

6 PROCEDIMIENTOS DEL MAPA TOPOGRÁFICO (1/5.000)

6-1 Recopilación de los Datos Existentes

El Equipo de Estudio recogió los datos e informaciones necesarios para la preparación del mapa topográfico escala 1/5.000 con la cooperación del INETER en su proceso.

Cuadro 6-1 Información recopilada

Datos recopilados	Cantidad	Institución que proporcionó	Observación
fotografías aéreas a color de escala 1/5.000	623 hojas Aprox. 200km ²	Alcaldía de Managua	Fotografías tomadas en el año 2000
Resultados de la Aerotriangulación	Un juego	Alcaldía de Managua	PAT-M
Ortofotos digitales a color	Un juego	Alcaldía de Managua	Sistema NAD27

El Equipo de Estudio encontró que de las siete fotografías de 11 cursos, se había perdido la información correspondiente a los *frames* del 1902 al 1908 durante el proceso de recopilación. No fue posible obtener las fotografías aéreas perdidas puesto que la corporación española que había producido dichas fotografías no estaban dispuestos a cooperar en ofrecerlas al Equipo de Estudio. Los modelos perdidos para el ploteo fueron complementados utilizando fotografías aéreas de escala 1/40.000 tomadas en el año anterior.

La precisión de observación de las altitudes en el punto singular fue de 40-70 cm, y se consideró que la precisión para el mapeo no afectaría al trazado de líneas de contorno intermedio con intervalos de dos metros.

Se han tenido algunos modelos que no tenían un traslapeo frontal de 50 %, para los cuales se utilizaron las fotografías aéreas de escala 1/40.000 para llenar los vacíos entre los modelos.

6-2 Reconocimiento de Puntos de Control

En el plan inicial, se propuso realizar el reconocimiento del punto de control utilizando GPS. Sin embargo, al conocer que la Alcaldía de Managua poseía los datos de la aerotriangulación, se vio que no era necesario realizar el reconocimiento GPS. Sin embargo, los resultados de triangulación aérea existentes se determinaron que eran inadecuados para los mapas topográficos de 1/5.000 porque se basaban en alturas ortométricas utilizando resultados del modelo geoidal. Por lo tanto, se decidió implementar la nivelación.

El Equipo de Estudio utilizó el método de nivelación directa, y realizó el pinchado (*pricking*) sobre las fotografías aéreas a un intervalo de 200 m. Tras una observación, se realizó el control de precisión enlazando las cuatro marcas de cota previas con base en el nivel medio sobre el nivel del mar de la Ciudad de Managua. El error de observación error del cierre ha sido definido en $\sqrt{S \times D}$ (km), y el trabajo fue llevado a cabo para una longitud total de aproximadamente 110 km. En la siguiente figura se muestra la red de nivelación existente, los resultados del control de precisión sobre las marcas de cota anteriores, así como los resultados de nivelación.

