



III. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS GPS

3.1 Adquisición de Datos en Campo

Para llevar a cabo la adquisición de datos GPS en campo es necesario:

- 1) Instalar el equipo y programar el receptor GPS de acuerdo con los requerimientos del proyecto. El equipo geodésico utilizado para este proyecto cuenta con un receptor, una antena, un trípode para montar la antena, una base nivelante, brújula, plomada, baterías y los cables necesarios para hacer las conexiones. Para instalar el equipo GPS primeramente se localiza el punto o la marca de la que deseamos conocer su posición, se coloca el trípode de tal manera que esté fijo con ayuda de costales rellenos de arena de tal forma que no se mueva para garantizar una buena toma de datos y el punto debe quedar perfectamente centrado ayudándonos de la plomada y la base nivelante (Fig. 3.1).



Fig. 3.1. Instalación y nivelación del equipo.

- 2) Una vez que el GPS se encuentra bien instalado medimos la altura inclinada con la varilla metálica graduada, o con el instrumento de medición que proporcione el fabricante.



- 3) Posteriormente una vez realizados los pasos anteriores, se hacen las conexiones necesarias entre el receptor, antena y baterías para programar el equipo y comenzar con la adquisición de los datos (Fig.3.2)



Fig. 3.2. Instalación completa de un equipo GPS Trimble5700.

- 4) La programación del receptor GPS es diferente para cada marca de equipos GPS, por lo tanto cada equipo cuenta con un software diferente y un manual de programación, el cual será necesario leer para seguir las instrucciones de programación y asegurar que el equipo sea programado correctamente de acuerdo al tipo de receptor y levantamiento que se llevará a cabo.

El equipo utilizado para el análisis geodésico que se realizó en el occidente de la Cuenca de México fue el GPS Trimble 5700, cuenta con distintas funciones de programación para los diferentes tipos de levantamientos, en este caso un levantamiento estático.

- 5) Cuando el equipo ya está programado, se define el periodo o el tiempo de adquisición de los datos. Durante el periodo de la adquisición de los datos es necesario cuidar el equipo para evitar que alguien lo mueva y revisar constantemente que no le falte corriente.
- 6) Finalmente el equipo GPS es desinstalado y se almacenan los datos. Cuando el receptor haya terminado de grabar datos se guardan en un archivo, se apaga el



receptor y verificamos que la antena, la base nivelante y el trípode estén colocado exactamente igual que cuando se instaló, con ayuda de la brújula se verifica que la antena éste orientada hacia el norte geográfico, la altura inclinada debe ser la misma que se midió en un principio y se corrobora que los niveles estén centrados. Cuando hay alguna anomalía con la adquisición de los datos es necesario tomar nota y considerarlo al momento de procesar los datos. Al terminar se guarda el equipo y se transfieren los datos a una computadora para evitar que la memoria del equipo se sature, y sobre todo para tener un respaldo de los datos.

3.2 Análisis Preliminar de Datos

Las estaciones permanentes necesitan de un análisis preliminar con el fin de verificar diariamente que funcionen correctamente y que estén transmitiendo datos continuamente, para observar cambios o anomalías en los datos que pueden provocados por perturbaciones del sitio, mal funcionamiento en los equipos, etc. El análisis se lleva a cabo por medio de un archivo que contiene información del tiempo en que inician y se terminan las observaciones, las horas de duración de la sesión, el total de satélites observados, número de observaciones, etc.

