

## **POSICIONAMIENTO ESTÁTICO DIFERENCIAL: ERRORES Y POSTPROCESO**

**Raquel Pachas L.**  
**Laboratorio de Topografía. Departamento de Ingeniería.**  
**Núcleo Universitario Rafael Rangel.**  
**Universidad de Los Andes (ULA).**  
**Trujillo - Venezuela**  
**Correo: raquelpachas@ula.ve**

### **Resumen**

Cuando se requiere realizar el posicionamiento de puntos con la tecnología GPS es necesario seleccionar el método a ser utilizado considerando la precisión que se desea obtener y así como las características del equipo disponible para tal fin. Se hace entonces necesario que el usuario de estas tecnologías sea conocedor de las distintas fuentes de error que afectan a este tipo de mediciones de manera que el método seleccionado permita la cancelación o minimización de esos errores; el método Estático Diferencial para el posicionamiento preciso de puntos es un método que ofrece esa ventaja al usuario cuando se requiere posicionar puntos de manera precisa. El postproceso, etapa en la que mediante la utilización del software apropiado, se procesan los datos brutos almacenados en las unidades de memoria de cada receptor, debe ser entendido por los usuarios para poder ejecutar el manejo instrumental del software así como la correcta interpretación de los resultados.

**Palabras Clave: Posicionamiento, Estático, GPS, Postproceso**

## **Differential Static Positioning: Errors and Post- Processing**

### **Abstract**

At the moment of positioning points with GPS technology it becomes necessary to make an appropriate selection of the observation procedure, considering the required accuracy that is thought to be reached and keeping in mind the type of receptor that is available for such as task. However the user of these technologies have to be aware of the different error sources that affect this type of measurements and how it is possible to cancel or minimize according to the selected observation method the effect of errors present in GPS measurements, the Differential Static Positioning Method offers those advantage to the user. The post-processing of data is the stage in which by means of the use of the appropriate software the raw data stored in receivers are processed in order to obtain the position of points of interest, this process should be well understood by users in order to perform the instrumental use of the software as well as be able to make a correct interpretation of the results.

**Key words: Positioning, Static, GPS, Post-processing**

**Recibido: 26-03-2010**

**Aprobado:17-05-2010**

## Introducción

En el posicionamiento de puntos mediante la aplicación de la tecnología GPS es importante seleccionar el método de observación adecuado, esta selección se hace en función del grado de precisión que se desea alcanzar y del equipo disponible. Los diferentes métodos se definen en función de variables tales como el tipo de observables que registra el receptor, de la ubicación del receptor durante la observación si se desplaza (cinemático) o permanece fijo (estático), si el posicionamiento es absoluto (un receptor) o relativo (dos o más receptores) y si la solución se obtiene o no en tiempo real.

Para muchas de las aplicaciones topográficas, se requiere un posicionamiento de precisión, por ejemplo cuando el levantamiento se va a realizar haciendo uso de una Estación Total, para la orientación de la misma se hace necesario contar con puntos de coordenadas precisas. En el presente trabajo se presenta tanto las fuentes de error que afectan la precisión de toda medición con GPS, como las ventajas que ofrece el Posicionamiento Estático Diferencial cuando se requiere obtener coordenadas precisas. De igual manera, se presenta los aspectos más relevantes del postproceso cuando se ha utilizado un equipo diferencial de una frecuencia como el que dispone el Laboratorio de Topografía del Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes.

## Posicionamiento

Cuando se desea posicionar un punto utilizando la tecnología GPS el mismo puede realizarse mediante el posicionamiento absoluto o posicionamiento relativo también conocido como posicionamiento diferencial. El posicionamiento absoluto se realiza con un sólo receptor, el cual

se coloca (McCormac, 2008) en el punto cuya posición se desea conocer. La incertidumbre relacionada a la posición (Arvizu, 2000) de los satélites, al comportamiento de los relojes y los retardos en la propagación de las señales hace que el posicionamiento absoluto sólo alcance precisiones próximas a algunos metros.

Para la mayoría de las aplicaciones en Topografía se requiere una mayor precisión que la proporcionada por el posicionamiento absoluto, se hace necesario entonces utilizar el posicionamiento relativo o diferencial en el modo estático o cinemático. El modo estático implica que (Wells, 1986) el receptor que coloca en el punto a ser posicionado no presenta ningún tipo de desplazamiento o movimiento con respecto a otros receptores colocados en puntos cercanos a él, o dicho de otra manera en este modo (Arvizu, 2004) los receptores no varían su posición durante la etapa de observación. En el modo cinemático (McCormac, 2008) uno de los receptores se mueve de un punto a otro.

En el posicionamiento relativo o diferencial en modo estático se utilizan dos receptores que registran (McCormac, 2008) de manera simultánea las señales de varios satélites y donde uno de ellos se encuentra ubicado en un punto cuya posición se ha determinado con anterioridad de manera muy precisa y el otro se coloca en el punto cuya posición se desea obtener. Luego en el postproceso, etapa en que los datos brutos registrados en los receptores son depurados, mediante la aplicación del software apropiado es posible determinar las diferencias de coordenadas del punto BASE lo cual permite determinar la posición del nuevo punto con respecto al punto fijo con una aproximación milimétrica.

