



**EL TERREMOTO DE LA RIOJA
ARGENTINA
DEL 28 DE MAYO DE 2002**

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA

INFORME GENERAL

PUBLICACIÓN TÉCNICA N° 20

República Argentina - Junio 2005



Ministerio de Planificación Federal
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas
Instituto Nacional de Prevención Sísmica



Rogert Balet 47 Norte – 5400 – San Juan – Argentina
Tel.: 54 – (0264) 4239016
Fax.: 54 – (0234) 4234463
e-mail: info@inpres.gob.ar
www.inpres.gob.ar

Director Nacional

Ing. Alejandro Giuliano

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier método

Este informe es propiedad del INPRES

1ª Edición – 2005

Foto de la Portada: Aminga, la Rioja, daños producidos en la iglesia por el terremoto del 28 de mayo de 2002

INFORME GENERAL

EL TERREMOTO DE LA RIOJA

-ARGENTINA-

DEL 28 DE MAYO DE 2002



Instituto Nacional de Prevención Sísmica

SAN JUAN

REPUBLICA ARGENTINA

ÍNDICE

I.-	INTRODUCCIÓN	5
II.-	SISMOTECTÓNICA Y SISMICIDAD REGIONAL	5
III.-	ÁMBITO GEOLÓGICO DE LA ZONA EPICENTRAL	7
III.1.-	Marco Geológico Regional.....	7
III.2.-	Mapa Fotogeológico	8
IV.-	PARÁMETROS FOCALES DEL SISMO DEL 28 DE MAYO 2002	10
V.-	DISTRIBUCIÓN DE RÉPLICAS	10
VI.-	ANÁLISIS DE LOS REGISTROS DE ACELERAGRAMAS OBTENDIDOS	13
VI.1.-	Procesamiento de los Acelerogramas	13
VI.2.-	Espectros de Respuesta	26
VII.-	ANÁLISIS DE DAÑOS	31
VII.1.-	Distribución de Intensidades Sísmicas	31
VII.2.1.-	Comportamiento de Construcciones sin Previsiones Sismorresistentes.....	32
VII.2.2.-	Descripción general de viviendas típicas de adobe dañadas por el sismo	32
VII.2.2.1.-	Colapso de muros por efectos de acciones sísmicas normales a su plano	33
VII.2.2.2.-	Fallas de cornisas y parapetos	37
VII.2.3.-	Comentarios generales sobre el comportamiento de las construcciones de adobe	37
VII.2.4.-	Comportamiento general de construcciones mixtas	38
VII.2.5.-	Descripción y comportamiento sísmico de escuelas e iglesias.....	38
VIII.-	Implicancias Reglamentarias	49
Anexo I:	Listado de réplicas del evento principal	50

EL SISMO DEL 28 DE MAYO DE 2002 EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA.

I.- INTRODUCCIÓN

La sismicidad de La Rioja es principalmente moderada en la mayor parte de la provincia y elevada en la región oeste de la misma. La actividad sísmica histórica e instrumental muestra que en esta provincia han ocurrido cuatro sismos destructivos. El primero ocurrió el 12 de abril de 1899 y tuvo una magnitud de 6.4 grados en la escala de Richter y una intensidad máxima epicentral de VIII en la escala Mercalli Modificada. Este evento afectó principalmente a la pequeña localidad de Jagüe y produjo severos daños y algunas víctimas en el oeste de la provincia. El segundo tuvo lugar el 24 de octubre de 1957 con una magnitud de 6.0 grados y una intensidad máxima de grado VII; el mismo ocasionó daños de consideración en la localidad de Villa Castelli. El tercero ocurrió el 7 de junio de 1977 y tuvo una magnitud de 5.1 grados y una intensidad máxima de Grado VII. Este sismo afectó a las localidades de Patquía y San Ramón, en la provincia de La Rioja, y Valle Fértil, en la provincia de San Juan, produciendo grietas y daños menores en construcciones de adobe y fue sentido con menor intensidad en Villa Unión, La Rioja y Vinchina. El último evento se produjo el 28 de mayo del presente año el cual alcanzó una magnitud de 6.0 grados y una intensidad máxima de grado VII. Los mayores daños producidos por este evento se registraron en el departamento Castro Barros de la provincia de La Rioja, especialmente en las localidades de Chuquis, Pinchas, Aminga, Anillaco y otras poblaciones cercanas a las mencionadas.

II.- SISMOTECTÓNICA Y SISMICIDAD REGIONAL

De acuerdo con la teoría de la tectónica de placas, la convergencia de la placa de Nazca y Sudamericana se produce a lo largo de la fosa Chileno-Peruana. La placa de Nazca, que se mueve hacia el este, subduce a la Sudamericana, que se mueve hacia el oeste, a partir de esta fosa. Ambas placas se comportan como rígidas y en las regiones donde ellas se enfrentan con movimientos opuestos, se generan y acumulan grandes tensiones, las que luego son liberadas por medio de una mayor o menor actividad sísmica. En la *Fig. II.1.* se muestra la disposición de ambas placas y en la *Fig. II.2.* se presenta un corte transversal (este-oeste) de ambas placas debajo de la provincia de La Rioja, con el objeto de dar una idea más precisa de cómo están dispuestas las placas en profundidad.

La orientación e inclinación de una placa debajo de la otra se infiere a partir de la ubicación de los hipocentros vinculados al contacto de ambas placas a los cuales se los denomina sismos interplaca. La placa de Nazca comienza a subducir la placa Sudamericana en la fosa Chileno-Peruana y se horizontaliza debajo de la Cordillera de los Andes, manteniéndose así por debajo de la parte oeste y central de la provincia de La Rioja. Al este de ésta la placa de Nazca vuelve a profundizarse, con una inclinación de aproximadamente 15 grados. La convergencia de ambas placas genera un régimen de esfuerzos de compresión en dirección predominante O-E en la placa Sudamericana, existiendo en la región al este de la Cordillera de los Andes esfuerzos locales y regionales que pueden hacer variar la dirección del esfuerzo máximo compresivo principal originado por el choque de las placas mencionadas.

Lo descrito anteriormente como parte de la interacción dinámica de las placas genera en la Placa Sudamericana una actividad sísmica superficial cuyos hipocentros tienen una profundidad comprendida entre los cinco y los cincuenta kilómetros, aproximadamente. A este tipo de eventos se los denomina sismos intraplaca.

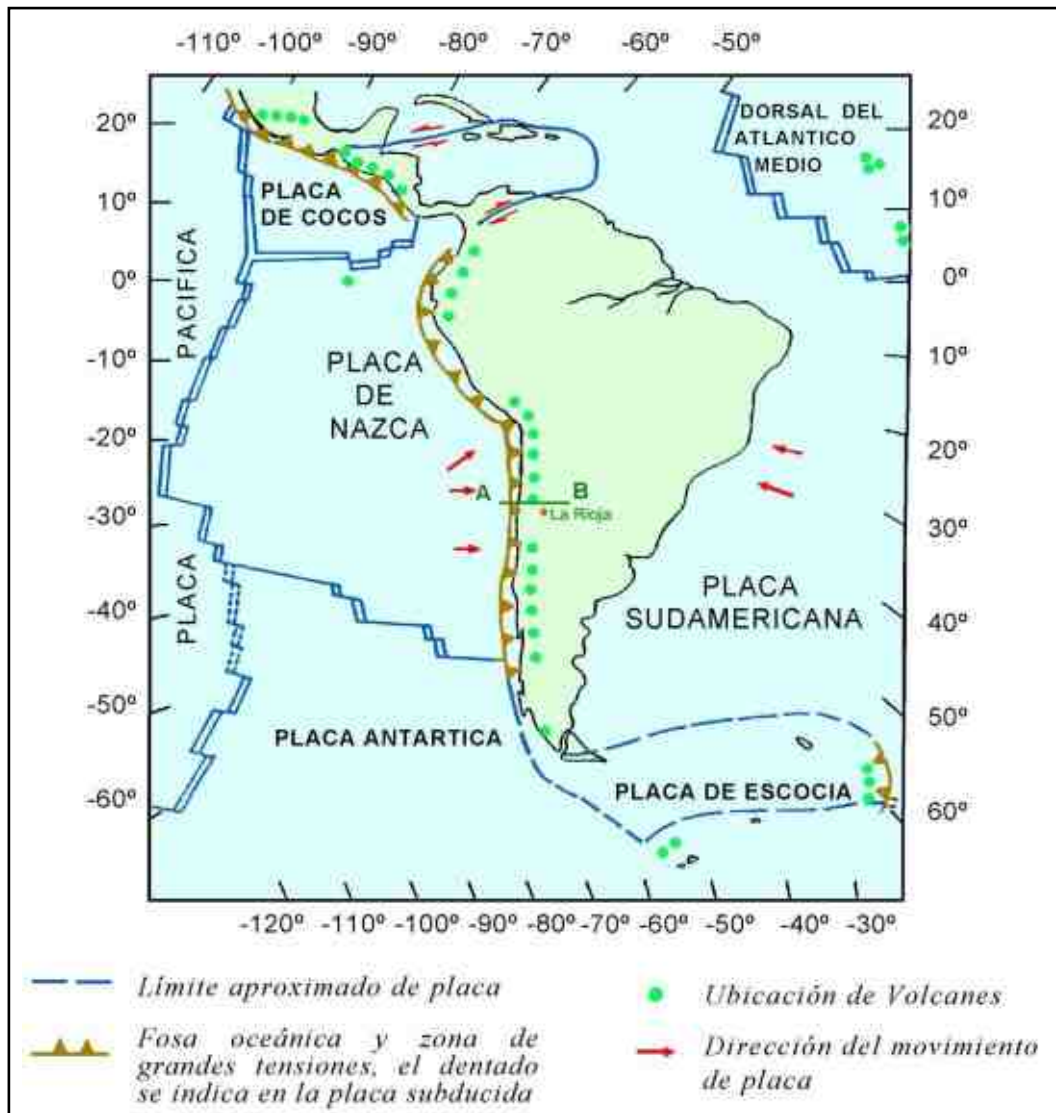


Fig. II.1. Diagrama esquemático de las placas tectónicas de Sudamérica

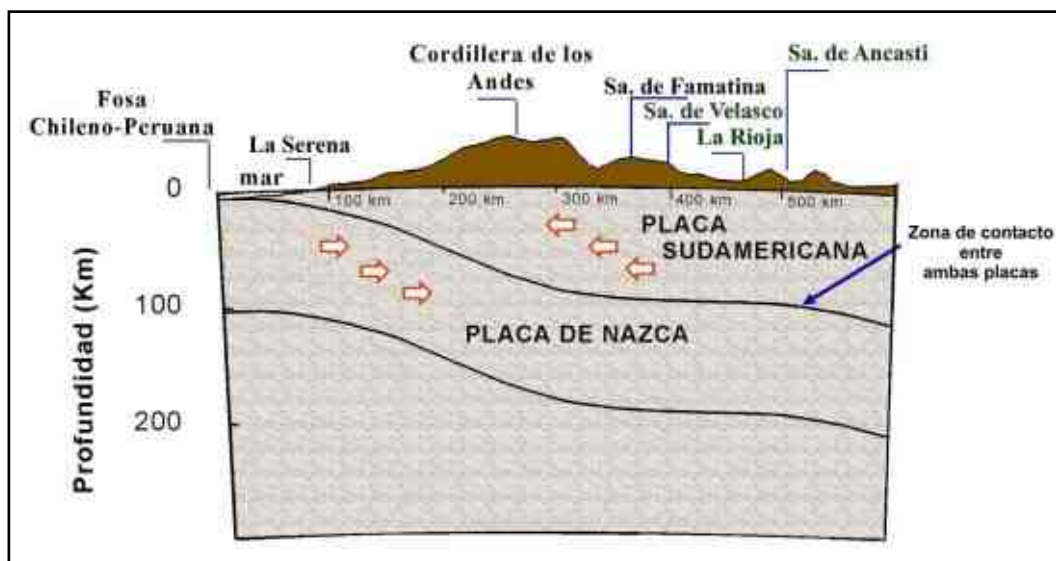


Fig. II.2. Disposición de las placas tectónicas en profundidad según el perfil A-B.

El régimen de esfuerzos mencionado anteriormente muestra que la sismicidad superficial de la región bajo estudio no presenta un modelo uniforme de liberación de energía, que se refleja básicamente en su ubicación geográfica. Los eventos de profundidad intermedia muestran una tendencia de mayor uniformidad que los superficiales respecto de su distribución en profundidad, aunque ambos tipos de eventos no responden a un modelo de uniformidad homogénea; lo cual es típico de los eventos intraplaca. Sin embargo, pueden definirse diferentes fuentes sismogénicas y para cada una de ellas se puede definir un nivel promedio de sismicidad.

De acuerdo con lo expresado la sismicidad de la provincia de La Rioja se concentra en dos zonas perfectamente diferenciadas:

- a) La actividad sísmica superficial (eventos con profundidad comprendida entre los 5 y los 50 km)
- b) La actividad sísmica de profundidad intermedia comprendida entre los 80 y los 140 km.

Los eventos que han ocurrido en la provincia de La Rioja son leves a moderados y en general mantienen la relación regional que está caracterizada por la ocurrencia de un 70% de actividad sísmica intermedia y un 30% de sismicidad superficial.

III.- ÁMBITO GEOLÓGICO DE LA ZONA EPICENTRAL

III.1.- Marco Geológico Regional

La zona epicentral del sismo del 28 de mayo corresponde al dominio de la provincia geológica de Sierras Pampeanas Noroccidentales. Geológicamente las Sierras Pampeanas están compuestas por un zócalo formado por rocas metamórficas, graníticas y rocas de mezcla, de edad precámbrica a paleozoica inferior, que constituye la unidad fundamental del sistema. El estilo tectónico moderno responsable de los cordones montañosos son estos bloques fallados limitados por fallas de alto ángulo. La relativamente escasa cubierta sedimentaria y el alto porcentaje de rocas de basamento homogéneo ha producido en la zona una dominancia de deformación por ruptura, siendo la fracturación su resultado principal.

Se han determinado sistemas de megafracturación para explicar el armazón estructural argentino; estas megaestructuras ejercerían control sobre las cuencas sedimentarias y su actividad neotectónica. Se determina para esta área un comportamiento compresivo dominante de oeste a este "esfuerzos andinos" y de este a oeste "esfuerzos pampeanos".

Cabe destacar que se mencionan en diferentes trabajos rasgos neotectónicos en la zona pero se desconocen estudios de tectonismo cuaternario específicos; por lo tanto es necesario un estudio desde el punto de vista del fallamiento activo para conocer y caracterizar el área.

III.2.- Mapa Fotogeológico

Con el propósito de evaluar los rasgos neotectónicos del área de influencia asociada al sismo principal y sus réplicas asociadas, se elaboró, a partir de las fotografías aéreas disponibles en escala 1:50.000, el mapa fotogeológico de la *Fig. III.1*.

Cabe destacar que no se contó con los pares estereográficos y no se realizó la correspondiente revisión de campo, por lo tanto el mapeo queda sujeto a modificaciones que provendrían del chequeo. De esta forma no se discriminan las rocas precuaternarias involucrándolas dentro de un mismo paquete

y muchos de los segmentos de falla, que son descritos como probables, requerirían de una fotointerpretación de más detalle y de buena observación de campo, con el fin de corroborarlos.

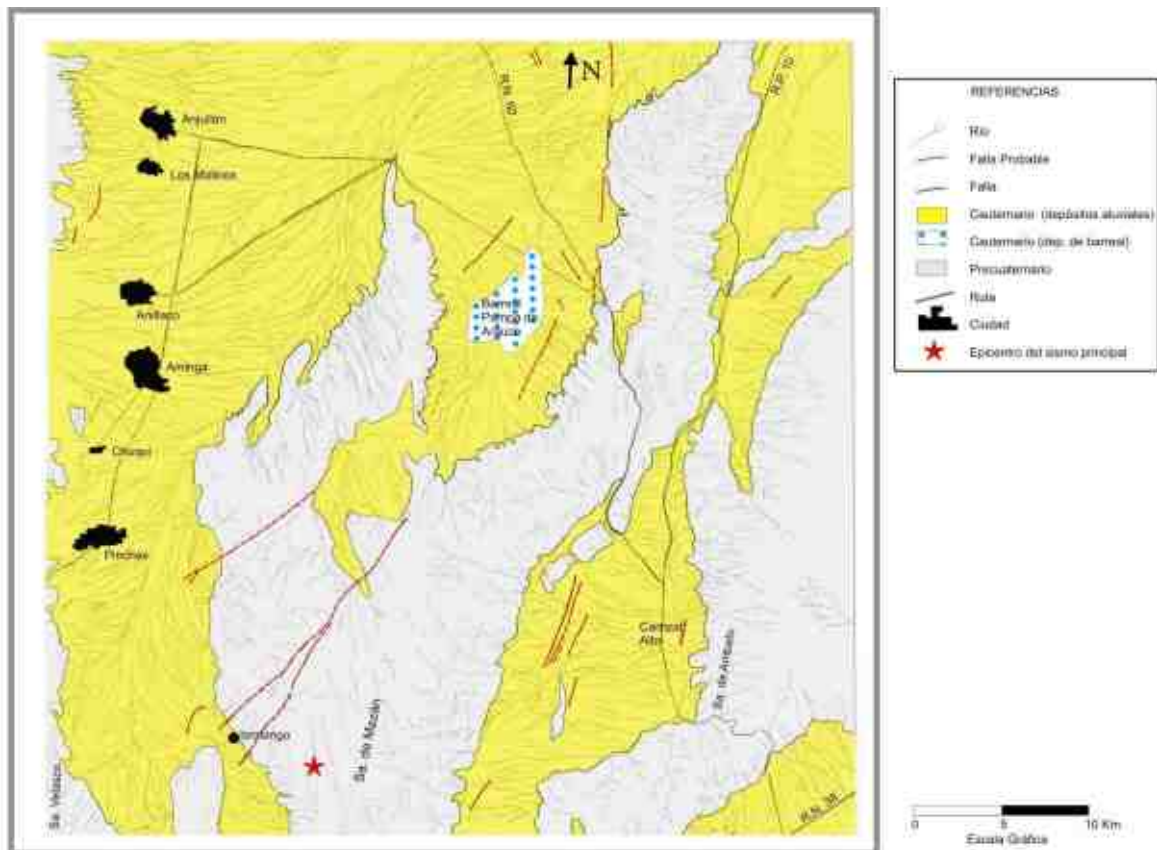


Fig. III.1. Mapa fotogeológico

Por las características del sismo del 28 de mayo y por el carácter heterogéneo del material conglomerádico de abanicos y conos es probable que no haya generado ruptura superficial. De todos modos se necesitaría de una revisión exhaustiva de campo para determinar ruptura reciente.

De la interpretación fotogeológica se definen los sectores de afloramientos rocosos precuaternarios que pertenecen a las Sierras de Velasco, Mazán y Ambato, correspondientes al área epicentral.

Se mapearon los contactos entre las rocas precuaternarias y los sedimentos inconsolidados cuaternarios y se determinaron el fracturamiento, los alineamientos, las rutas principales y las poblaciones.

Sin realizar una discriminación en el conjunto Precámbrico y Paleozoico Inferior se incluyen: filitas, esquistos, cuarcitas, mármoles, gneises y migmatitas, como así también granitos, tonalitas, pegmatitas, aplitas y ortogneis. En forma restringida afloran areniscas y conglomerados Terciarios. Se determinó la distribución de depósitos cuaternarios, que en su mayoría corresponden a sedimentos aluvionales de abanicos y de barral.

Del análisis geomorfológico la red de drenaje debe considerarse por sectores ya que en los afloramientos rocosos el diseño del escurrimiento es predominantemente angular y rectangular: donde los ríos y arroyos se cortan en sentido oblicuo o en ángulo recto respectivamente, corresponden estas morfologías a sistemas diaclasados y fracturados. En zonas restringidas el drenaje es dendrítico con terminaciones en formas de pinza, propios de terrenos graníticos. Es notable el alto grado de

fracturación que presentan los macizos rocosos, predominando las direcciones NE-SO y NO-SE. El alineamiento presente en la porción central de la Sierra de Mazán, corta profundamente la roca y marca aparentemente la tendencia general de la fracturación.

En la zona de sedimentos inconsolidados la red es predominantemente subparalela, ya que existe en todos los casos una corriente colectora a la que confluyen los arroyos que al salir del frente montañoso muestran un diseño paralelo o en abanico. En el sector del Barreal de Pampa de Arauco el drenaje presenta una morfología radial centripeta, ya que este conforma una depresión central en ese sector del valle.

A partir del análisis de abanicos aluviales se definen tres niveles de agradación que corresponderían a cambios tectónicos o climáticos dentro de la cuenca de depositación. Cabe destacar que en general los sedimentos de abanicos y conos principalmente en las zonas de Ismiango, Agua Blanca y Pinchas presentan una textura gruesa, que debe corresponderse con la gran heterogeneidad del material sedimentario en la que sobresalen grandes bloques (*Fotografía III.1*); a diferencia de la zona de Pampa de Arauco en la que el material es de granulometría fina (*Fotografía III.2*).



