



**Sismo del 22 de septiembre de 2022
Coalcomán, Michoacán, México (M6.9)
01:16:09 Hora del centro de México**

**REPORTE PRELIMINAR
Parámetros del Movimiento del Terreno**

**Elaboró:
Unidad de Instrumentación Sísmica
Coordinación de Ingeniería Sismológica**

Ciudad de México
Septiembre, 2022

www.iingen.unam.mx
www.uis.unam.mx

Versión Es1.0 22-09-2022

**El sismo está reportado en fecha y hora del Centro de México*

Información Básica

El 22 de septiembre de 2022 se registró un sismo de magnitud M6.9 ubicado a 84 km al SUR de Coalcomán, Michoacán (Servicio Sismológico Nacional, 2022). El tiempo de origen del sismo fue a las 01:16:09 hora del centro de México (22 de septiembre de 2022, 06:16:09 UTC). Su hipocentro se localizó a 12 km de profundidad, en la latitud 18.01°N y longitud 103.18°O (ver figura 1).



Figura 1. Epicentro del sismo del 22 de septiembre de 2022 (M6.9) y estaciones sísmicas empleadas en la elaboración del mapa preliminar de PGA. Las estaciones pertenecientes a la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) son operadas por la Unidad de Instrumentación Sísmica. Las estaciones IGEOF mostradas son operadas por el Servicio Sismológico Nacional.

Parámetros de Intensidad del Movimiento del Terreno

La tabla 1 presenta la localización geográfica de las estaciones de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería de la UNAM (RAII-UNAM) y la aceleración máxima del terreno (PGA) que se registró. Las señales, recibidas en tiempo real, provienen de estaciones ubicadas a una distancia epicentral que oscilan entre 157 y 693 km. La PGA máxima registrada en la Red Permanente de monitoreo del IINGEN, fue 37.71 cm/s² en la estación Jardín de Niños Centenario de la Heroica Escuela Naval Militar (CMEN), ubicada a una distancia epicentral de 453 km. Los registros fueron corregidos por línea base.

Tabla 1. Localización de las estaciones del IINGEN y valores máximos registrados

Clave	Estado	Localización		Distancia Epicentral (km)	PGA (cm/s ²)
		Latitud N (°)	Longitud O (°)		
COMA	COL	19.325266	103.760813	157	29.18
URUA	MIC	19.421758	102.074059	194	29.96
GDLC	JAL	20.682656	103.377486	296	7.95
ATYC	GRO	17.213361	100.432269	304	2.77
CUP5	CMX	19.330240	99.181076	446	6.39
CMCU	CMX	19.330278	99.181023	446	6.33
TACY	CMX	19.404505	99.195246	447	4.38
CMBM	CMX	19.401245	99.199547	447	3.95
CMP5	CMX	19.307133	99.134384	450	11.31
CMP1	CMX	19.272467	99.120834	450	25.10
SCT2	CMX	19.394694	99.148678	451	11.54
CMCL	CMX	19.421417	99.156975	452	20.20
CMEN	CMX	19.295514	99.102591	453	37.71
CMRC	CMX	19.355282	99.121243	453	21.90
CMRA	CMX	19.382406	99.119846	454	23.10
CTCL	CMX	19.434521	99.133503	454	14.03
CMP7	CMX	19.419333	99.125786	455	23.03
CMCT	CMX	19.450048	99.137962	455	10.02
CMP9	CMX	19.485146	99.128349	457	8.24
CMSG	CMX	19.255260	99.048210	457	6.93
CMJR	CMX	19.319067	99.062632	457	4.59

CMJC	CMX	19.452758	99.101430	458	18.02
CMTD	CMX	19.295261	99.034431	459	13.93
CMP3	CMX	19.483149	99.093941	460	9.31
CM55	CMX	19.385019	99.064004	460	9.62
CMRM	CMX	19.347694	99.051460	460	24.53
CMPR	CMX	19.411101	99.063118	461	12.54
CMFZ	CMX	19.384119	99.036316	462	21.58
PHPU	PUE	19.044223	98.168466	541	2.94
OXBJ	OAX	17.067337	96.723804	693	0.92

El mapa preliminar de PGA a nivel nacional se obtuvo empleando el programa GenMaps y los datos registrados por la RAII-UNAM en tiempo real. La estimación de los parámetros del movimiento del terreno en sitios donde no se cuenta con una estación de registro sísmico se hizo a través del modelo de atenuación de Arroyo et al. (2010). El método de interpolación utilizado para generar el mapa fue el propuesto por Kitanidis (1986). La figura 2 muestra el mapa preliminar de la media cuadrática de las componentes horizontales de aceleración máxima del terreno (PGA_{rms}).

