

Métodos Sencillos de transformación y ajuste de cartografía digital vectorial

Prof. Ing. Agrim. Roberto Pérez Rodino

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA UDELAR
FACULTAD DE INGENIERIA
Instituto de Agrimensura - Dpto. de Geodesia
J.Herrera y Reissig 565
Montevideo - Uruguay
++598 2 771 03 95
✉ rodino@fing.edu.uy

Conteúdo	1 Introducción 2 Transformación de Proyección Cartográfica y Datum 3 Mejoramiento de la Precisión de la Cartografía 4 Conclusiones 5 Planilhas 6 Parámetros de Transformación 7 Referencias Bibliográficas
-----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Resumo : Este trabajo busca encontrar métodos sencillos de transformar cartas vectoriales de una proyección cartográfica a otra, a distintos sistemas de referencias, y también realizar ajustes de esta, apoyados en relevamientos GPS. Esto se hace imprescindible debido a la aplicación masiva que están teniendo los GIS. Generalmente la cartografía digital es generada a partir de la vectorización de cartografía clásica existente, ésta no siempre cumple con la precisión declarada de acuerdo a su escala. También es muy común realizar relevamientos con GPS a efectos de testearla, y eventualmente ajustarla. Estas dos cosas no siempre tienen una solución trivial aceptable, y menos accesible al usuario común. En particular en Uruguay, se realizó la vectorización de cartografía clásica 1:50.000. Sobre esta cartografía vectorial se buscó solucionar la transformación entre el sistema Local Rou-Usams, y el Sistema de Referencia para América del Sur (SIRGAS); de la proyección Mercator Transversa local a la UTM, además se buscó ajustar la cartografía existente al relevamiento G.P.S. realizado. Se quería emplear herramientas sencillas, se usó un software recientemente salido al mercado "Pathfinder Office", que interrelaciona Datos GPS con archivos de GIS (Arcview y Mapinfo). Esta prueba piloto se aplicó en una lámina de nuestra cartografía nacional.

Palavras chave: Cartografía, proyección cartográfica, transformación.

1 Introducción

La aplicación cada vez más popular de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), implica el uso y generación de cartografía digital vectorial. Esta en general se está realizando a partir de cartografía convencional existente. Este tipo de captura que en general se realiza desde soporte de papel, y en el mejor de los casos, en otros soportes de base estable, hace que al usuario de la misma se le presenten distintos problemas debidos a la precisión, sistema de referencia, datum y proyección cartográfica.

Los problemas de la variación del soporte se minimizan en el referenciamiento matemático de la lámina a capturar. Para esto se aplican transformaciones a la imagen raster. Las referenciones realizadas en la captura de la carta 1: 50.000 de Uruguay, por parte del Proyecto SIGNAC, ejecutado por el Staff del Clearinghouse Nacional de Datos Geográficos (www.clearinghouse.gub.uy) dieron en todas las láminas (302 en total) desviaciones menores o iguales a 2 pixeles, siendo cada pixel de 5 m, por lo que se estaba dentro de las tolerancias exigidas 12 – 15 metros.

En general estas cartografías existentes no son homogéneas, ya que los procesos de generación cartográfica eran extremadamente largos y durante estos periodos cambiaban las técnicas de relevamiento, captura de datos etc. Con ello también cambiaba la precisión de la misma. Por ejemplo: en Uruguay coexisten dentro de la carta 1:50.000 láminas con relevamiento de campo de 1928, con láminas con relevamiento de campo de 1992. Por lo que obviamente estos fueron realizados con distintas técnicas e instrumental, obteniéndose resultados también muy diferentes en cuanto a precisión.

También es importante tener en cuenta la red geodésica que da apoyo a la cartografía. Ya que si bien no es importante para cada lámina aisladamente, si es importante para la correlación entre las mismas y fundamentalmente en láminas distantes entre sí. En este tema valen nuevamente las consideraciones anteriores en cuanto a los extremadamente largos periodos de medición, con lo cual se usan técnicas e instrumental diferentes, obteniendo resultados no homogéneos. La Red Geodésica Nacional de Uruguay, se empezó a medir en 1908 y se terminó en 1961, realizándose el ajuste en 1965, dando nacimiento al Datum ROU-USAMS. Luego conjuntamente con el Proyecto Sudamericano SIRGAS se midió una red GPS y se relacionó con la anterior(1).

Finalmente, el sistema de referencia y la proyección cartográfica generan al usuario algunos inconvenientes. Los usuarios deben compatibilizar datos propios que quieren ingresar a su GIS, que están relevados en sistemas de referencia distintos y/o proyecciones cartográficas distintas, deseando muchas veces cambiar el sistema de referencia y la proyección de la cartografía de base. Hoy día con el desarrollo del sistema de posicionamiento global (GPS), así como también su uso cada vez mas extendido en la actualización de GIS, hacen imprescindibles esas transformaciones para una eficiente gestión.

2 Transformación de Proyección Cartográfica y Datum

Estas transformaciones se deben estudiar en forma conjunta, ya que las dos cosas van ligadas entre sí. Las condiciones que tienen que cumplir las transformaciones que se realicen son las de mantener la base de datos asociada a cada entidad, conservar las relaciones geométricas de cada entidad, y respetar las relaciones de ligazón entre entidades, antes y después de la transformación.

