

# ELS SISMÒGRAFS DE L'OBSERVATORI DE CARTUJA (GRANADA). RECUPERACIÓ DEL «MACROSISMÒGRAF CARTUJA»

**JOSEP BATLLÓ ORTIZ;<sup>1</sup> CARMÉ CLEMENTE;<sup>2</sup>  
FRANCISCO PÉREZ-BLANCO;<sup>2</sup> JOSÉ MORALES<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>INSTITUT GEOLÒGIC DE CATALUNYA.

*jbatllo@obsebre.es*

<sup>2</sup>ESCOLA D'ART I DISSENY DE LA DIPUTACIÓ DE TARRAGONA A TORTOSA.

*cclemente@altanet.org*

<sup>3</sup>INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA, CAMPUS UNIVERSITARIO  
DE CARTUJA, GRANADA.

---

Paraules clau: *sismògraf, sismologia, disseny d'instruments, Observatori de Cartuja*

---

The seismographs of the «Observatorio de Cartuja» (Granada, Spain). Restoration of the «Cartuja macroseismograph»

*Summary: The Cartuja observatory, in Granada, was founded by the Society of Jesus in 1902. Soon it was widespread known for its research in seismology. Special attention should be drawn to the different seismographs designed and built at the centre. This task spread for forty years and more than twenty different models arose from its workshop. They covered all faces of seismic recording: from big earthquakes to ambient noise and industrial vibrations and even pedagogical instruments. Cartuja observatory was the most important institute in Spain dealing with seismograph design and one of the leading centres in Europe. Its designs spread to different seismic observatories in Central and South America and to Italy. Almost all the instruments designed and built at the centre have been lost. But, recently, what is remaining of the last built seismograph in year 1949, the «Cartuja macroseismograph», was found. This instrument has been restored at the restoration workshop of the Tortosa School of Art and Design. Priority in the restoration has been given to didactical insight and some parts of the instrument have been built a new to allow a good understanding of how it*

*was operated. Present work analyzes the importance of the seismographs built at the Cartuja Observatory, its influence in the development of the instrumental seismology and shows the results of the restoration of the «Cartuja macroseismograph».*

*Key words: seismograph, seismology, Instrument design, Cartuja Observatory*

---

L'Observatori de Cartuja, a Granada, va ser fundat per la Companyia de Jesús l'any 1902. Les seves arrels es troben a l'interès general que els jesuïtes tenien per la ciència i, especialment, per la geofísica (Udías & Stauder, 1996; Udías, 2003). El nou centre havia de dedicar-se a tres camps: astronomia, meteorologia i sismologia, però va ser l'últim el més desenvolupat. La secció sísmica va independitzar-se l'any 1908 i l'observatori sismològic de Cartuja va esdevenir conegut internacionalment pels seus treballs. Mereixen especial atenció els diferents sismògrafs dissenyats i construïts al centre. Dels seus tallers van sortir més de vint models diferents al llarg de més de quaranta anys. Els aparells desenvolupats cobrien totes les facetes de l'enregistrament sísmic: des de l'enregistrament dels grans terratrèmols fins al registre de soroll i vibracions industrial, passant per aparells amb finalitat pedagògica. L'Observatori de Cartuja va ser la institució espanyola més important pel que fa al disseny de sismògrafs i una de les més rellevants d'Europa. Aparells dissenyats a Cartuja es van utilitzar també a l'Amèrica Central i del Sud, i a observatoris d'Itàlia.

### **Els sismògrafs de l'Observatori de Cartuja**

Per al lector interessat, hi ha diferents aproximacions a la història de l'observatori sismològic de Cartuja (e. g.: Sánchez, 1915, 1928; Due, 1958; Espinar *et al.*, 2003). Molt breument, apuntem que la figura crucial en l'expansió de la recerca sismològica va ser Manuel M. Sánchez Navarro-Neumann (1867-1941). Va incorporar-se a la secció sísmica l'any 1906 i va ser durant els seus anys com a director (1908-1932) quan es van desenvolupar els principals dissenys i es van obtenir els millors resultats. Després de la seva mort, un altre jesuïta, A. Due (1895-1975), va continuar la seva tasca, però la creixent manca de recursos i de personal va portar a un progressiu decaïment del centre i, en concret, del disseny d'aparells. L'any 1971 l'observatori va ser transferit a la Universitat de Granada, que va reorganitzar-lo i va crear, posteriorment, l'actual Instituto Andaluz de Geofísica (IAG, 2006).

