

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

**ESTUDIO
PARA EL ESTABLECIMIENTO DE MAPAS BASICOS Y MAPAS
DE AMENAZA PARA EL SIG
EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA**

Informe Final (Edición Española)

Informe Principal

Octubre, 2006

**Pasco Corporación
OYO Internacional Corporación**

Los nombres de compañías y software son marcas registradas. En este informe, ® o TM no esta incluido detrás de la marca registrada.

Prefacio

Respondiendo a la solicitud del Gobierno de Nicaragua, el Gobierno del Japón decidió realizar el Estudio para el Establecimiento de Mapas Básicos y Mapas de Amenaza para el SIG en la República de Nicaragua y encargó el estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA organizó y envió una misión de estudio liderada por el Sr. Fujio Ito de Pasco Corporación y OYO Internacional Corporación a Nicaragua seis veces, de enero del 2004 a octubre del 2006.

El estudio se terminó como estaba programado con la entrega de Mapas Básicos y Mapas de Amenaza y productos asociados. El estudio también incluyó la transferencia tecnológica a la agencia de la contraparte.

Estamos muy seguros que todos los productos resultantes de este proyecto son importantes para proteger vidas humanas y propiedades del pueblo de Nicaragua contra distintos tipos de desastres naturales. Esperamos que los Mapas Topográficos Digitales y Mapas de Amenaza puedan ser compartidos por toda la gente de la República de Nicaragua y utilizados como base para el desarrollo nacional. Es claro que los esfuerzos continuos en el establecimiento de políticas correctas y efectivas y los proyectos de administración de desastres y su implementación a nivel nacional, local y de comunidad, sean inevitables para lograr un desarrollo sustentable en la República de Nicaragua. Para este propósito, estamos seguros que todos los interesados se beneficiarán con los resultados del estudio. También esperamos que este estudio contribuya a promocionar proyectos en el futuro y mejore las relaciones de amistad entre los dos países.

Finalmente, deseamos expresar no sincero aprecio a los funcionarios encargados en el Gobierno de Nicaragua por su estrecha cooperación con la Misión de Estudio.

Kazuhiza MATSUOKA

Vicepresidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1-1	Objetivos del estudio.....	2
1-2	Alcance del Estudio	2
1-2-1	Alcance del Estudio	2
1-2-2	Ítems del Estudio Adicional.....	2
1-3	Área del Estudio.....	4
1-4	Organizaciones Ejecutoras	5
1-5	Equipo de Estudio	5
1-6	Agencia de Contraparte.....	6
1-6-1	INETER	6
1-6-2	Organización del Comité Directivo	10
1-7	Flujo del Trabajo del Estudio	11
1-8	Productos Finales	13
2	RESULTADOS	14
2-1	Aerofotografía.....	14
2-2	Mapeo topográfico en Managua (1/5.000).....	15
2-3	Mapeo Topográfico (1/50.000)	16
2-4	Base de Datos SIG sobre las Infraestructuras para la Mitigación de Desastre.....	17
2-5	Mapa de Amenaza Sísmica	18
2-6	Mapa de Amenaza Volcánica	19
2-7	Mapa de Amenaza de Inundación	21
2-8	Mapa de Amenaza de Tsunami.....	22
3	TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA	24
3-1	Introducción	24
3-1-1	Objetivos.....	24
3-1-2	Método.....	24
3-1-3	Instalación del equipo para la capacitación en el trabajo (OJT)	25
3-2	Programas para INETER	33
3-2-1	Mapeo Topográfico.....	34
3-2-2	Confección de Mapa de amenaza	62
3-2-3	Capacitación en Japón	76
3-3	Seminarios.....	76
4	DISCUSIONES SOSTENIDAS	90
4-1	Comité Directivo.....	90
4-2	Transferencia Tecnológica	90
4-3	Ítems Adicionales de Trabajo	91
4-4	Especificaciones.....	91
4-5	Otros.....	92
5	PROCESOS DE CREACIÓN DE MAPAS TOPOGRÁFICOS A ESCALA 1/50.000	94
5-1	Recolección de Datos.....	95
5-2	Enfoque de Base de Datos SIG	95
5-2-1	Condiciones Existentes de la Base de Datos.....	95
5-2-2	Integración de Bases de Datos Existente y Nueva.....	96
5-3	Fotografía Aérea (1/40.000 y 1/20.000).....	98

5-3-1	Permisos de vuelo	99
5-3-2	Movilización y Desmovilización	99
5-3-3	Equipo y Materiales Utilizados.....	99
5-3-4	Detalle Técnico	100
5-3-5	Película fotográfica aérea.....	100
5-3-6	Procesamiento fotográfico	100
5-3-7	Anotación en película	100
5-3-8	Control de calidad de las fotografías	101
5-4	Reconocimiento y marcación de puntos de control	104
5-4-1	Información de puntos de control geodésicos existentes.....	104
5-4-2	Operación.....	105
5-4-3	Resultados de las marcas y marcaciones en el terreno	106
5-4-4	Observación de GPS	107
5-4-5	GPS Análisis de la línea base de GPS.....	108
5-4-6	Marcación de los puntos de nivelación de GPS.....	117
5-5	Escaneo de fotografías aéreas	119
5-6	Triangulación Aérea	121
5-6-1	Área de triangulación aérea	121
5-6-2	Introducción del Software.....	121
5-6-3	Archivos y datos de entrada.....	122
5-6-4	Pasos por Triangulación Aérea	123
5-6-5	Resumen de los resultados de la Triangulación Aérea.....	124
5-7	Preparación de orto-fotografías para el reconocimiento de campo.....	126
5-7-1	Generación de DTM	126
5-7-2	Rectificación	127
5-7-3	Mosaico y Balance de Colores.....	128
5-8	Reconocimiento de campo	129
5-9	Trazado Digital.....	135
5-9-1	Flujo de Trabajo de Trazado	135
5-9-2	Equipo Utilizado	135
5-9-3	Proceso de trazado	136
5-9-4	Trazado de Accidentes Planemétricos.....	137
5-9-5	Preparación de Curvas de nivel	139
5-9-6	Edición de Datos de Vector.....	141
5-10	Simbolización de mapa	144
5-11	Complementación de campo	147
5-11-1	Material entregado.....	148
5-11-2	Revisión de borrador de mapa	148
5-11-3	Trabajo en el Campo.....	149
5-11-4	Disposición en los borradores de mapas.....	150
5-12	Trazado Digital Suplementario y Simbolización de Mapas	151
5-13	Creación de Datos SIG.....	153
5-14	Salida en películas para placas de impresión de mapas	169
5-15	Impresión	169
6	PROCEDIMIENTOS DEL MAPA TOPOGRÁFICO (1/5.000)	171
6-1	Recopilación de los Datos Existentes	171
6-2	Reconocimiento de Puntos de Control	171
6-3	Cambios del Alcance de Mapeo.....	173
6-4	Triangulación Aérea	174
6-5	Reconocimiento en campo	175
6-6	Trazado.....	178
6-7	Complementación de Campo para el Mapeo Topográfico	179

6-8	Datos Finales del Mapa Topográfico (1/5.000).....	180
7	BASE DE DATOS SIG SOBRE INFRAESTRUCTURAS PARA LA MITIGACIÓN DE DESASTRES	182
7-1	Preparación y Organización	182
7-2	Estudio en Campo para la Recopilación de Datos	183
7-3	Procesamiento de los Datos Recopilados.....	185
7-3-1	Transferencia de los Datos al Formato de Base de Datos.....	185
7-3-2	Ingreso de los datos a la base de los datos SIG.....	186
7-3-3	Compilación de los Datos de Fondo.....	186
7-3-4	Representación de los datos puntuales y los datos de fondo en ArcMap.....	187
8	PROCEDIMIENTOS DE PREPARACIÓN DE MAPAS DE AMENAZAS	189
8-1	Amenaza Sísmica.....	189
8-1-1	Proceso Básico de la Preparación de Mapas de Amenaza Sísmica.....	189
8-1-2	Estudio sobre la Sismicidad Regional	190
8-1-3	Determinación del Escenario Sísmico	197
8-1-4	Selección de la Fórmula de Atenuación.....	199
8-1-5	Modelo del Suelo para la Amplificación Subsuperficial	201
8-1-6	Desarrollo del Software de simulacro.....	209
8-1-7	Preparación del mapa de amenaza sísmica	210
8-2	Volcán.....	213
8-2-1	Áreas Objeto	213
8-2-2	Fenómeno Objeto del Estudio.....	213
8-2-3	Recogida y Análisis de Fuentes Existentes sobre la Geología Volcánica	214
8-2-4	Interpretación de la Fotografías Aéreas de Volcanes	215
8-2-5	Reconocimiento en campo sobre la Geomorfología y Geología Volcánica.....	217
8-2-6	Simulación de amenazas volcánicas	219
8-3	Inundación.....	233
8-3-1	Generalidades	233
8-3-2	Características de relieves topográficos.....	234
8-3-3	Estadísticas Hidrológicas y Magnitud de Diseño	237
8-3-4	Hidrograma	240
8-3-5	Modelo Digital de Elevación	244
8-3-6	Simulacro Bidimensional.....	248
8-3-7	Marco del mapa de amenazas de inundación.....	253
8-4	Tsunami	260
8-4-1	Datos e Informaciones Recogidas.....	261
8-4-2	Batimetría en el Área Costera Poco Profunda Frente a Masachapa y sus Alrededores para el Análisis de Tsunami	265
8-4-3	Método de Simulación	270
8-4-4	Resultados de la simulación.....	278
9	RECOMENDACIONES	289
9-1	Recomendaciones para INETER.....	289
9-1-1	Usos de la información topográfica y geográfica básica	289
9-1-2	Mapeo de amenaza	290
9-1-3	Usos y desarrollo de la tecnología de SIG	294
9-1-4	SIG de Georriesgos	296
9-2	Recomendaciones para otras instituciones y el sistema nacional	297
9-2-1	Usos de los mapas de amenaza	297
9-2-2	Consolidación de la prevención de desastres.....	298

