

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MANUAL PRÁCTICO DE OPERACIÓN DEL RECEPTOR TERRESTRE MARCA  
TRIMBLE 4000 SSE, USADO EN LEVANTAMIENTOS ESTÁTICOS  
SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS)

TESIS  
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS ENRIQUE VELÁSQUEZ FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Guatemala, marzo de 1997

08

T(3918)

C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

MANUAL PRÁCTICO DE OPERACIÓN DEL RECEPTOR TERRESTRE MARCA  
TRIMBLE 4000 SSE, USADO EN LEVANTAMIENTOS ESTATICOS  
SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la  
Escuela de Ingeniería Civil con fecha 3 de julio de 1996.

CARLOS ENRIQUE VELÁSQUEZ FLORES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2o	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o	Br. Victor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o	Br. Wagner Gustavo López Caceres
SECRETARIO	Ing. Gilda M. Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Miriam Ruballos de Rossal
EXAMINADOR	Ing. Arlinton Samuel Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Gabriel Ordóñez Morales
SECRETARIO	Ing. Gilda M. Castellanos de Illescas

Guatemala, 5 de marzo de 1997

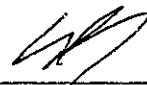
Ingeniero  
Enrique René González Carrera  
Coordinador del Área de Topografía  
Escuela de Ingeniería Civil,  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado la tesis del estudiante universitario Carlos Enrique Velásquez Flores, titulado "MANUAL PRÁCTICO DE OPERACIÓN DEL RECEPTOR TERRESTRE MARCA TRIMBLE 4000 SSE, USADO EN LEVANTAMIENTOS ESTÁTICOS, SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS)".

El trabajo en mención satisface los requisitos que exige la Facultad, por lo cual recomiendo que se continúe con los trámites para la aprobación de la misma.

Sin otro particular, me suscribo de usted atentamente.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Antonio E. Pellecer Solís  
Colegiado No. 581  
Asesor.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 5 de marzo de 1996

Ingeniero:  
Jack D. Ibarra S.  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Civil  
Presente.

Estimado señor Director:

Por este medio informo a usted que he conocido el informe presentado por el Ingeniero Antonio Pellecer Solís, asesor, sobre el trabajo de tesis titulado "MANUAL PRÁCTICO DE OPERACIÓN DEL RECEPTOR TERRESTRE MARCA TRIMBLE 4000 SSE. USADO EN LEVANTAMIENTOS ESTÁTICOS. SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS)", desarrollado por el estudiante universitario Carlos Enrique Velásquez Flores.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con lo establecido y que será de mucha utilidad para estudiantes y profesionales de la ingeniería, el suscrito recomienda su aprobación.

atentamente

Ing. René González Carrera  
Coordinador del Área de Topografía



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del asesor Ing. Antonio Pellecer Solís y del Coordinador del Area de Topografía, Ing. Enrique René González Carrera, del trabajo de tesis del estudiante Carlos Enrique Velásquez Flores, titulado MANUAL PRACTICO DE OPERACION DEL RECEPTOR TERRESTRE MARCA TRIMBLE 4000 SSE, USADO EN LEVANTAMIENTOS ESTATICOS. SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS), da por este medio su aprobación a dicha tesis.

  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, marzo de 1, 1997.

JDIS/bbdeb.



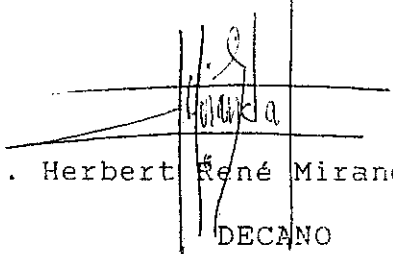
**FACULTAD DE INGENIERIA**

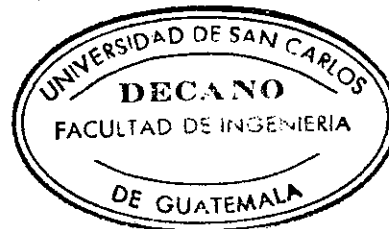
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis MANUAL PRACTICO DE OPERACION DEL RECEPTOR TERRESTRE MARCA TRIMBLE 4000 SSE, USADO EN LEVANTAMIENTOS ESTATICOS. SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS), del estudiante Carlos Enrique Velásquez Flores, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barricos  
DECANO



Guatemala, marzo de 1,997

/bbdeb.

Agradecimientos A:

Dios, fuente de energía y sabiduría

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por la excelente formación académica recibida en esa inolvidable y amada casa de estudios

La Dirección de Límites y Aguas Internacionales por el apoyo y la colaboración prestados en la realización de la presente tesis, en especial a:

Ing. José Luis Ordóñez Ochoa, Director  
Ing. Enrique René González Carrera  
Ing. Dionísio Villegas Cancinos  
Ing. José Efraín Aguilera V.

Personal de la Dirección de Límites y Aguas Internacionales, que colaboró con la operación de los receptores GPS en el presente trabajo:

Sr. Leonel García Urrea  
Sr. Raúl Mazariegos Guerra  
Sr. Raúl Ureta Alvarez

Los instructores del adiestramiento de GPS de la compañía MULTITEK, Ingenieros Rolando Martínez y Edgar Alvarez

Los instructores del Seminario GPS SPECTRUM, auspiciado por la empresa AGENCIAS CIRC, Ingeniero Carlos Castro y Sr. René González Peinado

Los instructores del curso de GPS FOR THE SURVEYOR del Defense Mapping School, Fort Belvoir, auspiciado por el DMA para Guatemala y el Instituto Geográfico Militar:

Sgt. John Clark  
Sgt. Ernest Daggett

Ingeniero Antonio Pellecer Solís, por su asesoría en el presente trabajo

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



Acto y tesis que dedico

A mis padres

Jorge Gregorio Velásquez Rosler  
Isabel Flores de Velásquez

A mi esposa

Carmen Patricia Blanco de Velásquez

A mis Hijos

Carlos Estuardo  
Patricia Isabel  
Luz María de los Angeles

A mis Hermanos

Jorge Roberto  
María Teresa  
Fernando Eliseo  
Virginia Elizabeht

A mis familiares

A la Facultad de Ingeniería

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A mis Amigos.

## ÍNDICE

	página
Glosario	1
Objetivos	5
Introducción	6
Introducción al Sistema Global de Posicionamiento (GPS)	7
Introducción a normas de precisión y equipo	13
Introducción a DOS Y/O WINDOWS	18
Coordenadas, datums y transformaciones	20
Especificaciones horizontales y verticales	23
Inspección previa para levantamientos del Sistema Global de Posicionamiento	24
Planeamiento del levantamiento	28
Instalación del equipo de campo	34
Técnicas de levantamiento estático	36
Procesamiento de datos	49
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Bibliografía	55

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS, DIAGRAMAS TABLAS Y DATOS  
PROCESADOS

	página
- Figura No. 1 Ajuste de tiempo	14
- Figura No. 2 Dilución geométrica de precisión	14
- Figura No. 3 Dilución geométrica de precisión	14
- Figura No. 4 Cortina de obstrucción	25
- Figura No. 5 Brújula con alidada	25
- Figura No. 6 Clinómetro	25
- Figura No. 7 Levantamiento de Cortinas	26
- Gráfica No.1 Croquis de visibilidad de la estación	27
- Gráfica No.2 Number SVs and PDOP	32
- Tabla No. 1 Auto Time Calculation	33
- Figura No.8 conexión receptor terrestre antena	35
- Figura No.9 Receptor Terrestres TRIMBLE 4000 SSE	37
- Datos de Salida de la computadora posiciones geodésicas	50
- Datos de salida de la computadora posiciones geodésicas	51
- Datos de salida de la computadora Network Map	52

## GLOSARIO

### BASE

Se denomina base a una estación de referencia, compuesta de un receptor terrestre GPS, instalado en un punto, del cual se conocen sus coordenadas: latitud, longitud y altura, referidas a un sistema conocido o a un sistema arbitrario

### BANDA L

Grupo de radiofrecuencia que se extiende desde 390 a 1150 MHz.

Las frecuencias portadoras de las señales GPS 1227.6 MHz y 1575.42 MHz, están en la banda L

### CARRIER PHASE

Es la diferencia entre la señal portadora generada por un oscilador interno en el receptor terrestre GPS y una señal portadora emitida por cada satélite.

### CEP (ERROR CIRCULAR PROBABLE)

Medida estadística de la precisión horizontal. El valor CEP (error circular probable) está definido como un círculo de un radio específico que contiene el cincuenta por ciento de los puntos obtenidos.

### CÓDIGO C/A (COARSE ACQUISITION)

Llamado código civil, es el que se moduló a la señal L de los satélites GPS. Este código provee una secuencia de un mil veintitrés códigos binarios bifásicos, arreglados en un patrón pseudoaleatorio, a un mil veintitrés MHz, teniendo un período de repetición de un milisegundo.

### CÓDIGO P (PRECISION CODE)

Llamado código protegido o de precisión. Son frecuencias moduladas emitidas por los satélites GPS de secuencia larga, de tipo binario pseudoaleatorio, a diez punto veintitrés MHz. El segmento de duración de este código es de una semana y es único para cada uno de los satélites

## CONSTELACIÓN

Grupo de satélites GPS, en un conjunto de veintiocho satélites, de los cuales veinticuatro se encuentran en seis planos orbitales (cuatro satélites por plano orbital) y cuatro satélites se encuentran en reserva, tendiéndose a incrementar el número de satélites.

## CORRECCIÓN DIFERENCIAL

Es el proceso de corregir posiciones GPS de un lugar desconocido en relación a datos recibidos simultáneamente en un punto conocido (base).

## DATUM

Dato o referencia. Punto de partida, línea o plano de referencia.

## EFEMÉRIDES

Predicción de la posición de los satélites GPS los que transmiten en la señal recibida por los receptores terrestres GPS.

Puede ser analizada por cualquier programa de planificación para GPS.

## ENLACE

Acción en la cual los receptores terrestres GPS captan la señal de radio de uno o varios satélites GPS, para entablar una comunicación en un solo sentido, de satélites a receptor terrestre.

## GPS (GLOBAL POSITIONIONING SYSTEM)

Sistema global de posicionamiento. Consiste en tres segmentos:

El espacial: Actualmente es un grupo de veintiocho satélites NAVSTAR en seis órbitas diferentes.

El control terrestre: Consiste en una estación central, cinco estaciones de monitoreo y tres de ajuste.

El usuario: Es toda la gama de receptores terrestres GPS que opera en tierra.

## INTERFEROMETRÍA

Técnica relativa a la medición de las franjas de interferencia

## INTERFERÓMETRO

Cualquiera de los instrumentos ópticos, acústicos o de frecuencia de radio, que usan fenómenos de interferencia entre una onda de referencia y una experimental, o entre dos partes de una onda experimental, con el fin de determinar velocidades y longitudes de onda, distancias y direcciones

## IONÓSFERA

Es la capa de la atmósfera cargada de partículas eléctricas, comprendida aproximadamente entre los 128 y 193 kilómetros a partir de la superficie terrestre.

## LÍNEA DE BASE

Distancia horizontal o inclinada entre dos receptores terrestres GPS.

## MHz (MEGA HERTZ)

Unidad de medida de la frecuencia, relacionada con un millón de repeticiones en una unidad de tiempo.

## NAVSTAR

Son las siglas con que se designa a los satélites GPS, del acrónimo formado de NAVigation Satellite Timing And Ranging.

## PDOP (POSITION DILUTION OF PRECISION)

Factor de precisión relacionado con la calidad de la señal en relación a la constelación. En general, mientras más pequeño sea ( $<6$ ), la posición en tres dimensiones será más precisa.

## PRN (PSEUDORANDOM NOISE)

Señal que transmite un código que aparentemente es distribuido de manera aleatoria al igual que el ruido, pero que puede ser reproducido de manera exacta. Cada satélite NAVSTAR produce un código PRN único.

## OBJETIVOS

### GENERALES

- a) Dar a conocer, a través del presente manual práctico, la operación del Sistema Global de Posicionamiento (GPS) para levantamientos estáticos, específicamente el uso del receptor terrestre GPS marca TRIMBLE 4000 SSE.
- b) Hacer conciencia de la importancia del uso del Sistema Global de Posicionamiento (GPS).

### ESPECÍFICOS

- a) Aplicar la tecnología del Sistema Global de Posicionamiento (GPS), en los levantamientos de control geodésico.
- b) Describir el método estático utilizado en trabajos geodésicos.
- c) Evaluar los resultados obtenidos.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios respecto a la forma y representación de la tierra, son de gran importancia para conocer la localización de los lugares de interés histórico, cultural, social, económico y político, los cuales han impulsado el desarrollo de los países del mundo.

