

**Informe final\* del Proyecto DQ016  
Georreferenciación de imágenes SPOT de la Cuenca de Burgos**

**Responsables:** Geóg. María Isabel Cruz López y Dr. Sergio Cerdeira Estrada  
**Instituciones:** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).  
**Dirección:** Av. Liga Periférico – Insurgentes Sur No. 4903 Colonia Parques del Pedregal, Delegación Tlalpan, C.P. 14010 México, D.F.  
**Correo electrónico:** [isabel.cruz@conabio.gob.mx](mailto:isabel.cruz@conabio.gob.mx)  
**Teléfono/Fax:** 01 55 50045046  
**Fecha de inicio:** Mayo 23, 2005  
**Fecha de término:** Junio 2, 2006  
**Principales resultados:** Informe final  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Cruz López, M. I. y S. Cerdeira Estrada, 2006. Georreferenciación de imágenes SPOT de la Cuenca de Burgos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DQ016.** México D. F.

**Resumen:**

Se solicita la contratación de una persona para llevar a cabo el proceso de georreferenciación de 15 imágenes SPOT de la Cuenca de Burgos de la estación ERMEX, además de 219 ortofotos del INEGI con que cuenta la CONABIO.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.
-



## Informe Final del Proyecto DQ016

### “Georeferenciación de imágenes SPOT de la Cuenca de Burgos”

---

México D.F., 31 de mayo del 2006

#### **Institución u organización:**

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).  
Av. Liga Periférico – Insurgentes Sur No. 4903 Colonia Parques del Pedregal  
Delegación Tlalpan, C.P. 14010 México, D.F.

#### **Datos del responsable del proyecto:**

Geóg. María Isabel Cruz López  
Coordinadora de Percepción Remota  
Dirección de SIG y Percepción Remota  
Dirección General de Bioinformática  
Telf.: (55) 50044946  
Fax: (55) 50044931  
E-mail: [icruz@conabio.gob.mx](mailto:icruz@conabio.gob.mx)

#### **Datos del corresponsable del proyecto:**

Dr. Sergio Cerdeira Estrada  
Coordinación de Percepción Remota  
Dirección de SIG y Percepción Remota  
Dirección General de Bioinformática  
Telf.: (55) 50044946  
Fax: (55) 50044931  
E-mail: [scerdeira@conabio.gob.mx](mailto:scerdeira@conabio.gob.mx)

**Datos del colaborador del proyecto:**

M. en C. María Teresa Rodríguez Zúñiga  
Coordinación de Percepción Remota  
Dirección de SIG y Percepción Remota  
Dirección General de Bioinformática  
Telf.: (55) 50044946  
Fax: (55) 50044931  
E-mail: mrodrig@conabio.gob.mx

**Línea Temática:**

Conservación: B6. Estudios que aporten sustento a las acciones de conservación.

**Prioridad:**

Reforzamiento de actividades de protección y conservación de PROFEPA, CONANP, CONAFOR, INE y CONABIO.

**Lista de los principales resultados o productos por obtener en el proyecto y serán entregados:**

Imágenes de satélite SPOT con referencia geográfica con un error máximo promedio de 2 metros.

**Monto del financiamiento solicitado (IVA incluido):**

\$276,000

**Duración del proyecto:**

8 meses

## Resumen

A partir de 389 ortofotos aéreas a escala 1:50 000, en formato BIL y con Datum ITRF92, Elipsoide GRS80 suministradas a la CONABIO por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), se rectificaron geoméricamente 25 imágenes SPOT (Nivel 2A) en formato GeoTIFF o IMG (formato de *Imagine*), con Datum WGS84, Elipsoide WGS84 y proyección cartográfica Norte UTM 14. Las imágenes SPOT fueron suministradas por la Estación de Recepción México de la Constelación SPOT (ERMEXS) de la Secretaría de Marina, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación (SAGARPA), INEGI y Spot Imagine. En este trabajo se describe el procedimiento tecnológico que permite rectificar imágenes SPOT a partir de ortofotos. En particular se muestra dicho procedimiento para el caso de la Cuenca de Burgos localizada en Nuevo León-Tamaulipas y utilizando el programa de procesamiento de imágenes ERMAPPER. Las imágenes resultantes en formato GeoTIFF se registran y forman parte del banco de imágenes de satélite de la Conabio para su posterior uso en proyectos o programas de investigación.

## Introducción

Para muchas aplicaciones con datos de sensores remotos satelitales se requiere de una gran precisión geométrica, por lo que las imágenes deben ser corregidas geométricamente, mediante el proceso conocido como Georeferenciación. Para ello se requieren de puntos de control identificables georeferenciados cuyo nivel de precisión dependerá de la fuente utilizada para ello y de la precisión obtenida en el error medio cuadrático de dichos puntos. La cantidad de puntos a utilizar dependerá del orden del polinomio a utilizar, del relieve del área y del grado de precisión requerido. Mientras más puntos se usen mejor, buscando que su distribución sea uniforme en toda la imagen.

## Ortofotos del INEGI

El INEGI implantó para México el sistema de referencia con datum ITRF92 para elipsoide GRS80 (UTM Norte 14). Considerando los propósitos que se tienen realmente es indistinto el utilizar el elipsoide WGS84 o el GRS80, según criterios de Antonio Hernández Navarro, director adjunto de la Dirección General de Geografía del INEGI, quién refiere que “si las coordenadas están dadas en ITRF92 y se desea proyectarlas a UTM en la zona 14, la diferencia que existe entre ambos elipsoide es prácticamente despreciable. La diferencia máxima entre los dos elipsoide, ocurre a los 45° de latitud y es aproximadamente de 0.0003 segundos de arco o cercana a 0.001 m”.

