

EVALUACIÓN DE LAS PRECISIONES EN EL POSICIONAMIENTO GPS

GUSTAVO NOGUERA

Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario
noguera@fceia.unr.edu.ar

1. Introducción

En este trabajo se consideran los resultados de algunas alternativas del posicionamiento GPS diferencial, en función de la distancia base-remoto (DBR) y el tipo de receptor remoto (TRR).

Si bien las precisiones del posicionamiento GPS han sido estudiadas por numerosos autores, aquí se tratan especialmente las relacionadas con las aplicaciones topográficas.

Se trabaja con archivos de mediciones efectuadas por el Grupo de Geodesia Satelital Rosario, integrado por Eduardo Huerta, Aldo Mangiaterra, Beatriz Jimenez y el autor.

Estos archivos provienen de las campañas realizadas con motivo de: la Vinculación del Puente Rosario-Victoria a la Red POSGAR, la experiencia de Puesta en marcha piloto de una Estación Permanente GPS en la Ciudad de Rosario, la Georreferenciación del predio de la Facultad de Ciencias Agrarias, en la localidad de Zavalla y la vinculación a puntos de la Red Geodésica Provincial.

2. Metodología

2.1. Posicionamiento con post-proceso:

Los resultados para la evaluación se obtienen a partir del post-proceso de los datos de observación, utilizando para este fin dos versiones de software: GPPS de Ashtech y GPSurvey de Trimble.

La evaluación se realiza comparando las coordenadas obtenidas en el post-procesamiento con las tomadas como "verdaderas", que provienen o bien de un ajuste de red de las figuras analizadas o bien del procesamiento de L1C (corregida de ionósfera), en el caso de los vectores largos aislados.

Para visualizar los resultados se apela a dos formas de presentación, una es mediante planillas, en el Anexo 1 y la otra mediante gráficos, en el Anexo 2.

En las planillas se comparan, en sus tres componentes, las coordenadas obtenidas vs. las "verdaderas", separando en latitud, longitud y altura, expresando las diferencias en metros. En algunos casos también se comparó la distancia (módulo del vector) obtenida vs. la "verdadera", buscando la aparición de alguna tendencia sistemática.

La otra forma de visualizar los resultados que se utiliza en algunos casos, es mediante gráficos de las coordenadas planas X,Y de Gauss Kruger, de las posiciones instantáneas, superponiéndole una grilla de 2m x 2m, para visualizar la dispersión horizontal de las posiciones aisladas.

En las pruebas de 42km, 65km, 109km y 151km los datos corresponden a sesiones de observación de aprox. 1 hora de duración por cada punto ocupado.

En el caso de la prueba de 25km, la sesión es de 1 hora 30 min.

En las pruebas de 57km, 87km y 154km los datos son de dos sesiones de 4 horas de duración cada una por cada punto.

2.1.1. Evaluación del código C/A:

Se comparan resultados de coordenadas obtenidas a 42, 65, 109 y 151 km de la estación base, utilizando receptores Trimble 4000 SE y 4000 SSE.

Las diferencias obtenidas están entre los 0.09 y 1.05m en horizontal y hasta 1.47 en altura.

Resultados en: Anexo 1, Planilla 1 y Anexo 2, Gráficos 1 y 2.

2.1.2. Evaluación del código C/A fino:

En este caso contamos con muy poco material a la fecha y sólo podemos evaluar a 25 km de la estación base. Receptores Trimble 4600 y Ashtech Locus.

Las diferencias son de 0.16m en latitud, 0.07m en longitud y 0.59m en altura.

Resultados en: Anexo 1, Planilla 2 y Anexo 2, Gráfico 3.

2.1.3. Evaluación del código P:

Se realizan comprobaciones a distancias entre 42 y 154 km de la estación base, utilizando receptores Trimble 4000 SSE.

Las diferencias varían entre 0.01 y 0.89m en horizontal y hasta 1.25m en altura.