ANEXO 1 Reuniones de Minuta

ANEXO 2 Especificaciones para el Mapeo Topográfico Digital

FIGURAS

Figura 1-1	Área del Estudio	4
Figura 1-2	Organización del Estudio	5
Figura 1-3	Organigrama	10
Figura 1-4	Flujo del Trabajo	12
Figura 2-1	Fotografías Aéreas Blanco y Negro de la Ciudad de Managua	14
Figura 2-2	Mapa Topográfico (de la Ciudad de Managua, a escala 1/5.000).....	15
Figura 2-3	Muestra del Mapa Topográfico	16
Figura 2-4	Base de Datos SIG sobre las Infraestructuras para la Mitigación de Desastre	17
Figura 2-5	Mapa de Amenaza de la Falla Sísmica del Aeropuerto	18
Figura 2-6	Mapa Geológico de la Región Objeto en el Mapa 1.....	19
Figura 2-7	Mapa de Amenaza 2 del Flujo Piroclástico, Lahar y Bomba	20
Figura 2-8	Mapa de Amenaza de tamaño grande (Tipo G) de Masachapa	21
Figura 2-9	Mapa de Amenaza de tamaño pequeño (Tipo P) para las comunidades.....	22
Figura 2-10	Ejemplo del Mapa de Amenaza de Tsunami	23
Figura 3-1	Diagrama del sistema	25
Figura 3-2	Áreas de Triangulación Aérea	41
Figura 3-3	Salida Inicial elaborada por el Personal que participó en la capacitación.....	42
Figura 3-4	Notas de los Resultados del Trazado	43
Figura 3-5	Línea de la rotura y DTM preparado por los participantes en la capacitación	44
Figura 3-6	Curvas de nivel generadas por los participantes en la capacitación	44
Figura 3-7	Familia de Productos ArcGIS.....	48
Figura 3-8	Ejemplo de Trabajo de Preparación de Mapas	49
Figura 3-9	Ejemplo de sombra tridim. creado a partir del DEM	49
Figura 3-10	Captura de datos	50
Figura 3-11	Datos dxf para Alcances Convertidos y Ordenados de la Hoja Cartográfica	51
Figura 3-12	Ejemplo de Recorte Utilizando un AOI como Archivo de Recorte	54
Figura 3-13	Fotografías aéreas antes y después de la Orto-rectificación.....	55
Figura 3-14	Anáglifo del Área Ometepe.....	55
Figura 3-15	DEM y Relieve Pintado del Área de Ometepe	56
Figura 3-16	Colores y patrones registrados en la paleta de muestra	57
Figura 3-17	Proceso de cambios de formato de datos.....	57
Figura 3-18	Mapa de complementación de campo indicando coordenadas de GPS de mano	61
Figura 3-19	División de Área de Complementación de Campo	62
Figura 3-20	Extensión cubierta por la herramienta máquina hombre integrada	65
Figura 3-21	Ejemplo de pantalla de entrada de la herramienta máquina hombre	65
Figura 5-1	Flujo de trabajo de mapeo topográfico.....	94
Figura 5-2	Flujo de Trabajo de Creación de Datos Digitales	96
Figura 5-3	Ejemplo de Cuadro de Base de Datos Existente	96
Figura 5-4	Cuadro de Datos Geográficos.....	97
Figura 5-5	Cuadro de Atributos	97
Figura 5-6	Cuadro de Base de Datos SIG Final.....	97
Figura 5-7	Índice de fotos	98
Figura 5-8	Red Geodésica en Nicaragua.....	105
Figura 5-9	Diagrama de Ajuste Neto de GPS	109
Figura 5-10	Descripción de Punto de Control de Foto.....	117
Figura 5-11	Modelo Geoide Local y Curvas de nivel.....	118
Figura 5-12	Diagrama de flujo del escaneo de fotos.....	120
Figura 5-13	Bloques de Triangulación aérea	121
Figura 5-14	Nuevas Orto-fotografías en el Área de Estudio.....	129
Figura 5-15	Método de Verificación en el Campo para Cada Hoja Cartográfica.....	130
Figura 5-16	Notas en una Fotografía Ampliada dos Veces	134
Figura 5-17	Flujo de trabajo de trazado	135

Figura 5-18	Muestra de Accidente Planimétrico.....	139
Figura 5-19	Muestra de Datos CAD Extraídos por Sistema de Trazado Digital.....	140
Figura 5-20	Flujo de Trabajo de Generación de DEM.....	140
Figura 5-21	Datos de hoja cartográfica.....	141
Figura 5-22	Parte de expansión de los datos de hoja cartográfica	141
Figura 5-23	Verificación de Topología y Formas Creadas.....	143
Figura 5-24	Polígono creado.....	144
Figura 5-25	Diseño de Información Marginal.....	145
Figura 5-26	Símbolos de Mapa Registrados en la Paleta de Pincel	146
Figura 5-27	Datos (DXF) Trazados de Nombre de Hoja Cartográfica "MATEARE"	147
Figura 5-28	Nombre de Hoja Cartográfica de Muestra de Símbolos "MATEARE"	147
Figura 5-29	Muestra de Disposición Final.....	151
Figura 5-30	Número de hoja adyacente	152
Figura 5-31	Flechas de Diseño de Acimut	153
Figura 5-32	Flujo de Procesamiento de Creación de Datos SIG.....	154
Figura 5-33	Concepto de Transferencia de Datos a Cubierta Vacante	155
Figura 5-34	Especificaciones de impresión para mapas topográficos	170
Figura 6-1	Red de nivelación y control de calidad.....	172
Figura 6-2	Área propuesta originalmente	173
Figura 6-3	Área finalmente cubierta	173
Figura 6-4	Puntos seleccionados para la triangulación aérea.....	174
Figura 6-5	Mapa índice de Managua a escala 1/5.000.....	176
Figura 6-6	Resultados del Reconocimiento en campo	177
Figura 6-7	Resultados organizados utilizando el programa CAD.....	177
Figura 6-8	Cambio Secular	178
Figura 6-9	Ejemplo del Mapa (1/5.000), Ciudad de Managua (Aeropuerto Internacional de Managua y sus alrededores)	179
Figura 6-10	Hojas de Inspección de Objetos Topográficos y Planimétricos.....	180
Figura 6-11	Inspección de las Notas	180
Figura 6-12	Área edificada generalizada	181
Figura 6-13	Área edificada con perfil de los edificios	181
Figura 7-1	Flujo de trabajo para la creación de la base de datos SIG de las infraestructuras de mitigación de desastres	182
Figura 7-2	Ejemplo del formato preparado para la Estación de Bomberos	185
Figura 7-3	Parte del archivo del formato de base de datos (DBF) de la Alcaldía	186
Figura 7-4	Datos geográficos del Departamento de Bomberos con Atributos Anexados	186
Figura 7-5	Hojas del mapa topográfico cubriendo la totalidad del Área del Estudio	187
Figura 7-6	Datos topográficos raster de fondo (1/250.000) cubriendo la totalidad del Área del Estudio	187
Figura 7-7	Base de Datos SIG sobre las Infraestructuras para la Mitigación de Desastre.....	188
Figura 8-1	Flujo fundamental del análisis para el cálculo de movimientos del suelo.....	190
Figura 8-2	Mapa de la Región de Managua y sus Alrededores y el Ambiente Tectónico en Nicaragua	192
Figura 8-3	Mapa de fallas activas en el Área del Estudio.....	193
Figura 8-4	Procedimientos de la Corrección del Catálogo Sísmico.....	196
Figura 8-5	Distribución Hipocentral de Sismos en el Nuevo Catálogo	196
Figura 8-6	Ubicación del Modelo de Falla y del Modelo Volcánico	198
Figura 8-7	Curva de amenaza del Área de la Ciudad de Managua	199
Figura 8-8	Mapa Topográfico del Área del Estudio.....	202
Figura 8-9	Mapa Geológico del Área del Estudio.....	203
Figura 8-10	Ubicación de los perfiles geológicos.....	204
Figura 8-11	Ejemplo de los perfiles geológicos (Perfil C).....	204
Figura 8-12	Ejemplo de los perfiles geológicos (Perfil 2)	205
Figura 8-13	Distribución de AVS30 en cada tipo de geología superficie.....	206
Figura 8-14	Modelo del suelo del Área de Estudio.....	208
Figura 8-15	Diagrama de flujo de la simulación de amenazas sísmicas	209

