto con el uso de la geodesia convencional como con la geodesia tridimensional lo cual nos permitirá hacer comprobaciones para cálculos aproximados posteriores.
- Los azimuts geodésicos tanto en el sistema WGS-84 y PSAD-56 son muy parecidos y difieren entre 2 a 10 segundos, lo cual nos permite hacer uso en forma indistinta para hacer cálculos aproximados con el objeto de verificar alguna información antes de ir al campo.
- El calculo de la cota ortometrica se ha estudiado con el uso del Software EGM96 y nos da discrepancias con respecto al la nivelación trigonométrica de ± 2 mts en promedio, lo cual nos permitiría hacer el replanteo de vértices , por el método clásico conociendo las coordenadas del expediente y su cota.
- El calculo de la cota ortometrica es posible obtenerla con el uso del programa EGM96 y la medición GPS en el campo necesariamente.
- Teniendo valore GPS de tres puntos es posible tener los ángulos internos y ser usados en los trabajos de campo, cuando por algún motivo no se tenga una completa visibilidad.

MARCO DE REFERENCIA

Al hablar de términos como, Red Geodésica, Señales Geodésicas, 1er, 2do, 3er orden, tenemos que conocer ciertas definiciones y poder emplearlas en forma precisa y adecuada.

Empezaremos dando a conocer lo que es la Geodesia y su importancia:

La Geodesia se define como la ciencia que estudia la forma y las dimensiones de la tierra, es la base de la Cartografía, Fotogrametría, Percepción Remota, con la ayuda de ella es posible medir distancias relativas entre dos puntos y hacer los ajustes correspondientes:

Para tener un conocimiento preciso de coordenadas y posiciones de un punto en el territorio nacional, es preciso hablar de geodesia, gracias a ella se tienen mediciones de distancias y ángulos que nos permitan cubrir amplios territorios.

Los términos Orden, primero, segundo, etc., obedecen al tipo de señales geodésicas puestas en el territorio peruano. Los procedimientos para la colocación de cada tipo de señal difieren un del otro en el número de observaciones realizadas en el campo, ya sea de ángulos y distancias y en el tipo de señal geodésica de partida, para ello podemos clasificar a las señales de primer orden como aquellas que tienen la precisión de 1/100,000 o lo que es lo mismo tienen un error de 1 m. en 100,000 m.

Igualmente en la ciencia de la geodesia nos debemos referir a los sistemas geocéntricos y a los elipsoides de referencia, para el caso del sistema PSAD-56 le corresponde el elipsoide de Hayford cuyo radio mayor es de 6378388 m y una excentricidad de 0.00672267 y para el sistema satelital geocéntrico cuyo origen es el centro de masa de la tierra le corresponde un semieje mayor de y una excentricidad

DIAGNOSTICO

Enfoque y definición del problema:

En la realidad Geodésica peruana, no se cuenta con señales geodésicas de primer orden suficientes en las zonas mineras de interés, que nos permitan hacer un catastro minero con precisiones de entre 1 y 2 metros, para el caso del IGN y el RPM , en dichas zonas solo se tienen señales de 2do y 3er orden .

La Cartografía Nacional con mapas a escala de 1/100,000 no es apropiada para la realización de un Catastro Minero Moderno y se le debe utilizar simplemente en modo referencial, como referencia útil diremos que un milímetro en la Carta Nacional representa 100 m en el terreno.

El Sector Minero, hasta fines de 1995 no contaba con un sistema básico de referencia minero GPS , con el cual realizar cálculos y mediciones confiables, para el futuro trabajo catastral minero.

Nos estamos refiriendo a un conjunto de coordenadas de hitos geodésicos del IGN de primer orden, que poseen valores de coordenadas en los sistemas PSAD-56 y WGS-84.

Los mecanismos utilizados para realizar la conversión elipsoidal del sistema WGS-84 al PSAD-56 no han sido de lo mas adecuado para los fines que el catastro minero requiere, tal es así que los parámetros únicos de conversión elipsoidal para todo el país, tenían un comportamiento muy variado tal es así para el sur , centro y norte del Perú, llegando a tener una discrepancia de hasta 12 m. entre los valores GPS de campo y las coordenadas IGN.

Las mediciones de campo realizadas anteriormente con GPS, no tuvieron valores confiables debido a un falta de conocimiento, tanto en el uso del GPS como en los valores asignados en las coordenadas iniciales para el postproceso.

Los trabajos de Poligonacion realizados anteriormente tuvieron simplemente un carácter topográfico con precisiones de tercer orden, lo que va generando mucha incertidumbre acerca de la verdadera coordenada para los puntos de partida de los derechos mineros, por cuanto fueron enlazados con señales de diferente precisión.

INTRODUCCION

El Marco Geodésico Minero ha sido elaborado por el Registro Publico de Minería , en virtud a las necesidades que requiere la actividad minera actual, así como a la exigencia que demanda la creación de un catastro minero moderno señalado por DL. No 26615 del 26 de Mayo de 1996, en la cual se establece el sistema único de coordenadas para los derechos mineros antiguos y modernos basados en las cuadrículas UTM de la carta nacional, fijando además un plazo de 4 años para la implementación del Catastro Minero Nacional

Nuestro Marco Básico De Referencia Geodésico Minero, se levanta sobre las señales Laplace de la Red Geodésica Nacional del Instituto Geográfico Nacional, por ser precisamente estos puntos de mayor precisión al tener observaciones astrogeodesicas de alta precisión con correcciones angulares y de distancia para las bases de cierre y partida de la red geodésica nacional. También el RPM realizo un Marco Complementario Geodésico Minero, cuyas señales también son hitos de primer orden del IGN, a los cuales se les ha dado valores en coordenadas del sistema WGS-84.

El Registro Publico de Minería ha realizado este trabajo, valiendose del Sistema de Posicionamiento Global GPS, por ser el mas moderno en la actualidad así como, de fácil manejo, largo alcance, mejores precisiones y de menor tiempo de empleo

El trabajo del Marco Básico De Referencia Geodésico Minero , en su conjunto ha sido elaborado teniendo un orden y uniformidad en su conjunto, se ha partido desde un inicio de la señal SATELITE IGN en Arequipa, cuyas coordenadas en el sistema WGS-84 se han obtenido sin hacer uso del programa Convert , sino de observaciones GPS directas en dicha señal

ANTECEDENTES

Nuestra Red Geodésica Nacional, en la cual se fundamenta la cartografía nacional, esta basada en 415 señales de primer orden y 15 bases Laplace de cierre, conjuntamente el IGN posee un sub red geodésica nacional de segundo y tercer orden.

La Red Geodésica Nacional de primer orden se desarrolla mayormente, formando dos cadenas, una a lo largo de toda la costa y la otra por la sierra y selva, tenemos que destacar que estas dos cadenas se unen en solamente cuatro tramos, como son los de Moyobamba, Pasco, Huancayo y Pontorco, dejando una inmensa área del territorio en la cual no se encuentran señales de primer orden y en su defecto solo tenemos señales de segundo y tercer orden, las mismas que sirvieron para el desarrollo de la cartografía básica.

La Red geodésica Nacional de primer orden posee una precisión de 1/100,000 y la sub red geodésica posee precisiones de 1/50,000 y 1/20,000 para segundo tercer orden en el mejor de los casos.

Estas precisiones significan que el error que se obtiene al partir de una señal de primer orden y usando procedimientos de campo de primer orden, es de un metro por cada 100 km..... de distancia medida en el terreno.

Para el caso de las señales de 2do y 3er orden, las precisiones son menores a la señaladss, debido a que en esta sub red nacional no se tiene indicios de que alguna vez halla sido ajustada toda en su conjunto, motivo por el cual las precisiones estarían entre el 1/10,000 y 1/5,000.

El Registro Publico de Minería trabajo desde los años de 1980-1985 con Poligonacion Electrónica, partiendo de señales IGN de 2do y 3er orden, con los fines de catastro minero según lo exigió la ley de aquel entonces.

Posteriormente nuestra institución se aboco a la colocación de puntos de control suplementario y densificación en zonas mineras por el método satelital GPS, dichos valores obtenidos en el sistema WGS-84 fueron convertidos al PSAD-57 con el Software Convert, y el uso de tres parámetros únicos para todo el país, $X=279.00$, $Y = -175.00$ $Z = 379.00$. Estos parámetros únicos genero error de precisiones al obtener valores en el sistema PSAD-56 hasta de 12 metros para la zona sur del Perú.

Los errores que se generaron fue en esencia, porque no se contaba en forma oficial con las coordenadas de las señales IGN en el sistema WGS-84 y en su reemplazo se utilizo el convert para darles valores en el WGS-84 a dichos valores, introduciendo de esta forma los errores mencionados.

Consecuentemente con lo hablado vemos que los trabajos realizados con GPS no han tenido un criterio único, si se han respetado una uniformidad en las mediciones.

PROCEDIMIENTO

La elaboración del Marco Básico de Referencia Geodésico Minero, se empezó haciendo una selección de las señales Laplace, de las Bases Geodésicas de la Red Geodésica Nacional, del Instituto Geográfico Nacional.

Hacer una selección, en el sentido que algunas de estas señales Laplace del IGN se encuentran destruidas. Para nuestro trabajo se tuvo que elegir las que se encuentran mejor conservadas.

El trabajo realizado de este Marco Básico Minero es principalmente en el sistema WGS-84, y las mediciones empezaron desde la señal Satélite-IGN, tomándose como un datum local, ya que se conocía sus coordenadas precisas en ambos sistemas.

Las primeras observaciones como hemos misionado empezaron en la señal Satélite y el tiempo de observación GPS fue de tres horas, en aquella oportunidad se realiza una poligonal abierta desde Tacna hasta en la señal Alto Hospicio, hasta la señal S.E. Piura, uno de los criterios que se utilizaron fue el de medir distancias menores de 300 Km.. Con equipos de GPS de doble frecuencia. Posteriormente se fue cubriendo al país con mediciones GPS con tiempos de 8 y 10 horas en forma simultánea sobre 5 hitos IGN, haciendo figuras geodésicas con coordenadas ajustadas en tres dimensiones.

CONCLUSIONES

- El trabajo realizado ha servido para la implementación del Catastro Minero, le llamamos a ello toda una infraestructura catastral.

- Los objetivos iniciales fueron dos básicamente, el primero el de tener un marco de referencia geodésico minero, el cual consistió de poder tener coordenadas de señales en el sistema WGS-84 con la mejor precisión y de esta manera poder densificar puntos GPS en las zonas de interés minero, para lograr dicho objetivo el RPM comenzó haciendo una red geodésica minera GPS en las señales IGN de primer orden, preferentemente Laplace. Por evitar ambigüedades con el IGN se optó por denominarlo Marco Geodésico Básico Minero, dicho trabajo consistió en cubrir todo el país en lo posible con mediciones GPS, formando figuras cuyos lados no fueran mayores de 300 km. en promedio y haciendo uso de equipos satelitales de doble frecuencia con mediciones simultáneas de no menos de 5 horas, el número de señales fue 17. Las mediciones empezaron en la señal Satélite en Arequipa y se fue avanzando hasta Piura en forma uniforme y teniendo coordenadas confiables con buena precisión.

- El segundo objetivo propuesto es hacer fórmulas de transformación elipsoidal del sistema WGS84 al PSAD 56, debido a que toda la cartografía está en PSAD-56 y también las coordenadas UTM de los derechos mineros.

Para lograr dicho objetivo el RPM en el área de geodesia empieza a realizar mayor número de mediciones GPS en las señales IGN de primer orden en todo el país, de tal manera que se tuvieran coordenadas en los dos sistemas mencionados para la creación de los parámetros de transformación, para ello primeramente se empezó dividiendo al país en fajas horizontales de 2 y tres grados de latitud y se establecían parámetros que permitieran hacer la transformación entre los dos sistemas, los resultados obtenidos en este caso fueron bastante buenos a pesar que se empleó el modelo de Molodtsev y se hizo parámetros para cada señal y luego se promediaron, la transformación que requiere el catastro minero tendría que estar dentro de 2 metros para la precisión, por lo cual se optó por dividir el país en figuras de $3^\circ \times 3^\circ$ tanto para la latitud como para la longitud, de esta manera se esperarían mejores precisiones.

Al tener muy buena cantidad de información de campo era posible hacer muchas pruebas en gabinete aplicando modelos ya conocidos y empleados mucho en fotogrametría es así que se hace ensayo del uso de 13 parámetros, de 7 parámetros y de 3 parámetros con ajustes de mínimos cuadrados, considerando desplazamientos de los centros de los elipsoides y giros en los 3 ejes.

Luego de hacer números ensayos hemos concluido que el uso de los 13 parámetros es el más preciso de todos y nos da para cada zona catastral una precisión de menos de 2 metros para señales de 1er orden.

- Ahora el trabajo nos permite tener las transformaciones del sistema WGS-84 al sistema PSAD56 y viceversa, lo cual nos permitirá darles coordenadas a los petitorios con buena exactitud y para el uso de la nueva carta nacional en el sistema mundial.

- Regresando a las formulas de transformación se tiene que se ha usado un mínimo de 5 puntos para aplicar el modelo de mínimos cuadrados y que para comprobar la validez de la formula se realizo trabajos de campo para tener coordenadas WGS-84 en señales IGN que no hayan intervenido en la formación de parámetros , con la finalidad de comprobar la validez de los mismos para dicha zona, obteniendose discrepancias entre los valores GPS transformados al PSAD56 y los valores del IGN que no superan a los 2 metros para las señales de primer orden.
- Las coordenadas GPS transformadas en los limites de las zonas catastrales deberá ser el promedio aritmético entre las zonas limítrofes especialmente a menos de 20 km.. de los limites de las zonas.
- Los estudios de campo y de gabinete nos ha permitido conocer el comportamiento de las mediciones GPS tanto de una como de dos frecuencias y sus alcances, concluyendo que los equipos de una frecuencia deberían trabajar hasta un máximo de 100 km. con observaciones de cada 10 segundos por espacio de 2 horas y que los equipos de doble frecuencia hasta 400 km.. con observaciones de 2 horas, todo ello para tener un grado de seguridad.
- De la misma manera la mayor precisión en el ajuste de figuras con equipos GPS será cuando se hacen mediciones simultaneó con varias horas de posicionamiento
- Por otro lado podemos hacer el uso del GPS para chequear los cálculos cuando se trabajan en poligonaciones en el PSAD-56 , de tal manera que podamos usar las distancias inclinadas en forma indistinta tanto del distanciómetro como del GPS, tal es así que hemos trabajado la poligonal Caraveli y hemos encontrado que luego de hacer las correcciones por temperatura y presión del distanciómetro obtenemos la misma distancia que arrojan los postprocesos GPS.
- De la misma forma se ha trabajado con las bases Laplace y se ha calculado la distancia inclinada a partir de la distancia geodésica , los radios de curvatura y la diferencia de niveles para luego ser comparada con la distancia GPS, llegando a discrepancias muy pequeñas, lo cual nos garantiza que las bases de cierre de la red Geodésica Nacional son muy exactas.
- Los resultados de los reportes Postproceso son verificables tanto con el uso de la geodesia convencional como con la geodesia tridimensional lo cual nos permitirá hacer comprobaciones para cálculos aproximados posteriores.
- Los azimuts geodésicos tanto en el sistema WGS-84 y PSAD-56 son muy parecidos y difieren entre 2 a 10 segundos, lo cual nos permite hacer uso en forma indistinta para hacer cálculos aproximados con el objeto de verificar alguna información antes de ir al campo.
- El calculo de la cota ortometrica se ha estudiado con el uso del Software EGM96 y nos da discrepancias con respecto al la nivelación trigonométrica de ± 2 mts en promedio, lo cual nos permitiría hacer el replanteo de vértices , por el método clásico conociendo las coordenadas del expediente y su cota.
- El calculo de la cota ortometrica es posible obtenerla con el uso del programa EGM96 y la medición GPS en el campo necesariamente.
- Teniendo valore GPS de tres puntos es posible tener los ángulos internos y ser usados en los trabajos de campo, cuando por algún motivo no se tenga una completa visibilidad.



MC 81° 80° 78° 76° 75° 74° 72° 70° 69°

ECUADOR

COLOMBIA

BRASIL

BOLIVIA

CHILE

OCEANO PACIFICO



REPUBLICA DEL PERU
SECTOR ENERGIA Y MINAS

PUNTOS GEODESICOS WGS 84
 RPM - IGN

LEYENDA

- ORDEN CERO DEL IGN
- RED PRIMARIA DEL IGN
- RED SECUNDARIA DEL IGN
- ⊕ MARCO GEODESICO BASICO DEL RPM
- ⊕ MARCO GEODESICO COMPLEMENTARIO DEL RPM

81° 80° 78° 76° 74° 72° 70° 69°

ZONA 17 ZONA 18 ZONA 19

DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS GPS

1 Comenzamos haciendo una descripción del primer trabajo realizado por el arrea de Geodesia del RPM .

En el mes de Diciembre de 1995 se empezó a dar los primeros pasos en la elaboración del Marco Básico de Referencia Geodésico Minero, el objetivo del trabajo consistió en el Posicionamiento de equipos GPS en las siguientes señales:

S.E. PIURA
O.B. PACASMAYO
S.E.B. SALINAS
S.E. CHIMBOTE
B.S.E. HUANCAYO
B.S.E. CONCHAN
S.W. MAJES
SATELITE
ALTO HOSPICIO
B.S. AYABACAS
B.S. MARCONA

Nuestro trabajo tuvo por objetivo lo siguiente:

Hacer mediciones referidas a la Señal Satélite como punto de partida inicial , y hacer una poligonal abierta desde Tacna hacia Piura. De esta forma vamos obteniendo coordenadas en el sistema WGS-84 de la manera mas confiable que hasta esa fecha se hubiera obtenido.

Esta primera ocasión nos sirvió para poder elegir las bases Laplace, en el sentido de elegir un de las dos señales de la base que se encuentre en mejor estado.

Los tramos de mediciones fueron los siguientes:

SATELITE - HOSPICIO
SATELITE - MAJES
SATELITE - AYABACAS
MAJES - MARCONA
MARCONA - HUANCAYO
HUANCAYO - CONCHAN
CONCHAN - SALINAS
SALINAS - CHIMBOTE
CHIMBOTE - PACASMAYO
PACASMAYO - PIURA

2- El siguiente trabajo se realizo en el mes de febrero de 1996 , en esta oportunidad se hizo en la zona central del Perú , las señales que se trabajaron en aquella oportunidad fueron:

TINGO MARIA
B.S.E.CERRO DE PASCO
B.S.E.HUANCAYO
PONTORCO
S.E.B.SALINAS
S.E. CHIMBOTE
B.S.MARCONA

las cuales se encuentran entre las latitudes de 09° a 15°.

Este trabajo nos sirvió para obtener mayor información en forma mas confiable en los sistemas WGS-84 y PSAD-56 y de esta forma ir haciendo un análisis en forma parcial en zonas especificas.

3 Simultáneamente el arrea de geodesia vio conveniente hacer el trabajo de un Marco Complementario Geodésico Minero , tal es así que se hacen mediciones en las siguientes señales:

SACACO
MARCONA N.BASE
FARO CHALA
MARCONA SUR BASE
S.W. BASE MAJES
B.N.E. SAMA
CERRO LADERAS
CERRO PALCA
CERRO APOPATA
BARBARANI
ASTRO CHATUMA
CHOCAMARU N ° 2
PCG. PINAYA
CERRO ANTAPUNA

Los valores obtenidos son usados para incrementar los datos en los dos sistemas geodésicos con el fin de posteriormente encontrar los parámetros de conversión elipsoidal, las mediciones de cada señal se realizaron haciendo uso de dos estaciones Master que trabajaron simultáneamente, una de ella se ubico en la señal Satélite y la otra señal del Marco Básico de Referencia Geodésico Minero.

4.- Seguidamente la brigada de geodesia realizo trabajos en la zona sur centro del país, posicionandose en las siguientes señales:

S.E. BASE SALINAS
P.N. CANTA
CERRO ASOMARA
CERRO MORRO CLARITA
S.E. CERRO DE PASCO
N.W. CERRO DE PASCO
CERRO TUPA
N.W. BASE HUANCAYO
CERRO YANAORCA
CERRO YURACCHAYOC
MANIREPVS107

5.- En el mes de marzo de Marzo de 1996 la brieda de geodesia realizo trabajos en señales que algunas fueron Laplace , con mediciones de larga duración y de distancias, ello con la finalidad de dar posición a las principales señales del Marco Básico de Referencia Geodésico Minero , y de uniformizar las mediciones desde la señal Satélite en Arequipa, los valores obtenidos se usaron en los trabajos de las formulas de conversión elipsoidal. El método utilizado en esta ocasión sirve para hacer mediciones directas de 10 horas de duración y largo alcance y tratar de ocupar una órbita GPS completa. Las señales que se ocuparon en esta ocasión fueron las siguientes:

B.S. BASE MAJES
TUPAC AMARU
W.BASE ANTA
B.S. AYABACAS
W. B. PACASMAYO
S.E. CHIMBOTE
S.E. PIURA
S.E. BASE PASCO

COORDENADAS EN WGS-84

		LATITUD		LONGITUD			HAE	
1	ALTO PISCO	13	35	8,90340	76	8	30,66053	141,4774
2	MONTE COLORADO	13	53	27,19314	76	11	25,69374	294,8120
3	MACHO COYUNGO	14	41	30,31305	75	25	1,22367	1028,3200
4	PUCUSANA	12	27	38,92042	76	46	19,56526	414,4410
5	YURACCHAYOC	13	10	50,83837	75	11	49,49952	5145,4600
6	MORRO CLARITA	13	9	53,91553	76	22	1,48689	197,6590
7	ASTOMARCA	12	19	51,64718	75	41	51,31870	5053,9400
8	ANGONA	12	18	22,17859	75	6	33,10469	4434,1800
9	S.E. PASCO	10	55	52,24792	76	4	29,01428	4127,1300
10	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	21,70791	78	28	0,29149	66,7121
11	HUANCAYO N.O.	11	56	11,49465	75	18	43,86096	3308,5900
12	PATIVILCA	10	41	12,04558	77	45	10,26812	501,0130
13	SALINAS	11	17	46,52904	77	33	4,37477	23,6369
14	SHUPRO	10	22	18,18128	76	16	19,36264	4407,4700
15	TINGO MARIA	9	10	38,82621	75	58	52,96447	785,9160
16	C° EL EREO	4	46	14,22784	80	21	21,04458	659,7540
17	C° EL MUERTO	4	51	10,84185	80	37	38,28674	477,7850
18	EL PILAN	5	9	4,43990	80	2	35,04280	533,6420
19	HUACRUPE	5	48	29,03320	79	57	7,36942	678,9720
20	PUEMAPE	7	29	51,68963	79	31	32,71270	221,2890
21	MALABRIGO	7	43	6,64107	79	27	13,11223	260,4920
22	REQUE	6	51	32,34541	79	46	17,37058	593,1410
23	GUANACORRAL	7	46	32,50669	78	42	58,90067	4305,8600
24	GUANAPE	8	26	32,87932	78	55	29,65953	240,6530
25	CABALLERIA	13	33	34,30219	73	32	58,51024	4430,4500
26	CHAUCHILLA	14	55	48,33036	74	55	23,42488	810,2950
27	MONTERAYOC	12	51	23,98939	74	55	26,39540	4819,3400
28	PONTORCO	13	21	22,53916	74	13	1,33657	4348,8900
29	N.E. BASE SAMA	17	49	0,83700	70	34	4,40100	511,6800
30	AYABACAS	15	25	35,02500	70	4	16,19300	3884,0800
31	S.W.SAMA	17	54	38,31358	70	38	18,88153	328,3915
32	ALTO HOSPECIO	18	14	13,43680	70	16	43,68220	495,6237
33	S.E.BASE CONCHAN	12	16	7,65700	76	54	21,58100	32,2410
34	S.E.MARCONA	15	10	14,39500	75	2	3,59400	631,6600
35	N.O MARCONA	15	1	9,30279	75	1	47,65899	529,8833
36	SATELITE	16	27	56,40600	71	29	35,50300	2492,9100
37	S.E. HUANCAYO	12	0	49,93600	75	14	31,03700	3293,0400
38	ANTA	13	28	40,62800	72	14	19,58000	3372,6500
39	MAJES	16	30	14,08200	72	24	48,14400	966,3440
40	C° CARAVELI	15	45	31,61933	73	23	42,56227	2394,9900
41	C° ALTO HUCCHA	16	39	34,46797	72	16	10,42654	1199,7300
42	CARRETERA	16	10	35,27193	73	2	48,23960	1880,6100
43	C° VENADO	15	52	45,99264	73	12	45,98234	2310,6100
44	C° GENTIL	16	14	17,79533	73	26	7,79415	1331,4900