Fotografía III.1. *Material sedimentario con grandes bloques.*



Fotografía III.2. *Material sedimentario de granulometría fina.*

Los rasgos neotectónicos que se observan en los sedimentos presentan en varios casos gran continuidad, desarrollándose incluso varios de estos en afloramientos precuaternarios. El frente montañoso oriental de la Sierra de Mazán presenta un trazo recto que aparentemente se correspondería con una reactivación reciente de esa porción de sierra. Es notable también en este sector de valle la presencia de tres segmentos de fractura paralelos que se observan claramente frente a El Carrizal. En el norte la continuidad del trazo de ruptura que se manifiesta con ciertas interrupciones desde la latitud del Barreal de Pampa de Arauco hasta el Río Las Juntas limita por occidente al frente montañoso del extremo norte de la Sierra de Mazán. El Barreal de Pampa de Arauco está flanqueado en su sector noroeste y sureste por fracturación de dirección NE-SO.

Existen varios segmentos aislados mapeados en diferentes sectores dentro del cuaternario, que merecen también de una revisión de campo.

IV.- PARÁMETROS FOCALES DEL SISMO DEL 28 DE MAYO DE 2002

Este sismo por su tamaño fue registrado en todas las estaciones de la Red Nacional de Estaciones Sismológicas del INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA –INPRES- y en muchas estaciones de la red mundial. Los parámetros focales de este evento son los siguientes:

Hora Origen : 01hr 04 min 22.65 seg

Latitud Sur : 29.106

Longitud Oeste : 66.839

Profundidad : 10.9 Km

Magnitud : 6.0 grados (Richter)

Intensidad Máxima Epicentral : grado VIII (Escala Mercalli Modificada)

Este evento es un típico sismo superficial, intraplaca, y por su tamaño se considera moderado. También es importante señalar que no hay antecedentes históricos de sismos de estas características en la zona epicentral.

El epicentro de este evento (*Figs. III.1 y V.1*) se ubica en la zona de Pampa Grande, entre las Sierras de Velasco y la Sierra de Mazán, región conocida como “Zona de la Costa”.

V.- DISTRIBUCIÓN DE RÉPLICAS

Con el objeto de relacionar la actividad sísmica con el modelo tectónico local, se realizó un análisis de las réplicas de este terremoto utilizando en una primera etapa, la Red Nacional del INPRES, en especial las estaciones del centro-oeste argentino más cercanas a la zona epicentral, ubicadas en las provincias de La Rioja, San Juan y Catamarca.

Posteriormente, el INPRES instaló una red sismológica móvil en la zona epicentral la cual operó por un lapso de diez días, durante los cuales se registró microsismicidad asociada al evento principal.

Durante este operativo se instalaron seis estaciones en las cercanías de la zona epicentral, en las localidades de Anillaco, Aminga-Tembleque, Las Peñas, Ismiango, Huaco y Carrizal. Las estaciones portátiles se ubicaron teniendo en cuenta la localización del epicentro del terremoto, la ubicación de las primeras réplicas, las características topográficas, litológicas y la facilidad de acceso en la región. La red estaba compuesta por sismógrafos portátiles analógicos y digitales (*Fotografías V.1 y V.2*).

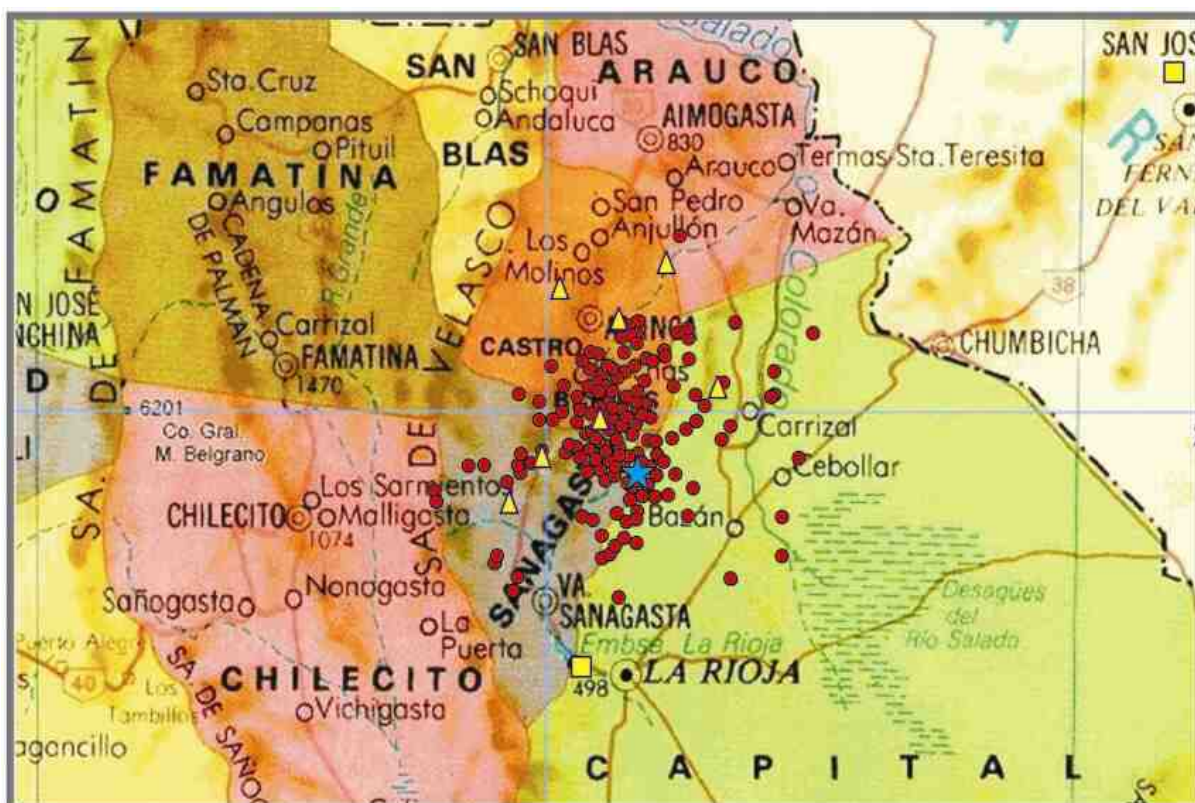


Fotografía V.1. Estación sismológica portátil analógica.



Fotografía V.2. Estación sismológica portátil digital.

A partir de los registros sismográficos de las estaciones fijas y de aquellos obtenidos durante el operativo sismológico con la red portátil se obtuvo un total de 171 réplicas, de las cuales se seleccionaron y graficaron aquellas que presentaron una mejor solución (Fig. V.1). El listado de las réplicas registradas, con sus principales parámetros focales y magnitud de las réplicas más importantes correspondientes, se presenta en el Anexo I.







REFERENCIAS	
	Sismo Principal
	Réplicas
	Estación de la Red Sismológica Nacional
	Estación Portátil



Fig. V.1. Epicentro del sismo principal, distribución de réplicas y estaciones sismológicas.

La distribución de las réplicas muestra dos alineamientos paralelos en dirección NE-SO, los cuales son coincidentes con la dirección de los lineamientos de fracturación mostrados en el mapa fotogeológico (Fig. III.1) y coincidente, además, con la zona de mayores daños ocurridos en el departamento de Castro Barros y con la distribución de isosistas que se presenta más adelante en este informe.

VI.- ANÁLISIS DE LOS REGISTROS DE ACELEROGRAMAS OBTENIDOS

El INPRES opera la Red Nacional de Acelerógrafos (RNA) compuesta por 138 instrumentos para movimientos fuertes, instalados en las regiones de mayor actividad sísmica del país. Cinco de ellos fueron activados por el sismo de La Rioja del 28 de mayo de 2002 al excederse, en el lugar de emplazamiento, el nivel de arranque del instrumento.

En la *Tabla 1* se presentan los parámetros máximos del suelo obtenidos para cada registro, el sitio de instalación de estos acelerógrafos y las características de los mismos. En tres de estas estaciones el acelerógrafo es del tipo digital IDS3602A, y en otras dos, del tipo analógico SMA-1, con capacidades de registro de entre 1 y 2 g. Por otra parte se obtuvieron registros de las dos réplicas principales del sismo en una misma estación con los valores máximos de aceleración que se muestran en la *Tabla 2*.

Tabla 1. Registros acelerográficos del evento principal obtenidos por la RNA

Estación	Equipo	Componente	A max (cm/s ²)	V max (cm/s)	D max (cm)
Escuela Coronel Nicolás Barros N° 103 - Anillaco - LA RIOJA	IDS3602A	Long. (100°)	325,80	17,1	1,14
		Vertical	145,00	-4,88	-0,20
		Transv. (190°)	-202,60	-9,37	0,46
Guardia de Infantería Policía – Chilecito – LA RIOJA	IDS3602A	Long. (280°)	-22,20	0,75	-0,03
		Vertical	-23,30	-0,60	-0,03
		Transv. (10°)	-23,00	-0,93	0,05
Escuela Telforo Chanampa - E.P.E.T. N°3 – Tinogasta – CATAMARCA	IDS3602A	Long. (240°)	-58,50	-2,74	-0,15
		Vertical	-27,80	-1,32	-0,06
		Transv. (70°)	-58,80	-2,74	-0,12
Dirección Nacional de Vialidad- LA RIOJA	SMA-1	Long. (265°)	11,23	0,60	-0,06
		Vertical	-9,27	-0,34	0,03
		Transv. (175°)	-21,00	-0,83	0,07
Juzgado Federal –LA RIOJA	SMA-1		< 10		

Tabla 2. Registros acelerográficos de réplicas obtenidos por la RNA

Estación	Equipo	Componente	A max (cm/s ²)	HORA GMT
Escuela Coronel Nicolás Barros N° 103 - Anillaco - LA RIOJA	IDS3602A	Long. (100°)	16,23	07:04
		Vertical	12,60	
		Transv. (190°)	15,10	
Escuela Coronel Nicolás Barros N° 103 - Anillaco - LA RIOJA	IDS3602A	Long. (100°)	30,65	12:19
		Vertical	15,70	
		Transv. (190°)	-26,00	

VI.1.- Procesamiento de los Acelerogramas

Se procesaron los acelerogramas del evento principal y se obtuvieron las historias de aceleración, velocidad y desplazamiento para las tres componentes (*Figs. VI.1 a VI.12*) y los espectros de aceleración para las componentes longitudinal y transversal (*Figs. VI.13 a VI.16*). El registro fotográfico correspondiente al Juzgado Federal de la ciudad de La Rioja no fue procesado por haber registrado valores inferiores al 1%g.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Esc. Cnel. Nicolás Barros, Anillaco, La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A
COMPONENTE: LONGITUDINAL 100°

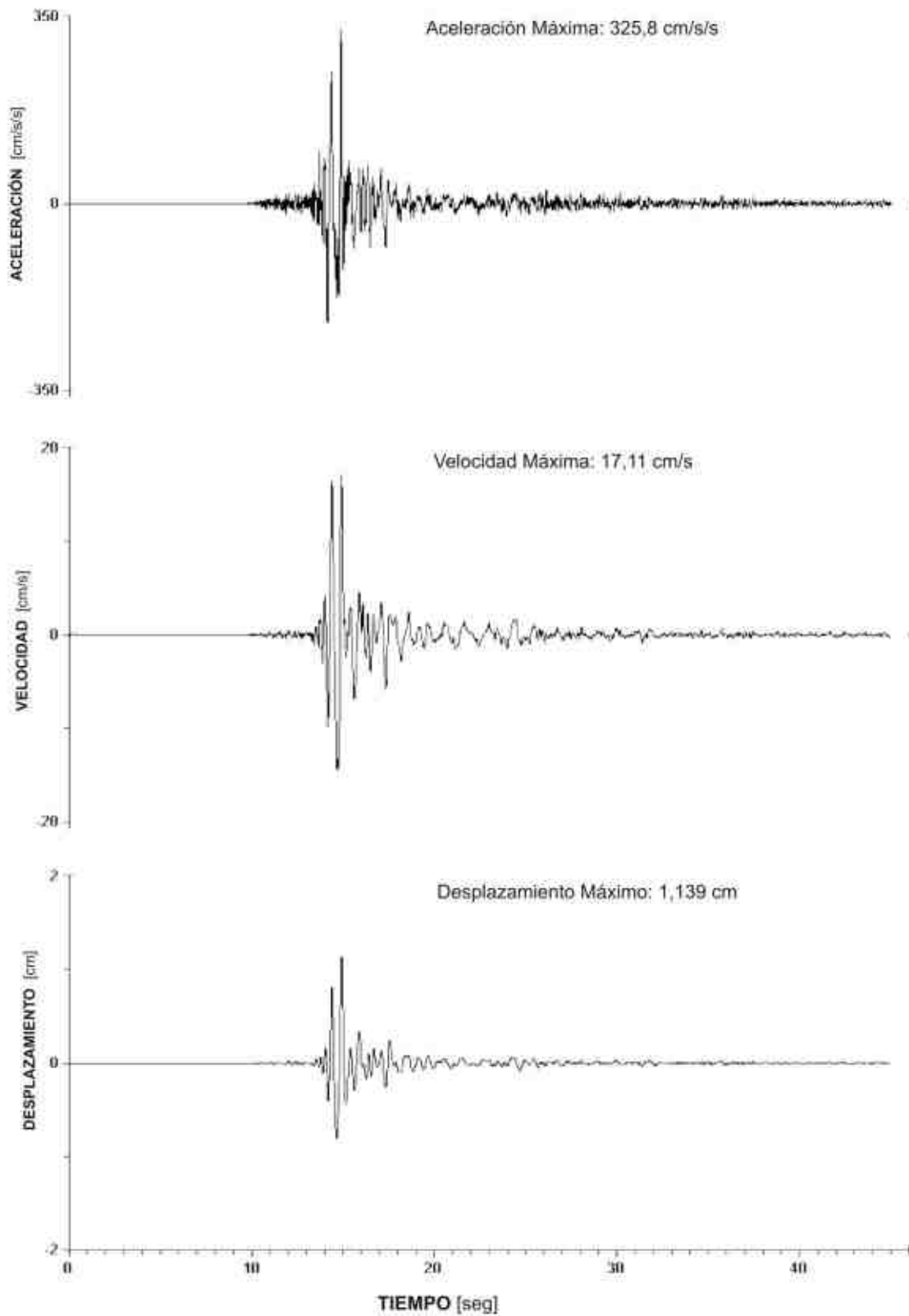


Fig. VI.1.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002

ESTACIÓN: Esc.Cnel. Nicolás Barros. Anillaco. La Rioja

HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.

ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

COMPONENTE: VERTICAL

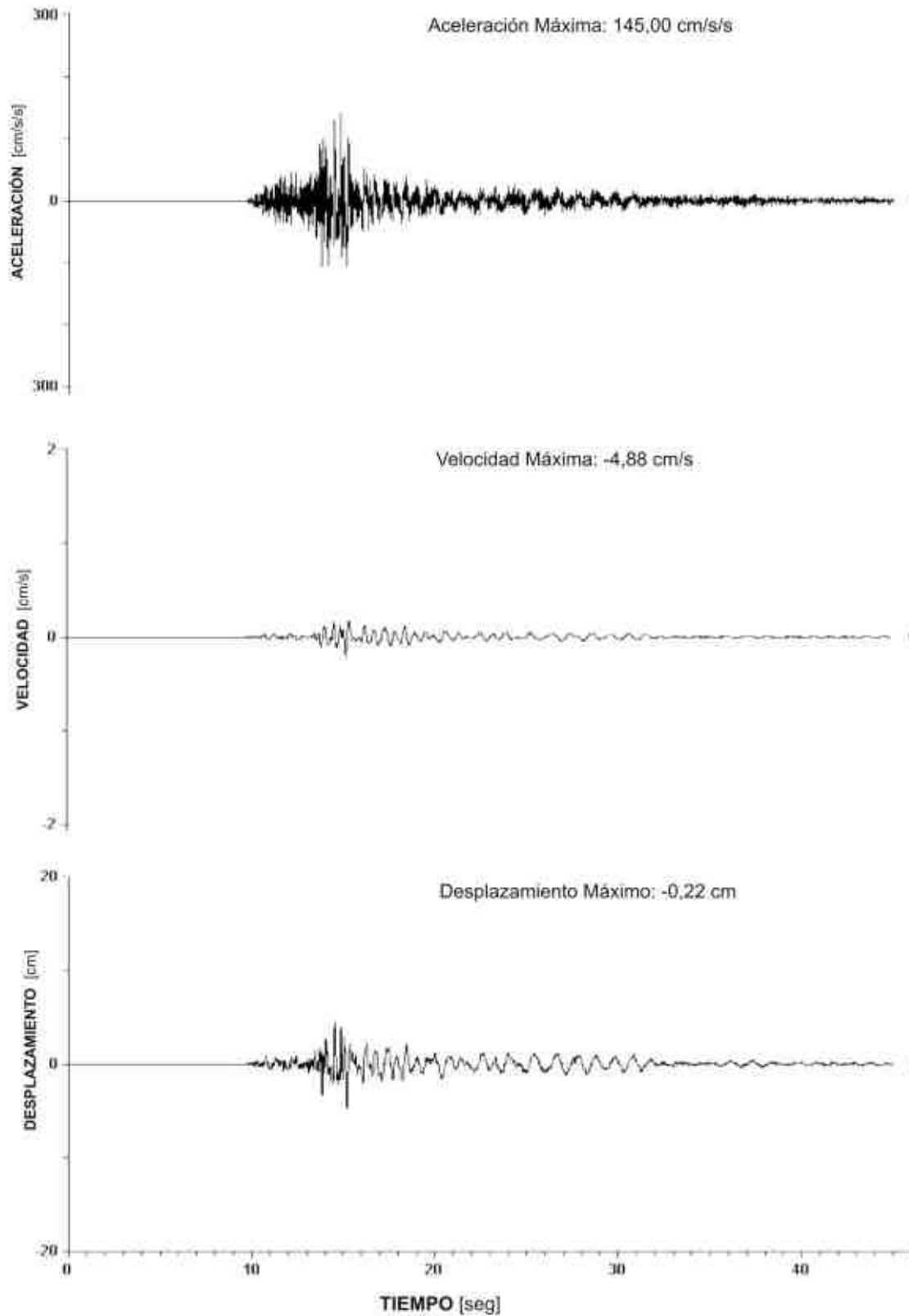


Fig. VI.2.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Esc.Cnel. Nicolás Barros, Anillaco, La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A
COMPONENTE: TRANSVERSAL 190°

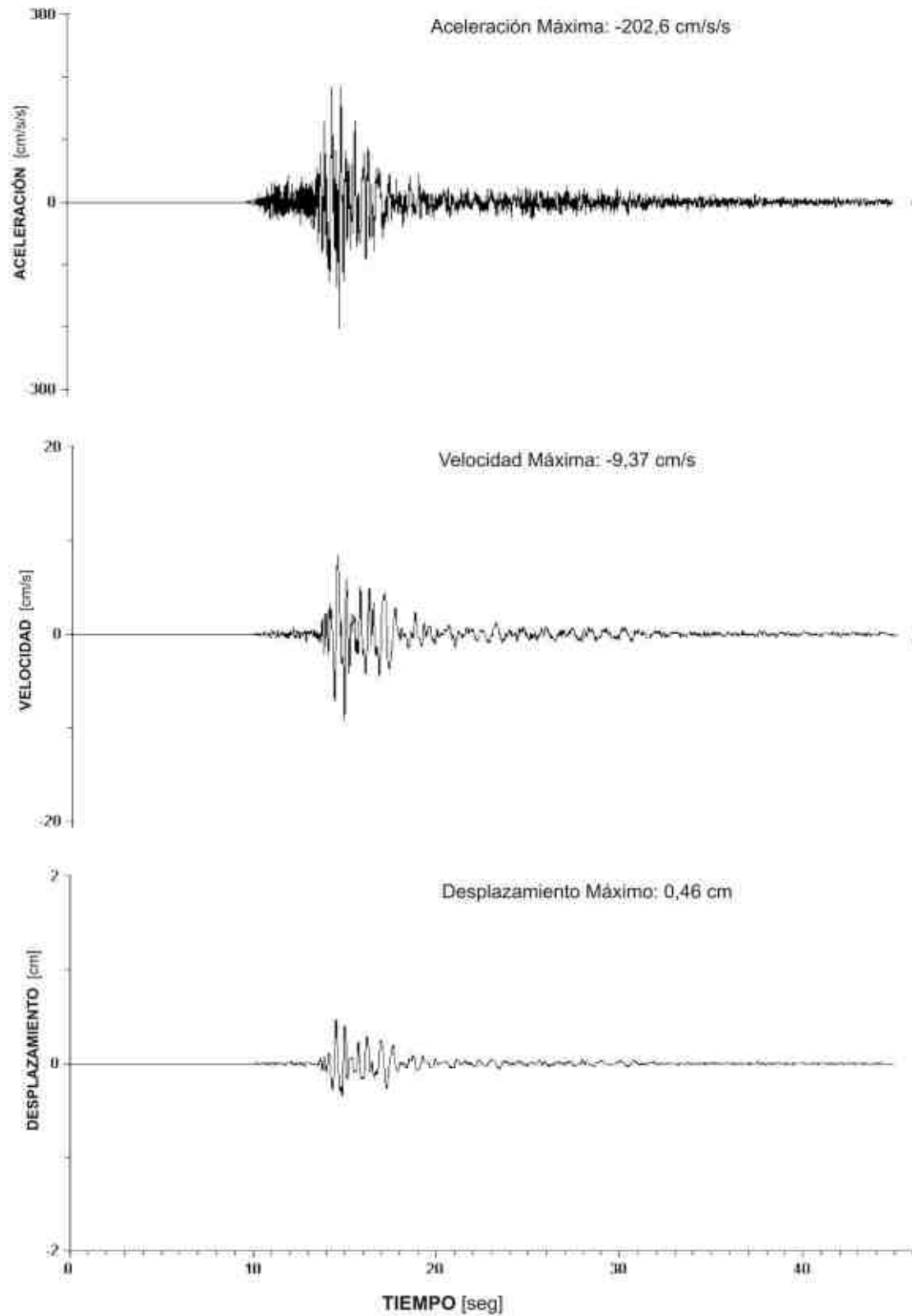


Fig. VI.3.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Guardia de Infantería, Chilecito, La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A
COMPONENTE: LONGITUDINAL 280°