Según Hernández Navarro, el Datum que el INEGI usa hoy en día, el ITRF92, pasará todo a ser ITRF00. Este proceso de migración se espera que inicie en el 2006, en algunos casos prácticos no habrá ningún cambio, por lo que se podrá considerar que los productos cartográficos serán equivalentes en los dos sistemas. En el 2006 se iniciará la producción de información de información geográfica en escala 1:20 000, a partir de ortofotos 1.10 000; es este caso se hará directamente en ITRF00.

Cada una de las ortofotos del INEGI contiene la siguiente información:

### Un ejemplo de una ortofoto:

Coordenadas de la esquina noroeste: Ej: Este: 368400.0, Norte: 3070310.0

Coordenadas de la esquina sureste: Ej: Este: 379650.0, Norte: 3056210.0

Las dimensiones de la imagen varían: Ej: Columnas: 7500, Renglones: 9400

Las dimensiones del píxel X, Y varían: algunas con 1.5 m y la gran mayoría con 2 m.

Las ortofotos tienen escala de 1:50 000 (Figura 1), según las claves para identificarlas de acuerdo al Sistema Cartográfico del INEGI:

(<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/ortofotos/ntecnicas.cfm?c=202>).

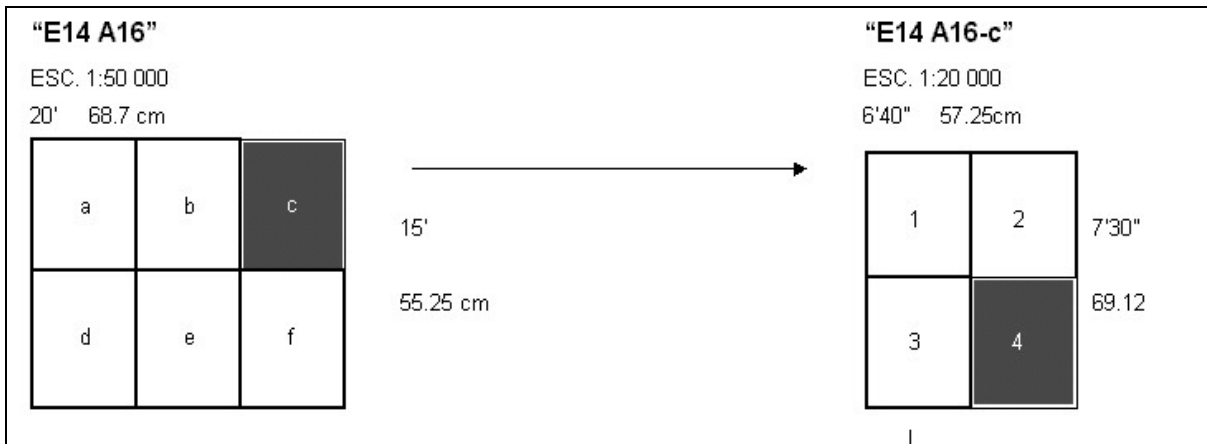


Figura 1. Escala de las ortofotos del INEGI según el Sistema Cartográfico del INEGI. A la izquierda aparece la carta topográfica a 1:50 000 con 20'x15' y a la derecha aparece la carta topográfica a 1:20 000 con 6'40'' x 7'30''.

En la Figura 2 se muestran el mosaico completo de las cartas 1:50 000 de la zona de Burgos.