NOMBRE DE LA ESTACION

SATELITE

NUMERO/CODIGO

SAT

LOCALIDAD

CHARACATO

DATUM

WGS 84/ITRF 94

LATITUD

16° 27' 56.40692" S

X GEOCENTRICA

1942784,980

NORTE

8177911,494

MODELO GEOIDAL

EGM-96

N HOJA

33-t

FECHA

Nov-98

ESTABLECIDA POR IGN

IGN

CARACTERISTICA DE LA PLACA

DISCO DE BRONCE DE 9 Cm

UBICACIÓN

OBSERVATORIO

ELIPSOIDE

WGS 84/GRS 80

LONGITUD

71° 29' 35.50533" W

Y GEOCENTRICA

-5804081,573

ESTE

233804,638

ALTURA GEOIDAL

2449,8003

CODIGO INTERNACIONAL

2638

ALTURA ELIPSOIDAL

2491.3583 m

Z GEOCENTRICA

-1796911,051

ZONA-UTM B

19

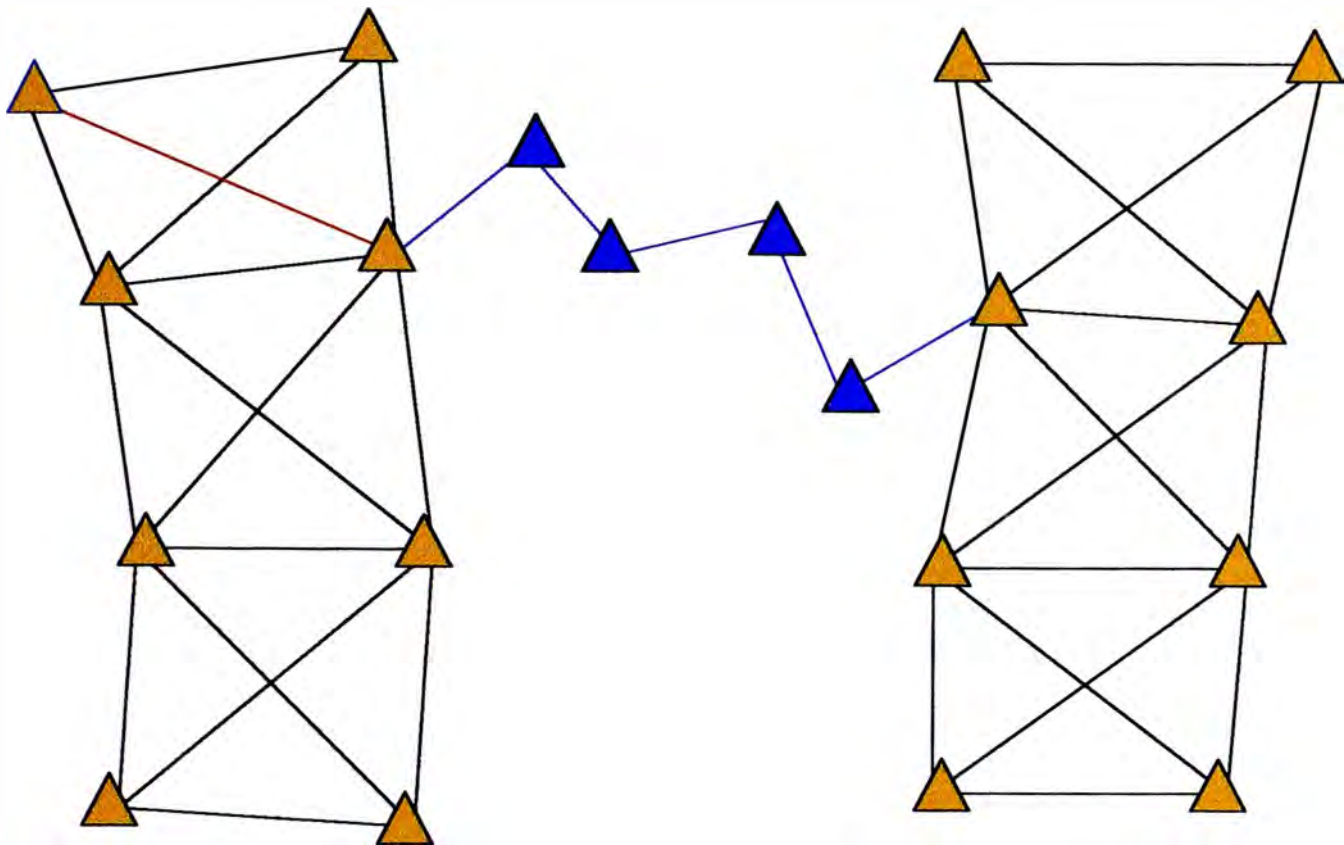
COTA ORTOMETRICA

NOMBRE DE LA HOJA




CHARACATO

ORDEN

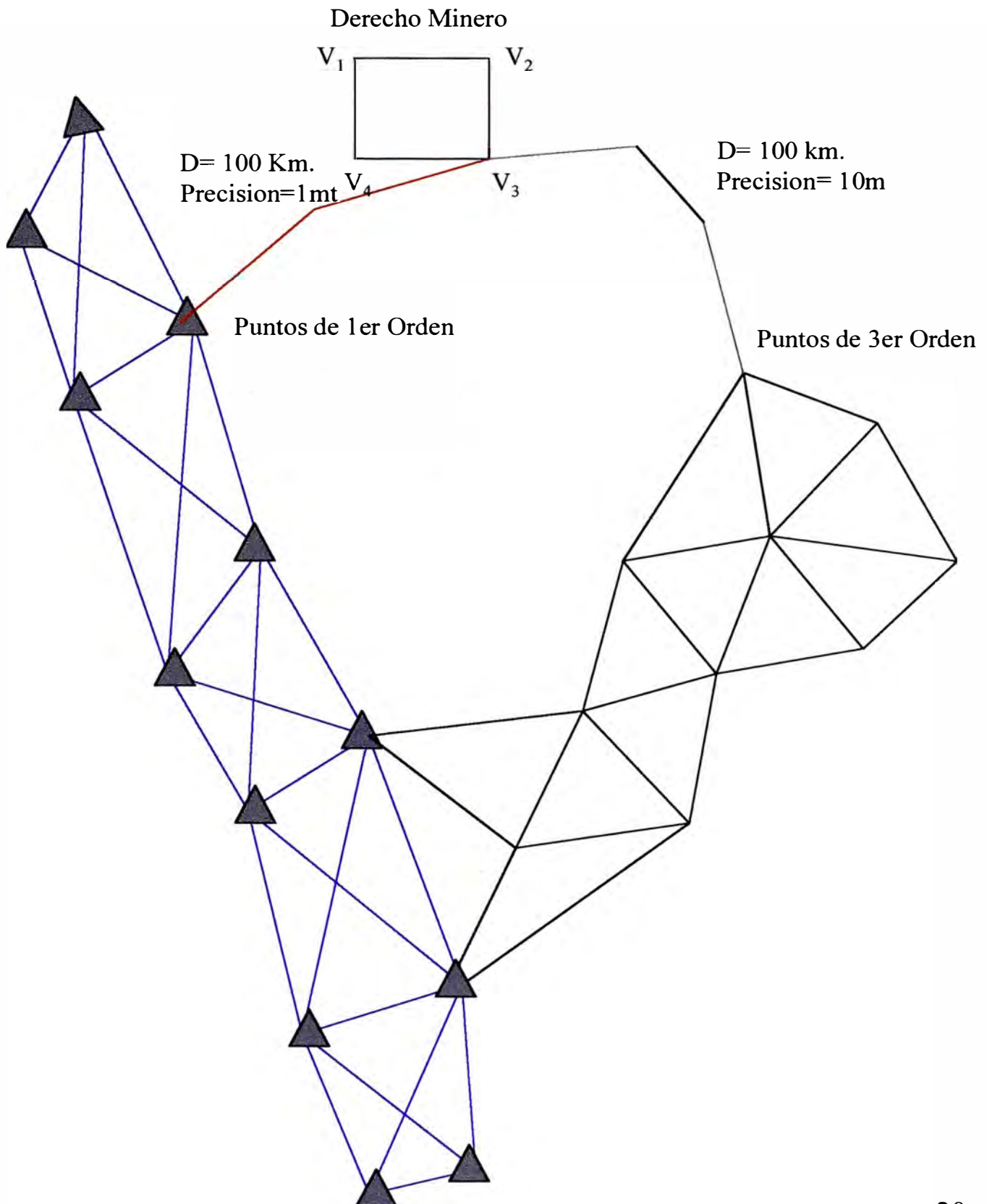
HITOS DE APOYO PARA LA UBICACION DE DERECHOS MINEROS



LEYENDA

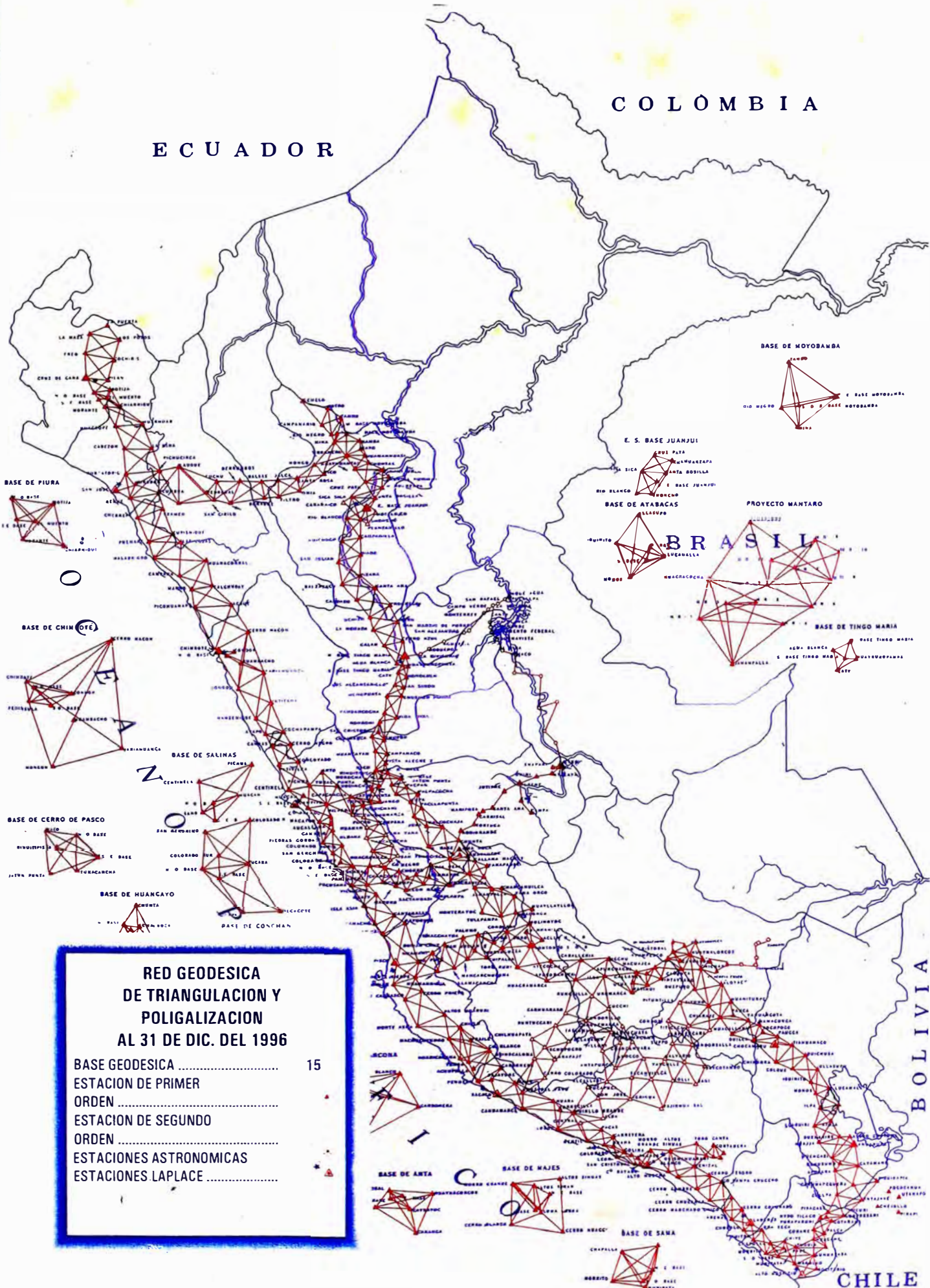
	HITOS PUESTOS POR EL RPM
	HITOS DE PRIMER ORDEN IGN
	POLIGONAL RPM

ESQUEMA DE ENLACE HACIA UN VERTICE PARTIENDO DE DOS SEÑALES DE DISTINTO ORDEN



ECUADOR

COLOMBIA



**RED GEODESICA
DE TRIANGULACION Y
POLIGALIZACION
AL 31 DE DIC. DEL 1996**

- BASE GEODESICA 15
- ESTACION DE PRIMER ORDEN
- ESTACION DE SEGUNDO ORDEN
- ESTACIONES ASTRONOMICAS
- ESTACIONES LAPLACE

BOLIVIA

CHILE

CAPITULO II

**DESCRIPCIÓN DE GEODESIA Y DEL
SISTEMA GPS**

EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

El sistema de Posicionamiento global GPS , es un sistema basado en los satélites provenientes de la NAVSTAR GPS (Navegation System with Time and Rangin), el cual provee coordenadas precisas en tres dimensiones así como la hora. El sistema esta conformado por 21 satélites y ha sido desarrollado con fines militares con acceso restringido a fines civiles, con la ayuda de dicho sistema se ha podido resolver problemas geodésicos desde 1993, los satélites están localizados en órbitas de aproximadamente 20,200 km. de altura sobre la superficie de la tierra, la final configuración de los satélites esta planeado para que por lo menos cuatro satélites sean visibles en forma simultanea, sobre el horizonte, en cualquier parte de la tierra , las 24 horas del dia.

El GPS es principalmente un sistema de navegación, el principio de navegación esta basado en la medición del llamado pseudorange , entre el usuario y cuatro satélites. Teniendo las coordenadas satelitares de un punto adecuado, se puede obtener las coordenadas de otro usuario con GPS . Desde un punto de vista geométrico tres range measurements son suficientes. Una cuarta observación es necesaria debido a que los relojes de los receptores GPS , no están sincronizados con el reloj del Satélite que envía la señal

Los GPS están diseñados para proveer en el mejor de los casos la precisión de ± 10 m a ± 15 m, de cualquier forma el GPS puede proveer coordenadas geodésicas con alta precisión , tal es así que se puede esperar una precisión relativa de ± 10 cm sobre una distancia de 2,000 km.....

La descripción completa del sistema GPS esta mostrada en los tres segmentos:

- Segmento Espacial
- Segmento de Control
- Segmento Usuario

SEGMENTO ESPACIAL

El sistema espacial consiste de 21 satélites mas 3 separe activos. Los satélites están dispuestos en órbitas casi circulares en seis órbitas planas, con una inclinación de 55 grados. La altura de las órbitas son de aproximadamente 20,200 km....., correspondiendo aproximadamente 26,600 km..... del semieje mayor. El periodo de la órbita es de 12 horas de tiempo sideral.

Cada Satélite transmite señales en dos frecuencias:

- | | |
|----|--------------|
| L1 | 1575.42 MHz. |
| L2 | 1227.60 MHz. |

SEGMENTO DE CONTROL

Las tareas del segmento de control son para lo siguiente:

Hacer el monitores y control del sistema satelital en forma continua

Determinar la hora y el tiempo del sistema GPS

Predecir las ephemerides y el comportamiento de los relojes Satelitales

Actualizar periódicamente el mensaje de navegación para cada Satélite en particular

Pertenecientes al segmento de control están las estaciones master de control, localizadas alrededor del mundo con antenas terrestres, para cargar datos hacia los satélite.

El segmento operacional de control GPS, consiste de la Estación Master en Colorado Spring (USA) , con tres estaciones de control y antenas terrestres en :

Kwajalein

Ascension

Diego Garcia

y dos estaciones mas en Colorado Spring y Hawaii.

La estaciones de monitores reciben toda las señales de los satélites con los cuales determinan el Pseudorange, para todos los satélites y transmiten el Range Data a lo largo con los datos metereologicos hacia la estación Master, de estos datos la Estación Master calcula las ephemerides y el comportamiento de los relojes satelizares para formular los datos de navegación.

SEGMENTO USUARIO

Apropiados receptores son usados para la recepción de las señales GPS, tanto para propósitos de navegación, como para Posicionamiento geodésico, muchos modelos anteriores han sido desechados anteriormente, para tener los que existen en la actualidad. El numero de fabricantes esta creciendo muy rápido.

Los principales componentes de un GPS son:

- Antena con amplificador
- RF sección con identificador de señales y procesador de señales(canales)
- Microprocesador para el control del receptor (solución de navegación)
- Oscilador de precisión
- Fuente de energía
- Interfaces
- . Memoria para almacenaje de datos.

SISTEMA MUNDIAL DE COORDENADAS WGS-84

El sistema de coordenadas del sistema geodésico mundial-1984 (WGS-84) es un sistema terrenal convencional (CTS) , al que se llega modificando el sistema marítimo de navegación por Satélite (NNSS) o el TRANSIT, marco de referencia Doppler (NSWC 9Z-2) en el origen y en la escala , girandolo para que su meridiano de referencia coincida con el meridiano cero definido por la Oficina Internacional de la hora (BIH).

El origen y los ejes del sistema de coordenadas WGS-84 se definen como sigue:

- Origen = Centro de masa de la tierra
- Eje Z = Dirección del polo terrenal convencional (CTP) para el movimiento polar, según lo definido por la BIH en base a las coordenadas adoptadas para las estaciones BIH.
- Eje X = Intersección del plano meridiano de referencia del WGS-84 con el plano del ecuador CTP, siendo el meridiano de referencia el meridiano cero definido por BIH en base a las coordenadas adoptadas para las estaciones BIH.
- Eje Y = Completa un sistema de coordenadas ortogonales dextrogiro, geocéntrico y fijado en la tierra (ECEF) , medido en el plano del ecuador CTP, 90° Este del eje X.

El WGS-84 es un marco de referencia mundial fijo en la tierra, que comprende un modelo de la tierra y esta definido por un conjunto de parámetros primarios y secundarios. Los parámetros primarios presentados, consiste en la forma la forma de un elipsoide de la tierra, su velocidad angular y la masa de la tierra que esta incluida en el elipsoide de referencia.

REALIZACION DEL SISTEMA DE COORDENADAS WGS-84

El origen y la orientación de los ejes de coordenadas en el WGS-84 se definen mediante las coordenadas X,Y, Z de las cinco estaciones de vigilancia GPS.

En el pasado se determinaron las coordenadas de los emplazamientos para seguimiento GPS mediante mediciones Doppler del sistema de navegación por Satélite TRANSIT. Se han procesado los datos observados durante periodos prolongados para obtener las coordenadas precisas de la estación. El uso de mediciones Doppler de TRANSIT en el WGS84 es un buen ejemplo de la realización practica de un sistema de referencia. Sin embargo, debe recalares que los errores pueden propagarse en los procedimientos utilizados para obtener marcos de referencia.

Las precisiones de las coordenadas en WGS-84 determinadas, directamente en el WGS-84 mediante la determinación de la posición de un punto por Satélite GPS , de sus precisas efemérides respectivas y le los datos de seguimiento por Satélite con base terrestre , adquiridos en modo estadístico , en términos de latitud geodésica , longitud geodésica y altura geodésica h, son los siguientes

INTRODUCCION AL GPS

El sistema de Posicionamiento global GPS, es un sistema satelital operado por el departamento de defensa de los Estados Unidos , provee en todo el mundo y las 24 horas, la posición y el tiempo.

El GPS puede ser explicado en cinco partes:

- Trilateracion Satelital

- Honda del Satélite, medida de la distancia desde un Satélite

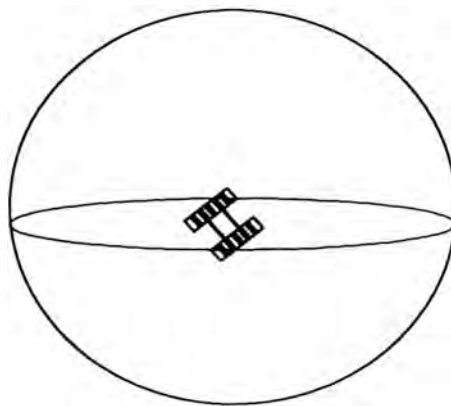
- Exactitud

- Posición del Satélite, conocimiento de la posición del Satélite

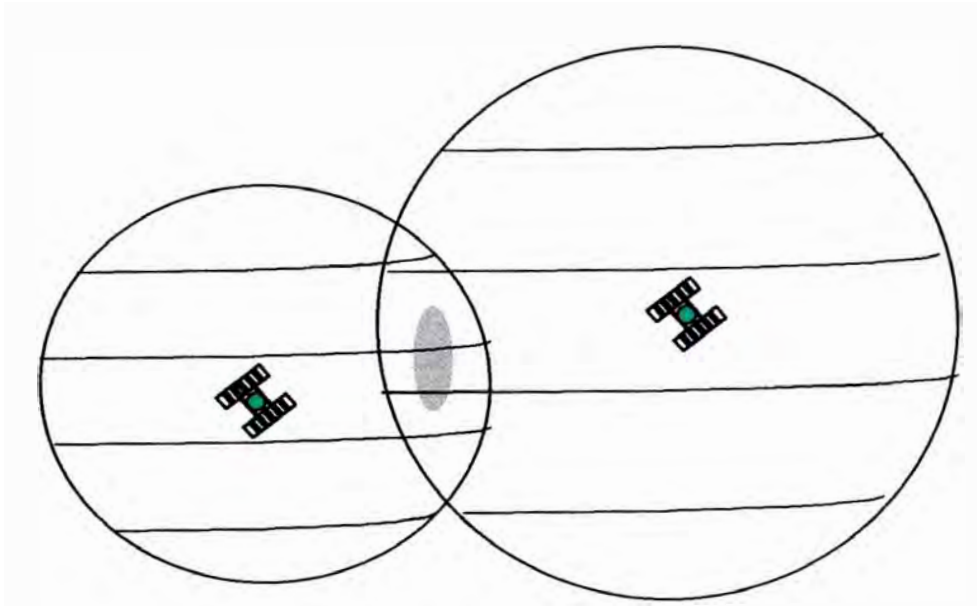
- Corrección de errores

Trilateracion Satelital

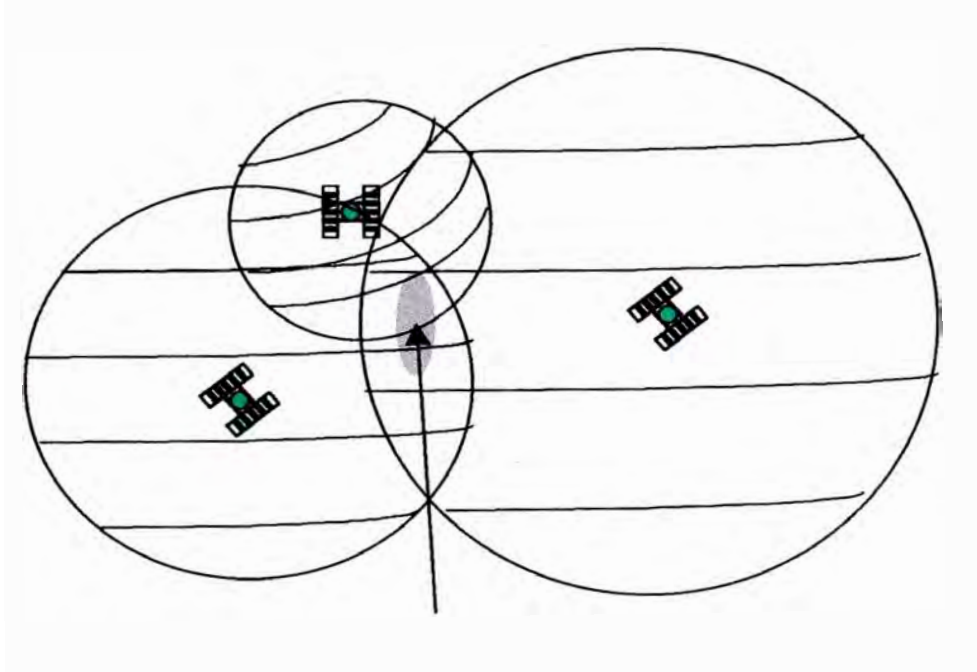
Coordenadas exactas pueden ser calculadas para alguna posición en la tierra, midiendo la distancia de un grupo de satélites hacia la posición buscada. Los satélites actúan como precisos puntos de referencia., asumiendo que la distancia de nuestra posición hacia un Satélite es conocida , podemos representarla por una esfera, en donde en algún lugar de su superficie nos encontremos



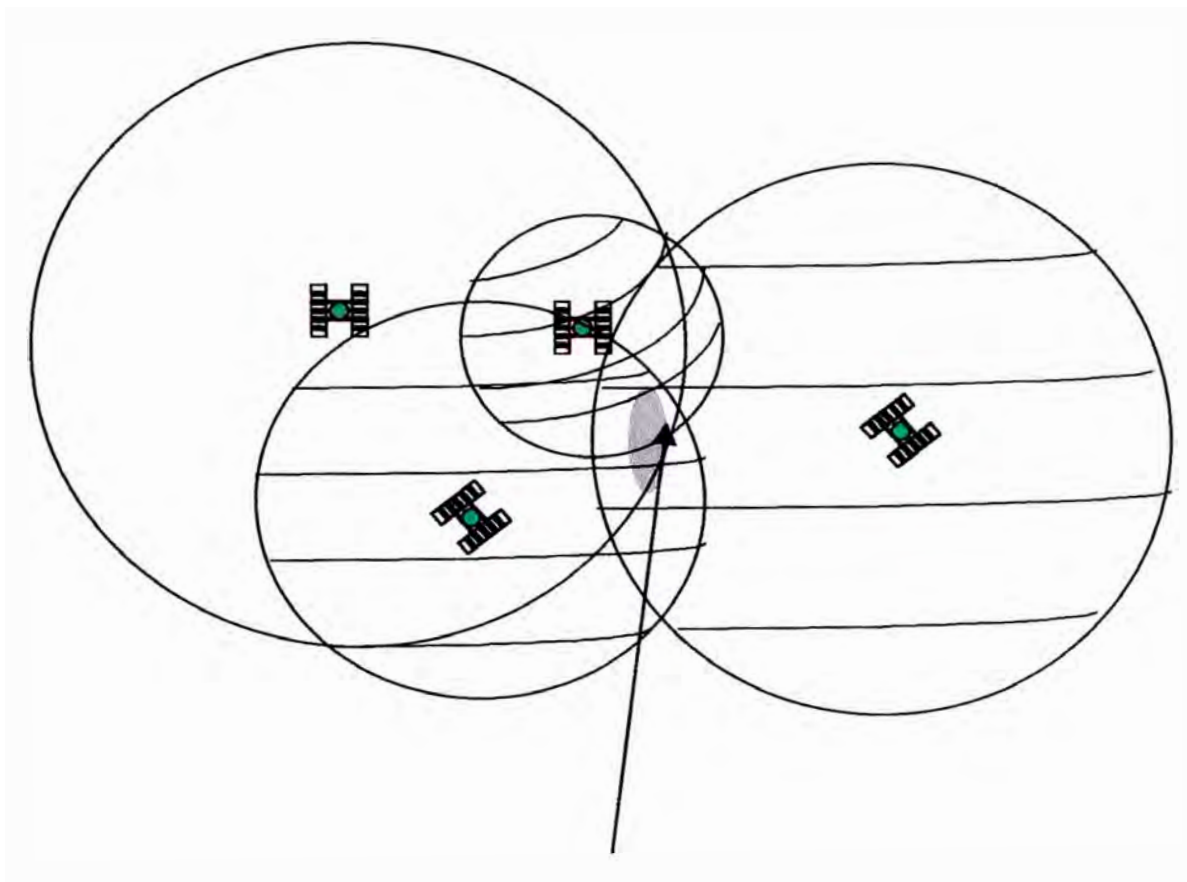
Un Satélite



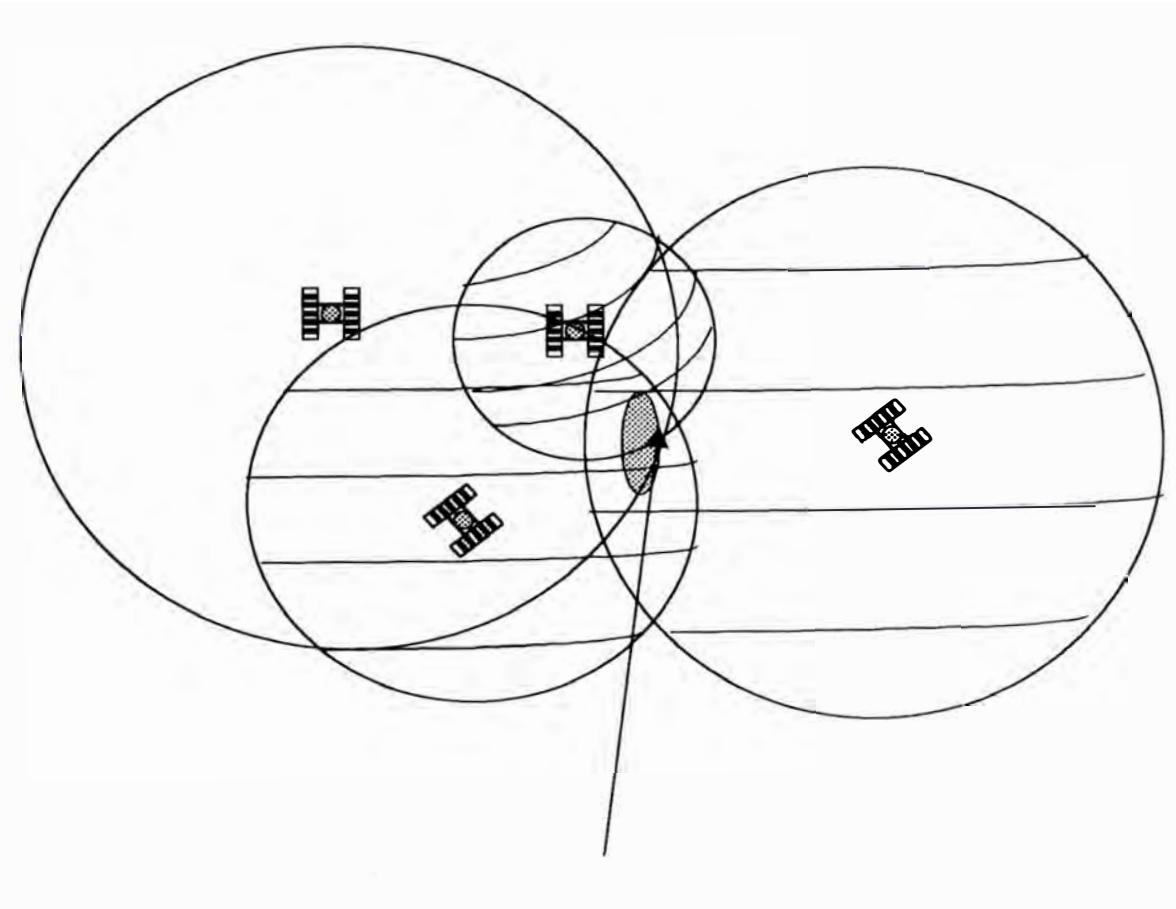
La intersección de dos esferas es un círculo