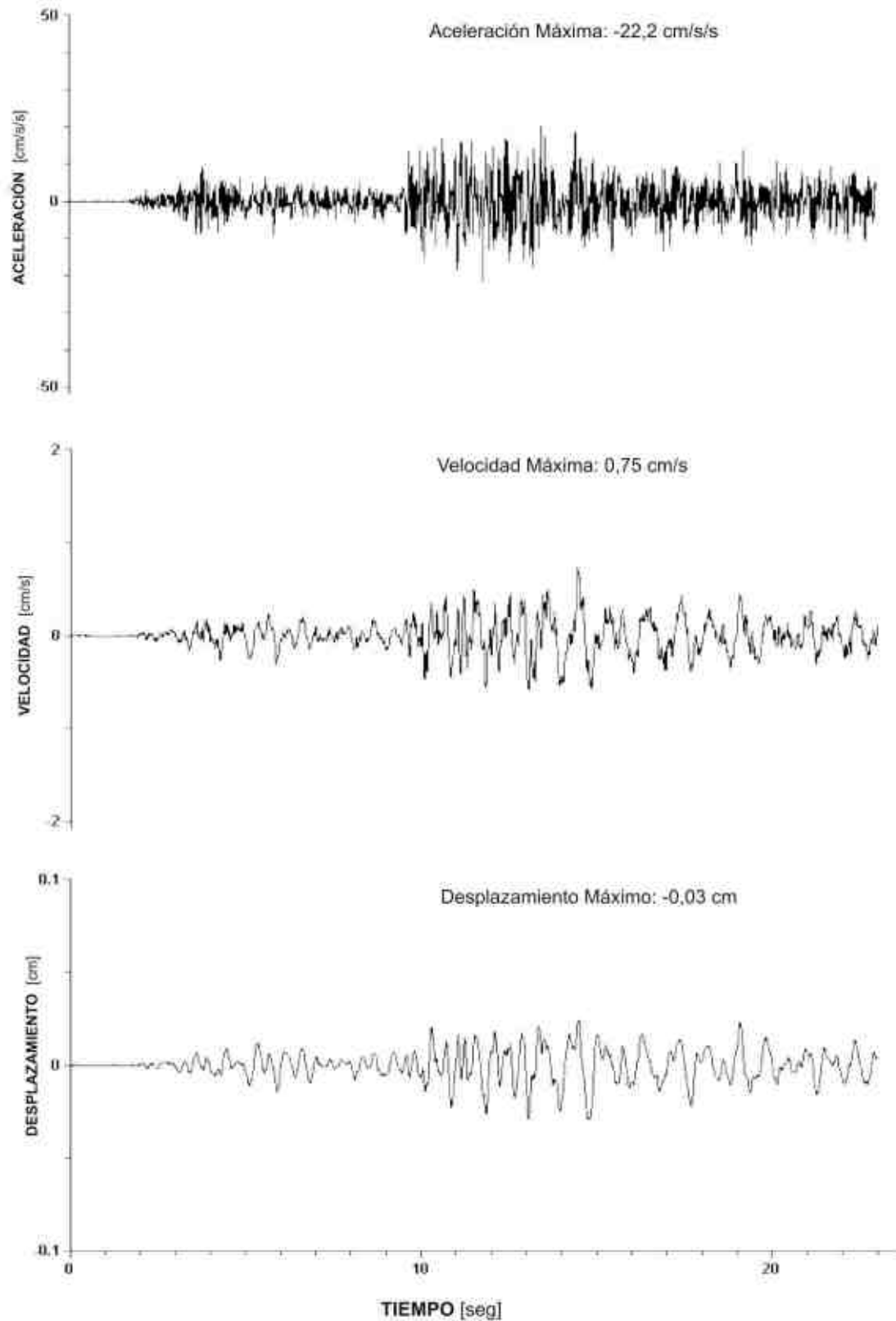


Fig. VI.4.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Guardia de Infantería, Chilecito, La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3802A
COMPONENTE: VERTICAL

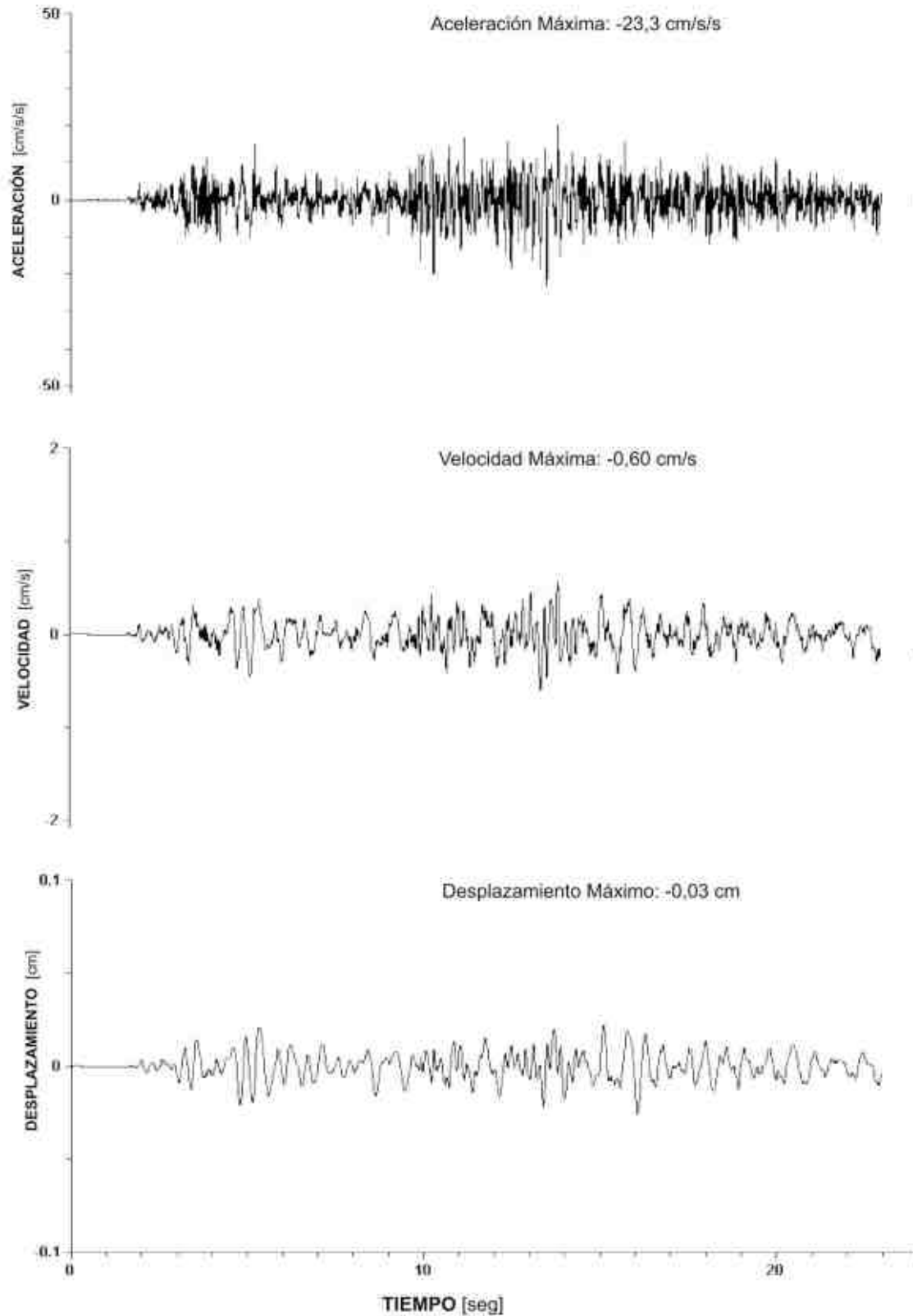


Fig. VI.5.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Guardia de Infantería, Chilecito, La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A
COMPONENTE: TRANSVERSAL 10°

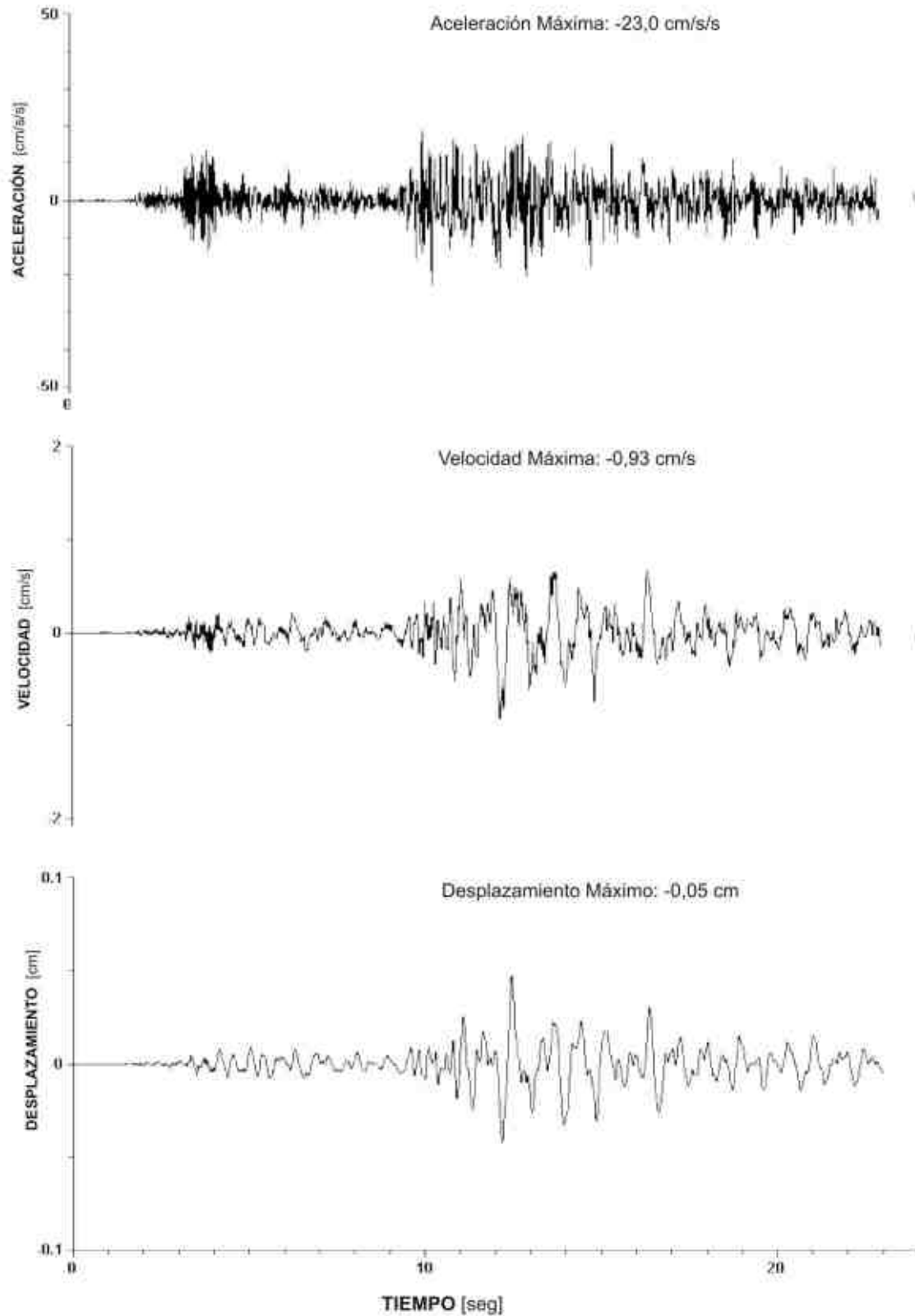


Fig. VI.6.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002

ESTACIÓN: Escuela Telforo Chanampa-EPET N°3 -Tinogasta-La Rioja

HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.

ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

COMPONENTE: LONGITUDINAL 340°

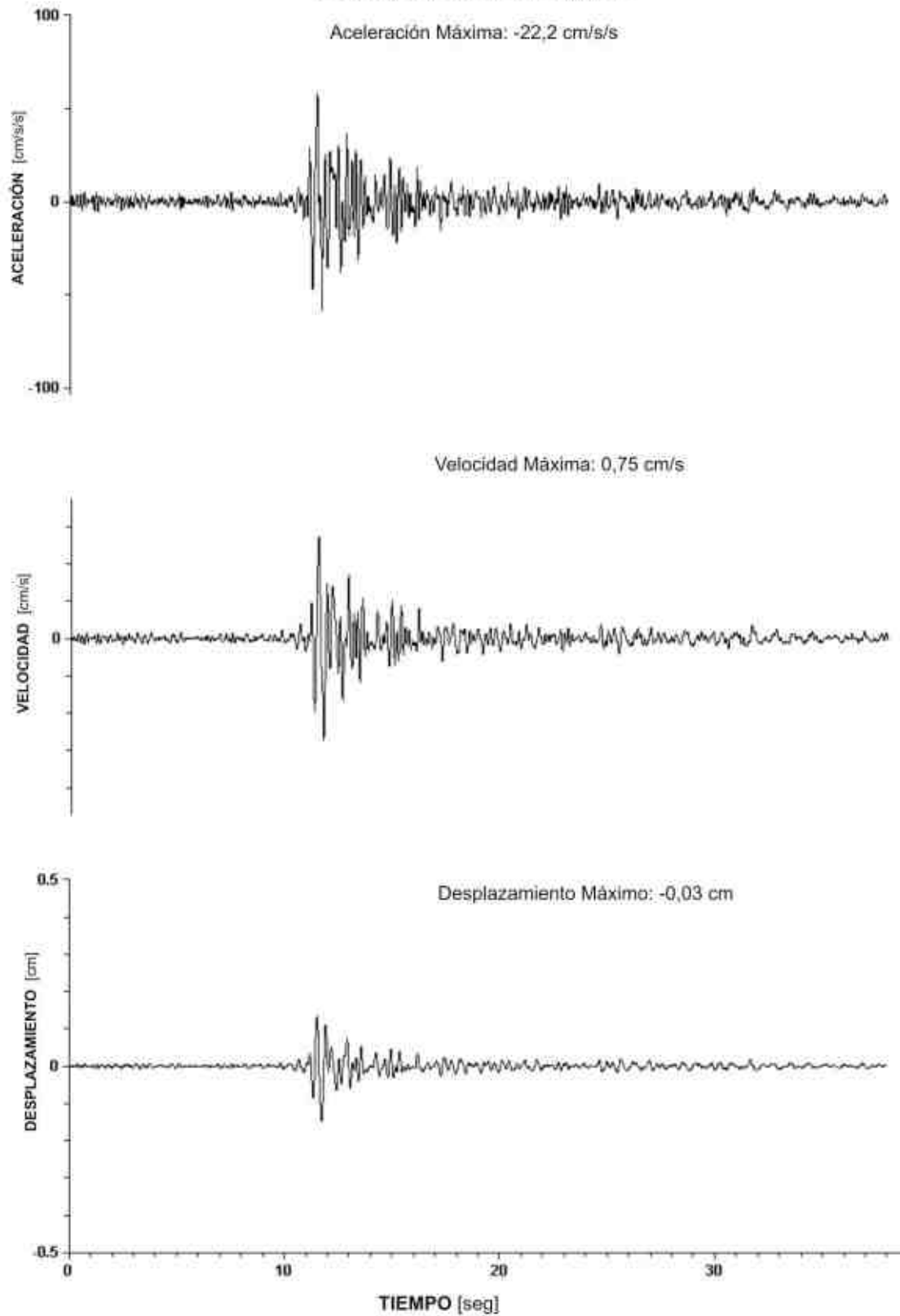


Fig. VI.7.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002

ESTACIÓN: Escuela Telforo Chanampa-EPET N°3 -Tinogasta-La Rioja

HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.

ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

COMPONENTE: VERTICAL

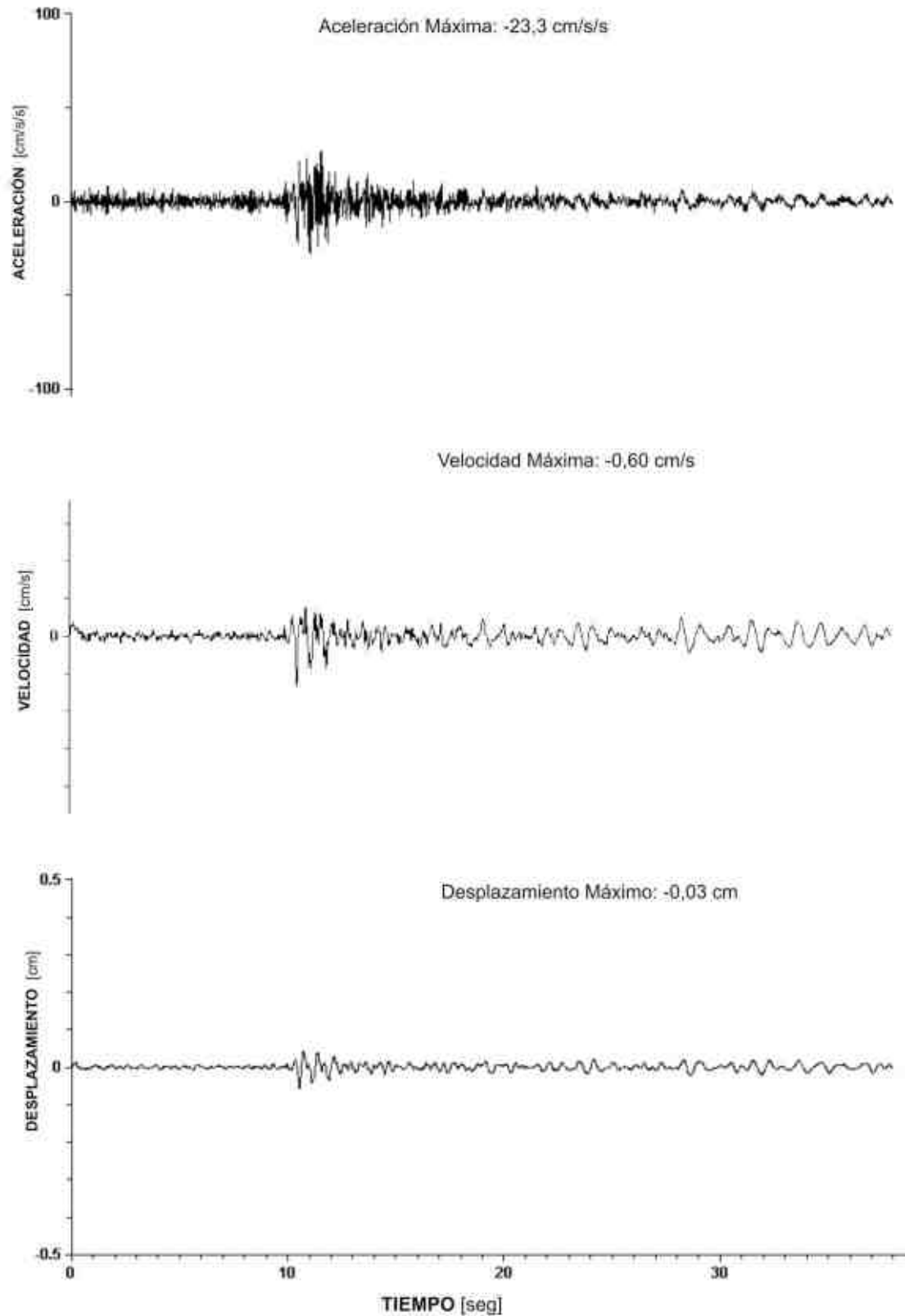


Fig. VI.8.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002

ESTACIÓN: Escuela Telforo Chanampa-EPET N°3 -Tinogasta-La Rioja

HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.

ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

COMPONENTE: TRANSVERSAL 70°

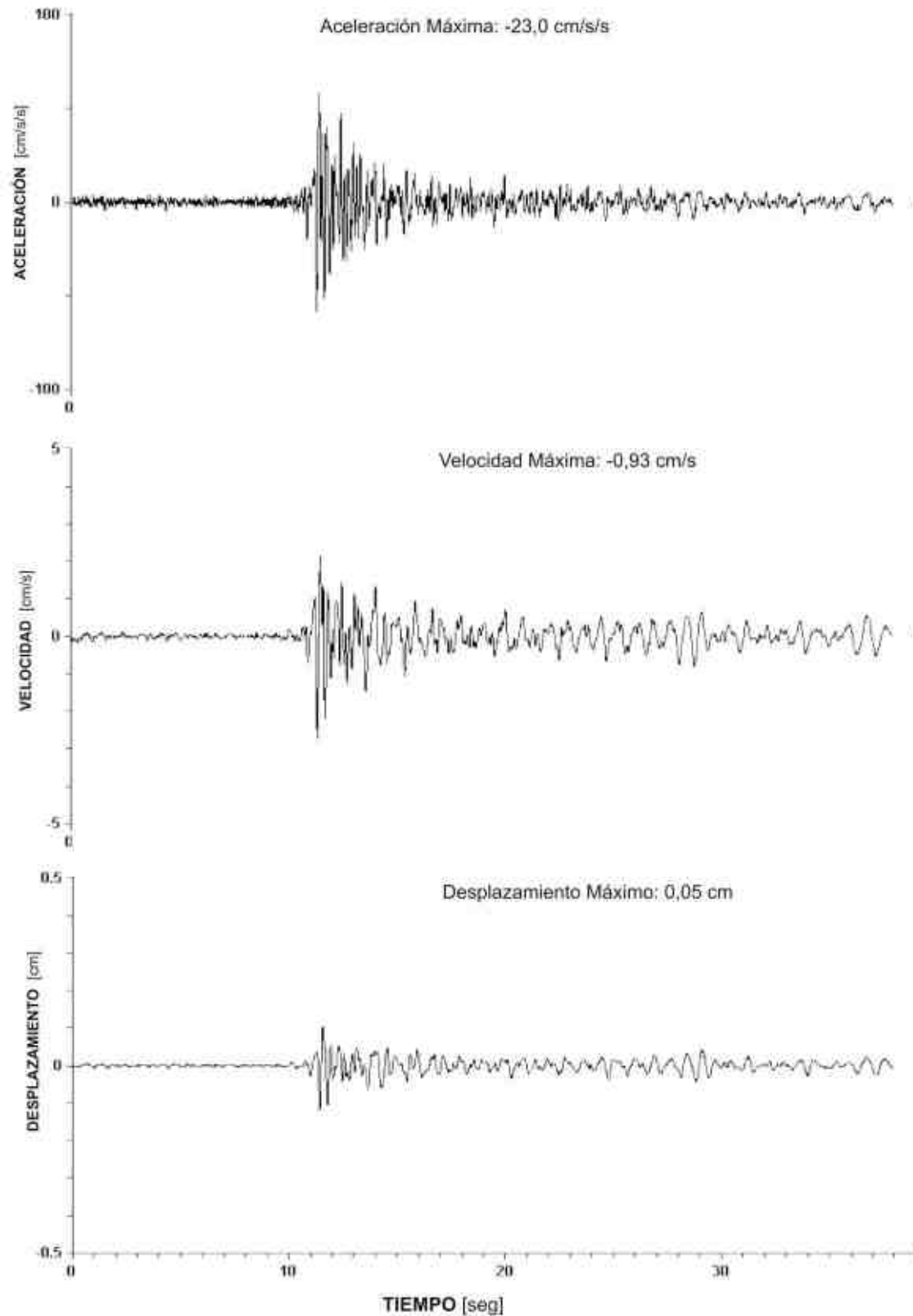


Fig. VI.9.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Dirección Nacional de Vialidad La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: SMA-1
COMPONENTE: LONGITUDINAL 265°

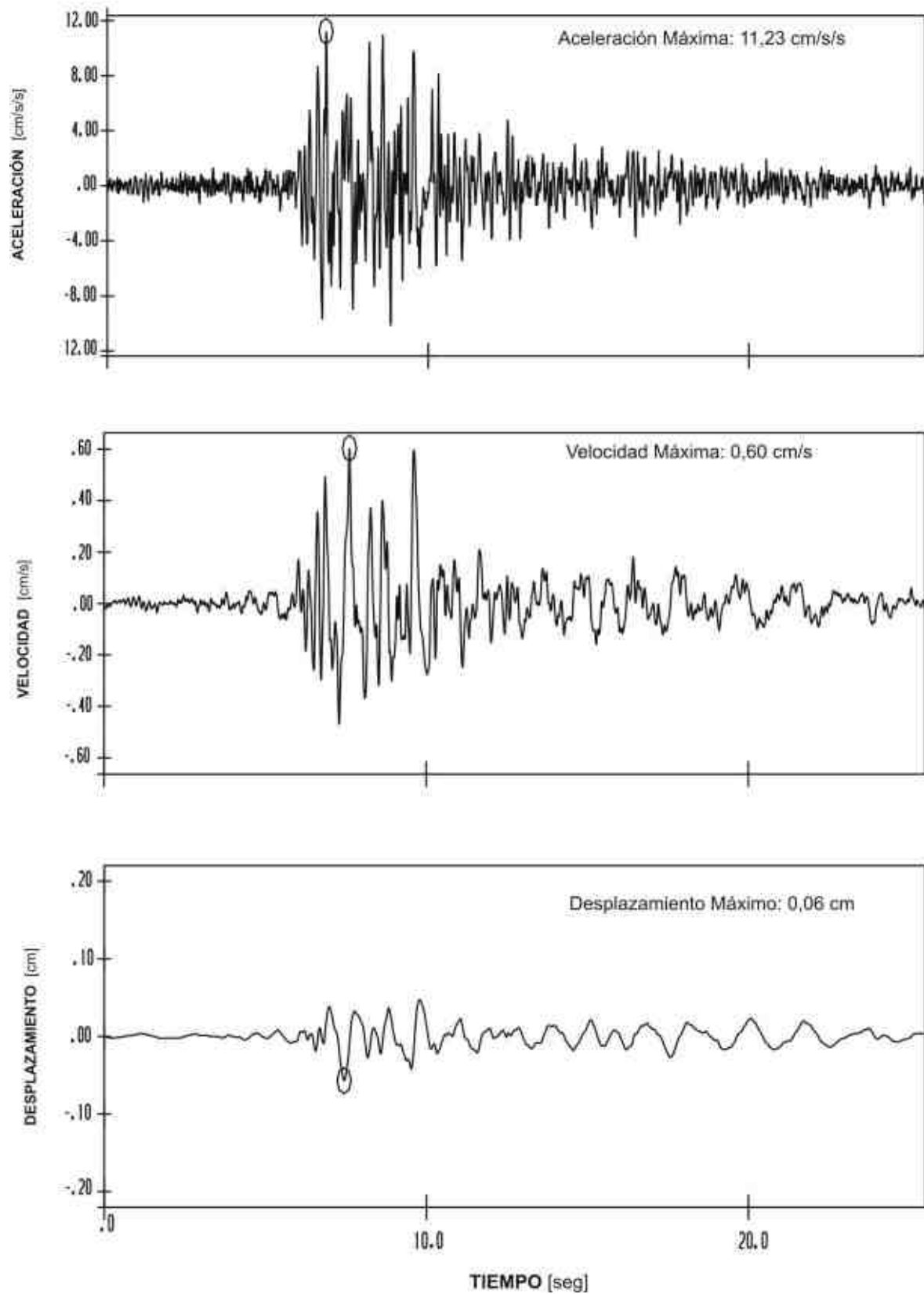


Fig. VI.10.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Dirección Nacional de Vialidad La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: SMA-1
COMPONENTE: VERTICAL

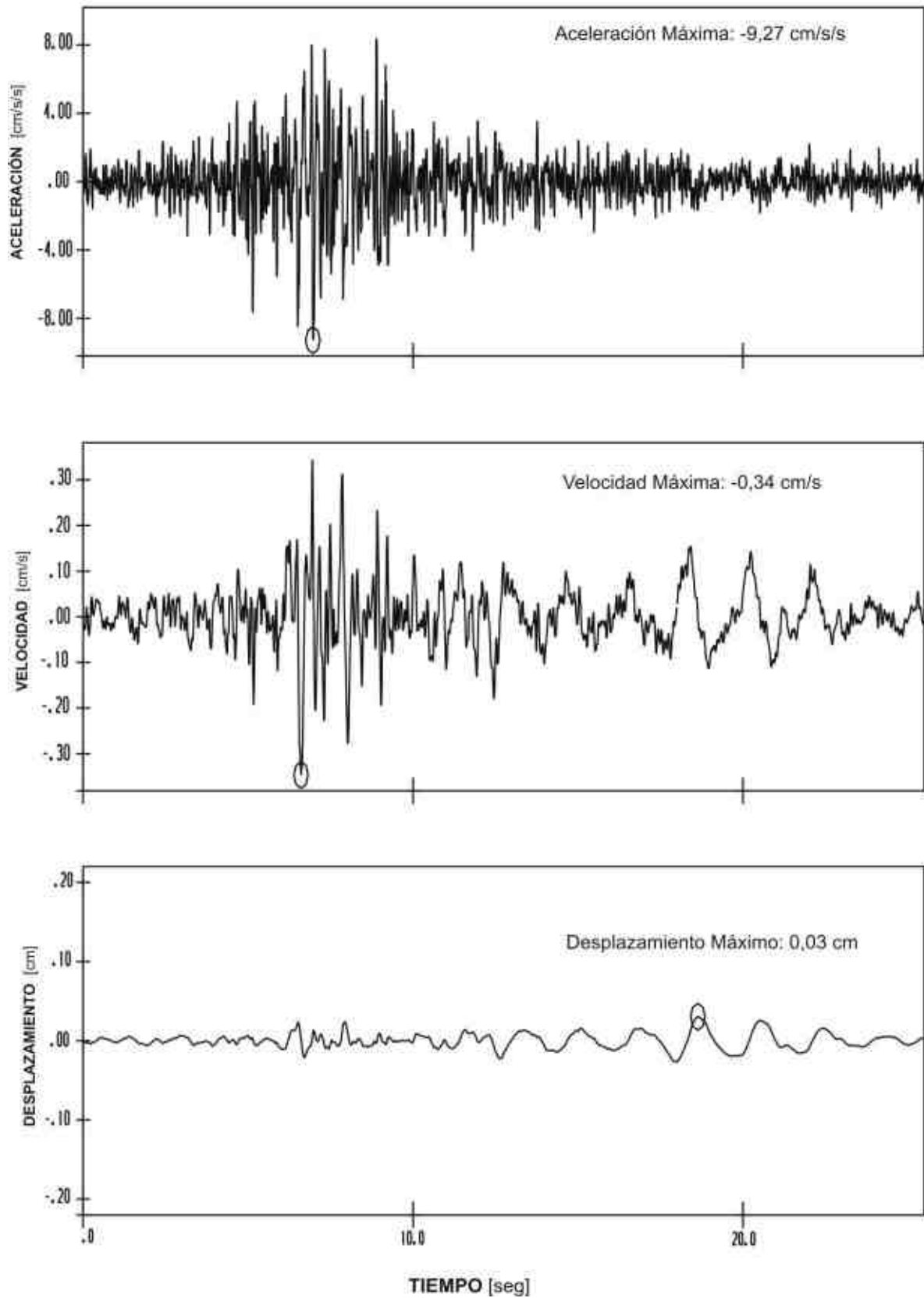


Fig. VI.11.

SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002

ESTACIÓN: Dirección Nacional de Vialidad La Rioja

HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.

ACELERÓGRAFO RECEPTOR: SMA-1

COMPONENTE: TRANSVERSAL 175°

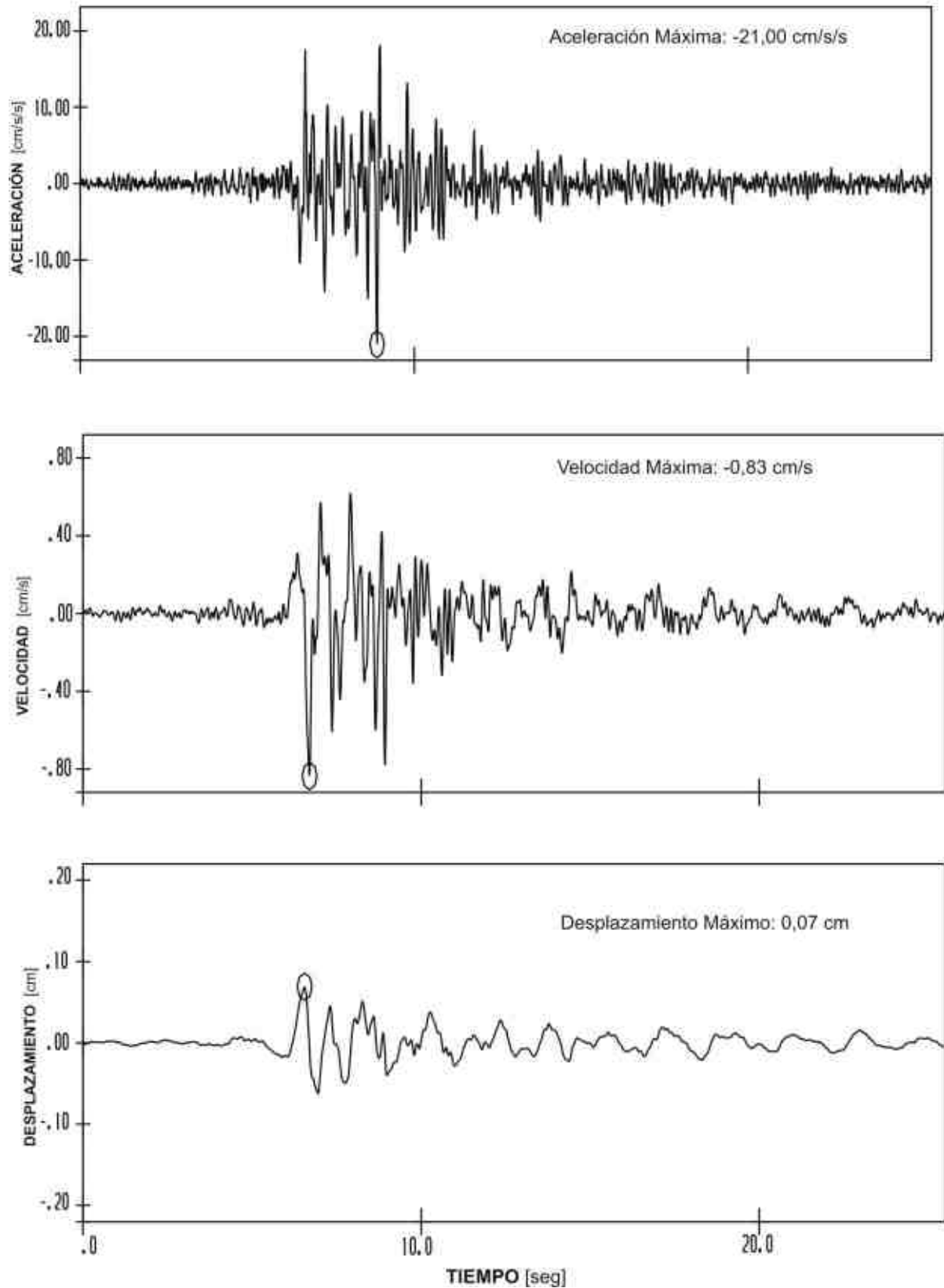


Fig. VI.12.

VI.2.- Espectros de Respuesta

Las Figuras VI.13; VI.14.; VI.15. y VI.16. presentan los espectros de pseudoaceleración de las componentes longitudinales y transversales obtenidos a partir de los valores corregidos de aceleración previamente descritos, hasta 5 segundos de período y para fracciones de amortiguamiento crítico iguales a 0%; 2%; 5%; 10% y 20%. En ellos, se destaca el importante contenido de altas frecuencias que caracterizó al sismo de La Rioja del 28 de mayo de 2002, reflejado en los períodos dominantes observados, los que se localizan entre los 0,20 y los 0,50 seg.

ESPECTROS DE PSEUDOACELERACIÓN
SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Escuela Cnel. Nicolás Barros - Anillaco - La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

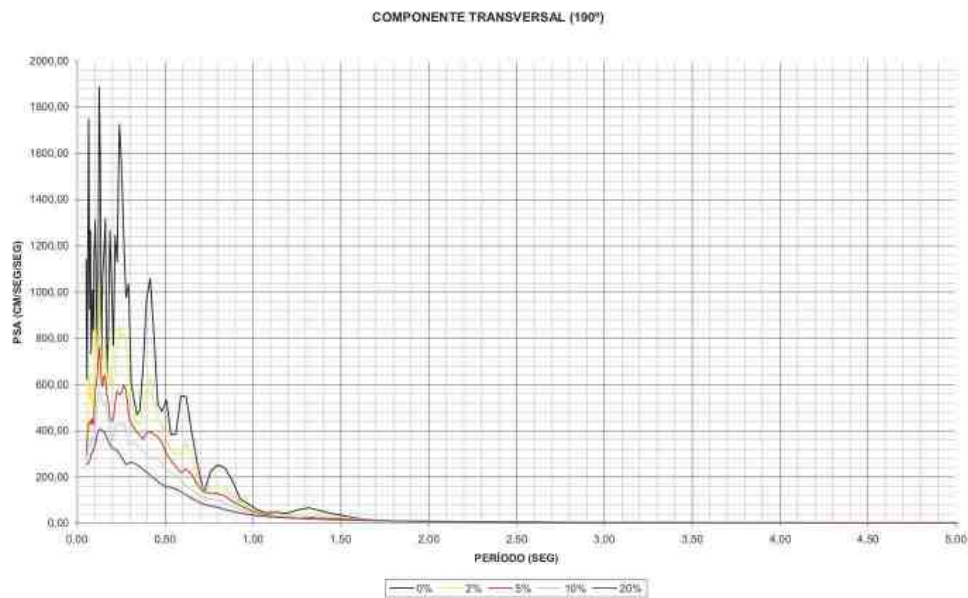
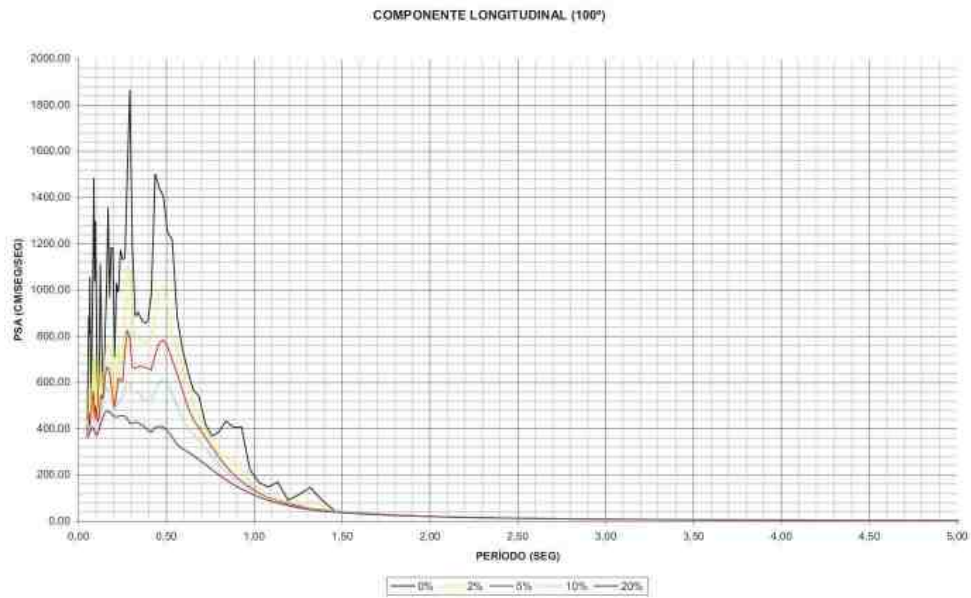
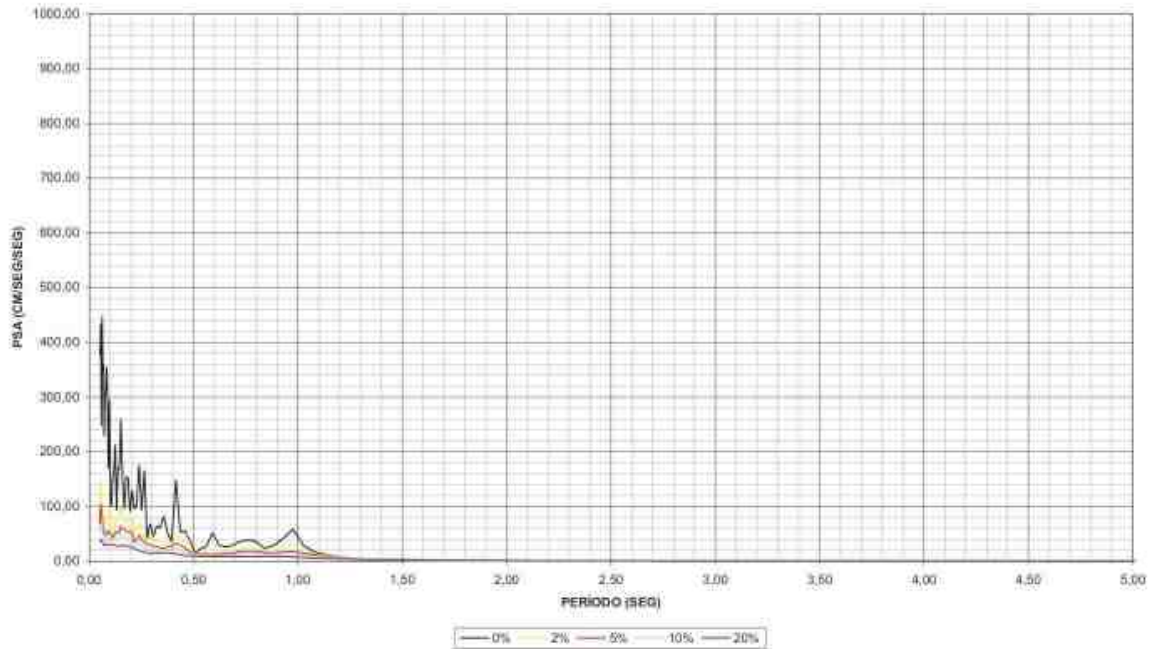


Fig. VI.13.