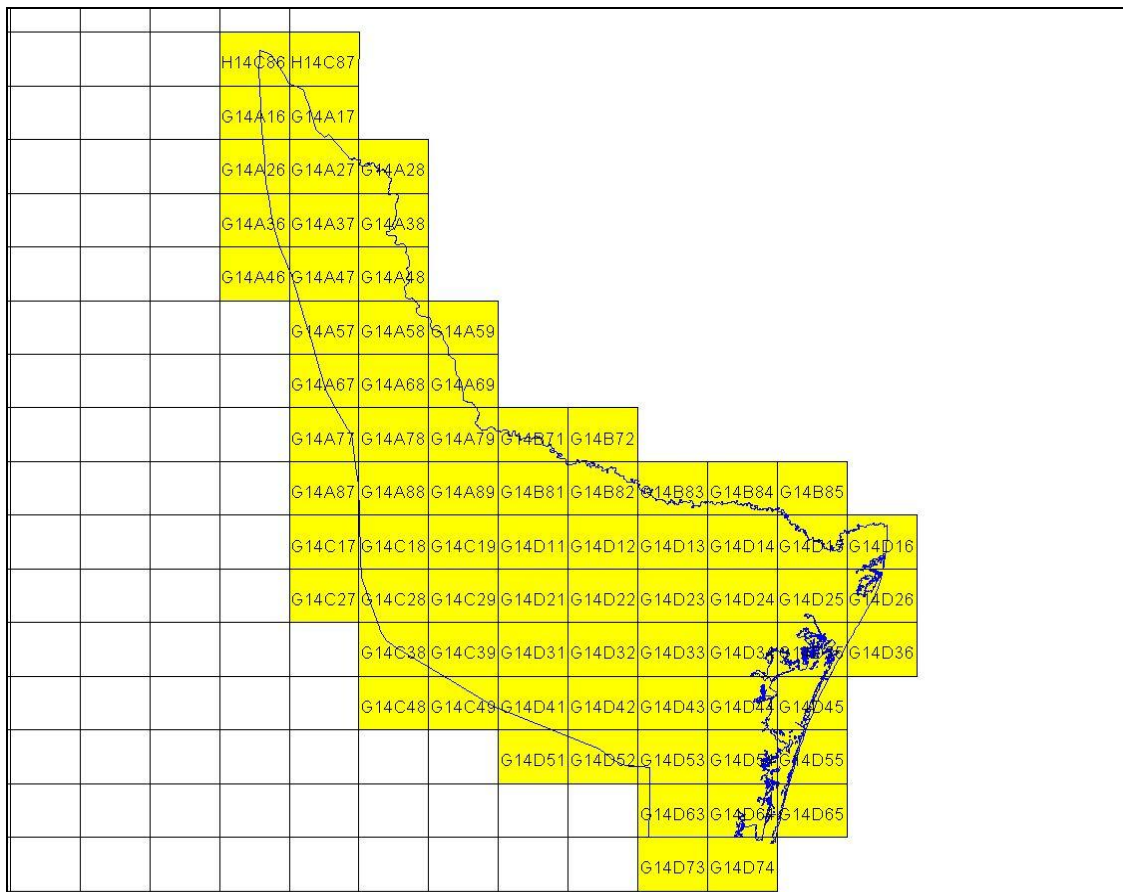


Figura 2. Mosaico de cartas 1:50 000 del INEGI de la zona de Burgos.

## Imágenes SPOT de la Cuenca de Burgos

A través de la antena receptora de SPOT de la estación ERMEXS se adquirieron 25 imágenes de los satélites SPOT 2, 4 y 5 respectivamente en formato \*.GeoTIFF y \*.DAT (Nivel 2A) (Tabla 1). De ellas siete imágenes en formato (\*.DAT) no leíbles por sistemas de procesamiento de la CONABIO, por lo que la Marina tuvo que convertir a formato GeoTIFF para poder trabajarlas.

Tabla 1. Imágenes rectificadas SPOT de la Cuenca de Burgos, México.

No.	Nombre de la imagen SPOT	Satélite	# de bandas	Resolución espacial [m]	K	J	Fecha A / M / D	Hora
1	E040802144755552	SPOT 5	4	10	584	298	03/11/21	17:11:10
2	E040802145555814	SPOT 5	4	10	589	300	04/02/18	16:59:17
3	E040802150700678	SPOT 5	4	10	586	300	04/04/14	17:22:42
4	E040802151133365	SPOT 5	4	10	585	297	04/05/04	17:37:54
5	E040802151649663	SPOT 5	4	10	585	299	04/05/04	17:38:11
6	S031224024307533	SPOT 5	4	10	587	300	03/12/22	17:15:01
7	S040224172531596	SPOT 5	4	10	588	298	04/02/17	17:18:16
8	S040224172839442	SPOT 5	4	10	588	300	04/02/17	17:18:33
9	S040319195418850	SPOT 5	4	10	584	296	04/03/09	17:14:27
10	S040719145216045	SPOT 5	4	10	589	298	04/02/18	16:59:00
11	S040729173100570	SPOT 5	4	10	584	298	04/04/13	17:41:42
12	S040730131908674	SPOT 4	4	20	586	300	03/12/23	17:23:01
13	S040730133950021	SPOT 4	4	20	583	295	04/07/08	17:14:26
14	S040730134158513	SPOT 4	4	20	583	296	04/07/08	17:14:35
15	E040802150137211	SPOT 5	4	10	586	298	04/04/14	17:22:25
16	E040802150507164	SPOT 5	4	10	586	299	04/04/14	17:22:33
17	E040802151408201	SPOT 5	4	10	585	298	04/05/04	17:38:02
18	S031224024029755	SPOT 5	4	10	587	299	03/12/22	17:14:52
19	S040224172655677	SPOT 5	4	10	588	299	04/02/17	17:18:25
20	S040302144736097	SPOT 5	4	10	589	299	04/02/18	16:59:09
21	S040319195515707	SPOT 5	4	10	584	297	04/03/09	17:14:36
22	S040730131513359	SPOT 2	3	20	586	299	04/02/20	17:14:15
23	S040730161951859	SPOT 4	4	20	586	298	04/02/19	17:07:16
24	S040730162612998	SPOT 2	3	20	588	299	04/02/20	17:14:13
25	S040803161103651	SPOT 2	3	20	587	298	04/06/18	17:24:33

## Resultados

### Mosaico de ortofotos

Para rectificar imágenes SPOT de la Cuenca de Burgos se cuenta con 389 ortofotos (en formato \*.bil) generadas por el INEGI con auxilio de puntos de control geodésico y el Modelo Digital de Elevación. Las mismas están en la Proyección: Universal Transverse Mercator (UTM), Zona: UTM 14, con Datum: ITRF92, Elipsoide: GRS 80, en metros como unidades, en binarios crudos (1 byte por píxel). La CONABIO firmó un convenio con el INEGI, quienes proporcionaron las ortofotos de la República mexicana.