Figura 8-16	Relación entre aceleración máxima del suelo (PGA) y la intensidad sísmica (MMI).....	211
Figura 8-17	Ejemplo del mapa de amenaza sísmica (Falla Cofradía).....	212
Figura 8-18	Mapa guía del área del estudio volcánico.....	213
Figura 8-19	Interpretación de Fotografías Aéreas en el Área del Complejo Volcánico Telica-El Hoyo	216
Figura 8-20	Mapa geológico del Área de Complejo Volcánico Telica – El Hoyo	218
Figura 8-21	Distribución del flujo de lava para el Modelo	220
Figura 8-22	Diagrama de eje de explosión (Caso de distancia más larga).....	221
Figura 8-23	Ejemplo de los valores predeterminados de la simulación de caída de tefra.....	224
Figura 8-24	Ejemplo de los resultados de la simulación del flujo de lava de gran magnitud desde el Volcán El Hoyo.....	225
Figura 8-25	Ejemplo de la simulación del flujo piroclástico desde la cumbre del Volcán El Hoyo y el ángulo de la línea de energía	225
Figura 8-26	Ejemplo de la simulación de la caída piroclástica desde la cumbre del Volcán Telica	226
Figura 8-27	Ejemplo del cálculo de Lahar desde el Volcán Telica	227
Figura 8-28	Ejemplo del cálculo en el caso de la descarga de ejecta desde el norte de la cumbre	227
Figura 8-29	Geología (arriba) y flujo de lava (abajo)	231
Figura 8-30	Flujo piroclástico y Lahar (arriba) y la Bomba volcánica (abajo).....	232
Figura 8-31	Diferentes ubicaciones de erupción (caída piroclástica)	233
Figura 8-32	Diagrama de flujo general del análisis de inundaciones.....	234
Figura 8-33	Mapa de sombra de la parte baja del Río Maravilla.....	235
Figura 8-34	Sección transversal 1	235
Figura 8-35	Cuenca más baja y el área urbana de Masachapa.....	235
Figura 8-36	Sección transversal 2	236
Figura 8-37	Sección transversal 3	236
Figura 8-38	Detrás del área urbana de Masachapa se extienden las tierras de cultivo de cañas.....	236
Figura 8-39	Sección transversal 4.....	236
Figura 8-40	Detrás de la Ciudad de Masachapa se extienden las tierras de cultivo de caña.....	236
Figura 8-41	Estación hidrológica cerca del Río Maravilla	238
Figura 8-42	Precipitación máxima diaria de un año Estación Julio Buitrago (680032) restituida en la hoja de probabilidad logarítmico-normal.....	240
Figura 8-43	Hietograma preparado con base en los datos de precipitación	241
Figura 8-44	Mapa a color mostrando los atributos lineales con base en los datos de mapa topográfico	245
Figura 8-45	Elevación clasificada en colores producida a partir de TIN	245
Figura 8-46	Mapa de sombras.....	245
Figura 8-47	Creación del modelo de elevación a partir de curvas de nivel	246
Figura 8-48	Creación del modelo de plano de inundaciones para el análisis bidimensional	247
Figura 8-49	Control de volumen	249
Figura 8-50	Atribución de variables sobre el esquema diferencial	249
Figura 8-51	Flujo de procesamiento del Programa	250
Figura 8-52	Hidrograma correspondiente al período de retorno de 200 años.....	251
Figura 8-53	Período de retorno 25 años.....	252
Figura 8-54	Período de retorno 50 años.....	252
Figura 8-55	Período de retorno 100 años.....	253
Figura 8-56	Período de retorno de 200 años	253
Figura 8-57	Criterios y colores	255
Figura 8-58	Imagen de la profundidad de agua	256
Figura 8-59	Clasificación según profundidades de agua y colores atribuidos (Ejemplo).....	257
Figura 8-60	Ejemplo de la leyenda	257
Figura 8-61	Imagen de profundidades de agua.....	257
Figura 8-62	Logotipos.....	258
Figura 8-63	Mapa de amenazas con múltiples temas.....	259

Figura 8-64	Diagrama de flujo para la estimación de inundación provocada por Tsunami	260
Figura 8-65	Ubicación de los eventos de Tsunami ocurridos en el pasado. (Fernandez et al., (2000)	263
Figura 8-66	Histograma de Tsunami a lo largo de la Costa del Pacífico en América Central (Fernandez et al., (2000)	263
Figura 8-67	Línea de navegación (arriba) y registros (el resto) del 1er día de sondeo preliminar	268
Figura 8-68	Comparación de la altura de marea en Masachapa con el valor de predicción en Puerto Sandino	269
Figura 8-69	Área que se completó hasta el 6 de marzo, 2005	270
Figura 8-70	Sistema de cuadrículas desarrollado para el análisis.	273
Figura 8-71	Diagrama de flujo del programa desarrollado	274
Figura 8-72	Ejemplo de revisión rápida del campo de ondas	275
Figura 8-73	Esquema del nivel de agua de Tsunami.....	275
Figura 8-74	Ejemplos de la variación de niveles de agua (arriba) y altura de inundación (abajo) en su cuadrícula adyacente	276
Figura 8-75	Una serie de imágenes que muestran los cambios del nivel de agua.....	277
Figura 8-76	Un ejemplo de la profundidad máxima de inundación.....	277
Figura 8-77	Lugar de los Modelos de falla basados en Imamura	278
Figura 8-78	Lugar de los modelos de falla basados en Satake.....	279
Figura 8-79	Comparación del registro de medición de marea observada (arriba) y forma de ola simulada (abajo) para 100 minutos. (Izquierda Corinto, derecha Puerto Sandino).....	280
Figure 8-80	Comparación de Datos observados y resultado de la simulación.....	282
Figura 8-81	Gama de ubicación de falla para el posible “peor caso”	286

Cuadros

Cuadro 1-1	Áreas del Estudio según tipo y Zona.....	2
Cuadro 1-2	Asesores Técnicos de JICA	5
Cuadro 1-3	Equipo de Estudio de JICA	6
Cuadro 1-4	Equipos de Restitución.....	8
Cuadro 1-5	Lista de los Principales Miembros de la Agencia de Contraparte	10
Cuadro 1-6	Miembros del Comité Directivo.....	11
Cuadro 1-7	Productos.....	13
Cuadro 3-1	Resumen de participantes en los programas.....	24
Cuadro 3-2	Especificaciones del sistema	26
Cuadro 3-3	Sesiones de Capacitación para Mapeo Topográfico Digital	33
Cuadro 3-4	Sesiones de Capacitación para la Confección de Mapa de Amenaza	33
Cuadro 3-5	Lista de Personal Asignado que participó en la capacitación (Reconocimiento de Puntos de Control)	35
Cuadro 3-6	Lista de Participantes Asignados que participó en la capacitación (Reconocimiento de Campo).....	37
Cuadro 3-7	Lista de Participantes en la capacitación (Fotogrametría Digital).....	39
Cuadro 3-8	Lista del Personal que participó en la capacitación (Introducción a SIG).....	46
Cuadro 3-9	Lista de participantes al Curso de Introducción SIG y Operaciones de ArcGIS	47
Cuadro 3-10	Lista del Personal que participó en la capacitación (ERDAS IMAGINE).....	52
Cuadro 3-11	Lista del Personal que participó en la capacitación (Erdas Imagine)	53
Cuadro 3-12	Lista del Personal que participó en la capacitación (Simbolización cartográfica)	56
Cuadro 3-13	Tipo de Dato para Adobe Illustrator	59
Cuadro 3-14	Lista del Personal que participó en la capacitación (Complementación de campo)..	60
Cuadro 3-15	Lista de Participantes en la capacitación (Volcán)	67
Cuadro 3-16	Lista de Personal que participó en la capacitación (Reconocimiento de Campo para Amenaza Volcánica).....	67

Cuadro 3-17	Lista del Personal que participó en la capacitación (Inundación)	70
Cuadro 3-18	Calendario de la Capacitación (Inundación)	70
Cuadro 3-19	Calendario de la transferencia tecnológica (Inundación)	71
Cuadro 3-20	Temas e ítems de OJT (Tsunami)	73
Cuadro 3-21	Lista de Participantes en la capacitación (Tsunami).....	73
Cuadro 3-22	Lista de Participantes (Batimetría)	75
Cuadro 3-23	Capacitación en Japón.....	76
Cuadro 3-24	Identificación de Usuarios en Potencia:	86
Cuadro 3-25	Posibles Aplicaciones.....	86
Cuadro 5-1	Juego de Datos Existentes Recogidos	95
Cuadro 5-2	Especificaciones para la Fotografía Aérea	99
Cuadro 5-3	Permiso de vuelo	99
Cuadro 5-4	Avión, Cámara y Sistema de Navegación	99
Cuadro 5-5	Avión, Cámara y Sistema de Navegación	100
Cuadro 5-6	Volumen de fotografías verificadas	101
Cuadro 5-7	Resultados de la marca en el terreno	106
Cuadro 5-8	Cierre de bucle de cada sesión	110
Cuadro 5-9	Resultados ajustados para el Bloque I.....	111
Cuadro 5-10	Resultados ajustados para el Bloque II.....	111
Cuadro 5-11	Resultados ajustados para el Bloque III	112
Cuadro 5-12	Resultados ajustados para el Bloque IV	114
Cuadro 5-13	Comparación de altura ortométrica y altura del nivel del mar promedio (MSL)	118
Cuadro 5-14	Fotografías Aéreas y Precisión para Todos los Bloques.....	124
Cuadro 5-15	Residuos en los Puntos de Control Usados para Cada Bloque.....	124
Cuadro 5-16	Residuos en los Puntos de Cierre Usados para Cada Bloque.....	125
Cuadro 5-17	Cuadro de Atributos de GPS	132
Cuadro 5-18	Herramienta de Limpieza de Datos	142
Cuadro 5-19	Nombres de hoja	152
Cuadro 5-20	Esquema de Cubierta de contramarca	155
Cuadro 5-21	Esquema de Cubierta de transporte	156
Cuadro 5-22	Esquema de Cubierta de Edificios	156
Cuadro 5-23	Esquema de Cubierta de Objeto.....	156
Cuadro 5-24	Esquema de Cubierta de Punto de Control y Curva de Nivel	157
Cuadro 5-25	Esquema de Cubierta Hidrográfico	157
Cuadro 5-26	Esquema de Cubierta de Vegetación	158
Cuadro 5-27	Especificaciones de Capa SIG para el Proyecto Nicaragua (Transporte).....	158
Cuadro 5-28	Especificaciones de Capa SIG para el proyecto de Nicaragua (Edificio)	160
Cuadro 5-29	Especificaciones de Capa SIG para el Proyecto Nicaragua (Otros Accidentes)	161
Cuadro 5-30	Especificaciones de Capa SIG para el Proyecto Nicaragua (Relieve).....	164
Cuadro 5-31	Especificaciones de Capa SIG para el Proyecto Nicaragua (Hidrografía)	166
Cuadro 5-32	Especificaciones de Capa SIG para el Proyecto Nicaragua (Vegetación)	168
Cuadro 6-1	Información recopilada	171
Cuadro 6-2	Precisión de la triangulación aérea.....	175
Cuadro 6-3	Residual de puntos de control (RMS)	175
Cuadro 6-4	Residual de puntos de control (máximo).....	175
Cuadro 6-5	Residual de los puntos de pase y de cierre (RMS)	175
Cuadro 6-6	Lista del personal capacitado (Reconocimiento en campo)	176
Cuadro 6-7	Lista del personal capacitado (Complementación de campo)	179
Cuadro 8-1	Principales Sismos en el Área de Managua.....	190
Cuadro 8-2	Detalles de las Fallas Activas	194
Cuadro 8-3	Parámetro de los Escenarios Sísmicos	198
Cuadro 8-4	Clasificación del suelo según NEHRP	205
Cuadro 8-5	Amplificación del suelo superficial.....	210
Cuadro 8-6	Velocidad media de viento en la altitud de 10000m o menos	221
Cuadro 8-7	Información requerida para los mapas de amenazas	230
Cuadro 8-8	Precipitación máxima diaria de la Estación Julio Buitrago (680032) según años...	239