Resultados en: Anexo 1, Planillas 3 y 4 y Anexo 2, Gráficos 4 y 5.

2.1.4. Evaluación de la fase L1:

En este caso se aplicaron varias estrategias de procesamiento, ya que lo posibilitaron los datos disponibles.

2.1.4.1. Procesamiento estático convencional:

a- Con datos de receptores Trimble 4000 SSE estacionados durante 1h aprox. sobre puntos a 42, 65, 109 y 151 km de la estación base, comparando los resultados con los valores obtenidos del procesamiento de L1C (corregida de ionósfera).

Las diferencias van desde los 2-4 cm en las tres coordenadas en la distancia más corta, hasta los 24cm en horizontal y 34cm en altura para las distancias más largas.

Resultados en: Anexo 1, Planilla 5.

b- Con datos de receptores Trimble 4000 SSE, provenientes de dos sesiones de 4 hs. cada una, estacionados sobre puntos a 57, 87 y 154 km, formando una figura cerrada, comparando el valor obtenido usando las 4 hs. enteras y particionando en intervalos de 1h., con el valor «verdadero» producto del ajuste.

Las diferencias encontradas son de 0.02 a 0.79m en las tres coordenadas para los 57km, de 0.05 a 1.26m en las tres coordenadas para los 87km y entre 0.01 a 1.85m en las tres coordenadas para los 154 km.

Resultados en: Anexo 1, Planillas 6, 7 y 8.

2.1.4.2. Procesamiento continuo:

Con los mismos archivos del caso anterior, se efectuó el procesamiento como si se tratara de un relevamiento en «movimiento», aunque el receptor estuvo las 4 hs. quieto sobre el mismo punto; la «trayectoria» (dispersión obtenida) se muestra en el Anexo 2, Gráficos 6, 7 y 8.

En estos gráficos, que surgen de la limitada experiencia, puede apreciarse la tendencia mostrada por todo el grupo de posiciones, que representa a la «trayectoria estática», a alejarse del «valor verdadero», con un alejamiento que crece (hasta 3-4m) a partir del incremento de la distancia base-remoto, pero manteniendose todas las posiciones en el orden de 1m dentro del grupo y podría interpretarse como una tendencia sistemática.

2.2. Posicionamiento en tiempo real:

Con la puesta en funcionamiento experimental de la Estación Permanente GPS en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, (ver: Huerta, E. y otros, Informe del Proyecto PID 19/1077, Estación Permanente GPS...), fue posible evaluar las alternativas de posicionamiento en tiempo real con código y con fase en sus dos variantes, estático y móvil.

Los resultados se obtienen posicionando la antena del equipo remoto en tiempo real sobre puntos de coordenadas previamente conocidas, por ajuste de red ó post-procesamiento estático, ubicados a una distancia de entre 15 y 20 km de la estación base, y comparando las coordenadas obtenidas con los valores «verdaderos».

En el caso del posicionamiento con código los resultados fueron siempre menores de 1m en horizontal y 2m en altura y en el caso de posicionamiento con fase, de orden centimétrico en las tres coordenadas. Tanto en estático como en móvil.

3. CONCLUSIONES

Los casos analizados muestran que las precisiones logradas son compatibles con las enunciadas por diferentes autores para el posicionamiento GPS, en la bibliografía citada.

Salvo en la evaluación del código fino, para el que en esta experiencia contábamos con muy poco material para analizar, no se cumple con lo expuesto en la bibliografía (ver: Oiu, W. y otros. Ionospheric effect modelling for single frequen-

cy...), asemejándolo al código P, en las precisiones del posicionamiento, lo que exige continuar con su análisis.

Desde el punto de vista de los requerimientos de precisión mas usuales en topografía, que van desde los pocos centímetros (generalmente en distancias cortas), siguiendo con un orden de 1-2 m en horizontal, según el tipo de levantamiento; pueden plantearse las siguientes alternativas, que combinan el tipo de receptor, método de medición y distancia, para lograr posicionamiento en el orden de:

2 a 4cm : fase L1 estático, hasta 30 km.

