

# Red GPS para medidas geodinámicas en el Pirineo (ResPyr)

GPS network for geodynamical measurements in the Pyrenees (ResPyr)

J. Fleta (\*) M. Soro (\*), J. Giménez (\*\*), E. Suriñach (\*\*)

(\*) Institut Cartogràfic de Catalunya. Parc de Montjuïc E-08038-Barcelona. e-mail: jfleata@icc.es  
 (\*\*) Universitat de Barcelona. Dept. Geol. Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. E-08028-Barcelona.

## ABSTRACT

A second geodynamical network has been set up in the Central and Eastern Pyrenees to quantify tectonic horizontal movements. The network is localized on the two sides of the Pyrenees and is composed by 20 points in the Spanish side and 27 on the French one. There are three types of bench marks; 1 fiducial station, 4 pillars and 15 nails. The first campaign was carried out in July 1995 during seven days.

**Key words:** GPS network, geodynamics, Pyrenees.

Geogaceta, 20 (4) (1996), 992-995  
 ISSN: 0213683X

## Objetivos

Este estudio se enmarca dentro de un proyecto de investigación de la geodinámica actual de los Pirineos mediante medidas geodésicas realizadas con receptores GPS (sistema de posicionamiento global). El grupo de trabajo es pluridisciplinar y en él colaboran instituciones españolas: Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), Servei Geològic de Catalunya (SGC), Universitat de Barcelona (UB) y francesas (CNRS de Montpellier, CNES y OMP de Tou Louse).

El principal objetivo es cuantificar las deformaciones horizontales actuales en el Pirineo mediante la reobservación de una red geodésica denominado "Réseau des Pyrénées" (ResPyr) materializada en una serie señales geodésicas (pilares y clavos) fijadas en roca implantados para este fin. Así, midiendo las distancias entre los puntos con receptores GPS en sucesivas campañas distanciadas en el tiempo, será posible evaluar los desplazamientos relativos ocurridos dentro de la red y por tanto, obtener la cuantificación de las deformaciones tectónicas actuales y la mejor definición de las zonas de fragilidad con mayor probabilidad de generar terremotos. En base a los resultados que se obtengan se podrá establecer la relación entre la tectónica y la sismicidad, corroborada por la posible presencia de indicios de actividad tectónica que afectan a materiales recientes. La red diseñada actualmente comprende la

parte central y oriental del orógeno (lado francés y español). La primera campaña de mediciones, para establecer el punto de partida de la red, se realizó en Julio de 1995, y se tiene previsto realizar mediciones cada dos o tres años. Como las velocidades de deformación esperadas son lentas -del orden del milímetro por año-, creemos que los resultados no podrán considerarse significativos (que los movimientos superen al error de la medición) hasta que haya transcurrido un período de tiempo de unos diez años.

## Introducción

El Pirineo es una cordillera de colisión interplaca caracterizada por una sismicidad moderada que se manifiesta actualmente de manera permanente en los núcleos de Arête, Lourdes y Valle de Arán en el Pirineo Central, y en el de Ribes, en el Pirineo Oriental (Olivera *et al.*, 1986). No obstante, en tiempos pasados algunos terremotos destructores afectaron a otras partes del Pirineo -donde hoy la actividad es baja-, como la gran crisis sísmica del siglo XV, localizada en la provincia de Girona (Goula *et al.*, 1992a). Por esta razón, el grupo de trabajo PotSis en el año 1992 diseñó la primera red geodésica GPS para cuantificar las deformaciones del Pirineo Oriental (Fleta y Soro, 1992; Grellet y Michel, 1992; Goula *et al.*, 1992b). En la actualidad, la red PotSis ya ha sido observada en dos ocasiones