Para cumplir las dos primeras premisas, tenemos que establecer una relación biunívoca entre la base de datos y la entidad en la transformación, la idea es tratar de importar el plano digital en un formato de GIS a un archivo de formato GPS, ya que los software de tratamiento de datos GPS tienen todas las herramientas matemáticas para el cambio de Datum y de Proyección Cartográfica. En nuestro caso nosotros teníamos la cartografía en formato ARC/INFO, lo transformamos en formato shapefile (Arcview).(ver figura 1)

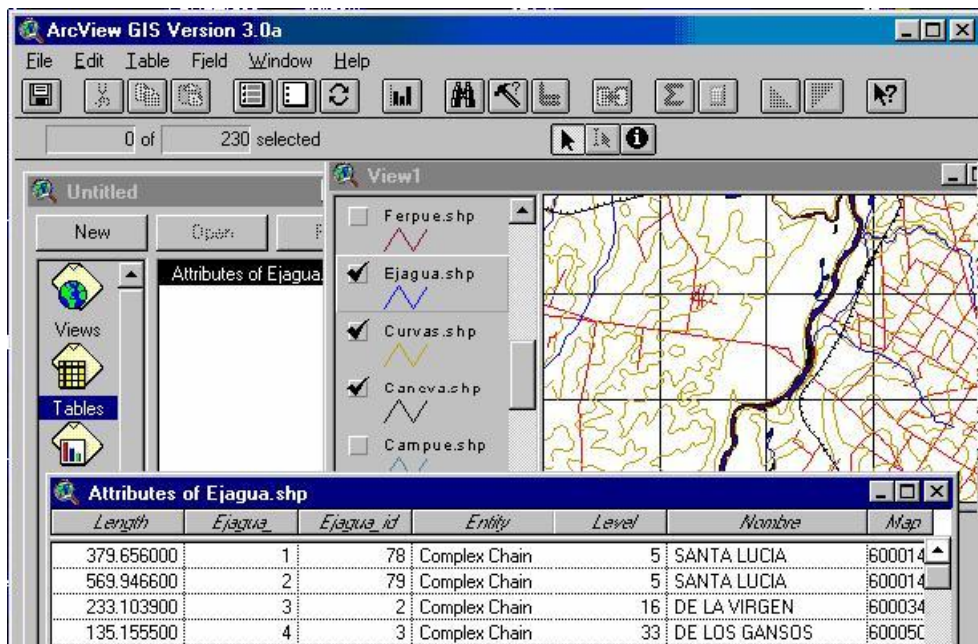


Figura 1

Elegimos para esta transformación la importación de estos archivos a formato ssf de Pathfinder Office v 2.51, ya que este respeta en la importación la base de datos de un shapefile (ver figura2), luego se realiza la transformación, y se exporta nuevamente a un shapefile. Cada nodo de cada entidad se importa como un punto de esa entidad por lo que hay una relación biunívoca entre nodos y puntos, eso asegura mantener las relaciones geométricas de cada entidad.

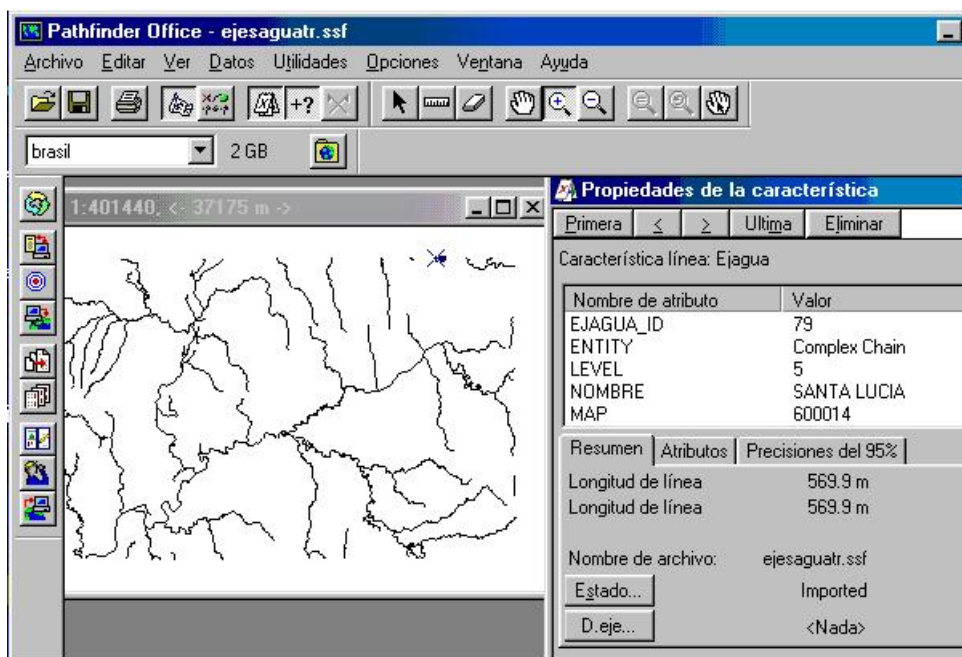


Figura 2

La tercera premisa, es decir el mantenimiento de relaciones entre entidades no siempre se cumplen, por ejemplo si tengo dos arcos que se cortan en un punto, y si en dicho punto intersección no existe un nodo perteneciente a ambos arcos, luego de la transformación el punto intersección no tiene por qué ser el correspondiente de la misma (ver figura 3). Aunque en la mayoría de los

casos la distancia entre el punto correspondiente y el creado sea mínima, muchas veces esto resulta inadmisibles pues no cumple con las relaciones entre entidades. Por ejemplo un puente, representado como entidad punto tiene que estar en la intersección de camino y eje de agua. Si en el camino y el eje de agua no existen nodos coincidentes con el puente, luego de la transformación el puente puede quedar fuera de la intersección del camino con el eje de agua, generándose así una inconsistencia. La solución a este tema no es trivial, si no se realizó previamente la captura de la cartografía teniendo el cuidado de dejar bien establecidos los nodos necesarios. Este es el verdadero talón de Aquiles del método descripto.