La Figura 3 muestra el mosaico con las 389 ortofotos de la Cuenca de Burgos ubicadas en la proyección UTM Norte, Zona 14-G, Datum ITRF92, y Elipsoide GRS80. Sin balance del color (Fig. 2-A) y balanceado (Fig. 2-B).

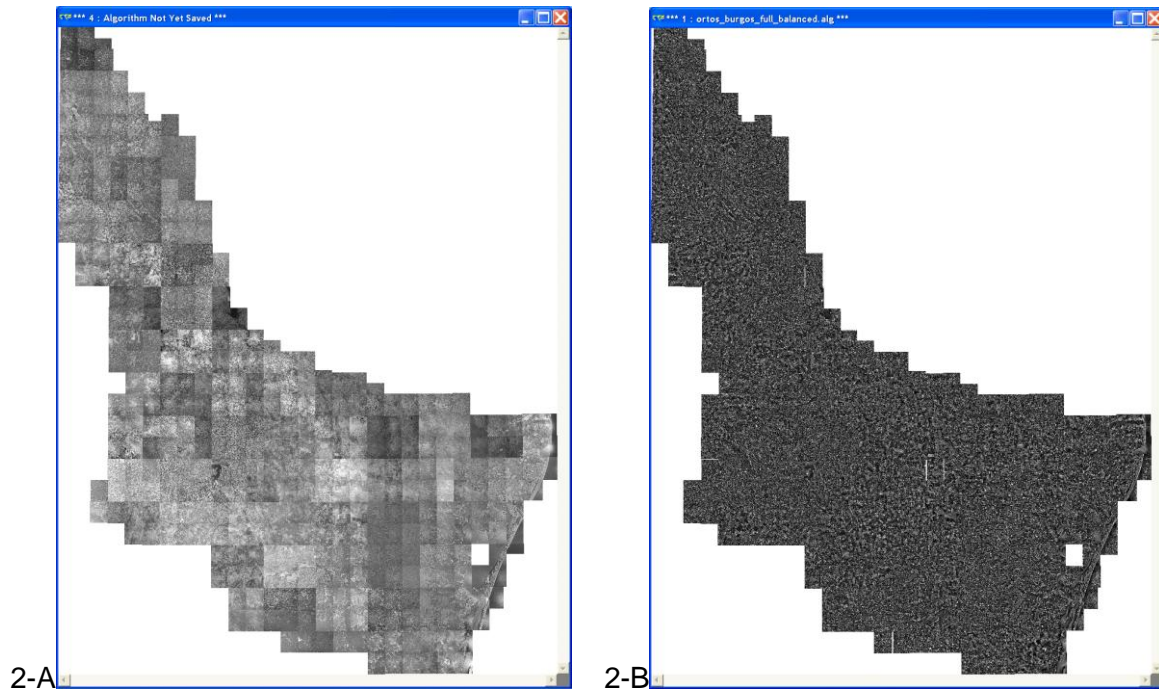


Figura 3. Mosaico con las 389 ortofotos (G14) de la Cuenca de Burgos en Datum ITRF92, Esferoide GRS80 y Proyección NUTM14. Sin balance del color (Fig. 2-A) y balanceado (Fig. 2-B).

### Rectificación de las imágenes SPOT

Las imágenes SPOT fueron rectificadas a partir de ortofotos por el *Método de Image to image*, que utiliza la Geocodificación Polinomial de orden cúbico por el método de remuestreo del vecino más cercano una imagen a partir de otra usando puntos de control con un error medio cuadrático  $< 0.08$ . La proyección cartográfica es de UTM Zona 14 Norte y el Datum es WGS84, con el elipsoide: WGS84. El tipo de coordenadas es planas. Como producto de salida se generó un DVD con toda las imágenes rectificadas. Para la rectificación de las imágenes SPOT se adquirió y utilizó el programa ERMAPPER versión 7.0, junto con el ENVI para generar las GeoTIFF a partir de las \*.ers.

Como se explicó con anterioridad se consideró que trabajar en el Datum WGS84 (utilizado para las imágenes SPOT) es similar a trabajar con ITRF92 para las resoluciones que trabajamos.

Cada una de las 25 imágenes SPOT tienen asociados varias ortofotos del INEGI (en ITRF92). La Figura 4 muestra el mosaico de todas las 25 SPOT.

Para rectificar las imágenes SPOT se determinaron al menos 20 Puntos de Control [GCP: *Ground Control Point*] con apoyo de las ortofotos ortorectificadas por el INEGI; se identificaron rasgos comunes en ambas imágenes (puntos de control). El error medio cuadrático (RMS por sus siglas en inglés) debe ser menor a 1. En nuestro caso logramos que sea menor a 0.1.

El Error Medio Cuadrático (RMS) es una medida de la precisión de los GCP en las imágenes expresada en el tamaño de píxel de la imagen. Valores menores a 1 contemplan una gran precisión. Un  $RMS=1$  equivale a tener un error equivalente a la resolución espacial de la



imagen satelital. Para el caso de las imágenes SPOT de 10 m de resolución espacial un RMS=1 equivale a 10 m de error.