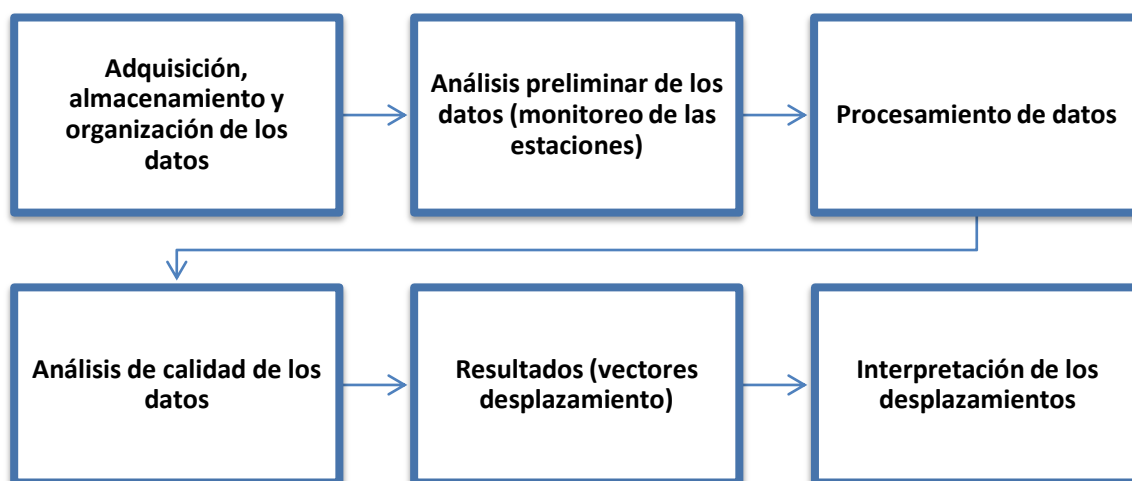
Para las estaciones temporales, el análisis consiste en revisar que el equipo no haya sufrido ningún cambio en su posición al término de la sesión ya que es responsabilidad del operador el manejo del equipo y el almacenamiento de los datos en un archivo, además es necesario hacer una inspección visual de los datos, es decir, que los datos tengan un comportamiento constante ya que un salto repentino podría indicar una perturbación local y/o mal funcionamiento del equipo para ambos tipos de estaciones.

3.3 Procesamiento de Datos

El periodo de observación de la red de GPS es a partir del año de 1995 en estaciones temporales y para estaciones permanentes desde el año 2006 para la primera estación y una segunda estación desde el 2008. El procesamiento de los datos para poder obtener la



posición de un punto lleva una secuencia que se desarrolla básicamente como se muestra en el siguiente esquema:



Esquema de procesamiento de datos.

Los datos obtenidos en campo a partir del sistema GPS proporcionan información sobre la posición de un punto, pero con margen de error que se corrige por medio de un post-proceso realizado con un software especializado.

Existe una gran variedad de paquetes comerciales para procesar datos GPS y también paquetes desarrollados por la comunidad científica. Algunas de las compañías que se especializan en desarrollar estos paquetes se basan principalmente en un procesamiento diferencial por ejemplo: Trimble, Leica, Garmin, Magellan, por mencionar algunas; sin embargo, no todos trabajan con la precisión deseada si la base se encuentra a más de 20 km, además requieren de por lo menos dos receptores para trabajar en el modo diferencial.

Algunas instituciones desarrollan paquetes que utilizan algoritmos muy complejos creados por la comunidad científica que trabajan con órbitas precisas y estaciones de referencia ajenas al levantamiento de campo, para brindar al usuario mayor exactitud en el procesamiento diferencial y no es necesario que los receptores trabajen al mismo tiempo ya que la paquetería utilizada para el procesamiento actualiza automáticamente la base de datos de la información acerca de las estaciones de referencia necesarias.



Los datos utilizados para fines de esta tesis fueron procesados con GIPSY elaborado en el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) del Instituto Tecnológico de California (CalTech). A continuación damos una breve descripción del procesamiento utilizando el paquete GIPSY-OASIS II ya que es uno de los más utilizados para procesar datos GPS.

3.3.1 Paquete GIPSY-OASIS II

El paquete GIPSY, por sus siglas en inglés GPS Inferred Positioning System-Orbit Analysis and Simulation Software, fue desarrollado en el Jet Propulsion Laboratory (JPL), del *California Institute of Technology* para procesar posiciones precisas de GPS para cualquier modelo, desde el estático hasta el cinemático. La versión utilizada para realizar el procesamiento de los datos fue GIPSY-OASIS II.

Para poder utilizar GIPSY-OASIS II los datos de entrada deben tener un formato especial llamado RINEX (Receiver INdependent Exchange format). Hay varios programas que transforman los datos que se obtienen del receptor al formato RINEX.

El procesamiento de los datos debe atravesar por una serie de etapas o programas para llegar a la solución deseada, estas etapas se ilustran por medio de un diagrama de flujo (Fig.3.3) y son descritas brevemente a continuación.

Para iniciar con el procesamiento de los datos se utiliza el programa *ninja*, éste se encarga de leer el archivo RINEX, lo reordena y lo traduce a un archivo binario, estos datos son enviados a un sub-módulo llamado *turbo-edit*, el cual automáticamente borra las posiciones que se encuentran fuera de rango (outliers), además detecta y repara las discontinuidades en la señal (cycle slips) en un 99%.

Después los datos son guardados en archivos binarios para cada satélite y luego agrupados en los archivos *.qm* que son los archivos de salida generados por este proceso.