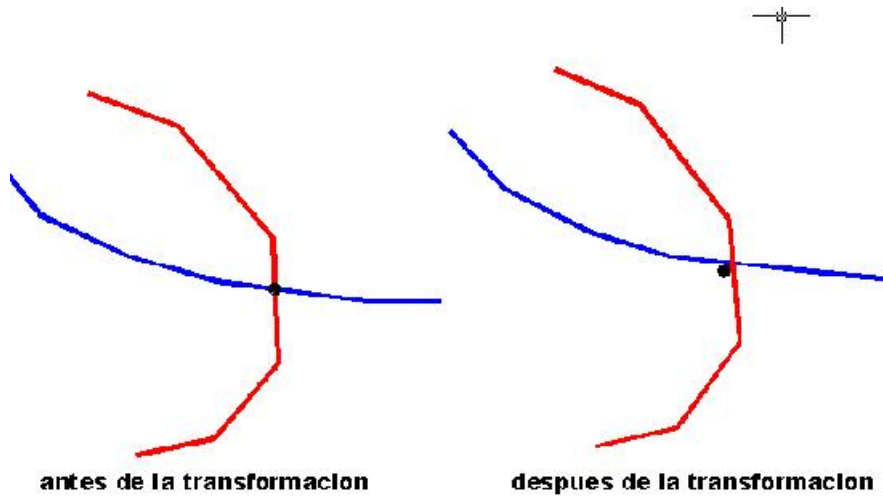


Figura 3

De cualquier forma este método es muy poderoso y robusto desde el punto de vista matemático, permitiéndome transformar entre diferentes datums y entre muy diferentes proyecciones cartográficas.

3 Mejoramiento de la Precisión de la Cartografía

La precisión de la cartografía digital esta ligada fundamentalmente a la precisión de la base cartográfica capturada. En general la precisión de una carta tradicional debería ser 0,25mm a la escala de la carta. El problema que surge es que en general no se tienen datos de control de calidad de la cartografía.(2) Por tanto la opción es realizar relevamiento de campo para de alguna forma evaluar la misma. Hoy en día esto es bastante más fácil y económico realizarlo con ayuda de receptores GPS.

Si entonces disponemos de un set de puntos GPS identificados en la carta, podemos intentar realizar primero un control de calidad de la misma (2) y segundo la mejora de la cartografía basándonos en estos datos. En nuestro caso en particular trabajamos con puntos GPS relevados con un equipo Pathfinder XRS, al que se le realizó corrección diferencial por código, teniendo los errores del orden de 1.50m para el 95 %.

Las láminas testeadas en este trabajo fueron 4 de la carta de Uruguay escala 1:50.000

Como hipótesis de trabajo podemos establecer:

1. Que los puntos GPS los podemos considerar sin error frente a los errores cartográficos.
2. Que los puntos geodésicos usados para el apoyo de cada carta no verifican satisfactoriamente con los parámetros de transformación generales entre el datum local Rou-Usams y el WGS 84. (Considerando que la red geodésica se midió a lo largo de varias décadas y las cadenas de triángulos del mismo orden no son de precisión homogénea).
3. Que cada carta tiene una precisión diferente en el apoyo de campo (en nuestro caso las cartas estudiadas los relevamientos se realizaron en mayo de 1928 la lamina K-27, en mayo de 1989 la N-23, en agosto de 1941 la N-26 y en noviembre de 1986 la O-22)
4. Que los errores por deformación de las láminas fueron acotados en el referenciamiento matemático de la imagen raster al forzarlo al canevas teórico; ya que las desviaciones eran menores a 3 pixeles. (La referenciación se realizo con el método polinomial-2 grado del Software Descartes (Microstation))

Lo primero que realizamos por cada lámina a estudiar, fue generar una planilla de datos GPS de los puntos tomados en el campo, estos fueron transformados al Datum local Rou-Usams (conocido como Yacaré) y la proyección Mercator Transversa usada en la cartografía digital. Luego se identificaron los puntos correspondientes a los relevados en el campo en la cartografía digital, y se extrajeron las coordenadas Este y Norte de estos. Luego estos datos fueron volcados en una planilla Excel y se halló la variable dE (coordenada Este GPS – coordenada Este carta digital), la variable dN (coordenada Norte GPS – coordenada Norte carta digital) y la variable módulo (módulo del vector punto GPS punto carta digital). Se hallaron: la media, la desviación estándar y los máximos y mínimos absolutos de cada variable. (Ver ítem planillas). Dados estos resultados y las hipótesis establecidas podemos inferir que hay errores sistemáticos. Quedan en evidencia las diferentes precisiones de cada lámina.

El siguiente paso es intentar eliminar estos sistematismos. Aquí supondremos que los sistematismos se deben a que el sistema de referencia al cual esta ligada cada lámina realmente y el sistema de referencia de la cartografía, en nuestro caso el Rou-Usams, no coincide. Podemos suponer esto considerando que los mismos son debidos a errores sistemáticos: en la triangulación, en el apoyo de

campo y en la orientación de los modelos fotogramétricos. Como estos errores se transmiten a las coordenadas en traslaciones, rotaciones y cambios de escalas, todo esto puede modelarse como que la carta está en otro sistema de referencia distinto que el usado. Por lo tanto pueden atenuarse encontrando parámetros de transformación adecuados entre un sistema y otro. Como la extensión de las láminas es relativamente pequeña podemos aplicar una transformación de Helmert en 2D es decir a las coordenadas Este y Norte. Para esto se usó el Programa de Leica-SKI. Obteniéndose para cada lámina un set de parámetros de transformación, (ver ítem parámetros de transformación).