La intersección de tres esferas es una recta

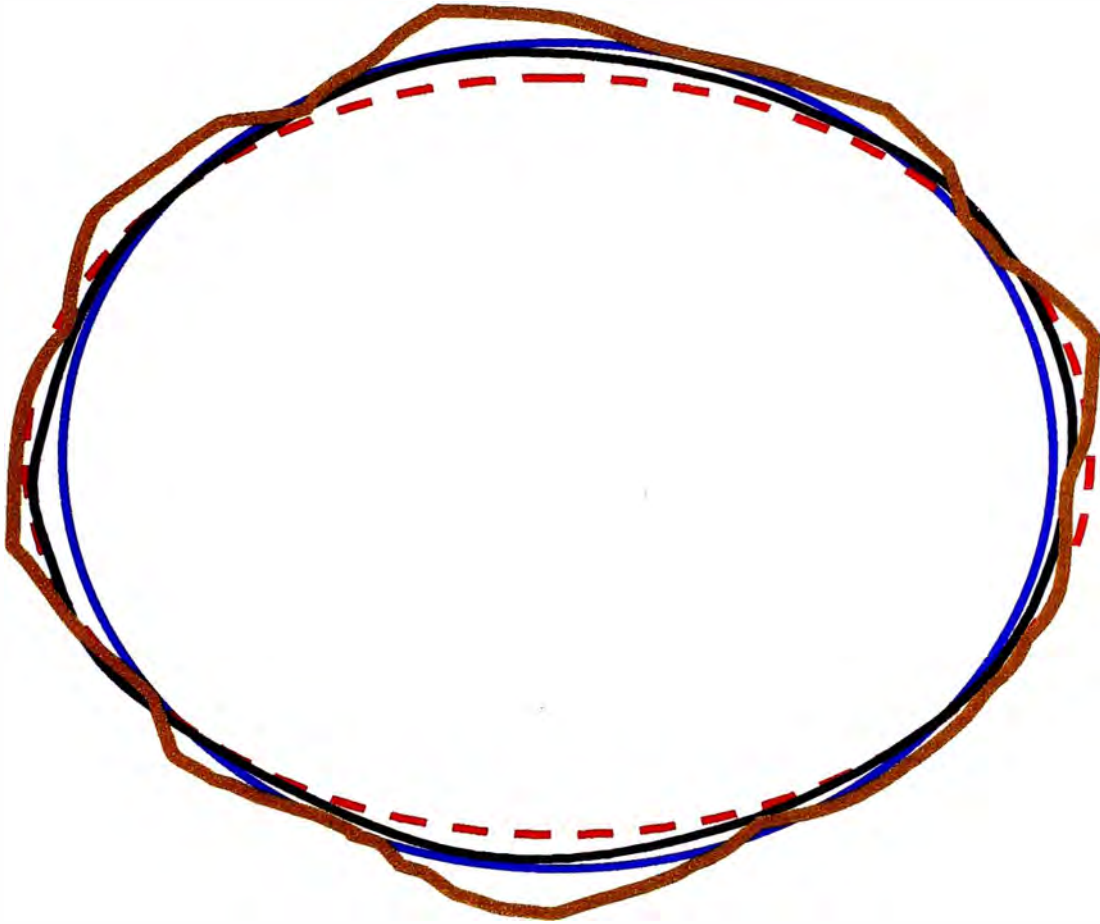


La intersección de cuatro esferas es un punto



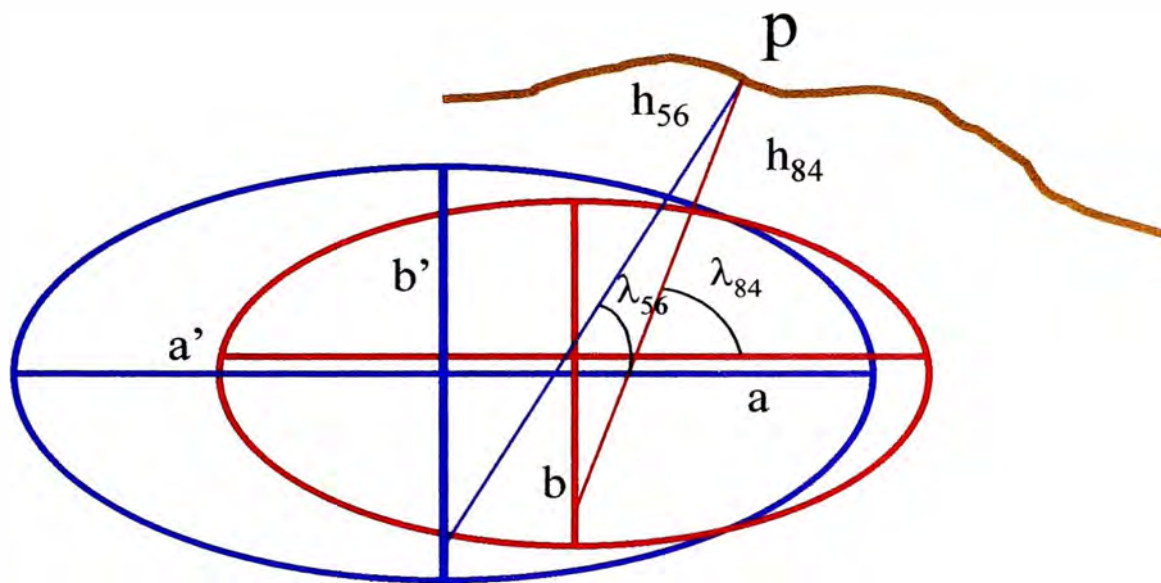
La intersección de cuatro esferas es un punto

ELIPSOIDE, ESFERA, GEOIDE, TIERRA



- **Geoide**
- **Tierra**
- - - **Elipsoide**
- **Esfera**

RELACION ENTRE EL SISTEMA WGS-84 Y PSAD-56



a' = Semieje Mayor en Psad-56

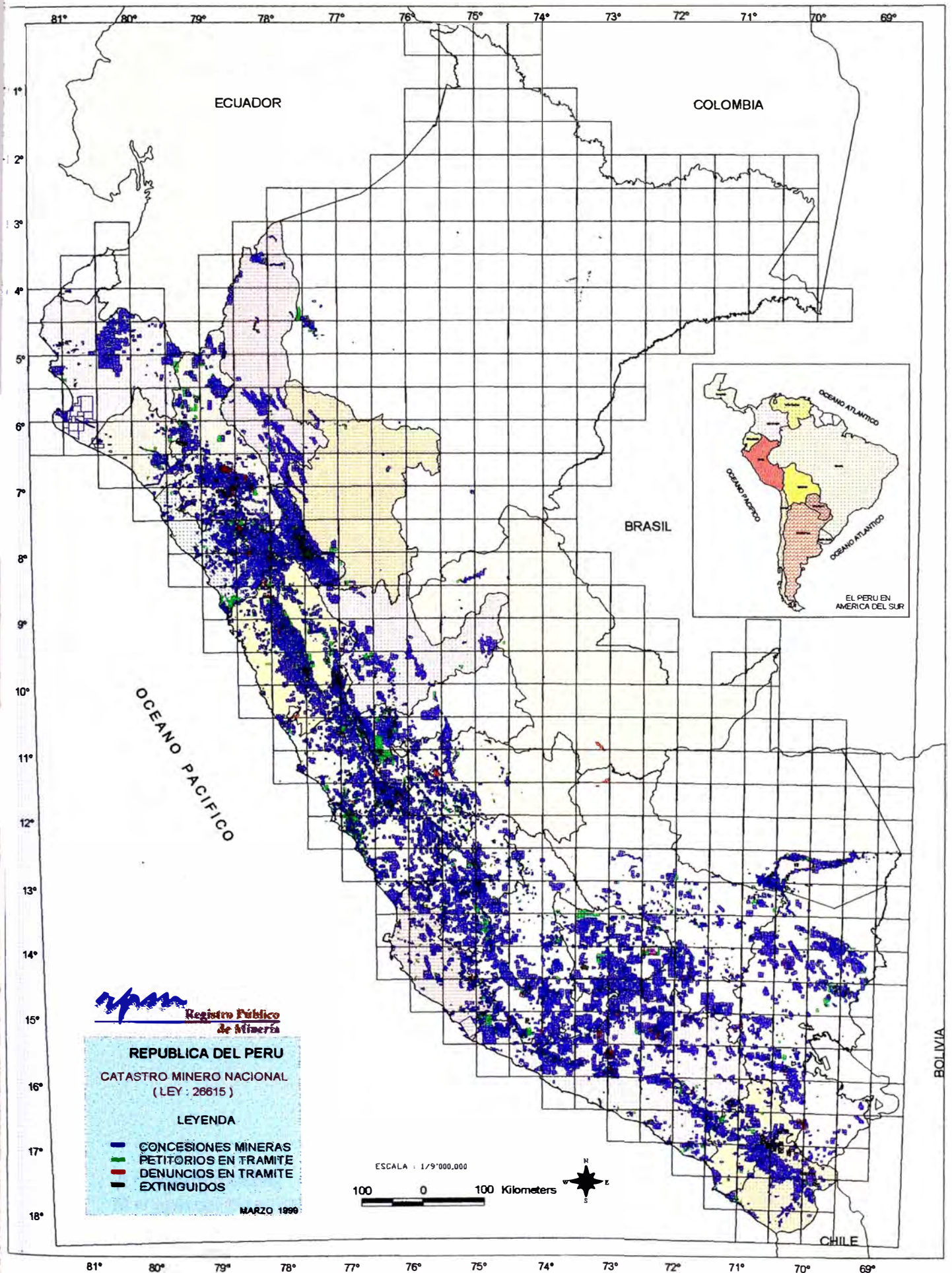
a = Semieje Mayor en Wgs-84

λ' = Longitud en Psad-56

λ = Longitud en Wgs-84

$h_{s.56}$ = altura elipsoidal en el Psad-56

$h_{s.84}$ = altura elipsoidal en el Wgs-84



RP
**Registro Público
 de Minería**

REPUBLICA DEL PERU
 CATASTRO MINERO NACIONAL
 (LEY : 28615)

LEYENDA

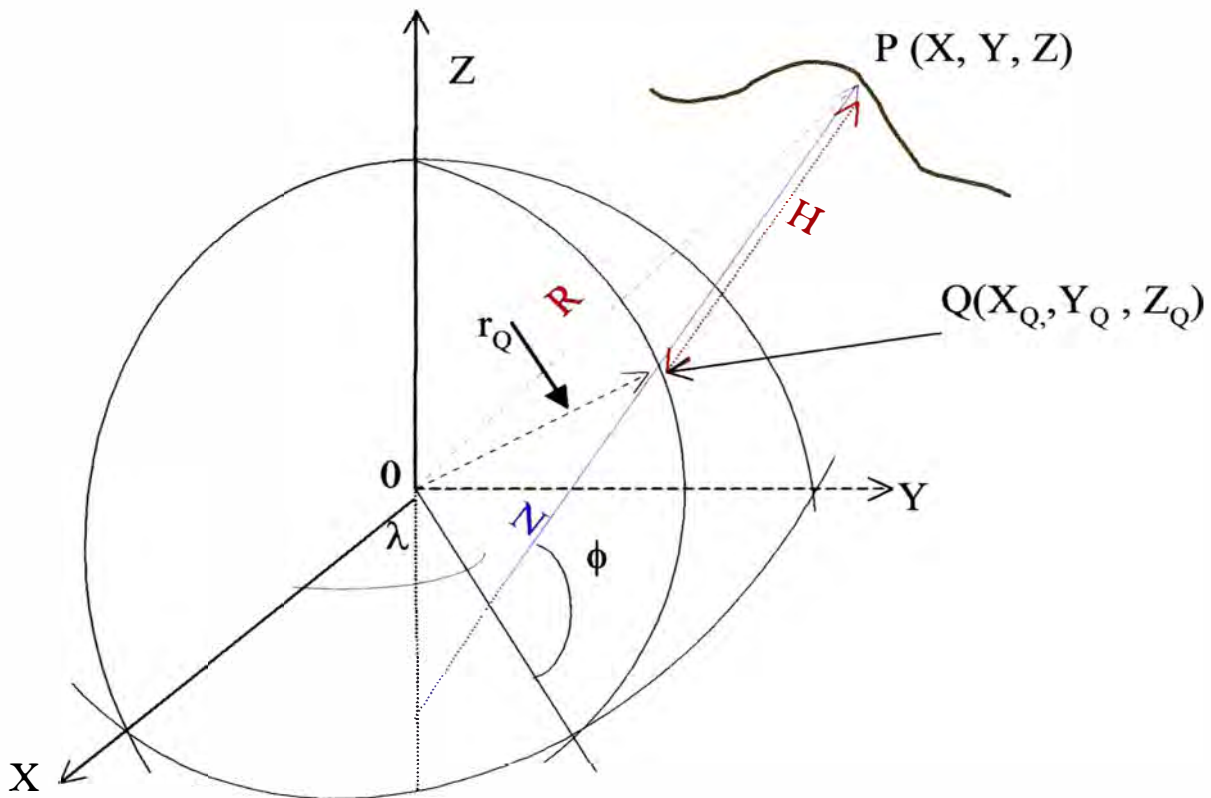
- CONCESIONES MINERAS
- PETITORIOS EN TRAMITE
- DENUNCIOS EN TRAMITE
- EXTINGUIDOS

MARZO 1990

ESCALA : 1/9'000,000

100 0 100 Kilometers

SISTEMA DE COORDENADAS ELIPSOIDALES ESPACIAL

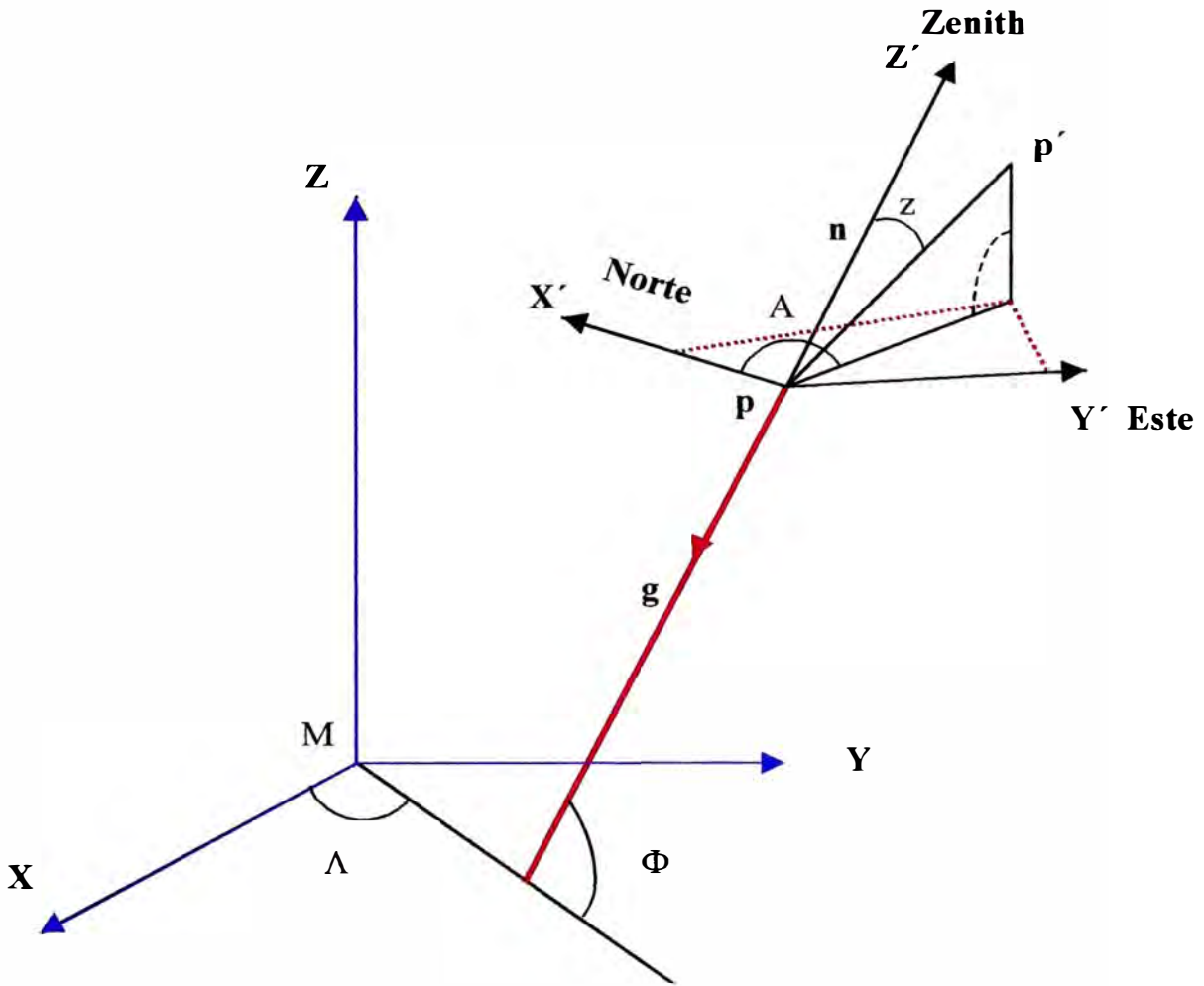


$$r = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi)^{3/2}}$$

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi)^{1/2}}$$

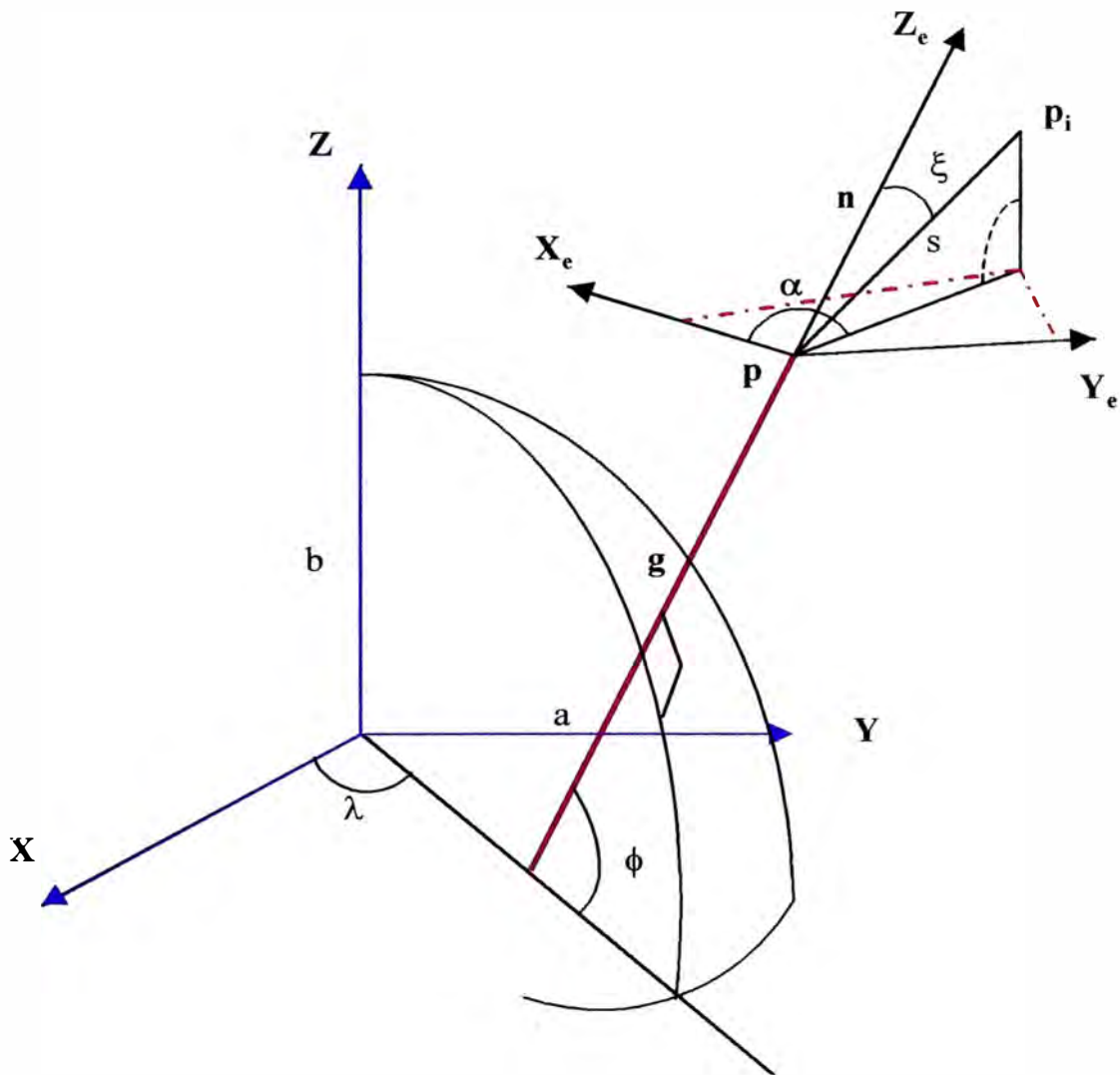
e = excentricidad
 N = normal Principal
 r = Radio de curvatura

Sistema Astronómico Local y Sistema Terrestre Local



Φ = Latitud astronómica
 Λ = Longitud astronómica
M= Centro de masa de la tierra

SISTEMA ELIPSOIDAL GLOBAL Y LOCAL



ϕ = Latitud Geodésica
 λ = Longitud Geodésica
h = Altura Elipsoidal

Formulas utilizadas para la comprobación de reportes GPS

$$X = (R_N+h)\cos(\phi).\cos(\lambda)$$

$$Y = (R_N+h)\cos(\phi).\sen(\lambda)$$

$$Z = (R_N(1-e^2)+h).\sen(\phi)$$

$$R_N = \frac{a}{(1-e^2.\sen^2(\phi))^{1/2}}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1$$

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1$$

$$\Delta Z = Z_2 - Y_1$$

$$\Delta X = S.(\cos(\rho).\cos(\phi).\cos(\lambda) - \cos(az).\sen(z).\sen(\phi).\cos(\lambda) - \sen(az).\sen(z).\sen(\lambda))$$

$$\Delta Y = S.(\cos(\rho).\cos(\phi).\sen(\lambda) + \sen(az).\cos(z).\sen(\lambda) - \cos(az).\sen(z).\sen(\phi).\sen(\lambda))$$

$$\Delta Z = S.(\cos(z).\sen(\phi) + \sen(z).\cos(az).\cos(\phi))$$

$$U = S.\sen(\rho).\cos(az)$$

$$V = S.\sen(\rho).\sen(az)$$

$$W = S.\cos(\rho)$$

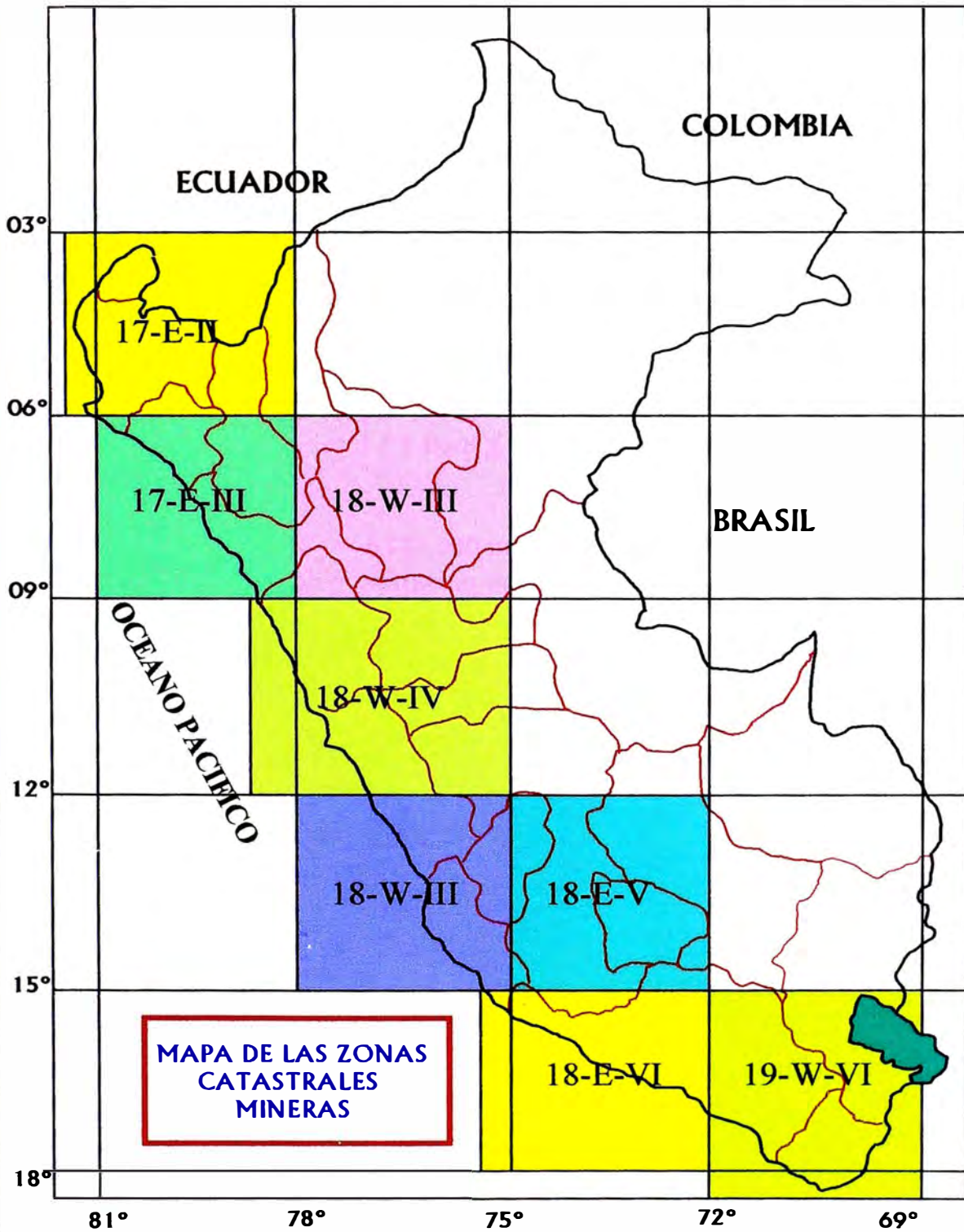
Donde:

U, V, W	Componentes del vector en un sistema topocentrico
(X ₁ , Y ₁ , Z ₁)	Coordenadas geocéntricas del punto uno
(X ₂ , Y ₂ , Z ₂)	Coordenadas geocéntricas del punto uno
φ	Latitud en WGS-84
λ	Longitud en WGS-84
az	Azimut
ρ	Angulo vertical
ΔX	variacion en el eje X
ΔY	variacion en el eje Y
ΔZ	variacion en el eje Z
S	Base linea
h	Altura elipsoidal
R _N	Radio de curvatura en la vertical
e	Excentricidad

Además: deben cumplirse las formulas

$$Di = ((\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta Z)^2)^{1/2} = (U^2 + V^2 + W^2)^{1/2}$$