Centrant-nos en el disseny d'aparells, sota la direcció de Sánchez Navarro, a l'observatori de Cartuja van estudiar-se i construir-se sismògrafs de tots els tipus coneguts en aquell moment. Ja l'any 1907 va construir-se el primer aparell, l'Omori modificat (Sánchez, 1915), reproduït a la figura 1a. Aquest i altres dels primers models desenvolupats, essent aparells acurats, eren de construcció simple i d'acabats barroers, però l'experiència i l'habilitat tècnica es van acumular ràpidament i, ben aviat, van produir-se models més elaborats.

Batlló (2003, 2004) ha estudiat els sismògrafs de l'Observatori de Cartuja. En línies generals, els primers dissenys corresponien a instruments mecànics amb registre sobre paper fumat. Tots eren còpies de models ja existents, encara que amb recreacions força interessants, com és el cas del Berchmans, una imaginativa reelaboració del clàssic sismògraf Wiechert. D'aquest període cal destacar dues innovacions importants. La primera és la suspensió inferior de la massa del Cartuja bifilar. En aquests tipus d'instruments la làmina que subjecta la massa al suport vertical i que permet la seva oscil·lació en un pla horitzontal es troba en tensió. En canvi, a l'instrument de Cartuja es trobava sota pressió. La segona innovació important va ser el disseny del sistema inscriptor del pèndol vertical Cartuja. Es tractava d'un sistema d'amplificació extraordinàriament lleuger, amb un sistema de doble palanca que permetia una amplificació elevada amb masses relativament reduïdes. El seu autor va ser M. Descotes (1877-1964), futur director de l'observatori sismològic de La Paz, a Bolívia, i llavors estudiant de sismologia a Cartuja. Aquest sistema d'amplificació va utilitzar-se en diferents observatoris, com La Paz i Sucre, a Bolívia, i als observatoris Ximeniano i de Valle di Pompei, a Itàlia. Així mateix, aparells construïts a Cartuja van enviar-se a Cienfuegos, a Cuba, i a Bogotà, a Colòmbia.