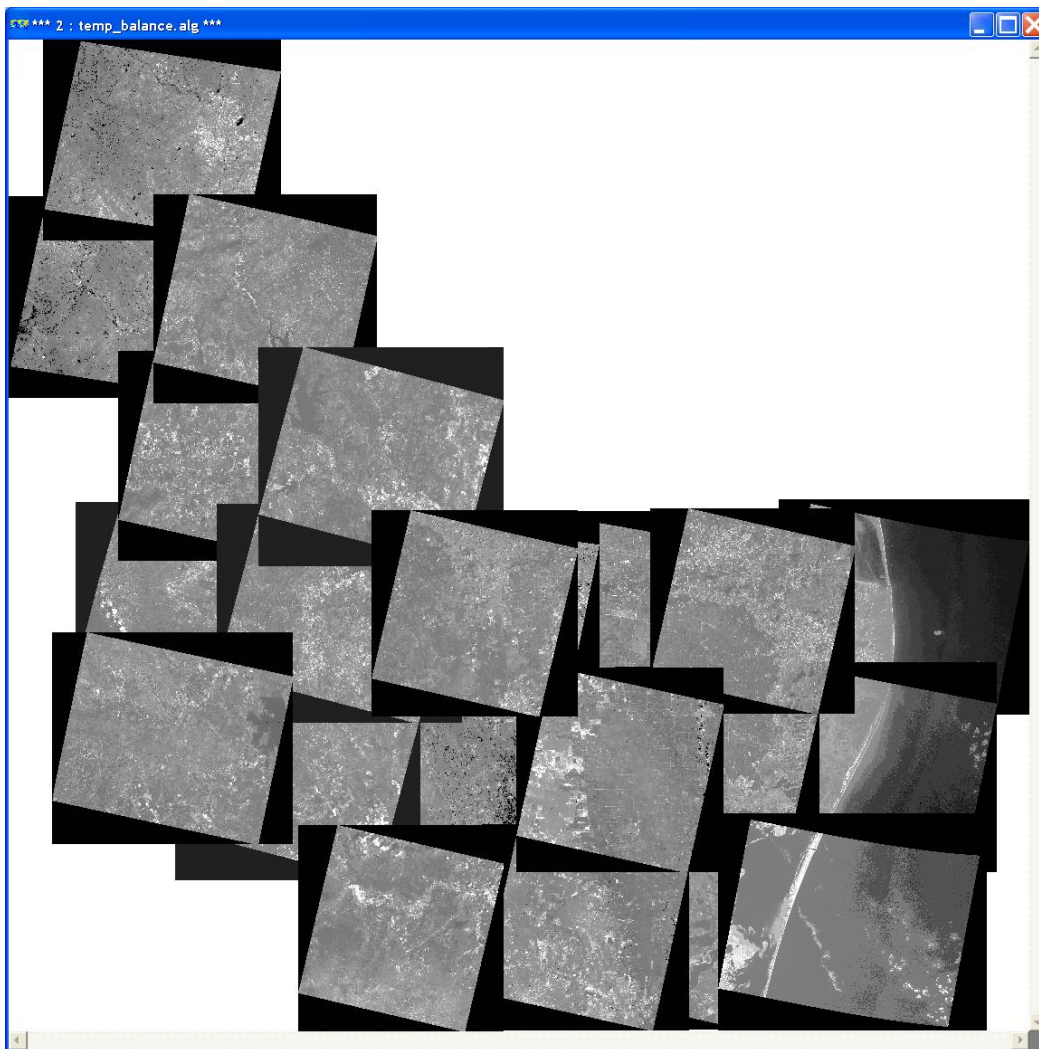


Fig. 4. Mosaico de las 25 imágenes de SPOT rectificadas.

Las imágenes resultantes fueron almacenadas en DVD-RW, están en custodia en la Coordinación de Percepción Remota de la CONABIO, y tienen la siguiente etiqueta:

Formato: **GeoTIFF**. Rectificadas a partir de ortofotos del INEGI. *Método de rectificación: Image to image, que utiliza Geocodificación Polinomial (orden cúbico)* para rectificar una imagen a partir de otra usando **GCP**. Error medio cuadrático < **0.08**  
Proyección geodésica: UTM Norte 14. Datum geodésico: WGS84. Elipsoide: **WGS84**  
Tipo de coordenadas: **Eastings/Northings**.  
Programa utilizado para la rectificación: **ERMAPPER**. Programa utilizado para generar las GeoTIFF a partir de las \*.ers: **ENVI**.

El proceso para la rectificación de las imágenes SPOT se encuentra en el Anexo 1. El Diagrama en bloques del procedimiento se localiza en el Anexo 2 y en el Anexo 3 se encuentran otras consideraciones cartográficas.

## ANEXOS

### Anexo 1. PROCESO PARA LA RECTIFICACIÓN DE IMÁGENES SPOT

#### I. Selección de Ortofotos para cada Imagen SPOT

Arcview GIS 3.2

En el siguiente directorio se localiza el procedimiento a seguir para la realización de un polígono que nos refiere cuales serían las ortofotos que cubrirían la imagen.

Prsig\datapr\proyectos\cbm\orto\_utm\_wgs84

En principio se abre la imagen y el archivo donde se localiza la zona UTM, para al crear un polígono que muestre la sobreposición de la imagen con las claves de las ortofotos, y así, tener cuales son las ortofotos que se necesitan tomando en cuenta el siguiente procedimiento:

1. se abre la zona

orto\_utm\_wgs84

seleccionar orto\_utm16wgs84.shp

Con Data SourceTypes

Feature Data Source..... OK

2. En el directorio Prsig\datapr\proyectos\cbm\spot\_cbm\scene01... clic

Data Source Types

Image Data Source

Y seleccionar la imagery.tif

3. Con los pasos anteriores se tendrá en la pantalla la imagery.tif, posicionada en las ortofotos.

Teniendo lo anterior se da clic en el icono de seleccionar.