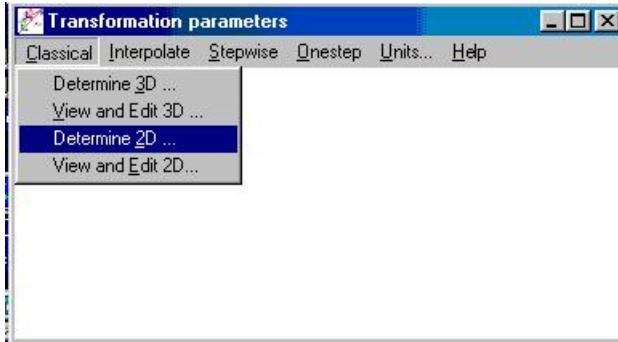


Figura 4

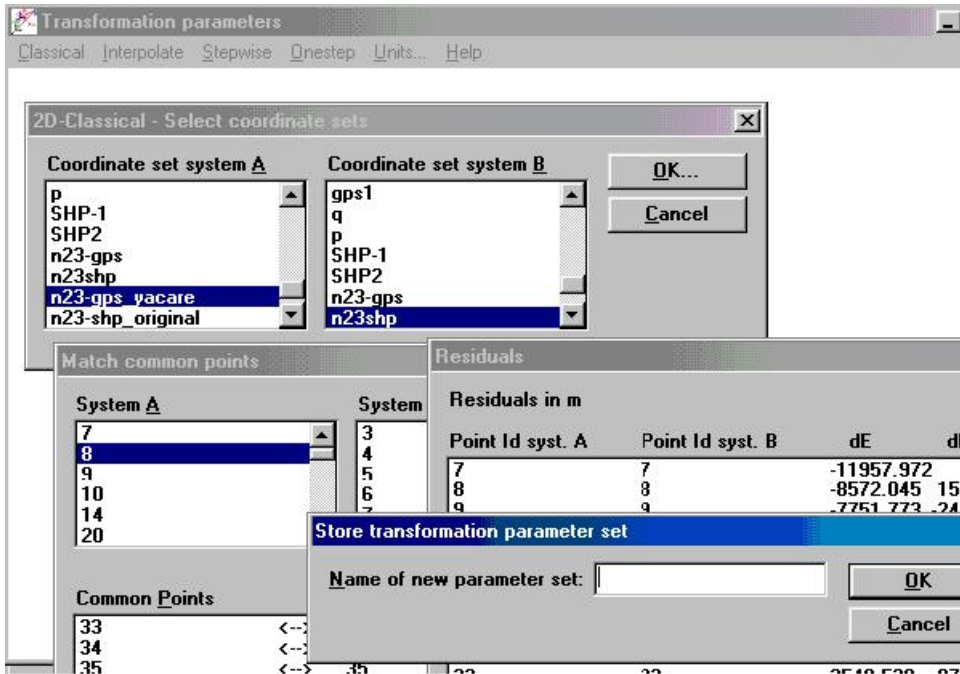


Figura 5

Con los parámetros hallados se realizó la transformación de todos los puntos de cada lámina y se adjuntaron en cada planilla Excel en columnas Este y Norte como "SHP transformada"(ver ítem planillas).

También aquí calculamos las variables dE_T y dN_T definidas como diferencias de coordenadas entre GPS y SHP transformadas, repitiendo el proceso de hallar la media, la desviación estándar y los máximos y mínimos absolutos de cada variable. (Ver planillas 1,2,3,4). Comparando estos resultados con los logrados con las coordenadas SHP sin transformar vemos que las coordenadas transformadas no presentan sistematismos. Mejorando en la lamina K-27 sensiblemente en sigma y las máximas desviaciones, mejorando en algo la lámina N-26 en sigma y las máximas desviaciones, y no siendo prácticamente importantes estas variaciones en las otras láminas.

Estos resultados confirman las hipótesis b) y c). Y además que las láminas luego de las transformaciones están en un único sistema de referencia realmente y las conexiones entre láminas son mejores.

4 Conclusiones

Los métodos descritos en el trabajo son:

- a) Transformación de datum y proyección cartográfica de cartografía digital
- b) Mejoramiento de la precisión de la cartografía

La transformación de datum y proyección cartográfica, realizada a través de formas simples y uso de software conocidos y comerciales, hace que sea posible y muy sencillo la realización por parte de los usuarios de GIS, de este tipo de transformaciones. La metodología descrita en este trabajo es muy segura, manteniéndose las bases de datos asociados a las entidades y la topología luego de las transformaciones. El único inconveniente puede ser la pérdida eventual de alguna relación entre entidades. También se resalta que desde el punto de vista de la exactitud, la transformación es matemáticamente consistente. Ya que es una transformación entre sistemas de coordenadas, y no una deformación que aproxime a un set de valores entre uno y otro sistema. Y como el software Phatfinder Office trabaja internamente con coordenadas cartesianas y desde allí hace la proyección cartográfica, también en el cambio de proyección el método es consistente.

En cuanto al método de mejoramiento de la precisión de la cartografía, podemos distinguir errores sistemáticos, y errores de captura.

Los primeros están fundamentalmente ligados a la red geodésica de apoyo, el apoyo de campo y a la orientación de los modelos fotogramétricos. Estos errores en su conjunto pueden minimizarse a través de una transformación Helmert. Ya que todos estos errores en definitiva equivalen, a suponer que los modelos quedaron referenciados en un sistema de referencia distinto y virtual no conocido.

Los errores de captura como no siguen ningún patrón, no son posibles mejorarlos con estos tipos de transformaciones. Para estos problemas se usan muchas veces sin gran éxito algoritmos que deforman la carta tratando de ajustarla. Pero queda claro que de una carta con captura realizada con una cierta precisión no es posible mejorarla a través de transformaciones, y si la precisión no es adecuada la única solución es hacer una nueva.