ESPECTROS DE PSEUDOACELERACIÓN
SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Guardia de Infantería Policía - Chilecito - La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

COMPONENTE LONGITUDINAL (-80°)



COMPONENTE TRANSVERSAL (10°)

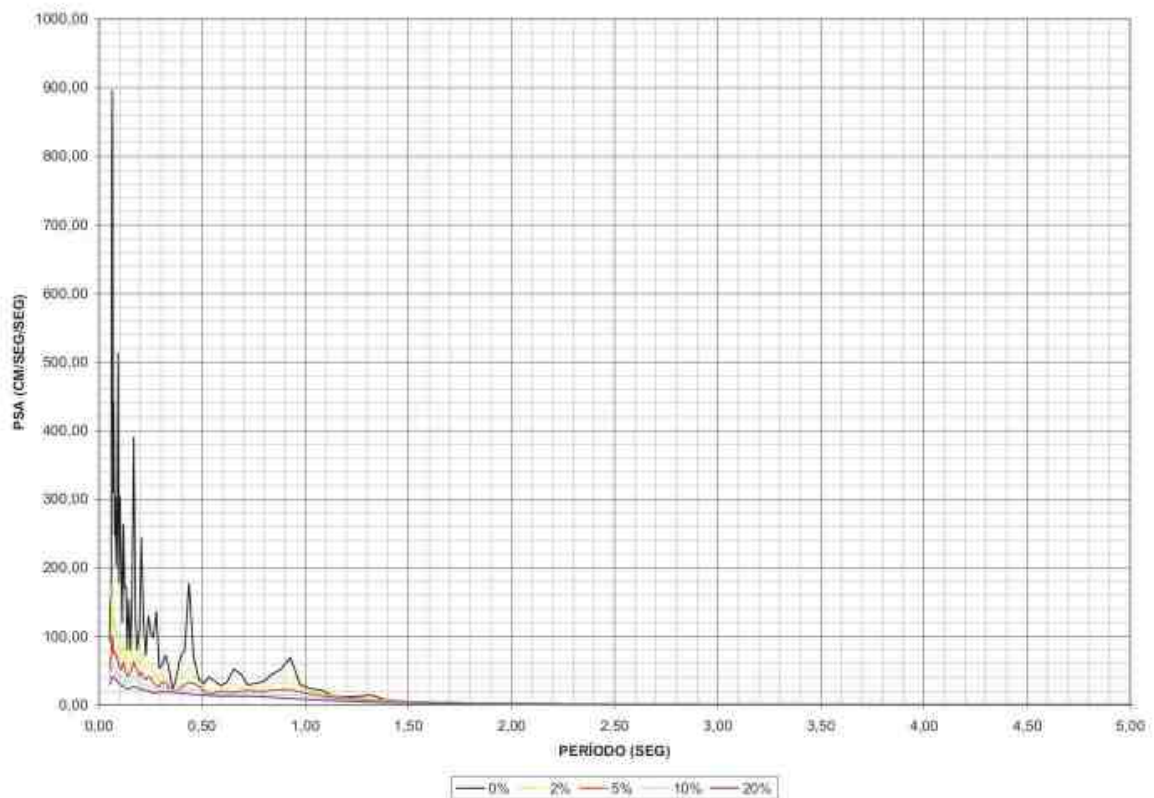


Fig. VI.14.

ESPECTROS DE PSEUDOACELERACIÓN
SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Escuela Telforo Chanampa EPET N° 4 - Tinogasta- La Rioja
HORA DE OCURRENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: IDS3602A

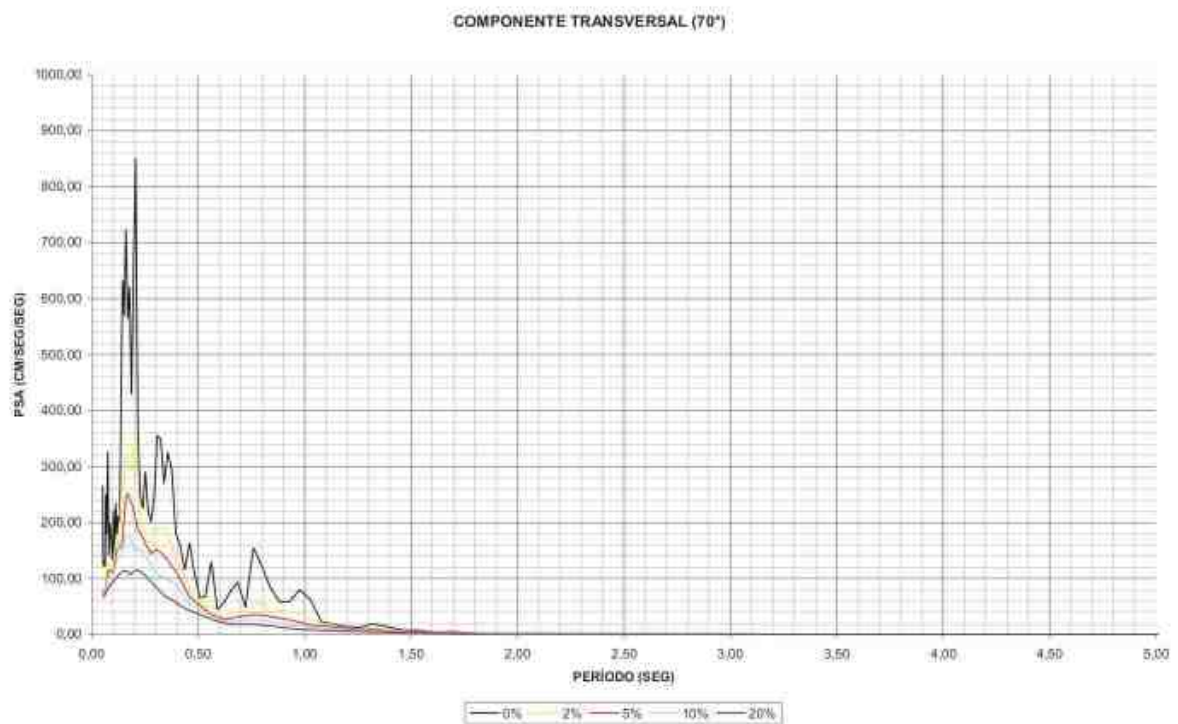
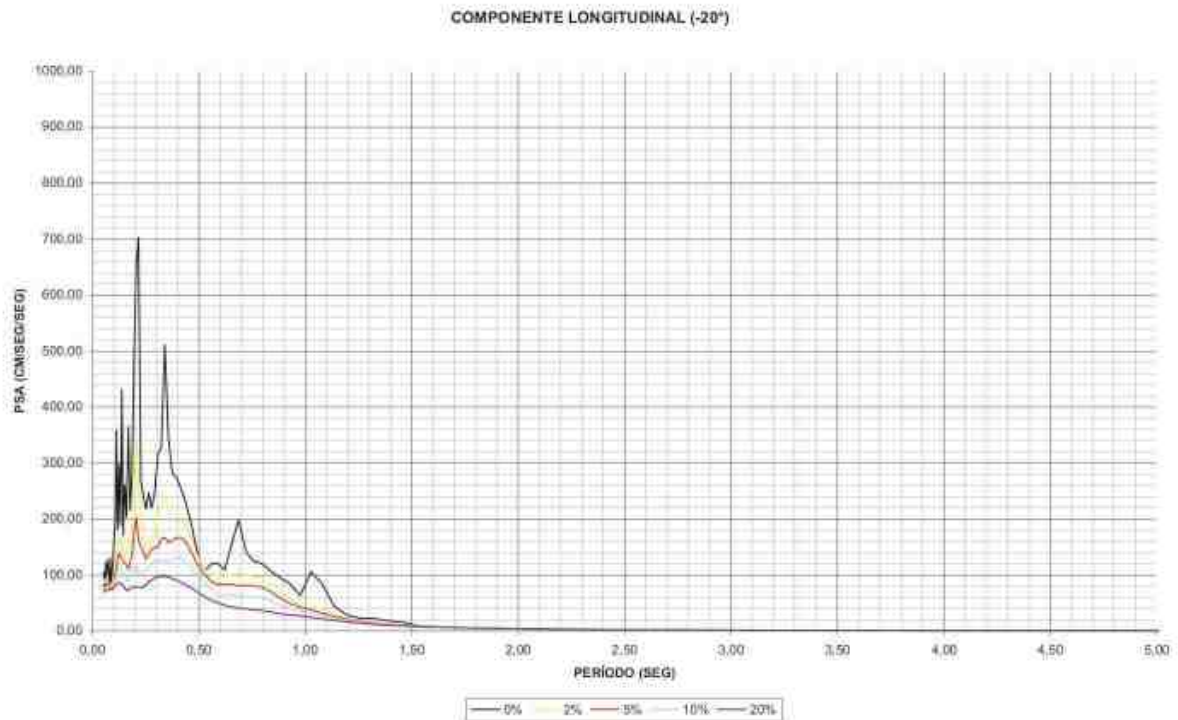
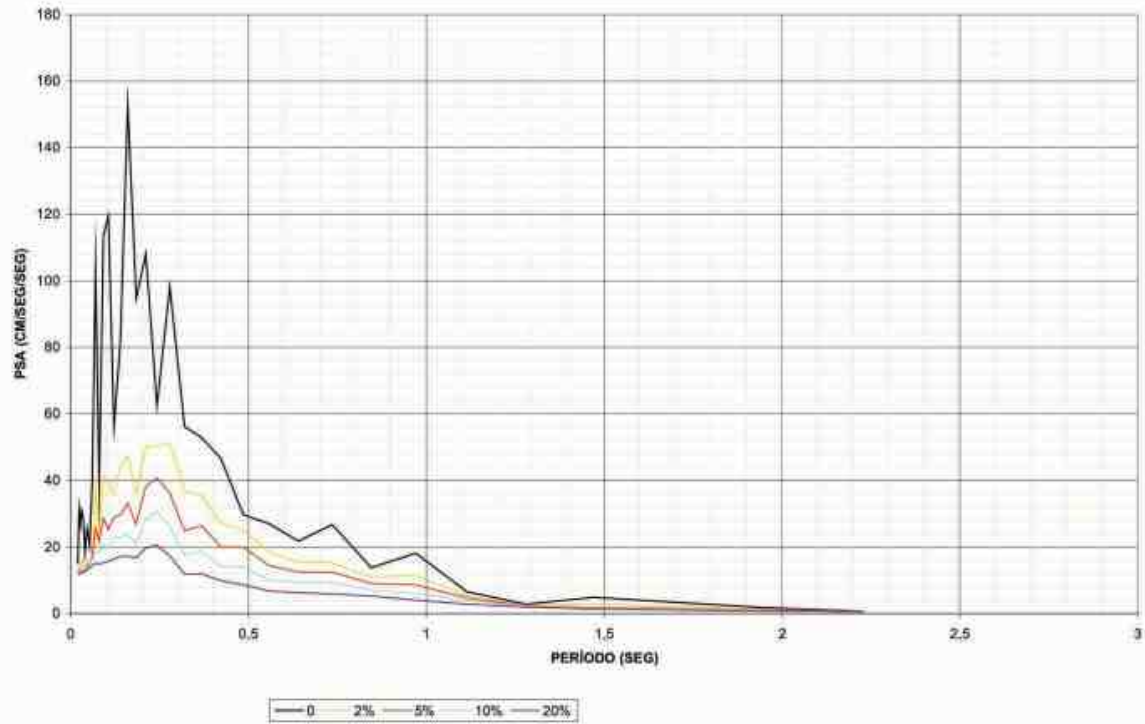


Fig. VI.15.

ESPECTROS DE PSEUDOACELERACIÓN
SISMO: LA RIOJA, 28 DE MAYO DE 2002
ESTACIÓN: Dirección Nacional de Vialidad La Rioja
HORA DE OCURENCIA: 01 hr 04 min 22,65 seg.
ACELERÓGRAFO RECEPTOR: SMA-1

LONGITUDINAL



TRANSVERSAL (175°)

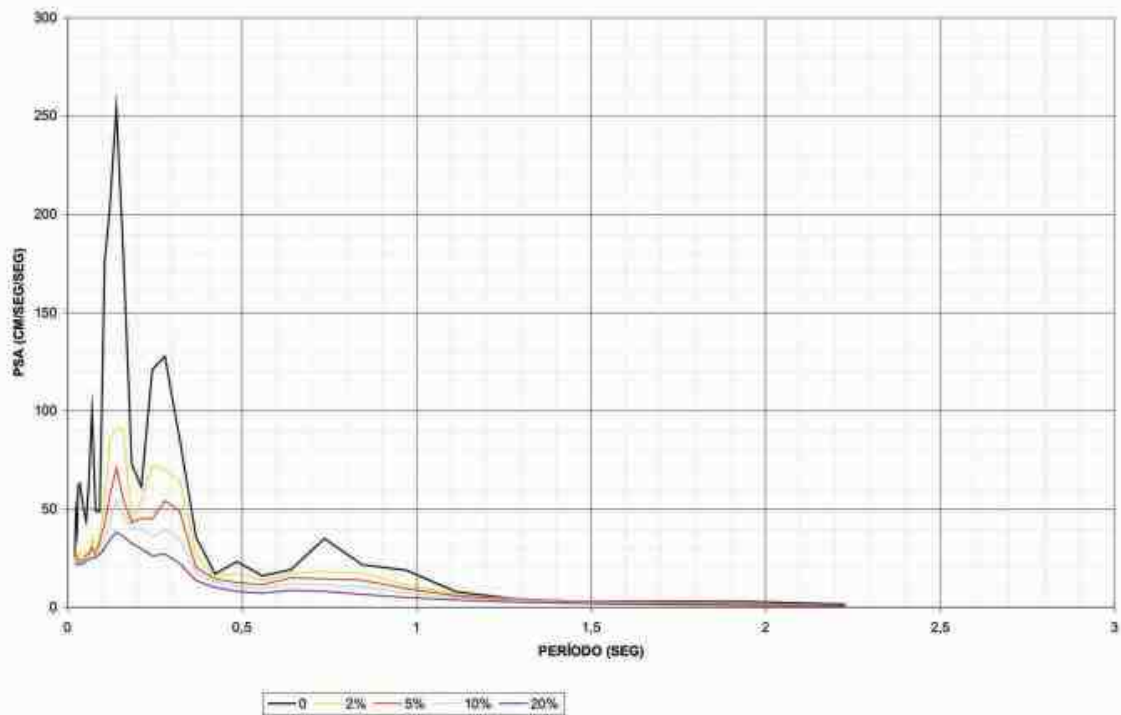


Fig. VI.16.

El máximo valor elástico espectral obtenido igual a 1870 cm/seg/seg, para 0% de amortiguamiento y un período de 0,290 seg, pertenece a la estación “Escuela Cnel. Nicolás Barros” (ubicada en la localidad de Anillaco) para su componente longitudinal. Consiguientemente, el pico espectral observado en la curva correspondiente al 5% del amortiguamiento crítico alcanzó 826 cm/seg/seg para un periodo de 0,277 seg. Este último gráfico ha sido tomado como referencia y comparado en la Fig.VI.17. con el espectro elástico de pseudoaceleraciones definido por el Reglamento INPRES-CIRSOC 103, Parte I, para la zona sísmica 2, suelo Tipo I y 5% de amortiguamiento crítico.

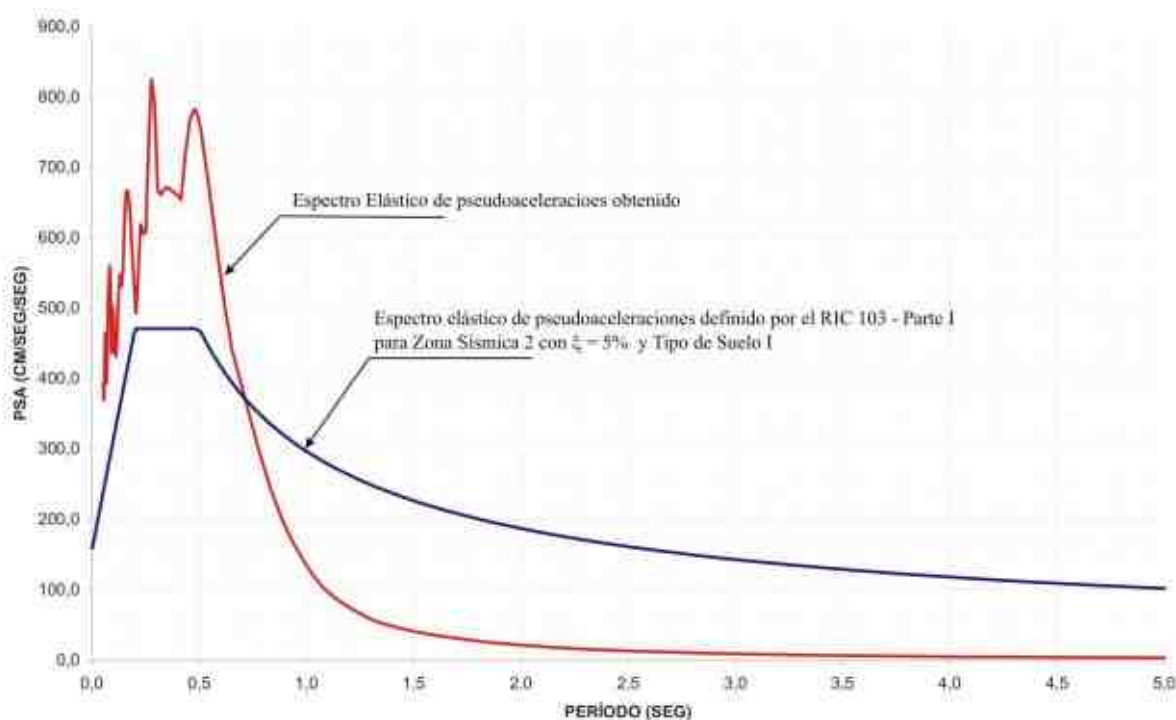


Fig. VI.17.

De la comparación se desprenden los siguientes puntos:

- La aceleración máxima del terreno generada por el evento, igual a 363 cm/seg/seg, supera holgadamente el valor provisto por el espectro de acciones del Reglamento ($a_s = 156.8$ cm/seg/seg).
- Las aceleraciones espectrales obtenidas correspondientes a períodos bajos de respuesta, exceden los valores que definen la zona espectral de aceleración constante contemplada en el Reglamento ($b = 470.6$ cm/seg/seg).
- Habiendo normalizado los valores de aceleración obtenidos con respecto a la aceleración máxima del suelo los factores de amplificación pudieron ser estimados. Los mismos resultaron ser menores a 2,33 el cual está vinculado al máximo valor de aceleración espectral calculado.
- Debido al carácter impulsivo del evento y su significativo contenido de altas frecuencias asociadas, los valores de acciones correspondientes a períodos intermedios y altos caen abruptamente.

Basados en los puntos arriba mencionados se concluye que, dado el carácter impulsivo del sismo, asociado con un contenido significativo de altas frecuencia, los espectros de acciones horizontales proporcionados por el Reglamento INPRES-CIRSOC en su Parte I, representan acabadamente las acciones de diseño a considerar en el cálculo de una estructura ubicada en la zona sísmica de análisis.

VII.- ANÁLISIS DE DAÑOS

VII.1.- Distribución de Intensidades Sísmicas

Los mayores efectos destructivos del terremoto de La Rioja ocurrieron principalmente en los departamentos de Castro Barros, Arauco y San Blas de Los Sauces, los cuales se manifestaron, en especial, como daños en las construcciones convencionales ya que éstos no fueron de importancia en las obras de infraestructura, ni tampoco se produjeron relevantes fenómenos de suelo.

Además, esos efectos no presentaron una distribución uniforme sino que se produjeron concentraciones de daños en las localidades cercanas al epicentro, lo que es característico de los terremotos de campo cercano, debido a sus particularidades de radiación de energía sísmica y a factores propios del lugar, tales como la topografía, el suelo de fundación y el tipo de edificación.

En las localidades de Chuquis, Pinchas y Agua Blanca el evento habría alcanzado el grado VIII de intensidad en la escala Mercalli Modificada, mientras que en Aminga, Las Peñas y Anillaco el sismo fue percibido con una intensidad de grado VII.

Estas localidades sufrieron los daños más importantes durante el terremoto, tanto por el número de construcciones afectadas como por la magnitud de los mismos. En general, los daños predominantes se produjeron en construcciones de adobe o mampostería de bloques cerámicos huecos u hormigón. Se manifestaron como grietas en las paredes, corrimientos de techos y muros fuera de la vertical, con pocos colapsos totales. Numerosas viviendas de adobe resultaron con graves daños y varias con colapsos parciales, también construcciones de mampostería quedaron gravemente dañadas, especialmente las escuelas de estas localidades.