INFRAESTRUCTURA DEL CATASTRO



FORMULAS UTILIZADAS EN EL CALCULO DE DISTANCIAS GEODESICAS Y REDUCCION A LA CUERDA Y AL ARCO

D= Distancia Reducida a la Cuerda

Di= Distancia inclinada medida en campo

ha= Altura ortometrica del punto A

hb= Altura ortometrica del punto B

$$D = \left| \frac{D_i^2 - \Delta h^2}{(1 - h_a/R)(1 - h_b/R)} \right|^{1/2}$$

R = 6370,000 mts

Δh = variacion de las cotas

LA TIERRA REPRESENTADA POR EL GEOIDE

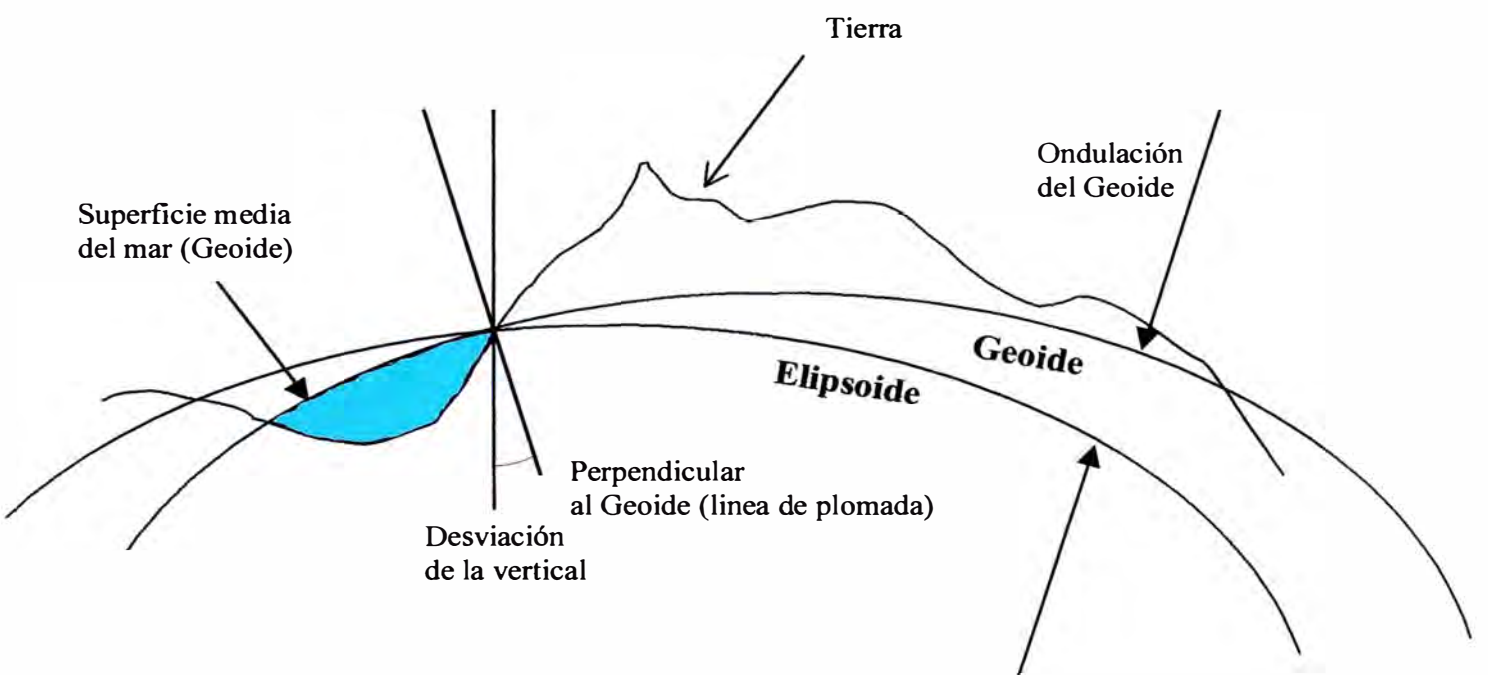


GRAFICO ELIPSOIDE , GEOIDE, TIERRA

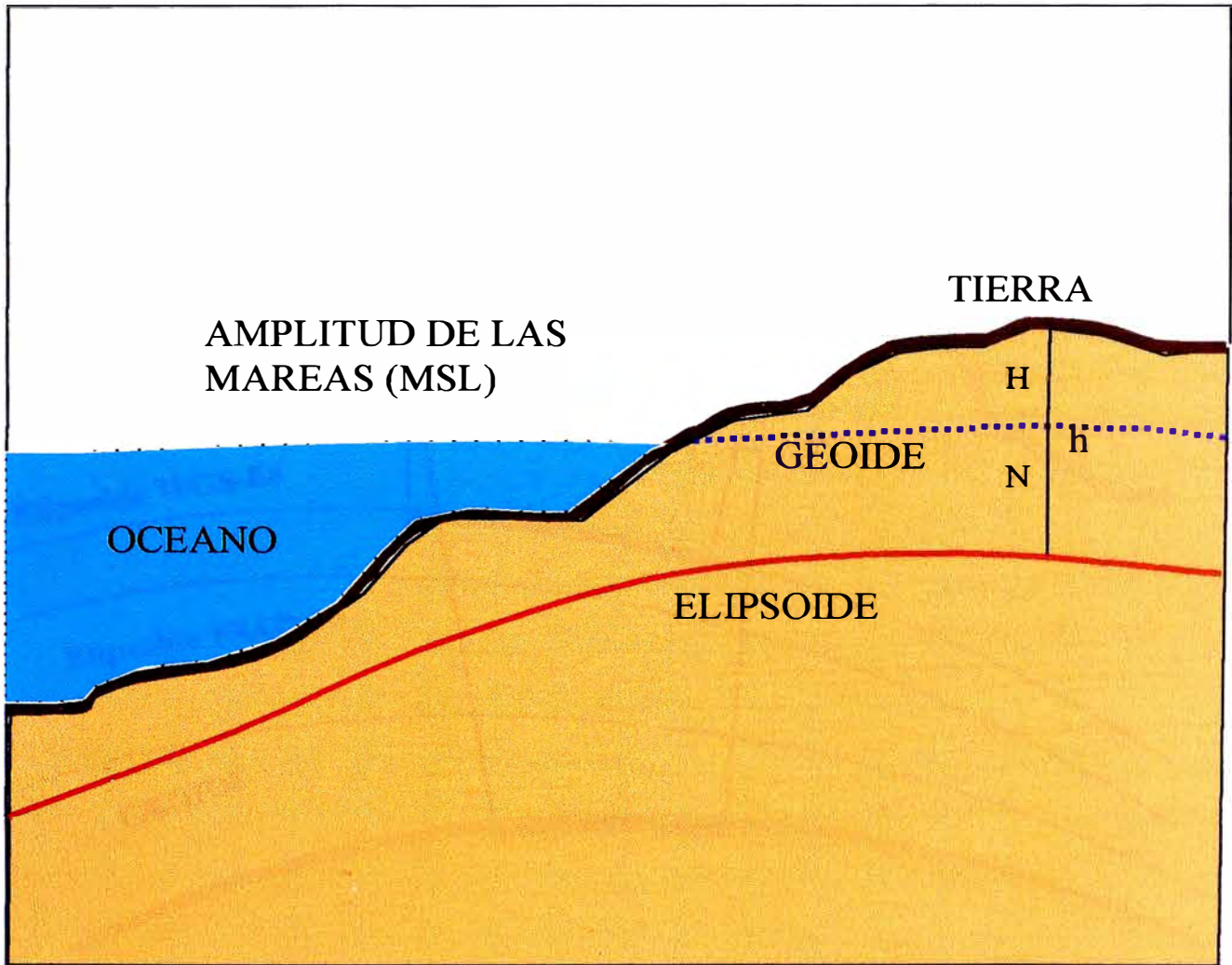
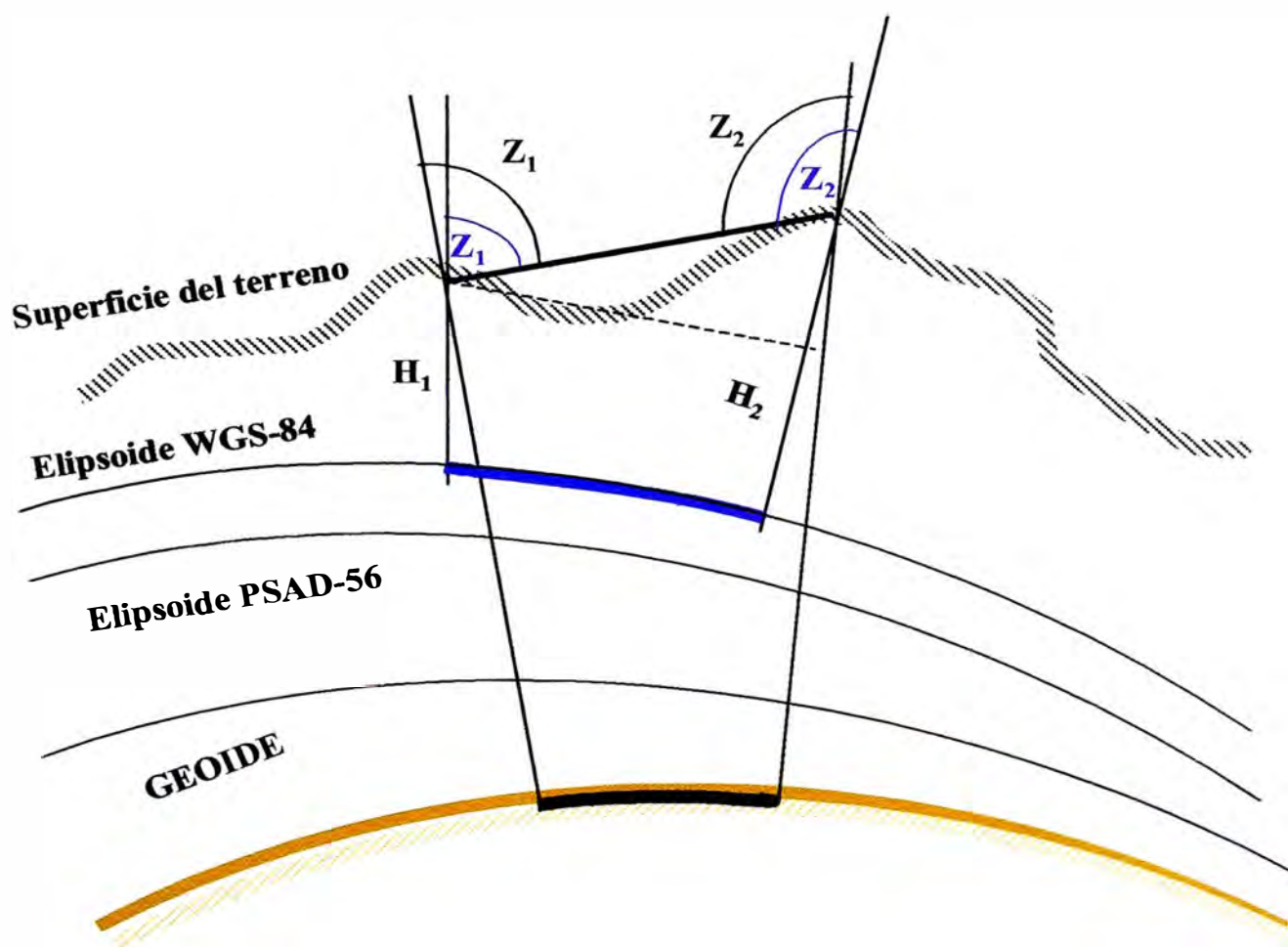


DIAGRAMA DE ANGULOS ZENITALES Y VERTICALES



CAPITULO III
FORMULAS DE TRANSFORMACION ELIPSOIDAL

ZONA CENTRO-NORTE

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ZONA SUR DE PAÍS EN LA LATITUD 15-18
PARA EL USO DE LAS CONSTANTES X=285.4143, Y=190.7858, Z=337.8808

	COORDENADAS EN SISTEMA WGS-84													
	DATO GPS DE OBSERVACION						VALOR CALCULADO						DISCREPANCIAS	
	Latitud			longitud			latitud			longitud			delt lat	delt lon
CHIMBOTE	9	11	21,75	78	28	0,269	9	11	21,8	78	28	0,217	-1,517	1,557
SALINAS	11	17	46,57	77	33	4,337	11	17	46,59	77	33	4,319	-0,687	0,498
C.PASCO N.W	10	49	40,08	76	12	16,45	10	49	40,09	76	12	16,46	-0,405	-0,286
C.PASCO S.E	10	55	52,28	76	4	28,99	10	55	52,32	76	4	29	-1,074	-0,276
CANTA	11	26	37,68	76	36	9,406	11	26	37,62	76	36	9,379	1,773	0,816
TUPA	11	16	38,6	75	54	11,48	11	16	38,62	75	54	11,5	-0,333	-0,867

VALORES CALCULADOS HACIENDO USO DE LAS CONSTANTES UNICAS PARA TODO
EL PAÍS X=279.00, Y=175.00, Z=379.00

	COORDENADAS EN SISTEMA WGS-84													
	DATO GPS DE OBSERVACION						VALOR CALCULADO						DISCREPANCIAS	
	Latitud			longitud			latitud			longitud			delt lat	delt lon
CHIMBOTE	9	11	21,75	78	28	0,269	9	11	21,88	78	28	0,115	-3,914	4,631
SALINAS	11	17	46,57	77	33	4,337	11	17	46,65	77	33	4,225	-2,465	3,324
C.PASCO N.W	10	49	40,08	76	12	16,45	10	49	40,14	76	12	16,37	-2,064	2,808
C.PASCO S.E	10	55	52,28	76	4	28,99	10	55	52,36	76	4	28,91	-2,495	2,829
CANTA	11	26	37,68	76	36	9,406	11	26	37,67	76	36	9,289	0,242	8,817
TUPA	11	16	38,6	75	54	11,48	11	16	38,67	75	54	11,42	-1,835	1,641

**CUADROS COMPARATIVOS ENTRE EL USO DE DIFERENTES PARAMETRO DE CONVERSION
ELIPSOIDAL
ZONA SUR**

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ZONA SUR DE PAÍS EN LA LATITUD 15-18
PARA EL USO DE LAS CONSTANTES X=281.85, Y=209.5013, Z=380.14378**

	COORDENADAS EN SISTEMA WGS-84												DISCREPANCIAS	
	DATO GPS DE OBSERVACION						VALOR CALCULADO							
	Latitud			longitud			latitud			longitud			delt lat	delt lon
SATELITE	16	27	56,423	71	29	35,494	16	27	56,413	71	29	35,488	0,289	0,184
AYABACA	15	25	35,048	70	4	16,166	15	25	35,038	70	4	16,118	0,311	-0,367
MAJES	16	30	14,108	72	24	48,123	16	30	14,089	72	24	48,125	0,588	-0,082
ALTO HOSPICIO	18	14	13,406	70	16	43,694	18	14	13,436	70	16	43,677	-3,908	0,501
ASTRO CHATUMA	16	5	48,987	69	37	41,492	16	5	49,026	69	37	41,415	-13,182	2,332
APOPATA	16	38	48,329	69	49	57,384	16	38	48,376	69	49	57,384	-1,182	2,332
SAMA	17	49	0,8087	70	34	4,4094	17	49	0,8315	70	34	4,3734	-0,686	1,079
LADERAS	17	26	34,682	71	2	34,524	17	26	34,688	71	2	34,531	-0,155	-0,208
PALCA	17	47	36,029	69	55	29,471	17	47	36,078	69	55	29,474	-1,476	0,002
SACACO	15	33	8,0188	74	44	36,806	15	33	7,9766	74	44	36,847	1,266	-1,241
BARABARANI	17	5	23,45	69	42	57,485	17	5	23,403	69	42	57,542	1,407	-1,551
ANTAPUNA	15	17	46,801	72	24	44,35	15	17	46,777	72	24	44,273	0,713	2,324

**VALORES CALCULADOS HACIENDO USO DE LAS CONSTANTES UNICAS
PARA TODO EL PAÍS
X=279.00, Y=175.00, Z=379.00**

	COORDENADAS EN SISTEMA WGS-84												DISCREPANCIAS	
	DATO GPS DE OBSERVACION						VALOR CALCULADO							
	Latitud			longitud			latitud			longitud			delt lat	delt lon
SATELITE	16	27	56,423	71	29	35,494	16	27	56,413	71	29	35,488	-10,116	8,445
AYABACA	15	25	35,048	70	4	16,166	15	25	35,038	70	4	16,178	-9,558	8,646
MAJES	16	30	14,108	72	24	48,123	16	30	14,089	72	24	48,425	9,782	7,683
ALTO HOSPICIO	18	14	13,406	70	16	43,694	18	14	13,436	70	16	43,677	-12,090	9,634
ASTRO CHATUMA	16	5	48,987	69	37	41,492	16	5	49,026	69	37	41,415	-11,396	11,635
APOPATA	16	38	48,329	69	49	57,384	16	38	48,376	69	49	57,384	-11,975	9,179
SAMA	17	49	0,8087	70	34	4,4094	17	49	0,8315	70	34	4,3734	-11,657	10,015
LADERAS	17	26	34,682	71	2	34,524	17	26	34,688	71	2	34,531	-11,004	8,399
PALCA	17	47	36,029	69	55	29,471	17	47	36,078	69	55	29,474	-12,632	8,200
SACACO	15	33	8,0188	74	44	36,806	15	33	7,9766	74	44	36,847	-8,851	5,126
BARABARANI	17	5	23,45	69	42	57,485	17	5	23,403	69	42	57,542	9,379	7,727
ANTAPUNA	15	17	46,801	72	24	44,35	15	17	46,777	72	24	44,273	9,232	9,913

COORDENADAS CARTESIANAS

Las tres coordenadas Geograficas de un punto , llamada la latitud ϕ , la longitud λ , y la altura H con respecto a un elipsoide dado, son convertidas a un sistema cartesiano con origen en el centro de ese elipsoide por las ya conocidas formulas:

$$\begin{aligned}x &= (v+H) \cos \phi \cos \lambda \\y &= (v+H) \cos \phi \operatorname{sen} \lambda \\z &= (v(1-e^2)+H)\operatorname{sen} \phi\end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned}v &= \text{radio de curvatura en el primer vertical} \\e &= \text{primera excentricidad } e^2 = (a^2 - b^2) / a^2 \\H &= \text{altura sobre el elipsoide}\end{aligned}$$

TRANSFORMACION DE DATUMS

El siguiente grupo de formulas , nos dan un modo de calcular un punto especifico, dados los cambios en $\Delta\lambda$, $\Delta\phi$, ΔN ,los cuales serán añadidos a los valores en el primer Datum, con la finalidad de llegar a los valores en el segundo Datum.

$$\Delta N = \Delta x \cos \phi \cos \lambda + \Delta y \cos \phi \operatorname{sen} \lambda + \Delta z \operatorname{sen} \phi + (a \Delta \phi + f \Delta a) \operatorname{sen}^2 \phi - \Delta a$$

$$\Delta \phi = \frac{206265}{\mu} (-\Delta x \operatorname{sen} \phi \cos \lambda - \Delta y \operatorname{sen} \phi \operatorname{sen} \lambda + \Delta z \cos \phi + (a \Delta f + f \Delta a) \operatorname{sen} 2 \phi)$$

$$\Delta \lambda = \frac{206265}{v \cos \phi} (-\Delta x \operatorname{sen} \lambda + \Delta y \cos \lambda)$$

EJEMPLO

: Vamos hacer la conversión elipsoidal de las coordenadas en sistema WGS-84 hacia el sistema PSAD-56, de la señal IGN Sama, para ello haremos uso de las formulas arriba presentadas y usaremos los parámetros de las zonas catastrales correspondientes.

Usaremos los siguientes datos:

Coordenadas de Sama en el Sistema WGS-84

Latitud	17° 49' 0.850749''
Longitud	70° 34' 4.379538''
Altura Elipsoidal	510.8637 m

además tenemos los siguientes valores para las constantes en el sistema WGS-84

$$a = 6378137.00$$
$$6356752.30$$

$$e^2 = 0.00669438000$$
$$e'^2 = 0.00673949680$$

$$1 - e^2 = 0.99330562000987$$
$$f = 0.00335281289800$$
$$\Delta f = -0.00001419047000$$

Haciendo los respectivos cálculos obtenemos los valores para los siguientes:

$$\Delta N = 35.4041775$$
$$\Delta \text{Latitud} = -12.965679$$
$$\Delta \text{Longitud} = -6.6540245$$

Así de esta manera obtenemos los valores para las coordenadas de SAMA en el sistema PSAD-56

$$\text{Latitud} = 17^\circ 48' 47.885070''$$
$$\text{Longitud} = 70^\circ 33' 57.725613''$$

El problema de la altura no es posible resolverlo simplemente con el uso de las formulas usadas, para ello se dará algunas alternativas mas adelante

EJEMPLO

: Vamos hacer la conversión elipsoidal de las coordenadas en sistema WGS-84 hacia el sistema PSAD-56, de la señal IGN C.Pasco, para ello haremos uso de las formulas arriba presentadas y usaremos los parámetros de las zonas catastrales correspondientes.

Usaremos los siguientes datos:

Coordenadas de C.Pasco en el Sistema WGS-84

Latitud	10° 55' 52.245632"
Longitud	76° 04' 28.999189"
Altura Elipsoidal	4127.5749 m

además tenemos los siguientes valores para las constantes en el sistema WGS-84

$$a = 6378137.00 \\ 6356752.30$$

$$e^2 = 0.00669438000 \\ e'^2 = 0.00673949680$$

$$1 - e^2 = 0.99330562000987 \\ f = 0.00335281289800 \\ \Delta f = -0.00001419047000$$

Haciendo los respectivos cálculos obtenemos los valores para los siguientes:

$$\Delta N = 44.53247146 \\ \Delta \text{Latitud} = -12.632639 \\ \Delta \text{Longitud} = -6.9829072$$

Así de esta manera obtenemos los valores para las coordenadas de SAMA en el sistema PSAD-56

$$\text{Latitud} = 16^\circ 27' 43.7803'' \\ \text{Longitud} = 71^\circ 29' 28.505093''$$

El problema de la altura no es posible resolverlo simplemente con el uso de las formulas usadas, para ello se dará algunas alternativas mas adelante

DESCRIPCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL DE CONVERSION ELIPSOIDAL

Consideremos un sistema geodésico definiendo un sistema de coordenadas rectangulares X, Y, Z en donde el origen está en el centro del elipsoide. Los parámetros de este elipsoide serán, el radio ecuatorial a y el achatamiento f . Conociendo X, Y, Z a, f , podemos computar las coordenadas geodésicas ϕ, λ, h de los puntos en el sistema viejo. Luego podemos considerar un nuevo sistema de coordenadas cartesianas X', Y', Z' , cuyo origen puede estar en el centro de la masa terrestre. Conociendo los parámetros a, f de un nuevo elipsoide de referencia, podemos computar las coordenadas geodésicas ϕ', λ', h' de los puntos en el sistema nuevo. Los dos sistemas de coordenadas rectangulares pueden diferir debido a las razones siguientes:

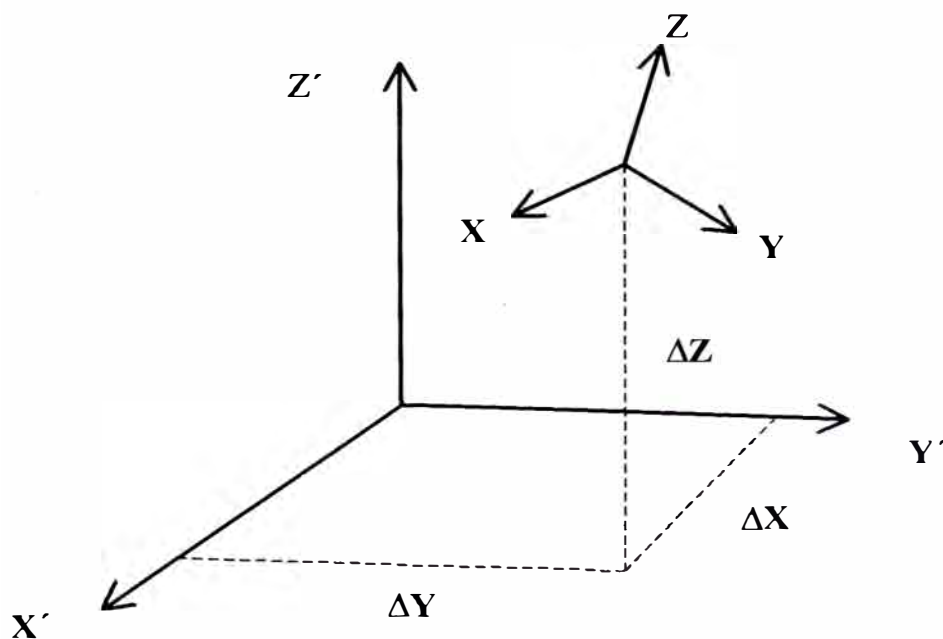
a) Desvíos del origen: El origen (Or) del sistema X, Y, Z puede traducirse por una cantidad $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ desde el origen (O) del sistema nuevo.

b) Efectos de Rotación: Los ejes del sistema viejo pueden girarse o inclinarse con respecto a los ejes del sistema nuevo. Consideraremos estas rotaciones según descritas por los tres ángulos de Euler ω, ϵ, ϕ ,

c) Efectos de la escala.: La discrepancia de escala entre sistemas puede considerarse de dos maneras separadas. La primera vista de una diferencia de escala ocurre debido a que el sistema de coordenadas como un todo puede referirse a un sistema diferente de escala. En este caso la diferencia de escala, ΔL , se define de tal manera que una coordenada en el sistema viejo necesita multiplicarse por $(1+\Delta L)$ para determinar la coordenada correspondiente en la escala del sistema nuevo.

Seguidamente haremos los cambios descritos para desarrollar una transformación de (X, Y, Z) a X', Y', Z' .

Tenemos un esquema de representación de ambos sistemas:

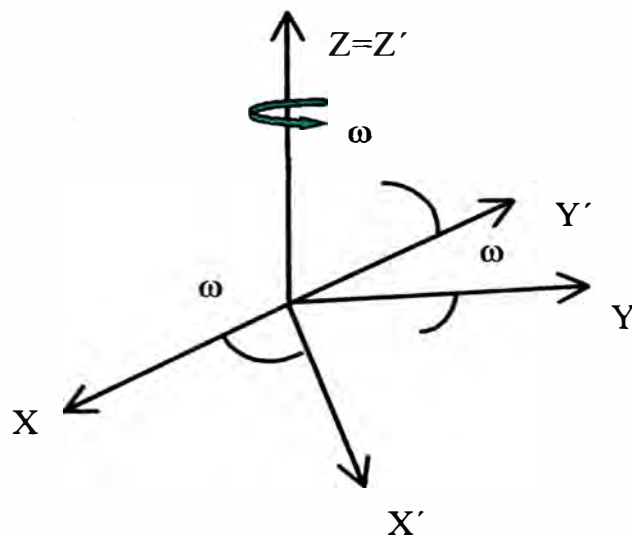


De esta manera escribiremos la transformación que ha de efectuarse en forma matricial.

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X & \cos(X,X') & \cos(X,X') & \cos(X,X') \\ \Delta Y & \cos(X,Y') & \cos(X,Y') & \cos(X,Y') \\ \Delta Z & \cos(X,Z') & \cos(X,Z') & \cos(X,Z') \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} + \Delta L$$

Primero consideramos la rotación especificando los tres ángulos de Euler ω, ϵ, ϕ .

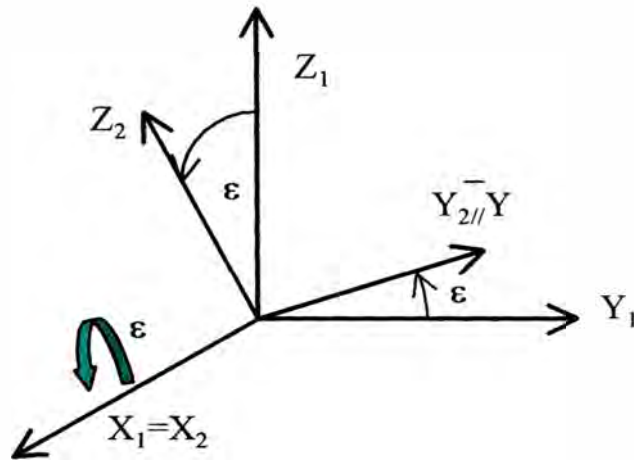
A) Una ω positiva es el ángulo de rotación del sistema inicial X,Y,Z alrededor del eje Z alrededor del eje Z en la dirección al sinistrorso, viéndose desde el eje Z positivo, Alternadamente esto puede indicarse que la rotación se considerara positiva si, al verse desde el origen hacia el eje positivo, la rotación esta en una dirección al dextrorso. Esto se muestra en la figura siguiente en donde para este propósito, los orígenes de los dos sistemas se consideran coincidentes.