Cuadro 8-9	Precipitación diaria según períodos de retorno	240
Cuadro 8-10	Datos de precipitación.....	241
Cuadro 8-11	Precipitación de diseño.....	242
Cuadro 8-12	Hietograma de diseño.....	243
Cuadro 8-13	Hidrograma	244
Cuadro 8-14	Caudal según períodos de retorno	251
Cuadro 8-15	Lista de los datos recogidos	261
Cuadro 8-16	Medidores de la marea operados por INETER a lo largo de la costa del Pacífico ..	262
Cuadro 8-17	Efectos de Tsunami ocurridos en el pasado en Nicaragua.....	264
Cuadro 8-18	Parámetros de fuente de eventos de Tsunami ocurridos en 1992 en Nicaragua	264
Cuadro 8-19	Parámetros de falla por Satake (1995)	265
Cuadro 8-20	Descripción de los equipos y del sistema del estudio batimétrico	266
Cuadro 8-21	Parámetros usados por la simulación para reproducir el Tsunami de 1992.....	271
Cuadro 8-22	Profundidad de agua y velocidad de onda de Tsunami	272
Cuadro 8-23	Tamaño de la cuadrícula, intervalo de tiempo y velocidad numérica.....	272
Cuadro 8-24	Estimación del intervalo de tiempo para el presente Estudio.....	272
Cuadro 8-25	Estimación del tamaño de la malla para el presente Estudio.....	273
Cuadro 8-26	Parámetros de los modelos de falla basados en Imamura	278
Cuadro 8-27	Parámetros para los Modelos basados en Satake	279
Cuadro 8-28	Recorrido observado durante el Tsunami de Nicaragua de 1992	281
Cuadro 8-29	Máxima inundación de los modelos probados	283
Cuadro 8-30	Resultados de la evaluación estadística.....	284
Cuadro 8-31	Ubicación del peor caso para cada área de estudio	285
Cuadro 8-32	Máxima inundación por el Tsunami de 1992 y para el “peor caso”	287

Fotos

Foto 1-1	Primera Sesión del Comité Directivo.....	11
Foto 1-2	Segunda Sesión del Comité Directivo.....	11
Foto 2-1	Cámara Aérea Leica RC 30 Foto 2-2 Aeronave en tierra.....	14
Foto 3-1	Capacitación de marcas en el terreno en INETER	35
Foto 3-2	Instalación de Receptor GPS.....	35
Foto 3-3	Edición de Datos GPS en Ortofotografías.....	36
Foto 3-4	Capacitación en exteriores	38
Foto 3-5	Apoyo en el trabajo de Trazado.....	39
Foto 3-6	Stereo Mapper	40
Foto 3-7	Image Station Z 1	40
Foto 3-8	Una sesión de clase teórica de la capacitación SIG.....	46
Foto 3-9	Una sesión práctica de la capacitación SIG.....	46
Foto 3-10	Verificación del lugar del monumento	60
Foto 3-11	Verificación del lugar de la Oficina de Distrito.....	60
Foto 3-12	Verificación del lugar de la Escuela	61
Foto 3-13	Verificación del lugar del Puente.....	61
Foto 3-14	Fotografía de la discusión técnica del personal responsable del análisis de amenazas sísmicas.....	63
Foto 3-15	Interpretación de fotografía aérea.....	67
Foto 3-16	Reconocimiento Geológico Volcánico	69
Foto 3-17	Discusión con la Contraparte	69
Foto 3-18	Taller de trabajo 1.....	70
Foto 3-19	Taller de trabajo 2.....	71
Foto 3-20	Taller de trabajo 3.....	71
Foto 3-21	La cabina de la embarcación para instalar la PC y los dispositivos con el Líder y el Supervisor	75
Foto 3-22	Participantes del Seminario.....	77
Foto 3-23	Preparación de Mapas Básicos explicados por el personal de INETER	78

Foto -3-24	Los Mapas producidos y los Programas de simulación presentados en la Sesión de Carteles	78
Foto -3-25	Los Mapas explicados por el personal de INETER a los participantes del Seminario..	78
Foto 3-26	Presentación de la Cartografía.....	80
Foto 3-27	Presentación de Amenaza Volcánica	80
Foto 3-28	Presentación de Amenaza de Tsunami.....	80
Foto 3-29	Presentación de Amenaza de Inundación	80
Foto 3-30	Presentación de Amenaza de Terremoto.....	81
Foto 3-31	Vista parcial de los participantes del seminario	81
Foto 3-32	Presentación por un Experto.....	83
Foto 3-33	Preguntas de un Participante	83
Foto 3-34	Ceremonia de Apertura.....	84
Foto 3-35	Informe de Progreso del Sr. Ito	84
Foto 3-36	Observaciones en la Apertura por Sr. Akihito Yamada.....	86
Foto 3-37	Participantes del Taller de Trabajo	86
Foto 3-38	Presentación por el Estudio	88
Foto 3-39	Discusión de Grupo.....	88
Foto 5-1	Capacitación de Marcas en el Terreno en INETER.....	106
Foto 5-2	Instalación del receptor de GPS	108
Foto 5-3	Escáner Fotogramétrico Vexcel UltraSacan5000	120
Foto 5-4	Verificación en el campo	130
Foto 5-5	Orto-fotografías	130
Foto 5-6	Trabajo de Trazado con Sistema de Trazado Digital.....	136
Foto 6-1	Reconocimiento en campo	177
Foto 7-1	El personal técnico registrando las coordenadas X, Y con el uso de GPS	184
Foto 7-2	Dos técnicos midiendo la longitud de un puente.....	184
Foto 8-1	Depósito del flujo piroclástico	218
Foto 8-2	Presa Masachapa en la época seca	237
Foto 8-3	Presa de Masachapa en la época lluviosa.....	237
Foto 8-4	Pluviómetro y Pluviógrafo	238
Foto 8-5	Medidor de nivel de agua	238
Foto 8-6	Pluviómetro y sensor de nivel de agua telemétrico	238
Foto 8-7	Buque de investigación Nolan Ponce.....	266
Foto 8-8	HydroTrack Conectado a PC.....	266
Foto 8-9	Instalando el medidor de la marea.....	267
Foto 8-10	Marca de nivelación de la pila (EL.7.548m)	267

1 INTRODUCCIÓN

El gobierno de la República de Nicaragua ha incluido en su estrategia de reducción de la pobreza, la prevención y mitigación de desastres. Después del Huracán Mitch que azotó el país en 1998, se creó el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED) en el 2000, con el fin de reforzar las medidas contra desastres en el ámbito nacional. El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), es el ente a cargo de preparar los mapas de amenaza y los mapas básicos nacionales para la prevención y mitigación de desastres.

En esta estrategia, la preparación de los Mapas Básicos de la Región del Pacífico y de los Mapas de Amenaza fue considerada como de primera prioridad. Sin embargo, los mapas existentes no estaban actualizados, además que su grado de precisión no era adecuado para representar la situación actual del territorio, por lo que los mapas topográficos existentes a escala 1/50.000 no eran adecuados para utilizarse como fuentes de información geográfica básica para la preparación del mapa de amenaza. Tomando en cuenta estas circunstancias, el gobierno de Nicaragua solicitó al gobierno del Japón en junio del 2002, ejecutar el "Estudio para el Establecimiento de Mapas Básicos y Mapas de Amenaza para SIG en la República de Nicaragua" (de ahora en adelante, referido como "el Estudio").

En respuesta a esta solicitud, la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), la agencia oficial responsable para la implementación de los programas de cooperación técnica internacional del Japón, envió un Equipo de Estudio Preliminar para investigar la situación de los mapas básicos y de los mapas de amenaza en Nicaragua. Después de llevar a cabo una investigación completa por dicho Equipo de Estudio Preliminar, se firmó el Alcance de Trabajo el 27 de agosto del 2003, y el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) fue asignado como la agencia de contrapartida para la implementación del Estudio.

El Equipo de Estudio de JICA (que en adelante se denominará "el Equipo de Estudio") conformado por el consorcio entre Pasco Corporación y OYO Internacional Corporación, inició el Estudio en enero del 2004. A su inicio, el Equipo de Estudio sostuvo una serie de reuniones y discusiones con base en el Informe Inicial del Estudio con los funcionarios de INETER, llegándose a ser aceptado el Informe Inicial como resultado de dichas discusiones.