Actualmente, la tecnología avanza con gran rapidez, innovando día a día métodos y sistemas que se emplean en la industria y el desarrollo del mundo entero.

Se han creado métodos y modelos matemáticos, para representar la forma y localizar los puntos de la Tierra, todos ellos laboriosos y tediosos.

Uno de los métodos modernos que facilita lo anteriormente expresado, ya que intervienen satélites, receptores y computadoras, es el conocido como Sistema Global de Posicionamiento (GPS), que es de relativa fácil operación.

El presente trabajo da a conocer una introducción al Sistema Global de Posicionamiento (GPS, por sus siglas en el idioma inglés), explica la forma de operación del receptor terrestre marca TRIMBLE 4000 SSE en su aplicación para levantamientos del modo estático, cuenta con un ejemplo de un levantamiento estático preplaneado, y presenta la solución del levantamiento que consiste en un informe y un gráfico procesados usando el software GPSurvey, en una computadora IBM.

La presentación del Sistema Global de Posicionamiento (GPS), está basada en el sistema de coordenadas convencionales WGS-84 y tiene la capacidad de utilizar cualesquiera de las proyecciones conocidas; es decir, la Proyección Transversal de Mercator (UTM), de datum horizontal, el Norteamericano de 1927 para América Central.

El Sistema Global de Posicionamiento (GPS), de manera rápida y precisa en cualquier lugar del planeta y en cualquier condición atmosférica, determina posición, tiempo, y velocidad.



INTRODUCCIÓN  
AL  
SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO

Generalidades

El Sistema Global de Posicionamiento (GPS) fue desarrollado para reemplazar el sistema TRANSIT, debido a dos grandes problemas que tenía el sistema.

El principal problema eran los grandes lapsos o períodos de tiempo para obtener la señal de los satélites (enlazar satélites); los usuarios debían interpolar su posición entre cada enlace; el segundo problema era su baja precisión para fines de navegación.

El Sistema Global de Posicionamiento (GPS) fue creado con el objetivo de mejorar la navegación.

Fue concebido como un sistema que trabaja en base a distancias desde las posiciones conocidas de satélites en el espacio, hacia las posiciones desconocidas en tierra, mar y aire.

El GPS fué usado en un principio por las Fuerzas de Operación Especial del Ejército de los Estados Unidos de Norte América, quien planeo incorporar un receptor terrestre GPS a todos sus sistemas de defensa.

La visión que se tenía en ese entonces, era de que cada aeronave, barco, vehículo y grupo de infantería, tendría un receptor terrestre GPS, apropiado para coordinar sus actividades militares.

El Congreso de los Estados Unidos de Norte América pidió promover el uso civil, debido a su utilidad en los sistemas de navegación.

Esto fue acelerado con los receptores terrestres utilizados para levantamientos geodésicos, trabajándose inicialmente en establecer redes geodésicas de alta precisión.

El concepto de usar interferometría en lugar de la solución Doppler que usaba el sistema anterior, significó que el Sistema Global de Posicionamiento (GPS), podría ser usado no solamente para determinar líneas base de gran longitud para fines geodésicos, sino también para levantamientos topográficos.

Hoy en día, el Sistema Global de Posicionamiento (GPS) está siendo usado no sólo para fines militares, sino también civiles, en toda clase de levantamientos de controles geodésicos y topográficos. Se están efectuando evaluaciones con el objeto de usar el sistema de fotografía aérea para su posición y con esto reducir el control de tierra o sea el control de campo para mapeo.

El GPS es un sistema de navegación, posicionamiento, y fuente de la hora exacta, referida al meridiano de Greenwich, que provee dos niveles de servicio, siendo éstos los siguientes:

- a) Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS):  
Para el público, y que se encuentra disponible para todos los usuarios; su precisión puede ser degradada por disponibilidad selectiva; fue usado por los usuarios militares antes de que fuera establecido el código P.
  
- b) Servicio de posicionamiento preciso (PPS):  
Para el uso del Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de Norte América.  
Es disponible solamente a los usuarios que poseen receptores con código P.

El Sistema Global de Posicionamiento está disponible en cualquier condición atmosférica, continuamente, globalmente, e inmediatamente (tiempo real).

La posición se computa mediante mediciones de frecuencias que son enviadas por los satélites.

El GPS logra localizar con la mayor precisión cualquier punto en un sistema coordinado de tres dimensiones, las cuales son: latitud, longitud y altura, sobre la superficie del geode.

Para lograr su objetivo, el sistema utiliza satélites, receptores y computadoras; debido a esto, el sistema se divide en tres segmentos que son:

El espacial: Actualmente es un grupo de veintiocho satélites NAVSTAR en seis órbitas diferentes.

El control terrestre: Consiste en una estación central, cinco estaciones de monitoreo y tres estaciones de ajuste.

El usuario: Es toda la gama de receptores terrestres GPS que opera en tierra.

### Segmento espacial

La constelación de satélites NAVSTAR (satélites GPS) es un grupo de veintiocho satélites, de los cuales veinticuatro se encuentran funcionando en seis planos orbitales y cuatro están en reserva en la actualidad, pero se espera aumentar el número de satélites para mejorar la precisión.

Las órbitas de los satélites son circulares, con períodos orbitales de 12 horas y altitudes de 20.000 kilómetros en promedio, encontrándose cada órbita con una separación de 200 kilómetros entre sí para evitar colisiones.

Los satélites fueron colocados de tal forma para que estén visibles, un mínimo de seis para cualquier usuario en cualquier parte del mundo.

Los satélites poseen relojes atómicos y un equipo auxiliar que incluye dos paneles solares para su fuente de energía y un sistema de propulsión que permite hacer ajustes en las órbitas y estabilizar los mismos.

La base para la precisión del GPS, es el ajuste de tiempo y la dilución geométrica de los satélites (PDOP).

Los satélites emiten señales de radio continuamente, en las frecuencias L1 y L2, con códigos y el mensaje de navegación modulado sobre una señal portadora, que captan los equipos electrónicos de los receptores terrestres.

### Segmento de control

En tierra existe una plataforma de estaciones terrestres. Son unidades de control y monitoreo desde las cuales se pueden ajustar las señales y sobre todo la posición de los satélites.

El segmento de control está formado por:

- La estación maestra de control
- Estaciones de monitoreo
- Antenas terrestres

Son tareas del segmento de control las siguientes:

- El rastreo de satélites del GPS
- Análisis y pronóstico de las órbitas
- La actualización del mensaje de navegación

La estación maestra de control se encuentra localizada en Colorado Spring, Estados Unidos de Norte América.

Las estaciones de monitoreo se encuentran localizadas en: la isla de Hawaii, océano Pacífico; Colorado Spring, Estados Unidos de Norte América; la isla de Ascensión en el océano Atlántico; la isla Diego García en el océano Indico británico; y la última en la isla de Kwajalein en el mar septentrional, en el océano Pacífico.

#### Segmento de usuario

Este segmento cuenta con diferentes tipos de receptores terrestres GPS.

Se clasifican en base a la disponibilidad del tipo de código (C/A o P), siendo éstos los siguientes:

- a) Receptores terrestres con código C/A pseudorange
- b) Receptores terrestres con código C/A con carrier phase
- c) Receptores terrestres con códigos C/A y P con carrier phase

Al estar en un lugar despejado, estos receptores terrestres pueden ser activados en cualquier momento, en aproximadamente cinco minutos; enlazan satélites que emiten señales que captan los equipos electrónicos de los receptores terrestres que las computan y decodifican para dar como resultado información de la localización de dónde está ubicado geográficamente el receptor terrestre, obteniéndose una posición con cierto grado de precisión, que depende del tipo de receptor terrestre.

Con los receptores terrestres de medición b) y c) de las características mencionadas: (receptores terrestres con códigos C/A y P con carrier phase y receptores terrestres con código C/A con carrier phase), se pueden efectuar levantamientos donde intervienen varios receptores terrestres GPS; luego los datos recibidos son trasladados a computadoras para con el correspondiente software (GPSurvey, GPLoad Plan y Wave) hacer los ajustes necesarios para alcanzar una mayor precisión.

## Cómo trabaja el Sistema Global de Posicionamiento (GPS)

Para posicionar un punto en cualquier lugar de la tierra, únicamente es necesario tener un receptor terrestre GPS, para tener una posición aproximada en un rango no mayor de cincuenta metros.

Si se utiliza un receptor terrestre GPS como estación base, y como mínimo otro como móvil (rover), y luego en gabinete se procesa la información, se pueden obtener precisiones menores de los cinco metros, hasta llegar a precisiones dentro del centímetro, dependiendo del tipo de receptor terrestre GPS y de los programas con que se procese la información.

La forma de operación es la siguiente:

Los satélites que están activos y controlados por las estaciones de monitoreo, están enviando constantemente señales de radio, y al ser activado un receptor terrestre GPS, luego de esperar un tiempo prudencial (cinco minutos), se logra un enlace de la señal de los satélites y con un mínimo de tres satélites y un buen PDOP (ver glosario), se logra obtener la posición de un punto en dos dimensiones, con cierta precisión.

Los receptores terrestres GPS dan como solución una posición obtenida después de un complejo cálculo matemático de una variante de la ecuación de la velocidad  $V=e/t$ , en la cual se incluyen parámetros que afectan el medio en el que circula la señal (por ejemplo la ionósfera).

Se necesita tener enlazados como mínimo cuatro satélites para tener la posición de un punto en tres dimensiones (latitud, longitud y altura).

Los receptores terrestres GPS poseen una microcomputadora capaz de procesar y resolver el sistema de ecuaciones y dar como resultado información de la posición, en cualquier sistema de coordenadas, pudiendo ser en el sistema WGS 84.

Los receptores terrestres GPS tienen la capacidad de escoger la mejor configuración de satélites, es decir que si el receptor terrestre, por ejemplo, tiene enlazados ocho satélites, utilizará la señal de los cuatro satélites que

formen la mejor constelación, para mostrar en pantalla o grabar la información de la posición más precisa del punto.

Aplicaciones del Sistema Global de Posicionamiento (GPS)

Específico para fines militares

Navegación de tránsito y terminal

Aproximaciones no precisas de aviones a pistas

Sistema de Información Geográfica (GIS)

Posicionamiento de plataformas petroleras en el mar

Topografía

Geodesia

Cartografía

Fuente de tiempo exacto

## INTRODUCCIÓN A NORMAS DE PRECISIÓN Y EQUIPO

### NORMAS DE PRECISIÓN

#### Ajuste del tiempo

Se logra por medio de la señal de frecuencia que los satélites emiten, la cual es controlada por relojes atómicos, que cada satélite posee; dos relojes son de cesio, lo que permite que sean estables por tiempo super largo, pues pierden 1 segundo por cada 300,000 años; y otros dos relojes son de rubidio siendo estable por tiempo largo, perdiendo 1 segundo por cada 30,000 años. En la figura número uno, se puede ver gráficamente. Los satélites A y B emiten cada uno una señal, las cuales se pueden determinar como radios de circunferencias que se intersectan, determinando la posición XX; el satélite C envía otra señal, acortando las señales de los satélites A y B; estas tres señales al intersectarse determinan la posición X, permitiendo el ajuste del tiempo. Al tener una cantidad mayor de satélites, mayor será la precisión.

Estas altas normas de precisión en la frecuencia son las que permiten producir la señal de banda L, de la que se derivan las frecuencias  $L1 = 1575.42$  MHz y  $L2 = 1227.60$  MHz, que son duales y esenciales para eliminar las fuentes mayores de error, principalmente de los efectos producidos por la ionósfera.

#### La Dilución Geométrica de Precisión (PDOP)

Está determinada por la posición geométrica de los satélites ya que cuando la distancia entre ellos es adecuada, las señales se intersectan en un espacio menor; esto se representa en la figura número dos, donde el espacio de intersección se representa por un cuadrado que cuanto más pequeño sea, mayor será la precisión.

Cuando los satélites están muy cerca uno de otro, la señal se intersecta en espacios muy grandes; esto se representa en la figura número tres, donde el espacio de intersección se representa por un rectángulo.