El receptor que se encuentra en el punto BASE o punto de referencia (Arvizu, 2002a) puede estimar de forma precisa

la distancia a los satélites, y, calcular las correcciones o diferencias que van a ser aplicadas a las distancias entre los satélites y el segundo receptor colocado en el punto cuyas coordenadas se desea obtener.

### **Observables GPS**

La determinación de la posición de un punto mediante GPS, se basa en la medida de la distancia entre el receptor y el satélite (Arvizu, 2003a). El concepto de observable se relaciona a la manera que la misma se determina ya sea por medidas de tiempo o por diferencia de fase. Debido a que en el proceso intervienen dos relojes, el del satélite y el del receptor, las distancias medidas estarán afectadas por los errores de dichos relojes.

Los Observables GPS se agrupan en dos grupos, los de tiempo, conocidos como observable de código y los observables de diferencia de fase. La señal del satélite es modulada por dos códigos, Código P, código de alta precisión y el Código C/A, código menos preciso (course acquisition) éste código está definido por el tiempo marcado por un reloj atómico de alta precisión.

El receptor cuenta también con un reloj que se utiliza para generar un código C/A coincidente con el del satélite. De esta forma, el receptor GPS puede hacer coincidir o correlacionar el código que recibe del satélite con el generado por el receptor. Cada satélite transmite señales (Arvizu, 2002a) en dos frecuencias, siendo estas las señales de navegación (códigos) y los datos de navegación y sistema (mensaje). Los códigos son modulados sobre la frecuencia portadora en forma de secuencias llamadas "ruido pseudoaleatorio" o "pseudo random noise" (PRN).

La precisión de los observables representa (Wells et al, 1986) uno de los más cruciales parámetros que controla la precisión de los resultados al realizar

un posicionamiento es por esto que la medición de la longitud de onda es más precisa que los códigos PRN

### **Tiempo GPS**

Los satélites y receptores no utilizan el mismo sistema de tiempo y en ambos relojes se presentan retardos o adelantos respecto al sistema de tiempos GPS. La unidad de tiempo (Arvizu, 2002b) en el Sistema Internacional (SI) es el segundo, por lo que constituye la base de la escala de Tiempo Atómico Internacional (TAI) la cual es mantenida por el Bureau Internacional de L'Heure de París (BIH) mediante los datos suministrados por múltiples osciladores atómicos de diversos países. El Tiempo Universal Coordinado (UTC) que mantiene la misma duración que TAI sufre incrementos periódicos de 1 segundo para acercarlo al UTC.

Las señales de tiempo radio fundidas por los satélites NAVSTAR en su mensaje de navegación están sincronizadas con los relojes atómicos de la estación principal pertenecientes al conjunto de 25 relojes que definen el tiempo UTC. El tiempo que maneja el Sistema GPS se conoce como tiempo GPS (GPS ST) y constituye una escala sumamente estable que fue sincronizada con el UTC a la 0 hora del día 06 de Enero (Domingo) de 1980 momento en que comienza a contarse el tiempo GPS ST (Arvizu, 2002a).

El tiempo GPS identifica en primer lugar el día del año en que se hace la observación, luego la semana la cual es contada de manera secuencial a partir de la 0 hora del día 06 de Enero de 1980 y finalmente el día de la semana considerando 0 (cero) para el Domingo y 6 (seis) para el sábado.

### **Efemérides**

La determinación precisa de la órbita de los satélites es fundamental para la determinación de la posición del receptor.

Cuando se desea determinar la posición y velocidad de los satélites (Arvizu, 2003b) en un instante determinado, existen tres tipos posibles de datos: almanaque, efemérides transmitidas y efemérides precisas, las cuales se diferencian en la precisión y en la disponibilidad en el tiempo. Los datos proporcionados por el almanaque: parámetros orbitales y factores de corrección para el reloj del satélite, facilitan al receptor las tareas de búsqueda de satélites y planeación desde un punto de coordenadas conocidas; este es actualizado al menos cada seis días y es transmitido al receptor como parte del mensaje de navegación.

Las Efemérides transmitidas están basadas en los cálculos realizados por la Estación Master de Control y la envía a los satélites desde donde son transmitidas como parte del mensaje de navegación a los receptores.

Las efemérides precisas consisten en un conjunto de posiciones del satélite a un intervalo determinado de tiempo, está basada en las observaciones registradas por las cinco estaciones que conforman el segmento de control del Sistema de Posicionamiento Global GPS.