Esta rotación, resultando en los ejes X', Y', Z' es simplemente una R_3 a través del ángulo ω , por ende:

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = R_3(\omega) \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

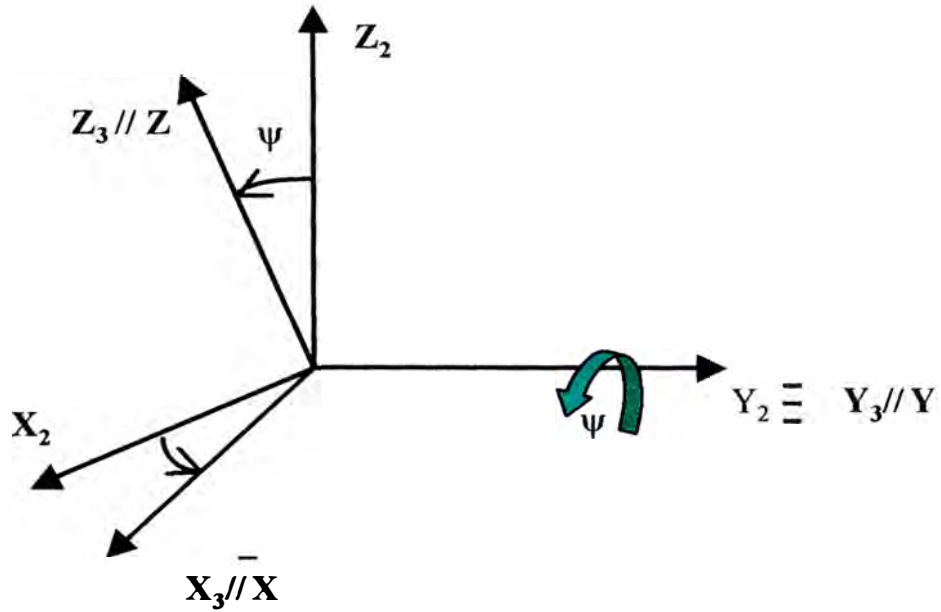
B) Una ϵ positiva es el ángulo de rotación de los ejes X' , Y' , Z' alrededor de alrededor del eje X' cuando la rotación es al dextrorso al observarse desde el origen al eje positivo. Esta rotación, lo hace creando un nuevo sistema de coordenadas X_2, Y_2, Z_2 se encuentra en la siguiente figura. ϵ se escoge para hacer que el eje Y_2 sea paralelo al eje Y



Con esta rotación, para los ejes X_2, Y_2, Z_2 es simplemente una rotación R_1 a través del ángulo ϵ por tanto:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = R_1(\epsilon) \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = R_1(\epsilon)R_3(\omega) \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

3) La tercera rotación es una ψ positiva en donde ψ es la rotación alrededor del eje Y_2 que hará a X_3 paralela a X , Z_3 paralela a Z con Y_3 permaneciendo paralela a Y , el resultado se muestra en la siguiente figura:



Esta rotación lleva a los ejes X_3, Y_3, Z_3 paralelos a X, Y, Z y es una rotación R_2 a través del ángulo ψ , por consiguiente tenemos:

$$\begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} = R_2(\psi) \begin{pmatrix} X_2 \\ Y \\ Z_2 \end{pmatrix} = R_2(\psi)R_1(\epsilon)R_3(\omega) \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

Usando las definiciones de las matrices de rotación podemos escribir lo siguiente:

$$R_3(\omega) = \begin{pmatrix} \cos(\omega) & \text{sen}(\omega) & 0 \\ -\text{sen}(\omega) & \cos(\omega) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_3(\varepsilon) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\varepsilon) & \text{sen}(\varepsilon) \\ 0 & -\text{sen}(\varepsilon) & \cos(\varepsilon) \end{pmatrix}$$

$$R_2(\psi) = \begin{pmatrix} \cos(\psi) & 0 & -\text{sen}(\psi) \\ 0 & 1 & 0 \\ \text{sen}(\psi) & 0 & \cos(\psi) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos(\omega)\cos(\psi) - \text{sen}(\omega)\text{sen}(\varepsilon)\text{sen}(\psi) & \text{sen}(\omega)\cos(\psi) + \cos(\omega)\text{sen}(\varepsilon)\text{sen}(\psi) & -\cos(\varepsilon)\text{sen}(\psi) \\ -\text{sen}(\omega)\cos(\varepsilon) & \cos(\omega)\cos(\varepsilon) & \text{sen}(\varepsilon) \\ \cos(\omega)\text{sen}(\psi) + \text{sen}(\omega)\text{sen}(\varepsilon)\cos(\psi) & \text{sen}(\omega)\text{sen}(\psi) - \cos(\omega)\text{sen}(\varepsilon)\cos(\psi) & \cos(\varepsilon)\cos(\psi) \end{pmatrix}$$

$$= R_2(\psi) \cdot R_1(\varepsilon) \cdot R_3(\omega)$$

Si ahora notamos que estos ángulos esperan ser pequeños, volvemos tomar el seno de los ángulos igual a los ángulos mismos, y los cosenos igual a unos y el producto de los senos igual a cero. Entonces podemos escribir:

$$R_2(\psi) \cdot R_1(\varepsilon) \cdot R_3(\omega) = \begin{pmatrix} 1 & \omega & -\psi \\ -\omega & 1 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 1 \end{pmatrix}$$

Las ultimas dos matrices que hemos presentado, constituyen lo que llamamos los 13 y 7 parámetros para el Registro Publico de Minería.

Pasaremos a hacer una descripción breve de ello, sobre todo para poder entender los ejemplos desarrollados a continuación:

Tenemos el desarrollo de la formula matricial para los 7 parámetros la siguiente:

$$\begin{aligned} X_{56} &= X_{84} \cdot FE + Y_{84} \cdot \phi - \omega \cdot Z_{84} + N \\ Y_{56} &= -\phi \cdot X_{84} + Y_{84} \cdot FE + \kappa \cdot Z_{84} + E \\ Z_{56} &= + X_{84} - \kappa \cdot Y_{84} + FE \cdot Z_{84} + H \end{aligned}$$

Donde para nuestro caso ampliativo tenemos los valore de las constantes halladas por el método de mínimos cuadrados teniendo mayor cantidad de datos que ecuaciones:

$$\begin{aligned} N &= -236.6698254453 \\ E &= 337.3133431096 \\ H &= -291.2559112352 \\ \kappa &= 0.0000084575 \\ \omega &= -0.0000150639 \\ \phi &= 0.0000842314 \\ F.E &= 1.0000349763 \end{aligned}$$

Para el caso de los 13 parámetros tendremos ecuaciones similares:

$$\begin{aligned} X_{56} &= N + (X_{84}m_1 + Y_{84}m_1 + Z_{84}m_3)FE \\ Y_{56} &= E + (X_{84}m_4 + Y_{84}m_5 + Z_{84}m_6)FE \\ Z_{56} &= H + (X_{84}m_7 + Y_{84}m_8 + Z_{84}m_9)FE \end{aligned}$$

A continuación presentamos las constantes elipsoidales para los elipsoides WGS-84 Y PSAD56

WGS-84

$$\begin{aligned} a &= 6378137.00 \\ b &= 6356752.30 \\ e^2 &= 0.00669437999013 \\ e'^2 &= 0.00673949680200 \end{aligned}$$

PSAD56

$$\begin{aligned} a &= 6378388.00 \\ b &= 6356911.9461 \\ e^2 &= 0.006722670022 \\ e'^2 &= 0.006768170196886 \end{aligned}$$

Ejemplo: Haremos la aplicación del modelo de los 07 parámetros, que implica tres desplazamientos, tres giros y un factor de escala.

Base Cerro de Pasco
Coordenadas en WGS-84

Latitud : 10° 55' 52.23921"
Longitud : 76° 04' 29.01700"
Altura Clip. : 4127.7102

Parámetros: WGS-84

a = 6378137.00
b = 6356752.30
e² = 0.00669437999013
e'² = 0.00673949680200
1-e² = 0.99330562000987

Aplicando las formulas para el calculo de las coordenadas cartesianas en el sistema WGS-84:

$$\begin{aligned}X &= (N+h)\cos\phi \cdot \cos\lambda \\Y &= (N+h)\cos\phi \cdot \text{Sen}\lambda \\Z &= (N(1-e^2)+h)\cdot\text{sen}\phi\end{aligned}$$

$$N = a / (1 - e^2 \text{sen}^2\phi)^{1/2}$$

a = Semieje mayor del elipsoide
b = Semieje menor del elipsoide
e = excentricidad del elipsoide
f = achatamiento
 ϕ = Latitud
 λ = Longitud

$$\text{sen}^2\phi = 3.595944164E^{-2}$$

$$N = 6378137 / (1 - 0.000669437999 * 3.595944164E^{-2})^{1/2}$$

$$N = 6378137 / (0.9997592738)^{1/2}$$

$$N = 6378904.831$$

$$X = (6378904.831 + 4127.7102) \cdot \cos(10^\circ 55' 52.23921) \cdot \cos(76^\circ 04' 29.017'')$$

$$X = 1508244.556$$

$$Y = (6378904.831 + 4127.7102) \cdot \cos(10^\circ 55' 52.23921) \cdot \sin(76^\circ 04' 29.017'')$$

$$Y = -6083025.85$$

$$Z = (6378904.831 \cdot (1 - 0.00669437999) + 4127.7102) \cdot \sin(10^\circ 55' 52.23921)$$

$$Z = -1202315.134$$

Aplicando el Modelo Matricial de Conversión

$$X_{S-56} = 1508244.556 \times 1.0000349763 + 0.0000842314 \times 6083025.85 \\ - (-0.0000150639 \times 1202315.134) - 236.6698254453$$

$$X = 1508591.133$$

$$Y_{S-56} = -0.0000842314 \times 1508244.556 + 1.0000349763 \times 6083025.85 \\ + 0.0000084575 \times 1202315.134 + 337.3133431096$$

$$Y = 6083459.052$$

$$Z_{S-56} = -0.0000150639 \times 1508244.556 - 0.0000084575 \times 6083025.85 \\ + 1.0000349763 \times 1202315.134 - 291.2559112352$$

$$Z = 1201991.764$$

Seguidamente aplicaremos las formulas y parámetros para transformar estas coordenadas cartesianas a coordenadas geodésicas angulares

$$a = 6378388.00$$

$$b = 6356911.946129$$

$$e^2 = 0.006722670022$$

$$e'^2 = 0.006768170196886$$

$$p = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

reemplazando tendremos:

$$p = (1508591.133^2 + 6083459.052^2)^{1/2}$$

$$p = 6267720.578$$

$$\theta = \arctang(Za/pb)$$

$$\theta = \arctang((1201991.764 \times 6378388.0) / (6267720.578 \times 6356911.946129))$$

$$\theta = \arctang(0.1924228325)$$

$$\theta = 10^\circ 53' 30.8''$$

$$\text{Sen}^3\theta = 6.74660056 \text{ E}^{-3} \quad \text{Cos}^3\theta = 0.9469241422$$

$$\phi = \text{arctang}(Z + e'^2 \cdot b \cdot \text{sen}^3\theta / P - e^2 \cdot a \cdot \text{cos}^3\theta)$$

$$\phi = \text{arctang}(A/B)$$

$$A = 1201991.764 + 0.006768170196886 * 6356911.946129 * 6.74660056 \text{E}^{-3}$$

$$B = 6267720.578 - 0.006722670022 \times 6378388 \times 0.9469241422$$

$$\phi = \text{arctang}(1202282.034 / 6227116.662)$$

$$\phi = \text{arctang}(0.1930720266)$$

$$\phi = 10 \text{ } 55' \text{ } 39.91''$$

$$\lambda = \text{arctang}(y/x)$$

$$\lambda = \text{arctang}(6083459.052 / 1508591.133)$$

$$\lambda = \text{arctang}(4.032543291)$$

$$\lambda = 76 \text{ } 04' \text{ } 21.38''$$

ZONA 19-W-VI

Sama Base Nor -Este

LATITUD 17 49 0,850749 LATITUD (rad) 0,31096362 3,141593
 LONGITUD 70 34 4,379538 LONGITUD (rad) 1,231641908

HAE 510,8637

parametros

a= 6378137,000
 b= 6356752,300
 e' = 0,00669437999013
 e" = 0,00673949680200
 1-e" = 0,99330562000987

Aplicación de formulas analíticas

sen(lat)= 0,305976182
 cos(lat)= 0,952039167
 sen(lon)= 0,94303631890
 cos(lon)= 0,33268979730

N= 6380136,64844871000

X= 2020966,207
 Y= 5728593,266
 Z= 1939257,597

Parametros de transformacion elipsoidal

N -1588,4025392196500
 E 379,1187927145200
 H 1066,1931510501500
 m1 1,0000570286600
 m2 0,0002614107500
 m3 0,0001059984300
 m4 -0,0000398068100
 m5 0,9999404893500
 m6 0,0000550273400
 m7 -0,0000855273600
 m8 -0,0002040739000
 m9 0,9999204491000
 FE 1,0000331300600

X56 2021263,1467
 Y56 5728847,515
 Z56 1938891,815

Parametros elipsoidales Psad-56

a= 6378388
 b= 6356911,9461290
 e'² = 0,00672267002200
 e"² = 0,00676817019688600
 p 6074964,902
 lat 17,75710479

Latitud final	17,81330059	17	48	47,882108
longitud final	70,56603993	70	33	57,7437539

ZONA 18-W-IV

Cerro de Pasco Base Sur

LATITUD 10 55 52,245632 LATITUD(rad) 0,190785071 3,14159265
 LONGITUD 76 4 28,999189 LONGITUD(rad) 1,327754376

HAE 4127,5749

parametros

a= 6378137,000
 b= 6356752,300
 e'=² 0,00669437999013
 e''=² 0,00673949680200
 1-e''= 0,99330562000987

Aplicación de formulas analíticas

sen(lat)= 0,189629779
 cos(lat)= 0,981855665
 sen(lon)= 0,97061040225
 cos(lon)= 0,24065628403

N= 6378904,83111307000

X= 1508245,041
 Y= 6083025,555
 Z= 1202315,302

Parametros de transformacion elipsoidal

N -350,8000553732200
 E 424,1960735938200
 H -51,1347024260500
 m1 0,9999811703000
 m2 0,0000973749800
 m3 0,0000252194500
 m4 -0,0000440088100
 m5 0,9999328150900
 m6 0,0000587973000
 m7 -0,0000147059600
 m8 -0,0000463389200
 m9 0,9999578757000
 FE 1,0000349975900

X56 1508541,3028
 Y56 6083258,257
 Z56 1201951,525

Parametros elipsoidales Psad-56

a= 6378388
 b= 6356911,9461290
 e'=² 0,00672267002200
 e''=² 0,00676817019688600
 p 6267513,692
 lat 10,89188371

	10	53	30,7813649
Latitud final	10,92774977	10	55 39,899171
longitud final	76,0726052	76	4 21,37872

CAPITULO IV
ESTUDIO Y MEDICION DE LAS
BASES LAPLACE EN EL PERU

LAPLACE

Son los vértices Geodésicos de la Red de 1er orden , en la cual se halla establecido una observación astronómica de precisión a fin de determinar un acimut de un lado geodésico de un vértice a considerar.

Las observaciones laplace cuentan con lo siguiente:

Desviación de la vertical para efectuar las compensaciones astronómicas Geodésicas de la Red.

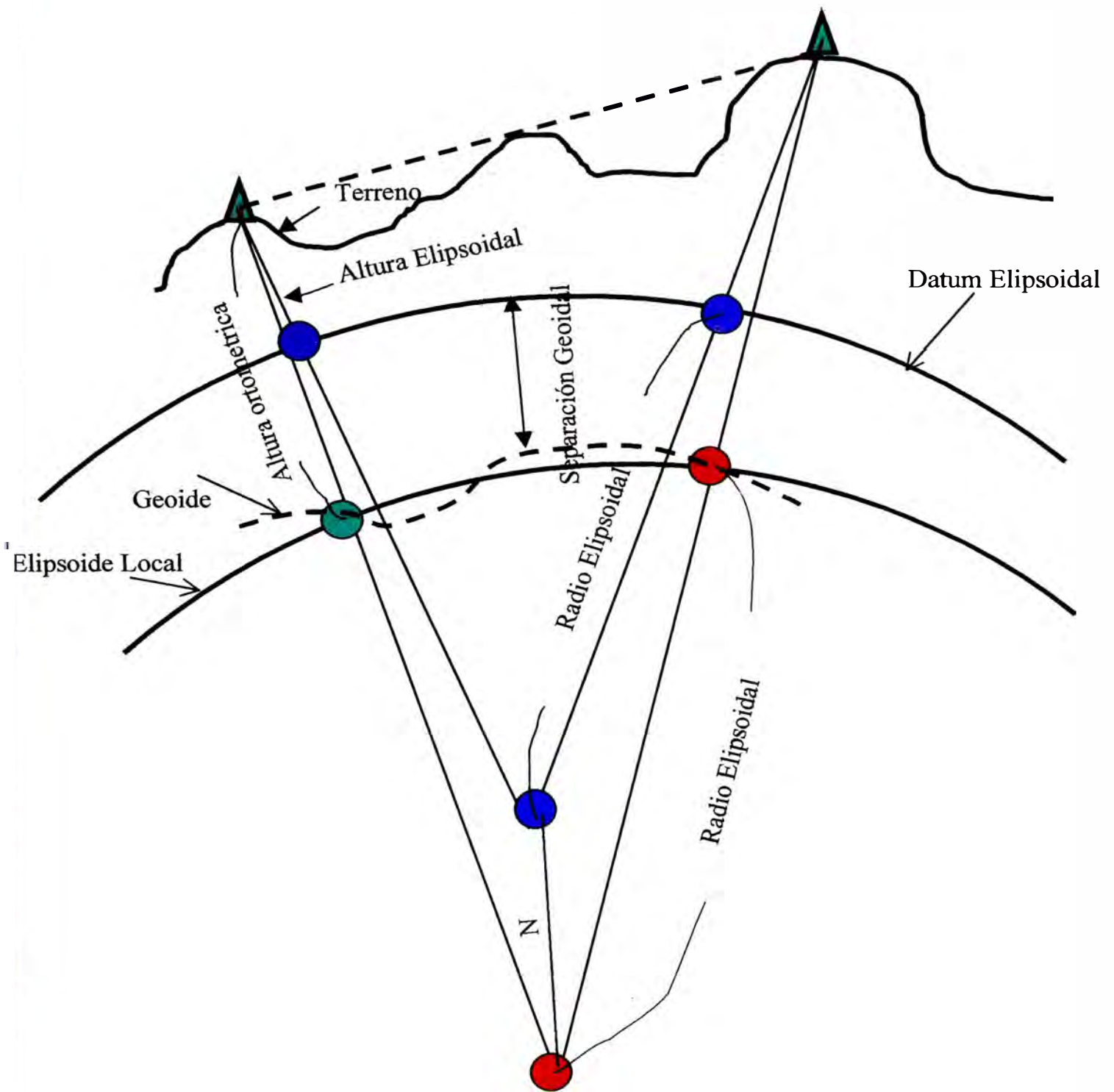
Vértices pertenecientes a la Red Fundamental

Fácil acceso para el transporte de material de observación

Tener la posibilidad de ser nivelado geoméricamente, dada la necesidad de poseer una altura muy exacta del vértice para la reducción de la distancia medida al elipsoide.

$$L_A - L_G = (\lambda_A - \lambda_G) \text{sen}(\phi_A)$$

La ecuación de Laplace se utiliza en los vértices de la red geodésica de triangulación, para controlar la orientación de la misma con el objeto de poder efectuar la llamada compensación astronómica geodésica.



Cálculo de la distancia Inclínada

Haciendo el cálculo de la distancia Inclínada de las Bases Sama y Ayabacas

Haciendo uso de la siguiente relación para obtener la distancia horizontal.

$$D_h = D_g \cdot (\varphi + h_a) / \varphi$$

Donde: D_h distancia horizontal
 D_g distancia geodésica
 h_a cota en el punto mas bajo
 φ Radio de curvatura medio

Cálculos en la base Ayabacas

Base Norte Ayabacas		Base Sur Ayabacas	
Latitud	15° 20' 58.316''	Latitud	15° 25' 22.114''
Longitud	70° 03' 3.079''	Longitud	70° 04' 9.674''
Cota	3825.04 mas	Cota	3834.47 mas

Tomando la distancia geodésica de la tarjeta IGN y evaluando la fórmula llegamos a:

$D_g = 8348.0927$ m.
 $\varphi = 6359921.7951$ m.
 $D_h = 8353.1134$ m.
 $\Delta cotas = 9.43$ m
 $dis. Incl. = 8353.1187$ m.

Cálculo de la distancia Inclineda

Cálculos en la base SAMA

Base Sama S.W

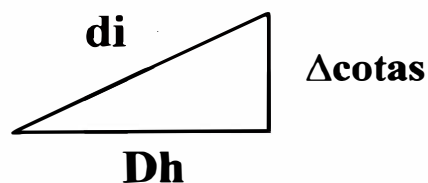
Latitud 17° 54' 25.348''
Longitud 70° 38' 12.213''
Cota 293.23 mts

Base Sama N.E

Latitud 17° 48' 47.868''
Longitud 70° 33' 57.751''
Cota 480.46 mts

Tomando la distancia geodésica de la tarjeta IGN
y evaluando la formula llegamos a:

$$\begin{aligned}D_g &= 12797.8150 \text{ m.} \\ \varphi &= 6360934.2615 \text{ m.} \\ D_h &= 12798.4154 \text{ m.} \\ \Delta \text{cotas} &= 187.23 \text{ m} \\ \text{dis.Incl.} &= 12799.7848\end{aligned}$$



Resumen de Mediciones

Dist. Inclineda

Medición GPS Cálculo Analítico Discr. Precisión relativa

BASE SAMA 1/328,000	12799.823	12799.784	0.039
BASE AYABACAS 1/278,000	8353.088	8353.118	0.030

Distancias Inclinedas medidas con distanciometro

	Dist. Incl.	T°	Presión Atm.	Corre.	Dist.
BAS E SAMA 12799.797	12799.606	14°C	970 mb	0.1919	
BASE AYABACAS 8353.1182	8352.250	12°C	673	0.8602	

DISCREPANCIAS

PRECISIÓN RELATIVA

BASE SAMA	Dist. GPS-Dist Corre. = 0.038 m	1/335,000
BASE AYABACAS	Dist. GPS-Dist Corre. = 0.030 m	1/278,000

Nota : Todas las distancias y correcciones están dadas en metros

**COMPROBACION DE LA DISTANCIA GEODESICA PARA LA
BASE AYA BACAS (PUNO -PERU)**

**SEGUIDAMENTE PRESENTAMOS LAS FORMULAS
UTILIZADAS**

$$X = S_1 \operatorname{Sen} (\alpha + \Delta\alpha/2) = \frac{\Delta\lambda'' \operatorname{Cos}\phi_m}{A_m}$$

$$Y = S_1 \operatorname{Cos} (\alpha + \Delta\alpha/2) = \frac{\Delta\phi'' \operatorname{Cos}\Delta\lambda/2}{B_m}$$

$$\operatorname{Tag} \alpha' = \operatorname{Tag} \alpha + \Delta\alpha/2 = X / Y$$

$$\alpha' = \alpha + \Delta\alpha / 2 = \operatorname{arc} \operatorname{Tg}. (X / Y)$$

$$-\Delta\alpha = \Delta\lambda \operatorname{Sen} \phi_m \operatorname{Sec} \Delta\phi / 2 + (\Delta\lambda)^3 F$$

Donde:

ϕ_m = Latitud Media

$\Delta\phi$ = Incremento de Latitud

$\Delta\lambda$ = Incremento de Longitud

A_m y B_m y F son constantes geodésicas y están dadas por la siguientes formulas:

$$A_m = \frac{1}{N_m \operatorname{Sen} 1''}$$

$$B_m = \frac{1}{R_m \operatorname{Sen} 1''}$$

$$F = 1/12 \operatorname{Sen} \phi_m \operatorname{Cos}^2 \phi_m \operatorname{Sen}^2 1''$$

Donde: N_m y R_m son radios de curvatura

$$N_m = \frac{a}{(1 - e^2 \text{Sen}^2 \phi_m)^{1/2}}$$

$$R_m = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \text{Sen}^2 \phi_m)^{3/2}}$$

Haciendo uso de las fórmulas expuestas arriba, haremos el cálculo de la distancia Geodésica para la base Ayabacas .

Los valores de las constantes en el PSAD-56 son:

$$a = \text{Semieje Mayor} = 6378388$$

$$e^2 = \text{excentricidad al cuadrado} = 0.006722670822$$

Coordenadas de la base Ayabacas

Latitud : 15° 20' 58.3160"

Latitud : 15° 25' 22.114"

Longitud : 70° 03' 03.0790"

Longitud : 70° 04' 09.674"

$\phi_m = \text{Latitud Media}$

$\Delta\phi = \text{Incremento de Latitud}$

$\Delta\lambda = \text{Incremento de Longitud}$

$\phi_m = 15.38617083$

$\Delta\phi = -7.327722222E-2 \quad \Delta\phi'' = 263.798''$

$\Delta\lambda = -1.84986111E-2 \quad \Delta\lambda'' = 66.595''$

$\text{Sen}^2 \phi_m = 0.2653234113E-02, \quad \text{Sen } 1'' = 4.848136811E-6$

$$N_m = 6379897.83$$

$$R_m = \frac{(1 - e^2 \text{Sen}^2 \phi_m)^{3/2}}{a(1 - e^2)}$$

$$R_m = 6340008.307$$

CALCULO DE LAS CONSTANTES GEODESICAS

$$A_m = \frac{1}{N_m \text{Sen } 1''} = \frac{1}{6379897.83 \times \text{Sen } 1''} = 0.03233042468$$

$$B_m = \frac{1}{R_m \text{Sen } 1''} = \frac{1}{6340008.307 \times \text{Sen } 1''} = 0.03253383840$$

5).- CALCULO DE LA DISTANCIA GEODESICA

$$X = \frac{\Delta\lambda \text{ Cos } \phi_m}{A_m}$$

$$X = \frac{66.5949 \times \text{Cos } (15^\circ 23' 10.21'')}{0.03233042468}$$

$$X = 1985.999$$

$$Y = \frac{-\Delta\phi'' \cos \Delta\lambda}{2} B_m$$

$$Y = \frac{263.798 \times \cos(0^\circ 0' 33.29'')}{0.0325338384}$$

$$Y = 8108.419$$

Luego: Distancia Geodésica:

$$S = (X^2 + Y^2)^{1/2} = 8348.0927$$

Project Name: AYABACAS
Processed: 06 January 1997 10:15
 WAVE Baseline Processor, version 2.00b
Summary Reference Index: 1.4

From Station: SURAYAB
Date File: SAYA3440.DAT
Antenna Height (meters): 1.326 True Vertical 1.340 Uncorrected
Position Quality: Differential Point Positioning

WGS 84 Position: 15° 25' 35.030900" S X 2097455.188
 70° 04' 16.173600" W Y -5785055.915
 3882.681 Z -1686660.628

To Station: NORAYAB
Date File: AYAN3440.DAT
Antenna Height (meters): 1.489 True Vertical 1.500 Uncorrected

WGS 84 Position: 15° 21' 11.234076" S X 2100054.246
 70° 03' 09.570868" W Y -5786393.002
 3872.429 Z -1678835.592

Start Time: 09/12/96 11: 15:15.00 Local (883 144915 00)
Stop Time: 09/12/96 11: 44:45.00 Local (883 146685 00)
Occupation Time Meas. Interval (seconds): 00:29:30.00 15.00

Solution Type: Iono free fixed double difference
Solution Acceptability: Passed ratio test

Ephemeris: Broadcast
Baseline Slope Distance Std Dev (meters): 8353.088 0.000444

	Forward		Backward	
Normal Section Azimuth:	13° 45' 57.473571"		193° 45' 39.797802"	
Vertical Angle:	- 0° 06' 28.919729		0° 01' 57.419970"	

Baseline Components (meters):	dx	2599.059	dy	-1337.087	dz	7825.035
Standard Deviations (meters):		0.000666		0.001499		0.000623
	dn	8113.138	de	1987.668	du	-15.750
		0.000440		0.000528		0.001614
					dh	-10.253
						0.001614

Aposteriori Covariance Matrix: 4.439415E-007
 -5.845071E-007 2.246919E-006
 -4.947105E-007 6.291626E-007 3.878102E-007

Variance Radio Cutoff: 14.0 1.5
Reference Variance: 0.646

Project Name: SAMA
Processed: 06 January 1997 9.45
 WAVE Baseline Processor, version 2.00b
Summary Reference Index: 1.4

From Station: SESA
Date File: SESA3431.DAT
Antenna Height (meters): 0.527 True Vertical 0.570 Uncorrected
Position Quality: Differential Point Positioning

WGS 84 Position:
 17°49' 00.850700" S X 2020966.208
 70° 34' 04.379500" W Y -5728593.266
 510.864 Z -1939257.596

To Station: SWS1
Date File: SWS13461.DAT
Antenna Height (meters): 0.549 True Vertical 0.590 Uncorrected

WGS 84 Position:
 17° 54' 38.327929" S X 2012784.253
 70° 38' 18.860345" W Y -5727915.743
 328.645 Z -1949077.578

Start Time: 11/12/96 13: 34:15.00 Local (883 326085.00)
Stop Time: 11/12/96 13: 48:15.00 Local (883 326895.00)
OccupationTime Meas. Interval (seconds): 00:13:30.00 15.00

Solution Type: Iono free fixed double difference
Solution Acceptability: Passed ratio test

Ephemeris: Broadcast
Baseline SlopeDistance StdDev (meters): 12799.823 0.000444

	Forward		Backward	
Normal Section Azimuth:	215° 49' 19.310220"		35° 50' 37.356436"	
Vertical Angle:	- 0° 52' 24.188822"		0° 45' 28.790153"	