Con el cursor se seleccionara el área ocupada por las imagery.tif.

Se da clic en Theme donde desplegara una pestaña

Se lesionar convert to shapefile.

4. on la dirección de imagery.

Se guarda una mask con extensión .shp

Una vez creado el polígono este cuenta con una nueva tabla de datos la cual se tiene que guardar de la siguiente manera:

Seleccionar el icono de tabla para que se muestre la tabla.

Posteriormente con el comando Table..... star edit

Save Edits As..... guardando se dentro de la mask.

Table .....Stop Editing

Con estos pasos se creo una tabla propia para la imagery .tif y otra con extensión .bdf

---

#### II. Encabezado de Imagen

ER MAPPER

Abrir ER Mapper

Open

En la dirección

T:\cbm\ortos\_x\_spot

Se localizan las ortofotos por cada imagen.

Aquí se tenía un archivo con extensión hdr y se realizó el siguiente proceso para crear un archivo con extensión .ers

Seleccionar el archivo con extensión hdr

Info.....edit

Coord. Espece

Proyección

UTM

NUTM16....ok

Units.....meters.....ok

Save....ok

Close

---

### III. Unión de Zonas con Proyección Geográfica.

Se trata de la unión del mapa de ortofotos/zona

1. en principio se abren 2 view.

Dando clic en view, donde desplegara una pestaña, en donde se localiza

Geoprocessing wizard.....clic

Marge themes together.....next

2. select at least two themes to marge:

selecciono mis dos temas a unir

3. specify the out pout file

se da la dirección para guardar el archivo

en esta caso se utilizo

\export\home\origin\datos 3\cartografia\adicional\ortofotos\orto\_geo

en File name

z:11 y z:12+z:13+z:14+z:15+z:16. shp.....ok

en principio se unio la zona 11 y 12 con el mismo proceso, se une el resultado con la

zona 13 y asi sucesivamente asta tener la uni;on de las 6 zonas en una vista.

finish

---

### IV. Formación de Mosaicos

1. Seleccionar el icono de

Image display and mosaic wizard

Select files to display and mosaic

Seleccionar el directorio

· display imagen in 2D

activar las funciones

mosaic all files of this tipe

manually set mosaic method..... next

2.select files tipos to mosaic

Cell size.....next.... finish

Select mosaic properties...next.....finish

Con el icono Image Balancing Wizard for Airphotos, con el cual se ajustara el contraste....next

1. select base contrast level  
medium base contrast level (-25 to 280).....next  
select how to balance the images  
balanced.....next  
color matchg balanced mosaic to original  
match colors to individual file.....next  
match overall mosaic color to an original image  
direcc.....next  
finish.

2.file  
Save as  
T:\cbm\ortos\_x\_spot\ clave de la imagen \_ mos.alg  
como clave de la imagen\_ mos  
Se guarda como archivo de  
ER mapper Algoritm.alg.....ok

---

## V. Rectificación de imágenes SPOT

Para rectificar la imagen SPOT: cargar  
Ortho Geocoding Wizard.

1. Start: Input File:

Se busca la imagery .tif o .ers en

T:\cbm\spot\_cbm\clave de imagen\scene01\imagery.tif o .ers..... ok

Geocoding Type

Polinomial

2. Polynomial Setup

Polynomial Order

Cubic

3. GCP Setup

GCP Picking Method

Se selecciona Geocoded image,vectors or algorithm

Se busca en

T:\cbm\ortos\_x\_spot\clave de la imagen\imagen\_mos.alg

4.GCP Edit

Se van a editar puntos de control en tierra. En este caso son 25 puntos de control con un margen de error o RMS de 0.3 llevándose a cabo lo siguiente

Dando clic en Add new GCP se selecciona el primer punto

Se lleva el cursores a la pantalla de UNCORRECTED GCP ZOOM, y se posiciona el cursor en lo que será un punto de control.

Verificándolo en la pantalla de CORRECTED GCP ZOOM, dando clic en el mismo lugar donde se posiciono el punto en la pantalla UNCORRECTED GCP ZOOM.

La tabla mostrara las coordenadas.

Este mismo proceso dado en el punto 4 se llevara acabo para realizar los 25 puntos de control. Teniendo cuidado de guardar los puntos tan seguido como sea posible con el icono Save gcp points to file.