### **Errores en el Posicionamiento GPS**

De acuerdo a lo sostenido en la Teoría de Errores puede afirmarse que toda medición esta afectada por errores, los cuáles pueden ser sistemáticos (su magnitud puede calcularse y su efecto eliminarse) también conocidos como errores acumulativos (Reyes y Hernández, 2003). Por otro lado los errores aleatorios o accidentales son los que quedan después de haber eliminado tanto las equivocaciones como los errores sistemáticos. Éstos son ocasionados por factores que quedan fuera del control del observador y obedecen a las leyes de probabilidad, siempre están presentes y su efecto no puede ser eliminado solo puede ser minimizado.

Las fuentes de los errores sistemáticos presentes (Reyes y Hernández, 2003) en el posicionamiento GPS son:

**Error en Efemérides:** El satélite transmite su posición la mayor parte del tiempo con gran precisión pero conservando pequeños errores, estas se conocen como efemérides transmitidas. Las aplicaciones (Arvizu, 2005) del GPS dependen en gran medida del conocimiento de las órbitas de los satélites. La determinación precisa de la órbita es esencial para conseguir el objetivo fundamental del GPS, es decir, la determinación de la posición del observador.

En el caso del posicionamiento absoluto o puntual, hay una fuerte correlación entre el error en la órbita del satélite y el error al calcular la posición del receptor. En el posicionamiento relativo, el error que se comete en la determinación de la órbita del satélite tiende a cancelarse. La precisión de las efemérides transmitidas en el mensaje de navegación es limitada mientras que las efemérides precisas son el resultado de cálculos realizados a posteriori de los registros realizados por las estaciones permanentes.

**Error en el reloj Satelital:** Los relojes de los satélites y receptores (Torres y Villate, 2001) deben estar perfectamente sincronizados, en caso contrario cualquier pequeña diferencia da lugar a errores en el posicionamiento del punto; los relojes de los satélites son atómicos sumamente precisos y costosos a diferencia de los de los receptores, cada satélite esta provisto de cuatro de estos relojes de manera de garantizar que al menos uno funcione bien. Sin embargo, pese a la gran precisión, estos relojes atómicos ellos sufren variaciones las cuales son controladas por el segmento de control del sistema GPS.

Los relojes de los receptores pueden también sufrir alteraciones por ejemplo por interferencia eléctrica, en este caso los errores generalmente son muy grandes o muy pequeños, los

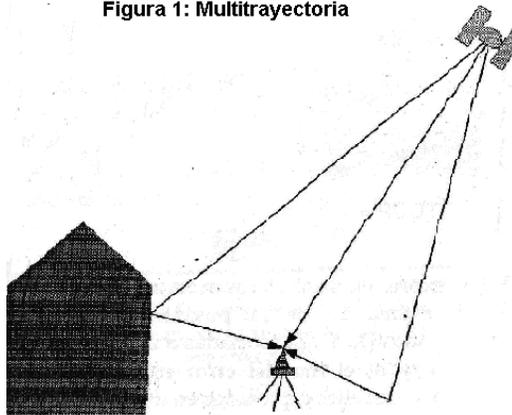
grandes son evidentes por lo tanto fáciles de detectar pero los pequeños llamados “errores del receptor” son difíciles de descubrir y pueden producir incertidumbres en el orden de algunas décimas de metro.

**Error Ionosférico:** Es el retardo que sufre la señal GPS al pasar por la ionosfera debido a la presencia de electrones libres en la misma, la cantidad varía según la hora del día, la latitud y de los efectos de la actividad solar .

**Error Troposférico:** La Troposfera es la parte mas baja de la atmósfera y produce un efecto de retardo de la señal emitida por el satélite, el retraso dependerá de las condiciones atmosféricas como temperatura, presión y humedad, como su efecto es dependiente del tiempo de viaje de la señal por este medio y no de la frecuencia, el empleo de equipos de doble frecuencia no ayuda a minimizar su efecto.

señal emitida por la antena del satélite puede llegar a la antena del receptor por varias rutas (Figura 1) ya que la misma puede reflejarse en edificios, cuerpos de agua pudiendo inducir errores en los pseudorngos alcanzando valores hasta de varios metros, algunos investigadores han reportado errores cercanos a los 10 metros. Esta fuente de error representa un serio problema en el posicionamiento GPS y el mejor antídoto es que la antena del receptor sea de tipo microstrip o shockring como se observa en Figura 2

Figura 1: Multitrayectoria



Fuente: Reyes y Hernández (2003)

La magnitud de este error tiene un valor mínimo en la dirección cenital del orden de los 2,3 metros y se incrementa hacia el horizonte llegando hasta valores cercanos a 20 metros a  $10^\circ$  de elevación sobre el horizonte.