Con base en el Informe Inicial, se llevaron a cabo las operaciones de campo, tales como la señalización de aerofotografía, aerofotografía, control terrestre, reconocimiento en campo para el mapeo topográfico y desarrollo de los modelos de simulación de amenaza en Nicaragua; y se prepararon la aerotriangulación, estereoscopia de restitución y Modelo Digital de Terreno (MDT) en Japón el primer año. Asimismo, se llevó a cabo la capacitación en el trabajo (OJT) necesaria en los temas de hardware y software en INETER en julio del 2004 conforme al programa propuesto inicialmente. Estas actividades fueron resumidos en el Informe de Progreso (1).

En respuesta a la solicitud de INETER expresada en la Minuta de Discusiones del 10 de septiembre del 2004, se incorporaron nuevos ítems del Estudio en el alcance original del trabajo. Ellos son: 1) batimetría en las aguas costeras poco profundas de Masachapa y sus alrededores para el análisis de amenaza de Tsunami; 2) perfil del Río Maravilla para la simulación de amenaza de inundación; 3) preparación del Mapa Topográfico a escala 1/5.000 de la Ciudad de Managua para el Estudio del Proyecto de Mejora del Sistema de Abastecimiento de Agua en Managua en el marco de la cooperación técnica de JICA; y, 4) mapa de información de instalaciones básicas de prevención de desastres naturales para su aplicación en el SIG.

El avance y los resultados de las actividades del Estudio inicialmente propuestas y de los nuevos ítems adicionales del Estudio fueron resumidos y documentados como el Informe de Progreso (2) incluyendo las actividades del Estudio originalmente propuestas.

El presente Informe Final fue preparado resumiendo todos los contenidos del Estudio realizado desde enero del año 2004 hasta octubre del 2006.

1-1 Objetivos del estudio

Los objetivos del estudio son los siguientes:

- (1) Establecimiento del mapa básico digital nacional (1/50.000) y base de datos de SIG en 20.000 km² de la Zona del Pacífico;
- (2) Establecimiento de mapas de amenaza;
- (3) Transferencia de tecnología relativa al mapa básico nacional digital, la base de datos para SIG y los mapas de amenaza.

1-2 Alcance del Estudio

1-2-1 Alcance del Estudio

En el Cuadro 1-1 se presenta el alcance del trabajo y en la Figura 1-1 se presentan las áreas según los temas.

Cuadro 1-1 Áreas del Estudio según tipo y Zona

Tipo de trabajo	Regiones	Área	Escala
Aerofotografía (blanco y negro)	La Región del Pacífico	12.000 km ²	1/40.000
Aerofotografía (color)	Área Volcánica	1.350 km ²	1/20.000
Mapeo topográfico y Base de Datos SIG	Zona del Pacífico	20.000 km ²	1/50.000
Mapa de información de instalaciones básicas para la prevención de desastres naturales	Zona del Pacífico	20.000 km ²	1/250.000
Mapeo topográfico	Ciudad de Managua y sus alrededores	300 km ²	1/5.000
Mapa de amenaza volcánica	Zona Volcánica Telica-El Hoyo	1.300 km ²	1/50.000
Mapa de amenaza sísmica	Área Metropolitana de Managua	700 km ²	1/50.000
Mapa de amenaza de inundación	Río Maravilla (Masachapa)	100 km ²	1/50.000
Mapa de amenaza de tsunami	Cuatro áreas seleccionadas a lo largo de la costa del Pacífico (Corinto, Puerto Sandino, Masachapa, y San Juan del Sur)	120 km	1/50.000

1-2-2 Ítems del Estudio Adicional

(1) Ítems de trabajo

INETER solicitó cuatro ítems de trabajo adicionales durante la reunión sostenida en septiembre del primer año. JICA y el Equipo de Estudio discutieron el tema y reconocieron la importancia de estos ítems, y se decidió realizar los mismos durante el segundo año del Estudio. A continuación se describen los ítems que fueron agregados al Alcance del Estudio:

- (a) Preparación del mapa topográfico a escala 1/5.000 de la Ciudad de Managua
 - (b) Preparación de mapas de información de las instalaciones relacionadas para la prevención de desastres en el área de Estudio
 - (c) Batimetría en el área costera poco profunda frente a Masachapa y sus alrededores para el análisis de Tsunami.
 - (d) Perfil y nivelación de sección transversal de un río para simulación de inundación
- (2) Preparación del mapa topográfico a escala 1/5.000 de la Ciudad de Managua

Se reconoció la necesidad de preparar la información del mapa topográfico a escala 1/5.000 para el "Estudio del Plan de Mediano Plazo para la Mejora del Sistema de Abastecimiento de Agua en Managua" que fue ejecutado por JICA desde julio del 2004. Con respecto a los mapas topográficos existentes a escala 1/10.000 que el Equipo de Estudio obtuvo de INETER y proporcionó al Equipo de Mejoras del Sistema de Abastecimiento de Agua, tanto el Equipo de Estudio japonés como el Equipo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) indicaron algunas inconveniencias como la desactualización de la información y falta de información sobre edificaciones. Ante esta situación, INETER justificó la solicitud para la preparación de los mapas topográficos a escala 1/5.000 de Managua. De acuerdo con la información proporcionada por INETER al Equipo de Estudio, la Ciudad de Managua cuenta con fotografías aéreas que fueron tomadas en el 2000, y ofreció realizar los arreglos necesarios para obtener estos materiales para ser utilizados en la preparación del Mapa Topográfico a escala 1/5.000. La solicitud de INETER fue confirmada en la Minuta de Discusiones suscrita en septiembre del 2004. El Equipo de Estudio transmitió a la sede de JICA la importancia de esta solicitud.

Después de revisar la solicitud de INETER, se reconoció su importancia y se concluyó que la preparación de los mapas topográficos (1/5.000) no sólo es beneficiosa para el proyecto de mejora del sistema de abastecimiento de agua, sino también para otras áreas tales como la planificación de infraestructuras, desarrollo urbano, desarrollo de pequeñas presas de control de inundaciones y de los reservorios. Los datos topográficos (1/5.000) serán proporcionados por INETER a ENACAL, a la Alcaldía de Managua, a la Agencia del Medio Ambiente y otros usuarios.

(3) Preparación de mapas de información para instalaciones relacionadas con la prevención de desastres

Los mapas de amenaza que están siendo preparados actualmente ayudan a elaborar los modelos de simulación basados en los análisis y evaluación de magnitud de la amenaza natural relacionada con volcanes, sismos, inundaciones y tsunamis según distritos. Para que la República de Nicaragua pueda mejorar sus modelos de simulación para la toma de decisión sobre las hipótesis de daños por desastre, y mejorar el proceso de planificación de prevención de desastres, se requiere contar con datos necesarios, tales como la distribución de la población, configuración y distribución de edificios, entre otros, cuyo proceso de recopilación requiere de largo tiempo y elevados costos. Los mapas topográficos nacionales, por otro lado, fueron diseñados para propósitos generales que incluyen la planificación de desarrollo y construcción de obras. Es un hecho de que las políticas de prevención de desastres hasta ahora no habían sido tratadas como un tema prioritario en el mapeo topográfico.

Es sumamente importante que los administradores públicos proporcionen información sobre las instalaciones de prevención de desastres inmediatamente después de que un desastre haya ocurrido en determinadas áreas, como medidas de emergencia. Sin embargo, el país aún no cuenta con esta índole de información en el ámbito nacional ni local. Es por esta razón que INETER haya realizado la solicitud de su preparación ante el Equipo de Estudio. En respuesta a esta solicitud, el Equipo de Estudio planteó a las autoridades de la sede de JICA los beneficios de incorporarlo como una porción adicional al Estudio.

(4) Batimetría en el área costera poco profunda frente a Masachapa y sus alrededores para el análisis de Tsunami

Las áreas cubiertas en el análisis de tsunami son Corinto, Puerto Sandino, Masachapa y San Juan del Sur. Entre ellas, tres, excepto Masachapa, ya cuentan con los datos de batimetría, los cuales fueron obtenidos por el Equipo de Estudio en el primer año del Estudio. Sin embargo, en el caso de Masachapa, que fue gravemente afectada por la inundación en 1992, se descubrió que los datos batimétricos que son indispensables para el análisis de tsunami no estaban disponibles. Por lo tanto, INETER solicitó la adquisición de los datos necesarios al equipo de Estudio en septiembre del 2004. En respuesta a esta solicitud, el Equipo de Estudio transmitió su necesidad a la sede de JICA, la cual fue aceptada como parte del Estudio y se materializó comenzando a partir del

segundo año del Estudio.

La batimetría en Masachapa fue planificada para obtener los datos hasta las profundidades de 100 m, utilizando una sonda de profundidad con receptores de GPS incorporados perteneciente a INETER. El ancho del área costera frontal para el estudio fue determinado en 7,5 km a lo largo de la costa con intervalos de 100 m. Los datos obtenidos fueron el primer producto de valiosos datos batimétricos necesarios para la simulación de tsunami para la República de Nicaragua, bajo el trabajo conjunto realizado por el supervisor del Equipo de Estudio y el personal de INETER.

(5) Perfil y nivelación transversal para la simulación de inundaciones

Después de la identificación de campo en áreas del Río Maravilla que es el río objeto para la simulación de inundación y de ríos cercanos, se determinó la necesidad de un perfil y una nivelación transversal. Como en los otros tres ítems de estudio adicionales, se reconoció su necesidad. El trabajo real se planeó realizarlo bajo la supervisión de INETER.

1-3 Área del Estudio

El Área del Estudio de los mapas topográficos a escala 1/50.000 cubre aproximadamente 20.000 km² de la Zona del Pacífico.