5 a 15 cm: fase L1 stop y go, hasta 25 km.

1m: fase L1 estático o continuo, hasta 50km y código P (o código C/A fino) estático o continuo, para distancias mayores.

El perfeccionamiento en el uso de GPS como herramienta de posicionamiento en el futuro, relacionado con las aplicaciones topográficas y en función de las alternativas de equipamiento que tienen mayor auge en el ámbito regional, está en el desarrollo de estrategias que posibiliten el uso de receptores de fase L1 sola a distancias mayores de 30km sin perder la precisión centimétrica, típica de éste equipamiento, ya sea aplicando modelos de ionósfera o utilizando algún método alternativo (p.ej. usar la divergencia ente código y fase para predecir el retardo ionosférico), y es en éste sentido que se continúa con la investigación.

4. Bibliografía

- Brunini, C., Kleusberg, A. (1996)- Mapas globales de retardo ionosférico vertical a partir de observaciones GPS.
- Brunini, C., Cañosa, D., Lorente, H., Sager, G., Usandivaras, J.C., Georgiadou, Y., Kleusberg, A., Langey, R. (1996)- Un sistema para la administración de información de posición basado en GPS.
- Gende, M., Brunini, C., Usandivaras, J.C. (1996)- GPS diferencial a tiempo real: Evaluación de la performance de una configuración Ashtech-Novatel, Práctica de la Especialidad. FCAGLP.
- Huerta, E., Mangiaterra, A., Noguera, G., Jimenez B. (1999)- Informe del Proyecto PID 19/1077 Estación Permanente GPS, correspondiente al período feb./97 a feb./99.
- Leick, A. (1995)- GPS satellite surveying.
- Oiu, W., Lachapelle, G., Cannon, M.E. (1995)- Ionospheric effect modelling for single frequency GPS users. Manuscripta Geodaetica.

5. Nota del Autor:

Si bien estos resultados obtenidos tienen plena vigencia a la época de su elaboración, debe mencionarse que en la actualidad el sistema GPS ha evolucionado, con mejoras importantes, que han sido reanalizadas, incorporando las posibilidades del posicionamiento absoluto. Como consecuencia de este avance se ha elaborado una nueva publicación (Evaluación del posicionamiento GPS, 2º Parte; disponible en Depto. de Geotopocartografía, Esc. de Agrimensura, Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura).

ANEXO 1

PLANILLAS

Planilla 1

EVALUACION DEL CODIGO C/A

PRUEBA DE 42 KM

FCIA-PF17

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

	Lat	Long	h
32°37'	19.68323	60°49'	35.96959
			43.98947

Resultados del procesamiento código C/A:

	Lat	Long	h
32°37'	19.68609	60°49'	35.97917
Dif.(m)	0.09	0.27	1.19

PRUEBA DE 65 KM

FCIA-PF26

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

	Lat	Long	h
32°25'	11.26679	60°54'	39.76438
			44.8218

Resultados del procesamiento código C/A:

	Lat	Long	h
32°25'	11.25045	60°54'	39.77784
Dif.(m)	-0.22	0.38	1.47

PRUEBA DE 109 KM

FCIA-F700

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

	Lat	Long	h
32°00'	16.62591	60°55'	47.3316
			33.32997

Resultados del procesamiento código C/A:

	Lat	Long	h
32°00'	16.62051	60°55'	47.3455
Dif.(m)	-0.16	0.39	1.08

PRUEBA DE 151 KM

FCIA-E706

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

	Lat	Long	h
31°35'	55.62478	60°40'	15.50592
			34.25663

Resultados del procesamiento código C/A:

	Lat	Long	h
31°35'	55.58963	60°40'	15.50084
Dif.(m)	-1.05	-0.14	-0.63

PRUEBA DE 25 KM

FCIA-METE

Valores "verdaderos" (Resultados de L1)