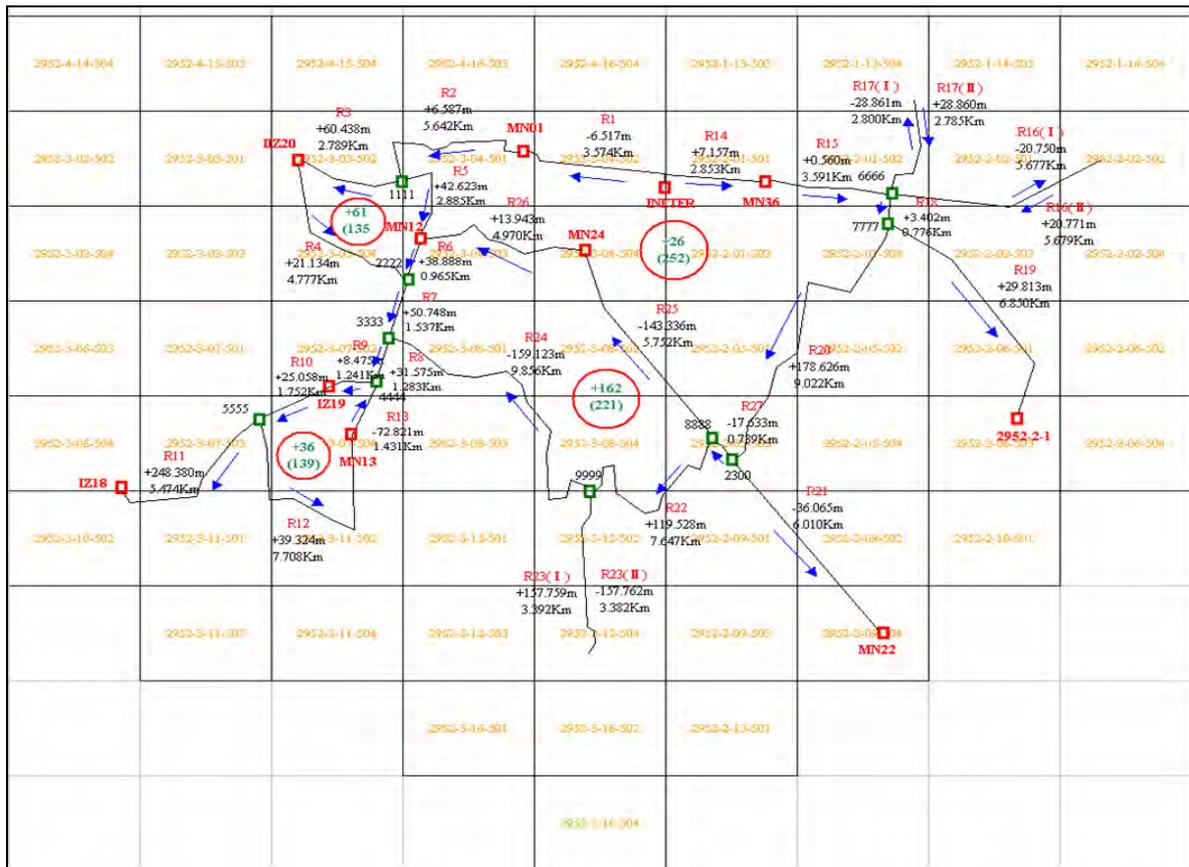


Figura 6-1 Red de nivelación y control de calidad

6-3 Cambios del Alcance de Mapeo

Originalmente se había propuesto cubrir 200 km² como el área de mapeo topográfico de escala 1/5.000. Posteriormente, INETER solicitó que se agregara también el área montañosa de la parte sur de la Ciudad de Managua que tiene aproximadamente 100 km². Fue señalado que el área incluía los proyectos de desarrollo de presa y reservorio para el plan de control de inundación de la Ciudad de Managua. La parte nicaragüense recalcó la importancia de esta solicitud durante el taller organizado por el Equipo de Estudio en Managua. El Equipo de Estudio respondió a dicha solicitud y presentó la propuesta de compilar los datos de 1/50.000 preparados en el primer año para esta finalidad, cuya propuesta fue aceptada por el INETER. Por lo tanto, el área cubierta por el mapeo topográfico de escala 1/5.000 finalmente suma un total de 300 km². En las Figura 6-2 y Figura 6-3 se muestra esta modificación del área cubierta.

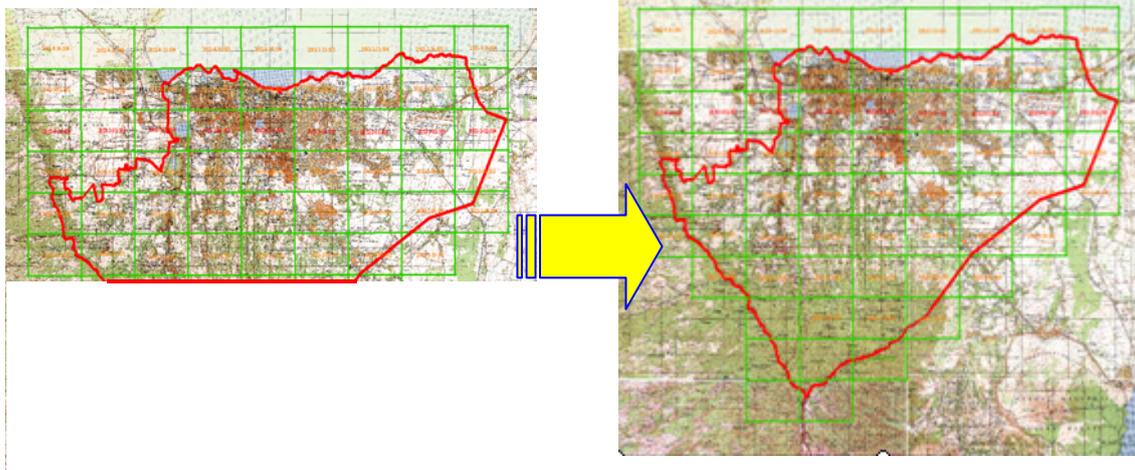


Figura 6-2 Área propuesta originalmente

Figura 6-3 Área finalmente cubierta

6-4 Triangulación Aérea

Los datos de la triangulación aérea proporcionados por la Alcaldía de Managua estaban en el formato PAT-M. Sin embargo, dado que el elipsoide adoptado era de NAD-27 y se utilizaban las alturas ortométricas calculadas, dichos datos no coincidían con el nivel medio del mar. Por lo tanto, se adoptó el elipsoide WGS84 en los mapas topográficos de escala 1/5.000. Asimismo, debió utilizarse los resultados de nivelación que habían sido reajustados con el nivel medio del mar para ejecutar nuevamente la triangulación aérea.