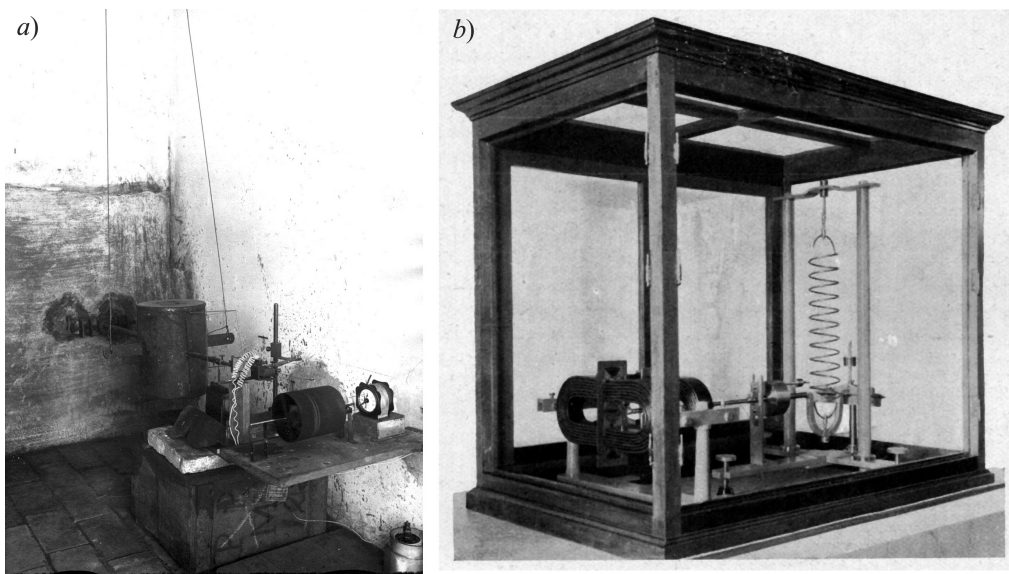


Figura 1. a) Sismògraf Omori modificat. Va ser el primer instrument construït a l'observatori l'any 1906. Com pot veure's, es tracta d'una construcció molt barroera. b) Sismògraf Belarmino de l'any 1924. Aparell electromagnètic que enregistra el moviment vertical del sòl. Potser va ser l'instrument més reeixit de tots els construïts a l'observatori, i resulta molt instructiu compararlo amb el primer disseny de 1906 (fotografia inferior). S'aprecia com, ultra la millora dels coneixements sismològics, també els procediments tècnics havien millorat a bastament.

L'any 1924 va assolir-se una altra fita amb la construcció del primer aparell amb transductor electromagnètic, el sismògraf Javier, inspirat en els instruments de tipus Galitzin. Els sensors electromagnètics horitzontals construïts més tard, anomenats Canisio, tenien una estructura oscil·lant rígida, suspesa per làmines d'acer, en lloc de l'habitual suspensió de tipus Zollner amb fils. Així mateix, l'ordre de les bobines sensores i el sistema esmorteïdor es trobava invertit per aconseguir una amplificació més gran. El sismògraf electromagnètic vertical Belarmino pot considerar-se el millor instrument construït a l'observatori. Es fa molt interessant comparar aquest aparell amb l'Omori modificat, divuit anys anterior (figures 1a i 1b). Una part dels dissenys utilitzats per l'Observatori de Cartuja en els seus aparells electromagnètics va ser adoptada per l'Osservatorio Ximeniano, a Florència, llavors sota la direcció de G. Alfani, en el disseny dels seus propis sismògrafs electromagnètics de tipus Galitzin.

Una part important de l'èxit dels aparells construïts a Cartuja ha d'imputar-se a Antonio Sola, el primer mecànic del centre durant molts anys i constructor d'una part molt important dels aparells. L'alt nivell dels sismògrafs construïts es confirma quan la International Seismological Association va invitar Sánchez (1927) a publicar una àmplia nota sobre els instruments desenvolupats a l'observatori; o quan els mateixos aparells van posar-se com a exemples a l'obra de referència *Handbuch der Geophysik* (Berlage, 1932).

L'observatori de Cartuja també va dissenyar i construir aparells amb objectius diferents de l'enregistrament dels terratrèmols. Entre ells trobem instruments pedagògics per utilitzar a classe (Sánchez, 1909) i altres per camps nous en aquell moment com eren la geofísica aplicada i les aplicacions industrials (Sánchez, 1911, 1916, 1921). Una altra vegada, Alfani va mostrar el seu interès en aquests dissenys en un cas de va i ve tecnològic, ja que els primers dissenys de Sánchez en aquests camps eren còpies d'instruments anteriors d'Alfani.

L'any 1932 la Companyia de Jesús va ser dissolta pel nou govern republicà i l'Estat va fer-se càrrec de l'Observatori de Cartuja. La nova administració va millorar les condicions materials de l'observatori i va introduir algunes millores en els aparells, però el disseny de nous instruments va quedar parat. Acabada la Guerra Civil (1936-1939), el jesuïta A. Due va assumir la direcció de l'observatori. El centre no va recuperar mai l'esplendor dels anys anteriors. De tota manera, durant aquest període van construir-se dos aparells mecànics, pèndols horitzontals, del tipus Mainka: un de gran, anomenat Cartuja Májimo (Due, 1949a), i un petit instrument per a l'enregistrament dels moviments forts, el macrosismògraf Cartuja (Due, 1949b). No aportaven desenvolupaments nous i, en línies generals, no eren instruments especialment reeixits comparats amb altres de contemporanis. En els anys que segueixen l'observatori va sofrir un lent decaïment que va acabar l'any 1971, quan la Companyia de Jesús va traspasar la seva gestió a la Universitat de Granada i va començar una nova època (Esteban Carrasco & López Casado, 2003).