**Error de Multitrayectoria (Multipath):** La

Figura 2: Antena Microstrip o Shockring



Fuente: Introducción al Sistema GPS -Leica (1999)

La tabla 1 presenta un resumen del error medio cuadrático aproximado de cada una de las contribuciones de las fuentes antes mencionadas, es importante señalar que las fuentes de error son independientes, por lo que la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores genera el rango de error equivalente del usuario UERE (User Equivalent Range Error) que representa (Wells et al, 1986) el efecto combinado de las incertidumbres de las efemérides, error de sincronización de los tiempos en los relojes y el ruido del receptor

Tabla 1 Resumen de Errores Sistemáticos

Fuente de Error	Una Frecuencia	Doble Frecuencia
Efemérides	2 m	2 m
Reloj Satelital	2 m	2 m
Ionosfera	4 m	0.5 a 1 m
Troposfera	0.5 a 1 m	0.5 a 1 m
Multitrayectoria	hasta 2 m	Hasta 2 m
UERE	5 m	2 a 4 m

Fuente: Reyes y Hernández (2003)

En el caso de un levantamiento diferencial, el efecto del retraso Ionosférico puede cancelarse (Reyes y Hernández, 2003) al calcular el vector que define la línea base entre ellos si la distancia entre ellos es corta, de igual manera el efecto del error Troposférico puede cancelarse al calcular la diferencia de posición entre los receptores, es decir cuando se realiza un levantamiento diferencial siempre que la distancia entre puntos permita asegurar que los datos meteorológicos sean representativos de la situación atmosférica regional.

Para reducir las discrepancias por efectos de los retardo troposféricos se debe utilizar una máscara entre 8° a 15°. Seleccionar el día apropiado para realizar las mediciones, reduce el efecto de la ionosfera. Mientras que mantener la antena alejada de estructuras reflectivas reduce el efecto multitrayectoria.

### Geometría de los Satélites

El DOP dilución de precisión (Dilution of Precision) es la contribución puramente geométrica (Reyes y Hernández, 2003) a la incertidumbre de un posicionamiento satelital, es decir cómo afecta a la precisión del levantamiento la cantidad de satélites disponibles, así como la distribución en el horizonte del observador.

Por definición es un valor adimensional que describe la solidez de la figura formada por el receptor en Tierra y los vectores hacia los satélites a la vista, su valor ideal es 1, y por su puesto si la geometría cambia el valor

también cambiará. Dependiendo de la dimensión (Leyca, 1999) se puede calcular diferentes tipos de DOP, el más útil de conocer es el GDOP, Dilución de la Precisión Geométrica, proporciona la degradación de la exactitud en posición 3D y en tiempo, ya que el mismo es una combinación de todos los factores, sin embargo, algunos receptores calcula el PDOP, Dilución de la Precisión Posicional (tridimensional), o HDOP, Dilución de la Precisión Horizontal, valores que no toman en consideración al componente de tiempo.

La mejor manera de minimizar este efecto es observar tantos satélites como sean posibles, es necesario recordar que las señales de satélites de poca elevación tienen gran influencia en las fuentes de error, es por esto que se recomienda observar satélites con ángulo de elevación de 15° sobre el horizonte.

### Precisión en las mediciones GPS

La precisión que cabe esperar de las (Arvizu, 2002b) mediciones efectuadas con GPS sólo puede estimarse analizando los diversos factores que puedan perturbar al sistema. La precisión depende en primer lugar de la modalidad de medición, no se puede esperar alcanzar la misma precisión en un método cinemático que uno estático, ni dentro de cada una de ellas la modalidad de posicionamiento absoluto con la del posicionamiento relativo.

Los factores que limitan la precisión del posicionamiento GPS pueden resumirse de la siguiente manera: Geometría de la constelación observada, precisión de la técnica de medición, precisión con la que puedan eliminarse los efectos troposféricos e Ionosféricas sobre la propagación de la señal, precisión de las efemérides, errores imputables a la estación y errores instrumentales.

Con relación a los errores imputables (Arvizu, 2002b) a la estación, se

recomienda que la misma presente un horizonte despejado en todas las direcciones libre de obstáculos próximos, como arbolado, antenas, edificaciones y que no existan superficies reflectoras cercanas que puedan afectar la trayectoria de las señales.

En cuanto a lo relacionado con los errores instrumentales se recomienda disponer de antenas adecuadas que aseguren la eliminación de interferencias, que permitan una medición precisa de altura de la misma y la eliminación de los errores de centrado. Es preciso conocer que todas las medidas se refieren al centro eléctrico de la antena. Para reducir los errores debido (Wolf y Brinker, 1997) al centrado de la antena, deben revisarse regularmente y ajustarse cuando así se requiera las burbujas esféricas de las plomadas ópticas. Cuando se realiza la medición por el método diferencial estático se debe tener la precaución de orientar las antenas de la BASE y del ROVER en la misma dirección, por ejemplo hacia el Norte, si se alinean en direcciones opuestas es decir  $180^\circ$  distantes puede producirse un error de hasta 2 cm en la base.

La preparación y ejecución de una observación GPS (Arvizu, 2002b) es muy importante, ésta contempla prácticamente (Wolf y Brinker, 1997) las mismas etapas de un levantamiento tradicional, el reconocimiento previo del terreno constituye un paso importante ya que la zona seleccionada debe presentar un horizonte despejado en todas las direcciones y de fácil acceso.