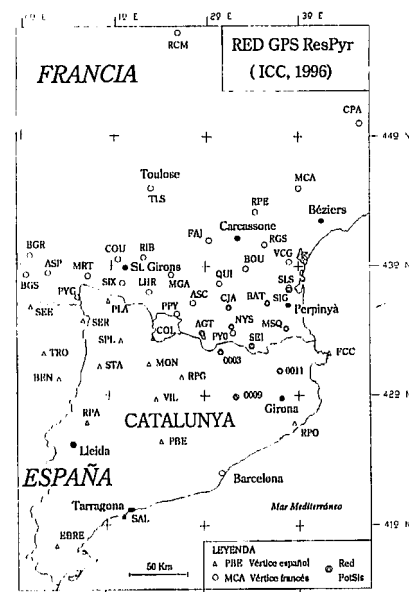
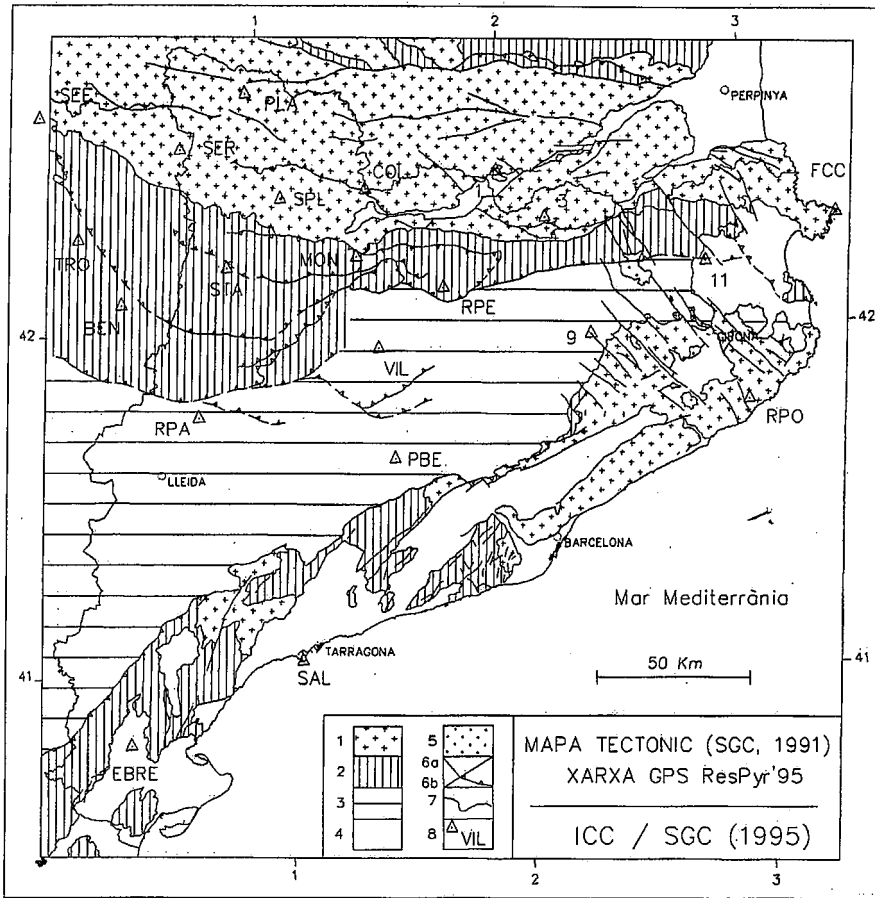


Fig. 1.- Diseño de la red de control geodinámico del Pirineo.

Fig. 1.- Design of the geodynamical network control of the Pyrenees.

(1992 y 1994) y los valores obtenidos permiten realizar un ajuste óptimo de la red con una precisión de 5 mm en planimetría (Goula *et al.*, 1995). Dentro del grupo de trabajo PotSis, se han estimado otros valores: con una precisión de 5.6 mm en dirección N y 10 mm en E (Oberlé, 1993); y por último, de 4 mm en dirección N y 9 mm en E (Pauchet y Romieu, 1995).

Por otra parte, se han descrito evidencias de deformaciones en materiales



plazo, las señales deben ser duraderas. A diferencia de la red PotSis mencionada anteriormente que posee un cen-traje forzoso nivelado, la red ResPyr optó por la no construcción de pilares de hormigón. En su caso, las señales físicas donde se realiza la observación son clavos, que se perforan en la roca, provistos de un punto central, sobre el que se hace puntería mediante una plomada óptica antes de estacionar el receptor GPS. La utilización de clavos incrementa la incertidumbre de las obser-vaciones, pero disminuye considerablemente el coste de la red.