Se realizó una nueva triangulación aérea con base en los resultados de la anterior triangulación aérea y del estudio de los puntos de control. Se utilizaron 623 fotografías aéreas a escala 1/5.000 y se analizaron 610 modelos.

Las coordenadas de los principales puntos de fotografías aéreas calculadas de la anterior triangulación aérea y los puntos de pinchados de nivelación fueron tratados como datos dados, y los puntos de pase y de cierre fueron seleccionados y analizados. El ajuste de bloques se realizó mediante el método bundle (PAT-B). El estándar de precisión se basó en las especificaciones acordadas con los oficiales de INETER. En cuanto al valor límite del residual de puntos de control en el mismo bloque, la desviación estándar para las coordenadas y elevaciones es de 0,02 % de las alturas de vuelo sobre el nivel de la tierra, y el valor máximo es de 0,04 %. En cuanto a la discrepancia de los puntos de pase y cierre, la desviación estándar fue de 15 micras y el valor máximo fue definido en 30 micras. La Figura 6-4 muestra la distribución de los puntos seleccionados para la triangulación aérea. Del Cuadro 6-2 al Cuadro 6-5 se muestran los resultados de la aerotriangulación.

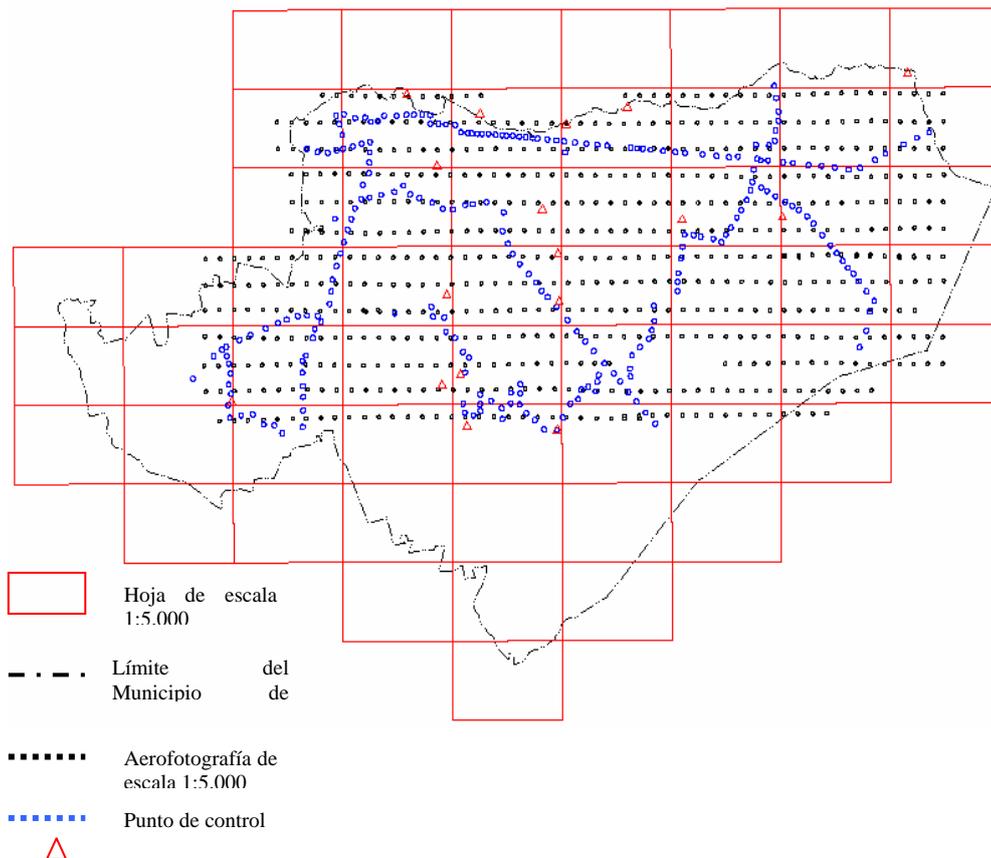


Figura 6-4 Puntos seleccionados para la triangulación aérea

Cuadro 6-2 Precisión de la triangulación aérea

Número de fotografías	Número de franjas	Número de puntos de medición	Valores R.M.S. (x)	Valores R.M.S. (y)
623	13	27716	4,8 micras	5,6 micras

Cuadro 6-3 Residual de puntos de control (RMS)