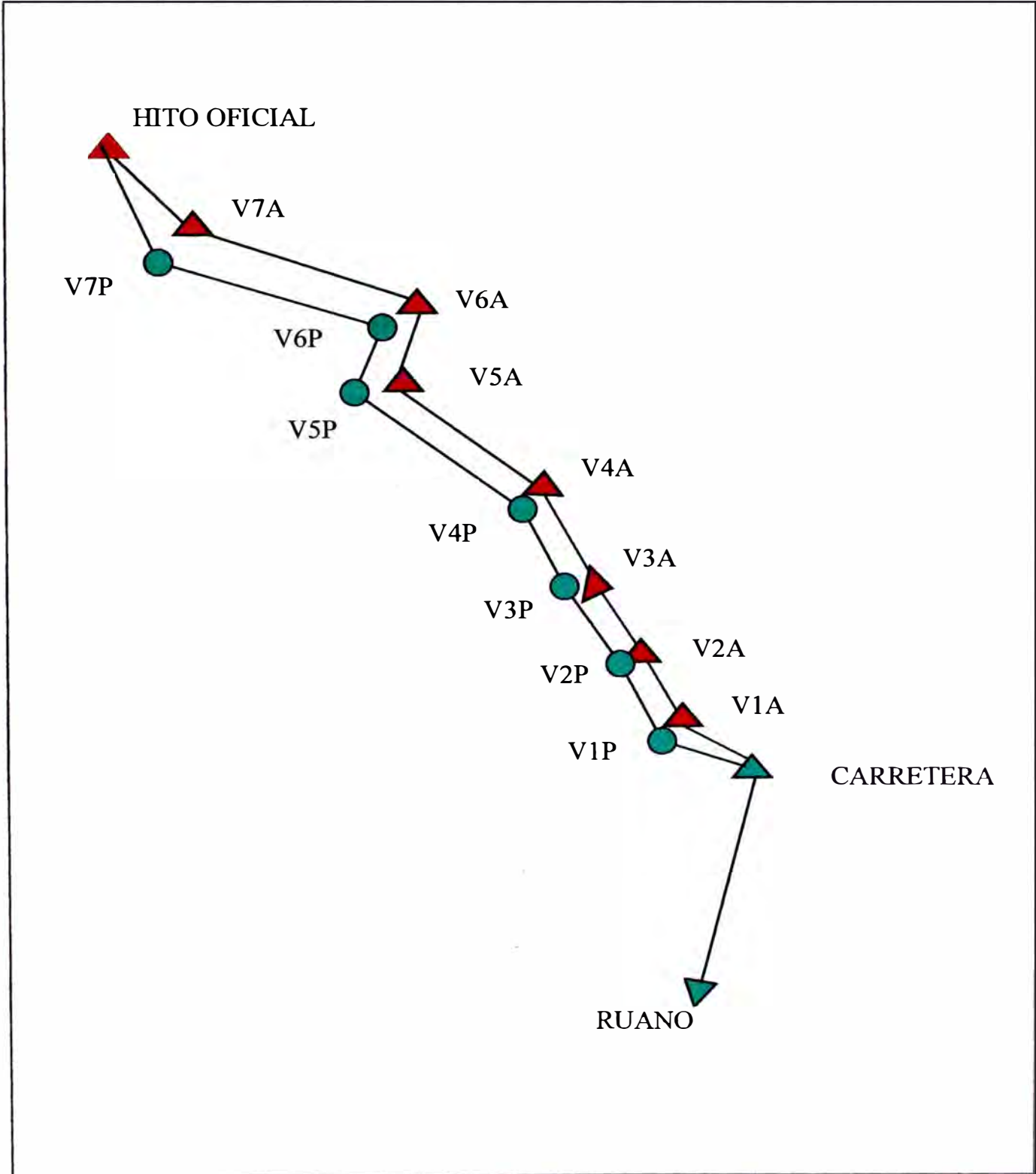
Baseline Components (meters):	dx	-8181.955	dy	677.523	dz	-9819.982
Standard Deviations (meters):		0.001136		0.001350		0.000699
	dn	-10377.388	de	-7490.476	du	-195.106
		0.000569		0.000867		0.001590
					dh	-182.219
						0.001589

Aposteriori Covariance Matrix:
 1.290697E-007
 -9.533328E-007 1.821894E-006
 -4.423522E-007 4.638344E-007 4.892015E-007

VarianceRadio Cutoff: 9.8 1.5
Reference Variance: 0.284

CAPITULO V
GEODESIA CLASICA
POLIGONACION DE 1er ORDEN
CALCULOS GEODESICO GPS

Poligonal Caraveli



CUADRO DE COORDENADAS UTM EN EL PSAD-56

VERTICE	PSAD/56-IGN			CALCULO RPM		
	NORTE	ESTE	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTURA
SENAL RUANO	8196349,270	706757,840	1344,100	8196349,270	706757,840	1344,100
SENAL CARRETERAS	8210923,370	709055,260	1843,350	8210923,370	709055,260	1843,350
VERTICE 1	8212729,614	707517,101	1878,281	8212729,549	707517,166	1878,266
VERTICE 2	8217552,190	705554,029	1978,795	8217552,249	705554,043	1978,705
VERTICE 3	8221389,969	704261,378	2066,945	8221390,193	704261,337	2066,852
CERRO CUNO CUNO	8229097,460	700948,189	2215,662	8229097,811	700948,091	2215,551
CERRO TETILLAS	8235368,082	689974,504	1982,345	8235368,265	689974,667	1982,031
CERRO VENADO	8243953,275	691580,047	2271,758	8243953,909	691580,276	2271,647
CERRO INDIO VIEJO	8250735,147	676038,179	2241,206	8250735,565	676038,750	2241,231
HITO CARAVELI	8257462,133	672149,226	2354,069	8257462,566	672149,743	2354,037

**COORDENADAS GEOGRAFICAS Y UTM EN EL SISTEMA PSAD-56
POLIGONAL CARAVELI**

VERTICE	LATITUD			LONGITUD			ALTURA	COORDENADAS UTM	
								NORTE	ESTE
SENAL RUANO	16	18	17,1980	73	3	53,8590	1344,100	8196349,2700	706757,8400
SENAL CARRETERAS	16	10	22,4600	73	2	41,1720	1843,350	8210923,3700	709055,2600
VERTICE 1	16	9	24,1867	73	3	33,5108	1878,266	8212729,5490	707517,1660
VERTICE 2	16	6	47,9218	73	4	41,0899	1978,705	8217552,2490	705554,0430
VERTICE 3	16	4	43,4771	73	5	25,7782	2066,852	8221390,1930	704261,3370
CERRO CUNO CUNO	16	0	33,7561	73	7	19,5884	2215,551	8229097,8110	700948,0910
CERRO TETILLAS	15	57	12,9218	73	13	30,4304	1982,031	8235368,2650	689974,6670
CERRO VENADO	15	52	33,1899	73	12	38,9192	2271,647	8243953,9090	691580,2780
CERRO INDIO VIEJO	15	48	56,7141	73	21	23,0618	2241,231	8250735,5650	676038,7500
HITO CARAVELI	15	45	18,8444	73	23	35,4649	2354,037	8257462,5660	672149,7430

**DISTANCIAS INCLINADAS POLIGANAL
CARRETERAS - CARAVELI**

LADO	PRINCIPAL Distancia (mts.)	AUXILIAR Distancia (mts)
SENAL CARRETERA-VERTICE 1	2372,970	2369,483
VERTICE1-VERTICE2	5208,831	5206,026
VERTICE2-VERTICE3	4051,588	4063,359
VERTICE3-CERRO CUNO CUNO	8392,801	8388,369
CERRO CUNO CUNO -CERRO TETILLAS	12644,029	12641,535
CERRO TETILLAS-CERRO VENADO	8741,769	8730,861
CERRO VENADO-CERRO INDIO	16962,450	16965,233
CERRO INDIO-HITO CARAVELI	7774,080	7760,837

COORDENADAS WGS-84 DE LOS VERTICES

	LATITUD			LONGITUD			HAE
SENAL CARRETERAS	16	10	35,270181	73	2	48,248262	1879,637
VERTICE 1	16	9	36,9963	73	3	40,585247	1914,736
VERTICE 2	16	7	0,729443	73	4	48,161036	2015,79
VERTICE 3	16	4	56,2817	73	5	32,842981	2104,283
CERRO CUNO CUNO	16	0	46,559719	73	7	26,653691	2253,936
CERRO TETILLAS	15	57	25,722625	73	13	37,512354	2019,193
CERRO VENADO	15	52	45,991993	73	12	45,989003	2309,405
CERRO INDIO VIEJO	15	49	9,498257	73	21	30,151058	2279,89
HITO CARAVELI	15	45	31,62573	73	23	42,552051	2393,651

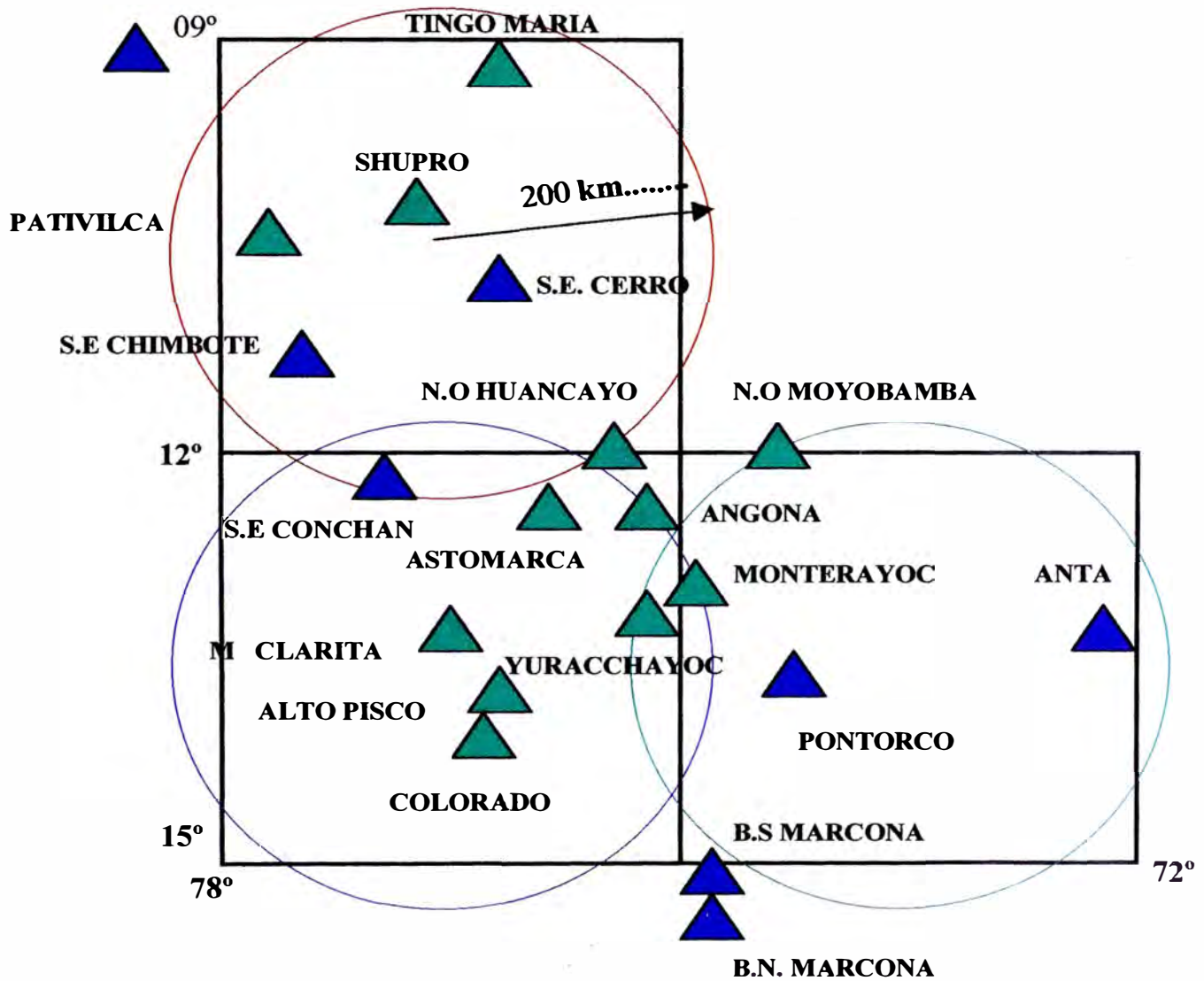
POLIGONAL CARAVELI

Lados	Zenitales	Altura Inst.	Altura-Señal	Dist. Inclinad.	Ang. Horizo.	Horizontales
Carre-V1P	89 08 15	1,43	2,82	2372,97		
V1P-CARRE	90 49 22	1,42	2,81		V1P	198 16 07,60
V1P-V2P	88 54 26	1,42	2,82	5208,83		
V2P-V1P	91 07 27	1,47	2,22		V2P	183 32 09,50
V2P-V3P	88 46 13	1,42	1,62	4051,568		
V3P-V2P	91 15 21	1,56	2,2		V3P	175 21 19,10
V3P-V4P	89 01 02	1,53	2,2	8392,801		
V4P-V3P	91 02 24	1,26	2,85		V4P	143 00 28,90
V4P-V5P	91 06 00	1,26	2,85	12644,029		
V5P-V4P	88 59 05	1,48	2,85		V5P	250 51 00,70
V5P-V6P	88 07 40	1,4	2,85	8741,769		
V6P-V5P	91 55 28	1,38	2,85		V6P	102 59 02,70
V6P-V7P	90 10 00	1,38	2,85	16962,45		
V7P-V6P	89 57 31	1,36	2,85		V7P	216 23 40,10
V7P-H.O	89 11 33	1,36	2,85	7774,08		
H.O-V7P	90 51 04	1,49	2,85		H.O	359 53 16,00
H.O-V7A	90 50 51	1,49	2,85			
V7A-H.O	89 11 43	1,27	2,25	7760,837	V7A	143 46 50,80
V7A-V6A	89 58 00	1,26	1,65			
V6A-V7A	90 10 07	1,42	1,65	16965,233	V6A	256 55 58,30
V5A-V6A	91 56 03	1,42	1,65			
V5A-V6A	88 08 08	1,44	1,65	8732,361	V5A	109 12 35,10
V6A-V4A	88 59 34	1,44	1,65			
V4A-V5A	91 05 41	1,37	2,85	12641,535	V4A	216 48 55,30
V4A-V3A	91 01 57	1,37	2,82			
V3A-V4A	89 01 35	1,5	2,2	8388,369	V3A	185 00 06,40
V3A-V2A	91 15 25	1,44	2,2			
V2A-V3A	88 46 43	1,4	1,65	4063,359	V2A	176 08 51,30
V2A-V1A	91 08 32	1,4	1,65			
V1A-V2A	88 54 28	1,35	2,82	5206,026	V1A	162 08 37,90
V1A-CARRE.	90 50 11	1,35	2,81			
VARRE-V1A	89 07 27	1,43	2,82	2369,483	CARRE.	359 41 12,20

CAPITULO VI

COMPROBACION DE PARAMETROS Y AJUSTE DE FIGURAS GEODESICAS CON EL USO DE GPS

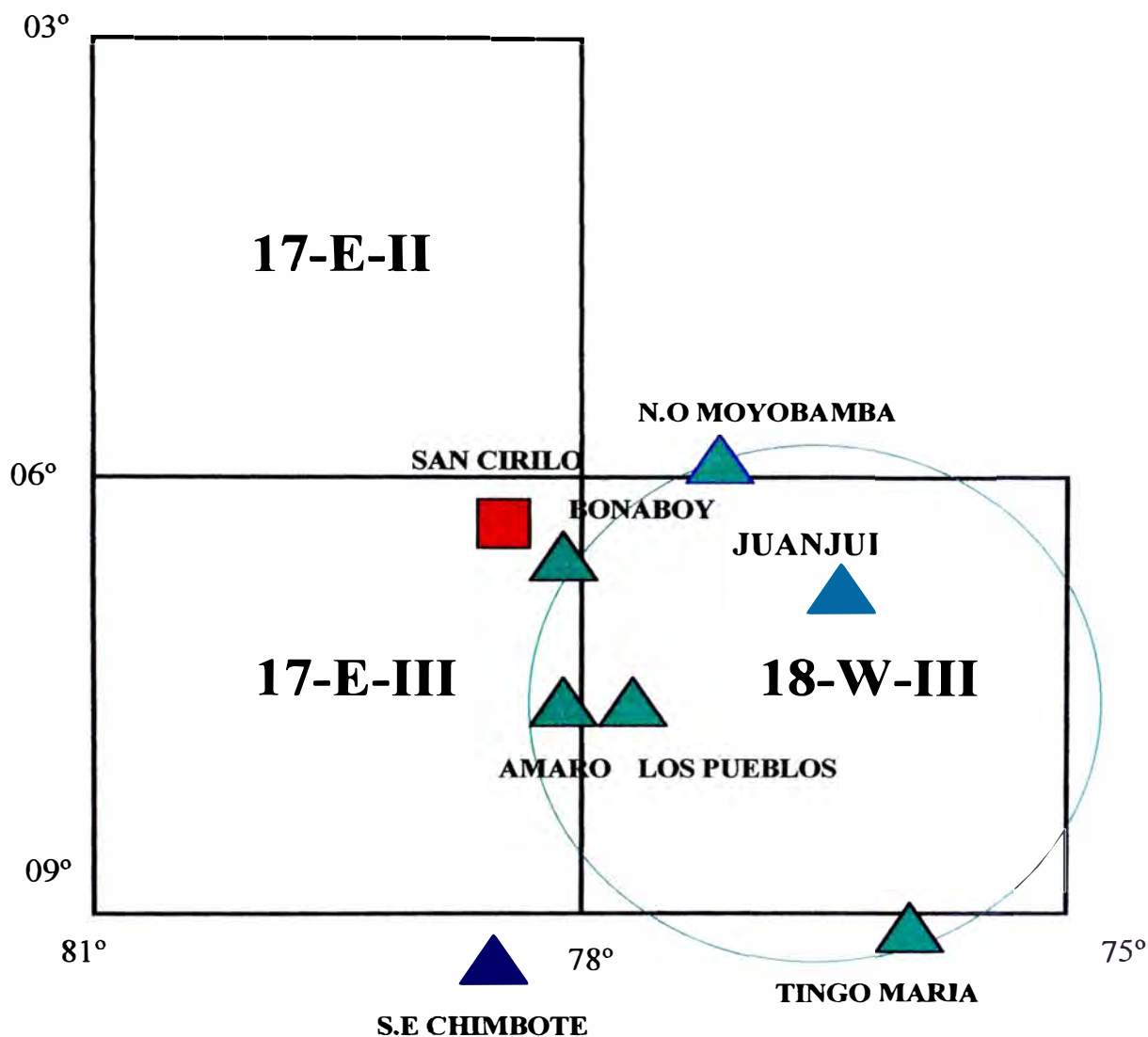
ALCANCE DE LA FORMULA DE TRANSFORMACION SEÑANAL N.O. HUANCAYO COLINDANTE A 3 ZONAS CATASTRALES



LEYENDA

- ▲ SEÑALES QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS
- ▲ SEÑALES SIRGAS QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS
- ▲ DISCREPANCIAS (Valor IGN - Valor Transformado promedio de tres zonas Catastrales
Con Respecto a la Latitud = 0.50 m Con Respecto a la Longitud = 0.06 m.

ALCANCE DE LA FORMULA DE TRANSFORMACION ZONA 18-W-III



LEYENDA

SEÑALES QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS



SEÑALES SIRGAS QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS

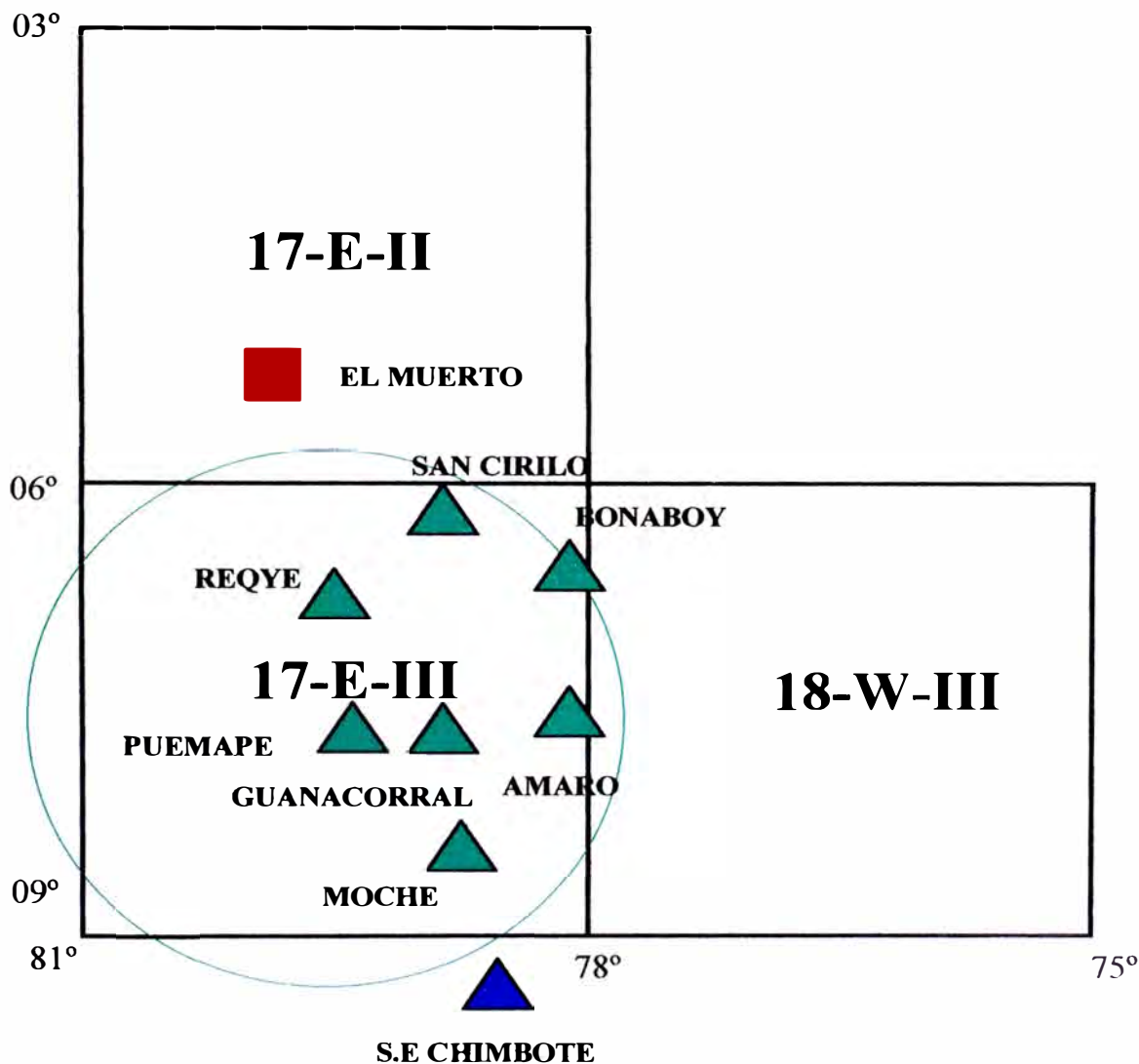


DISCREPANCIAS (Valor IGN -Valor Transformado promedio de tres zonas Catastrales Con Respecto a la Latitud = -1.08 m Con Respecto a la Longitud = -0.57m.



SEÑAL SITUADA A MAS DE 200 KM DE LA ZONA CATASTRAL

ALCANCE DE LA FORMULA DE TRANSFORMACION ZONA 17-E-III



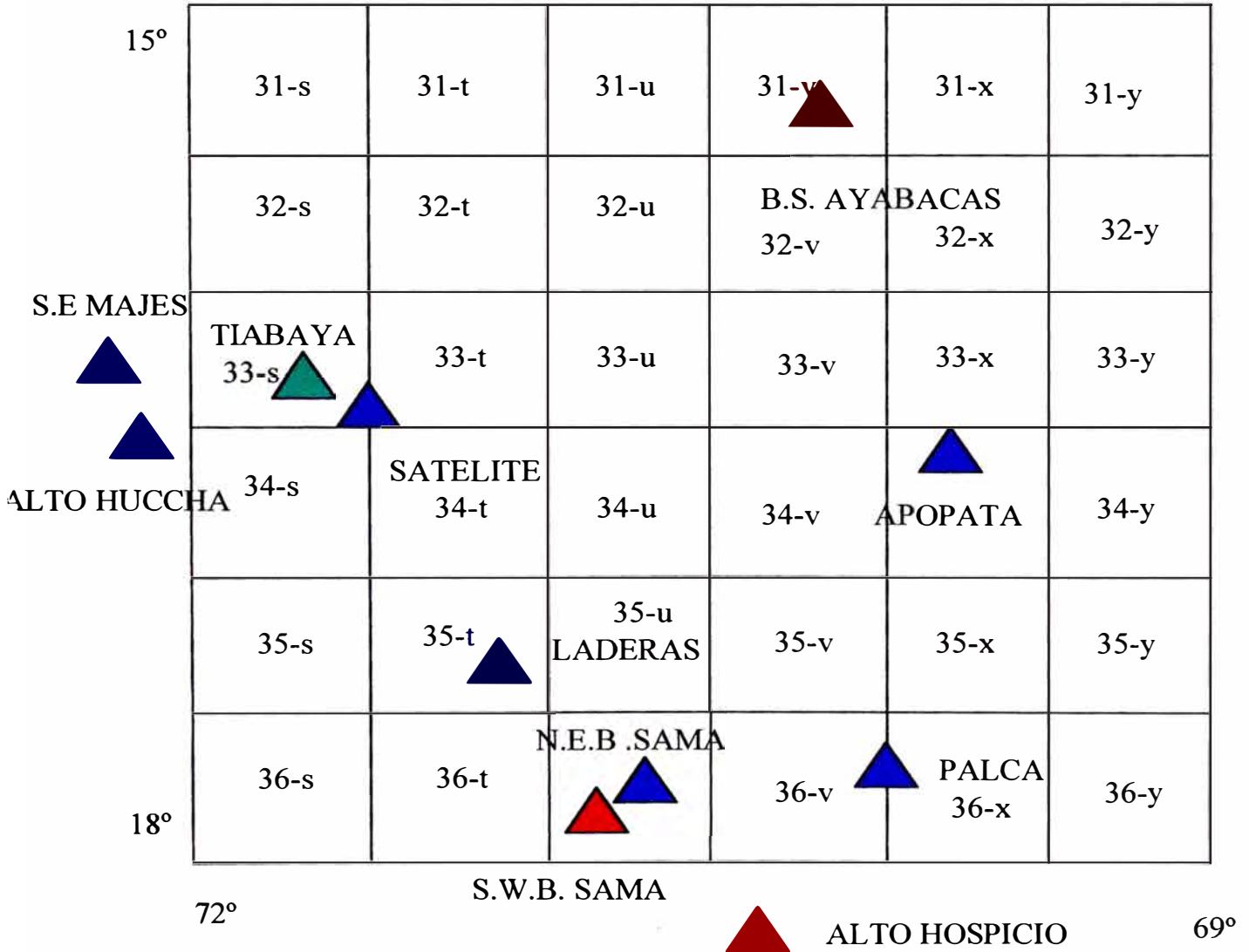
LEYENDA

- ▲ SEÑALES QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS
- ▲ SEÑALES SIRGAS QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS

DISCREPANCIAS (Valor IGN - Valor Transformado promedio de tres zonas Catastrales Con Respecto a la Latitud = -1.08 m Con Respecto a la Longitud = -0.57m.