En la Ciudad de México, la aceleración máxima del terreno registrada en la estación de Ciudad Universitaria fue de 6.39 cm/s², cuyo registro fue utilizado para el cálculo de los valores de aceleración y respuesta espectral en la capital del país empleando el programa MapasTRNet (Ordaz et al. 2017). La figura 3 ilustra la distribución de la aceleración pico.

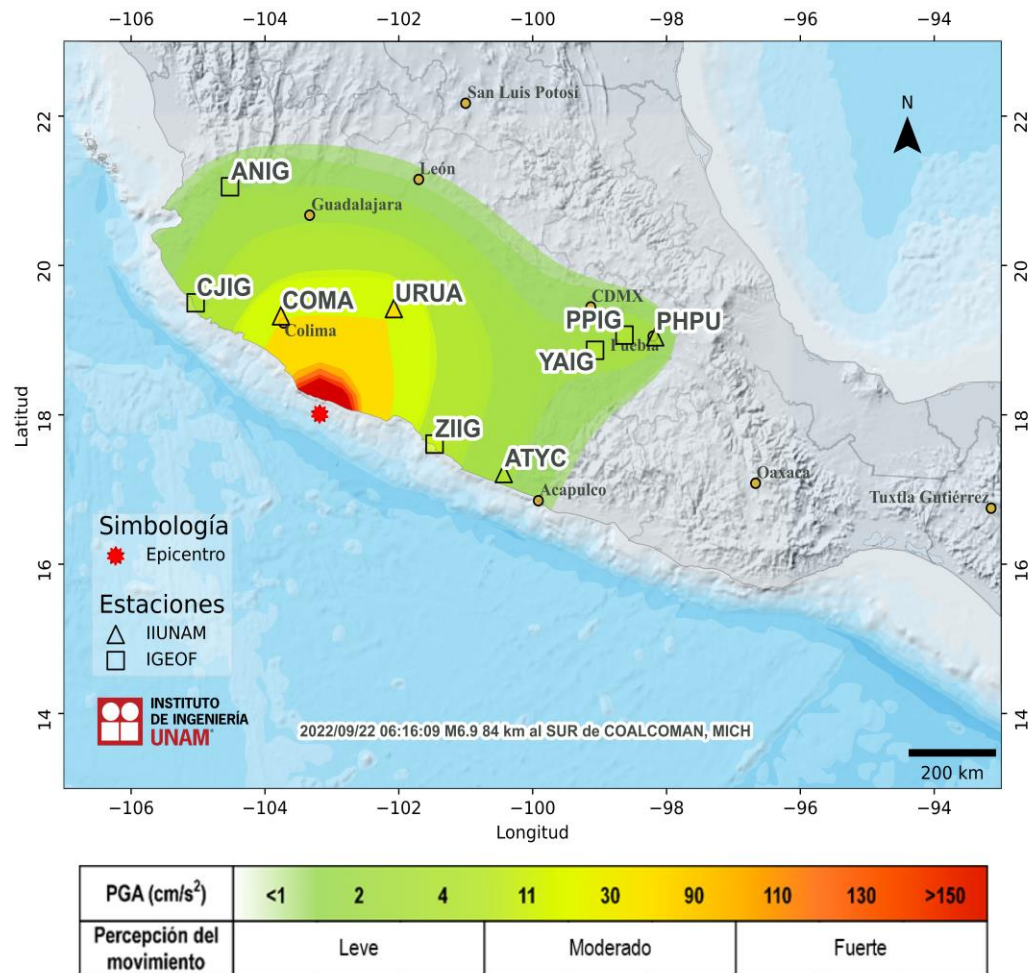


Figura 2. Mapa de intensidad de la Aceleración Máxima del Terreno (PGA_{rms})