	Puntos de control RMS sobre la fotografía	RMS especificados
X	0,108 metros	0,160m
Y	0,117 metros	- Ídem -
Z	0,123 metros	- Ídem -

Nota: Precisión especificada es de 0,2 ‰ X altitud del vuelo (800 m)

Cuadro 6-4 Residual de puntos de control (máximo)

	Máx. Residual
X	0,286 metros
Y	0,255 metros
Z	0,297 metros

Nota: La precisión especificada es de 0,4 ‰ X altitud del vuelo (800 m)

Cuadro 6-5 Residual de los puntos de pase y de cierre (RMS)

	RMS	Residuales especificados
X	4,8 micras	20 micras
Y	5,6 micras	

6-5 Reconocimiento en campo

El reconocimiento en campo de mapas topográficos a escala 1/5.000 se realizó de acuerdo con la simbología cartográfica discutida. Se realizó utilizando los mapas ortodigitales entregados por la Alcaldía de Managua. El trabajo se realizó para anotar edificios públicos, Iglesias, fábricas, escuelas y otros pequeños objetos y para identificar los nombres geográficos. Se utilizó el método convencional para anotar la información local en las fotografías, ya que una precisión de un GPS portátil (10-50 m) no satisfizo la precisión requerida de mapas con escala de 1/5.000. La Figura 6-6 es un ejemplo de los resultados de la identificación en campo. El trabajo en campo fue ejecutado del 11 de octubre al 24 de noviembre del 2004.

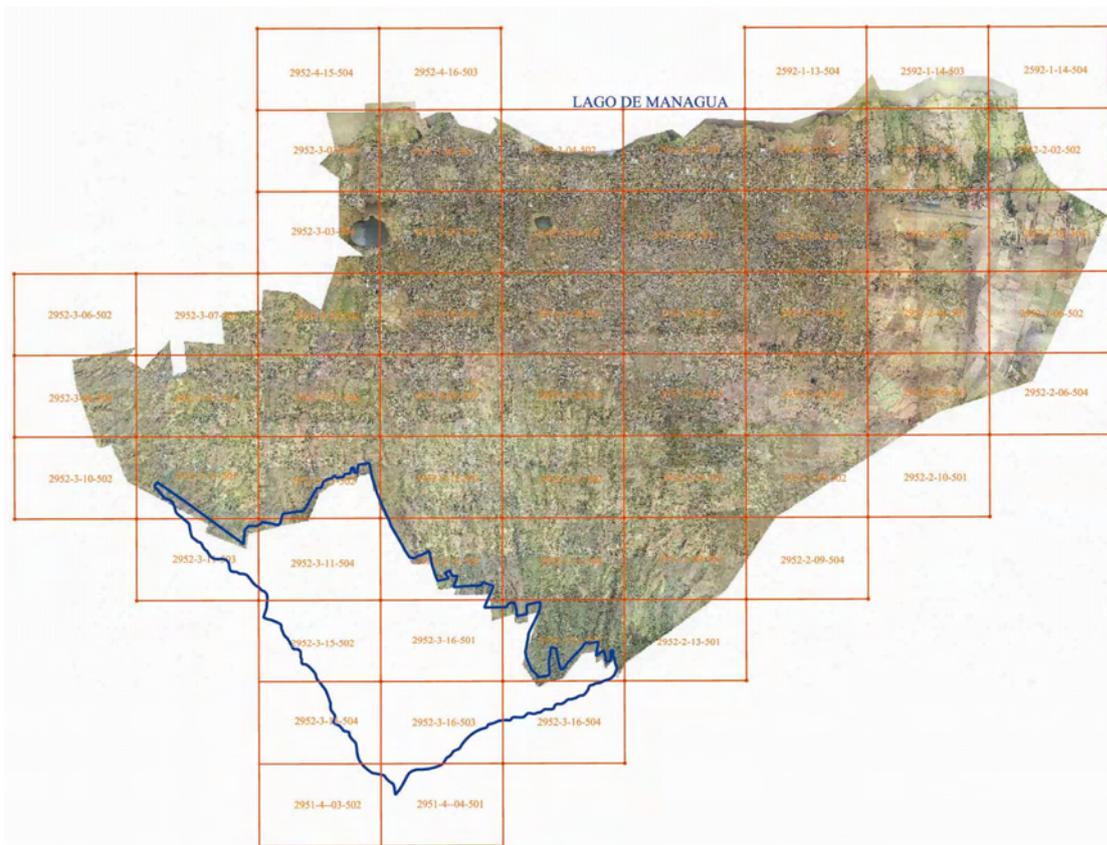


Figura 6-5 Mapa índice de Managua a escala 1/5.000

El trabajo de reconocimiento en campo fue ejecutado utilizando las ortoimágenes a color producidas por Asimut, España en el 2000. Se imprimió cada hoja del mapa. Para las áreas del sur de Managua indicadas en color blanco, se utilizaron las ortoimágenes producidas de las fotografías aéreas (a escala 1/40.000) tomadas en el 2004. Antes de iniciar el reconocimiento en campo, se discutieron los símbolos y se inició el trabajo una vez determinada la simbología a utilizarse en el campo. Se organizaron los resultados del reconocimiento en campo sobre las ortoimágenes utilizando el programa CAD (Figura 6-7).