El Área del Estudio de los mapas topográficos a escala 1/5.000 cubre aproximadamente 300 km² del área de la Ciudad de Managua. El mapa de información sobre las instalaciones básicas de prevención de desastres naturales cubre aproximadamente 20.000 km² de la Zona del Pacífico. Las áreas de mapeo de amenaza dentro del área de mapeo topográfico aparecen en la Figura 1-1.

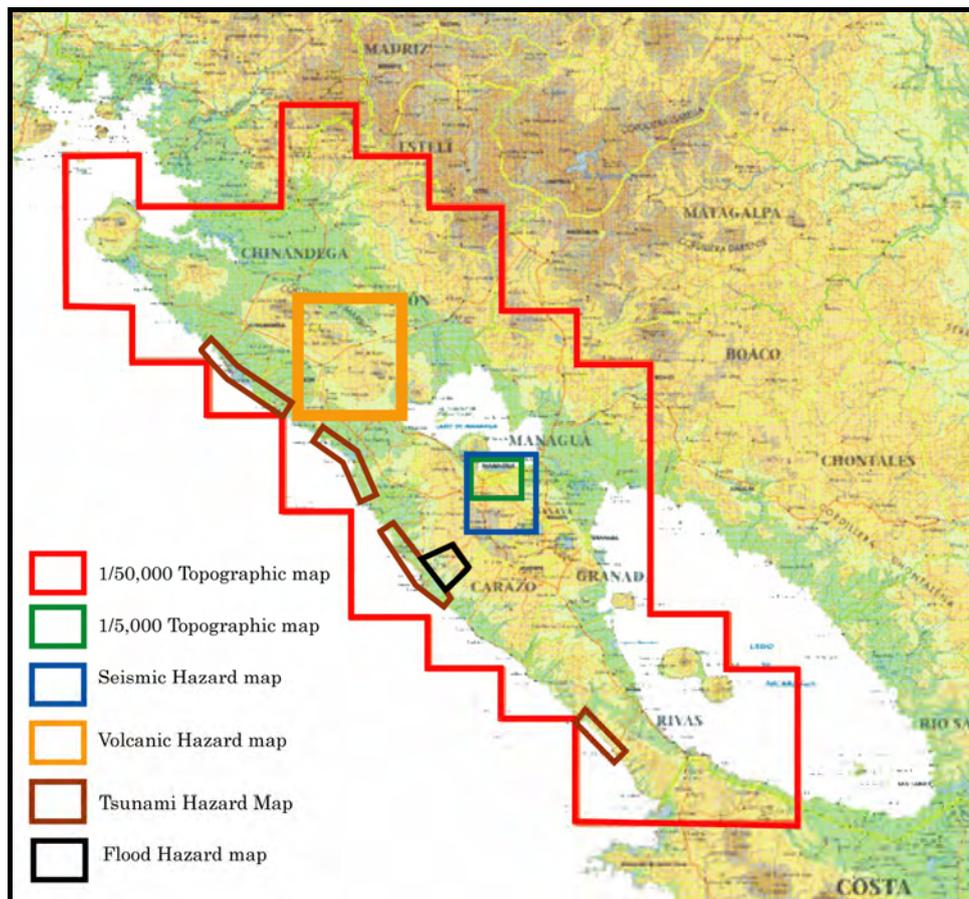


Figura 1-1 Área del Estudio

1-4 Organizaciones Ejecutoras

El Estudio fue llevado a cabo a través del trabajo conjunto entre el Equipo de Estudio de JICA y el personal de contraparte de Nicaragua, quien formó parte del cuerpo ejecutor del Estudio. El Equipo de Estudio de JICA estaba conformado por los miembros de Pasco Corporación y OYO Internacional Corporación, mientras que el personal de contraparte nicaragüense ha sido nombrado por INETER.

En Nicaragua, INETER es la única organización autorizada para preparar los mapas básicos nacionales y los mapas de amenaza para fines de investigación y actividades de manejo de desastres. Considerando la necesidad de involucrar a las organizaciones relevantes en temas concernientes al Estudio, la parte nicaragüense conformó un Comité Directivo integrado por los representantes de INETER, Ministerio de Relaciones Exteriores y SINAPRED. La responsabilidad del Comité Directivo consistió en brindar asesoría a INETER para realizar oportunamente las gestiones, y asesoría al Equipo de Estudio para la selección de las tecnologías apropiadas a ser aplicadas en el Estudio, y brindar información relevante.

En la Figura 1-2 se esquematiza la relación entre las organizaciones involucradas en el Estudio. Asimismo en el Cuadro 1-6 se muestran la lista de los miembros del Comité Directivo.

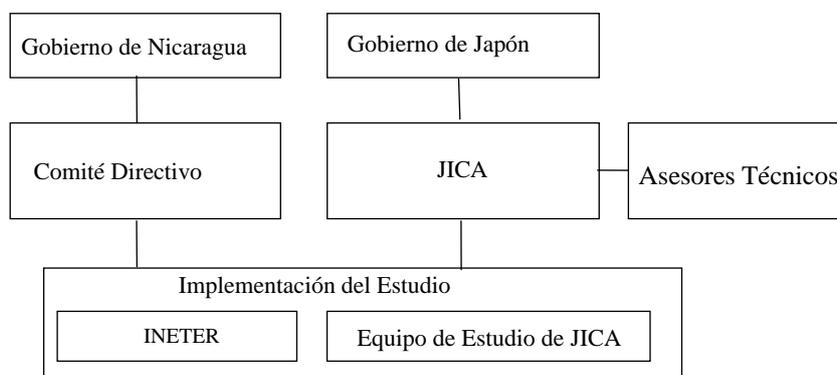


Figura 1-2 Organización del Estudio

1-5 Equipo de Estudio

La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) conformó el Equipo de Estudio y los asesores técnicos para la implementación del Estudio. Los miembros nombrados se presentan en el Cuadro 1-2 y Cuadro 1-3, respectivamente.

Cuadro 1-2 Asesores Técnicos de JICA

Nombre y apellido	Organización
Kenji CHUJO	Instituto de Desarrollo de Infraestructura
Kouisei OTOI	Instituto de Desarrollo de Infraestructura
Tuneo TANAKA	Instituto de Desarrollo de Infraestructura

Cuadro 1-3 Equipo de Estudio de JICA

Nombre y apellido	Títulos	Notas
Fujio ITO	Líder	Pasco Corporación
Yoshiaki OTOKU	Sub-líder de mapeo topográfico	Pasco Corporación
Osamu NISHII	Sub-líder para mapeo de amenaza	OYO Internacional
Daikichi NAKAJIMA	Supervisor de trabajo en campo	Pasco Corporación
Kiyofumi TAMARI	Supervisor de trabajo en campo	DMS
Minori ONAKA	Supervisor de restitución digital	DMS
Takeo MUTOH	Supervisor de restitución digital	Pasco Corporación
Awadh Kishor SAH	Supervisor de la base de datos SIG	Pasco Corporación
Hidetoshi KAKIUCHI	Supervisor de Análisis de SIG	Pasco Corporación
Choi Jaeyoung	Supervisor de Análisis de SIG	Pasco Corporación
Yoshinori TAKAHASHI	Supervisor de Análisis de SIG	Pasco Corporación
Kozo YAMAYA	Supervisor de símbolos de mapa	Pasco Corporación
Yoshitaka YAMAZAKI	Supervisor de Amenaza Volcánicas	OYO Internacional
Toshihiro ASAHINA	Supervisor de Amenaza de Tsunami	Pasco Corporación
Toshiaki UDONO	Supervisor de Inundación y Geomorfología	Pasco Corporación
Carlos VILLACIS	Transferencia de Tecnología de Simulación	OYO Internacional
Ikuo KATAYAMA	Asesor Técnico Especial para el Mapeo de Amenaza	Pasco Corporación
Hisashi MORI	Coordinador	Pasco Corporación

1-6 Agencia de Contraparte

1-6-1 INETER

De acuerdo con el Alcance del Trabajo, INETER asumió el rol de contraparte principal del Estudio desde su inicio.

En 1981, pasaron a formar parte de INETER las siguientes dependencias estatales: el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Defensa, el Servicio Meteorológico Nacional del Ministerio de Transporte y, el Instituto de Investigaciones Sísmicas del Ministerio de la Construcción. Entonces, INETER funcionaba como una organización técnica y científica sumamente importante para el país, proporcionando información fundamental a la sociedad en general (mapas, registro de tierras, meteorología, hidrología, geología, etc.) y llevando a cabo las investigaciones y estudios acerca del medio ambiente físico para la promoción del desarrollo socioeconómico, y al mismo tiempo para la reducción de la vulnerabilidad causada por los desastres naturales. El Instituto también tomaba medidas continuas de seguridad contra los desastres naturales.

Las principales actividades desarrolladas por INETER son las siguientes:

- 1) Renovación, expansión y la modernización del sistema de titulación de tierras en el ámbito nacional;
- 2) Operaciones relacionadas con la meteorología, hidrología, marea, geodesia, sismos, aceleración y estaciones volcánicas, así como el uso de banco de datos;
- 3) Ejecución de investigaciones y estudios sobre el medio ambiente físico para llevar a cabo el desarrollo socio-económico, y al mismo tiempo para reducir la vulnerabilidad;
- 4) Desarrollo de los mapas oficiales del país, incluyendo los mapas temáticos y características físicas del territorio;
- 5) Ejecución de las investigaciones de campo sobre las regulaciones territoriales en apoyo al desarrollo del país; y,
- 6) Establecimiento de límites físicos, presentación de propuestas acerca de los

límites departamentales y municipales y división administrativa del país;

La Dirección General de Geodesia y Cartografía, la Dirección General de Recursos Hídricos y la Dirección General de Geofísica fueron asignadas como contrapartes del proyecto. Las principales actividades de estas Direcciones son las siguientes.