	Lat		Long	h	Dist.
33°02'	11.97359	60°53'	4.01822	69.727	25427.66

Resultados del procesamiento código C/A fino:

	Lat		Long	h	Dist.
33°02'	11.96814	60°53'	4.01565	70.3128	25427.54
Dif.(m)	-0.16		-0.07	0.59	-0.12

PRUEBA DE 42 KM

FCIA-PF17

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
32°37'	19.74097 60°49'	35.06536	44.0555
			41689.124

Resultados del procesamiento código P:

Lat	Long	h	Dist.
32°37'	19.75053 60°49'	35.97157	44.4653
Dif.(m)	0.29	0.17	0.41
			41688.933
			-0.19

PRUEBA DE 65 KM

FCIA-PF26

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
32°25'	11.29802 60°54'	39.6992	44.9105
			65377.61

Resultados del procesamiento código P:

Lat	Long	h	Dist.
32°25'	11.29779 60°54'	39.70457	44.731
Dif.(m)	-0.01	0.15	-0.18
			65377.673
			0.06

PRUEBA DE 109 KM

FCIA-F700

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
32°00'	16.69567 60°55'	47.32336	33.4538
			109531.245

Resultados del procesamiento código P:

Lat	Long	h	Dist.
32°00'	16.68656 60°55'	47.33245	34.7059
Dif.(m)	-0.27	0.25	1.25
			109531.59
			0.35

PRUEBA DE 151 KM

FCIA-E706

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
31°35'	55.70479 60°40'	15.52799	34.4243
			150858.715

Resultados del procesamiento código P:

Lat	Long	h	Dist.
31°35'	55.69796 60°40'	15.53323	34.3668
Dif.(m)	-0.20	0.15	-0.06
			150858.93
			0.21

PRUEBA DE 57 KM

VIC3-R004

Valores "verdaderos"

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47202	60°41'	19.64039	39.895
				56911.12

Resultados del procesamiento del código P

Sesion A

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47417	60°41'	19.65281	39.7702
Dif.(m)	0.06	0.35	0.12	0.31

Sesion B

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47873	60°41'	19.66105	39.7677
Dif.(m)	0.20	0.58	-0.13	0.56

PRUEBA DE 87 KM

VLNE-VIC3

Valores "verdaderos"

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.36907	60°10'	9.94771	49.592
				86853.756

Resultados del procesamiento del código P

Sesion A

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.38673	60°10'	9.9441	50.4036
Dif.(m)	0.53	-0.10	0.81	0.48

Sesion B

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.3912	60°10'	9.94433	49.6497
Dif.(m)	0.66	-0.09	0.06	0.62

PRUEBA DE 154 KM

BJGE-R004

Valores "verdaderos"

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47202	60°41'	19.64039	39.895
				154984.429

Resultados del procesamiento del código P

Sesion A

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.49091	60°41'	19.60875	39.2294
Dif.(m)	0.57	-0.89	-0.67	0.99

Sesion B

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.4814	60°41'	19.6125	39.945
Dif.(m)	0.28	-0.78	0.05	0.74

PRUEBA DE 42 KM

FCIA-PF17

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
32°37'	19.74097 60°49' 35.96536	44.0555	41689.124

Resultados del procesamiento de L1 sola:

Lat	Long	h	Dist.
32°37'	19.74158 60°49' 35.96689	44.0184	41689.124
Dif.(m)	0.02	0.04	-0.04

PRUEBA DE 65 KM

FCIA-PF26

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
32°25'	11.29802 60°54' 39.6992	44.9105	65377.61

Resultados del procesamiento de L1 sola:

Lat	Long	h	Dist.
32°25'	11.29675 60°54' 39.69067	44.9766	65377.556
Dif.(m)	-0.04	-0.24	0.07