A continuación se presenta la lista de los cuatro miembros de contraparte de INETER que participaron en el trabajo.

Cuadro 6-6 Lista del personal capacitado (Reconocimiento en campo)

Nombre y apellido	Organización
Nestor Rodríguez	Dirección General de Geodesia y Cartografía
Alberto Orozco	Dirección General de Geodesia y Cartografía
Fernando Osorio	Dirección General de Geodesia y Cartografía
Francisco Javier Hernández	Dirección General de Geodesia y Cartografía



Foto 6-1 Reconocimiento en campo



Figura 6-6 Resultados del Reconocimiento en campo

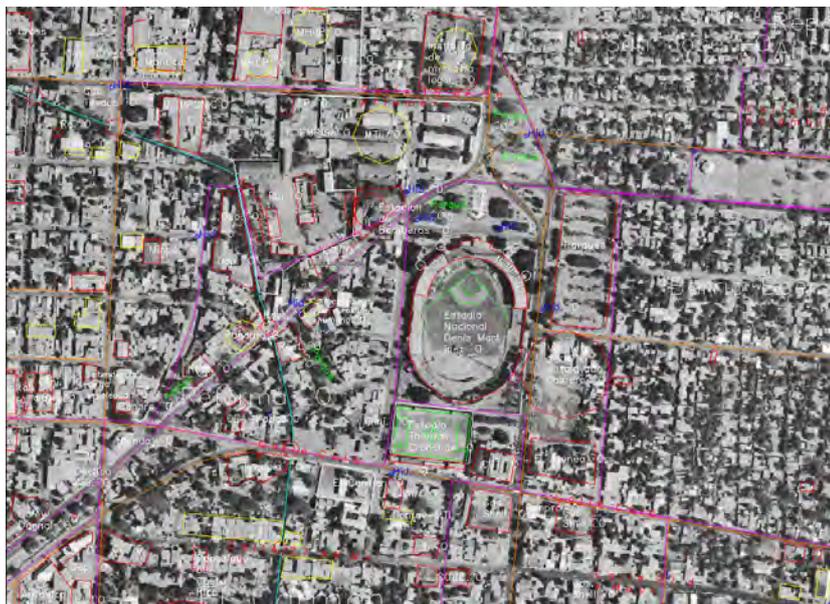


Figura 6-7 Resultados organizados utilizando el programa CAD

Para la parte central de Managua, se utilizaron las fotografías aéreas tomadas en 2000. Se observó que ha habido un cambio secular en algunas de ellas, para las cuales se utilizaron las fotografías aéreas tomadas en el 2004 como datos complementarios para el reconocimiento en campo.