## AJUSTE DE TIEMPO

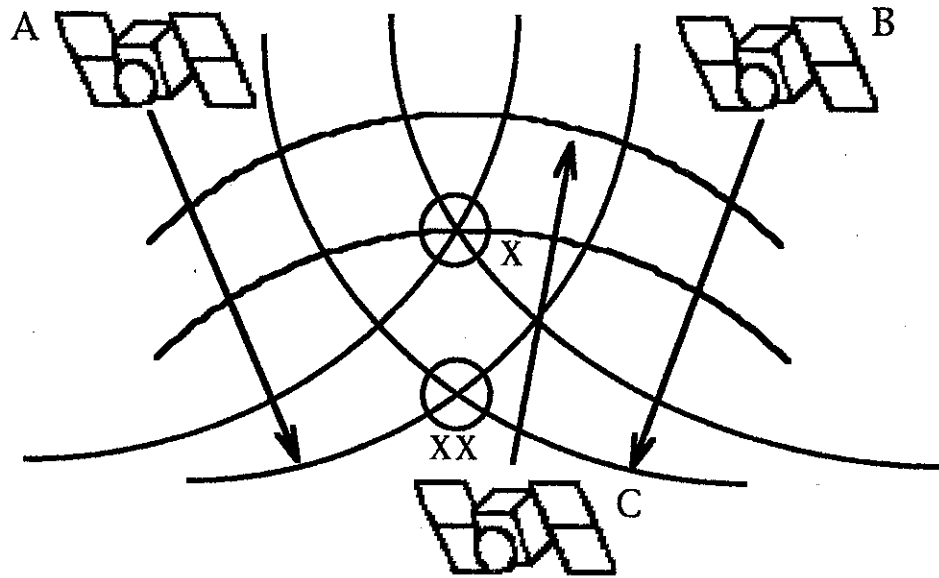


Fig. 1

## DILUCIÓN GEOMÉTRICA DE PRECISIÓN

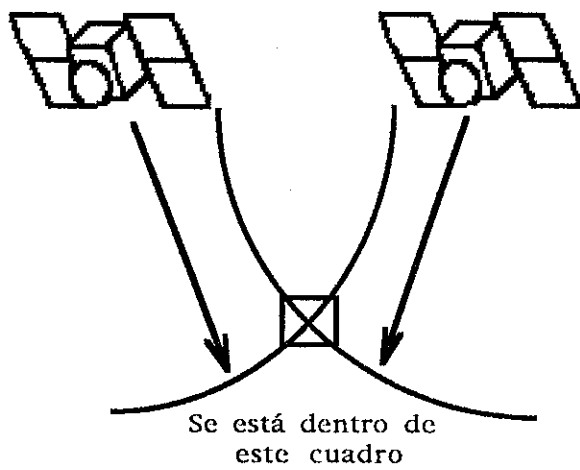


Fig. 2

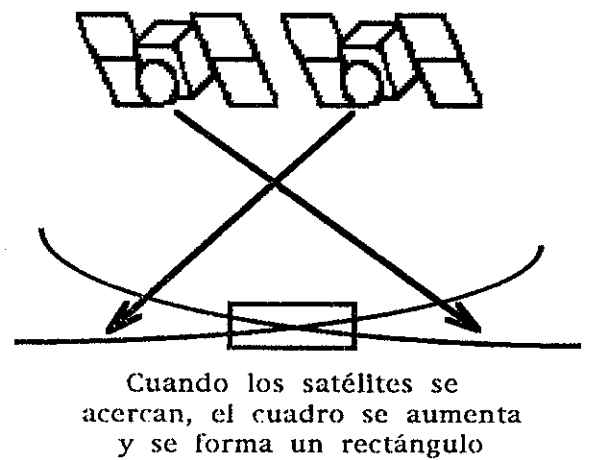


Fig. 3



### Código de Ruido Seudoaleatorio (PRN)

Es una cadena de impulsos de "on" Y "off" representando una serie larga y binaria de "unos" y "ceros", que al observador parecen ocurrir de manera casual.

Permite la identificación de los satélites y posibilita la determinación de la posición en tiempo real.

Es resistente a la interferencia intencional o no intencional por otras fuentes de radioseñales.

### Mensaje de Navegación

Contiene lo siguiente:

- Efemérides de los satélites
- Parámetros para correcciones de los relojes
- Información sobre el estado físico del satélite
- Información del almanaque

### Disponibilidad Selectiva (S/A)

Introduce errores a propósito en las efemérides de los satélites y los parámetros de los relojes; causa degradación de la precisión.

### Anti-Spoofing

Anti-Spoofing es codificar el código P para prevenir el uso de transmisiones falsas, lo cual se logra sumando los códigos P y W lo cual da como resultado el código Y.

### Contra engaño (AS):

Consiste en truncar el mensaje de navegación de manera tal que las coordenadas de los satélites no pueden ser computadas con precisión; el error de posición de los satélites se traduce en un error similar para la posición obtenida por los receptores terrestres.

### Negación de acceso

El diseño del Sistema Global de Posicionamiento posee la facultad esencial de poder apagar el código P como una medida de negar el acceso de dicho código a todos los usuarios civiles.

La lógica de este método es prevenir que las fuerzas enemigas envíen señales falsas de tipo GPS.

Los equipos utilizados para mediciones de precisión cuentan con un decodificador para leer el código P.

## EQUIPO

El equipo para realizar levantamientos en el modo estático depende de la actividad que se realiza. Un levantamiento se puede dividir en tres fases:

- Inspección previa
- Recolección de datos
- Post proceso

Cada una de estas fases o actividades necesita de un equipo adecuado para realizarla

En la fase de la inspección previa es necesario contar con los siguientes instrumentos:

- Clinómetro
- Brújula con alidada
- Tablero portátil
- Hoja de formato de visibilidad de la estación (obstáculos o cortinas)
- Transportador
- Útiles de dibujo

En la fase de recolectar datos es necesario contar con los siguientes instrumentos:

- Un receptor terrestre GPS (en el presente caso Trimble 4000 SSE)
- Una fuente de energía, que podrá ser de corriente directa con baterías de 9 voltios o un transformador de corriente alterna
- Una antena y su varilla de medición
- Trípode
- Brújula
- Cables, consistentes en uno de conexión de la fuente de energía al receptor terrestre y otro que conecta la antena al receptor terrestre

En la fase de post proceso es necesario contar con los siguientes instrumentos:

- Computadora IBM o compatible
- Software para post proceso
- Receptor terrestre GPS (en el presente caso Trimble 4000SSE) con los datos recolectados
- Cables para la conexión del receptor terrestre a la computadora

Los receptores terrestres con código P con carrier phase usan el código P y en consecuencia pueden enlazarse con cualquiera de las frecuencias L1 o L2, o con las dos (L1 y L2). Una de las ventajas principales de este tipo de receptores es la capacidad de medir LÍNEAS DE BASE de gran longitud (mayores de 100 kilómetros), con una precisión de unos cuantos centímetros.

Otra de las ventajas es que estos receptores terrestres utiliza el código P; pueden medir LÍNEAS DE BASE de mediana longitud (menores de 20 kilómetros), con un período de grabación de 10 minutos y una precisión de unos pocos centímetros.

La precisión que se alcanza con este tipo de receptores terrestres es la mayor que puede ofrecer esta tecnología hasta la fecha, y esto depende de la longitud de la LÍNEA DE BASE; como un ejemplo, en una distancia de 10 kilómetros se alcanza una precisión de alrededor de dos a tres centímetros de error circular probable (CEP).

## INTRODUCCIÓN A DOS Y/O WINDOWS

### DOS

El Sistema Operativo de Disco, (en inglés Disk Operating System (DOS)), consta de una serie de programas que controlan todas las actividades que la computadora realiza.

Su función, por lo tanto, consiste en administrar el trabajo que se realiza en la computadora.

El Sistema Operativo de Disco (DOS), realiza su función administradora mediante una serie de pequeños programas llamados comandos y realiza las tareas que el usuario le solicite.

Configuración es un programa para verificar: fecha, hora, e información, conforme los tiene ingresados la computadora.

### TIPOS DE COMANDOS

Existen dos tipos de comandos, denominados de la siguiente forma:

#### -Comandos Internos

Son aquellos que se cargan en la memoria al momento de encender el computador, y que siempre estarán disponibles hasta que se apague el computador: generalmente son los comandos de uso frecuente.

#### -Comandos Externos

Son aquellos que no están grabados en la memoria, y que para ser utilizados se deben de leer desde el disco.

El Sistema Operativo de disco estará listo para recibir instrucciones cuando en la pantalla aparezca el siguiente prompt:

C >

La letra C representa el drive en uso: éste puede cambiarse a otros drives como A o B

El símbolo > es una característica propia del Sistema Operativo de disco, el cual se puede cambiar por otro símbolo.

## Los comandos mas usados del DOS

-Comand DIR: es un comando interno, el objetivo o uso es el de obtener un directorio o lista de nombres de todos los archivos que se encuentran en un archivo determinado.

-Comando MKDIR: es un comando interno, el objetivo es el de crear directorios en los cuales se graban grupos de archivos o subdirectorios.

-Comando TYPE: Es un comando interno, su objetivo es poder ver el contenido de un archivo.

-Comando PROMPT: Es un comando interno, su objetivo es poder cambiar la característica (prompt) del sistema operativos DOS, el prompt que aparece normalmente en la pantalla.

-Comando COPY: Es un comando interno, su objetivo es poder copiar un archivo o grupo de archivos, desde un directorio a otro directorio diferente.

## WINDOWS

Es un administrador de programas. Sirve para organizar en grupos los programas o aplicaciones que trabaja, por medio de ventanas, las cuales se activan con la flecha del ratón (mouse) y la tecla Enter. Para moverse de ventana a ventana se utiliza la tecla Tab.

La mayoría de ventanas, en su parte superior, tienen una barra de menús. Cuando se abre un menú aparece una lista de comandos que pueden utilizarse para trabajar en la aplicación. Al seleccionar un comando, el administrador Windows, hará que se realice la actividad específica de éste.

El Sistema Global de Posicionamiento trabaja con Windows y tiene el software GPSurvey, GPSurveying, GPLoad, WAVE y GPTrans.

## COORDENADAS, DATUMS Y TRANSFORMACIONES

### SISTEMAS DE COORDENADAS.

Se definen como coordenadas a las cantidades lineales o angulares que designan la posición ocupada por un punto en relación a un sistema de referencia.

La cantidad de sistemas de coordenadas está en función de la cantidad de sistemas de referencia existentes, pudiéndose encontrar gran variedad, tales como: astronómicas, cartesianas, curvilíneas, geodésicas, geocéntricas, topocéntricas, etc.; las cuales se pueden clasificar en tres sistemas principales que son:

Planas  
Esféricas y  
Polares

### DATUMS

Los datums son horizontales y verticales.

El datum horizontal consiste en cinco cantidades: la latitud y la longitud de un punto inicial, el acimut de una línea a partir de este punto, y dos constantes necesarias para definir el esferoide terrestre. Forma la base para el cálculo de los levantamientos de control horizontal en los cuales es considerada la curvatura de la tierra.

El datum de nivelación es una superficie de nivel a la cual son referidas las alturas.

Como dato histórico, se debe mencionar que en los trabajos de la delimitación entre Guatemala y Honduras y entre Guatemala y El Salvador se usó el datum de Ocotepeque, el cual fue sustituido posteriormente por el datum NAD-27.

En los trabajos limítrofes de Guatemala mencionados anteriormente, se utilizó el esferoide (actualmente denominado elipsoide) de Clarke de 1866.

A continuación, se muestra una tabla, conteniendo el nombre de los datums y los parámetros del elipsoide en el que se basan:

WGS-84	DATUM = WGS-84	a= 6378137.0 b= 6356752.3142 1/f= 298.257221563
GRS-80	DATUM = NAD-83	a= 6378137.0 b= 6356752.3141 1/f= 298.257222101
CLARKE 1866	DATUM = NAD-27	a= 6378206.4 b= 6356583.8 1/f= 294.9786982

Los parámetros que sirven para describir la forma y tamaño de un elipsoide de revolución son:

- Semieje mayor, al cual se le denomina con la letra "a" denominado radio ecuatorial de la tierra.
- Semieje menor, al cual se le denomina con la letra "b" denominado radio polar de la tierra.

De los parámetros anteriormente mencionados, se deduce la ecuación del achatamiento elipsoidal (f):

$$f = (a-b)/a$$

NOTA:

Todas las medidas son en metros.

Actualmente, en Guatemala, los mapas están siendo referenciados al NAD-83. El GPS trabaja en base al WGS-84.

#### TRANSFORMACIONES

En mapas de grandes superficies, en los cuales hay que tomar en cuenta la curvatura terrestre, es preciso situar los puntos por sus coordenadas geográficas: latitud, longitud y altura (esta última puede ser opcional). Las dos primeras se expresan en unidades angulares y la tercera en metros y toma como base u origen el nivel medio del mar.

Los puntos se sitúan con respecto a unas líneas representativas de los meridianos y los paralelos terrestres.

A todo el sistema de representación de estos meridianos y paralelos sobre un plano se le llama proyección cartográfica.

El GPS posee un software adecuado para las transformaciones de las coordenadas de un datum a otro datum.