4. rectify

output info

file.....se busca la dirección donde será guardado el documento

T:\cbm\spot\_cbm\clave de imagen\scene01\imagen\_rec.ers  
Resampling.....>Nearest Neighbor.  
Seleccionar Display rectified image  
Seleccionar Save File and Start Rectification, para que se lleve acabo la rectificación de la imagen.  
Save

---

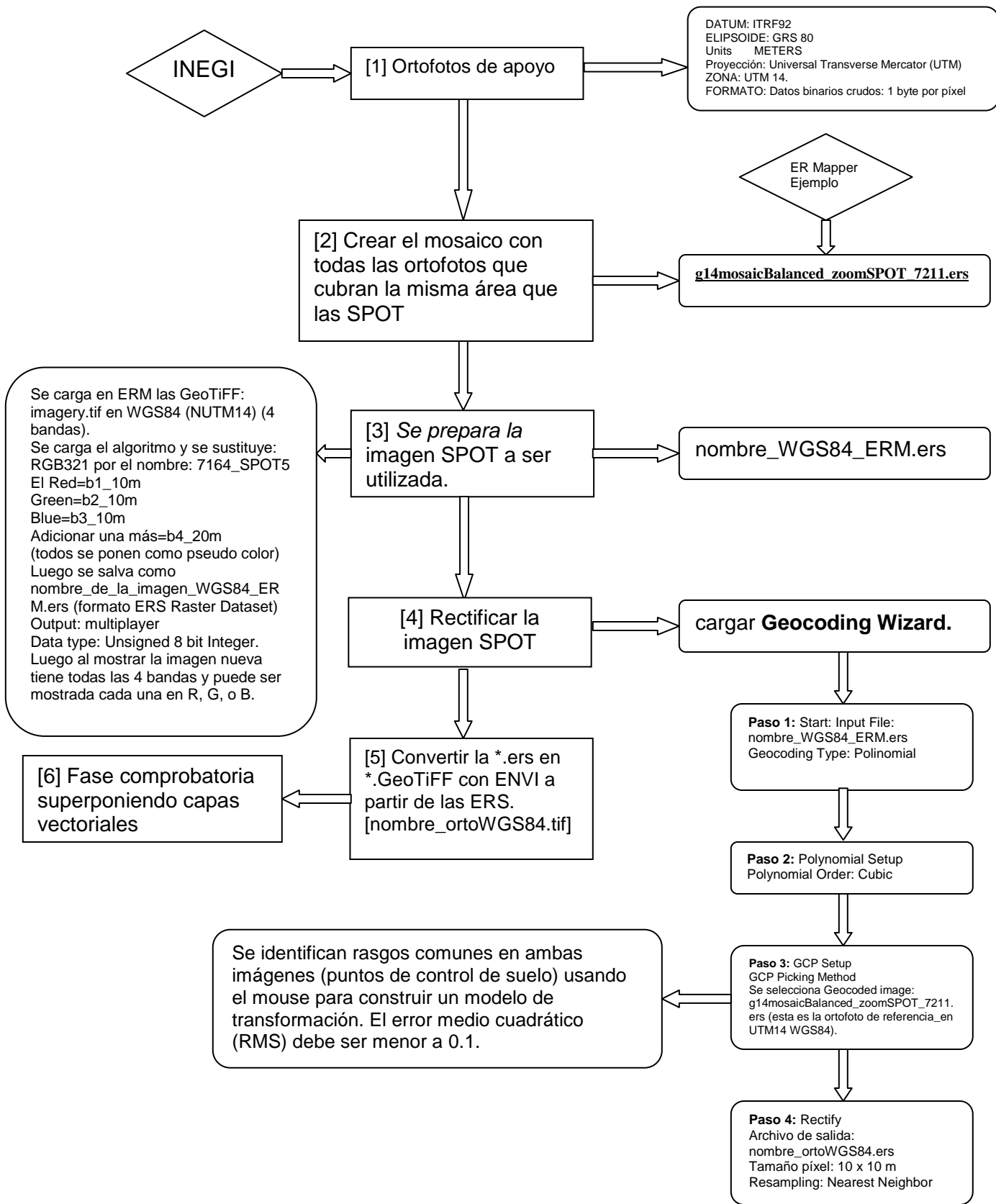
## **VI. Para rectificar y obtener un archivo GeoTIFF con un metadata.**

### **ENVI 4.2**

1. File  
Open imagen file  
Enter Data Filenames  
Directores  
Prsig\datapr\proyecto\cbm\clave de la imagen\ortos\clave imagen.rec.ers  
File..... clave de imagen \_rec.ers.....ok  
File .....Save File As  
TIFF/geoTIFF
2. output to TIFF/ geoTIFF Input Filename  
Select Input File  
Seleccionar Imagen\_rec.....ok
3. output File TIFF/geoTIFF  
con el icono choose se busca la dirección para la imagen  
que en este caso fue  
clave de la imagen\ scene01\clave de imagen\_ rec.,.....ok  
creando se así un archivo \_rec.tiff.....ok

---

## **Anexo 2. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL PROCEDIMIENTO**



### **Anexo 3. OTRAS CONSIDERACIONES CARTOGRÁFICAS**

En el sitio del INEGI:

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/traninv.cfm?c=492>

... se puede descargar el programa de transformación de coordenadas TRANINV en ITRF92 época 1988.0 a NAD27 y viceversa, con propósitos cartográficos, el cual se basa en un polinomio algebraico bidimensional de grado nueve para llevar los valores de un sistema geodésico de referencia al otro.

La determinación de los coeficientes del polinomio se hizo a partir de aproximadamente 300 vértices geodésicos, para los cuales se contó con coordenadas en ambos sistemas.

La solución tiene una precisión cuadrática (rms) cercana a los tres metros, lo que significa que un punto determinado en ITRF92 época 1988.0, transformado por medio de este programa a NAD27, al representarlo en la cartografía 1:50 000 publicada por el INEGI, tendrá un error menor a una décima de milímetro en su ubicación, lo que cartográficamente es satisfactorio.

Adicionalmente al programa de transformación, se cuenta con dos módulos. Uno para la captura de los datos en coordenadas geográficas o en la proyección UTM y el otro para la conversión de coordenadas geográficas a UTM y viceversa.