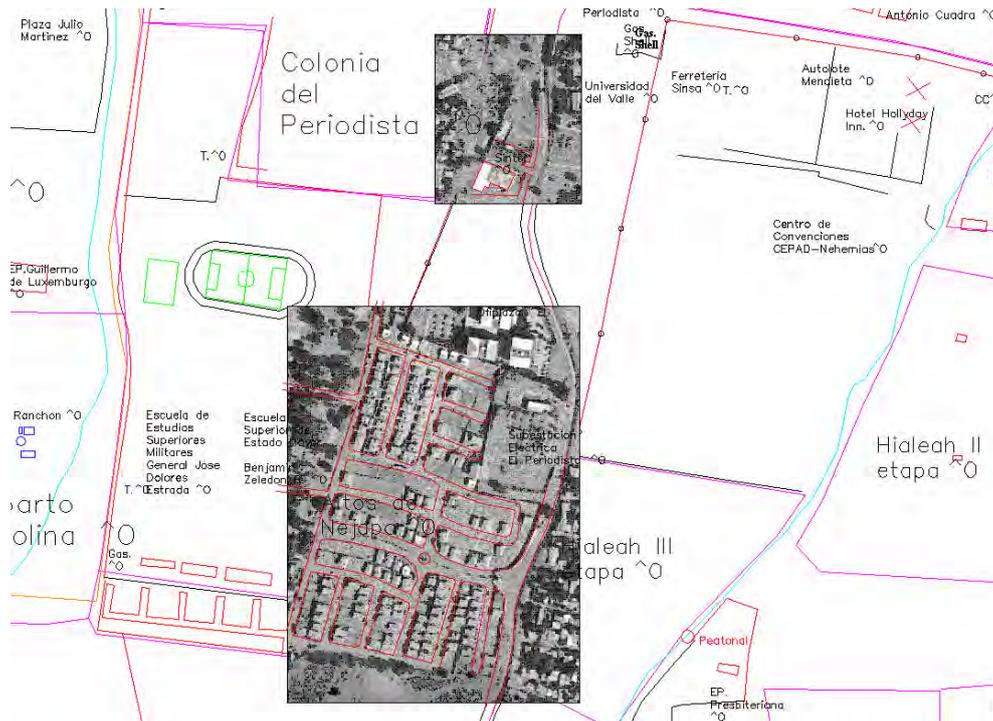


Figura 6-8 Cambio Secular

6-6 Trazado

Con base en la “Nueva simbología y reglas de aplicación del mapa a escala 1/5.000 ” acordada en el segundo año del estudio en el 2005, se realizó el trazado detallado, utilizando los datos básicos extraídos de los resultados de la anterior y nueva triangulación aérea, interpretación de las fotografías aéreas, y el reconocimiento en campo. Observando tridimensionalmente las imágenes utilizando el plotter analítico, se llevó a cabo el trazado digital detallada con el fin de identificar los elementos planimétricos líneas de nivel, etc. requeridos para la confección del mapa topográfico a escala 1/5.000. El intervalo entre las curvas intermedias de contorno de dos (2) metros. En las áreas planas donde el intervalo entre dos curvas intermedias de contorno se hacía grande, se insertaron las líneas complementarias de nivel a un intervalo de un (1) metro. Dado que las áreas que cubren el mapeo son áreas urbanas, y la escala adoptada es de 1/5.000, el trazado se realizó manualmente; y no se utilizó el método de generación automática de curvas de nivel utilizando DTM. Se seleccionaron alturas locales en las cimas de los principales montes, juntas de los caminos, bocas de los valles, confluencia de los ríos, puntos críticos de las principales inclinaciones, etc., los cuales se distribuyeron de manera igual en general. En los elementos planimétricos, los datos trazados fueron puestos sobre las ortofotos de color de escala 1/5.000 a fin de verificar la posible omisión de los datos y, así, mejorar la calidad de los datos. El formato de los datos finales a ser entregados ha sido el de DXF que es el formato más aceptado y difundido por los usuarios finales, incluyendo INETER, Alcaldía de Managua, ENACAL, entre otros. La Figura 6-9 muestra un ejemplo del mapa topográfico a escala 1/5.000 del Aeropuerto Internacional de Managua y sus alrededores.