Finalmente en las cartas ensayadas en el trabajo surge que después de las transformaciones de Helmert ya las diferencias no tenían sistematismos. La precisión de las cartografía para p 95% son: para las laminas N23 y O-22 es del orden de los 45 m, para la lámina N-26 es del orden de los 60m y para la lámina K27 es del orden de los 75 m, obviamente ninguno de estos resultados se corresponde con la precisión relativa exigida para la escala en que fue realizada la carta original. Las diferencias de precisión entre ellas parecería estar vinculado al año de la confección de las mismas que son:

- K-27 apoyo de campo mayo de 1928 realizada en noviembre de 1985
- N-22 apoyo de campo mayo de 1989 realizada en agosto de 1991
- N-26 apoyo de campo agosto de 1941 realizada en octubre de 1986
- O-22 apoyo de campo noviembre de 1980 realizada en noviembre de 1993

5 Planilhas

Planilha 1 : Lámina K-27.

Pto.	GPS		SHP(original)		SHP(transf.)		GPS-SHP(orig.)		GPS-SHP(tr.)			
	E	N	E	N	E	N	dE	dN	mod.	dEt	dNt	mod.
1	442470	6189294	442498	6189261	442476	6189259	-28	33	43	-6	35	35
2	438977	6190071	438981	6190068	438970	6190070	-4	3	5	7	1	7
3	434665	6192392	434640	6192371	434645	6192375	25	21	33	20	17	26
4	436294	6191479	436222	6191463	436221	6191467	72	16	74	73	12	74
5	439482	6191722	439479	6191659	439469	6191656	3	63	63	13	66	67
6	440085	6194782	440090	6194779	440084	6194766	-5	3	6	1	16	16
7	442069	6192025	442108	6192007	442092	6191998	-39	18	43	-23	27	35
8	435741	6184867	435742	6184914	435730	6184936	-1	-47	47	11	-69	70
9	435793	6181566	435810	6181538	435792	6181569	-17	28	33	1	-3	3
10	435414	6179126	435408	6179108	435386	6179147	6	18	19	28	-21	34
11	436177	6187373	436156	6187369	436147	6187384	21	4	21	30	-11	31
12	440415	6178916	440414	6178954	440378	6178984	1	-38	38	37	-68	77
13	441374	6181735	441380	6181720	441347	6181740	-6	15	16	27	-5	28
14	440576	6186462	440573	6186437	440551	6186446	3	25	25	25	16	30
15	446348	6189269	446401	6189226	446368	6189217	-53	43	68	-20	52	56
16	449602	6193646	449629	6193662	449595	6193635	-27	-16	31	7	11	13
17	455523	6194460	455596	6194502	455548	6194462	-73	-42	84	-25	-2	25
18	458264	6195369	458362	6195394	458308	6195346	-98	-25	101	-44	23	50
19	464671	6193841	464758	6193869	464684	6193814	-87	-28	91	-13	27	30
20	458718	6191954	458810	6192010	458749	6191971	-92	-56	108	-31	-17	35
21	466205	6189625	466262	6189641	466176	6189594	-57	-16	59	29	31	42
22	455417	6191153	455466	6191195	455412	6191164	-49	-42	65	5	-11	12
23	451291	6189096	451349	6189099	451302	6189081	-58	-3	58	-11	15	19
24	447053	6185460	447107	6185450	447065	6185450	-54	10	55	-12	10	16

25	447253	6182070	447301	6182054	447252	6182063	-48	16	51	1	7	7
26	450468	6179202	450581	6179224	450518	6179234	-113	-22	115	-50	-32	60
27	450193	6184680	450266	6184670	450214	6184666	-73	10	74	-21	14	25
28	454715	6180730	454831	6180750	454760	6180748	-116	-20	118	-45	-18	48
29	454803	6184283	454907	6184317	454842	6184306	-104	-34	109	-39	-23	45
30	463768	6185555	463846	6185586	463759	6185555	-78	-31	84	9	0	9
31	464712	6181115	464808	6181174	464710	6181153	-96	-59	113	2	-38	38
32	458412	6179560	458547	6179621	458464	6179616	-135	-61	148	-52	-56	76
33	464888	6178079	464924	6178098	464820	6178085	-36	-19	41	68	-6	68
						promedio	-43	-7	62	0	0	37
						sigma	48	31	36	31	30	22
						max.abs	135	63	148	73	69	77
						min.abs	1	3	5	1	0	3

Planilha 2 : Lámina N-23 .