La monumentación del punto se hará siguiendo las especificaciones que para tal fin tienen los organismos competentes; de igual manera se debe registrar la información de identificación tal como: nombre, ubicación, referenciación. El tipo de receptor puede resultar una limitante, ya que si es de una frecuencia se debe respetar la distancia máxima permitida, en general puede decirse que el tipo de receptor permitirá o no el uso de un

determinado método de observación. Se entiende por sesión (Arvizu, 2002b) a la observación continua de varios receptores simultáneamente sobre los mismos satélites. Una campaña queda constituida por el conjunto de datos que han ser procesados en una compensación de toda una red.

La precisión de los observables representa (Wells et al, 1986) uno de los más cruciales parámetros que controla la precisión de los resultados al realizar un posicionamiento, en este sentido se ha determinado que el cálculo de la pseudodistancia por medición de la longitud de onda es más precisa que la realizada por los códigos PRN (Ruido Pseudo Aleatorio), mientras más tiempo dure el registro de satélites más precisos serán los resultados, esto es debido a que se cuenta con una muestra mayor de registros de la atmosfera, de los retardos y de la configuración geométrica de los satélites.

En el posicionamiento relativo se calculan las coordenadas (Arvizu, 2002b) del punto desconocido con relación a otro fijo cuyas coordenadas se suponen conocidas con precisión, en este caso los errores inherentes al GPS estado de los relojes, errores de las efemérides, errores por efectos atmosféricos etc., quedan notablemente reducidas a poder correlacionar las observaciones simultaneas.

Cuando se habla de posicionamiento con GPS y se pretende alcanzar exactitudes centimétricas o milimétricas es necesario (Reyes y Hernández, 2003) trabajar con dos receptores o más de manera simultánea, de manera que los errores puedan cancelarse. Una segunda recomendación es repetir las mediciones, una serie de observaciones redundantes garantizará la calidad estadística de la posición y como tercera recomendación se establece estimar cada fuente de error que se comete en las observaciones de manera tal que los errores sistemáticos puedan ser eliminados y los aleatorios

minimizados.

Este tipo de posicionamiento relativo o diferencial es utilizado (Wells et al, 1986) cuando se requiere una precisión mayor, se utilizan dos antenas y dos receptores ubicados en los extremos de la línea base y realizan mediciones de manera simultánea, la mayor precisión de este modo proviene de que muchos de los errores son idénticos o similares en ambos extremos de la línea base, estos errores pueden eliminarse o al menos disminuirse.

La precisión de los resultados puede mejorarse significativamente si la medición se realiza con varios receptores formando una red, ya que la misma ofrece una configuración geométrica más fuerte al compararla con una línea base debido a la redundancia de las mediciones. La redundancia es utilizada para controlar el efecto de distintos errores ya sean sistemáticos o aleatorios. Cuando sólo se dispone de dos receptores, si se quiere mejorar la precisión del posicionamiento se debe establecer una configuración que conecte las líneas bases en forma de red.

Además de la selección apropiada del método de observación, se hace también necesario conocer el tiempo de observación necesario con la finalidad de obtener la precisión requerida, de acuerdo a estudios realizados se sugiere que para observaciones con equipo de una frecuencia y en presencia de al menos 4 satélites, para una longitud de la línea base de hasta 20 Km., el tiempo requerido puede tomar entre varios minutos incluso alcanzar horas.

Puede entonces asegurarse que cuando se desea obtener (Reyes y Hernández, 2003) una cierta exactitud posicional, ésta estará en función de la exactitud de la medición y de la geometría de los satélites en el momento de la observación. Es recomendable considerar los aspectos previamente mencionados de manera de que puedan

reducirse tanto como sea posible los factores que limitan la precisión en el posicionamiento de puntos en el terreno.

### **Postproceso**

Se define como postproceso a la ejecución del software apropiado en tiempo no real que permite calcular las coordenadas de los puntos posicionados (Leyca, 1999) , empleando los datos brutos almacenados en los receptores GPS. Afortunadamente la mayoría de los software comerciales disponibles en el mercado tienen un procesamiento prácticamente automatizado, los cuales siguen un protocolo común (Arvizu, 2006, p. 14): “carga de archivos con las opciones de alturas de antena, tipo de receptor..., modo de procesamiento, puntos fijos y coordenadas, ajuste y análisis final”. En el caso del PROMARK3 el software indicado por el fabricante es el GNSS Glonass Solution.

En el caso del posicionamiento estático la solución puede obtenerse en tiempo real o una vez finalizada la campaña de (Wells et al, 1986) medición se realiza el postproceso de la misma, en ambos casos cada medición es procesada para mejorar la posición previamente determinada y cada una da una solución por separado.