### **Els instruments conservats. El macrosismògraf Cartuja**

La quasi totalitat d'instruments dissenyats i construïts a l'Observatori de Cartuja han desaparegut. Només l'estructura del Cartuja Máximo es troba instal·lada al jardí de l'observatori. Però, recentment, de forma casual, van trobar-se les restes de l'últim sismògraf construït l'any 1949, el petit macrosismògraf Cartuja. La pea recuperada és l'armadura que sostenia la massa oscil·lant. Com ja s'ha dit, aquest instrument no era un model molt reeixit i, a més, es troba molt mal documentat. Però, per una altra part, és l'únic aparell que ens resta de la llarga sèrie de dissenys fets al centre, i les seves mides reduïdes el fan perfecte per a exposicions didàctiques. Per aquestes raons, va decidir-se la seva reconstrucció. Els treballs s'han fet al taller de restauració de l'Escola d'Art i Disseny de la Diputació de Tarragona a Tortosa, que ja acumula experiències prèvies en aquest camp (Batlló *et al.*, 2003, 2004, 2006).

L'instrument original estava pensat per enregistrar terratrèmols forts, amb epicentre prop de l'observatori. Per aquest motiu, en el seu disseny es va adoptar el format d'un instrument amb una massa oscil·lant de només 15 kg amb un sistema inscriptor que només funcionava quan es produïa un terratrèmol (un sismoscopi detectava el terratrèmol incident i iniciava el sistema d'enregistrament). L'amplificació de l'equip era baixa, només vint vegades el moviment del sòl. Disposem d'una única referència escrita sobre l'aparell (Due, 1949b), amb una única fotografia de l'instrument. Com es veu, una minsa informació, que aporta poques dades de parts importants com el sistema inscriptor. Per aquest motiu es va descartar la reproducció exacta de l'instrument i va donar-se prioritat a una restauració amb caire didàctic. S'han reconstruït parts de l'instrument amb la finalitat de permetre una millor comprensió de com funcionava. S'han conservat les dimensions aproximades i l'aparença original de les diferents parts, però s'han introduït simplificacions en el sistema inscriptor. Aix mateix, s'ha reconstruït la massa oscil·lant amb fusta, rebutjant la construcció original amb plom. La figura 2 ens mostra l'única fotografia conservada de l'instrument original, de molt mala qualitat, i la figura 3 mostra l'armadura de l'instrument tal com va trobar-se i l'estat actual de la restauració, encara inacabada.