■ SEÑAL SITUADA A MAS DE 200 KM DE LA ZONA CATASTRAL

ZONA CATASTRAL 19-W-VI



LEYENDA

SEÑALES QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS DE TRANSFORMACION

SEÑALES SIRGAS QUE INTERVIENEN EN LOS PARAMETROS

S.W. SAMA: SEÑAL DE COMPROBACION DE PARAMETRISO

Discrepancia para la Latitud = 0.423m Discrepancia para la Longitud = 0.579m 85

TIABAYA: SEÑAL SEÑAL DE COMPROBACION DE PARAMETROS

COORDINATE ADJUSTMENT SUMMARY

DATUM= WGS-84

Coordinate System =Geographic

Zone = Global

Network Adjustment Constraints

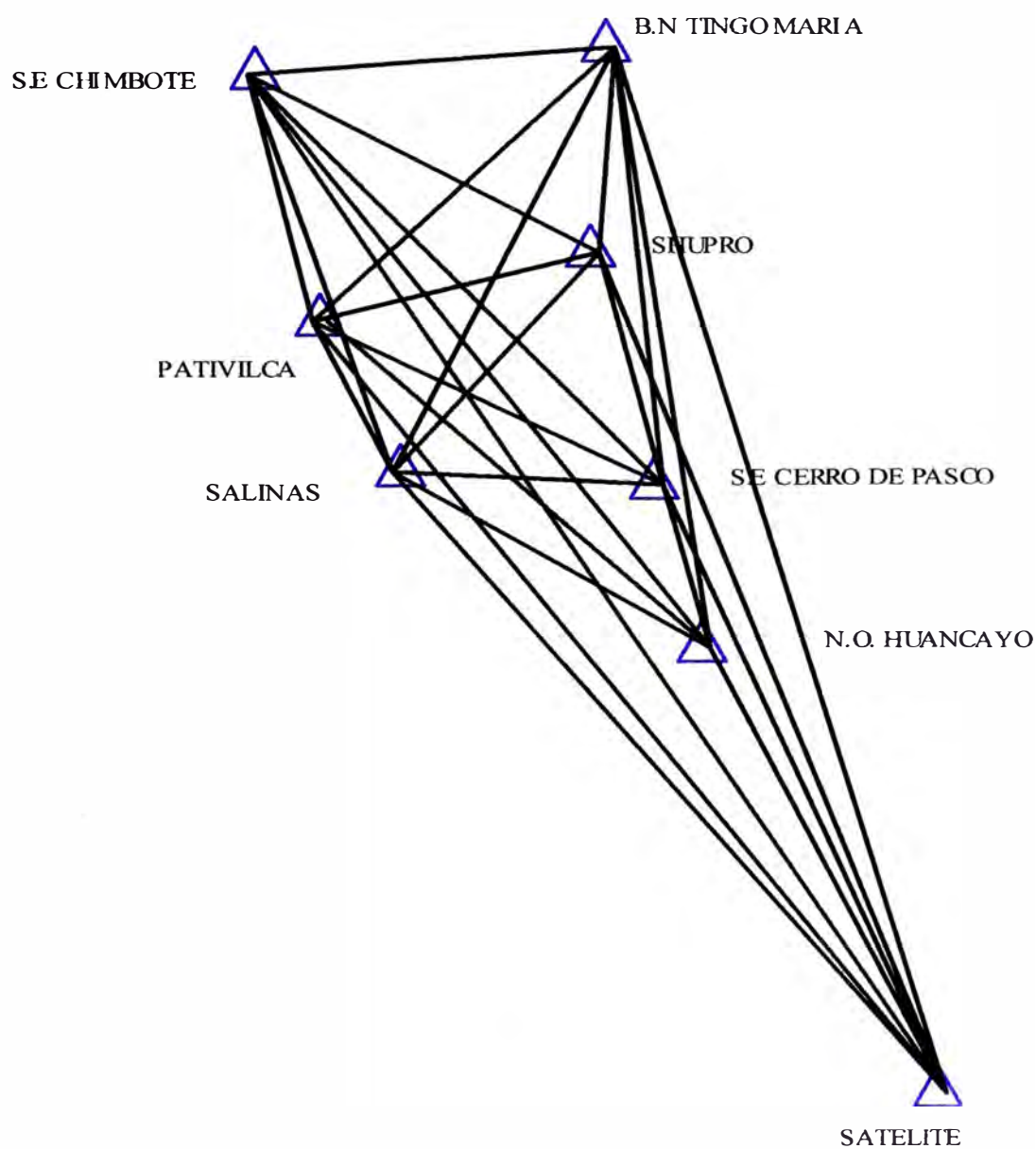
3 fixed coordinates in y

3 fixed coordinates in x

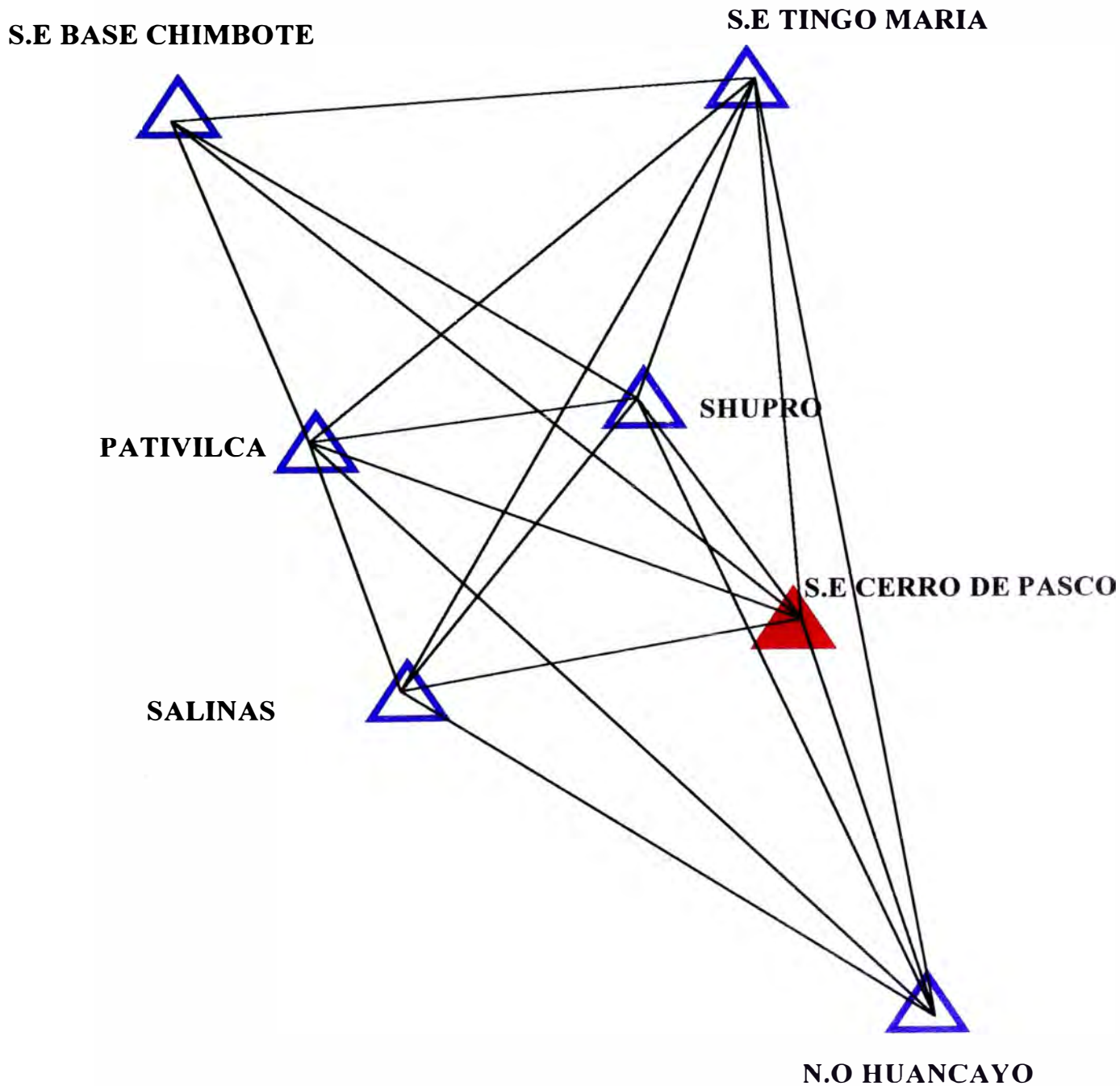
3 fixed coordinates in H

POINT	NAME	OLD COORDS	ADJUST	NEW COORDS	
1	C.PASCO				
	LAT=	10° 55' 52,245632"	+0,000000"	10° 55' 52,245632"	FIXED
	LON=	76° 04' 28,999159"	+0,000000"	76° 04' 28,999159"	FIXED
		4127,5749m 0,0000m	+0,0000m +0,0000m	4127,5749m 0,0000m	FIXED NOT KNOWN
2	CHIMBOTE				
	LAT=	9° 11' 21,702370"	+0,000000"	9° 11' 21,702370"	FIXED
	LON=	78° 28' 00,276083"	+0,000000"	78° 28' 00,276083"	FIXED
	ELL HT= HORTO HT=	67,5982m 0,00000m	+0,0000m +0,0000m	67,5982m 0,00000m	FIXED NOT KNOWN
3	HUANCAYO				
	LAT=	11° 56' 11,499541"	+0,007403"	11° 56' 11,043409"	0,012213m
	LON=	75° 18' 43,849596"	+0,003587"	75° 18' 43,846010"	0,015990m
	ELL HT= HORTO HT=	3307,6497m 0,00000m	+0,4416m +0,0000m	3308,0913m 0,0000m	0,112064m NOT KNOWN
4	PATIVILCA				
	LAT=	10° 41' 12,055839"	+0,012430"	10° 41' 12,055839"	0,009167m
	LON=	77° 45' 10,258458"	+0,005855"	77° 45' 10,252603"	0,011658m
	ELL HT= HORTO HT=	500,5464m 0,0000m	+0,7842m +0,0000m	501,3306m 0,0000m	0,090736m NOT KNOWN
5	SALINAS				
	LAT=	11° 17' 46,535860"	+0,012078"	11° 17' 46,523782"	0,010862m
	LON=	77° 33' 04,366447"	+0,004619"	77° 33' 04,361828"	0,012960m
	ELL HT= HORTO HT=	23,2841m 0,0000m	+0,6171m +0,0000m	23,9011m 0,0000m	0,113596m NOT KNOWN
6	SHUPRO				
	LAT=	10° 22' 18,188691"	+0,009498"	10° 22' 18,179193"	0,006401m
	LON=	76° 16' 19,355894"	+0,008355"	76° 16' 19,355894"	0,008541m
	ELL HT= HORTO HT=	4405,9834m 0,0000m	+0,9766m +0,0000m	4406,9600m 0,0000m	0,059030m NOT KNOWN
7	TINGO MARIA				
	LAT=	9° 10' 38,824381"	+0,000000m	9° 10' 38,824381"	FIXED
	LON=	75° 58' 52,949467"	+0,000000m	75° 58' 52,949467"	FIXED
	ELL HT= HORTO HT=	786,2306m 0,0000m	+0,0000m +0,0000m	786,2306m 0,0000m	FIXED NOT KNOWN

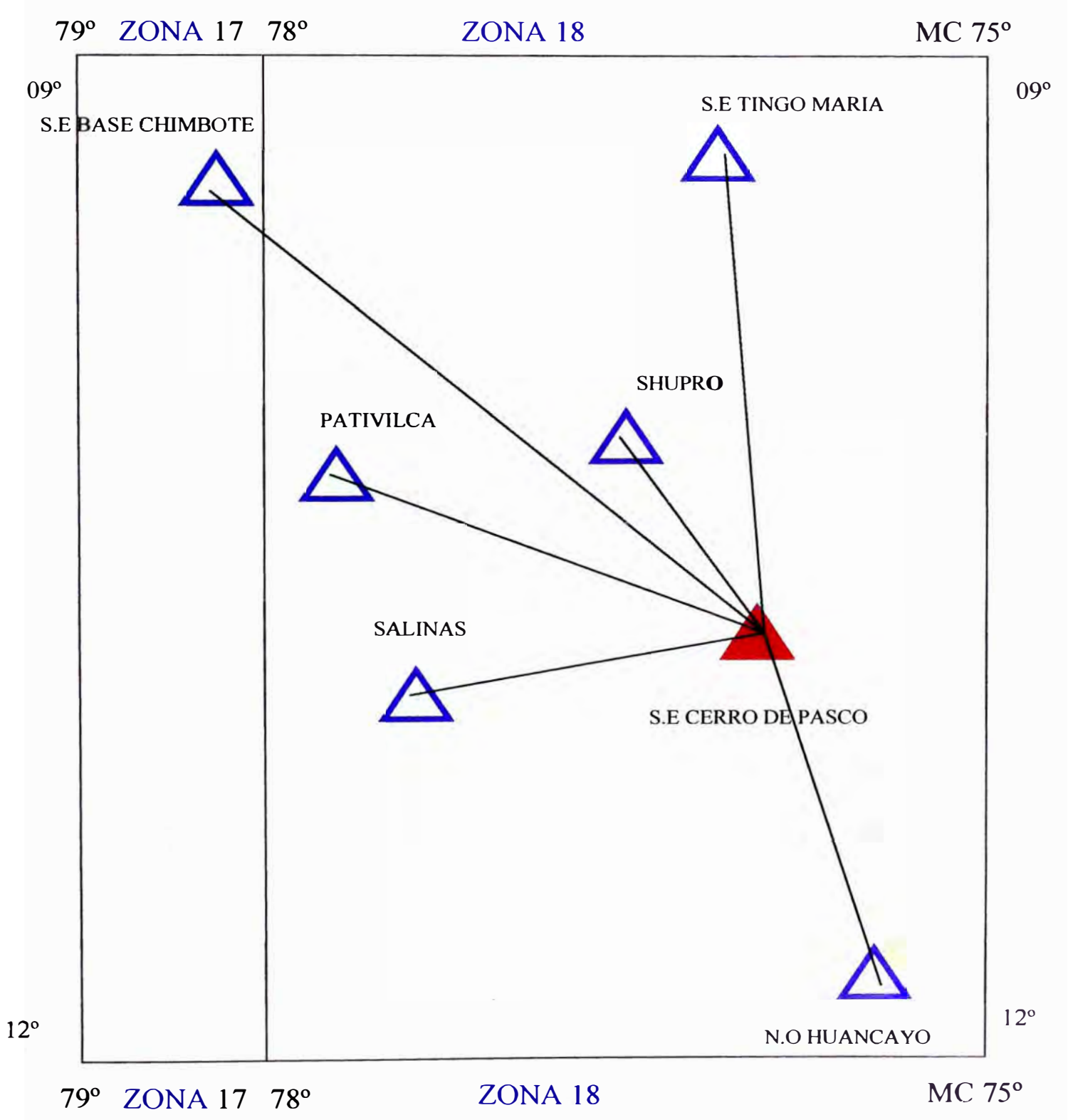
MEDICION GPS SIMULTANEA CON 8 EQUIPOS SATELITALES DE DOBLE FRECUENCIA



HITO MATRIZ S.E CERRO DE PASCO ZONA 18-W-IV



ZONA CATASTRAL 18-W-IV



**APLICACIONES PRACTICAS DEL GPS
Y PRUEBA DE EQUIPOS DE UNA
FRECUENCIA**

FORMULAS PARA COMPROBACION DE POST PROCESO

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_2 - X_1 \\ \Delta Y &= Y_2 - Y_1 \\ \Delta Z &= Z_2 - Y_1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta X &= S \cdot (\cos(\rho) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(\lambda) - \cos(\text{az}) \cdot \text{sen}(z) \cdot \text{sen}(\phi) \cdot \cos(\lambda) - \text{sen}(\text{az}) \cdot \text{sen}(z) \cdot \text{sen}(\lambda)) \\ \Delta Y &= S \cdot (\cos(\rho) \cdot \cos(\phi) \cdot \text{sen}(\lambda) + \text{sen}(\text{az}) \cdot \cos(z) \cdot \text{sen}(\lambda) - \cos(\text{az}) \cdot \text{sen}(z) \cdot \text{sen}(\phi) \cdot \text{sen}(\lambda)) \\ \Delta Z &= S \cdot (\cos(z) \cdot \text{sen}(\phi) + \text{sen}(z) \cdot \cos(\text{az}) \cdot \cos(\phi))\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U &= S \cdot \text{sen}(\rho) \cdot \cos(\text{az}) \\ V &= S \cdot \text{sen}(\rho) \cdot \text{sen}(\text{az}) \\ W &= S \cdot \cos(\rho)\end{aligned}$$

Donde:

ϕ	Latitud en WGS-84
λ	Longitud en WGS-84
az	Azimut
ρ	Angulo vertical
ΔX	variacion en el eje X
ΔY	variacion en el eje Y
ΔZ	variacion en el eje Z
S	Base linea

Además: deben cumplirse las formulas

$$Di = ((\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta Z)^2)^{1/2} = (U^2 + V^2 + W^2)^{1/2}$$

Estacion		Localidad		Numero de Hoja	
Estacion: B.S AYABACAS		AYABACAS (PUNO)		31-v	
Latitud 15° 25' 22,114"	Longitud 70° 04' 09,674"	Datum SAD 56		Numero	
Norte(Y) 8°294,603,114	Este(X) 385,265,092	Zona UTM y Esferoide 19 Int.	Elevacion	3834.47 metros	
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Orden	1er	
Norte(Y) (M)(Pies)	Norte(Y) (M)(Pies)	Cuadrícula Y Zona	Datum		
Norte(Y) (M)(Pies)	Norte(Y) (M)(Pies)	Cuadrícula Y Zona	Especificaciones por organización IGN		
(e)∠α= por		AZIMUT GEODESICO 00° 17' 03.894" +180=UTM			
CUADRÍCULA Y ZONA		ZONA Y ESFEROIDE			
Al Vertice	Azimut Geodesico	Azimut Inverso	log(metros)	(metros)	
BASE N, AYABACAS LLUCAMALLA MONOS 2	193° 45' 54,000" 262° 06' 27,160" 42° 07' 20, 694"	13° 45' 54,000" 82° 04' 57,241" 222° 08' 44,045"		8,348,0929 10,182,6663 13,886,0877	

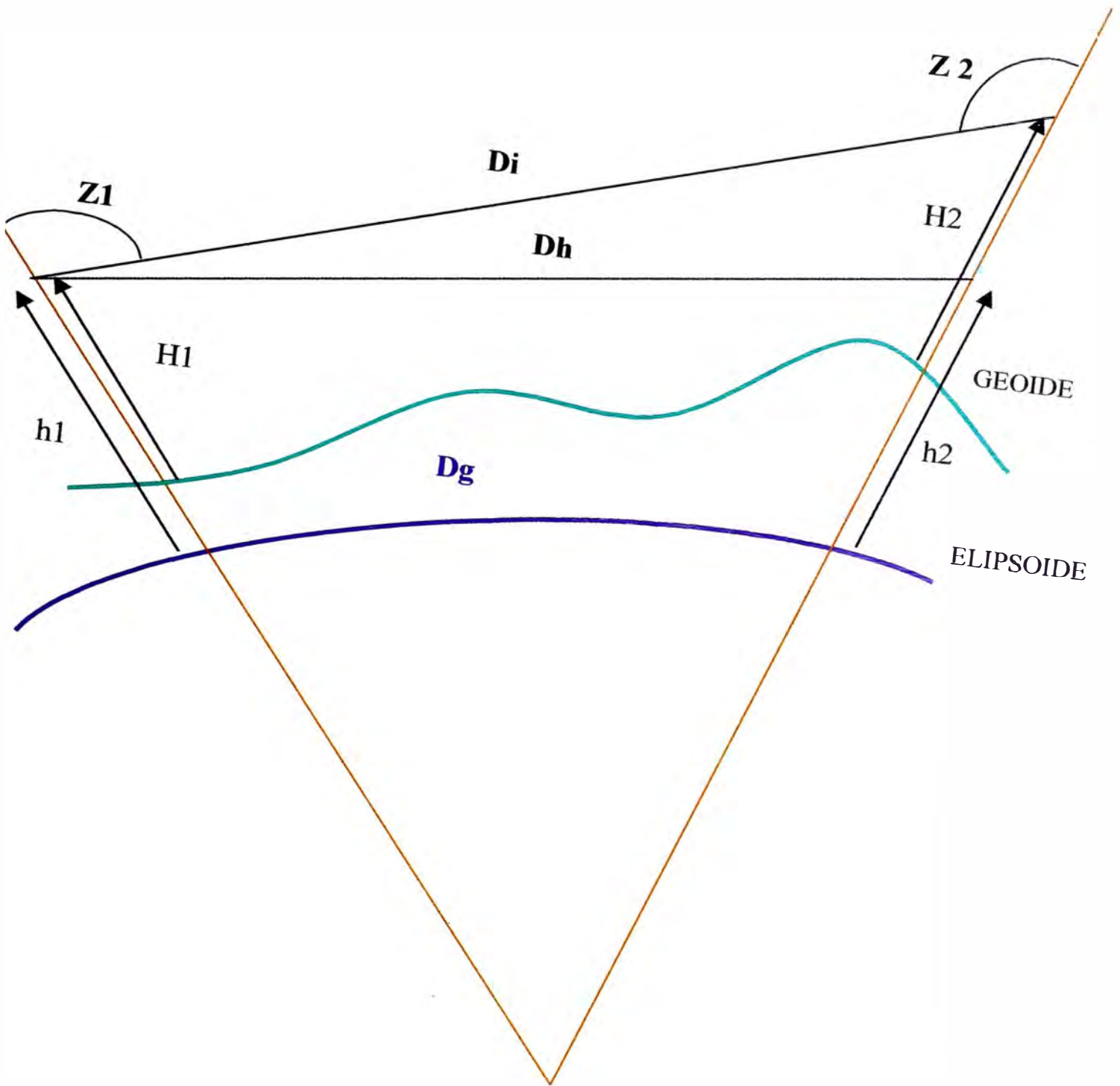
Estacion		Localidad		Numero de Hoja	
Estacion: AYABACAS N.BASE		AYABACAS (PUNO)		31-v	
Latitud 15° 20' 58,316"	Longitud 70° 03' 03,079"	Datum Americano 1956		Numero	
Norte(Y) 8°302,719,62	Este(X) 387,200,79	Zona UTM y Esferoide 19 Int.	Elevacion	3825.04(nivelacion) metros	
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Orden	3827,13 Trigonom 1er	
Norte(Y) (M)(Pies)	Norte(Y) (M)(Pies)	Cuadrícula Y Zona	Datum		
Norte(Y) (M)(Pies)	Norte(Y) (M)(Pies)	Cuadrícula Y Zona	Especificaciones por organización IGN		
(e)∠α= por		AZIMUT GEODESICO 00° 16' 42" +180=UTM			
CUADRÍCULA Y ZONA		ZONA Y ESFEROIDE			
Al Vertice	Azimut Geodesico	Azimut Inverso	log(metros)	(metros)	
C° LLOCAMALLA C° MONOS AYABACAS SUR BASE	309° 38' 03,22" 31° 32' 29,10" 13° 45' 36,16"	129° 36' 51,17" 211° 34' 09,97" 193° 45' 53,83"		10,518,240 21,597,228 8,348,112	

Estacion		Localidad		Numero de Hoja	
Estacion: SAMA S.W BASE		(IGM-IAGS, 1933)		36-u	
Latitud	Longitud	Datum		Numero	
17° 54' 25,348"	70° 35' 12,213"	Americano Datum 1956		RJ00-231	
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Elevacion	298,42 m	
8' 019,313,23	326,615,06	19 Int.	metros		
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Orden	1er	
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona	Datum		
(M)(Pies)	(M)(Pies)				
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona	Especificaciones por organización	IGN	
(M)(Pies)	(M)(Pies)				
(e) $\alpha =$ por		AZIMUT GEODESICO -00° 30' 12" +180=UTM			
CUADRICULA Y ZONA			ZONA Y ESFEROIDE		
Al Vertice	Azimut Geodesico	Azimut Inverso	log(metros)	(metros)	
MORRITO	95° 13' 12,56"	275° 16' 37,73"	4,295,2169	19,734,08	
CHAPOLLA	147° 09' 29,22"	327° 11' 48,86"	4394,4817	24,801,71	
SAMA N.E. BASE	215° 50' 33,88"	35° 49' 15,83"	4,107,1348	12,797,78	

Estacion		Localidad		Numero de Hoja	
Estacion: AYABACAS		(IGM-IAGS, 1933)		36-u	
Latitud	Longitud	Datum		Numero	
S 17° 48' 47,868"	70° 33' 57,751"	SAD 56			
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Elevacion	480,46 m	
8' 029,752,27	334,017,43	19 Int.	metros		
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Orden	1er	
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona	Datum		
(M)(Pies)	(M)(Pies)				
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona	Especificaciones por organización	IGN	
(M)(Pies)	(M)(Pies)				
(e) $\alpha =$ por		AZIMUT GEODESICO -00° 28' 45" +180=UTM			
CUADRICULA Y ZONA			ZONA Y ESFEROIDE		
Al Vertice	Azimut Geodesico	Azimut Inverso	log(metros)	(metros)	
SAMA S.W. BASE	35° 49' 15,83"	215° 50' 33,88"	4,107,1348	12,797,78	
MORRITO	72° 26' 26,65"	252° 31' 09,32"	4,454,3886	28,469,42	
CHAPOLLA	116° 31' 27,40"	296° 35' 04,34"	4,369,4505	23,412,64	

Estacion		Localidad		Numero de Hoja	
Estacion: MARCONA SUR BASE		(IGM-IAGS, 1949)		31-n	
Latitud	Longitud	Datum		Numero	
S 15° 10' 01,679"	75° 01' 56,153"	SAD 56			
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Elevacion		
8° 323,168,08	496,533,87	18 Internacional.	602,07 metros		
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Orden		
			1er		
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona		Datum	
(M)(Pies)	(M)(Pies)				
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona		Especificaciones por organización	
(M)(Pies)	(M)(Pies)			IGN	
(e)0Λα= por		AZIMUT GEODESICO - 00° 00' 30,00" +180=UTM			
CUADRICULA Y ZONA			ZONA Y ESFEROIDE		
Al Vertice	Azimut Geodesico	Azimut Inverso	log(metros)		(metros)
C° ACHUPALLA	141° 47' 37,30"	321° 48' 18,53"	3,882,1152		7,622,0
TUNGA	145° 07' 41,76"	325° 09' 14,97"	4,271,7531		18,696,19
MARCONA S.BASE	181° 37' 37,99"	01° 37' 33,84"	4,224,2501		16,760,62
C° BLANCO - 2	212° 51' 38,54"	32° 48' 30,80"	4,601,2516		39,925,6

Estacion		Localidad		Numero de Hoja	
Estacion: MARCONA N. BASE		(IGM-IAGS, 1949) PERÚ		31-m	
Latitud	Longitud	Datum		Numero	
S 15° 00' 56,597"	75° 01' 40,221"	Provisional South			
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Elevacion		
8° 339,915,31	497,007,17	18 Internacional	500,4 metros		
Norte(Y)	Este(X)	Zona UTM y Esferoide	Orden		
			Trigonometrica		
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona		Datum	
(M)(Pies)	(M)(Pies)				
Norte(Y)	Norte(Y)	Cuadrícula Y Zona		Especificaciones por organización	
(M)(Pies)	(M)(Pies)			IGN	
(e)0Λα= por		AZIMUT GEODESICO 00° 00' 26" +180=UTM			
CUADRICULA Y ZONA			ZONA Y ESFEROIDE		
Al Vertice	Azimut Geodesico	Azimut Inverso	log(metros)		(metros)
MARCONA S. BASE	01° 37' 33,84"	181° 37' 37,99"	4,224 2901		16,760,62
C° ACHUPALLA	25° 44' 35,76"	205° 45' 20,93"	4,077 3715		11,950,10
TUNSA	82° 46' 36,77"	262° 48' 13,65"	4,051 3301		11,254,60
C° BLANCO - 2	231° 36' 53,54"	51° 33' 50,83"	4,431 8387		27,029,54



CALCULO DIRECTO

Dados la coordenada de un punto, el azimut hacia un segundo punto y su distancia geodésica, podemos encontrar las coordenadas del segundo punto con el uso de las formulas descritas a continuación:

$$\begin{aligned}
 a &= 6377\dots \\
 e^2 &= 0.006678888 \\
 \phi_1 &= \text{Latitud del 1er punto} \\
 \lambda_1 &= \text{Longitud del 1er punto} \\
 S &= \text{Distancia geodésica entre dos puntos} \\
 \alpha_{12} &= \text{Azimut del 1 a 2}
 \end{aligned}$$

$$N_1 = \frac{a}{(1-e^2 \cdot \sin^2 \phi_1)^{1/2}}$$

$$M_1 = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \cdot \sin^2 \phi_1)^{3/2}}$$

$$\Delta\phi = \frac{N_1}{M_1} \cdot \left\{ \text{Sen}^{-1} \left[\text{Sen} \phi_1 \text{Cos} (SK/N_1) + \text{Cos} \phi_1 \text{Sen} (SK/N_1) \text{Cos} \alpha_{12} \right] - \phi_1 \right\}$$

$$\phi' = \phi_1 + \Delta\phi / 2$$

$$M' = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \cdot \sin^2 \phi')^{3/2}}$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \Delta\phi + \frac{\Delta\phi (M_1 - M')}{M'}$$

$$N_2 = \frac{a}{(1-e^2 \cdot \sin^2 \phi_2)^{1/2}}$$

$$\lambda = \lambda + \text{Sen}^{-1} \left[\frac{\text{Sen}(SK/N_2) \cdot \text{Sen}(\alpha_{12})}{\text{Cos}(\phi_2)} \right]$$

$$\alpha_{21} = \alpha_{12} + 180 + 2 \text{Tan}^{-1} \left[\frac{\text{Tan}((\lambda_2 - \lambda_1)/2) \cdot \text{Sen}((\phi_2 - \phi_1)/2)}{\text{Cos}(\phi_2 - \phi_1)} \right]$$

METODO INVERSO

Dados las coordenadas de dos puntos, el problema inverso consiste en determinar su distancia geodésica y su azimut geodésico directo

$$a = 6377.000$$

$$e^2 = 0.006678888$$

ϕ_1 = Latitud del 1er punto

λ_1 = Longitud del 1er punto

ϕ_2 = Latitud del 2do punto

λ_2 = Longitud del 2do punto

S = Distancia geodésica entre dos puntos

α_{21} = Azimut del 2 a 1

$$\Delta\phi = (\phi_2 - \phi_1) \quad , \quad \Delta\lambda = (\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$\phi = \frac{\phi_2 - \phi_1}{2}$$

$$N_1 = \frac{a}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi_1)^{1/2}}$$

$$M_1 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \phi_1)^{3/2}}$$

$$X = \text{Sen}(\Delta\lambda/2) \text{Cos}\phi$$

$$Y = \text{Sen}(M(\Delta\phi/2N)) \text{Cos}(\Delta\phi/2)$$

$$\alpha' = \text{Tan}^{-1} X/Y$$

$$\frac{\Delta\alpha}{2} = \text{tan}^{-1} \left[\text{Tan } 1/2 (\Delta\lambda) \left[\frac{\text{Sen } 1/2(\phi_2 + \phi_1)}{\text{Cos } 1/2(\phi_2 - \phi_1)} \right] \right]$$

$$\text{Azimuth}(1-2) = \alpha_{12} = \alpha' - \Delta\alpha/2$$

$$\frac{\pi \cdot N}{90} \text{Sen}^{-1} \left[\frac{X}{\text{Sen}\alpha'} \right] = \frac{\pi N}{90} \text{Sen}^{-1} \left[\frac{Y}{\text{Cos}\alpha'} \right] = S$$

NOTA: Los dos tipos de formulas se usan tanto para el calculo en los elipsoides PSAD-56 o WGS-84 , haciendo uso de los parámetros correspondientes

FORMULAS PARA EL CALCULO DE LA DIFERENCIA DE COTAS ENTRE 2 PUNTOS

$$h_2 - h_1 = T \text{ Sen } 1/2 (\xi_2 - \xi_1)$$

- h_1 = Elevacion de la estación 1, que es la Elevacion conocida
- h_2 = Elevacion de la estación 2 , que se desea conocer
- T = La distancia inclinada entre las dos estaciones

Esta formula sencilla se puede emplear a los datos GPS , usando los ángulos verticales respecto a la normal al elipsoide y la línea de la plomada , también usando el Slope baseline que en la practica es la distancia inclinada entre dos puntos y de esta manera partiendo de una cota ortometrica al nivel medio del mar podemos encontrar el desnivel hacia otro punto con discrepancias de su valor real que no pasan de los 5 metros para distancias de entre 30 y 50 km.....