#### **NOTA SOBRE EL ITRF00:**

[http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/renalgeo/sistema\\_geodesico\\_referencia.asp?c=941](http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/renalgeo/sistema_geodesico_referencia.asp?c=941)

El director general adjunto de Geomática del INEGI, ingeniero Antonio Hernández Navarro a expuesto sobre la migración al ITRF00 y la normatividad asociada. El ITRF00 es un sistema de referencia cartesiano tridimensional, recomendado por la Asociación Internacional de Geodesia, producto del trabajo conjunto de científicos internacionales. Su aplicación brindará información de calidad, accesible y abierta al público usuario. La información de la Red Geodésica Nacional Activa, referida al ITRF92, época 1991, está disponible en la página del INEGI en internet con periodo de referencia de la información hasta de 90 días. El cambio del Sistema ITRF92, con el que actualmente se trabaja, al ITRF00, cuenta como marco de referencia con la información denominada 2003.0, la cual se difundirá en su oportunidad. Se estima que en noviembre de este año se culminará el proceso de transición de un sistema al otro. Por lo que respecta a la normatividad oficial asociada, también podrá ser consultada en la página del INEGI en internet.

#### **Sistema Geodésico Nacional**

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/rqna/Presentacion.cfm?c=597>

Las normas técnicas para levantamientos geodésicos y su reforma publicada en el D.O.F. el 27 de Abril de 1998 señalan:

**I.5** Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referido al marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 1992 con datos de la época 1988.0 y que se denomina ITRF92 Época 1988.0 que es el nuevo Sistema Geodésico de Referencia oficial para México.

I.6 Para los efectos del punto anterior, las Coordenadas Cartesianas ITRF92 Época 1988.0 se deben transformar a coordenadas geodésicas curvilíneas (latitud, longitud y altura elipsoidal) en el elipsoide del Sistema Geodésico de Referencia 1980 (GRS80) que es definido por los siguientes parámetros:

Semieje mayor	a	6 378 137 m
Velocidad angular	$\omega$	$7\,292\,115 \times 10^{-11}$ rad/seg
Constante gravitacional geocéntrica	GM	$3\,986\,005 \times 10^8$ m <sup>3</sup> /seg <sup>2</sup>
Factor dinámico de forma no normalizado	J <sub>2</sub>	$108\,263 \times 10^{-8}$

Las principales constantes geométricas y físicas derivadas son:

Semieje menor	b	6 356 752.314 1 m
Excentricidad lineal	E	521 854.009 7 m
Radio polar	c	6 399 593.625 9 m
Primera excentricidad al cuadrado	e <sup>2</sup>	0.006 694 380 022 90
Primera excentricidad	e	<b>0.0818191910428110</b>
Segunda excentricidad al cuadrado	e <sup>2</sup>	0.006 739 496 775 48
Achatamiento	f	0.003 352 810 681 18
Recíproco del achatamiento	f <sup>-1</sup>	298.257 222 101
Cuadrante meridiano	Q	10 001 965.729 3 m
Radio medio	R1	6 371 008.771 4 m
Radio de la esfera de la misma superficie	R2	6 371 007.181 0 m
Radio de la esfera del mismo volumen	R3	6 371 000.790 0 m

El marco normativo vigente para que los levantamientos geodésicos que realizan las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal sean considerados dentro del Sistema Nacional de Información y particularmente, en el Subsistema de Información Geodésica puede consultarse en la página:

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/ntq1988.PDF>

El cual también tiene el propósito general de servir como marco de referencia normativa para la evaluación de trabajos y levantamientos geodésicos existentes, así como para regular los que se efectúen dentro del Territorio Nacional y, particularmente, se ligen a la Red Geodésica Nacional Activa.

### Marco de Referencia ITRF92 Época 1988.0

Es un Sistema CT (Convencional Terrestre) definido dinámicamente, por lo que representa una herramienta natural para referir levantamientos por métodos satelitales. Es el Sistema de Referencia Terrestre adoptado oficialmente por el INEGI a partir de 1994. Dicho sistema fue definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (**IERS**) y está asociado al **elipsoide GRS80**.

Las características de este sistema aseguran un ajuste consistente con los movimientos y la forma terrestre. El centro de masas de la Tierra, incluyendo océanos y atmósfera, se toma como el origen del sistema de coordenadas tridimensional, así como el centro geométrico del elipsoide asociado. Los ejes X,Y,Z se definen en función del movimiento de rotación de la Tierra: El eje Z está dirigido hacia el polo convencional internacional, el eje X se orienta hacia



el meridiano de Greenwich y el eje Y forma un triedro con los otros dos ejes en sentido hacia la derecha; de manera que el plano X-Y coincide con el plano ecuatorial. Es posible obtener los detalles sobre la definición del ITRF92 época 1988.0 en la página del **IERS** (<http://www.iers.org/iers/products/itrf/itrf.html>).

### **La relación entre WGS84 y ITRF**

[http://itrf.ensg.ign.fr/trans\\_para.php](http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php)

En general el ITRS (y sus derivados ITRFyy) son idénticos al WGS84 a nivel de 1 metro.

WGS84 son coincidentes con el ITRF sobre los 10 cm. Uno puede considerar que las coordenadas ITRF son expresadas en WGS84 a 10 cm.