PRUEBA DE 109 KM

FCIA-F700

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
32°00'	16.69567 60°55' 47.32336	33.4538	109531.245

Resultados del procesamiento de L1 sola:

Lat	Long	h	Dist.
32°00'	16.69422 60°55' 47.32813	33.2999	109531.321
Dif.(m)	-0.04	0.13	-0.15

PRUEBA DE 151 KM

FCIA-E706

Valores "verdaderos" (Resultados de L1C)

Lat	Long	h	Dist.
31°35'	55.70479 60°40' 15.52799	34.4243	150858.715

Resultados del procesamiento de L1 sola:

Lat	Long	h	Dist.
31°35'	55.70567 60°40' 15.5361	34.0812	150858.69
Dif.(m)	0.03	0.23	-0.02

PRUEBA DE 57 KM

VIC3-R004

Valores "verdaderos"

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47202	60°41' 19.64039	39.895	56911.12

Resultados del procesamiento de L1 sola:

Sesion A

4 hs

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47009	60°41' 19.63734	39.855	56911.021
Dif.(m)	-0.06	-0.09	-0.04	-0.10

1a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46985	60°41' 19.64306	39.729	56911.144
Dif.(m)	-0.07	0.07	-0.17	0.02

2a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47149	60°41' 19.62454	39.819	56910.758
Dif.(m)	-0.02	-0.44	-0.08	-0.36

3a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47031	60°41' 19.63594	39.895	56910.993
Dif.(m)	-0.05	-0.12	0.00	-0.13

4a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46676	60°41' 19.63517	40.331	56910.921
Dif.(m)	-0.16	-0.15	0.44	-0.20

Sesion B

4 hs

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46773	60°41' 19.63289	39.937	56910.884
Dif.(m)	-0.13	-0.21	0.04	-0.24

1a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46819	60°41' 19.63462	39.818	56910.93
Dif.(m)	-0.11	-0.16	-0.05	-0.19

2a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46728	60°41' 19.63946	39.993	56911.024
Dif.(m)	0.14	-0.03	0.10	-0.10

3a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.4675	60°41' 19.66711	40.081	56911.643
Dif.(m)	-0.14	0.75	0.19	0.52

4a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46775	60°41' 19.66876	39.343	56911.681
Dif.(m)	-0.13	0.79	-0.55	0.56

PRUEBA DE 87 KM

VLNE-VIC3

Valores "verdaderos"

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.36907	60°10'	9.94771	49.592
				86853.756

Resultados de procesamiento de L1 sola:

Sesion A

4 hs

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35666	60°10'	9.955899	49.741
				86853.462
Dif.(m)	-0.37	0.23	0.15	-0.29

1a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.36115	60°10'	9.945168	49.614
				86853.504
Dif.(m)	-0.24	-0.07	0.02	-0.25

2a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35972	60°10'	9.973106	49.585
				86853.692
Dif.(m)	-0.28	0.71	-0.01	-0.06

3a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35842	60°10'	9.961133	49.636
				86853.556
Dif.(m)	-0.32	0.38	0.04	-0.20

4a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35856	60°10'	9.976017	49.922
				86853.684
Dif.(m)	-0.32	0.79	0.33	-0.07

Sesion B

4 hs

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35665	60°10'	9.937324	49.825
				86853.309
Dif.(m)	-0.37	-0.29	0.23	-0.45

1a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35376	60°10'	9.957068	49.621
				86853.386
Dif.(m)	-0.46	0.26	0.03	-0.37

2a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35889	60°10'	9.936617	49.901
				86853.369
Dif.(m)	-0.31	-0.31	0.31	-0.39

3a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.35967	60°10'	9.90286	49.434
				86853.111
Dif.(m)	-0.28	-1.26	-0.16	-0.64

4a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°36'	22.36338	60°10'	9.928427	49.644
				86853.431
Dif.(m)	-0.17	-0.54	0.05	-0.32