Así mismo, la accesibilidad debe estar garantizada para facilitar la logística durante la realización de la campaña.

En total, la red ResPyr consta de 54 señales geodésicas emplazadas a ambos lados del Pirineo (Fig. 1), cuyas características aparecen reflejadas en la Tabla I. El lado español consta de 20 señales (Fleta et al., 1995) que responden al control de las principales unidades tectónicas catalanas (Fig. 2):

En la campaña ResPyr se utilizaron varios vértices de la red geodinámica PotSis (VIM, BRU y CRE). Por otro lado, también se utilizó la estación fiducial permanente del ICC del Observatori de l'Ebre (EBRE) y el vértice del IGN de Salou (SAL) integrado en la red EUREF. Los 15 puntos restantes del lado español se concretaron en clavos de aleación de aluminio, incrustados en roca y fijados con resina química.

Fig. 2.- Red GPS ResPyr'95 dentro del contexto geológico y estructural de Catalunya. Leyenda: 1. Paleozoico, 2. Unidades alóctonas de cobertera, 3. Cuenca de antepaís, 4. Fosas neógenas, 5. Volcanismo Neógeno y Cuaternario, 6a. Falla, 6b. Cabalgamiento, 7. Contacto litológico, 8. Señal geodésica y nombre.

Fig. 2.- GPS network ResPyr'95 on a geological and structural framework of Catalunya. Legend. 1. Paleozoic, 2. Allocthonous cover units, 3. Foreland basin, 4. Neogene basins, 5. Neogene and Quaternary volcanism, 6a. Fault, 6b. Thrust, 7. Lithological contact, 8. Geodetical bench mark and name.

BASAMENTO	UND. ALÓCTONAS	AUTOC. DEFORMADO	AUTOCT. NO DEL.	COSTERAS CATAL
SEE, PLA, SER SPL, COL, 0001 0003, FCC	TRO, BEN STA, MON RPE	VIL 0009 0011	RPA PBE	RPO EBRE SAL

de menos de 2Ma, que indican un contexto geodinámico actual activo (Briais et al., 1990; Fleta y Escuer, 1991; Philip et al., 1992).

Al ser lentas las velocidades de deformación en el Pirineo, éste es un estudio a largo plazo y las señales deben ser lo más duraderas posibles, estar ubicadas en materiales que no tengan la posibilidad de ser deformados por causas superficiales (compactación de sedimentos, taludes inestables, etc.) y estar estratégicamente situadas para evitar la degradación antrópica.

**Diseño y planificación de la red**

El diseño de una red geodésica está condicionado por los criterios geológi-

cos y geodésicos de los emplazamientos. Básicamente, los criterios geológicos son que las unidades estructurales a estudiar -delimitadas por fallas-, queden totalmente rodeadas por las señales geodésicas, que sea substrato rocoso y que la estabilidad del emplazamiento esté asegurada. Los criterios geodésicos consisten en que la red sea regular, visuales libres por encima de los 15° (máscara de elevación necesaria para asegurar una buena fiabilidad de las mediciones), que la distancia entre puntos sea constante y que la diferencia de cotas entre señales contiguas no sea excesiva. Otro aspecto importante es la elección del tipo de señales a utilizar, ya que al ser un estudio a largo

**Realización de las medidas geodinámicas**

La primera campaña de observaciones se realizó en Julio de 1995 y duró 5 días. Un equipo, formado por dos operadores y un receptor GPS, se desplazaba cada día a un punto diferente. Así la sesión empezaba a las 14:00 h y terminaba a las 07:00 h del día siguiente (Tiempo Universal). El número de equipos humanos fue 22 y de receptores 24, distribuidos de la siguiente manera: del lado español, 8 Trimble 4000SSE (5 ICC y 3 UB) y del lado francés, 15 Astech (4 L12, 5 Z12, 6 P12; 8 del OMP y Groupe Recherche Géodesie Spatiale de Toulouse) y 1