FORMULA PARA ENCONTRA LA DISTANCIA GEODESICA EN EL ELIPSOIDE PSAD56

**EJEMPLO DE CALCULO DE ANGULOS INTERNOS EN
UNA POLIGONAL GEODESICA CLASICA
HACIENDO USO DE COORDENADAS GPS**

Tenemos las coordenadas GPS de tres puntos en la poligonal Carreteras-Caraveli, con estos puntos hallaremos el ángulo interno haciendo el uso de la diferencia de azimuts.

	Latitud	Longitud
Antena	16° 10' 35.270181"	73° 02' 48.248262"
Vertice 1	16° 09' 36.996300"	73° 03' 40.585247"
Vertice 2	16° 07' 0.7294430"	73° 04' 48.161036"

Hallamos el azimut del Norte , para el lado Vertice1-Antena en el elipsoide WGS-84:

$\phi_m =$ Latitud Media

$\Delta\lambda/2 =$ seme diferencia de las longitudes en grados

$\Delta\lambda'' =$ variacion de la longitud en segundos (los grados multiplicados por 3600)

$\Delta\phi'' =$ variación de la latitud en segundos

$\Delta\phi/2 =$ seme diferencia de las latitudes en grados

parámetros y formulas a aplicarse:

$a = 6378137, e^2 = 0.00669438$

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}}$$

$$R = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}}$$

$$A = 1 / (N \text{ sen } 1'')$$

$$B = 1 / (R \text{ sen } 1'')$$

haciendo las evaluaciones tenemos:

$$\Delta\lambda'' = -52.33698601$$

$$\Delta\phi'' = 58.27388098$$

$$\phi_m = 16.16837034$$

$$N = \frac{6378137}{(1-0.00669438 \cdot \sin^2(16.16837034))^{1/2}}$$

$$N = 6378137/0.9997404235 = 6379793.044$$

$$R = \frac{6378137 \cdot (1-0.00669438)}{(1-0.00669438 \sin^2(16.16837034))^{3/2}}$$

$$R = 6335439.327/0.9994809145^{3/2}$$

$$R = 6340375.4824$$

$$A = 1/(6379793.044 \times 4.84813681E-6)$$

$$A = 3.233095569E-2$$

$$B = 1/(6340375.4824 \times 4.84813681E-6)$$

$$B = 3.253195443E-2$$

$$S = \frac{-52.36698601 \cos(16.16837034)}{3.233095569E-6}$$

$$S = -1554.761656$$

$$P = \frac{58.27388098 \cos(-7.269025835E-3)}{3.253195443E-2} = 1791.281266$$

$$\text{Ana} = s/p = -0.8679606522$$

$$\alpha = 40^\circ 57' 24.10164''$$

$$\text{corrección} = \frac{-(-52.33698601) \sin(16.16837034)}{\cos(8.09354458E-3)} = 0^\circ 0' 7.29''$$

$$\text{azimut} = 180^\circ - \alpha + \text{corrección}$$

$$\text{azimut} = 139^\circ 02' 43.18517''$$

**EJEMPLO DE CALCULO DE ANGULOS INTERNOS EN
UNA POLIGONAL GEODESICA CLASICA
HACIENDO USO DE COORDENADAS GPS**

Tenemos las coordenadas GPS de tres puntos en la poligonal Carreteras-Caraveli, con estos puntos hallaremos el ángulo interno haciendo el uso de la diferencia de azimuts.

	Latitud	Longitud
Antena	16° 10' 35.270181"	73° 02' 48.248262"
Vertice 1	16° 09' 36.996300"	73° 03' 40.585247"
Vertice 2	16° 07' 0.7294430"	73° 04' 48.161036"

Hallamos el azimut del Norte , para el lado Vertice1-Vertice2 en el elipsoide WGS-84:

ϕ_m = Latitud Media

$\Delta\lambda/2$ = seme diferencia de las longitudes en grados

$\Delta\lambda''$ = variacion de la longitud en segundos (los grados multiplicados por 3600)

$\Delta\phi''$ = variación de la latitud en segundos

$\Delta\phi/2$ = seme diferencia de las latitudes en grados

parámetros y formulas a aplicarse:

$a = 6378137, e^2 = 0.00669438$

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}}$$

$$R = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}}$$

$$A = 1 / (N \text{ sen } 1'')$$

$$B = 1 / (R \text{ sen } 1'')$$

haciendo las evaluaciones tenemos:

$$\Delta\lambda'' = 67.575789$$

$$\Delta\lambda/2 = 9.38552625E-3$$

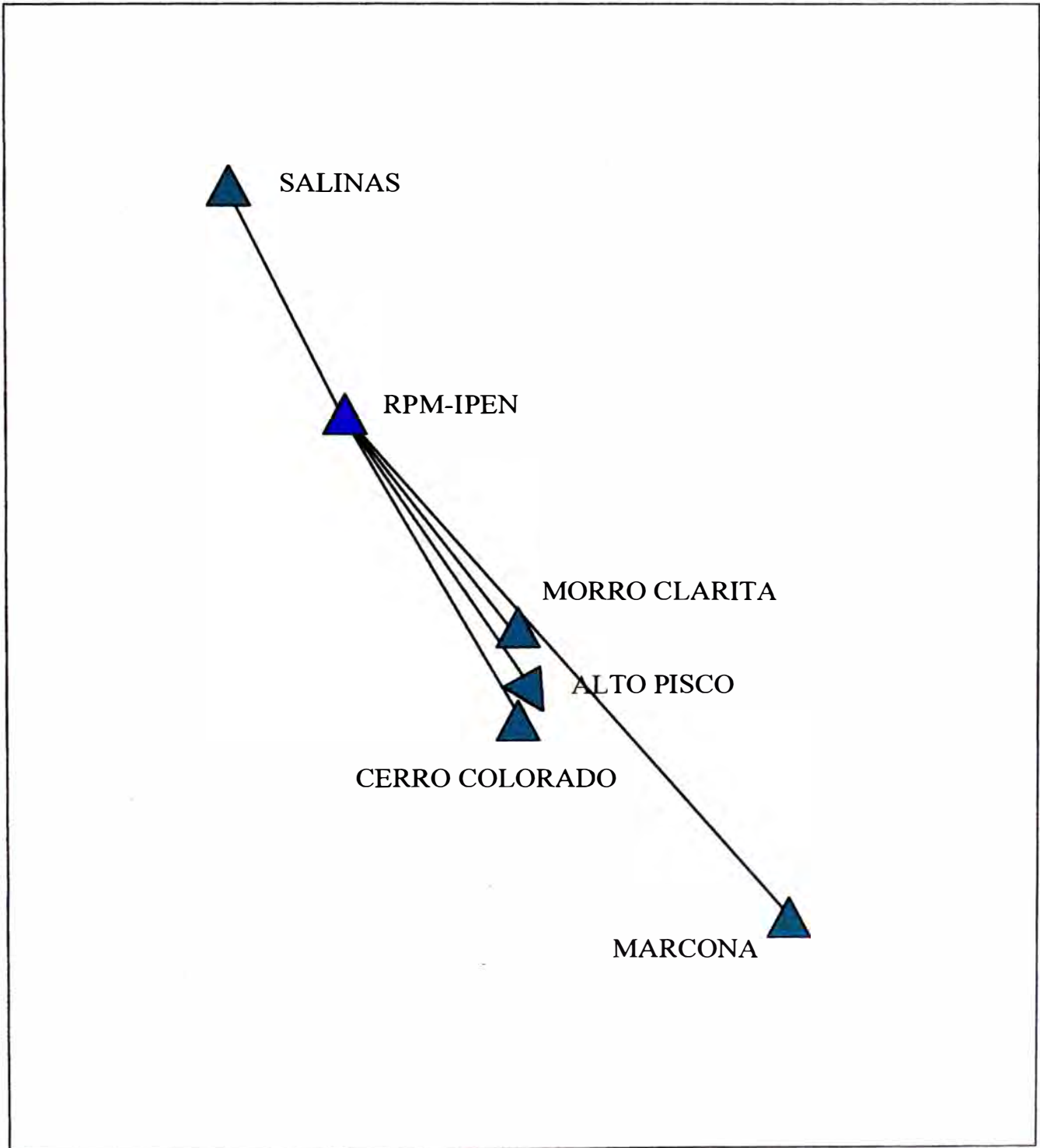
$$\Delta\phi'' = -156.266857$$

$$\Delta\phi/2 = -2.17037301E-2$$

$$\phi_m = 16.13857302$$

$$\begin{aligned}
N &= \frac{6378137}{(1-0.00669438 \cdot \sin^2(16.13857302))^{1/2}} \\
N &= 6379787.106 \\
R &= \frac{6378137 \cdot (1-0.00669438)}{(1-0.00669438 \cdot \sin^2(16.13857302))^{3/2}} \\
R &= 6340357.777 \\
A &= 1/(6379787.106 \times 4.84813681 \times 10^{-6}) \\
A &= 3.233098579 \times 10^{-2} \\
B &= 1/(6340357.777 \times 4.84813681 \times 10^{-6}) \\
B &= 3.253204528 \times 10^{-2} \\
S &= \frac{67.575789 \cos(16.13857302)}{3.233098579 \times 10^{-6}} \\
S &= 2007.757481 \\
P &= \frac{-156.266857 \cos(9.3855265 \times 10^{-3})}{3.253204528 \times 10^{-2}} = -4803.474653 \\
\text{Ana} &= s/p = -0.4179802385 \\
\alpha &= 22^\circ 41' 2.26932'' \\
\text{corrección} &= \frac{-(67.575789) \sin(16.13857302)}{\cos(-2.170373014 \times 10^{-3})} = 0^\circ 0' 9.39'' \\
\text{azimut} &= 360^\circ - \alpha - \text{corrección} \\
\text{azimut} &= 337^\circ 18' 48.339'' \\
\text{ángulo externo} &= 198^\circ 16' 5.15388'' = \text{diferencia entre azimuts}
\end{aligned}$$

DIAGRAMA DE MEDICIONES CON EQUIPOS DE UNA FRECUENCIA



ZONA	NOMBRE DEL PUNTO	WGS-84 OBSERVADAS						OND.	COTA CALC.	COTA	DIF.	
		LATITUD		LONGITUD		HAE						
17-E-II	CONJURO	6	0	36,2165	79	5	19,47546	2277,193	17,345	2259,848	2260,406	-0,5580
17-E-II	ABRA PORCUYA	5	50	25,9143	79	30	51,61519	2365,831	15,741	2350,090	2349,172	0,9180
17-E-II	C° PILAN	5	9	4,4312	80	2	35,04337	533,687	15,741	518,503	519,650	-1,1470
17-E-II	C° EL MUERTO	5	24	17,5933	80	3	50,31923	324,465	12,746	311,719	312,960	-1,2410
17-E-II	C° CRUZ CANA	5	7	44,4345	80	20	44,74907	241,270	13,141	238,129	239,270	-1,1410
17-E-II	C° EREO	4	46	14,2237	80	21	21,04747	659,696	15,195	644,501	644,850	-0,3490
17-E-II	PIURA	5	11	51,5296	80	37	37,15605	71,839	11,947	59,892	61,534	-1,6420
17-E-II	PARIÑAS	4	36	48,8622	81	9	3,54630	143,452	9,373	134,079	135,186	-1,1070
17-E-III	SAN CIRILO	6	52	42,7421	78	35	37,28714	4196,595	20,710	4175,885	4182,530	-6,6450
17-E-III	CALCHUDAY	8	7	47,6949	78	38	18,18835	3827,441	18,666	3809,175	3807,230	1,9450
17-E-III	C° GUANACORRAL	7	46	32,5048	78	42	58,89382	4305,475	18,218	4287,257	4286,130	1,1270
17-E-III	C° HUANAPE	8	26	32,8805	78	55	29,65816	240,643	14,800	225,843	223,880	1,9630
17-E-III	C° MOCHE	8	10	13,1285	78	56	26,45585	1171,250	14,917	1156,333	1152,790	3,5430
17-E-III	C° REQUE	6	51	32,3431	79	46	17,37896	592,851	9,332	583,519	583,560	-0,0410
18-E-V	OSCORIRE	14	32	51,4617	72	3	7,00458	4492,401	48,037	4444,364	4446,040	-1,6760
18-E-V	ANTA W.BASE	13	28	40,6279	72	14	19,58161	3372,067	46,328	3325,739	3327,680	-1,9410
18-E-V	CABALLERIA	13	33	34,3040	73	32	58,51144	4428,976	38,200	4390,776	4386,810	3,9660
18-E-V	PONTORCO B.S.W	13	21	22,5409	74	13	1,33845	4347,417	36,384	4311,033	4306,950	4,0830
18-E-V	CHAUCHILLA	14	55	48,3296	74	55	23,42847	809,824	32,338	777,486	776,486	1,0000
18-E-V	MONTERAYOC	12	51	23,9866	74	55	26,39658	4817,728	37,335	4780,393	4781,690	-1,2970
18-E-VI	ALTO HUCCHA	16	39	34,4640	72	16	10,44488	1199,820	33,349	1166,471	1166,600	-0,1290
18-E-VI	MAJES S.W	16	30	14,0826	72	24	48,14739	964,913	34,614	930,299	929,730	0,5690
18-E-VI	CARRETERA	16	10	35,2664	73	2	48,26011	1879,755	35,773	1843,992	1843,350	0,6420
18-E-VI	C° VENADO	15	52	45,9865	73	12	46,00324	2309,592	39,308	2270,284	2271,900	-1,6160
18-E-VI	CARAVELI	15	45	31,6196	73	23	42,56665	2393,756	39,775	2353,961	2354,218	-0,2570
18-E-VI	GENTIL	16	14	17,7893	73	26	7,81555	1330,881	31,349	1299,538	1300,870	-1,3320
18-E-VI	ALALO	15	21	40,2700	74	28	28,81425	2286,250	32,592	2253,658	2253,710	-0,0520
18-E-VI	MARCONA B.S.	15	10	14,3946	75	2	3,59644	630,339	28,105	602,234	602,070	0,1640
18-W-III	S,E,B, JUANJUI	7	1	39,8723	76	29	56,05060	246,996	9,185	237,811	238,480	-0,6690
18-W-III	S.W.B. MOYOBAMBA	6	2	1,6702	77	11	59,31970	855,701	15,627	840,074	842,250	-2,1760
18-W-III	C° LOS PUEBLOS	7	45	55,3491	77	44	57,31201	3840,551	20,188	3820,363	3820,562	-0,1990
18-W-III	C° BONABOY	6	36	39,7452	77	56	9,75712	3761,108	21,135	3739,973	3744,620	-4,6470
18-W-III	C° AMARO	7	48	6,4128	78	4	2,85451	3398,106	21,645	3376,461	3378,148	-1,6870
18-W-IV	N.O. HUANCAYO	11	56	11,4937	75	18	43,86071	3307,850	35,298	3272,552	3272,650	-0,0980
18-W-IV	B,N. TINGO MARIA	9	10	38,8281	75	58	52,96646	785,217	19,896	765,321	768,200	-2,8790
18-W-IV	S.E.CERRO DE PASCO	10	55	52,2479	76	4	29,01428	4127,130	33,551	4093,579	4094,420	-0,8410
18-W-IV	SHUPRO	10	22	18,1821	76	16	19,36276	4406,359	30,925	4375,434	4377,760	-2,3260
18-W-IV	SALINAS	11	17	46,5290	77	33	4,37477	23,637	19,684	3,953	1,730	2,2230
18-W-IV	PATIVILCA	10	41	12,0485	77	45	10,26651	500,869	18,660	482,209	479,600	2,6090
18-W-IV	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	21,7079	78	28	0,29149	66,712	15,828	50,884	50,010	0,8740
18-W-V	MARCONA B.N.	15	1	9,3028	75	1	47,65899	529,883	29,745	500,138	500,400	-0,2620
18-W-V	ANGONA 2	12	18	22,1756	75	6	33,10730	4433,900	35,274	4398,626	4397,510	1,1160
18-W-V	YURACCHAYOC	13	10	50,8380	75	11	49,51510	5143,069	39,042	5104,027	5100,920	3,1070
18-W-V	HUANCAYO B.S.E	12	0	49,9355	75	14	31,03763	3292,128	35,303	3256,825	3258,470	-1,6450
18-W-V	MACHO COYUNGO	14	41	30,3118	75	25	1,22272	1028,230	25,846	1002,384	1002,160	0,2240
18-W-V	C° ASTOMARCA	12	19	51,6901	75	41	51,33908	5053,493	36,634	5016,859	5019,790	-2,9310
18-W-V	ALTO PISCO	13	35	8,9034	76	8	30,66053	141,477	24,239	117,239	113,170	4,0690
18-W-V	MONTE COLORADO	13	53	27,1879	76	11	25,69574	294,486	22,217	272,272	268,100	4,1720
18-W-V	MORRO CLARITA	13	9	53,9149	76	22	1,49350	196,848	24,381	172,467	172,860	-0,3930
18-W-V	CAMACHO	13	1	52,1682	76	29	3,42965	112,397	24,031	88,366	90,610	-2,2440
18-W-V	PUCUSANA	12	27	38,9210	76	46	19,56116	414,470	24,418	390,053	389,560	0,4930
18-W-V	CONCHAN	12	16	7,6571	76	54	21,58119	31,018	23,615	7,403	7,308	0,0950
19-W-VI	APOPATA	16	38	48,4293	69	49	57,35290	5096,691	47,424	5049,267	5052,710	-3,4430
19-W-VI	PALCA	17	47	36,0753	69	55	29,48171	4303,088	41,895	4261,193	4263,900	-2,7070
19-W-VI	AYABACAS B.S	15	25	35,0271	70	4	16,19324	3882,374	47,390	3834,984	3834,470	0,5140
19-W-VI	ALTO HOSPICIO	18	14	13,4368	70	16	43,68220	495,624	32,656	462,968	463,690	-0,7220
19-W-VI	SAMA N.E.	17	49	0,8370	70	34	4,40040	510,600	32,444	478,156	480,460	-2,3040
19-W-VI	LADERAS	17	26	34,6851	71	2	34,51756	1448,225	33,994	1414,231	1417,350	-3,1190
19-W-VI	SATELITE	16	27	56,4059	71	29	35,50533	2491,358	42,584	2448,774	2451,610	-2,8360

N.O HUANCAYO (18-W-IV)

TRECE PARAMETROS

N.O Huancayo colindante con 03 zonas catastrales y el uso de los 13 parametros

ZONA	NOMBRE	COORDENADAS IGN					COORDENADAS CALCULADAS POR RPM					DISCREPANCIAS			
		LATITUD			LONGITUD		LATITUD			LONGITUD		LAT (m)	LON(m)		
18-W-IV	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,065	75	18	36,3698	-0,909	0,546
18-W-V	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,052	75	18	36,3904	-0,507	-0,072
18-E-V	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,038	75	18	36,4043	-0,096	-0,489
PROMEDIO		11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,052	75	18	36,3882	-0,504	-0,005

7 PARAMETROS

N.O Huancayo colindante con 03 zonas catastrales y el uso de los 07 parametros

ZONA	NOMBRE	COORDENADAS IGN					COORDENADAS CALCULADAS POR RPM					DISCREPANCIAS			
		LATITUD			LONGITUD		LATITUD			LONGITUD		LAT (m)	LON(m)		
18-W-IV	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,103	75	18	36,3444	-2,040	1,308
18-W-V	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	58,971	75	18	36,3989	1,935	-0,327
18-E-V	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	58,958	75	18	36,4093	2,319	-0,639
PROMEDIO		11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,010	75	18	36,3842	0,738	0,114

3 PARAMETROS

N.O Huancayo colindante con 03 zonas catastrales y el uso de los 03 parametros

ZONA	NOMBRE	COORDENADAS IGN					COORDENADAS CALCULADAS POR RPM					DISCREPANCIAS			
		LATITUD			LONGITUD		LATITUD			LONGITUD		LAT (m)	LON(m)		
18-W-IV	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,094	75	18	36,3409	-1,7670	1,4130
18-W-V	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	58,965	75	18	36,3610	2,1120	0,8109
18-E-V	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	58,975	75	18	36,3931	1,8090	-0,1530
CONVERT	N.O HUANCAYO	11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,009	75	18	36,414	0,7773	-0,7851
PROMEDIO		11	55	59,035	75	18	36,388	11	55	59,052	75	18	36,3904	-0,507	-0,072

CHIMBOTE (18-W-IV)

TRECE PARAMETROS

S.E Chimbote colindante a 3 zonas catastrales y el uso de 13 parametros

ZONA	SEÑAL	LATITUD			LONGITUD			LATITUD			LONGITUD			DIFE
17E-III	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,480	78	27	52,313	-0,651
18W-III	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,461	78	27	52,293	-0,087
18W-IV	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,511	78	27	52,280	-1,581
PROMEDIO		9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,483767	78	27	52,296	-0,773

SIETE PARAMETROS

S.E Chimbote colindante a 3 zonas catastrales y el uso de 07 parametros

ZONA	SEÑAL	LATITUD			LONGITUD			LATITUD			LONGITUD			DIFE
17E-III	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,518	78	27	52,367	-1,812
18W-III	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,574	78	27	52,320	-3,465
18W-IV	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,440	78	27	52,305	0,534
PROMEDIO		9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,5107	78	27	52,330	-1,581

TRES PARAMETROS

S.E Chimbote colindante a 3 zonas catastrales y el uso de 03 parametros

ZONA	SEÑAL	LATITUD			LONGITUD			LATITUD			LONGITUD			DIFE
17E-III	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,5220	78	27	52,351	-1,92
18W-III	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,5768	78	27	52,331	-3,56
18W-IV	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,4633	78	27	52,307	-0,16
CONVERT	CHIMBOTE B.S.E.	9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,272	78	27	52,485	5,588
PROMEDIO		9	11	9,458	78	27	52,31	9	11	9,5207	78	27	52,329	-1,881

S.E MARCONA (18-E-VI)

S.E Marcona colindantes a 3 sonas catastrales y el uso de 13 parámetros 13 PARAMETROS

ZONA	NOMBRE	COORDENADAS IGN						COORDENADAS CALCULADAS POR RPM						ISCREPANCIA	
		LATITUD			LONGITUD			LATITUD			LONGITUD			LAT (m)	LON(m)
18-E-VI	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,682	75	1	56,1513	-0,087	0,051
18-W-V	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,678	75	1	56,1463	0,024	0,201
18-E-V	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,682	75	1	56,1466	-0,075	0,192

S.E Marcona colindantes a 3 sonas catastrales y el uso de 07 parámetros 7 PARAMETROS

ZONA	NOMBRE	COORDENADAS IGN						COORDENADAS CALCULADAS POR RPM						ISCREPANCIA	
		LATITUD			LONGITUD			LATITUD			LONGITUD			LAT (m)	LON(m)
18-E-VI	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,666	75	1	56,1596	0,387	-0,198
18-W-V	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,793	75	1	56,1076	-3,432	1,362
18-E-V	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,763	75	1	56,0796	-2,508	2,202

PROMEDIO	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,7407	75	1	56,116	-1,851	1,122
----------	----	----	-------	----	---	--------	----	----	--------	----	---	--------	--------	-------

3 PARAMETROS

S.E Marcona colindantes a 3 sonas catastrales y el uso de 03 parámetros

ZONA	NOMBRE	COORDENADAS IGN						COORDENADAS CALCULADAS POR RPM						ISCREPANCIA	
		LATITUD			LONGITUD			LATITUD			LONGITUD			LAT (m)	LON(m)
18-E-VI	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,676	75	1	56,1883	0,102	-1,059
18-W-V	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,809	75	1	56,0806	-3,900	2,172
18-E-V	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,786	75	1	56,0399	-3,210	3,393
CONVERT	S.E. MARCONA	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,9391	75	1	56,081	-7,802	2,168

PROMEDIO	15	10	1,679	75	1	56,153	15	10	1,7569	75	1	56,103	-2,336	1,502
----------	----	----	-------	----	---	--------	----	----	--------	----	---	--------	--------	-------

Nota : El promedio es hallado con los valores de las tres zonas catastrales sin considerar el valor del convert

CUADRO DE MEDICIONES GPS , PROCESADAS CON SOFTWARE DE UNA FRECUENCIA COMPARADAS CON LOS VALORES OBTENIDOS CON EQUIPOS DE DOBLE FRECUENCIA

SEÑALES	EQUIPOS	DISTANCIA Inclinada (m)	COORDENADAS EN WGS-84						Discrepancias(m)	
			LATITUD			LONGITUD			Latitud	Longitud
			Grad	Minu.	Según.	Grad.	Minu	Según.		
IPEN-C° COLORADO	Geoexplorer Vs Geoexplorer	218542,641	13	53	27,2052	76	11	25,6634	-0,57117	0,41718
IPEN-C° COLORADO	Base Comu. Vs Geoexplorer	218541,569	13	53	27,1757	76	11	25,6834	0,31383	-0,18282
IPEN-N.E MARCONA	Base Comu. Vs Geoexplorer	388797,187	15	1	9,2799	75	1	47,6525	-0,98613	0,04971
IPEN-SALINAS	Base Comu. Vs Geoexplorer	105480,512	11	17	46,5335	77	33	4,3838	-0,07206	0,71547
IPEN-MORRO CLARITA	Base Comu. Vs Geoexplorer	138253,013	13	9	53,9102	76	22	1,47633	-0,05400	0,01590
IPEN-ALTO PISCO	Base Comu. Vs Geoexplorer	190769,281	13	35	8,8915	76	8	30,6481	-0,25038	-0,04038
IGN-MORRO CLARITA	4000 SSI Vs Geoexplor	137064,643	13	9	53,9136	76	22	1,48923	-0,28281	0,37227
IGN-ALTO PISCO	4001 SSI Vs Geoexplor	189554,525	13	35	8,8915	76	8	30,6692	-0,24945	0,59262