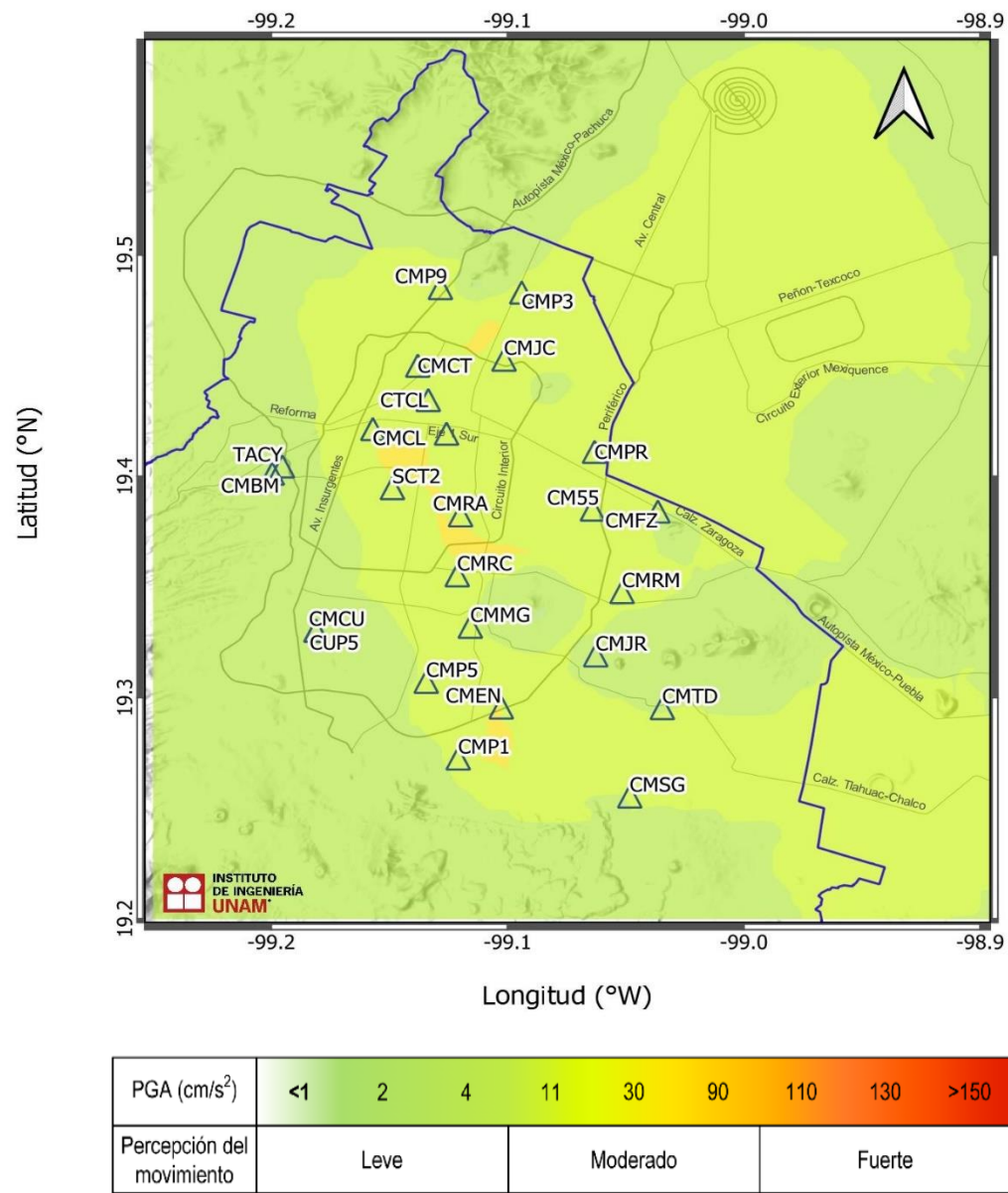


Figura 3. Mapa preliminar de Aceleración Máxima del Terreno (PGArmsh) en la Ciudad de México.