En las localidades de Los Molinos, Anjullón, Villa Mazán, Cebollar, Famatina y otras localidades cercanas, los daños ocasionados por el terremoto no alcanzaron los niveles anteriores siendo la intensidad de grado VI.

En la ciudad de La Rioja, Chilecito, San Blas, Huillapima y en otras localidades la intensidad alcanzó el grado V.

En la capital, debido a la presencia de la Sierra de Velasco, que actuó como barrera sísmica, no hubo daños de importancia. Esto es así, ya que se observaron daños puntuales (fisuras, pequeñas grietas, caída de revoques, etc.) en construcciones de adobe, mixtas (adobe y mampostería sin encadenado), de mampostería de ladrillos cerámicos macizos y huecos, de bloques de hormigón y en aquéllas cuya estructura estaba conformada por vigas y columnas de hormigón armado sin provisiones sismorresistentes.

En San Fernando del Valle de Catamarca, Frias, Tinogasta, Villa Castelli, Patquía y en otras poblaciones más pequeñas la intensidad fue de grado IV. En las ciudades de Córdoba, Tucumán, Santiago del Estero y San Juan el sismo fue percibido con una intensidad de grado III.

En virtud de lo anterior, se confeccionó el mapa de isosistas correspondiente al evento principal (*Fig. VII.1.*).

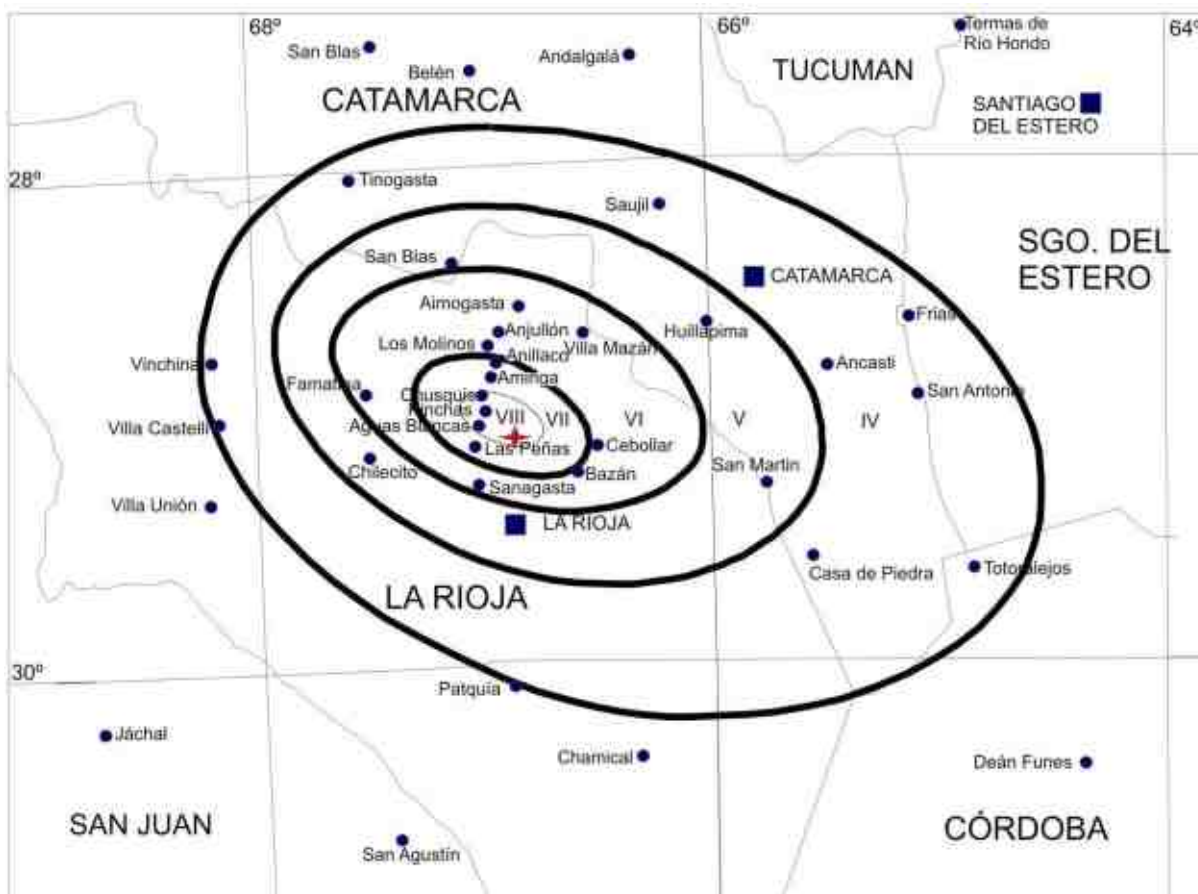


Fig. VII.1. Isosistas del sismo de La Rioja del 28 de mayo de 2002

VII.2.- COMPORTAMIENTO DE CONSTRUCCIONES SIN PREVISIONES SISMORRESISTENTES

Es importante destacar que más del 90% de las construcciones existentes en la zona de La Costa, la más afectada, no poseen previsiones sismorresistentes. Del mismo modo se puede estimar que en la ciudad de La Rioja ese porcentaje es de alrededor del 80%.

VII.2.1.- Descripción general de viviendas típicas de adobe dañadas por el sismo.

Una vivienda típica de las numerosas afectadas por el sismo presenta las siguientes características:

- ✓ Cimientos comunes de piedra apisonada con barro y/o con mortero de cal.
- ✓ Muros de adobe de 0,30m a 0,40m con alturas que varían de 3,00m a 3,50m.
- ✓ Techos de madera, caña y barro. La estructura del techo en general está constituida por vigas o rollizos de madera dispuestos en una dirección, con alfajías o tirantes en la otra dirección. Sobre ellas se disponen cañas que se cubren con barro y luego una cubierta hidrófuga (Fig. VII.2).

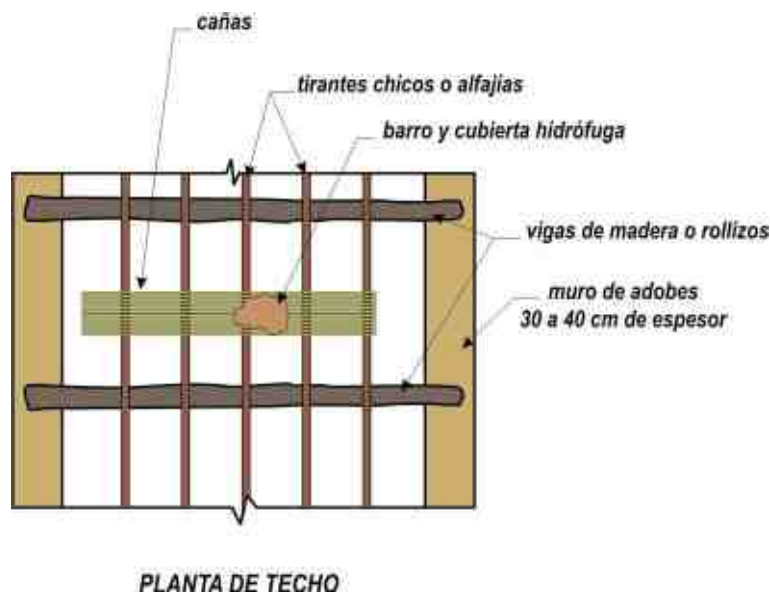


Fig. VII.2.

- ✓ Aberturas (puertas y ventanas) de tipo convencional económico y de dimensiones normales (puertas de 0,70m a 0,80m de ancho por 2,00m de altura y ventanas de 1,00m a 1,20m de alto, con anchos diversos).
- ✓ Baños con instalaciones standard y en muchos casos con agua caliente y revestimientos tipo "vicri" o azulejos.
- ✓ En muchos casos poseen cielorrasos de diferentes tipos.
- ✓ Muros revocados a la cal y pintados.
- ✓ Pisos de tipo calcáreo. En algunos casos, en ciertos ambientes son graníticos o parquet.
- ✓ Fachadas con cierta calidad de terminación.
- ✓ Sobre las aberturas, en determinados casos, se disponen dinteles de hormigón armado; en otros, rollizos de madera.

Las casas afectadas por el sismo son viviendas permanentes con las características generales señaladas, que de ninguna manera pueden calificarse como precarias o de emergencia.

VII.2.2.- Fallas observadas en viviendas de adobe

VII.2.2.1.- Colapso de muros por efectos de acciones sísmicas normales a su plano.

En general, este tipo de falla se observa en muros de más de 3,00m de altura. Se produce por falta de apoyo del muro en su borde superior, lo que implica la ausencia de estructura de techo con capacidad para transmitir cargas horizontales a los muros dispuestos paralelamente a la acción del sismo.

Además, se presenta la rotura de la conexión o unión con los muros perpendiculares al considerado.

La falla sobreviene por flexión (*Fig. VII.3.; Fotografías VII.1. y VII.2.*).

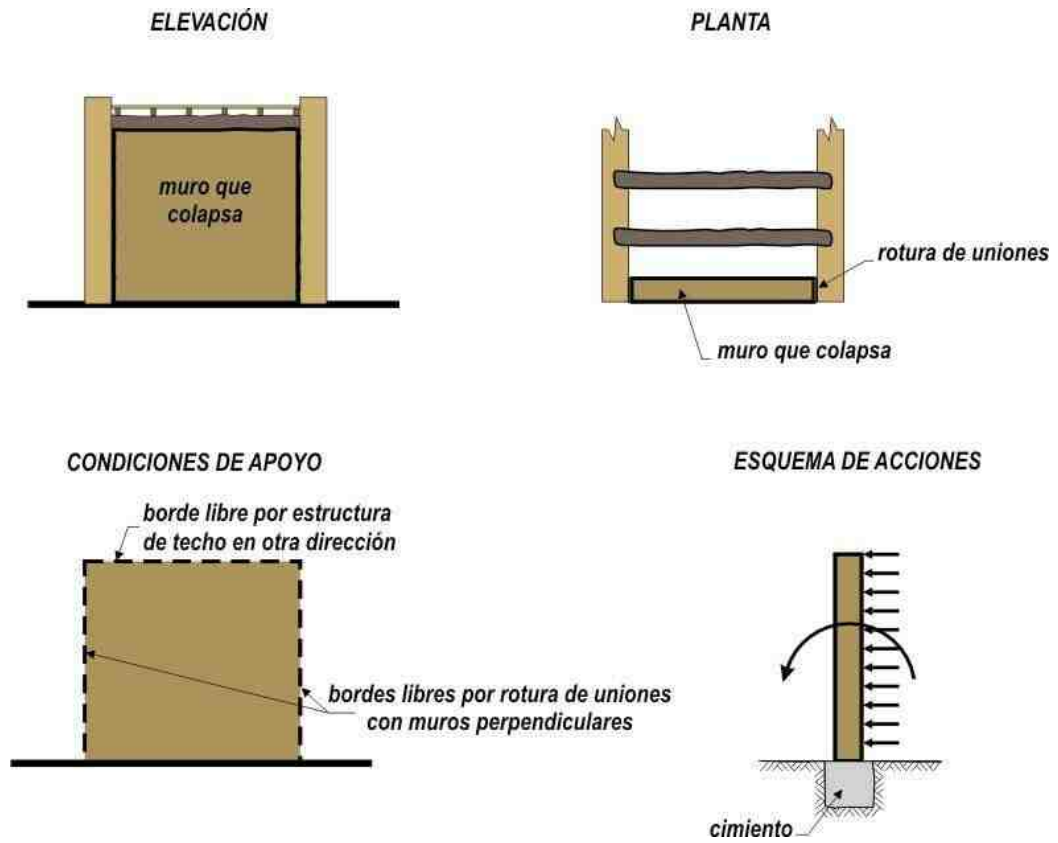
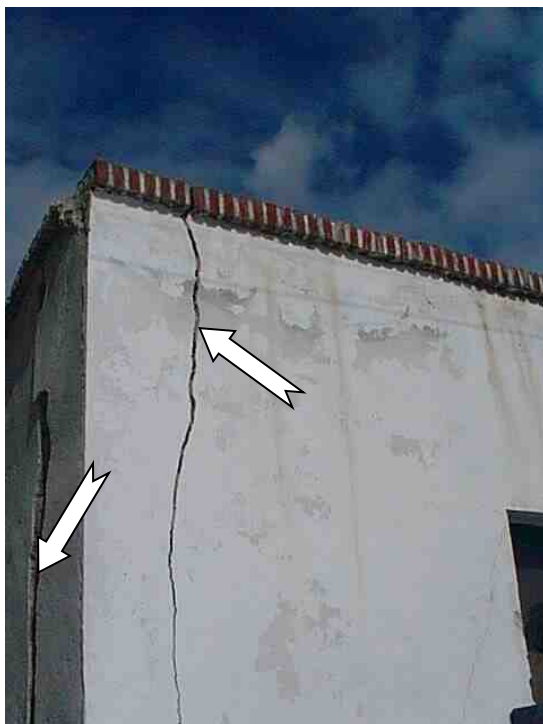


Fig. VII.3.



Fotografía VII.1.



Fotografía VII.2.

Por otra parte, se detecta una fuerte tendencia general de falla en ochavas o paredes en arco, con agrietamientos diagonales (Fig. VII.4.; Fotografía VII.3.). Este tipo de falla es una constante.

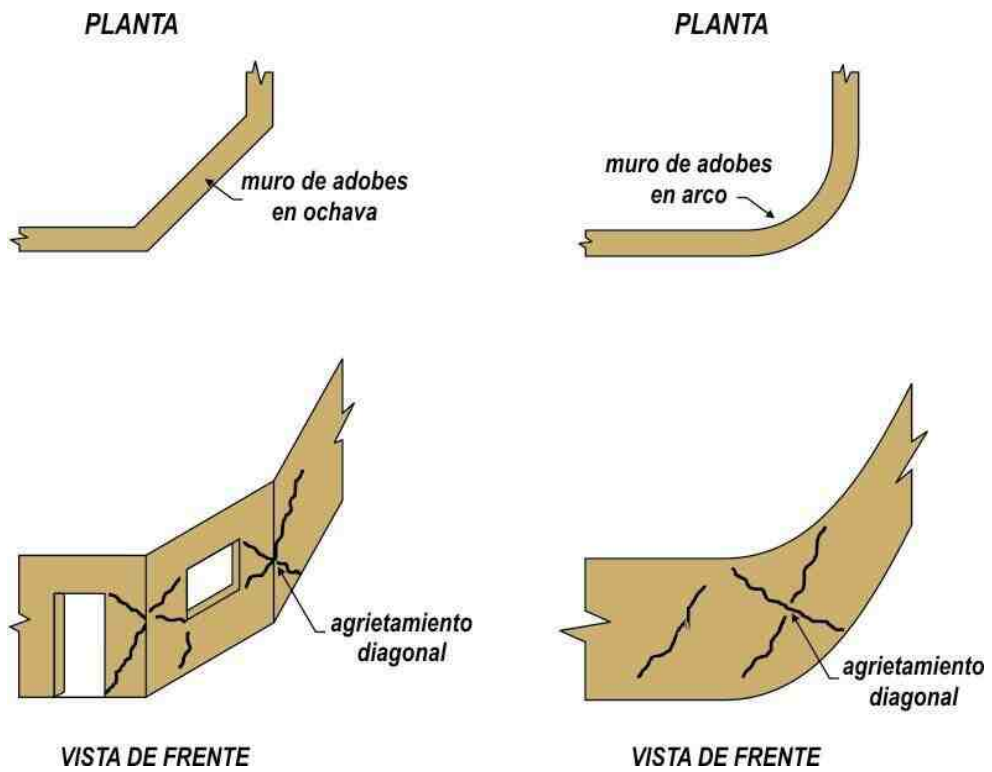


Fig. VII.4.



Fotografía VII.3.

La separación o roturas de uniones entre muros es sumamente frecuente y prácticamente se ha observado en la generalidad de los casos (*Fig. VII.5.; Fotografía VII.4.*).



Fig. VII.5.



Fotografía VII.4.

La antigüedad promedio de las construcciones de adobe oscila, en general, entre 40 y 60 años.

VII.2.2.2.- Fallas de cornisas y parapetos

Se produjo la caída de cornisas de las construcciones de adobe y de mampostería en una elevada proporción (Fig. VII.6.; Fotografía VII.5.).

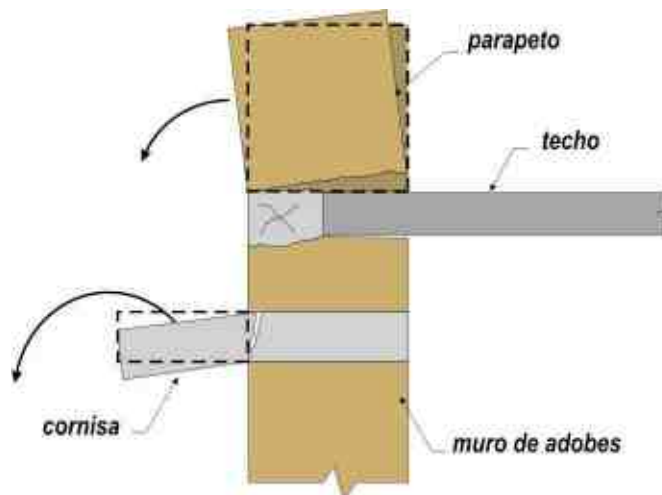
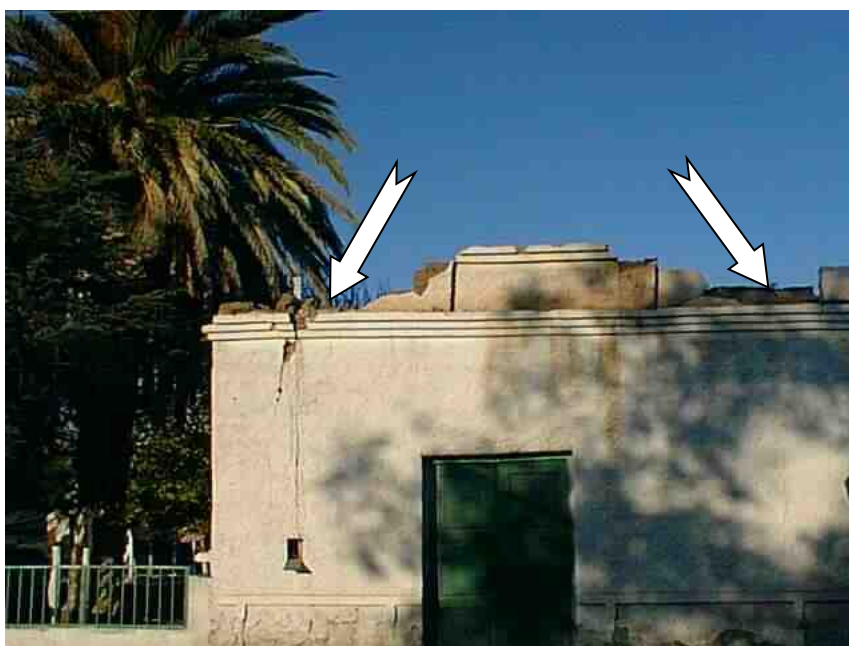


Fig. VII.6.



Fotografía VII.5.

VII.2.3.- Comentarios generales sobre el comportamiento de las construcciones de adobe.

- ✓ Se observa una cierta tendencia o preponderancia a que la falla originada por fuerzas contenidas en el plano del muro se produzca a través de las juntas. Pero esto no excluye de ninguna manera la falla a través del adobe.

- ✓ En varios casos se ha detectado una degradación marcada del barro de las juntas (casi ha quedado tierra suelta). Este deterioro puede ser ocasionado por las variaciones de humedad.
- ✓ El origen del empleo del adobe se considera que obedece a razones económicas y de aislación térmica.
- ✓ En algunos casos se ha detectado que el adobe es utilizado en viviendas de cierta categoría. Dichas construcciones cuentan con pisos de buena calidad, revestimientos de azulejos, agua caliente, instalación de gas, fachadas de materiales costosos, etc.
- ✓ El adobe parece ser fabricado en forma sistemática y no elaborado cerca de la obra. Ello puede inferirse por el tipo de corte que presenta y la relativa regularidad de las dimensiones

VII.2.4.- Comportamiento general de construcciones mixtas.

En las zonas más afectadas por el sismo se ha observado la existencia de un número significativo de construcciones, en su mayoría de una planta destinada a viviendas, en que los muros de la fachada frontal y en ciertos casos algunos muros internos, son de mampostería de ladrillos cerámicos macizos o bloques cerámicos huecos o bloques de hormigón, y el resto de adobe. Estas construcciones son, por lo general, de más reciente data que las conformadas solamente por muros de adobe.

Estas edificaciones de tipo mixto, sufrieron en general, daños muy graves, de carácter similar a los descritos para las de adobe. Los muros de ladrillos cerámicos y de bloques de hormigón tuvieron un comportamiento algo mejor que los de adobe, pero el comportamiento en conjunto fue inadecuado.

La utilización de esta tipología constructiva no resulta aconsejable en zonas con el grado de peligrosidad sísmica de la provincia de La Rioja.

VII.2.5.- Descripción y comportamiento sísmico de escuelas e iglesias.

En este apartado se describen e interpretan los efectos del terremoto sobre algunas escuelas e iglesias (edificaciones de cierta envergadura) ubicadas en el departamento de Castro Barros, es decir, la zona más afectada.