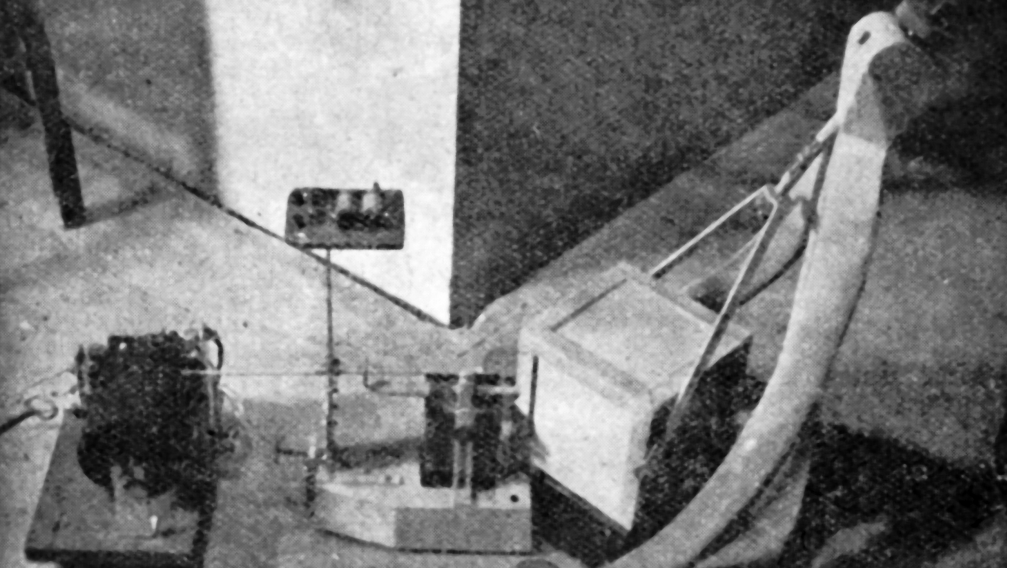


Figura 2. L'única imatge conservada del macrosismògraf Cartuja (Due, 1949b).



Figura 3. A l'esquerra, el suport de la massa oscil·lant del macrosismògraf Cartuja, única part que va trobar-se de l'aparell en l'estat en què va arribar al taller de restauració. A la dreta, estat actual de la reconstrucció de l'instrument.



<b>Sismògrafs utilitzats a l'Observatori de Cartuja</b>				
<b>Instrument</b>	<b>Comp.</b>	<b>Període</b>	<b>Tipus</b>	<b>Massa</b>
Stiattesi (*)	N-S	1903-08	M S	208
Stiattesi (*)	E-W	1903-08	M S	208
Vicentini Pacher (*)	Horitzontal	1903-08	M S	308
Vicentini vertical (*)	Z	1903-07	M S	48
Vicentini vertical	Z	1907-08	M S	48
Omori modificat	NNW-SSE	1907-13	M S	106
Vicentini Cartuja		1908-09	M S	125
Cartuja bifilar	NNW-SSE	1908-16	M S	305
Wiechert (*)	E-W; N-S	1908-12	M S	200
Cartuja bifilar	ENE-WSW	1909-16	M S	425
Cartuja bifilar	NNW-SSE	1910-11	M S	46
Cartuja bifilar	N-S	1919-60	M S	340
Cartuja bifilar	E-W	1919-60	M S	340
Alhambra	NE-SW	1920?	M S	5
Pèndol vertical Cartuja	NNW-SSE	1909-24	M S	280
Pèndol vertical Cartuja	ENE-WSW	1911-23	M P	87
Pèndol vertical Cartuja	N-S	1924-33	M S	280
Pèndol vertical Cartuja	E-W	1934-60	M S	370
Berchmans	N-S; E-W	1920-33	M S	3.060
Berchmans	N-S; E-W	1934-48	M S	4.260
Javier	ENE-WSW	1924	E P	7,5
Javier	E-W	1924-28	E P	7,5
Belarmino	Z	1924-60	E P	3,5
Canisio	E-W	1929-60	E P	1,5
Canisio	N-S	1931-60	E P	1,5
Cartuja Máximo	E-W	1949-60	M S	4.500
Macrosismògraf Cartuja		1949?	M S	15
Hiller-Stuttgart vertical (*)	Z	1966-	E P	~0,5
Hiller-Stuttgart horitzontal (*)	N-S	1966-	E P	~0,5
Hiller-Stuttgart horitzontal (*)	E-W	1966-	E P	~0,5

Sismògrafs utilitzats a l'Observatori de Cartuja. Primera columna («Instrument»): consigna el nom convencional utilitzat pel sismògraf. L'asterisc que segueix alguns noms indica que es tracta d'un instrument adquirit; els altres es van construir o reformar a l'observatori. Segona columna («Comp.»): consigna la direcció del moviment del sòl que enregistra l'aparell (horitzontal vol dir que la mateixa ploma enregistra els dos components). Tercera columna («Període»): mostra els anys de funcionament de l'aparell. Quarta columna («Tipus») subdividida en dues: la primera indica el tipus de sensor, mecànic –M– o electromagnètic –E–; la segona indica el tipus d'enregistrament (paper fumat –S–, paper fotogràfic –P– o tinta –T). Cinquena columna («Massa»): consigna la massa oscil·lant del sismògraf.