Una vez que ya se tienen editados los datos, la agrupación de los archivos *.qm*, por medio del programa *merg_qm* se lee la lista de los archivos *.qmy* los agrupa en un sólo archivo llamado *QMfile*.



Posteriormente se aplican los modelos físicos para determinar los parámetros que relacionan la localización del receptor, el movimiento de la Tierra y los relojes del transmisor y el receptor, por medio del programa *qregres*. Este programa aplica dos tipos de modelos, los *modelos terrestres* que sólo consideran lo relacionado a la Tierra, tales como efectos de las mareas, la rotación, precesión, etc. y los *modelos de observación* que incluyen la relación entre los datos que registra el receptor y el segmento de usuario, por ejemplo, la variación del centro de fase de la antena, los efectos troposféricos, entre otros (Gregorius 1995). *qregres* integra en un archivo nombrado *rgfile*, las órbitas de las observaciones y la salida.

Luego de aplicar los modelos se procede a realizar el filtrado de los datos para ello es necesario pre-filtrar los datos por medio del subprograma *preprefilter* para obtener un archivo de entrada llamado *prefilter.txt*.

A partir de *prefilter* el usuario crea el archivo que contiene los eventos aleatorios como: el ruido blanco del reloj, caminos aleatorios (*randomwalk*) ocurridos en la troposfera, ruido por radiación solar, etc. y genera un archivo de salida tipo *batch.txt*. *prefilter* lee el *rgfile* y ordena los datos de tal manera que éstos son dependientes de los eventos aleatorios de un grupo de datos que más o menos ocurrieron al mismo tiempo. En caso de existir *cycle slips* en los datos contenidos en el *rgfile*, *prefilter* a partir de un algoritmo restaura la señal para obtener una señal completa.

El filtrado de los datos se realiza con el programa *filter*, es un algoritmo llamado *Square Root Information Filter* (SRIF), el cual es numéricamente estable porque es una modificación de un filtro *Kalman* utilizado para conocer la posición y la velocidad de un objeto que se encuentra en un sistema relacionado con el tiempo.

filter lee los datos del archivo *rgfile* y los revisa para detectar ruido aleatorio de un evento específico y corregirlo, también recopila los atributos de las señales aleatorias y su estructura. *filter* genera cinco archivos de salida que contienen los coeficientes de la solución suavizados, sólo tres de estos archivos son los que generalmente se usan: *accume.nio*, *smooth.nio*, *uinv.nio*.



Después de filtrar los datos se utiliza el programa *smapper* para calcular y mapear la covarianza, la sensibilidad y la solución de los parámetros del proceso, arroja cuatro tipos de archivos de salida: *smsol*, *niosmcov*, *niosmsig*, *nioy APVALSOUT* que son los archivos de entrada para el siguiente proceso llamado *postfit*. En caso de estar presente el archivo *smooth*, *nio*, *smapper* suaviza la covarianza y la solución.

postfit es un programa que busca los archivos de salida de *smapper* y *rgfile* para generar dos archivos, uno de puntos que contiene datos de las estaciones y otro de pre-ajuste que lleva información de los residuales llamado *postfit.nio* que proviene de *postfit*.

El comando *postbreak* lee el archivo *postfit.nio* para localizar discontinuidades en los residuales (*cycle slips*) que hubieran pasado desapercibidos por *Ninja*. En caso de encontrarse algún *cycle slip*, el archivo QM se modifica y se vuelve a ejecutar todo el proceso por medio del programa *qregres*. Cuando solo se tienen errores por órbitas y no por estaciones terrestres basta con modificar el archivo *batch.txt* y ejecutar *filter*, *smapper* y *postfit*.

edtpnt2 es un programa que agrega y borra datos de puntos de la solución filtrada para poder actualizar los filtros y remover los *outliers*, luego de correr este programa es necesario volver a ejecutar *smapper* y *postfit*, para evaluar los residuales y decidir si algún punto tiene que ser rechazado, en este caso, el archivo *postfit.nio* se modifica y se corre de nueva cuenta *smapper* y *postfit*, de lo contrario, se puede continuar con el proceso.

La herramienta *stacov* incluye los sub-programas: *stacov*, *heighfix*, *stamrg*, *statistics* y *transform*. *stacov* extrae las coordenadas de la estación del archivo *smcov.nio* para traducirlas en un archivo comprensible para el usuario, mientras que el subprograma *heighfix* se encarga de actualizar la altura de la antena para cada día de observación y *stamrg* estima la posición y las velocidades de la estación con lo cual se pueden graficar las soluciones para cualquier época. *Statistics* es una herramienta que calcula las coordenadas, las componentes de la línea de base y su equivalencia en varios sistemas coordenados y *transform* transforma de un sistema de referencia a otro a partir de ciertos parámetros. *stacov* transforma los resultados en un archivo de salida en un formato de texto que contiene las coordenadas de las estaciones y sus correspondientes errores.