El postproceso de los datos de campo se inicia una vez finalizada la captura de los mismos, el objetivo es que los datos crudos registrados en los dispositivos de memoria de los receptores deben ser manipulados mediante la utilización del software indicado por el fabricante con la finalidad de desechar aquellos registros que no cumplan con la precisión deseada y mantener aquellos que van a ser utilizados en el proceso de cálculo para la obtención de las coordenadas de los puntos levantados, si los datos se almacenaron en la tarjeta externa de almacenamiento hay que removerla y se introduce en el lector de la computadora,

en caso de que la computadora no posea un lectora de tarjeta entonces se hará necesario utilizar un cable USB para transferir los datos del GPS a la computadora.

Debido a que la información presentada en el presente trabajo tiene como objetivo apoyar el proceso de aprendizaje tanto de estudiantes de Ingeniería como de aquellos profesionales que se inician en el uso de estas tecnologías, se ha considerado conveniente señalar la información que debe introducir el usuario de igual manera se presentan aquellas pantallas en la que usualmente se presentan dudas por parte de usuario. Para facilitar la presentación de esta información se ha dividido el postproceso en tres fases; la fase I comprende la información inicial requerida por el software para el cálculo de la posición de los puntos levantados y que debe ser introducida por el usuario. La fase II considera la transferencia de datos almacenados en el dispositivo de memoria del GPS hacia la computadora, y finalmente se presenta la fase III, en la que el software procesa los datos y calcula las posiciones de los puntos, es decir sus coordenadas. El nombre de cada pantalla, que aparece en la parte superior de la misma, se identifica con mayúsculas y negritas, las pestañas sólo en mayúsculas y la información relacionada a cada pestaña o pantalla aparece en viñetas.

Fase I

El software indicado por el fabricante del Promark3 es el Glonass Solution (GNSS), al abrirlo muestra la pantalla

**1) BIENVENIDO**, al hacer clic en crear NUEVO PROYECTO muestra entonces la pantalla

**2) NUEVO**: Introducir el nombre del proyecto, luego se hace clic en el botón MODIF OPCIONES PREDETERMINADAS y se muestra la pantalla con el mismo nombre:

**3) OPCIONES PREDETERMINADAS**

**DEL PROYECTO**, al hacer clic en las pestañas indicadas:

- **REGION**

Sistema de Referencia espacial:  
UTM/WGS84/UTM zone19N

Zona Horaria: (GMT-04:30Caracas)

Unidad Lineal: metros.

- **VARIOS**

Detección de Errores Graves

Tiempo de observación mínimo:  
5 minutos

Rango Valido de altura antena:  
3 metros

Control de calidad

Precisión deseada del proyecto:  
horizontal 0.020 m + 1ppm

Vertical

0.040 m + 2ppm

Error de Control Máximo  
aceptable

Total: 0.10 m

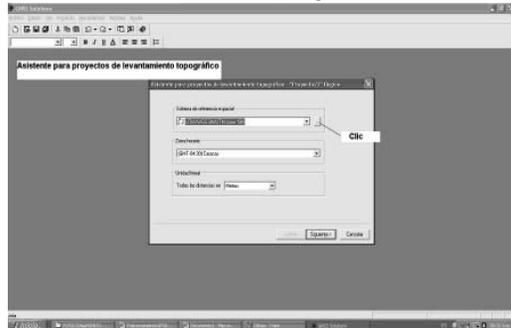
Archivos de Orbitas precisas: se puede ver la ruta dentro del PC

Predeterminado: misión al hacer clic en Aceptar, aparece nuevamente la pantalla NUEVO y se hace nuevamente clic en Aceptar, a continuación se muestra la pantalla

#### **4) ASISTENTE PARA PROYECTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

al hacer clic en el botón que se indica en la figura 3

Figura 3: Pantalla Asistente para Proyectos de Levantamiento Topográfico



Fuente: Software Glonass Solution

Se despliega la pantalla **SISTEMA PROYECTADO [UTM /WGS84/UTM Zone 19N]** luego al hacer clic en la pestaña:

- DATUM  
Datum: WGS84  
Nombre del Elipsoide: GRS 1980
- PROYECCION: Transverse Mercator
- SISTEMA  
Nombre del sistema: UTM/WGS84/UTMZONE19N  
Datum Vertical: EGM96  
Este  
Norte  
Altura Ortométrica

Una vez que se ha finalizado en esta misma pantalla se hace clic en Aceptar y muestra nuevamente la pantalla **ASISTENTE PARA PROYECTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**, se hace clic en Siguiente, Siguiente y luego en Finalizar. Con este paso se finaliza la introducción de la información que requiere el programa para identificar tanto el proyecto, ubicación geográfica y el sistema de proyección en el que se va a calcular las coordenadas de los puntos posicionados.

La Fase II, es la fase en la que se transfiere los datos brutos de cada receptor, hasta el computador.