(1) Dirección General de Geodesia y Cartografía

La Dirección General de Geodesia y Cartografía está constituida por las Direcciones de Geodesia, Fotogrametría y Cartografía. Entre sus atribuciones están la administración, coordinación y preparación de mapas, operación y mantenimiento del sistema de mapas básicos del territorio, preparación de los mapas temáticos, operación y mantenimiento de la red geodésica del sistema nacional de coordenadas y la coordinación e implementación de la toma de fotografías aéreas del país. Es el ente responsable de crear los datos geoespaciales utilizando las fotografías aéreas y las imágenes satelitales y proporciona la información para el SIG. También publica sus productos, incluyendo mapas.

(2) Dirección General de Recursos Hídricos

Participa en la red de observación de USGS a través del satélite meteorológico GEOS de EE.UU. Se destacan las cinco estaciones de nivel de agua fluvial y precipitación, las cuales realizan la medición cada 15 minutos, enviando información cada tres horas. Cuando el nivel de agua sobrepasa el nivel de alerta, el envío se realiza automáticamente cada 15 minutos. Existen 23 estaciones en todo el país que realizan la observación continua de nivel de agua.

(3) Dirección General de Geofísica

La Dirección General de Geofísicas realiza el monitoreo las 24 horas del día sobre sismos y movimientos fuertes. El monitoreo de tsunamis y de las actividades sísmicas fue realizado a través de su red de observación integrada por 57 estaciones con el uso de telemétricos, radio e Internet, cuyo trabajo constituye una importante base dentro del Sistema Nacional de Mitigación y Prevención de Desastres. Cuando ocurre un evento sísmico de más de 7,0 de magnitud, se activa el Sistema de Alerta de Tsunami y emite oportunamente la información a los organismos nacionales responsables. También se está realizando el monitoreo continuo de las erupciones y emisión de gases amenazantes de los volcanes activos San Cristóbal, Telica y Cerro Negro en el área norte y Concepción en el área sur con el uso de cámaras web instaladas respectivamente en León y en la Isla de Ometepe. Estas informaciones relacionadas con las amenazas son transmitidas a las instituciones gubernamentales y públicas a través de líneas de cable directamente conectadas con la Defensa Civil. Para estas tareas, La Dirección cuenta con personal responsable en investigación, observación y mantenimiento.

(4) Capacidad cartográfica en INETER

El Equipo de Estudio revisó todos los equipos pertenecientes a INETER. A continuación se presentan los resultados de esta investigación:

1) Producción de mapa

INETER ha tomado la iniciativa en el desarrollo del programa de intercambio de datos para la creación de los datos SIG basado en DIGEST, adelantando a sus países vecinos como Honduras, Costa Rica y El Salvador, y llegó a completar el prototipo del sistema SIG. Actualmente se está desarrollando un programa que será sumamente útil para el gobierno en un futuro. La meta es establecer el Servicio de Mapeo Web antes del 2007, el cual permitirá compartir la base de datos entre los países de Centroamérica.

Se prepararon los nuevos mapas topográficos digitales para uso general conforme las especificaciones Vmap2 en concordancia con FACCC (Catálogo de codificación de objetos y atributos) de DIGEST. Se adoptaron los símbolos Vmap2 Geosym.

Los datos primarios recopilados incluyendo los atributos, fueron preparados en MicroStation siguiendo las especificaciones de FFD (Feature Foundation Data). Al mismo tiempo, los atributos de objetos geográficos fueron asignados con macros de

MicroStation. Dicha información fue convertida en el formato binario VPF utilizando el programa GeofACC que ha sido desarrollado por INETER.

Por otro lado, se prepararon las bases de datos para las cartas aeronáuticas (escala 1/250.000) bajo la especificación Vmap1JOG-Air, así también se contempla utilizar las series UMAP (1/25.000) para el área urbana.

Para la edición de los símbolos de mapa se utilizó el programa de MicroStation, y en algunos casos Windows Draw.

El número de empleados de INETER es limitado, salvo el personal administrativo. Actualmente trabajan unos 45 empleados en la Dirección General de Geodesia y Cartografía y unos 30 en la Dirección General de Geofísica. A pesar de que el nivel técnico del personal es alto, no existen suficientes recursos humanos para realizar los productos finales, desde la recopilación hasta el procesamiento y edición de los datos.

2) Impresión

INETER no cuenta con instalaciones propias para la impresión de los mapas; el trabajo es terciarizado a las empresas privadas. Existen unas cuatro empresas con capacidad y experiencia en la impresión de mapas, tales como los mapas administrativos, y mapas de Centroamérica a escalas pequeñas.

Pese a que INETER afirma que los problemas concernientes a la impresión no son meramente técnicos, actualmente no existe ninguna empresa que maneje los mapas multicolores de alta precisión.

3) Preparación de negativos y positivos

Para la preparación de los positivos y negativos originales para los mapas multicolores, INETER cuenta con Mapsetter 5.000 de Optronics, una división de Intergraph. Un experto de INETER ha sido capacitado en la operación de dicho equipo, y también cuenta con un manual de operación, por lo que parece no tener problema en cuanto a la operación del equipo. Además, existe un ingeniero que parece tener cabal conocimiento sobre los PCs y sus programas. Esto significa que INETER tiene suficiente capacidad para restituir las imágenes de mapa sobre la base de una película láser de alta precisión.

Recientemente, el Mapsetter ha tenido problemas mecánicos a raíz de la inestabilidad de voltaje que afectó la batería, haciéndose necesario reemplazarla con una batería UPS con estabilizador de voltaje. Además, el sistema de operación del Mapsetter no ha sido actualizado y tampoco se tiene una computadora asignada exclusivamente para la operación de dicho programa.

4) Equipos y Materiales de INETER

La Dirección de Fotogrametría de la Dirección General de Geodesia y Cartografía de INETER cuenta con cuatro (4) equipos de restitución analógica entre ellos el PLANICOMP C120 y C130. Sin embargo, estos requieren ser reparados. Los equipos de restitución que están funcionando actualmente son los siguientes.

Cuadro 1-4 Equipos de Restitución

Sistema análogo	Sistema digital	Software para el sistema digital
PLANICART A3	ImageStation Z	Photogrammetric manager Digital Mensuration Feature collection Match T Auto DTM collection Base rectifier Stereo display

Se instaló un codificador al equipo PLANICART A3 para realizar la digitalización de los datos recopilados. Además de los equipos mencionados, existen un Intergraph Photoscan (Movie scanner), y un HP Designjet 750C (AO plotter a color).

El laboratorio fotográfico está dotado de los siguientes equipos.

Reveladora de contacto
Rectificador SEG-V
Copiadora de aerofotografías
Revelador automático de películas aéreas
Registradora de originales poliéster

Cabe mencionar que el *bright rod* de la copiadora de contacto MILIGAN ELECTRONICS no está funcionando y actualmente el equipo se encuentra fuera de servicio.

En la Dirección de Cartografía, los datos cartográficos son editados con el programa MicroStation.

Los tipos de programas que están siendo utilizados son los siguientes:

MicroStation
ArcEditor 8.2 (1 licencia)
Window Draw
Picture Publisher

Se agregó la extensión PLTS (Production Line Tool Set) al ArcEditor para la preparación de las cartas aeronáuticas a escala 1/250 000, basado en la especificación de NIMA Vmap1JOG-Air.

La Dirección de Geodesia cuenta con 12 receptores GPS de doble frecuencia, 6 receptores GPS de una frecuencia y una estación de observación continua (CORS)

La Dirección General de Geofísica cuenta con varias computadoras tipo desktop y un equipo grande de restitución, y realizan sus operaciones utilizando los siguientes programas.

ArcInfo 8.3 (2 licencia floatable licenses)
3D Analyst Modules
Spatial Analyst Modules
Geostatistics Module
Arcview 8.3 (1 licencia)
Spatial Analyst Module
ArcIMS 4.01 (1 licencia)

La Dirección General de Recursos Hídricos cuenta con el siguiente programa:

ArcGIS 3.3 (dos licencias)

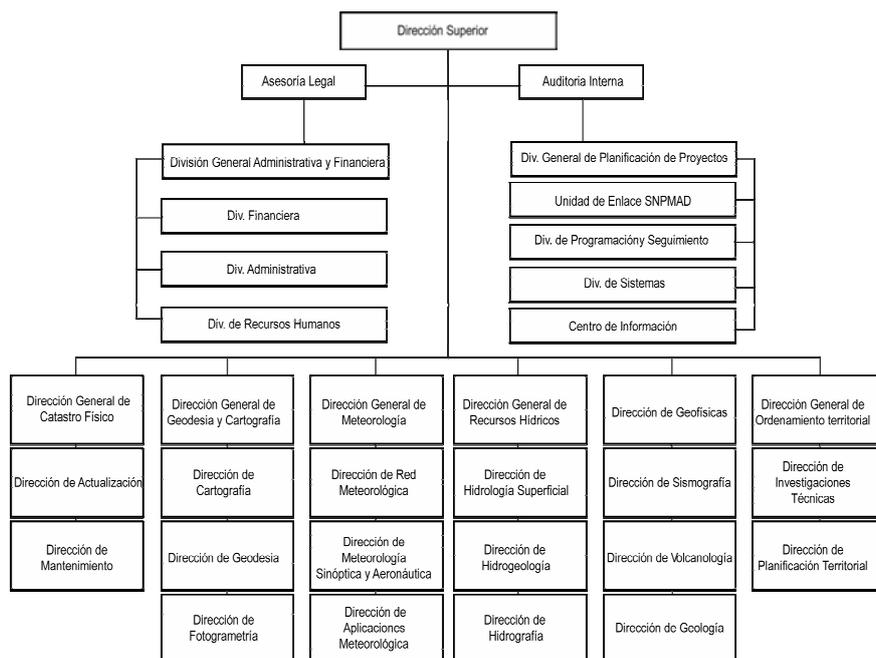


Figura 1-3 Organigrama

Cuadro 1-5 Lista de los Principales Miembros de la Agencia de Contraparte

Nombres y Apellidos	Título
Claudio Gutiérrez Huete	Director Ejecutivo de INETER
Pedro Miguel Vargas Carvajal	Director General de Geodesia y Cartografía
Gonzalo Medina Pérez	Director Técnico de Geodesia y Cartografía
Isidro Jarquín Vélez	Director de Cartografía
Ramón Avilés	Director de Geodesia
Josué Donado Figueroa	Director de Fotogrametría
Wilfried Strauch	Director General de Geofísica
Manuel Traña	Director de Vulcanología
Martha Navarro	Vulcanóloga
Carlos Guzmán	Sismólogo Superficial
Guillermo Chávez, Msc.	Experto en SIG
Luis Palacios Ruiz	Director General de Recursos Hídricos
Isaías Montoya	Director Técnico de Recursos Hídricos
Jamil Robleto	Hidrólogo Pronosticador
Sergio Cordonero	Director de Hidrología