La calidad de los resultados obtenidos de la transformación depende de la precisión de las coordenadas, las velocidades de las estaciones de referencia utilizadas y la distribución geográfica de las estaciones.

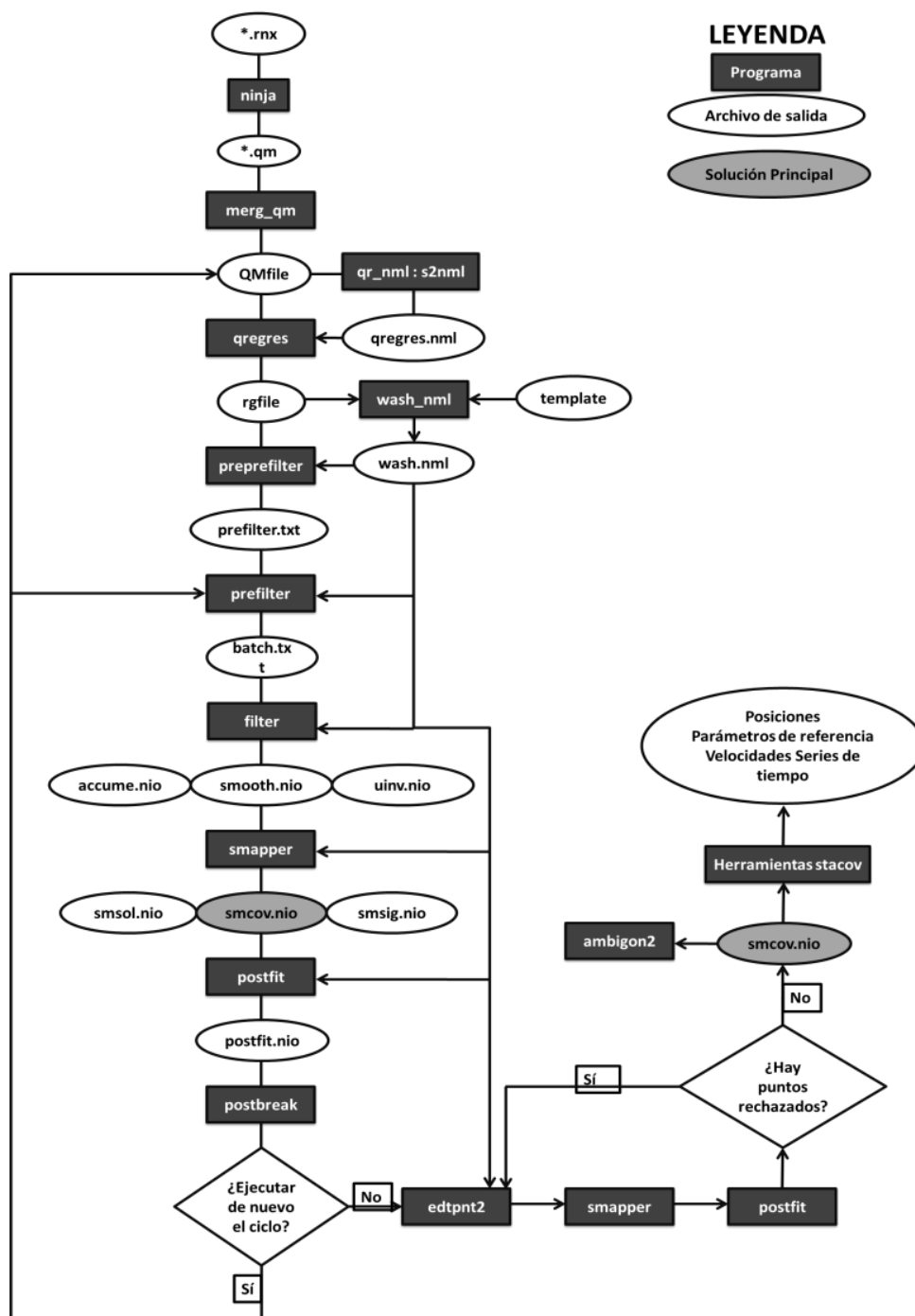


Fig. 3.3. Diagrama de flujo del orden en que se ejecutan los programas involucrados en el procesado de datos GPS utilizando GIPSY (Modificada de Gregorius, 1995).