## ESPECIFICACIONES HORIZONTALES Y VERTICALES

En Guatemala no existen especificaciones horizontales y verticales; sin embargo, en esta sección se presentan las usadas en Estados Unidos de Norte América, como una referencia para fines futuros.

### ESTÁNDARES GEOMÉTRICOS RELATIVOS AL POSICIONAMIENTO PARA LEVANTAMIENTOS TRIDIMENSIONALES USANDO TÉCNICAS DE SISTEMA ESPACIAL.

#### Categorías de los levantamientos

##### GEODINAMICAS GLOBAL-REGIONAL:

Medidas de deformación:

Orden "A", base (error) 0.3,

Línea-longitud (error independiente) "P" = 0.01 ppm.

"a" = 1:100,000,000

##### SISTEMA REFERENCIAL GEODÉSICO NACIONAL, REDES "PRIMARIAS", GEODINAMICAS LOCAL-REGIONAL:

Medidas de deformación:

Orden "A", Base (error) 0.5,

Línea-Longitud (error dependiente) "P" = 0.1 ppm.

"a" = 1:10,000,000

##### SISTEMA REFERENCIAL GEODÉSICO NACIONAL, REDES "SECUNDARIAS"; CONEXION A REDES "NGRS PRIMARIAS", GEODINAMICA LOCAL:

##### LEVANTAMIENTOS DE INGENIERÍA DE ALTA PRECISIÓN

Medidas de deformación:

Orden "B", Base (error) 0.8,

Línea-Longitud (error dependiente) = 1 ppm.

"a" = 1:1000,000

##### SISTEMA REFERENCIAL GEODÉSICO NACIONAL, (BASE REDES); LEVANTAMIENTOS DE CONTROL DEPENDIENTES QUE REÚNAN CARTOGRAFÍA, INFORMACIÓN TERRESTRE, PROPIEDAD Y REQUISITOS DE INGENIERÍA.

Orden "C", Base (error) 1.0

Línea-Longitud (error dependiente) = 10 ppm.

"a" = 1:100,000

## INSPECCIÓN PREVIA PARA LEVANTAMIENTOS DEL SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO

En el Sistema Global de Posicionamiento (GPS) no es necesario que los vértices sean visibles uno con otro; la visibilidad se relaciona entre el receptor terrestre (GPS) y los satélites que orbitan en el espacio.

La visibilidad puede ser obstruida por: vegetación, edificios, cerros, montañas, etc.

A estas obstrucciones, que en la realidad son las áreas donde el receptor terrestre (GPS) y los satélites pierden la señal, se les denomina "CORTINAS" en la figura No. 4, se observa que la vegetación obstruye la señal del satélite "C" al receptor terrestre; debido a esto es necesario realizar un levantamiento de obstrucciones, auxiliándose con una brújula de alidada (ver figura No.5) y un clinómetro (ver figura No.6). Las obstrucciones que se encuentren sobre el horizonte del observador a una elevación mayor de quince grados sexagesimales, la cual en el presente caso por tratarse de modo estático, es la elevación, límite de recepción satelar (Threshold Elevation) o máscara de elevación, se deberán anotar de la forma indicada más adelante.

### Trabajo de campo para determinar las cortinas

Con el fin de obtener un diagrama de obstrucciones de acuerdo a las que físicamente se encuentran en los alrededores del vértice, se realiza un levantamiento de cortinas (ver figura No.7); se puede observar un dibujo de planta y perfil donde se indica, como ejemplo, que el observador se encuentra colocado sobre el vértice; se orienta hacia el norte para luego determinar el acimut y el ángulo vertical del punto 1A (acimut  $72^\circ$  ángulo vertical  $40^\circ$ ) y luego los del punto 1B (acimut  $115^\circ$  ángulo vertical  $35^\circ$ ), lo cual se anota y dibuja en un croquis de visibilidad de la estación (ver gráfica No.1)

Esta actividad se realiza en cada uno de los vértices que componen el levantamiento.

La información deberá ser ingresada a la computadora de la forma que se indica en PLANEAMIENTO DEL LEVANTAMIENTO.

CORTINA DE OBSTRUCCIÓN

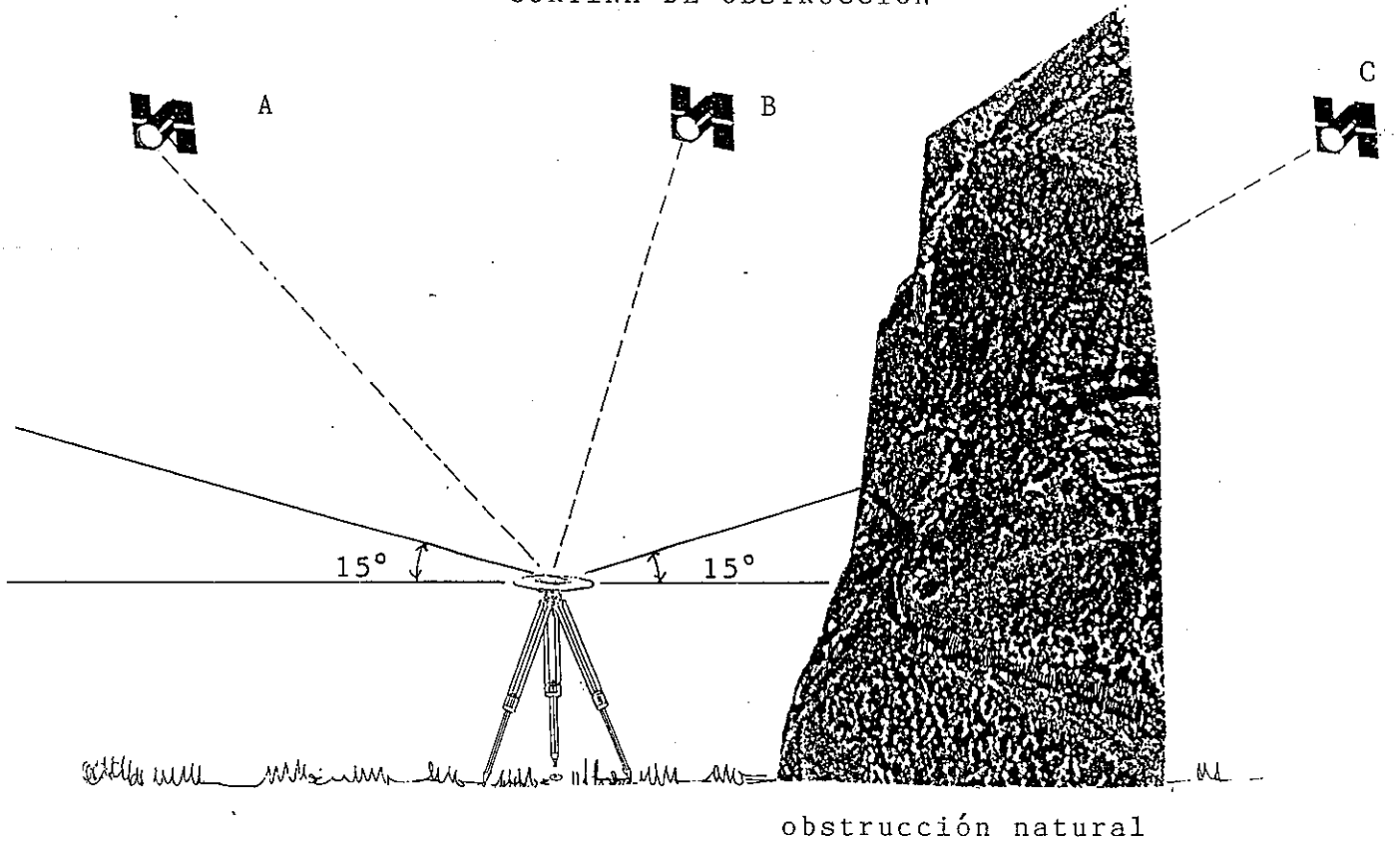
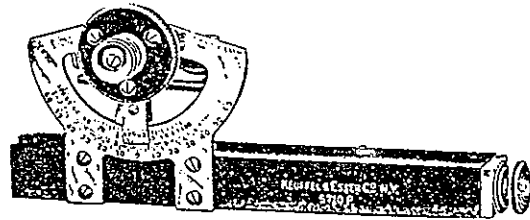