En esta fase se transfiere los datos brutos de cada una de las tarjetas de almacenamiento de los receptores, empezando por el ROVER y finalizando con la BASE. Se observa la pantalla **5) IMPORTAR** hacer clic en: **DESCARGAR DATOS BRUTOS DEL RECEPTOR O LA TARJETA** se muestra entonces la pantalla **6) MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE DATOS ASHTECH A PC**, como se muestra en la Figura 4

Figura 4: Pantalla Módulo de Transferencia de Datos ASHTEC a PC



Fuente: Software Glonass Solution

Como puede verse en la parte izquierda de la pantalla aparecen los archivos de los datos brutos, seleccionar cada archivo y hacer clic en la pestaña

- EDICION

seleccionar “mover a”, en este momento se transfiere el archivo seleccionado hacia el lado derecho de la pantalla, tal como se muestra en la Figura 5

Figura 5: Transferencia de Datos.



Fuente: Software Glonass Solution

Hacer clic en la parte superior derecha para cerrar la pantalla **MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE DATOS ASHTECH A PC** aparece la pantalla **7) IMPORTAR DATOS GPS**

En la parte inferior derecha hacer clic en ACEPTAR, seleccionar “Para aplicar y procesar líneas de base” se muestra la pantalla

**8) VISTA DE LEVANTAMIENTO** donde se observa el punto ROVER.

En esta pantalla en la pestaña “proyecto” seleccionar “descargar datos brutos del

Receptor o la tarjeta” aparece nuevamente la pantalla

**9) MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE DATOS ASHTECH A PC**

A partir de aquí se repite los pasos anteriores para transferir el archivo de la BASE

hasta que se muestre nuevamente a la pantalla

**10) IMPORTAR DATOS GPS**, en la parte inferior donde se lee “puntos de control” haciendo clic en la flecha aparece el nombre con el que se identifico al punto BASE, se hace clic para introducir las coordenadas Este, Norte y Altura Ortométrica del punto BASE, tal como se muestra en la Figura 6,

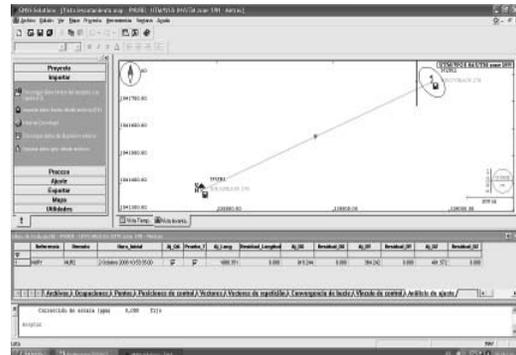
Figura 6: Introducción de Coordenadas de Punto BASE



Fuente: Software Glonass Solution

En la parte inferior derecha hacer clic en ACEPTAR, seleccionar “Para aplicar y procesar líneas de base” se muestra entonces la pantalla **VISTA DE LEVANTAMIENTO** donde se observa el vector BASE a ROVER. Hacer clic en la pestaña “proyecto” y seleccionar “ajustar red” apareciendo finalmente el vector definitivo, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7: Vista del Vector Definitivo entre el Punto BASE y el ROVER



Fuente: Software Glonass Solution

Para generar el informe en esta pantalla se hace clic nuevamente en “proyecto” y seleccionar “generar informe”, seleccione las opciones que desea estén presentes en el informe y luego haga clic en el Aceptar. A continuación se muestra a manera de

muestra, el informe correspondiente al posicionamiento de uno de los puntos en el Sector Las Peñitas donde se planifica la construcción del preescolar del NURR.

En dicho informe se presenta en la primera parte la información que es introducida por el usuario referente a la identificación del proyecto, sistema de referencia, zona horaria, unidades, sistema de coordenadas, Datum, sistema de Proyección.

En la sección Puntos de Control y Punto Registrados se puede leer las coordenadas del punto Base y el punto Rover. En **Archivos**, se identifican los archivos tanto de la Base como el Rover, la hora inicial y tamaño del mismo.

A continuación se muestra el reporte del posicionamiento de un punto topográfico ubicado en el Sector Las Peñitas donde se tiene previsto la construcción de la edificación del preescolar del Núcleo Universitario Rafael Rangel.

Vista de levantamiento  
GNSS Solutions, Copyright © 2007 Magellan Navigation, Inc.  
07/07/2009 10:31:35 p.m.  
www.pro.magellanGPS.com  
Nombre del proyecto: PNURR  
Sistema de referencia espacial: UTM/WGS 84/UTM zone 19N  
Zona horaria: (GMT-04:30) Caracas  
Unidades lineales: Metros  
Resumen del sistema de coordenadas  
Sistema de coordenada

Nombre: UTM/WGS 84/UTM zone 19N  
Tipo: Proyectado  
Nombre de la unidad: Metros  
Metros por unidad: 1  
Datum vertical: EGM96  
Unidad vertical : Metros  
Metros por unidad: 1

Datum  
Nombre: WGS 84~1  
Nombre del elipsoide: GRS1980

Proyección  
Clase de proyección: Transverse\_Mercator

### Puntos de control

95%

Nombre	Componentes	Error	Estado	Error de control
NUR1	Este	337935.570		FIJO
	Norte	1041373.560		FIJO
	Altura orto.	392.497	0.000	FIJO