Acelerogramas y Espectros de Respuesta

Las figuras 4a a 4e muestran los acelerogramas registrados en las estaciones operadas por el IINGEN y sus espectros de respuesta de aceleración (SA) con amortiguamiento del 5% del crítico, obtenidos para las tres componentes ortogonales del movimiento del suelo. La tabla 2 muestra los valores máximos de aceleración para cada estación y canal. Se incluyen los valores de aceleración espectral para los periodos $T = 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ y 3.0 s, indicando el valor máximo de SA y el periodo al cual está asociado. Los acelerogramas fueron corregidos por línea base y filtrados entre 0.1 y 20 Hz.

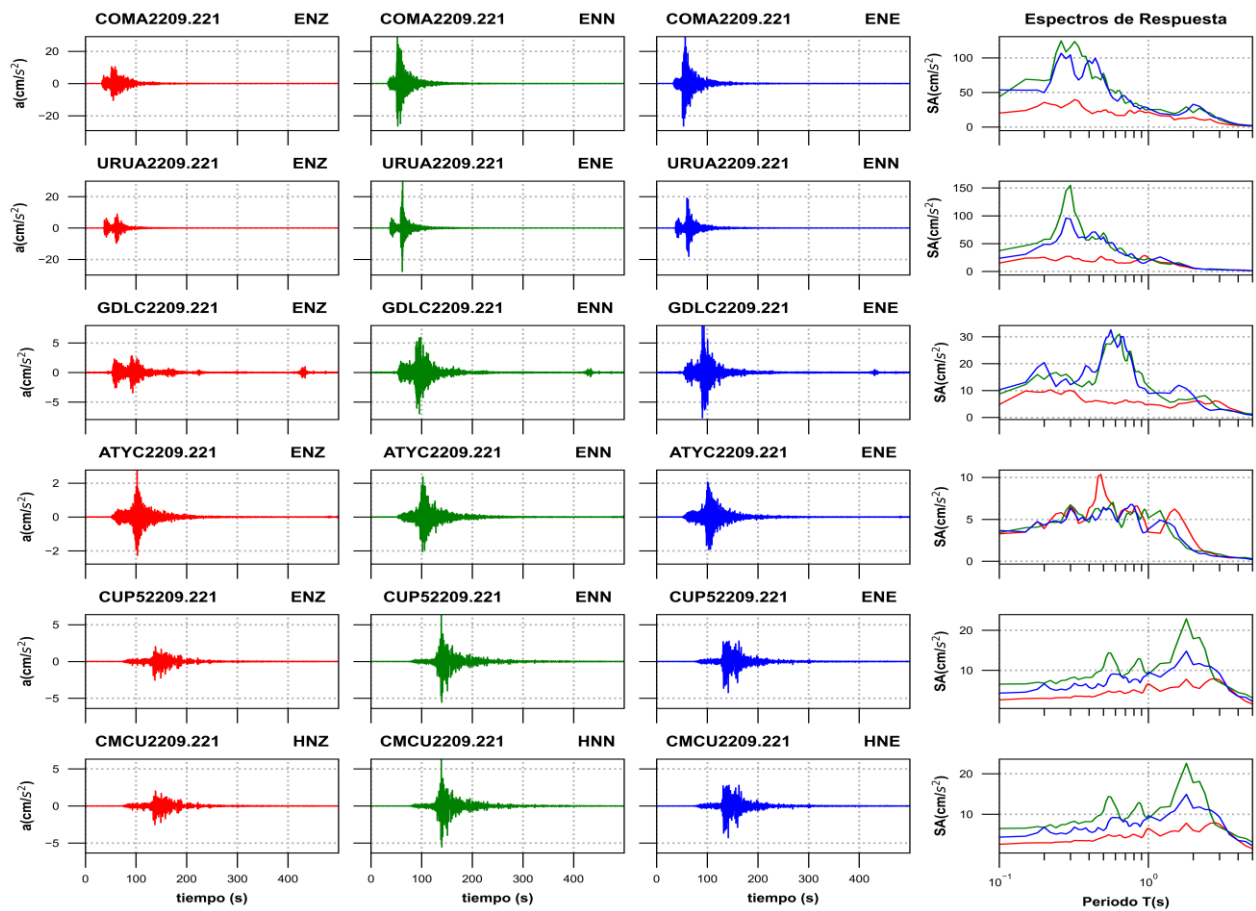


Figura 4a. Acelerogramas registrados y espectros de respuesta estimados para los registros obtenidos durante el sismo del 22 de septiembre de 2022 (M6.9)