PRUEBA DE 154 KM

BJGE-R004

Valores "verdaderos"

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47202	60°41' 19.64039	39.895	154984.429

Resultados del procesamiento de L1 sola:

Sesion A

4 hs

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46304	60°41' 19.67198	40.584	154983.637
Dif.(m)	-0.27	0.88	0.69	-0.79

1a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46181	60°41' 19.67803	40.607	154983.494
Dif.(m)	-0.31	1.05	0.71	-0.93

2a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.46371	60°41' 19.66692	40.242	154983.745
Dif.(m)	-0.25	0.74	0.35	-0.68

3a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.47184	60°41' 19.62309	40.431	154984.77
Dif.(m)	-0.01	-0.48	0.54	0.34

4a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.45419	60°41' 19.67211	40.301	154983.451
Dif.(m)	-0.53	0.89	0.41	-0.98

Sesion B

4 hs

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.4635	60°41' 19.67048	39.526	154983.661
Dif.(m)	-0.26	0.84	-0.37	-0.77

1a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.49621	60°41' 19.62058	39.071	154985.297
Dif.(m)	0.73	-0.55	-0.82	0.87

2a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.50253	60°41' 19.63128	38.048	154985.204
Dif.(m)	0.92	-0.25	-1.85	0.77

3a hr

	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.44719	60°41' 19.69076	38.796	154982.927
Dif.(m)	-0.74	1.41	-1.10	-1.50

4a hr

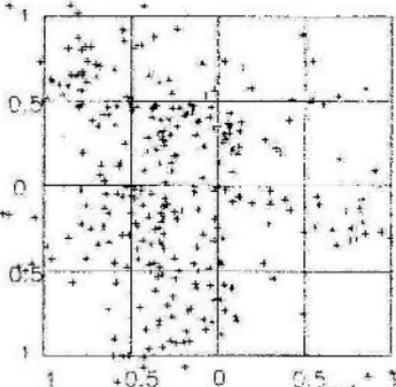
	Lat	Long	h	Dist.
32°52'	19.43941	60°41' 19.64302	41.661	154983.737
Dif.(m)	-0.98	0.07	1.77	-0.69

ANEXO 1

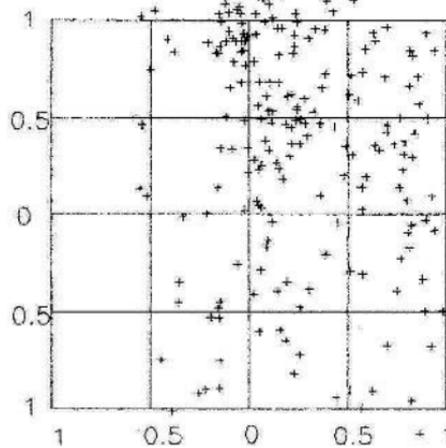
GRAFICOS

CODIGO C/4
Dist. 109 km.