Pto.	GPS		SHP(original)		SHP(transf.)		GPS-SHP(orig.)		GPS-SHP(tr.)			
	E	N	E	N	E	N	dE	dN	mod.	dEt	dNt	mod.
7	342908	6255470	342920	6255461	342907	6255456	-12	9	15	1	14	14
8	342105	6258365	342117	6258366	342105	6258361	-12	-1	12	-1	4	4
9	343009	6260401	343026	6260402	343015	6260396	-17	-1	17	-6	5	8
10	344238	6260449	344251	6260445	344240	6260439	-13	3	14	-2	10	11
14	340135	6259883	340145	6259878	340134	6259874	-10	4	11	1	9	9
20	365422	6258564	365443	6258679	365428	6258661	-21	-115	116	-7	-97	97
29	345037	6260854	345027	6260892	345016	6260885	10	-38	40	21	-31	38
30	352581	6265942	352588	6265942	352579	6265930	-7	0	7	2	12	12
31	353012	6270451	353013	6270457	353006	6270444	0	-6	6	6	7	9
32	354844	6274584	354836	6274591	354831	6274577	7	-7	10	12	7	14
33	356496	6273120	356513	6273139	356507	6273124	-18	-19	26	-12	-4	12
34	358281	6273963	358318	6273967	358313	6273951	-37	-4	38	-32	12	34
35	362742	6274154	362743	6274175	362737	6274156	-1	-22	22	5	-3	5
40	364404	6268340	364405	6268348	364396	6268329	-2	-8	8	8	11	14
41	360544	6264780	360565	6264764	360554	6264748	-21	15	26	-11	32	34
42	360012	6260109	360033	6260105	360020	6260090	-22	4	22	-8	19	21
45	365223	6268344	365242	6268343	365233	6268324	-19	1	19	-9	20	22
47	355784	6263777	355781	6263779	355770	6263766	2	-2	3	13	11	18
48	337193	6269966	337211	6269977	337206	6269973	-18	-11	21	-13	-7	15
49	336533	6268920	336548	6268929	336543	6268926	-15	-9	17	-10	-5	11
50	335680	6267437	335650	6267411	335644	6267408	30	26	40	36	29	46
51	358778	6268963	358743	6268992	358735	6268976	36	-29	46	43	-13	45
56	333308	6261552	333332	6261537	333323	6261536	-24	15	29	-16	16	22
58	340951	6270043	340934	6270052	340929	6270046	17	-9	19	22	-3	22
59	340343	6270668	340358	6270684	340353	6270678	-15	-16	21	-10	-10	14
180	336436	6272595	336442	6272609	336439	6272605	-6	-14	15	-3	-10	11
183	340901	6269858	340889	6269878	340884	6269872	13	-20	24	17	-14	22
184	342241	6266625	342246	6266642	342239	6266636	-5	-17	18	2	-11	11
186	343111	6260584	343119	6260587	343108	6260581	-7	-3	8	3	2	4
187	346628	6257000	346623	6257009	346610	6257002	5	-9	10	18	-2	18
211	338537	6273246	338541	6273252	338538	6273247	-4	-6	7	-1	0	1
212	341079	6271177	341074	6271195	341070	6271189	5	-18	19	10	-12	16
228	356498	6273112	356513	6273139	356507	6273124	-15	-27	31	-9	-12	15
229	358281	6273966	358318	6273967	358313	6273951	-37	-1	37	-32	15	35
230	354847	6274591	354836	6274591	354831	6274577	10	-1	10	15	14	21
233	347552	6269366	347568	6269376	347562	6269366	-16	-11	19	-10	-1	10
234	343535	6266798	343589	6266820	343582	6266813	-54	-22	59	-47	-15	50

						promedio	-8	-10	23	0	0	21
						sigma	18	22	20	18	21	18
						max. Abs	54	115	116	47	97	97
						min.abs	0	0	3	1	0	1

Planilha 3 : Lámina N-26 .

Pto.	GPS		SHP(original)		SHP(transf.)		GPS-SHP(orig.)		GPS-SHP(tr.)		mod.	dEt	dNt	mod.
	E	N	E	N	E	N	dE	dN	dE	dN				
2	356125	6209055	356070	6209000	356105	6209059	54	55	77	19	-4	20		
3	356988	6196727	356935	6196644	356971	6196692	53	83	98	17	34	38		
7	354173	6210295	354112	6210230	354146	6210290	62	66	90	28	5	28		
8	336185	6210368	336210	6210332	336229	6210392	-25	36	44	-43	-24	50		
10	342437	6208248	342430	6208202	342454	6208260	8	45	46	-16	-13	21		
12	364067	6198328	364025	6198284	364067	6198334	43	44	61	0	-5	5		
17	359300	6205869	359269	6205821	359307	6205877	31	47	57	-7	-8	11		
18	350601	6209291	350555	6209218	350586	6209277	46	73	86	15	14	20		
19	336719	6201310	336742	6201263	336761	6201316	-23	47	52	-42	-6	42		
20	350903	6206761	350830	6206705	350861	6206762	73	56	92	42	-1	42		
21	336732	6199632	336756	6199594	336775	6199645	-24	38	45	-43	-13	45		
24	337769	6196078	337772	6196034	337792	6196082	-2	44	44	-22	-5	23		
28	361868	6196677	361820	6196594	361860	6196642	48	82	95	8	35	36		
30	354824	6204863	354789	6204784	354823	6204839	35	79	87	1	24	24		
32	353728	6203815	353690	6203741	353723	6203795	37	74	83	5	20	20		
36	345257	6208353	345234	6208324	345260	6208383	23	29	36	-4	-29	30		
39	362469	6199657	362448	6199615	362489	6199666	21	42	47	-20	-9	22		
44	365187	6202887	365140	6202845	365183	6202898	47	43	63	4	-11	12		
50	366862	6204888	366840	6204877	366884	6204932	22	11	25	-22	-44	49		
51	365369	6205807	365333	6205804	365376	6205860	36	3	36	-7	-52	53		
54	363848	6203994	363786	6203989	363828	6204043	62	5	62	20	-49	53		
55	348517	6195561	348441	6195489	348470	6195537	76	73	105	47	25	53		
56	348500	6196578	348425	6196518	348454	6196566	74	60	96	46	12	47		
57	358433	6213143	358376	6213086	358413	6213148	57	57	81	20	-5	20		
58	362140	6210511	362078	6210488	362119	6210548	62	23	66	22	-37	43		
60	365705	6207223	365656	6207237	365700	6207294	50	14	52	6	-71	71		
66	364499	6202066	364458	6202011	364500	6202064	40	55	68	-2	3	3		
69	346384	6195526	346341	6195477	346368	6195525	42	49	64	16	1	16		
71	352742	6196658	352688	6196576	352720	6196624	54	82	98	22	34	40		
72	352724	6197672	352674	6197585	352706	6197634	50	86	100	18	38	42		
73	366809	6201516	366780	6201436	366824	6201488	29	80	85	-15	28	32		
74	364375	6212552	364349	6212503	364392	6212565	26	48	55	-17	-13	21		
75	337214	6196094	337194	6196047	337213	6196095	20	47	51	1	-1	1		
76	336063	6195645	336040	6195606	336058	6195654	23	39	45	5	-9	10		
80	366101	6200723	366078	6200677	366122	6200728	22	45	50	-21	-6	22		
83	336905	6197271	336940	6197196	336959	6197245	-35	74	82	-54	26	60		
85	334916	6205452	334915	6205415	334932	6205471	1	37	37	-16	-19	25		
87	358460	6213548	358404	6213493	358442	6213556	56	54	78	18	-8	20		
88	347947	6203185	347892	6203109	347920	6203163	55	75	93	26	22	34		
90	350609	6196621	350550	6196538	350580	6196586	59	83	102	29	35	45		
95	364555	6215307	364511	6215276	364554	6215340	44	31	53	1	-33	33		
100	339399	6213663	339415	6213612	339436	6213675	-15	50	53	-37	-12	39		
102	338176	6211414	338164	6211385	338184	6211446	12	29	31	-8	-33	34		
106	345037	6213038	345018	6212994	345044	6213056	18	43	47	-7	-19	20		
111	347830	6213417	347792	6213367	347821	6213430	38	49	62	9	-13	16		
112	359094	6199142	359044	6199048	359082	6199098	51	94	107	13	44	46		
116	359723	6197385	359664	6197337	359702	6197386	59	48	76	21	0	21		
128	359099	6198812	359048	6198723	359086	6198773	50	90	103	13	39	41		
129	344463	6206334	344473	6206262	344499	6206319	-9	72	73	-35	15	38		
134	351954	6203524	351932	6203456	351964	6203510	21	68	72	-10	14	17		
135	351238	6204249	351209	6204163	351240	6204218	29	85	90	-2	31	31		
137	342437	6207260	342422	6207217	342446	6207275	14	43	45	-9	-15	17		