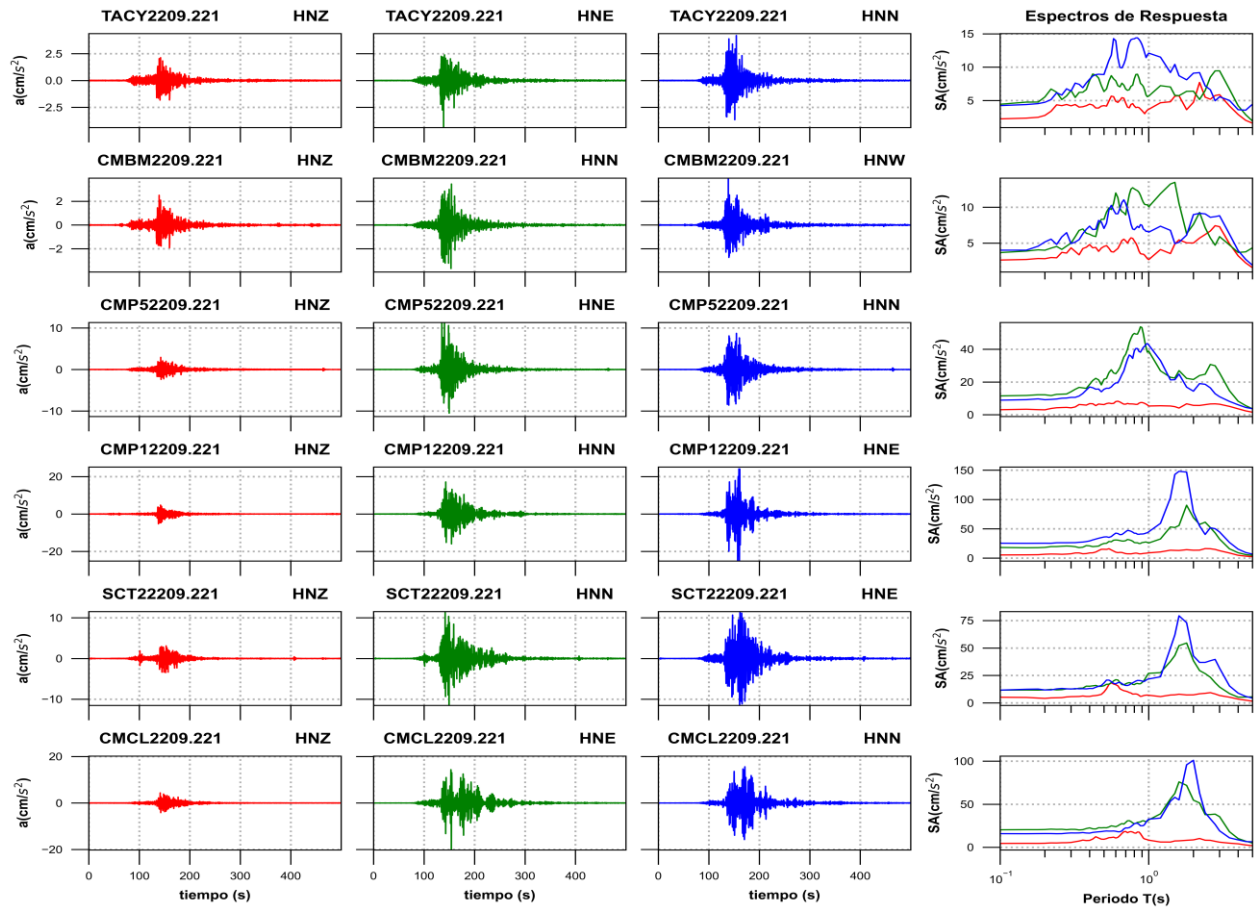


Figura 4b. Acelerogramas registrados y espectros de respuesta estimados para los registros obtenidos durante el sismo del 22 de septiembre de 2022 (M6.9)