N	MUNICIPIO	CODI	LAT N	LONG E	ALT	SEÑAL	TIPO DE MATERIAL / EDAD
<b>ESPAÑA</b>							
1	Barcelona	BAR	41°42'	02°10'	91	clavo	(Edificio)
2	Benabarre	BEN	42°07'	00°28'	770	clavo	Calizas bioclásticas. Cretácico
3	Masies de Roda de Ter	BRU	41°59'	02°20'	550	PotSis 0009	Areniscas. Eoceno
4	Valls de Valira	COL	42°27'	01°26'	1900	clavo	Pelitas. Devónico
5	Crespina	CRE	42°11'	02°47'	180	PotSis 0011	Areniscas y conglomerados. Mio.
6	Roquetes fiducial ICC	EBRE	40°49'	00°30'	47	vértice	Costras calcáreas. Plio-Cuaternario
7	Cadaquès	FCC	42°19'	03°18'	83	clavo	Grauvacas y pelitas. Camb.-Ord.
8	Ribera d'Urgellet	MON	42°13'	01°24'	1308	clavo	Calizas. Cretácico
9	Rubió	PBE	41°38'	01°32'	628	clavo	Areniscas. Oligoceno Inferior
10	Naut Aran	PLA	42°42'	00°57'	1880	clavo	Pelitas. Silúrico
11	Llivia (finalmente AGT)	POR	42°28'	01°58'	1410	PotSis 0001	Pelitas. Camb.-Ordovícico
12	Balaguer	RPA	41°47'	00°46'	265	clavo	Areniscas poco cementadas. Oligo.
13	Castellar del Riu	RPG	42°08'	01°45'	1900	clavo	Calizas. Cretácico
14	Santa Cristina d'Aro	RPO	41°48'	02°57'	170	clavo	Leucogranito biotítico. Carb.-Pér.
15	Salou	SAL	41°03'	01°10'	80	vértice EUREF	Calizas. Jurásico Medio
16	Bielsa	SEE	42°40'	00°09'	1790	clavo	Calizas. Devónico Inferior
17	Montanui	SER	42°34'	00°42'	1940	clavo	Bloque granítico terrado. Cuat.
18	Sort	SPL	42°26'	01°06'	1323	clavo	Calcopelitas. Devónico
19	Talarn	STA	42°13'	00°53'	930	clavo	Areniscas. Cretácico
20	Troncedo	TRO	42°18'	00°18'	1065	clavo	Areniscas. Eoceno
21	Olius	VIL	41°58'	01°29'	890	clavo	Areniscas. Oligoceno
22	Queralbs	VIM	42°20'	02°09'	1215	PotSis 0003	Calizas. Camb.-Ordovícico
<b>FRANCIA</b>							
1	Angoustrine	AGT	42°29'	01°58'		clavo	Granito
2	Ascou	ASC	42°43'	01°52'		clavo	Micaesquistos
3	Col d'Aspin	ASP	42°56'	00°20'		clavo	Granito
4	Col de la Bataille	BAT	42°43'	02°40'	352	PotSis 0109	Esquistos. Ordovícico
5	Bagnères de Bigorre	BGR	43°04'	00°08'		clavo	
6	Bareges II	BGS	42°55'	00°06'		clavo	Esquistos y micaesquistos
7	Bouisse	BOU	42°59'	02°26'		clavo	Calizas
8	Col de Bareges	CBR	42°45'	00°39'		clavo	Granito
9	Col de Jau	CJA	42°41'	02°15'	1460	PotSis 0101	Granito. Hercínico
10	Le Coup Cerizols	COU	43°03'	01°04'		clavo	Caliza
11	Col du Pas	CPA	44°06'	03°39'	860	Alpes 93	Esquistos
12	Fanjoux	FAJ	43°12'	02°02'		clavo	Caliza
13	Port de Lhers	LHR	42°48'	01°24'		clavo	Granito
14	Mur de la Cabriere	MCA	43°36'	03°00'		clavo	Gneises
15	Montgaillard	MGA	42°56'	01°38'		clavo	Caliza
16	Col de Mente	MRT	42°55'	00°45'		clavo	Micaesquistos
17	Montesquieu	MSQ	42°31'	02°52'	244	PotSis 0112	Esquistos. Hercínico.
18	Nyer	NYS	42°32'	02°17'	1129	PotSis 0102	Micaesquistos. Ordovícico
19	Plat des Peyres	PPY	42°38'	01°42'		clavo	Gneises
20	Pyrénées IGN RBF	PY0	42°29'	02°18'		Red RBF	
21	Peyragudes	PYG	42°56'	00°20'		clavo	Esquistos
22	Quillan	QUI	42°52'	02°09'		clavo	Caliza
23	Rocamadour	RCM	44°48'	01°40'		clavo	Caliza
24	Roc Gris	RGS	43°10'	02°38'		clavo	Caliza
25	Rieubach	RIB	43°04'	01°20'		clavo	Caliza
26	Roc de Peyremaux	RPE	43°25'	02°32'		clavo	Caliza
27	Col de la Seille	SEI	42°23'	02°30'	680	PotSis 0103	Granito. Hercínico.
28	Salses IGN	SIG	42°49'	02°54'		Red RBF	(Castillo)
29	Seix	SIX	42°52'	01°07'		clavo	Granito
30	Salses	SLS	42°50'	02°54'		clavo	Caliza
31	Toulouse	TLS	43°36'	01°24'		clavo	
32	Saint Victor l'Hermitage	VCG	43°02'	02°54'		clavo	Caliza