## Bibliografía

- BATLLÓ, J. (2003), «Los sismógrafos del Observatorio de Cartuja». A: ESPINAR, M.; ESQUIVEL, J. A.; PEÑA, J. A. (ed.), *Historia del Observatorio de Cartuja 1902-2002. Nuevas investigaciones*, Granada, Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, 61 p. [CD-ROM]
- BATLLÓ, J.; CLEMENTE, C.; PÉREZ-BLANCO, F.; VIDAL, F. (2003), «Estudi i reconstrucció d'un sismògraf Bosch-Omori». A: BATLLÓ, J.; BERNAT, P.; PUIG, R., *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, IEC, 559-567.
- BATLLÓ, J. (2004), *Catálogo - Inventario de sismógrafos antiguos españoles*, Madrid, Instituto Geográfico Nacional, 414 p.
- BATLLÓ, J.; CLEMENTE, C.; PÉREZ-BLANCO, F.; VIDAL, F. (2004), «Reconstruction of a Bosch-Omori Seismograph», *Nuncius*, vol. **19**, 701-711.
- BATLLÓ, J.; CLEMENTE, C.; PÉREZ-BLANCO, F.; SUSAGNA, T. (2004), «La restauració dels antics sismògrafs de l'Observatori Fabra». A: BATLLÓ, J.; BOLEDA, F.; PIQUERAS, M., *Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, IEC, 329-336.
- BERLAGE, H. P. (1932), «Seismometer». A: GUTTENBERG, B. (ed.), *Handbuch der Geophysik, Band IV*, Berlin, Verlag von Gebrüder Borntraeger, 299-528.
- DUE, A. (1949a), «El nuevo sismógrafo de la estación sismológica de Cartuja», *Rev. de Geofísica*, **8**, 470-474.
- (1949b), «Dos nuevos aparatos registradores del Observatorio de Cartuja», *Las Ciencias*, **14**, 205-213.
- (1958), «En el cincuentenario de la estación sismológica de Cartuja», *Rev. de Geofísica*, **17**, 83-88.
- ESPINAR, M.; ESQUIVEL, J. A.; PEÑA, J. A. (ed.) (2003), *Historia del Observatorio de Cartuja 1902-2002. Nuevas investigaciones*, Granada, Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada. [CD-ROM]
- ESTEBAN CARRASCO, L.; LÓPEZ CASADO, C. (2003), «Inicio de la etapa universitaria del observatorio de Cartuja». A: ESPINAR, M.; ESQUIVEL, J. A.; PEÑA, J. A. (ed.), *Historia del Observatorio de Cartuja 1902-2002. Nuevas investigaciones*, Granada, Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, 8 p. [CD-ROM]
- IAG (2006), <<http://www.ugr.es/~iag/>>.
- SÁNCHEZ, M. M. (1909), «Le séisme Hispano-Portugais du 23 Avril enregistré a Cartuja (Grenade) par un petit jouet scientifique», *Cosmos*, **LX**, 568-569.
- (1911), «Tromomètre Cartuja», *Cosmos*, **LXIV**, 289-291.
- (1915), «1903-1912. Diez años de actividad de la estación sismológica de Cartuja», *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Madrid*, tom III, sección 2a, «Astronomía y física del globo», 245-264.
- (1916), «Tromómetro Cartuja (pequeño modelo)», *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Madrid*, tomo IX, sección 8a, «Ciencias de aplicación», 183-196.
- (1921), «Un appareil pratique de sismologie appliquée», *Ciel et Terre*, **xxvi**, 14-20.
- (1927), «Les Séismographes de la Station Séismologique de Cartuja (Granada)», *Publ. du Bureau Central Séismologique International, Série A, Travaux Scientifiques*, **4**, 119-131.
- (1928), «Un quart de siècle d'activité sismologique a Grenade (1903-1928)», *Ciel et Terre*, **XLIV**, 53-59.
- UDÍAS, A.; STAUDER, W. (1996), «The Jesuit contribution to Seismology», *Seismological Research Letters*, **67** (3), 10-19.
- UDÍAS, A. (2003), *Searching the heavens and the earth: the history of Jesuit observatories*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.