figura No.4

obstrucción natural



Brújula con  
alidada  
figura No. 5

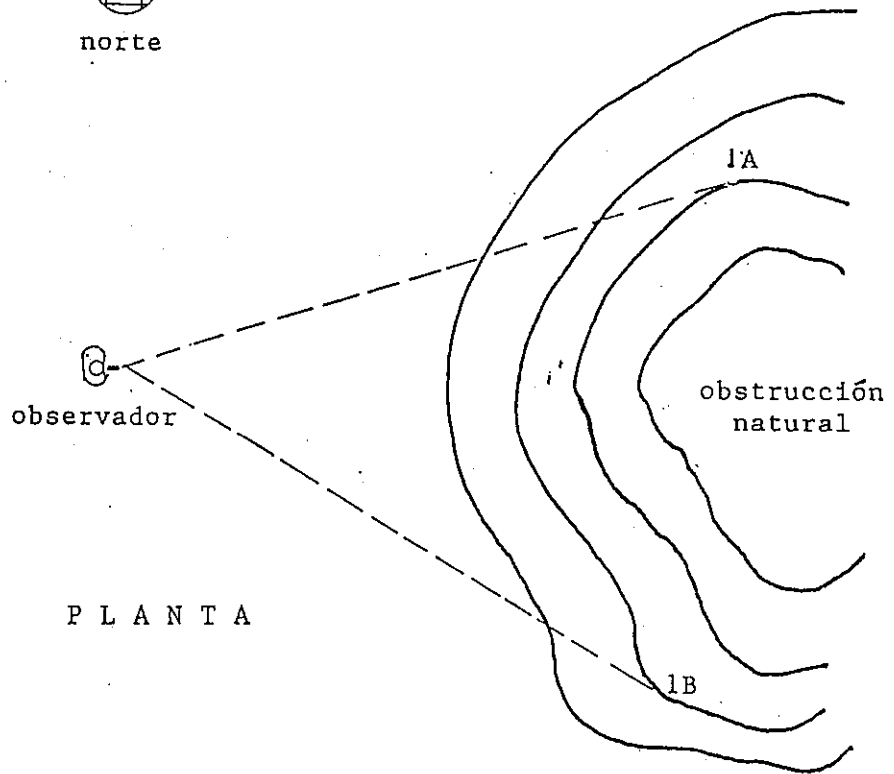


Clinómetro  
figura No.6

Levantamiento de cortinas



norte



PERFIL

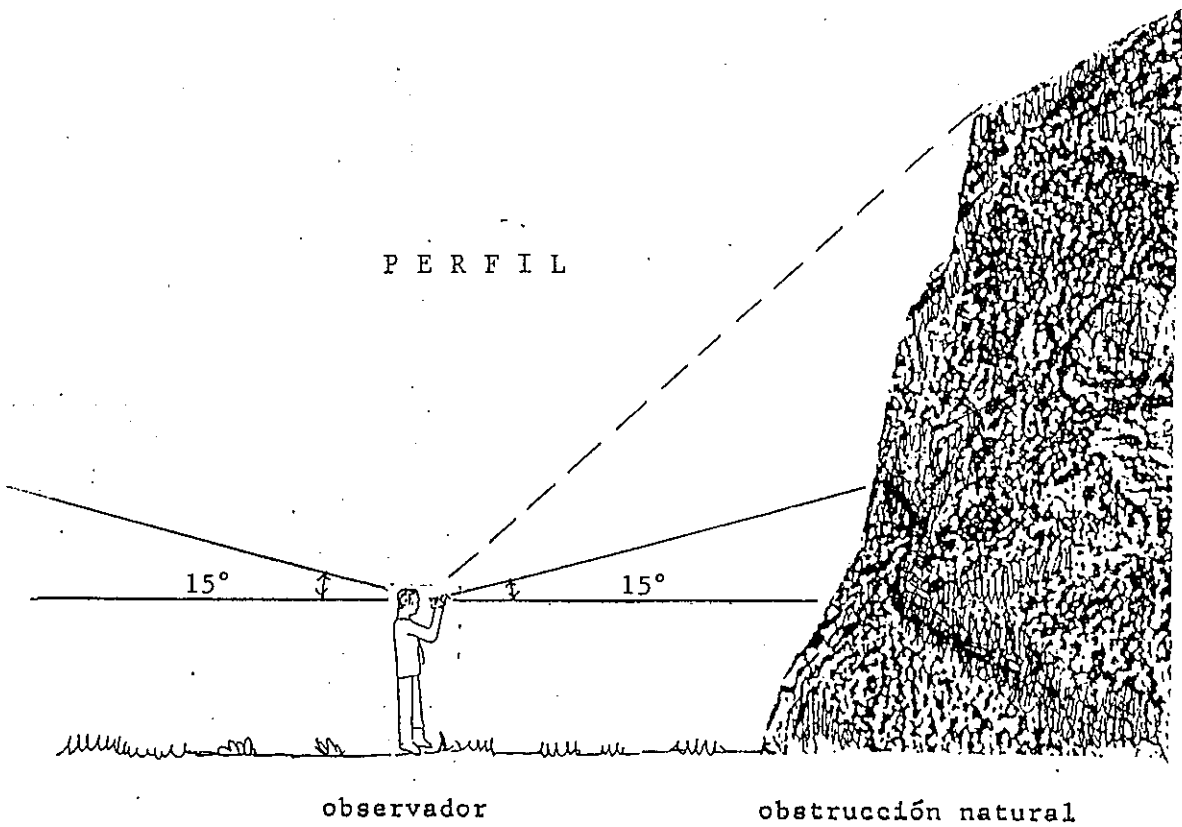
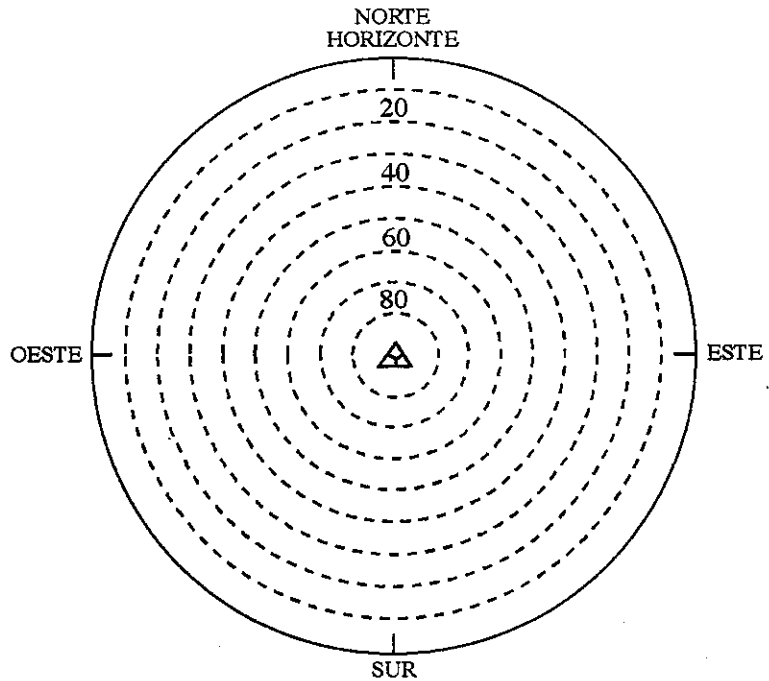


figura No.7

# CROQUIS DE VISIBILIDAD DE LA ESTACIÓN

ESTACIÓN \_\_\_\_\_  
 OBSERVADOR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_



Indicar los límites horizontales y verticales de todos los objetos obstruyendo la vista de los cielos desde una elevación de 15 grados encima del horizonte.

NO	ACIMUT	ÁNGULO VERT	NO	ACIMUT	ÁNGULO VERT	DESCRIPCIÓN
1						
2						
3						
4						
5						
6						
8						
9						
10						

Indicar distancia, dirección, frecuencia y potencia de fuentes conocidas de Radio Frecuencia.  
 Indicar distancia, y los límites horizontales y verticales de cualquier objeto en la vecindad que pueda causar el reflejo de radioseñales (multipath).

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

gráfica No.1

## PLANEAMIENTO DEL LEVANTAMIENTO

El planeamiento del levantamiento consiste en ingresar a la computadora los datos: latitud, longitud y altura aproximados; y los valores de las cortinas, obtenidos en campo, de las estaciones cuyas posiciones se desea determinar. Con estos datos y por medio del software GPSurvey, QUICK PLAN, la computadora procesa y determina las horas adecuadas en las cuales se obtendrán las condiciones óptimas para realizar el levantamiento.

Si no se conocieran los datos: latitud, longitud y altura de las estaciones, el software GPSurvey, QUICK PLAN, posee un menú por medio del cual se puede determinar el lugar aproximado o la ciudad donde se realizará el levantamiento; para esto, el software cuenta con un mapamundi en donde se puede fijar el lugar aproximado con el "ratón de la computadora" (mouse), o se puede determinar la ciudad por un menú donde se encuentran los nombres de las principales ciudades del mundo.

Para los propósitos de ejemplo práctico de esta tesis, se usaron las siguientes estaciones:

### Estación número uno

Se utilizó un monumento situado en la terraza de la Dirección de Límites y Aguas Internacionales, ubicada en la 14 calle "A" 9-49 de la zona 1, de esta capital.

Sus coordenadas aproximadas son

Latitud  $14^{\circ} 37' 58.36''$  N,

Longitud  $90^{\circ} 30' 37.75''$  W

Altura aproximada: 1500 metros.

### Estación número dos

Para esta estación se usó un monumento situado en el INSIVUMEH, ubicado en la 7a. avenida 14-57 de la zona 13

Sus coordenadas aproximadas son:

Latitud  $14^{\circ} 35' 11.031''$  N,

Longitud  $90^{\circ} 31' 58.038''$  W

Altura aproximada: 1500 metros

Estación número tres

Para esta estación se usó un monumento situado en el sitio denominado Dos Arboles, ubicado en la Finca San Vicente, San José Pinula.

Sus coordenadas aproximadas son:

Latitud 14° 32' 23.224''

Longitud 90° 28' 54.128''

Altura aproximada: 1500 metros

Las alturas de las estaciones, se estimaron así por ser poca la diferencia de las verdaderas.

Procedimiento a seguir:

Encender la computadora, abrir Windows, entrar al programa GPSurvey, Se deberán seleccionar los comandos en la siguiente secuencia:

```
QUICK PLAN
(seleccionar el día de la observación)
OK
KEYBOARD
(identificar la estación, ponerle nombre)
TAB
(ingresar latitud, longitud y altura)
TAB
(buscar en Position Quality:)
ESTIMATED COORDINATES
(marcar)
USABLE GPS
OK
OK
SESSION
EDIT SESSION
EDIT
CURTAIN>>
EDIT
EDIT CONTINUOUS CURTAINS
(ingresar valores de cortinas, acimut y
elevación, determinadas en campo)
SAVE CURTAIN
```

Al ingresar los datos en la anterior secuencia, se obtienen las condiciones para una estación; si éste fuera el caso, al presionar OK se termina el proceso; si el levantamiento consta de varias estaciones, se tiene que seguir ingresando los datos de las demás estaciones; para esto se debe de presionar CREATE>> y luego KEYBOARD. Con lo cual se regresa al tercer paso de la secuencia anterior para ingresar los datos de las demás estaciones y al terminar de ingresar los datos de las estaciones se presiona COMBINED CURTAIN, siguiendo de la siguiente manera:

```
OK
OPTIONS
AUTO VIEW TIME SELECTION
(ingresar el número de satélites para
trabajar, las horas de trabajo, el PDOP y el
tiempo mínimo de observación)
OK
OPTIONS
Svs
GRAPHS
(aquí se puede desplegar la gráfica de
satélites y PDOP, ver gráfica No.2)
FILE
GRAPHSLIST TIMES
(este es un listado de los tiempos adecuados)
FILE
PRINT LIST TIMES
(imprime el listado de tiempos de observación,
ver tabla No.1)
```

En la tabla No.1 que se muestra a continuación, denominada "Auto Time Calculation", aparecen datos de salida de la operación del software Quick Plan, en ella se puede observar lo siguiente: escribe el nombre de la estación que se ingresó como primer dato al software; luego anota el número de las otras estaciones que además de ella intervienen en el levantamiento, muestra la latitud y longitud de la primera estación, la fecha de la observación, la máscara de elevación (Threshold Elevation), el tiempo de la zona y el tiempo de grabación de datos.

En la parte intermedia muestra: los datos que se le ingresaron al software en el comando "AUTO VIEW TIME SELECTION", siendo los siguientes: número de satélites, el



PDOP, el inicio y final de las horas de trabajo y el tiempo mínimo de observación.

En su parte final presenta los datos de salida, que consisten en un listado de los tiempos de observación, presentando la hora inicial, la hora final y el tiempo de duración de cada observación.

# Number SVs and PDOP

Point: cila + 2 others

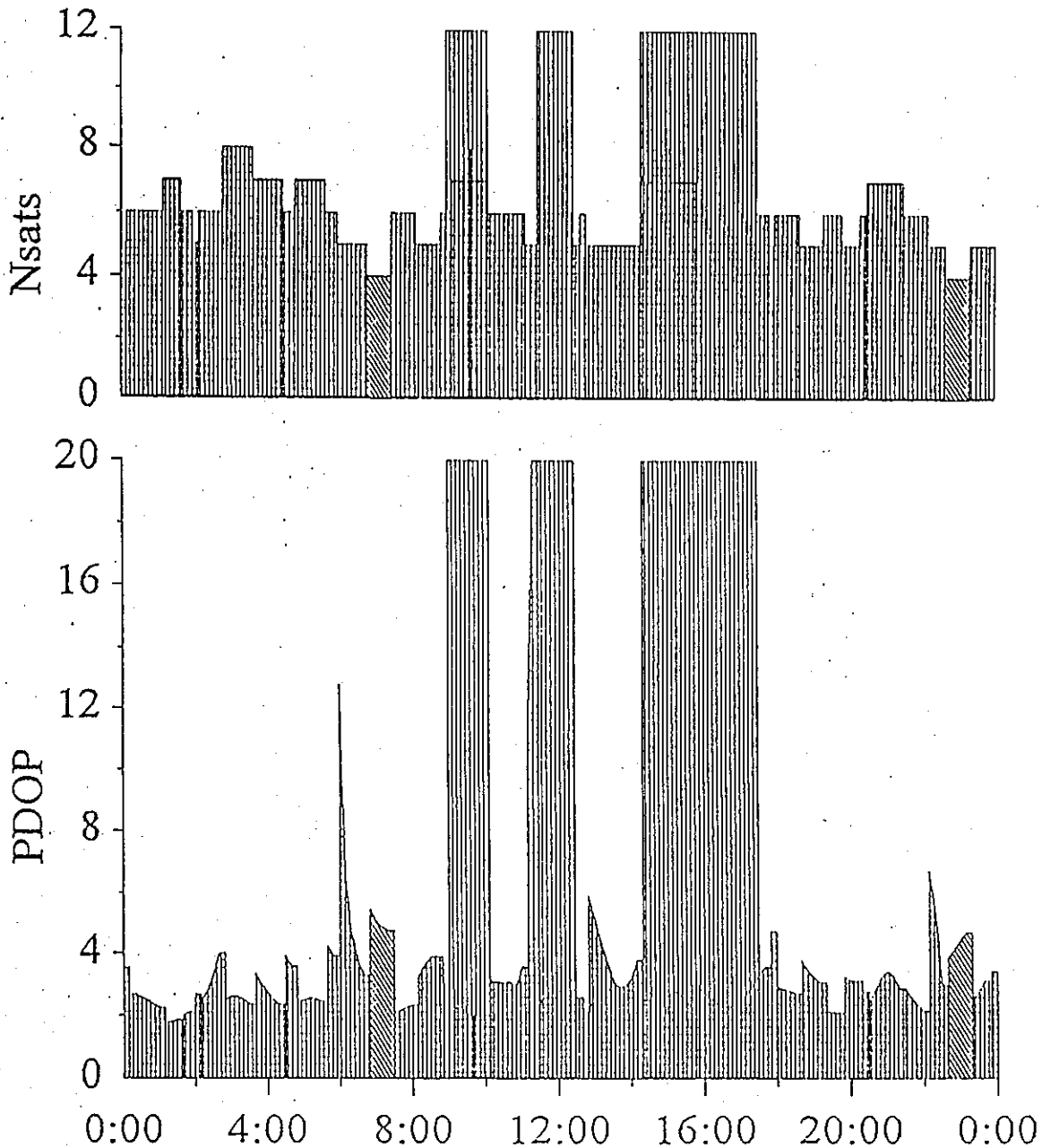
Lat 14:37:58.36 N Lon 90:30:37.75

Almanac

Date: Tuesday 13 de August de 1996

Threshold Elevation 15 (deg)

23 Satellites considered : 1 2 4 5 6 7 9 14 15 16 17 18 19 21 22 23 24 25 26 27 28 29



Time: Major tick marks = 4 Hours. (Sampling 10 Minutes)

gráfica No.2

PROPiedad DE LA UNIVERSIDAD D  
Biblioteca

# Auto Time Calculation

Point: cila + 2 others  
 Date: Tuesday 13 de August de 1996  
 23 Satellites considered : 1 2 4 5 6 7 9 14 15 16 17 18 19 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31  
 Sampling Rate: 10 Minutes  
 Lat 14:37:58.36 N Lon 90:30:37.75 Almanac: CURRENT.EPH 26/07/96  
 Threshold Elevation 15 (deg) Time Zone 'Central Std USA' -6

Number satellites >= 6  
 PDOP < 3  
 Start Working hours 8:00  
 Stop Working hours 24:00  
 Minimum Observation time 60 Minutes

Observation 1	start 9:00	stop 10:10	duration 1:10 <input type="checkbox"/>
Observation 2	start 11:30	stop 12:30	duration 1:00 <input type="checkbox"/>
Observation 3	start 14:20	stop 17:30	duration 3:10 <input type="checkbox"/>

tabla No.1

## INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE CAMPO

Lo primero que hay que realizar al llegar al punto establecido, es instalar el equipo GPS (receptor terrestre y su antena), en la estación, para poder trabajar, ver figura No.8

El equipo GPS viene empacado de la siguiente forma: el receptor terrestre GPS está contenido en una valija, donde vienen también un transformador de corriente alterna a directa, cuatro baterías y cuatro cables.