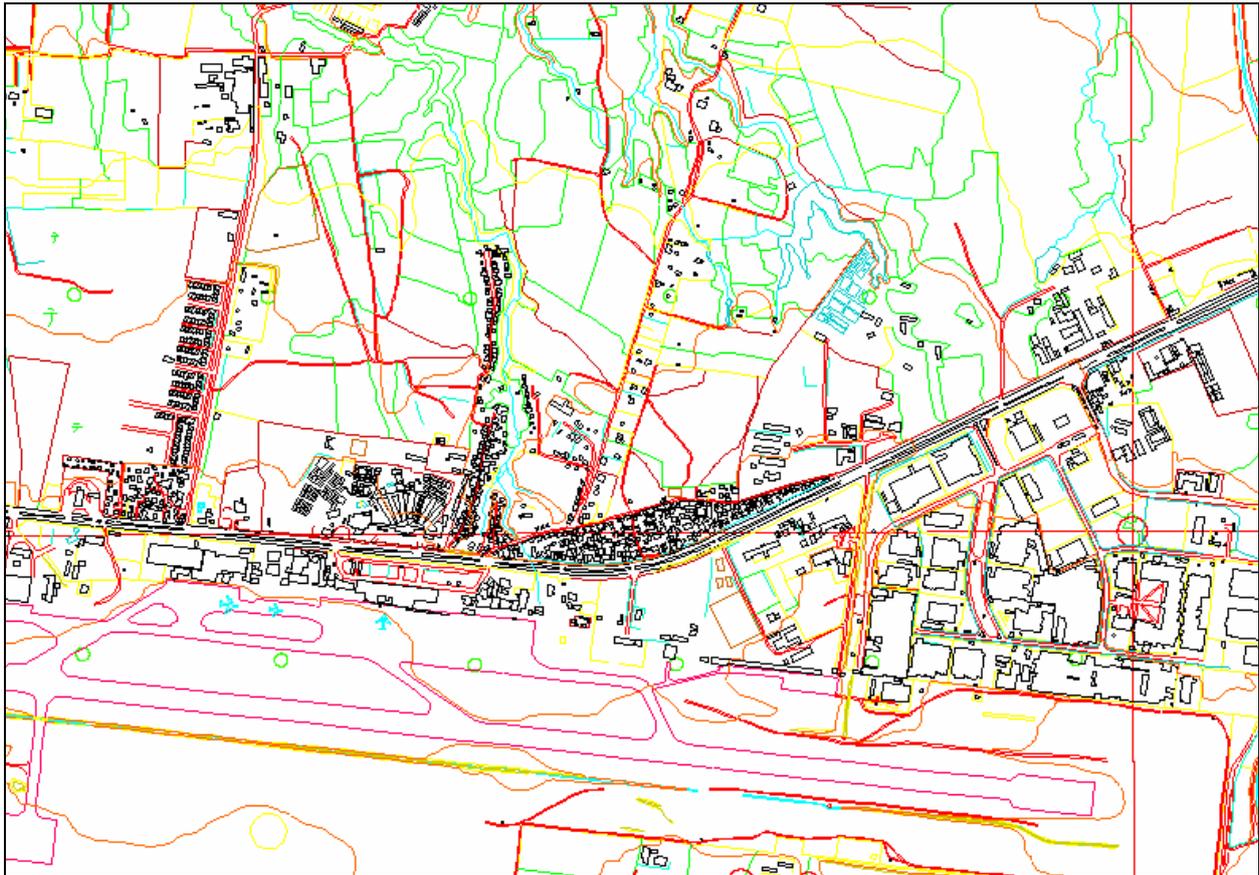


Figura 6-9 Ejemplo del Mapa (1/5.000), Ciudad de Managua (Aeropuerto Internacional de Managua y sus alrededores)

6-7 Complementación de Campo para el Mapeo Topográfico

La complementación de campo fue realizada en las partes que han dejado interrogativas, discrepancias o inconsistencias con los materiales referenciales. Considerando que las anotaciones constituyen información sumamente importante, se revisaron cuidadosamente la ortografía, nombres correctos de las localidades y los caracteres. Asimismo se examinaron los cambios seculares utilizando las fotografías aéreas tomadas en 2004 y otros materiales referenciales para reflejar la situación real. El trabajo fue ejecutado del 9 de mayo al 22 de junio del 2005.

Cuatro funcionarios nombrados de la contraparte tomaron parte del trabajo, quienes realizaron el trabajo de reconocimiento en campo. Se considera que la asignación de este personal ha sido apropiada.

Cuadro 6-7 Lista del personal capacitado (Complementación de campo)

Nombre y apellido	Organización
Néstor Rodríguez	Dirección General de Geodesia y Cartografía
Alberto Orozco	Dirección General de Geodesia y Cartografía
Fernando Osorio	Dirección General de Geodesia y Cartografía
Francisco Javier Hernández	Dirección General de Geodesia y Cartografía

Durante el trabajo, se utilizaron las ortoimágenes y el borrador de los mapas compilados. Los originales compilados fueron utilizados principalmente para la revisión de los objetos topográficos y planimétricos, mientras que las ortoimágenes fueron utilizadas para revisar las anotaciones.

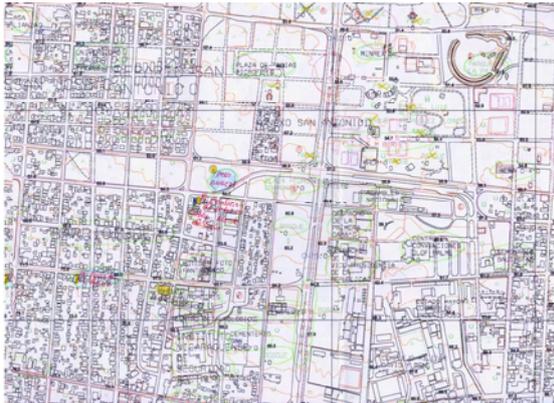


Figura 6-10 Hojas de Inspección de Objetos Topográficos y Planimétricos



Figura 6-11 Inspección de las Notas

El personal de contraparte parecía estar conforme trabajando con los mapas topográficos de gran escala. Sin embargo, algunos de los miembros tuvieron dificultades en interpretar correctamente los símbolos topográficos. Algunas de las notas que no han sido especificadas durante la discusión sobre el ploteo requirieron ser reanalizados. El Equipo de Estudio dio instrucciones sobre los métodos del trabajo de acuerdo con la escala de los mapas. Cuando se obtuvieron más informaciones de lo necesario, éstas fueron ignoradas.