Tabla I. Relación de señales geodésicas de la red de control geodinámico ResPyr del Pirineo.

Table. I. Geodetical bench marks of ResPyr GPS network of the Pyrenees.

TurboRogue (Centre Nationale Recherche Scientifiques). La coordinación se realizó desde Barcelona y Toulouse.

#### Agradecimientos

Agradecemos a K. Fiegl su colaboración en el diseño y planificación del proyecto del lado francés. A todo el personal que intervino en la campaña de observaciones ResPyr'95 y en especial a la Escola Universitària Politècnica de Barcelona. Esta campaña ha sido parcialmente financiada por el proyecto DGICYT PB93-0743-C02.

#### Referencias

- Briais, A.; Armijo, R.; Winter, T.; Tapponnier, P. y Herbecq, A. (1990): *Annales Tectonicae*, 4, 19-42.
- Fleta, J. y Escuer, J. (1991): *Informes SGC GS01691*, 53pp.
- Fleta, J. y Soro, M. (1992): *Informes SGC/ICC GS02492*, 29pp. Barcelona.
- Fleta, J.; Soro, M. y Giménez, J. (1995): *Informes SGC/ICC GS06495*, 49pp. Barcelona.
- Grellet, B. y Michel, C. (1992): *Rapport d'avancement GTS/CEA/0592/01*, 51pp. Montpellier.
- Grellet, B.; Philip, H.; Bousquet, J.C.; Fleta, J.; Escuer, J.; Goula, X. y Granier, Th. (1994): *Actes du Colloque GEOPROSPERATIVE*, 289-298. París.
- Goula, X.; Olivera, C.; Escuer, J.; Fleta, J.; Grellet, B. y Bousquet, J.C. (1992a): *Procs. XXII Gen. Ass. Europ. Seism. Com.*, Vol. I, WS2: 333-338. Barcelona.
- Goula, X.; Talaya, J.; Térmens, A.; Colomina, I.; Fleta, J.; Grellet, B.; Michel, C.; Philip, H. and Souriau, A. (1992b): *Soc. Esp. Cartografía, Fotogrametría y Teledetección*, 95-104. Barcelona.
- Goula, X.; Talaya, J.; Térmens, A.; Colomina, I.; Fleta, J. y Saler, H. (1995): *II Semana geomática de Barcelona*, 138-145. Barcelona.
- Oberlé, N. (1993): *Diplôme École Physique du Globe, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg*, 68pp.
- Olivera, C.; Gallart, J.; Goula, X. y Banda, E. (1986). *Tectonophysics*, 129, 367-380.
- Pauchet, H. y Romieu, C. (1995): *DEA AGTS Univ. Louis Pasteur y DEA Obsv. París-Ecole Nationale des Scien. Géographiques*, 36pp., 3 anexos.
- Philip, H.; Bousquet, J.C.; Escuer, J.; Fleta, J.; Goula, X y Grellet, B. (1992): *C. R. Acad. Sci. París*, t. 314, Série II, 1239-1245.