La antena y el cable de conexión de la antena al receptor terrestre vienen empacados en una mochila.

Además de esto, en un estuche especial vienen tres varillas metálicas que se atornillan entre sí para formar una sola varilla de medición, la cual está dividida en metros y pies, y sirve para determinar la altura de la antena a la marca de la estación.

Se deberá sacar el receptor terrestre GPS de la valija, colocándolo en un lugar apropiado, luego de esto se deberá conectar la fuente de energía. Si se está trabajando en un lugar que cuente con energía eléctrica, conectando el transformador a la fuente y al receptor terrestre. Si se estuviera en un lugar donde no existe energía eléctrica se usará corriente directa, para lo cual se deberán introducir en el receptor terrestre dos de las cuatro baterías que el equipo posee, quedando así listo para la conexión de la antena.

Se debe colocar la antena, sacándola de la mochila así como también el cable que se usa para la conexión entre la antena y el receptor terrestre. Se toma el trípode, se centra y se nivela: luego aflojando el tornillo de fijación central de la base de sujeción de la antena se extrae un tambor que posee un tornillo, sobre el cual se enrosca la antena; en este paso se debe orientar la antena hacia el norte; esto se realiza con la ayuda de una flecha que viene impresa sobre la antena, auxiliándose con una brújula para poder orientarla; después de esto se aprieta el tornillo de sujeción del tambor dejándola fija la antena; el paso siguiente es determinar la altura de la antena y para esto hay que auxiliarse con la varilla metálica antes mencionada, que viene incorporada al equipo GPS, pudiéndose leer esta altura

en forma vertical o inclinada, la cual después se deberá ingresar como dato al receptor terrestre GPS, indicando si es vertical o inclinada.

Luego de haber instalado el receptor terrestre y la antena, se deberá hacer la conexión entre ambos, para lo cual se cuenta con un cable especial, de diez metros con cincuenta centímetros de longitud, lo que permite la facilidad de acomodamiento, quedando así instalado el equipo para realizar el levantamiento.

#### Conexión receptor terrestre antena

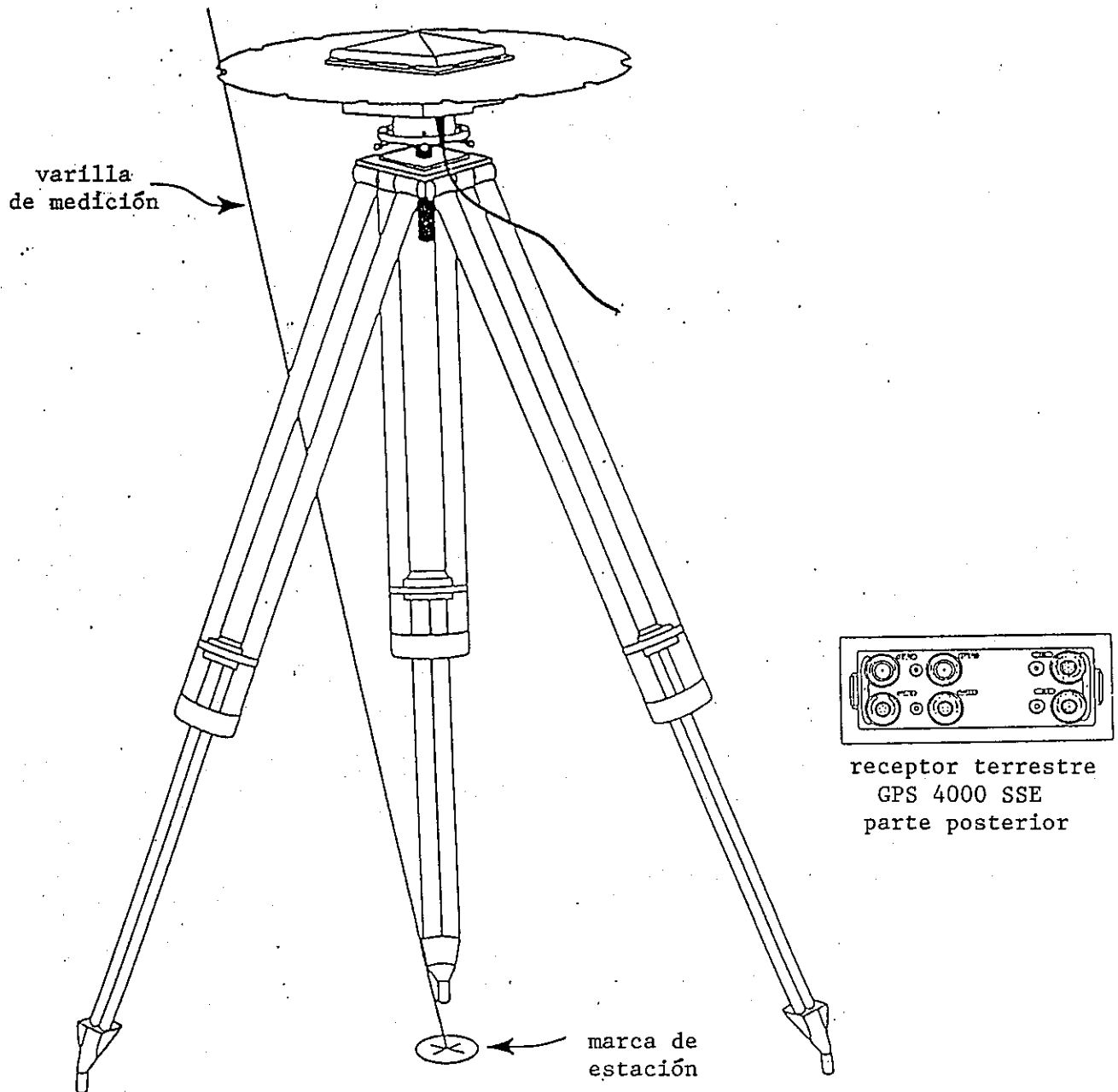


figura No.8

## TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO ESTÁTICO

Modo de efectuar levantamiento estático con el Sistema Global de Posicionamiento (GPS) con el receptor terrestre marca Trimble 4000SSE

### Modo Estático:

En esta forma dos o más receptores terrestres recogen datos durante los mismos intervalos de tiempo, en estaciones diferentes, durante un mínimo de una hora; luego se transmiten estos datos a la computadora, para que por medio de los programas se pueda ajustar la red hecha por los receptores terrestres; ésta es la forma más precisa de trabajar ya que se estima una precisión de 3mm más/menos 1 ppm (partes por millón) de la distancia medida entre dos puntos.

### Operación del receptor terrestre GPS Trimble 4000 SSE

El receptor terrestre GPS 4000 SEE marca TRIMBLE (figura No.9), posee 2.5 MB de memoria interna instalada; puede guardar un total de 99 sesiones.

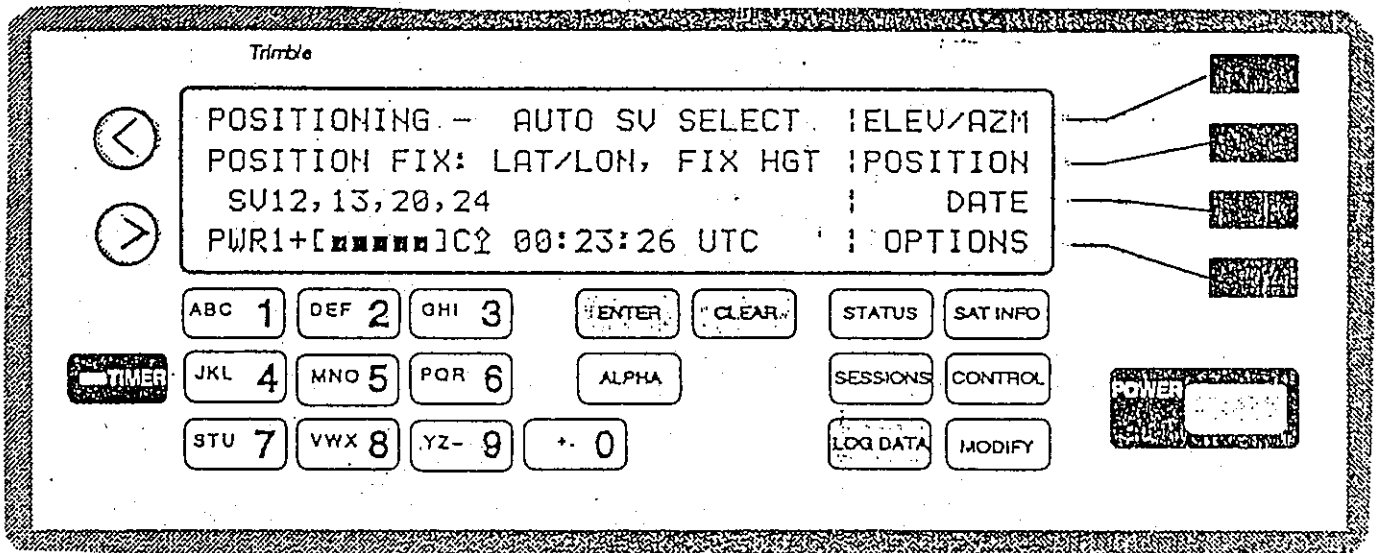
Tiene en su parte frontal, una pantalla, un TIMER y varias teclas que sirven para su operación.

Entre ellas se pueden mencionar: teclas alfanuméricas, de encendido, de comandos, de soft (softkey) y dos circulares que sirven para adelantar y retroceder el cursor para la escritura.

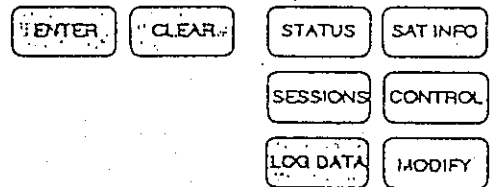
El TIMER emite una señal si está en operación, cuando se ha programado el receptor terrestre.

En la pantalla el receptor terrestre GPS despliega diferentes menús, información y mensajes del modo de operación del receptor terrestre.

RECEPTOR TERRESTRE TRIMBLE 4000 SSE



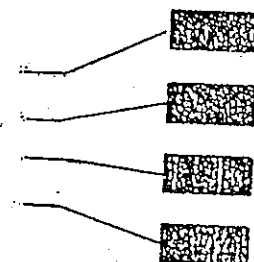
teclas alfanuméricas



teclas de comandos



teclas de adelanto y retroceso de escritura



teclas de soft (softkey)



TIMER (cronómetro)



POWER

figura No.9

Entre la información que despliega en la pantalla el receptor terrestre GPS, se puede mencionar la siguiente:

- Posición (latitud, longitud y altura)
- Tiempo (universal)
- Satélites rastreados y enganchados
- Estado de carga de las baterías
- Figura que muestra que la antena está conectada

El receptor terrestre GPS, por ser un aparato de alta tecnología, debe recibir un uso y cuidado adecuado.

Este receptor terrestre dada su precisión, está indicado para levantamientos geodésicos.

Los receptores terrestres GPS Trimble 4000 SSE cuentan con un software que permite programar sesiones con anterioridad al día en que se realizará el levantamiento.