1-6-2 Organización del Comité Directivo

En respuesta a la solicitud del Equipo de Estudio, INETER acordó conformar el Comité Directivo para el Estudio integrado por el Director Ejecutivo de INETER, el Secretario Ejecutivo de SINAPRED (Sistema Nacional para la Mitigación, Prevención y Atención de Desastres) y un representante del Ministerio de Relaciones Exteriores. La primera reunión fue sostenida a principios de febrero del 2004, y la segunda el 18 de agosto del 2004. En la primera sesión, el Equipo de Estudio y la contraparte informaron sobre los resultados de investigación en campo al Comité. Asimismo, en la segunda sesión, el Equipo de Estudio informó sobre el avance del Estudio. Los representantes de la Alcaldía de Managua y ENACAL participaron en la tercera sesión convocada el 22 de febrero del

2005. La cuarta sesión ha sido celebrada el 21 de noviembre de 2005. Durante la reunión final, organizada el 21 de agosto de 2006, se presentó el informe final y fue aceptado.



Foto 1-1 Primera Sesión del Comité Directivo



Foto 1-2 Segunda Sesión del Comité Directivo

Cuadro 1-6 Miembros del Comité Directivo

Nombres y apellidos	Títulos
Claudio Gutiérrez Huete	Director Ejecutivo de INETER
Gerónimo Giuston Robelo/ Geronimo Giusto	Secretario Ejecutivo de SINAPRED
Isolda Frixione Miranda/ Miriam Fonseca	Directora General de Gestión Bilateral del Ministerio de Relaciones Exteriores

1-7 Flujo del Trabajo del Estudio

En la

Figura 1-4 se muestra el Plan de Trabajo para el Cuarto Año de Estudio.

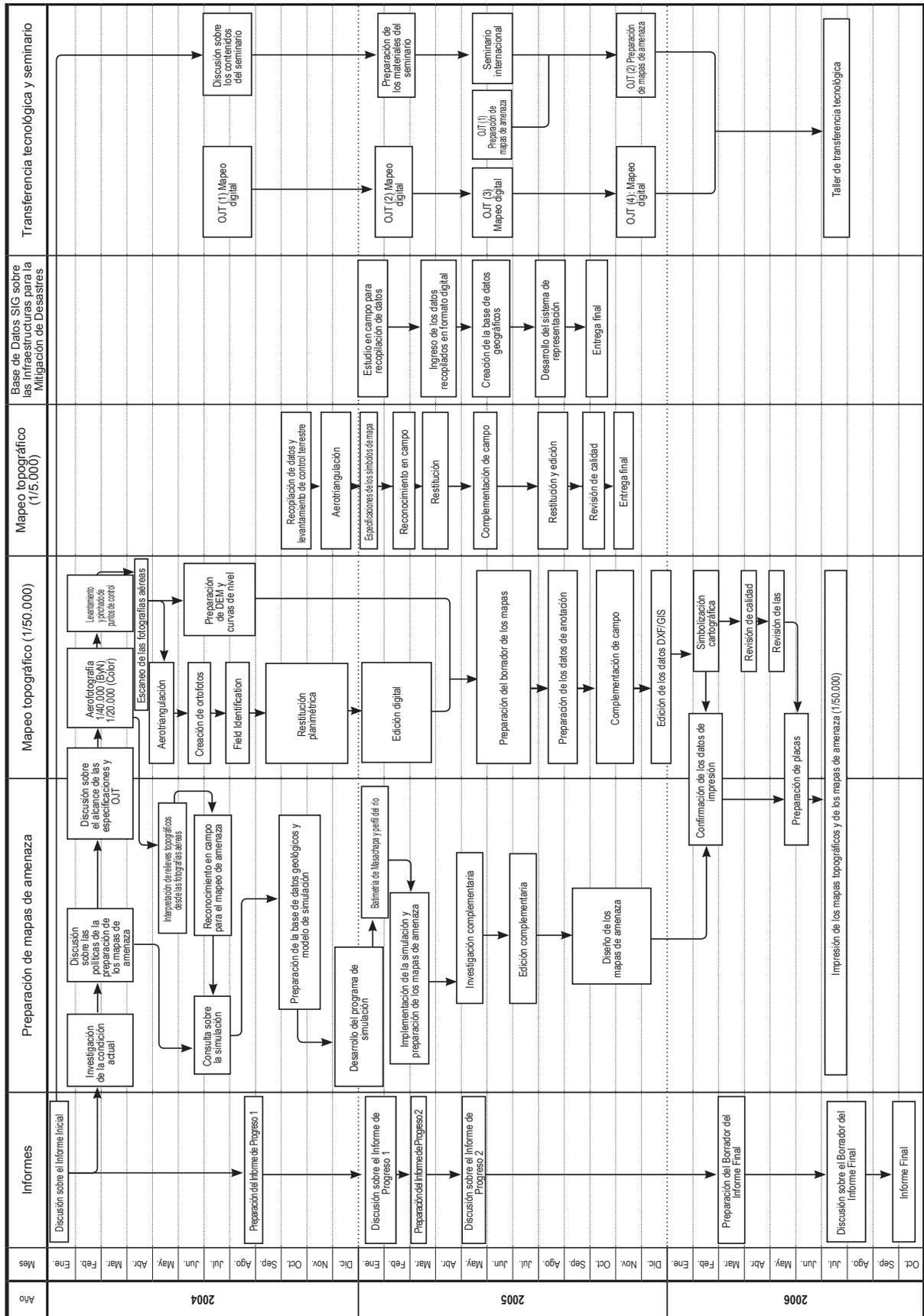


Figura 1-4 Flujo del Trabajo

1-8 Productos Finales

A continuación se muestra la lista de los productos.

Cuadro 1-7 Productos

	Ítems	Cantidades	Notas
(1)	Informe del Estudio		
1)	Informe Inicial (Inglés)	20 copias	
	Informe Inicial (Español)	20 copias	
2)	Informe de Progreso 1 (Inglés)	20 copias	
	Informe de Progreso 1 (Español)	20 copias	
3)	Informe de Progreso 2 (Inglés)	20 copias	
	Informe de Progreso 2 (Español)	20 copias	
4)	Borrador del Informe Final		
	Informe Principal (Inglés)	20 copias	
	Sumario (Inglés)	20 copias	
	Sumario (Español)	20 copias	
5)	Informe Final		
	Informe Principal (Inglés)	20 copias	
	Sumario (Inglés)	20 copias	
	Informe Principal (Español)	20 copias	
	Sumario (Español)	20 copias	
	CD-ROM	2 Juegos	
	Manuales	2 Juegos	CD-ROM (.pdf)
(2)	Resultados del Estudio		
1)	Aerofotografía		
	Negativos	1 juego	1/40.000 blanco y negro; 1/20.000 color
	Archivo de Datos Digitales	1 juego	1/40.000 blanco y negro
	Fotografías de Contacto	1 juego	1/40.000; 1/20.000 color
	Mapa Índice	1 juego	1/40.000; 1/20.000 color
2)	Resultados del Estudio en Campo	1 juego	
3)	Resultados de aerotriangulación	1 juego	
4)	Películas para las placas de impresión		
	Películas del Mapa Topográfico	1 juego	1/50.000
	Películas de los Mapas de Amenaza	1 juego	1/50.000
5)	Archivo de Datos Digitales		
	Datos del mapa topográfico para la base de datos SIG en Managua	2 juego	1/5.000
	Mapas topográficos y la base de datos SIG	2 juego	1/50.000
	Base de datos SIG sobre las infraestructuras para la Mitigación del Desastre	2 juego	1/250.000
	Mapas de Amenaza	2 juego	1/50.000
6)	Impresión de los mapas	500 copias cada una de 60 hojas	1/50.000
	Mapas topográficos	500 copias cada una de 5 escenarios	1/125.000
	Mapas de Amenaza Volcánicas	200 copias para el Flujo de Lava	1/100.000
		200 copias para el Flujo Piroclástico, lahar y bomba	1/100.000
		200 copias de Caída tefra	1/200.000
	Mapas de Amenaza de Inundación	100 juegos	1/3.500-1/7.000
	Mapas de Amenaza de Tsunami	a) 125 copias de Corinto b) 55 copias de Puerto Sandino c) 45 copias de Masachapa d) 75 copias de San Juan del Sur	1/50.000