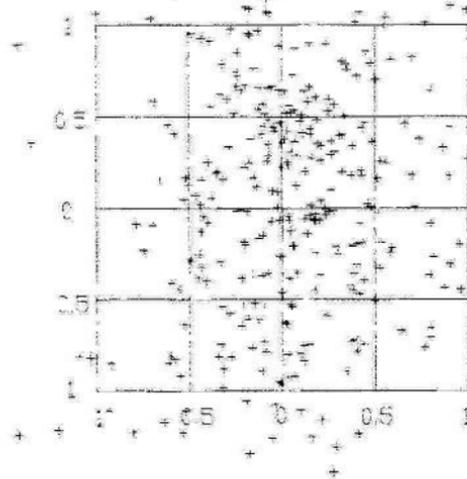
GRAFICO 1



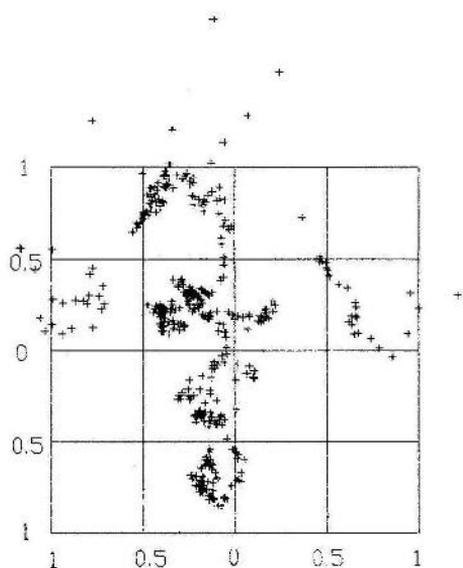
Desviación en mts. respecto del valor "verdadero" (X,Y Gauss Kruger)
aprox. 1h a 10c. = 360 posiciones.



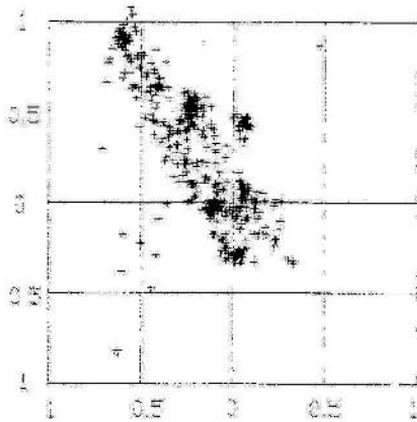
Desviacion en mts. respecto del valor "verdadero" (X,Y Gauss Kruger)
aprox. 1h a 10s.= 360 posiciones



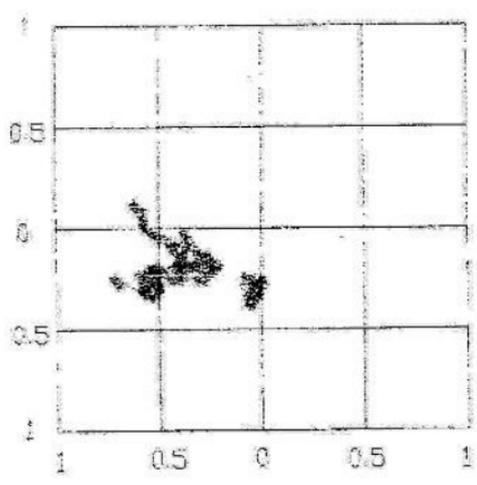
Desviación en mts. respecto del valor "verdadero" (X,Y Gauss Kruger)
aprox. 1h 30m a 15s. = 360 posiciones



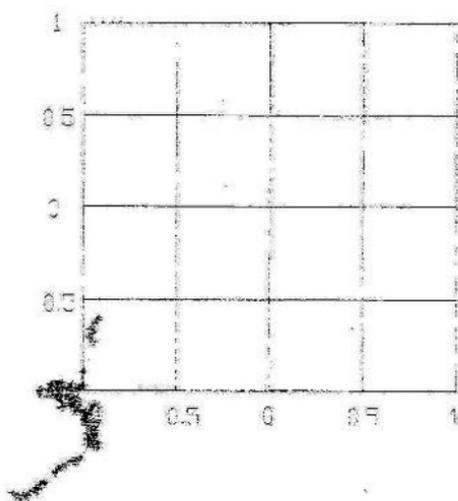
Desviacion en mts. respecto del valor "verdadero" (X,Y Gauss Kruger)
aprox. 1h a 10s.= 360 posiciones



Desviación en mts. respecto del valor "verdadero" (X,Y Gauss Kruger)
aprox 1h a 10s. = 360 posiciones



Desviación en mts. respecto del valor "verdadero" (X,Y Gauss Kruger)
aprox. 4+4h a 15s. = 1920 posiciones



Desviación en mts. respecto del valor "verdadero" (X, Y Gauss Kruger)
aprox. 4h a 15s. = 960 posiciones