Para poder determinar la situación prevaeciente en el receptor terrestre, durante una sesión de campo en un momento dado (''status''), se deberá conectar la fuente de energía eléctrica, obteniéndose ésta de las siguientes formas:

- transformador (que se utilizará en lugares donde se cuente con energía eléctrica)
- baterías

Después de haber conectado la fuente de poder pueden ocurrir los siguientes casos:

a) Si la pantalla del receptor terrestre aparece oscura, se debe presionar POWER (ver figura No.9), con lo cual el receptor terrestre se activará, apareciendo diferentes mensajes en la pantalla hasta llegar al mensaje:

QUIK-START NOW! (SINGLE SURVEY)--

Al presionar la tecla que indica esto, se iniciará la sesión.

Para terminar la sesión se deberá operar de forma manual, oprimiendo la tecla LOG DATA (ver figura No.9); entonces aparece un menú en el que se selecciona END SESSION. (Ver en pagina No.40. las instrucciones para QUICK-START NOW! SINGLE SURVEY--)



b) En la pantalla aparece el mensaje siguiente;

```
POWERED DOWN BY  
AUTO SURVEY TIMER  
(FECHA) (HORA)  
**PRESS CLEAR KEY**
```

Esto se debe a que por alguna razón, la programación no estuvo bien ingresada, y para poder trabajar se deberá oprimir la tecla CONTROL (ver figura No.9) y seguir de la siguiente forma

```
MORE  
ENABLE TIMER
```

Con esto se activa el TIMER, en la pantalla del receptor terrestre y aparecerán los mensajes acerca del día y la hora que está programada la sesión, el TIMER sigue funcionando y al llegar a la hora programada para efectuar la sesión se encenderá y apagará automáticamente según la programación. (Ver en pagina No. 42, las instrucciones para STAR PRE-PLANNED SINGLE SURVEY--)

c) Si el TIMER emite destellos indicando que se encuentra activo, en este caso sólo se deberá esperar que la sesión se realice y se finalizara dependiendo de la programación. (Ver en pagina No.42, las instrucciones para STAR PRE-PLANNED SINGLE SURVEY--)

Pasos de operación del receptor terrestre, en el modo QUICK-START NOW! (SINGLE SURVEY)

Esta forma de operación del receptor terrestre, se realiza en el campo después de instalar el equipo.

Se deberán presionar las teclas en la siguiente secuencia (ver figura No.9)

Se presentan algunas de las pantallas del receptor terrestre marca TRIMBLE 4000 SSE, en este modo de operación

POWER (encendido)

Después de desplegarse automáticamente varias pantallas se llega a la pantalla de

LOG DATA MENU

QUICK-START NOW! (SINGLE SURVEY)	—
START PRE-PLANNED (SINGLE SURVEY)	—
START FAST STATIC OR KINEMATIC SURVEY	—
MORE	—

del cual se selecciona MORE, siguiendo de la siguiente forma:

SETUP SURVEY CONTROLS

MODIFY QUICK-START CONTROLS

(Chequear los parámetros: máscara de elevación, número de satélites)

QUICKSTART CONTROLS	
STORE POSITION: NORMALLY	CHANGE
ELEVATION MASK:+15° MIN SVs: 03	
MEAS SYNC TIME: 015.0 SEC	ACCEPT

ACCEPT

SESSIONS

(si aparece una sesión anterior se usa DELETE IT, entonces, aparece el mensaje NEW STATION; ingresar la identificación de la estación, luego presionar ENTER; ingresar el nombre de la estación luego, ENTER. En caso contrario presionar cualquier tecla. AUTOMATIC <\*

opcional

ingresar el número de la sesión.

ENTER

USE RECEIVER DEFAULTS

LOG DATA

Pasa a la pantalla de LOG DATA MENU.

QUICK-START NOW! (SINGLE SURVEY) --
START PRE-PLANNED (SINGLE SURVEY) --
START FAST STATIC OR KINEMATIC SURVEY --
MORE --

QUICK-START NOW! (SINGLE SURVEY)--

El receptor empieza a trabajar

POSITION

Ver PDOP. Aconsejable: menor de 6.

STATUS

LOG DATA

opcional

CHANGES

ANTENNA HEIGHT

Ingresar altura de antena inclinada o vertical, tipo y número de antena

ACCEPT

CLEAR (regresa al menú original).

USER INPUT

SURFACE MET DATA

Ingreso de datos meteorológicos usando:

opcional

ENTER

CLEAR

Regresa a la sesión y después de una hora, como mínimo, de grabar datos se prosigue con:

LOG DATA

Para poder así terminar la sesión.

SURVEY:	USER INPUT
	CHANGES
	END SURVEY

END SURVEY

YES

POWER

Apagar: se presiona un breve rato la tecla hasta que se apaga la pantalla.

El proceso se repite de acuerdo al número de sesiones que se requieran.

Pasos de operación del receptor terrestre (GPS), en el modo  
START PRE-PLANNED SINGLE SURVEY

Este modo de operación del receptor terrestre, se realiza en gabinete, uno o varios días antes de realizar el levantamiento. En el campo lo único que hay que hacer es instalar el equipo y el solo trabajará dependiendo de la programación que se le introduzca en esta forma de operación.

Se deberán presionar las teclas en la siguiente secuencia (ver figura No.9):

Se presentan algunas de las pantallas del receptor terrestre marca TRIMBLE 4000 SSE, en este modo de operación

POWER (encendido)  
Después de desplegarse automáticamente varias pantallas, se llega a la pantalla de  
LOG DATA MENU:

QUICK-START NOW! (SINGLE SURVEY) —
START PRE-PLANNED (SINGLE SURVEY) —
START FAST STATIC OR KINEMATIC SURVEY —
MORE —

Prosiguiendo de la siguiente forma:

CONTROL  
MORE-MORE-MORE  
L1/L2 OPERATION

Aparece en la pantalla el mensaje siguiente:

L1/L2 TRACKING:	P-CODE		L1 TRACKING
	P-CODE		L2 TRACKING

CLEAR  
MORE  
DEFAULT CONTROLS

El receptor pregunta si se desean inicializar los parámetros por defaults, desplegando la siguiente pantalla;

INITIALIZE ALL CONTROLS TO DEFAULT |  
SETTINGS AND RESTART RECEIVER |  
ARE YOU SURE ? | NO  
YES

ingresar la opcion conveniente.

MORE

SET UP SURVEY CONTROLS

MODIFY FAST STATIC CONTROLS

Se deberán ingresar los cambios si  
en DEFAULT CONTROLS se ingresó NO.  
Si se ingresó YES proseguir.

ACCEPT

CLEAR

SESSIONS

Aquí se deberán borrar las  
sesiones de un levantamiento  
anterior, las que quedan siempre  
almacenadas en la memoria del  
receptor (ver página No.35), para  
que no se mezclen con las sesiones  
que se realizarán en un nuevo  
levantamiento; utilizando el  
siguiente comando:

DELETE IT

Aparece en la pantalla NEW STATION.  
Ingresar los datos de la estación.

ENTER

Ingresar el nombre de la estación.

ENTER

AUTOMATIC<\*

Ingresar el número de la sesión.

ENTER

USE RECEIVER DEFAULTS<\*

ONCE AT SPECIFIED DATE AND TIME

Ingresar día y hora de la sesión.

ACCEPT-ACCEPT

el receptor pregunta si se desea  
ingresar otra sesión. Si se ingresa  
YES, regresa automáticamente al  
número de la sesión.

Si es NO, el receptor pregunta si se  
desea agregar otra estación. Si se  
ingresa YES se regresa  
automáticamente al nombre de la  
estación.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
Biblioteca Central 43

Si se ingresa NO se regresa a la siguiente pantalla:

QUICK-START NOW! (SINGLE SURVEY)	—
START PRE-PLANNED (SINGLE SURVEY)	—
START FAST STATIC OR KINEMATIC SURVEY	—
MORE	—

START PRE-PLANNED (SINGLE SURVEY)

Se selecciona la sesión que se ha programado.

ACCEPT-ACCEPT

Ingresar tipo y número de la antena.

ANT HEIGHT: 0000.0000 INCHES	I UNITS
MEAS TYPE: UNCORRECTED	I NEXT
ANT TYPE: COMPACT LL/2 W/GRND P	I NEXT
ANT SERIAL: 000000	I ACCEPT

ACCEPT

CLEAR

LOG DATA

MORE

ENABLE AUTO-SURVEY TIMER	—
RESULTS FROM PREVIOUS SURVEY	—
SETUP SURVEY CONTROLS	—
MORE	—

ENABLE AUTO-SURVEY TIMER

ENABLE

ENABLE & SLEEP BETWEEN SURVEY

ACCEPT.

El receptor se desconecta automáticamente y el TIMER queda titilando hasta que principia la sesión en la hora y fecha programada para el trabajo de campo.

Durante la sesión en el campo se deberá ingresar la altura de la antena y, si se desea también podrán ingresarse datos meteorológicos, para lo cual se deberá seguir la siguiente secuencia:

LOG DATA (ver figura No.9)

CHANGES

(Ingresar los datos de altura de la antena, ya sea verdadera o inclinada)

ACCEPT

CLEAR

opcional {  
 USER INPUT  
 SURFACE MET DATA  
                   (ingresar datos meteorológicos)  
 ENTER  
 ENTER  
 CLEAR

También se deberá llenar el denominado "Formulario para levantamientos estáticos de GPS", páginas Nos. 45, 46 y 47, donde se anotará: el nombre del proyecto, la localización, el nombre del observador, el tipo de antena y las alturas del punto o marca a la antena al inicio y al final de la medición.

Aproximadamente unos cinco minutos antes de terminar la sesión se deberá anotar la latitud, la longitud, la altura, y el número de satélites para rastreo.

Estos datos que son los que el receptor terrestre GPS tiene en su pantalla en ese momento, sirven como referencia, ya que luego en el post proceso se afinan los datos.

Se continúa de la siguiente forma:

STATUS (ver figura No.9)  
 POSITIONS  
 (Anotar los datos que se piden)  
 CLEAR  
 (Regresa a la sesión)

Durante la sesión también se puede ver el estado de carga de las baterías, procediéndose de la siguiente forma:

MODIFY (ver figura No.9)  
 POWER

Entonces, en la pantalla aparecerá el estado (carga) de las baterías, pudiéndose cambiar la que esté descargada. Si se omite este procedimiento y se descargara alguna de las baterías, el receptor terrestre GPS emite una señal y en la pantalla aparece un mensaje de cambio de puerto, debiéndose cambiar la batería que el receptor terrestre GPS señale como descargada, para que siempre se esté con la seguridad de contar con la corriente adecuada.

STATUS (ver figura No.9)

El receptor terrestre regresa a la sesión, para finalizar ésta, dependiendo de la programación que se le ingresó planeada previamente.

A continuación, se muestran los formularios, con los datos anotados cinco minutos antes de terminar la sesión, de la práctica realizada en la presente tesis.

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTOS ESTÁTICOS DE GPS

NOMBRE DEL PROYECTO TESIS

LOCALIZACIÓN DIRECCIÓN DE LÍMITES Y AGUAS INTERNACIONALES

OBSERVADOR Ing. Antonio Pellecer y Sr. Raúl Ureta

RECEPTOR 3545A13221

ANTENA 045569

	sesión A	sesión B	sesión C
fecha	13/8/96	13/8/96	
Día Juliano	226	226	
MEDICIONES DE ALTURA DE LAS ANTENAS			
Al inicio			
Promedio	0.127	0.127	
Al final			
Promedio	0.127	0.127	
	POSICIÓN	POSICIÓN	POSICIÓN
LATITUD	14° 38' 01.36"	14° 38' 01.13"	
LONGITUD	90° 30' 38.72"	90° 30' 38.96"	
ALTITUD	1,545.50	1,477.50	
HORA INICIAL	11:30	14:20	
FINAL	12:30	15:20	
SATÉLITES RASTREADOS			
sesión A	05, 26, 24, 16, 06, 23 y 21		
sesión B	21, 06, 09, 26, 17, 28, y 01		
sesión C			



FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTOS ESTÁTICOS DE GPS

NOMBRE DEL PROYECTO TESIS

LOCALIZACIÓN INSIVUMEH

OBSERVADOR Ing. Villegas y Sr. Leonel Garcia

RECEPTOR 3548A13574 ANTENA 045588

	sesión A	sesión B	sesión C
fecha	13/8/96	13/8/96	
Día Juliano	226	226	

MEDICIONES DE ALTURA DE LAS ANTENAS

Al inicio	0.8710	0.8710	
	0.8700	0.8700	
	0.8705	0.8705	
	Promedio 0.8705	0.8705	
Al final	0.8710	0.8710	
	0.8700	0.8700	
	0.8705	0.8705	
	Promedio 0.8705	0.8705	

	POSICIÓN	POSICIÓN	POSICIÓN
LATITUD	14° 35' 14.40"	14° 35' 15.14"	
LONGITUD	90° 31' 52.72"	90° 31' 58.48"	
ALTITUD	1,515.35	1,508.50	
HORA INICIAL	11:30	14:20	
FINAL	12:30	15:20	

SATÉLITES RASTREADOS

sesión A	26, 05, 24, 23, 16, 21 y 06
sesión B	01, 28, 21, 06, 26, 09 y 24
sesión C	

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTOS ESTÁTICOS DE GPS

NOMBRE DEL PROYECTO TESIS

LOCALIZACIÓN DOS ÁRBOLES, Fca. San Vicente, San José Pinula

OBSERVADOR Sr. Raúl Mazariegos y Sr. Carlos Velásquez Flores

RECEPTOR 3548A13573 ANTENA 045564

	sesión A	sesión B	sesión C
fecha	13/8/96	13/8/96	
Día Juliano	226	226	

MEDICIONES DE ALTURA DE LAS ANTENAS

Al inicio	_____	_____	_____
Promedio	0.38	0.38	
Al final	_____	_____	_____
Promedio	0.38	0.38	

	POSICIÓN	POSICIÓN	POSICIÓN
LATITUD	14° 32' 27.10"	14° 32' 26.33"	
LONGITUD	90° 28' 53.86"	90° 28' 54.27"	
ALTITUD	1,896.30	1,956.70	
HORA INICIAL	11:30	14:20	
FINAL	12:30	15:20	

SATÉLITES RASTREADOS

sesión A 26, 05, 06, 16, 23, 17 y 24

sesión B 21, 06, 09, 26, 17, 28 y 01

sesión C

## PROCESAMIENTO DE DATOS

### Pasos de operación para transferir datos del receptor terrestre (GPS) a la computadora

Después de haber realizado las sesiones de campo, los receptores terrestres GPS tienen información grabada, la cual se debe transferir a una computadora para su procesamiento.