Considerando que en estas construcciones el factor ocupacional es sumamente importante y por ende la trascendencia que tienen los daños que en ellas ocurrieron y que puedan ocurrir como consecuencia de movimientos sísmicos futuros, es que se analizan de modo particular, indicándose en cada caso el tipo de estructura que poseen, los daños observados y se sugieren las reparaciones más convenientes con el propósito de habilitarlas o demolerlas a la brevedad.

Escuela N° 23 “VÍCTOR ARMANDO LEDESMA”

LOCALIDAD: LAS PEÑAS

ESTRUCTURA: Muros de mampostería de bloques huecos de hormigón sin encadenado superior, con techo de viguetas, ladrillos y capa de compresión de hormigón.

DAÑOS OBSERVADOS: Fuerte agrietamiento vertical en muros en las adyacencias de columnas, e inclinado por tracción diagonal; asentamientos diferenciales del terreno.

RECOMENDACIONES: Inhabilitación inmediata del establecimiento por peligro de colapso parcial o total. Es necesaria su demolición. Ínter tanto se debe crear una zona de exclusión perimetral

Escuela “MARÍA ESTELA TORRES DE SUFÁN”

LOCALIDAD: AGUA BLANCA

ESTRUCTURA: Muros de mampostería de bloques huecos de hormigón con encadenados verticales y horizontales. Techo de estructura liviana.

DAÑOS OBSERVADOS: Fisuración leve y puntual en muros.

RECOMENDACIONES: No necesita refuerzo estructural. Puede habilitarse.

Escuela N° 57 “BERNARDINO RIVADAVIA”

LOCALIDAD: PINCHAS

ESTRUCTURA: Muros de mampostería de ladrillos cerámicos macizos sin encadenados (verticales y horizontales), con techo inclinado (a dos aguas) conformado por viguetas, ladrillos y capa de compresión de hormigón. Las losas apoyan en vigas de hormigón armado que siguen la pendiente del techo. Estas vigas están simplemente apoyadas en los muros perimetrales.

DAÑOS OBSERVADOS: Fuerte agrietamiento en los muros transversales (este-oeste) del pabellón de mayor longitud. El daño se profundiza hacia el norte, con deterioro prácticamente total en el muro perimetral con mojinete. Agrietamiento diagonal en el muro longitudinal perimetral ubicado en el lado este. Leve agrietamiento en el muro longitudinal (norte-sur) central en correspondencia con el encuentro con los muros transversales que dividen las aulas.

RECOMENDACIONES: Incorporación de estructura sismorresistente al pabellón de mayor longitud (norte-sur).

Los trabajos de refuerzo que se sugieren se enumeran a continuación:

- a) Demolición y reemplazo de todos los muros transversales incorporando los encadenados verticales y horizontales de hormigón armado reglamentarios, de acuerdo con el detalle de la Fig. VII.7.

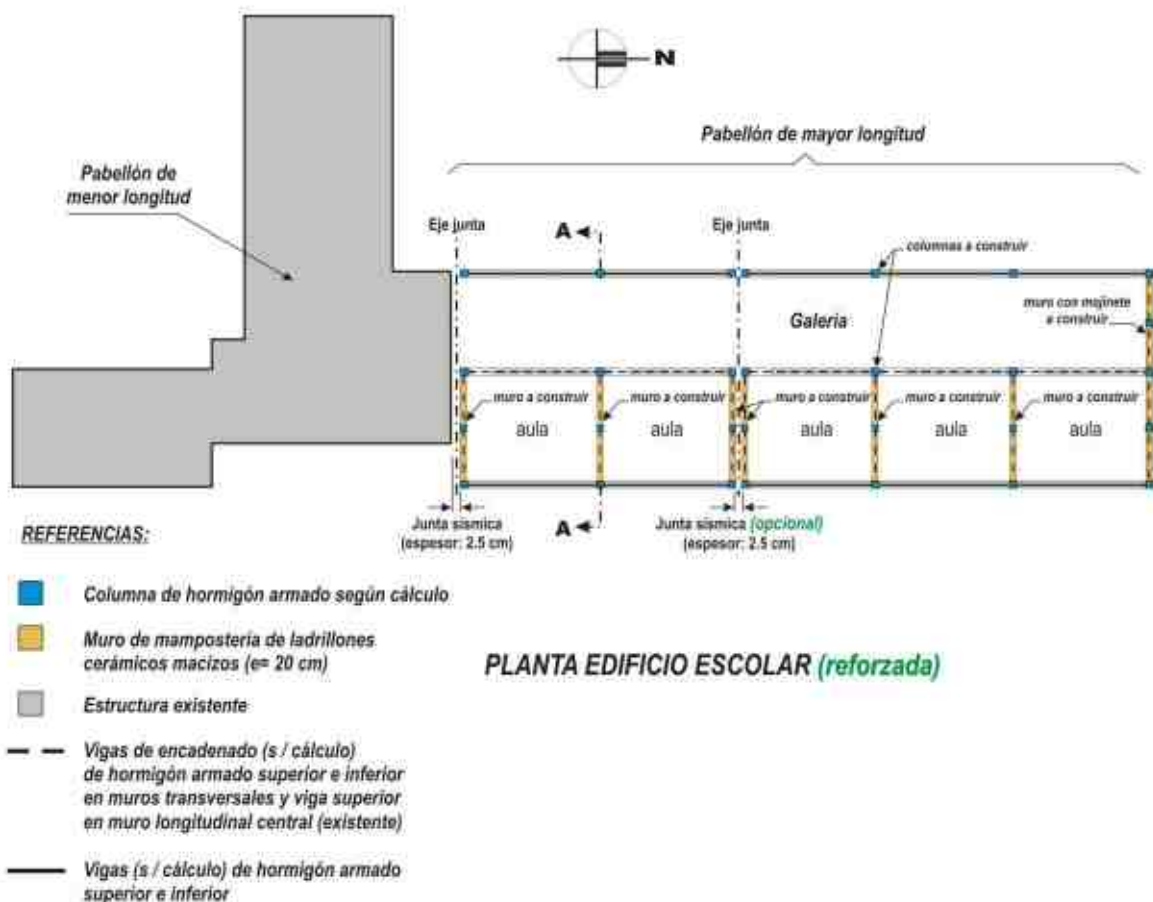


Fig. VII.7.

b) Construcción de vigas superior e inferior de hormigón armado en los muros longitudinales perimetrales y central. Las vigas mencionadas dispuestas sobre los muros perimetrales deberán vincularse con las vigas inclinadas existentes del techo que soportan las losas, de acuerdo con la Fig. VII.8.

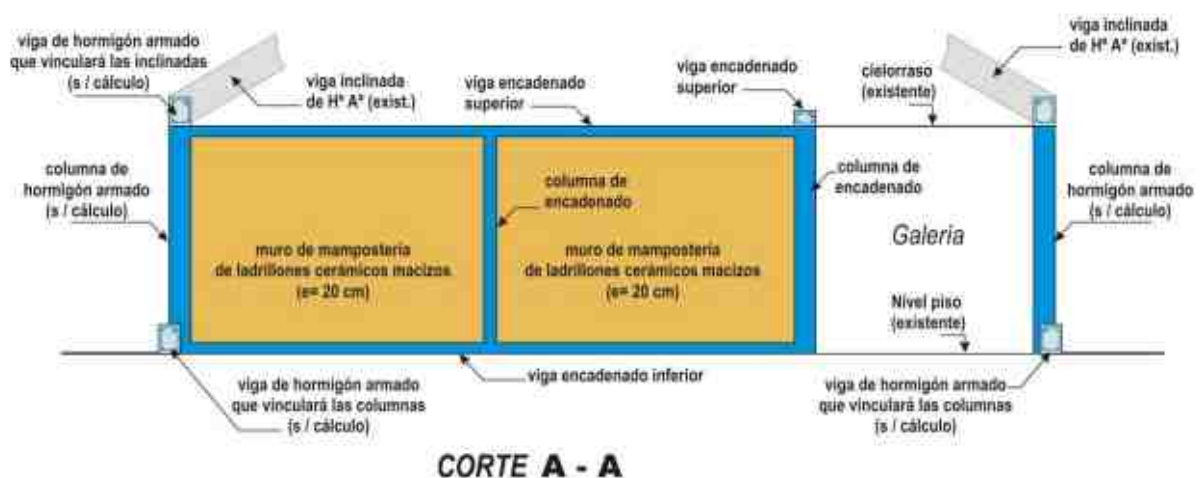


Fig. VII.8.

- c) Las columnas de hormigón armado se dispondrán en correspondencia con la intersección de los muros perimetrales con los transversales, y deberán contar con sus respectivas bases. Éstas deberán vincularse mediante vigas de fundación de acuerdo con la Fig. VII.9.

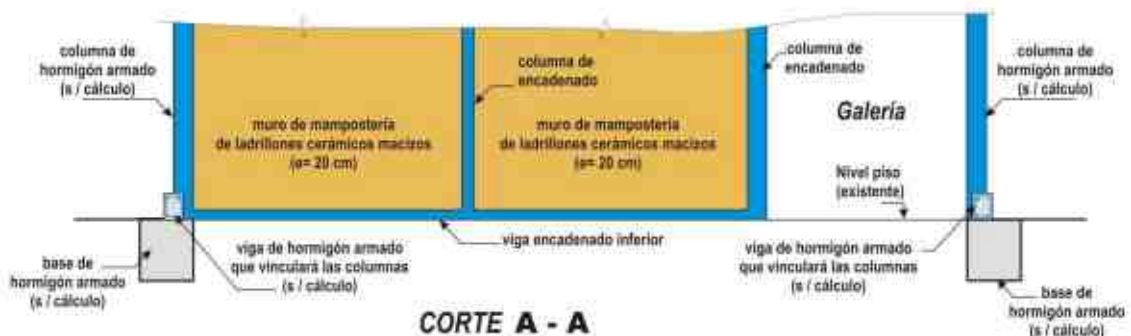
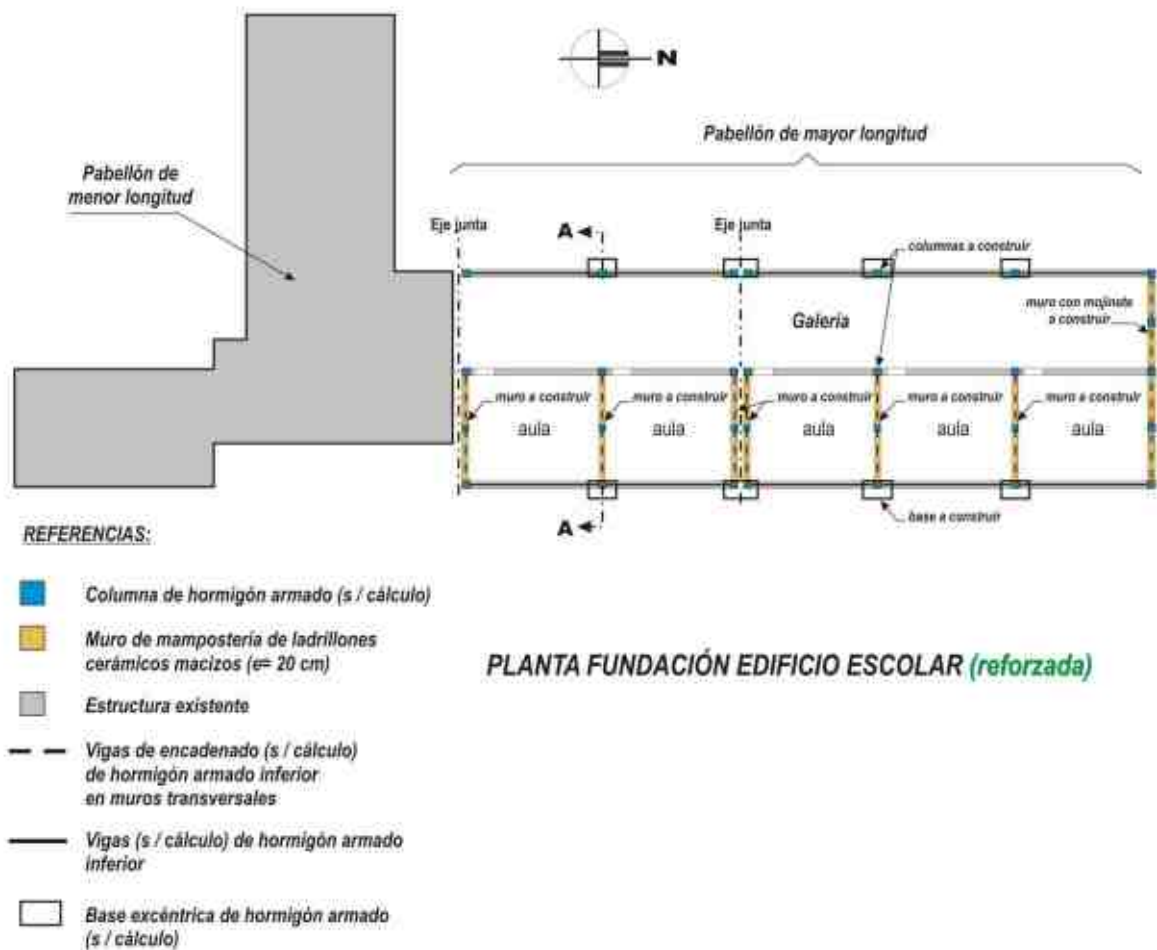
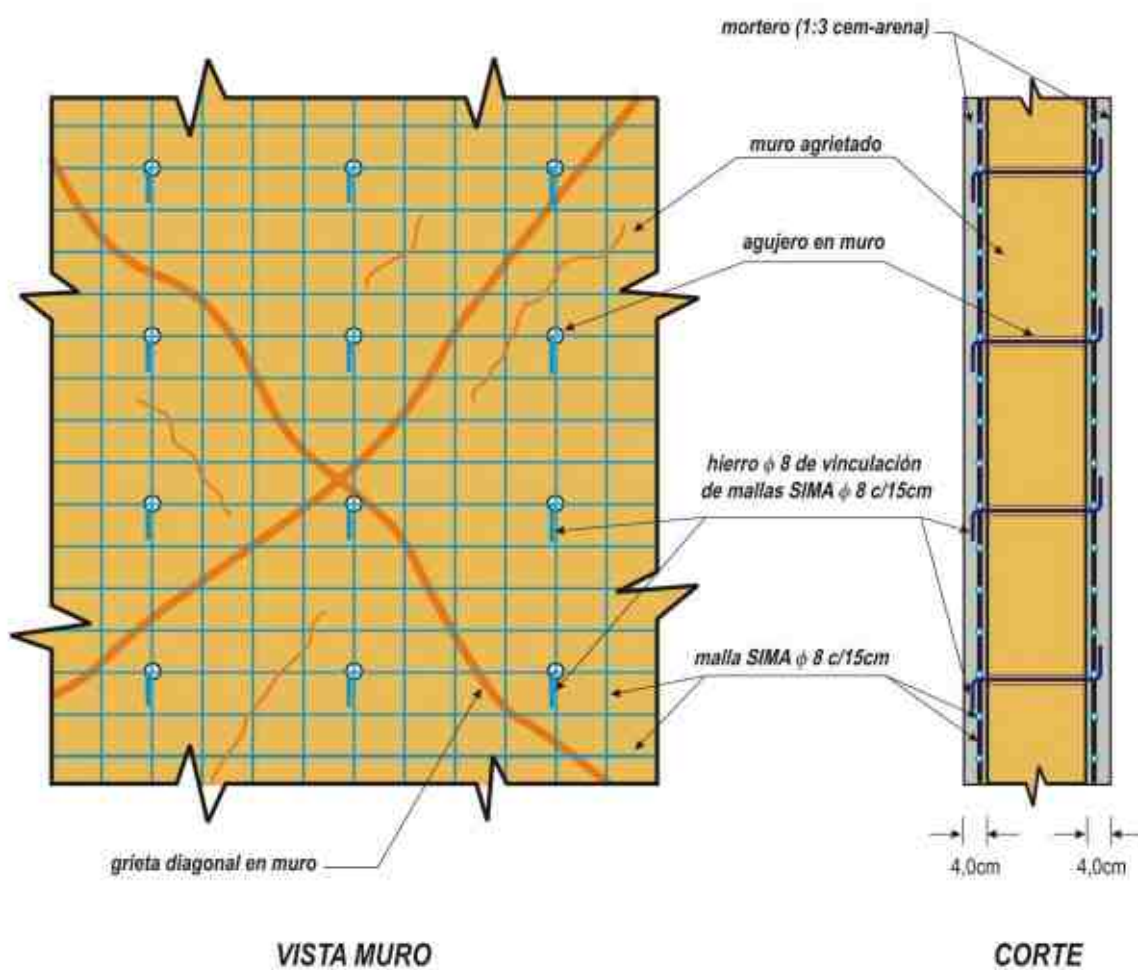


Fig. VII.9.

- d) En los paños del muro perimetral longitudinal del lado este se deberá incorporar una malla de acero (tipo SIMA) ADN 420 $\phi 8$ c/15cm, en las caras exteriores e interiores, y vincularlas entre sí de acuerdo con la Fig. VII.10.

TÉCNICA DE REPARACIÓN PARA MUROS AGRIETADOS

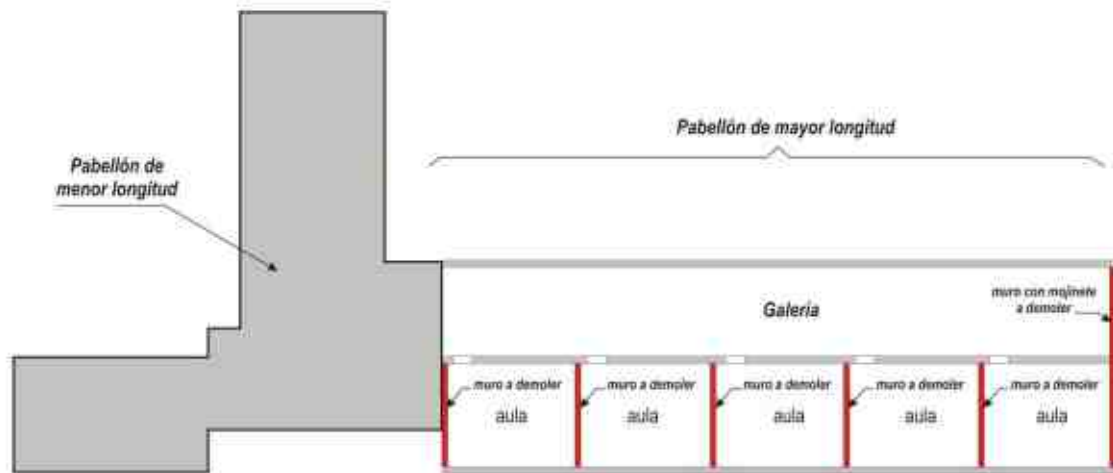


NOTA:

La proyección del mortero en la superficie del muro se debe ejecutar en dos etapas. El espesor de mortero de la primera etapa debe cubrir la malla de refuerzo, y el de la segunda hasta alcanzar los 4,0 cm. En cada etapa se realizará un adecuado curado.

Fig. VII.10.

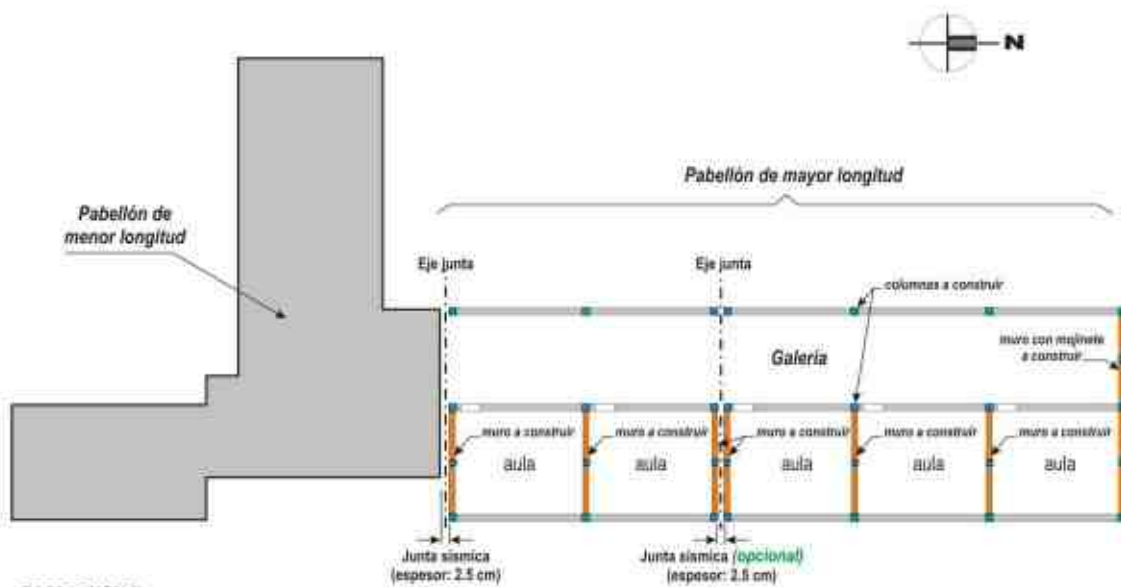
- e) Es recomendable separar mediante juntas sísmicas el pabellón de mayor longitud del pabellón de menor longitud, de manera de independizar estructuralmente ambos cuerpos. Conviene, a su vez, separar el primero en dos cuerpos, como se indica en la Fig. VII.11.