142	349809	6205697	349729	6205673	349759	6205729	81	24	84	50	-32	60
143	340885	6204147	340890	6204082	340912	6204137	-5	65	65	-28	10	30
146	357584	6203963	357566	6203972	357603	6204027	18	-10	21	-19	-64	67
148	347660	6207869	347635	6207822	347663	6207880	25	46	52	-3	-12	12
151	340462	6203973	340470	6203911	340492	6203966	-7	61	61	-30	7	30
152	338903	6206079	338907	6206021	338928	6206078	-4	58	58	-24	2	24
155	365338	6196729	365305	6196676	365348	6196724	33	53	63	-10	5	11
157	366801	6196587	366777	6196532	366821	6196580	23	55	60	-20	7	21
159	335497	6205469	335494	6205418	335512	6205474	4	50	50	-14	-5	15
160	367239	6197745	367210	6197714	367255	6197763	29	31	43	-15	-17	23
161	358963	6206582	358910	6206530	358948	6206587	53	52	74	15	-5	16
162	335092	6205193	335087	6205162	335105	6205218	6	31	31	-12	-25	28
165	350203	6207494	350132	6207448	350162	6207506	70	45	84	41	-12	42
166	360912	6200966	360865	6200936	360904	6200988	47	30	56	8	-22	23
167	363852	6196444	363819	6196382	363861	6196430	33	62	70	-9	14	17
170	348474	6197592	348411	6197517	348440	6197566	63	75	98	35	26	43
171	336728	6200309	336751	6200271	336770	6200323	-23	38	44	-42	-14	44
178	348449	6199065	348393	6199014	348422	6199065	56	50	75	27	0	27
180	356408	6204156	356362	6204090	356398	6204145	47	66	81	11	11	16
182	350558	6199646	350520	6199562	350550	6199613	37	84	92	7	33	34
184	354878	6195678	354847	6195593	354881	6195640	32	84	90	-3	37	38
189	355985	6202990	355943	6202913	355978	6202967	42	77	87	7	23	24
196	356932	6199703	356886	6199644	356922	6199695	45	59	74	10	8	13
198	338151	6200897	338164	6200850	338184	6200902	-13	47	49	-33	-5	33
205	352875	6200630	352833	6200549	352865	6200601	42	81	91	9	29	31
211	352709	6198475	352664	6198403	352696	6198453	44	72	85	12	22	25
212	354463	6201833	354435	6201763	354469	6201816	28	70	75	-5	17	18
214	349781	6197602	349781	6197542	349811	6197591	0	60	60	-30	11	32
215	348486	6197158	348418	6197090	348447	6197139	68	68	96	40	19	44
226	344602	6201671	344573	6201612	344598	6201665	29	59	66	4	6	7
228	345021	6198128	345003	6198084	345029	6198134	18	43	47	-8	-6	10
						promedio	32	54	68	0	0	30
						sigma	27	22	21	23	24	15
						max.abs	81	94	107	54	71	71
						min.abs	0	3	21	0	0	1

Planilha 4 : Lámina O-22.