La operación del receptor terrestre GPS, para transmitir los datos almacenados a la computadora, consiste en: presionar las teclas en la siguiente secuencia:

POWER (ver figura No.9)

SAT INFO

PRINT/PLOT

aparece

ON PORT [1]

BROAD CAST DATA

FOR SV 01

PRINT

CONTROL

MORE

BAUD RATE/FORMAT

SERIAL PORT 1/SETTINGS <-CHANGE

Ingresar al receptor terrestre los cambios que pida la computadora, si fuera necesario después de la comunicación entre el receptor terrestre y la computadora, se apaga y desconecta el receptor terrestre, presionando la tecla

POWER

La información grabada en los receptores terrestres, es obtenida por medio del software GPSurvey y procesada en una computadora IBM, es referida al sistema WGS 84, el que está siendo adoptado universalmente.

Los datos de salida de la computadora del ejemplo de la presente tesis, se presentan a continuación, tal como el software GPSurvey los procesa e imprime, después de haber realizado el cálculo correspondiente, en el cual se incluye el trazo del levantamiento (Network Map):

datos de salida

Project Name: TESIS.V  
 Processed: Monday, July 22, 1996 1:25  
 WAVE Baseline Processor, version 2.00b  
 Summary Reference Index: 1.4

From Station: INSIVUMEH  
 Data file: TOR2R201.DAT  
 Antenna Height (meters): 0.846 True Vertical 0.871 Uncorrected  
 Position Quality: Point Positioning

WGS 84 Position: 14° 35' 14.302125" N X -57423.347  
90° 31' 58.057175" W Y -6175037.090  
1503.912 Z 1596329.445

To Station: DLAI  
 Data file: TOR1R101.DAT  
 Antenna Height (meters): 0.127 True Vertical

WGS 84 Position: 14° 38' 01.477441" N X -55042.978  
90° 30' 38.932475" W Y -6173760.349  
1501.853 Z 1601302.038

Start Time: 8/13/96 11:31:15.00 Local (866 235875.00)  
 Stop Time: 8/13/96 12:29:45.00 Local (866 239385.00)  
 Occupation Time Meas. Interval (seconds): 00:58:30.00 15.00

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

Ephemeris: Broadcast  
 Baseline Slope Distance Std. Dev. (meters): 5658.879 0.001094

		Forward		Backward
Normal Section Azimuth:		24° 44' 29.900914"		204° 44' 49.859734"
Vertical Angle:		-0° 02' 46.976715"		-0° 00' 16.897565"

Baseline Components (meters):	dx	2380.369	dy	1276.741	dz	4972.593
Standard Deviations (meters):		0.001636		0.004044		0.001518
	dn	5139.416	de	2368.394	du	-4.581
		0.001041		0.001622		0.004198
				dh		-2.059
						0.004198

Aposteriori Covariance Matrix:

	2.676739E-006		
	2.465433E-006	1.635588E-005	
	-8.651313E-007	-4.332146E-006	2.305662E-006

Variance Ratio Cutoff: 6.9 1.5  
 Reference Variance: 5.592

Datos de salida

Project Name: TESIS.V  
 Processed: Monday, July 22, 1996 1:25  
 Summary Reference Index: WAVE Baseline Processor, version 2.00b  
 3.1

From Station: DLAI  
 Data file: TOR1R101.DAT  
 Antenna Height (meters): 0.127 True Vertical  
 Position Quality: Point Positioning

WGS 84 Position:  
 14° 38' 01.477441" N X -55042.978  
 90° 30' 38.932475" W Y -6173760.349  
 1501.853 Z 1601302.038

To Station: 2 ARBOLES  
 Data file: TOR3R301.DAT  
 Antenna Height (meters): 0.380 True Vertical

WGS 84 Position:  
 14° 32' 26.502239" N X -51932.263  
 90° 28' 54.146134" W Y -6176841.459  
 1977.611 Z 1591455.647

Start Time: 8/13/96 11:31:15.00 Local (866 235875.00)  
 Stop Time: 8/13/96 12:29:45.00 Local (866 239385.00)  
 Occupation Time Meas. Interval (seconds): 00:58:30.00 15.00

Solution Type: Iono free code double difference  
 Solution Acceptability: Acceptable

Ephemeris: Broadcast  
 Baseline Slope Distance Std. Dev. (meters): 10775.955 0.070303

		Forward		Backward
Normal Section Azimuth:		163° 03' 11.675095"		343° 03' 38.038858"
Vertical Angle:		2° 28' 54.546688"		-2° 34' 44.534847"

Baseline Components (meters):	dx	3110.715	dy	-3081.110	dz	-9846.391
Standard Deviations (meters):		0.094916		0.238509		0.091336
	dn	-10298.352	dc	3138.061	du	466.624
		0.064133		0.094577		0.247346
					dh	475.758
						0.247330

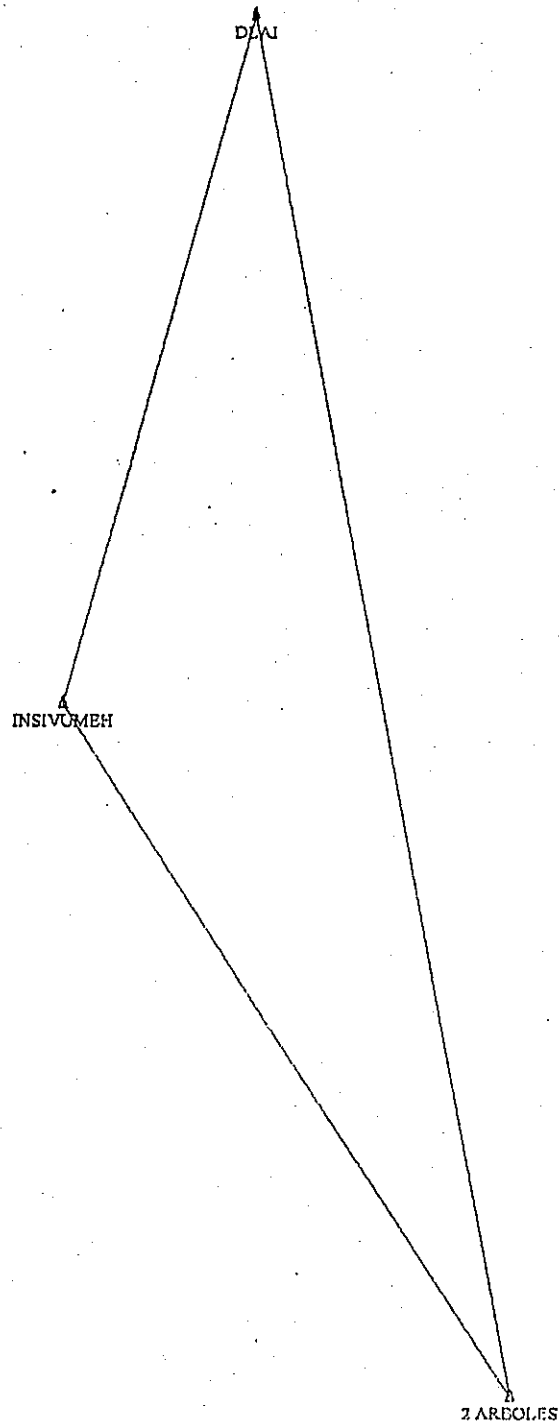
Aposteriori Covariance Matrix:

	9.009115E-003		
	3.822146E-003	5.688655E-002	
	-1.960497E-003	-1.497980E-002	8.342197E-003

Reference Variance: 0.748

Observable Count/Rejected RMS: Iono free code 1033/2 1.853

# Network Map: TESIS VELASQUEZ



2000m

## CONCLUSIONES

- Los receptores terrestres GPS pueden ser utilizados en cualquier momento, pero para obtener una buena precisión, la cual se basa en la posición geométrica de los satélites, se deberá planificar el levantamiento, por medio del software "Quick Plan", el cual muestra un listado de tiempos adecuados (Auto Time Calculation) para obtener un buen PDOP (Dilución Geométrica de la Precisión)

- El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con receptores terrestres del tipo 4000SSE geodésico, tiene un alto grado de precisión.

- El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es un sistema versátil, que economiza largas jornadas de trabajo en campo y gabinete.

- El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), a pesar de su alta precisión en posición horizontal, no es un sistema recomendable para altimetría, ya que las alturas las refiere al geode que usa como Datum el WGS-84.

- El error probable en la tecnología GPS, es un error absoluto, mientras que los errores de otros sistemas son relativos a los tipos de levantamientos, dependiendo de los métodos, los aparatos y la capacidad técnica de las personas que realizan el levantamiento.

## RECOMENDACIONES

- A las entidades que realizan trabajos con datos geodésicos, y dentro de lo que sus posibilidades les permitan, se les sugiere estudiar los métodos y sistemas para unificar criterios en cuanto al uso del datum WGS-84.

- A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se le sugiere, de acuerdo a sus posibilidades, que introduzca el aprendizaje del Sistema Global de Posicionamiento, para formar profesionales que estén a la vanguardia de la tecnología.

- A las empresas que distribuyen los equipos GPS, se les recomienda que, impartan cursos teóricos y prácticos, relacionados con el tema, a topógrafos, estudiantes y profesionales, con el objeto de difundir el conocimiento sobre GPS, y promover la comercialización de sus productos como consecuencia de lo anterior.

- A todas las personas que están usando ya el GPS, se les invita a que contribuyan a crear un banco de datos bajo la coordinación de la Facultad de Ingeniería, a través de los resultados que obtengan en el campo, para beneficio de sus levantamientos futuros.



## BIBLIOGRAFÍA

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED  
GPS Surveyor's Operation Manual  
TRIMBLE  
ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA, 1994

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED  
GPS Surveyor's Field Guide  
TRIMBLE  
ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA, 1994

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED  
Series 4000 Application Guide  
Static Surveying  
ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA, 1994

MANUAL TÉCNICO No. 19  
DEL ARMY MAP SERVICE DE LOS  
ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMERICA  
Traducido por el General  
Miguel A. Sanchez Lamego  
Comisión Cartografica Militar  
MEXICO, 1951

APUNTES DEL CURSO GPS IMPARTIDO POR  
DEFENSE MAPPING SCHOOL, FORT BELVOIR, VIRGINIA  
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.  
DMA-IGM, GUATEMALA

ADALBERTO RENÉ ROBLES STUBBS  
UTILIZACION DE LA TECNOLOGIA GPS EN LEVANTAMIENTOS DE  
POLIGONALES CERRADAS, COMPARACION ENTRE UNA POLIGONAL GPS  
Y UNA POLIGONAL TRADICIONAL  
TESIS DE GRADUACIÓN DE INGENIERO CIVIL, FACULTAD DE  
INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 1995

ALDO RENÉ GONZÁLEZ QUIÑONEZ  
PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS  
TEIS DE GRADUACIÓN DE INGENIERO CIVIL, FACULTAD DE  
INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 1989