En las discusiones que se tuvieron sobre la simbología a utilizarse en el mapa topográfico a escala 1/5.000, se determinaron los colores a utilizar para los datos poligonales, tales como las áreas densamente edificadas, estructuras duraderas, vegetación, caminos, ríos y lagos. Sin embargo, las áreas densamente residenciales fueron segregadas en dos capas: capa generalizada y la capa de viviendas independientes, considerando la utilidad que tendría la base de datos SIG para los usuarios finales. La anotación sobre los principales edificios muestra los números referenciales en los mapas. Asimismo, se decidió colocar como información marginal los números y cuadrículas referenciales.

6-8 Datos Finales del Mapa Topográfico (1/5.000)

El Equipo de Estudio entregó los datos digitales finales del mapa topográfico a escala 1/5.000 en noviembre del 2005, para que estos sean examinados por INETER. El Equipo de Estudio e INETER discutieron la anotación de la toponimia que ha sido provista por INETER en junio del 2005. El Equipo de Estudio explicó la dificultad de editar estas anotaciones, e INETER recibió los datos del mapa topográfico y aceptó realizar la edición de la anotación de toponimia utilizando el programa MicroStation. El Equipo de Estudio entregó dos tipos de datos de mapa topográfico: el primero corresponde al perfil de todos los edificios, y el segundo muestra las áreas edificadas como datos poligonales. Las escuelas, Iglesias y otros edificios públicos fueron representados en colores rojo y negro. Para estos dos tipos, los principales edificios fueron enumerados como anotación y los nombres y los números fueron indicados en el lado derecho, fuera de las líneas de orilla (margen).



Figura 6-12 Área edificada generalizada

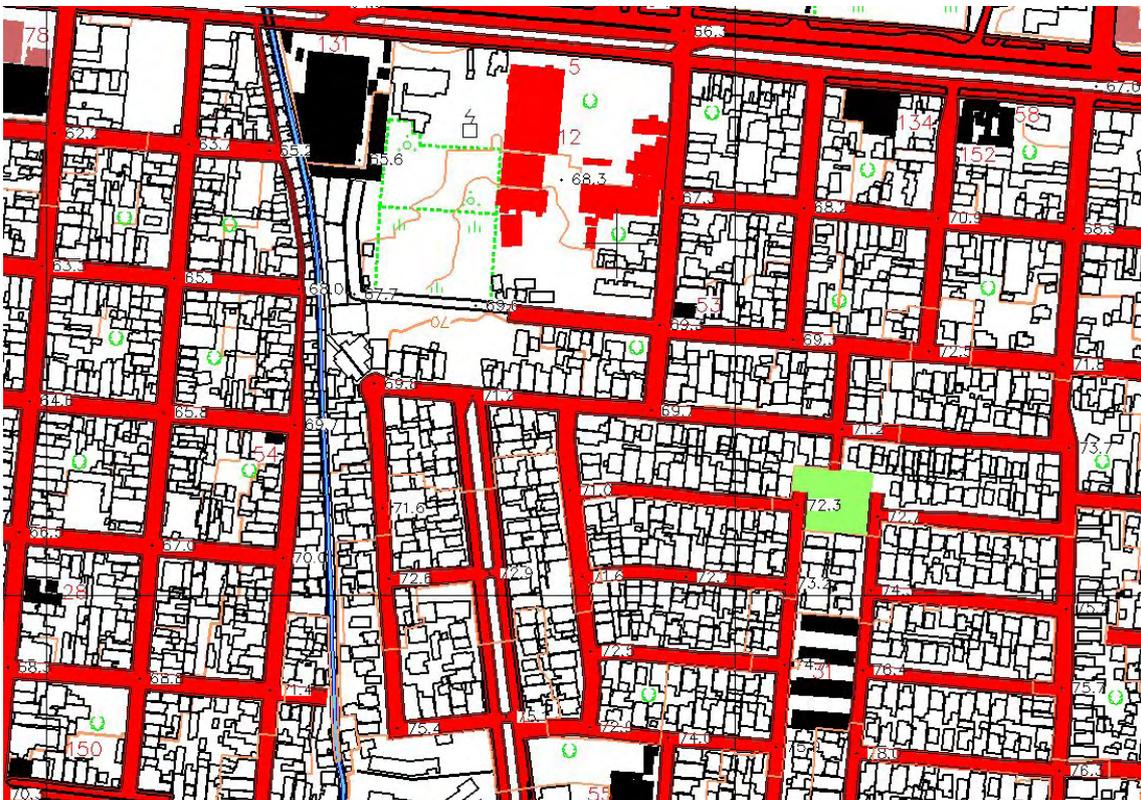


Figura 6-13 Área edificada con perfil de los edificios