Pto.	GPS		SHP(original)		SHP(transf.)		GPS-SHP(orig.)		GPS-SHP(tr.)		mod.	dEt	dNt	mod.
	E	N	E	N	E	N	dE	dN	dE	dN				
40	302605	6278679	302593	6278680	302597	6278697	11	-2	12	8	-18	19		
41	308240	6279254	308231	6279222	308238	6279235	9	32	33	2	18	19		
42	308156	6281003	308134	6280995	308142	6281009	22	8	23	14	-6	15		
43	310427	6282302	310405	6282299	310415	6282313	21	2	22	12	-11	16		
56	303827	6290970	303819	6290958	303831	6290980	8	12	15	-4	-9	10		
57	304219	6290975	304211	6290959	304223	6290981	8	16	18	-4	-6	7		
58	308128	6290935	308123	6290910	308137	6290929	5	24	25	-9	6	11		
59	312703	6291078	312669	6291075	312685	6291092	35	3	35	18	-13	23		
125	314565	6291959	314536	6291952	314553	6291968	28	6	29	11	-9	15		
162	332356	6275497	332354	6275498	332370	6275496	2	-1	2	-14	1	14		
166	332605	6281991	332592	6281985	332612	6281985	13	6	14	-7	6	9		
167	323987	6291357	323974	6291351	323996	6291361	13	6	14	-9	-4	10		
168	316574	6292890	316545	6292864	316564	6292879	30	25	39	10	11	15		
169	313702	6290503	313637	6290517	313653	6290533	65	-15	67	49	-30	57		
171	324629	6281050	324580	6281054	324596	6281059	49	-5	49	34	-9	35		
172	328233	6278437	328225	6278433	328241	6278434	9	4	10	-8	3	8		
173	328960	6279448	328940	6279426	328957	6279427	20	21	29	3	20	21		
174	330752	6287037	330719	6287030	330741	6287034	33	7	34	11	3	11		
177	323004	6282360	322985	6282347	323001	6282353	19	12	22	3	6	7		
178	327561	6278918	327554	6278908	327570	6278910	7	10	12	-9	8	12		

179	328012	6278596	327999	6278591	328015	6278593	13	4	14	-3	3	4
191	312655	6291123	312669	6291075	312685	6291092	-14	48	50	-30	31	43
192	311213	6292131	311208	6292105	311224	6292123	5	26	26	-11	8	14
203	332562	6278511	332548	6278573	332566	6278572	15	-62	64	-4	-61	61
205	331129	6280330	331121	6280319	331140	6280320	8	11	14	-10	11	15
236	312647	6291124	312669	6291075	312685	6291092	-22	49	54	-38	32	50
237	311210	6292130	311208	6292105	311224	6292123	2	25	25	-14	7	16
						promedio	15	10	28	0	0	20
						sigma	17	21	17	18	18	15
						max.abs	65	62	67	49	61	61
						min.abs	2	1	2	3	1	4

6 Parámetros de Transformación

Classical 2D Transformation Logfile

Coordinate set system A: k27-shp_original
 Ellipsoid system A: International (Hayford)
 Projection set system A: GAUSS-ROU
 Coordinate set system B: k27-gps_yacare
 Ellipsoid system B: International (Hayford)
 Projection set system B: GAUSS-ROU

2D Helmert Transformation:

Number of common points: 33

Rotation origin:
 X0: 48583.394 m
 Y0: 6187005.758 m

Transformation parameters:

No Parameter Value R.m.s. Dim.

1 Shift dX -42.909 5.4026 m
 2 Shift dY -7.061 5.4026 m
 3 Rotation about Z 379.559 97.9456 ["]
 4 Scale -2706.659 473.5682 [ppm]

Sigma a priori : 1.0000
 Sigma a posteriori : 31.0358

Classical 2D Transformation Logfile

Coordinate set system A: n23-shp_original
 Ellipsoid system A: International (Hayford)
 Projection set system A: gauss
 Coordinate set system B: n23-gps_yacare
 Ellipsoid system B: International (Hayford)
 Projection set system B: gauss

2D Helmert Transformation:

Number of common points: 37

Rotation origin :
 X0: 348635.135 m
 Y0: 6266983.243 m

Transformation parameters:

No Parameter Value R.m.s. Dim.

1 Shift dX -7.865 3.2314 m
 2 Shift dY -9.811 3.2314 m
 3 Rotation about Z 113.903 60.2756 ["]
 4 Scale -142.713 292.1825 [ppm]

Sigma a priori : 1.0000
 Sigma a posteriori :19.6556

Classical 2D Transformation Logfile

Coordinate set system A: n26-shp_original
Ellipsoid system A: International (Hayford)
Projection set system A: GAUSS-ROU
Coordinate set system B: n26-gps_yaca
Ellipsoid system B: International (Hayford)
Projection set system B: GAUSS-ROU

2D Helmert Transformation:

Number of common points: 83

Rotation origin:
X0: 351741.410 m
Y0: 6202891.602 m

Transformation parameters:
No Parameter Value R.m.s. Dim.

1 Shift dX 31.590 2.6066 m
2 Shift dY 53.735 2.6066 m
3 Rotation about Z 5.169 48.3812 ["]
4 Scale 848.642 234.7576 [ppm]

Sigma a priori : 1.0000
Sigma a posteriori : 23.7474

Classical 2D Transformation Logfile

Coordinate set system A: o22-shp_original
Ellipsoid system A: International (Hayford)
Projection set system A: GAUSS-ROU
Coordinate set system B: o22-gps_yacare
Ellipsoid system B: International (Hayford)
Projection set system B: GAUSS-ROU

2D Helmert Transformation:

Number of common points: 27

Rotation origin :
X0: 318305.481 m
Y0: 6285196.519 m

Transformation parameters:
No Parameter Value R.m.s. Dim.

1 Shift dX 15.296 3.5341 m
2 Shift dY 10.444 3.5341 m
3 Rotation about Z 121.349 63.0599 ["]
4 Scale 481.786 305.8704 [ppm]

Sigma a priori : 1.0000
Sigma a posteriori : 18.3638

7 Referencias Bibliográficas

- (1) **Subiza, W.; Pérez Rodino R.; Barbato, F.; Alves Costa S.:** *The redefinition of the geodetic reference system of Uruguay*, IAG International Association of Geodesy Symposia Volumen 118 pagina 217
- (2) **BARBATO.F :** *Determinacion de parametros de precision de cartografía*, Revista Agrimensura Nro 40 Uruguay 2000