### Descripción ULA01 Puntos registrados

95%

Nombre	Componentes	Error	Estado
NUR2	Este	338924.294	Ajustado
	Norte	1041771.456	Ajustado
	Altura orto.	422.351	Ajustado

### Descripción ULA Las Peñitas

#### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
BROVEA08.276	10:58	5	112	43	12
BBASEA08.276	10:30	5	682	316	12

#### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
NUR2	2 Octubre 2008 10:58:10.00	00:09:15.00	Static	BROVEA08.276

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
NUR1	2 Octubre 2008 10:30:45.00	00:56:45.00	Static	BBASEA08.276

#### Vectores procesados

Vector 95%      Vector 95%

Identificador de vector	Longitud	Error	Componentes	Error	SV	PDOP	QA	Sol
NUR1 - NUR2	1066.351	0.008	X	918.244	0.003	7	2.8	Fijo
			Y	364.242	0.004			
			Z	401.572	0.003			

#### Vectores ajustados

Vector Longitud      Vector      Tau

Identificador de vector	Longitud	Resid.	Componentes	Resid.	Prueba	QA
NUR1 - NUR2 08/10/02 10:53	1066.351	0.000	X	918.244	0.000	
			Y	364.242	0.000	
			Z	401.572	0.000	

## Conclusiones

La Teoría de Errores indica que toda medición está afectada tanto por errores sistemáticos como los aleatorios, los primeros pueden ser estimados con el propósito de poder eliminarlos. Cuando se utiliza la tecnología GPS en el posicionamiento preciso de puntos es necesario utilizar simultáneamente dos o más receptores de manera que al establecer las diferencias de posición, en lugar de posiciones absolutas, los errores que son compartidos por ambos receptores pueden ser cancelados. De igual manera realizar mediciones redundantes garantiza la calidad estadística de la posición al minimizar la presencia de errores aleatorios.

Puede entonces decirse que el método estático diferencial ofrece importantes ventajas al momento de posicionar de manera precisa un punto sobre la superficie terrestre, entre ellas puede mencionarse la eliminación de los errores debido al retardo ionosférico y troposférico (Arvizu,2004) ya que los mismos se anulan al considerarse que tienen la misma magnitud en el mismo instante de la observación siempre que la BASE y el ROVER no se encuentren muy alejados.

En este tipo de posicionamiento se calculan las correcciones a partir del punto base (coordenadas conocidas) y las mismas son aplicadas en la determinación de las coordenadas del punto que se está posicionado, este método es más preciso en cuanto las condiciones en ambos equipos sean similares.

Conocer las distintas fuentes de errores que afectan las mediciones GPS, permite al usuario seleccionar el método apropiado de medición según la precisión esperada.

## Referencias Bibliográficas

MCCORMAC, J. (2008). Topografía. Limusa Wiley. Mexico Pag. 276, 278

ARVIZU D., R. (2000) Modelación Matemática. Facultad de Ingeniería .Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. Mexico Pag. 2

WELLS, D.E., BECK, D. DELIKARAOGLOU, A. KLEUSBERG, E.J. KRAKJWSKY, G. LACHAPPELLE,R.B,LANGLEY,M. NAKIBOGGLU, K. P.SCHWARS,J.M. TRANQUILLA Y P. VANICEK(1986). Guide to GPS Positioning. Canadian GPS Associates,Fredericton,N. B.,Canada. Pag. 11.0,14.04, 4.22, 4.19, 4.18

ARVIZU D., R. (2004) Métodos de Observación. Facultad de Ingeniería .Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. Mexico Pag. 16, 6

ARVIZU D., R. (2002a) Sistemas de Posicionamiento. Facultad de Ingeniería.

Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. Mexico Pag. 12, 14, 13

ARVIZU D., R. (2003a) Observables GPS. Facultad de Ingeniería .Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. México Pag. 2-4

ARVIZU D., R. (2002b) Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). Facultad de Ingeniería .Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. México.

Pag. 24, 51, 64,71, 72 ,23

ARVIZU D., R. (2003,b) Modelación Efemérides Orbitales. Universidad Autónoma de México. México Pag. 2- 11

REYES, M., Y HERNÁNDEZ,A. (2003). Tratamiento de Errores en Levantamientos Topográficos. Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática. Mexico. Pag. 24, 260, 265, 262, 266, 248

ARVIZU D., R. (2005) Movimiento Orbital. Facultad de Ingeniería .Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. México Pag. 2.

TORRES A.,VILLATE E.(2001) Topografía 4ª edición. Bogota Pearson Educación de Colombia Pag. 408-412.

LEYCA (1999) Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) URL.<http://www.udape.gov.bo/portalSIG/ElementosSIG/que-esgps-leica.PDF> . Pag. 17, 55

WOLF P., BRINKER R. (1997) Topografía 9ª edición. Mexico. Alfaomega. pag 484,485 488, 489

ARVIZU D., R. (2006) Proyecto de Redes Geodesicas. Facultad de Ingeniería.

Departamento de Geodesia y Cartografía. Universidad Autónoma de México. México pag 14.