REFERENCIAS:


 Muro de mampostería a demoler

PLANTA EDIFICIO ESCOLAR (existente)



REFERENCIAS:

 Columna de hormigón armado según cálculo

 Muro de mampostería de ladrillos cerámicos macizos (≈ 20 cm)

 Estructura existente

PLANTA EDIFICIO ESCOLAR (reforzada y con juntas sísmicas)

Fig. VII.11.

Escuela "Dr. PEDRO I. DE CASTRO BARROS", JARDÍN DE INFANTES N° 12

LOCALIDAD: CHUQUIS

ESTRUCTURA: Ídem Escuela N° 57 "BERNARDINO RIVADAVIA"

DAÑOS OBSERVADOS: El patrón de daños coincide con el de la Escuela N° 57, pero con una magnitud menor.

RECOMENDACIONES: Ídem Escuela N° 57 “BERNARDINO RIVADAVIA”, destacándose que el refuerzo deberá realizarse a partir de la segunda aula hacia el norte. La junta sísmica transversal anteriormente aconsejada para la Escuela N° 57 deberá coincidir con esta ubicación.

Escuela N° 19 “DOMINGO MATHEU”

LOCALIDAD: AMINGA

ESTRUCTURA: Muros de mampostería de ladrillos cerámicos macizos sin encadenados, con techo semi liviano de ladrillo, tejas y estructura soporte de madera en el edificio original.

Muros de mampostería de bloques huecos de hormigón sin encadenado superior, y losas de viguetas, ladrillos y capa de compresión de hormigón en los edificios correspondientes a ampliaciones posteriores.

DAÑOS OBSERVADOS: Agrietamiento y fisuración, preexistentes al sismo, puntuales y generalizados en todos los edificios, los que se magnificaron por el sismo. Nuevo agrietamiento puntual debido al sismo.

RECOMENDACIONES: Los daños mencionados no comprometen la estabilidad de los diferentes cuerpos edilicios (original y ampliaciones), aunque deben repararse a la brevedad empleando para el refuerzo de los muros la técnica expuesta en el punto d) de las recomendaciones para la Escuela N° 57 “BERNARDINO RIVADAVIA”. Se aconseja no habilitar el comedor hasta tanto no se realice el refuerzo del muro longitudinal perimetral dispuesto en dirección este-oeste.

Escuela N° 105 “CORONEL NICOLÁS BARROS”

LOCALIDAD: ANILLACO

ESTRUCTURA: Muros de mampostería de ladrillos cerámicos macizos sin encadenados, con techo conformado por cabriadas de madera y cubierta liviana.

DAÑOS OBSERVADOS: Agrietamiento puntual leve, especialmente en el muro con mojinete de la fachada, y leve fisuración en algunos muros transversales (norte-sur) del pabellón principal. Fisuras verticales en encuentros de muros.

RECOMENDACIONES: Los daños mencionados no comprometen la estabilidad del edificio, pero deben repararse empleando la técnica de refuerzo expuesta en el punto d) de las recomendaciones para la Escuela N° 57 “BERNARDINO RIVADAVIA”.

NOTA: Se inspeccionó además, el Jardín de Infantes aledaño construido con el sistema no tradicional “Royal Housing System”, el cual no presentaba daño alguno.

Colegio Secundario Provincial “PRESBITERO VIRGILIO CARLOS FERREIRA”

LOCALIDAD: ANILLACO

ESTRUCTURA: Muros de mampostería de ladrillos cerámicos huecos sin encadenados, con techo de cabriadas y cubierta metálica.

DAÑOS OBSERVADOS: Grieta vertical en el encuentro de los muros de fachada en la entrada principal.

Debe destacarse que no se pudo relevar el interior del edificio por estar cerrado.

RECOMENDACIONES: El daño mencionado debe repararse a la brevedad. La técnica a emplear es la establecida en el punto d) de las recomendaciones para la Escuela N° 57 “BERNARDINO RIVADAVIA”.

Escuela “DOLORES M. DE LA VEGA DE CALDERÓN”, JARDÍN DE INFANTES

LOCALIDAD: LOS MOLINOS

ESTRUCTURA: Ídem Escuela N° 57 “BERNARDINO RIVADAVIA”.

DAÑOS OBSERVADOS: Fisuras muy leves en algunos muros transversales del pabellón principal.

RECOMENDACIONES: Las fisuras mencionadas no comprometen en absoluto la estabilidad del edificio. Puede habilitarse.

Escuela “BELINDO DE LA FUENTE”

LOCALIDAD: ANJULLÓN

ESTRUCTURA:

- a) Edificio nuevo: Muros de mampostería, con losa de viguetas, ladrillos y capa de compresión de hormigón.
- b) Edificio antiguo: Muros de mampostería de adobe, con techo de vigas de madera, ladrillos y barro (supuesto)

DAÑOS OBSERVADOS:

- a) Edificio nuevo: Agrietamiento leve y puntual.
- b) Edificio antiguo: Manifestación de fisuras preexistentes en algunos muros.

RECOMENDACIONES:

- a) Edificio nuevo: Los daños observados no comprometen la estabilidad del edificio, aunque deben repararse (idem técnica empleada en Escuela N° 57). Puede habilitarse.
- b) Edificio antiguo: Si bien los daños observados no comprometen la estabilidad del edificio a cargas verticales, teniendo en cuenta que el adobe es un material no sismorresistente y que no admite ningún refuerzo en el que pueda confiarse, se recomienda que el edificio se habilite luego de la implementación de un plan de evacuación ante la ocurrencia de un sismo, y la realización periódica de simulacros de evacuación. En los próximos tres meses los simulacros deberán ser semanales, espaciándose progresivamente hasta un periodo máximo de un mes.

Se recomienda además que, cuando la disponibilidad financiera lo permita, se realice la construcción de un edificio nuevo que reemplace el de adobe existente, de acuerdo con la reglamentación sismorresistente.

Finalmente, deberá realizarse la reparación de los cielorrasos deteriorados en los diferentes establecimientos escolares. Además, para la ejecución de los refuerzos recomendados en las distintas escuelas se deberá contar con la dirección técnica permanente de profesionales idóneos.

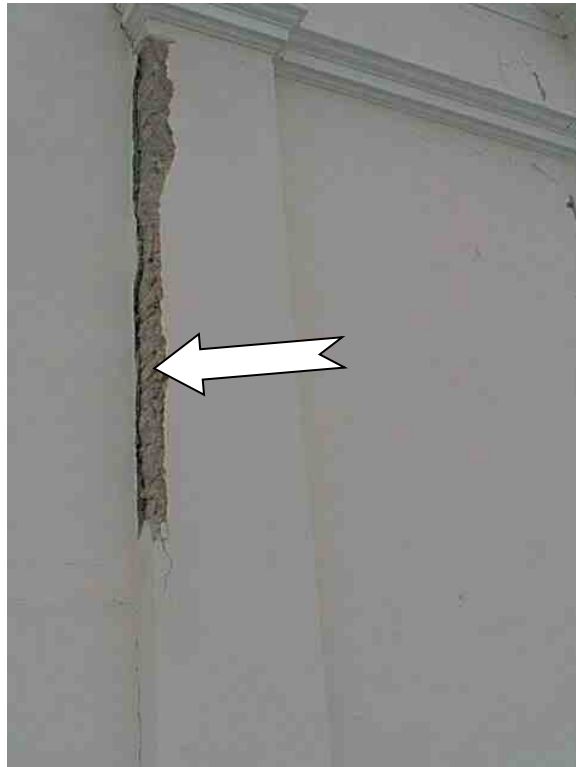
Iglesias de ANILLACO y de AMINGA

ESTRUCTURA: Muros de piedra y barro con techo liviano (*Fotografías VII.6.y VII.9.*).

DAÑOS OBSERVADOS: Grave agrietamiento generalizado en los muros de la iglesia de Anillaco (*Fotografías VII.7. y VII.8.*), colapso parcial de los muros de frente y contrafrente en Aminga (*Fotografía VII.10*), con agrietamiento generalizado en el resto de los muros.



Fotografía VII.6.



Fotografía VII.7.



Fotografía VII.8.



Fotografía VII.9.



Fotografía VII.10.

RECOMENDACIONES: Inhabilitación inmediata y creación de una zona de exclusión perimetral.

VIII.- Implicancias Reglamentarias

Si bien el terremoto de La Rioja del 28 de mayo de 2002 resultó de menor poder destructivo comparado con el terremoto potencial máximo razonablemente esperable para la región, el análisis de daños ocurridos ha permitido confirmar la deficiente aplicación de los reglamentos sismorresistentes.

En primer término, se ha evidenciado la falta de aplicación, de actualización y la ausencia de numerosos aspectos esenciales del diseño sismorresistente en la provincia de La Rioja, más aún si se considera el actual “estado del arte” en la Ingeniería Sísmica.

Por otra parte, se ha confirmado la eficacia y necesidad de varias disposiciones y recomendaciones contenidas en el Reglamento INPRES-CIRSOC 103, vigente en la República Argentina, y en el Nuevo Proyecto de Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103, en discusión pública.

Se ha observado que para el diseño se utilizaron en la zona, códigos aptos para ser empleados con cargas como las gravitatorias, efectos de temperatura, etc., pero que no están concebidos para el dimensionamiento de estructuras en condiciones sísmicas.

Se debe tener en cuenta que el comportamiento de las estructuras ante cargas sísmicas es esencialmente diferente del comportamiento ante cargas como las gravitatorias, ya que se presentan inversiones en los esfuerzos con fuertes plastificaciones y degradaciones de rigidez y resistencia, que hacen que los mecanismos tradicionales de transferencia de los esfuerzos de corte, anclajes, adherencia, etc., sean diferentes a los usuales.

De estas consideraciones se desprende que resulta imprescindible realizar el dimensionamiento y detalle de las estructuras en zonas sísmicas teniendo en cuenta las características propias del funcionamiento del material bajo las sollicitaciones inducidas por los sismos.

El examen de las fallas ocurridas durante este terremoto y descriptas en los capítulos precedentes, permite afirmar que en general han sido de tipo frágil, que no posibilitaron una disipación de energía compatibles con las acciones normativas.

En la actualidad se dispone de una intensa información sobre el comportamiento sísmico de las construcciones de mampostería, muy abundantes en la región, derivada de investigaciones experimentales y del análisis de daños ocurridos; así mismo se han realizado un gran número de ensayos en nuestro país. Ello ha posibilitado formular procedimientos y métodos que permiten una racional predicción de resistencias y comportamiento de la mampostería bajo acciones sísmicas. La Parte III del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 trata el problema del diseño sismorresistente de construcciones de mampostería, recogiendo el cúmulo de trabajos de investigación que se han desarrollado en los últimos 30 años, convenientemente adaptados a las modalidades propias de nuestro país y adecuadamente calibrados con las investigaciones realizadas en el medio. Por ello, resulta incomprensible que en la provincia de La Rioja no se haya hecho efectiva la aplicación de ninguna norma sismorresistente.

Los diversos criterios y especificaciones contenidos en el Reglamento INPRES-CIRSOC 103, hubieran resultado adecuados para prevenir varios de los daños ocurridos en el terremoto de La Rioja del 28 de mayo de 2002.

Anexo I: Listado de réplicas del evento principal

FECHA			HORA ORIGEN			LATITUD	LONGITUD	PROF.	MAGNITUD
Año	Mes	Día	Hora	Min.	Seg.	(° Sur)	(° Oeste)	(Km)	Richter
2002	05	28	05	17	46,64	28,953	66,918	11,3	
2002	05	28	05	50	12,80	28,963	66,932	07,4	3,6
2002	05	28	06	04	31,67	28,974	66,729	12,2	3,1
2002	05	28	07	04	48,34	28,857	66,656	15,2	4,5
2002	05	28	07	17	38,00	29,234	66,887	25,2	
2002	05	28	08	35	27,37	29,215	66,840	26,2	
2002	05	28	08	52	13,88	29,000	66,984	03,2	
2002	05	28	09	32	38,93	28,928	67,006	08,8	
2002	05	28	12	19	18,57	29,202	66,910	39,8	4,3
2002	05	28	17	07	34,87	29,307	66,874	39,6	2,9
2002	05	28	22	47	16,49	29,049	66,803	03,0	
2002	05	28	23	51	46,28	28,924	66,845	10,2	
2002	05	29	00	16	37,08	29,179	66,928	18,1	
2002	05	29	00	38	13,91	29,128	66,731	11,6	
2002	05	29	01	20	07,89	29,090	67,058	21,4	4,1
2002	05	29	02	26	59,95	29,058	66,899	10,0	
2002	05	29	03	35	33,33	28,871	66,754	09,1	
2002	05	29	05	01	49,88	29,026	66,663	18,0	
2002	05	29	05	37	10,88	29,086	66,936	16,5	
2002	05	29	06	18	37,96	29,230	66,883	20,0	
2002	05	29	06	27	10,40	29,278	66,657	05,4	
2002	05	29	07	12	42,62	29,047	66,822	20,3	
2002	05	29	07	20	22,42	29,089	67,132	15,2	
2002	05	29	08	58	13,03	28,977	66,858	15,2	2,3
2002	05	29	12	09	01,04	29,088	66,820	17,6	
2002	05	29	13	30	10,80	29,150	67,228	05,4	
2002	05	29	14	06	10,26	29,082	66,894	15,8	
2002	05	29	14	13	45,91	29,074	66,939	18,1	
2002	05	29	14	23	55,83	28,887	66,843	10,4	
2002	05	29	15	00	54,07	29,033	66,932	14,3	
2002	05	29	16	28	45,13	29,044	66,774	04,2	
2002	05	29	16	38	41,59	29,296	67,077	27,0	
2002	05	29	17	37	31,39	29,014	67,031	24,1	
2002	05	29	17	49	47,26	29,137	67,226	22,7	
2002	05	29	18	03	41,14	29,044	66,877	15,6	
2002	05	29	19	23	29,91	29,017	66,953	13,6	
2002	05	29	19	39	02,02	29,031	66,926	08,4	
2002	05	29	21	25	47,01	29,078	66,791	09,8	
2002	05	29	21	41	27,83	28,997	66,905	10,0	
2002	05	30	00	24	20,96	29,079	66,835	14,1	
2002	05	30	00	56	04,21	29,245	66,904	33,8	

2002	05	30	02	40	31,22	29,173	66,839	10,0	
FECHA			HORA ORIGEN			LATITUD	LONGITUD	PROF.	MAGNITUD
Año	Mes	Día	Hora	Min.	Seg.	(° Sur)	(° Oeste)	(Km)	Richter
2002	05	30	03	49	04,47	28,914	66,819	13,9	
2002	05	30	04	19	12,38	29,057	66,875	12,8	
2002	05	30	09	54	30,11	28,944	66,901	07,7	
2002	05	30	10	33	15,97	28,980	66,953	07,1	
2002	05	30	11	46	58,34	29,012	67,001	17,6	
2002	05	30	12	50	56,44	29,066	67,018	09,6	
2002	05	30	13	41	09,19	29,017	66,890	10,0	
2002	05	30	14	32	30,34	28,959	66,771	07,8	
2002	05	30	14	55	06,93	29,002	66,886	10,0	
2002	05	30	17	09	15,13	29,075	66,801	04,0	
2002	05	30	18	38	13,20	28,926	66,894	21,7	
2002	05	30	20	06	02,04	29,060	66,965	23,2	3,0
2002	06	01	09	56	15,98	28,873	66,746	10,3	
2002	06	01	12	45	54,34	29,067	66,979	21,8	
2002	06	01	13	22	39,72	29,118	66,855	16,3	
2002	06	01	14	36	32,26	28,935	66,580	24,5	
2002	06	01	18	58	10,07	29,063	66,932	15,0	3,0
2002	06	02	00	58	33,20	28,976	66,892	12,7	
2002	06	02	03	56	03,78	29,083	67,047	05,6	
2002	06	02	08	54	50,43	29,238	67,111	20,8	
2002	06	02	13	58	41,40	28,954	66,677	15,6	
2002	06	02	17	45	35,26	29,016	66,728	19,7	
2002	06	02	22	55	56,23	28,953	66,828	06,9	
2002	06	04	10	12	03,55	29,007	66,905	08,6	
2002	06	04	15	14	55,05	29,000	66,848	10,0	
2002	06	04	21	43	19,19	28,973	66,574	08,7	
2002	06	05	05	05	05,03	29,000	66,820	15,6	2,5
2002	06	05	05	10	02,29	29,073	67,065	17,7	
2002	06	05	09	44	00,59	28,981	67,027	12,8	
2002	06	05	19	42	58,01	29,275	67,067	36,6	
2002	06	06	10	35	44,92	29,008	66,844	10,0	
2002	06	06	14	00	16,93	29,017	66,894	10,0	
2002	06	07	16	49	47,72	28,916	66,743	09,8	
2002	06	07	19	59	23,89	28,862	66,853	09,7	
2002	06	07	21	42	33,78	28,904	66,789	03,2	
2002	06	08	02	40	36,46	28,875	66,864	04,1	
2002	06	08	21	00	01,88	29,375	67,239	25,3	
2002	06	09	02	05	55,14	29,004	66,937	04,0	
2002	06	09	02	12	04,13	29,002	66,848	03,1	
2002	06	09	21	07	23,25	28,857	66,841	16,2	
2002	06	09	23	59	19,13	29,035	66,937	14,6	
2002	06	11	02	13	22,13	29,037	66,851	17,9	
2002	06	11	05	39	51,75	28,859	66,166	04,9	

2002	06	11	06	18	31,64	28,864	66,841	11,0	
FECHA			HORA ORIGEN			LATITUD	LONGITUD	PROF.	MAGNITUD
Año	Mes	Día	Hora	Min.	Seg.	(° Sur)	(° Oeste)	(Km)	Richter
2002	06	11	08	53	14,04	29,028	66,748	03,0	
2002	06	11	09	23	01,78	29,072	66,950	10,0	
2002	06	11	10	36	21,58	29,255	66,843	27,1	3,0
2002	06	11	17	47	48,77	29,078	66,830	38,8	
2002	06	12	06	18	21,43	29,096	66,906	09,4	
2002	06	12	09	14	50,35	28,992	66,712	10,2	
2002	06	13	00	44	03,02	28,906	66,923	04,4	
2002	06	15	13	55	22,15	29,025	66,863	03,0	
2002	06	15	16	14	01,56	29,096	67,067	05,6	
2002	06	16	08	30	47,97	29,240	66,559	10,0	
2002	06	16	10	38	31,74	29,414	66,503	11,5	
2002	06	16	11	09	31,70	29,049	66,911	11,1	
2002	06	18	14	52	39,22	29,408	67,115	22,9	
2002	06	19	22	15	33,26	29,239	66,892	49,2	
2002	06	20	18	28	03,82	29,105	66,770	08,4	
2002	06	21	00	01	28,49	29,175	66,744	05,7	
2002	06	21	03	53	15,64	29,110	66,904	19,5	
2002	06	21	08	59	54,57	29,006	66,821	14,2	3,0
2002	06	26	22	55	40,41	29,120	66,823	10,0	
2002	06	27	00	22	57,06	28,969	66,843	08,3	
2002	06	27	11	05	44,08	29,000	66,868	10,0	
2002	06	29	17	20	28,43	29,210	66,868	07,3	
2002	07	01	15	52	27,14	29,171	66,873	19,8	
2002	07	06	00	08	17,84	28,957	66,983	05,5	
2002	07	06	14	07	31,11	29,174	66,563	12,1	
2002	07	16	04	11	07,09	28,870	66,506	12,8	
2002	07	16	05	37	22,66	29,115	67,092	07,5	
2002	07	16	17	01	24,12	28,975	67,067	26,8	
2002	07	19	13	00	43,41	29,046	66,680	04,8	
2002	07	19	19	22	16,36	29,174	66,947	17,1	
2002	07	19	20	20	29,89	29,139	66,808	15,4	
2002	07	20	11	22	05,01	28,921	66,945	09,9	
2002	07	30	01	13	30,15	28,906	66,917	15,2	
2002	07	30	02	13	14,51	29,079	66,530	19,3	
2002	07	30	15	46	37,95	29,020	66,839	19,8	3,0
2002	08	03	00	15	36,21	28,933	66,932	11,9	
2002	08	03	01	37	04,61	28,966	66,900	15,5	
2002	08	03	16	14	42,41	28,982	66,956	09,4	
2002	08	04	00	14	37,21	28,942	66,875	12,1	
2002	08	04	05	54	32,15	28,983	66,891	17,8	
2002	08	05	06	14	31,45	28,938	66,866	07,6	
2002	08	05	21	26	32,36	29,251	67,107	29,0	

2002	08	06	02	46	07,97	29,011	66,849	17,5	
2002	08	06	05	18	28,81	28,962	66,889	23,7	
FECHA			HORA ORIGEN			LATITUD	LONGITUD	PROF.	MAGNITUD
Año	Mes	Día	Hora	Min.	Seg.	(° Sur)	(° Oeste)	(Km)	Richter
2002	08	06	13	25	24,79	29,071	66,840	11,2	
2002	08	07	00	19	35,75	28,867	66,742	09,1	
2002	08	08	05	22	32,30	28,931	66,886	10,3	
2002	08	08	11	46	40,86	28,904	66,863	13,1	