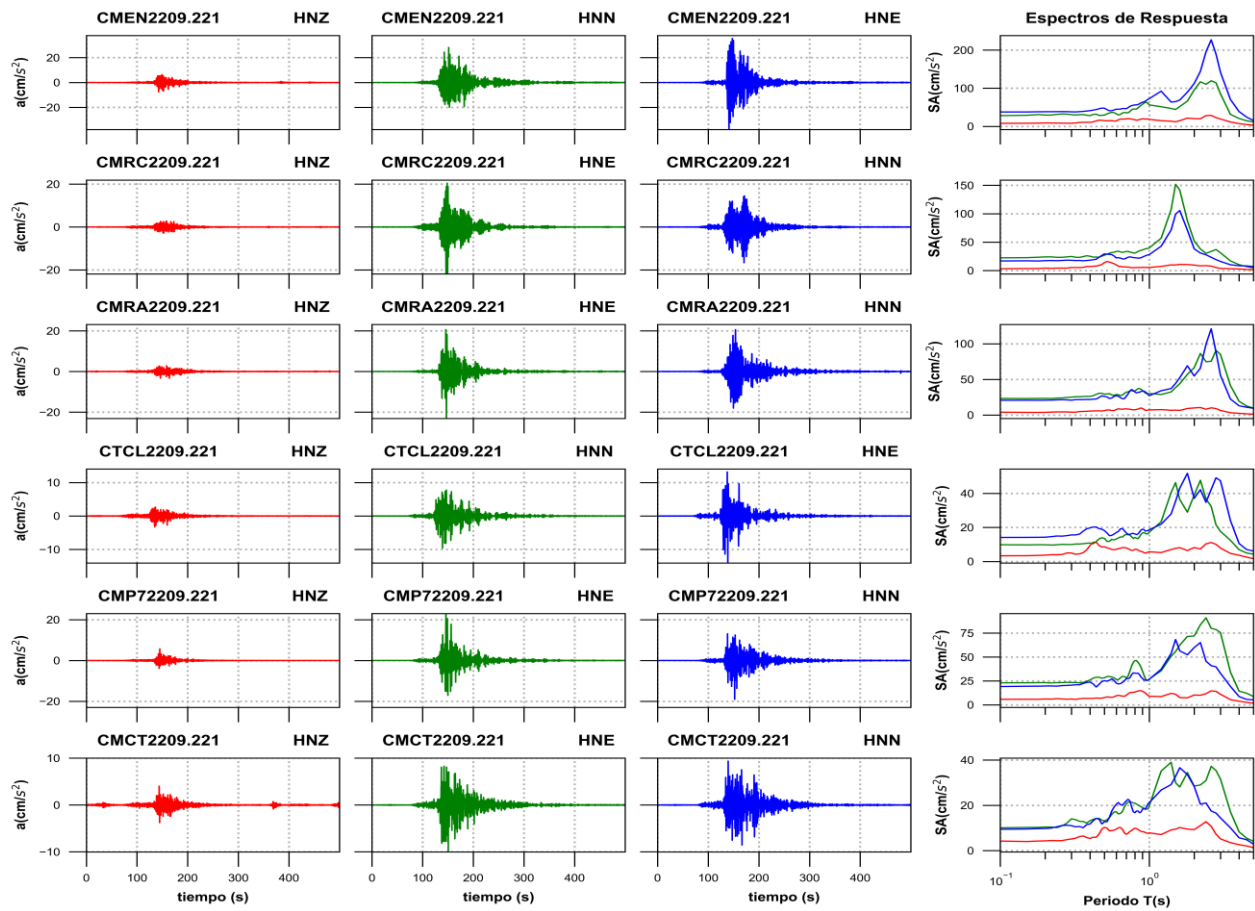


Figura 4c. Acelerogramas registrados y espectros de respuesta estimados para los registros obtenidos durante el sismo del 22 de septiembre de 2022 (M6.9)

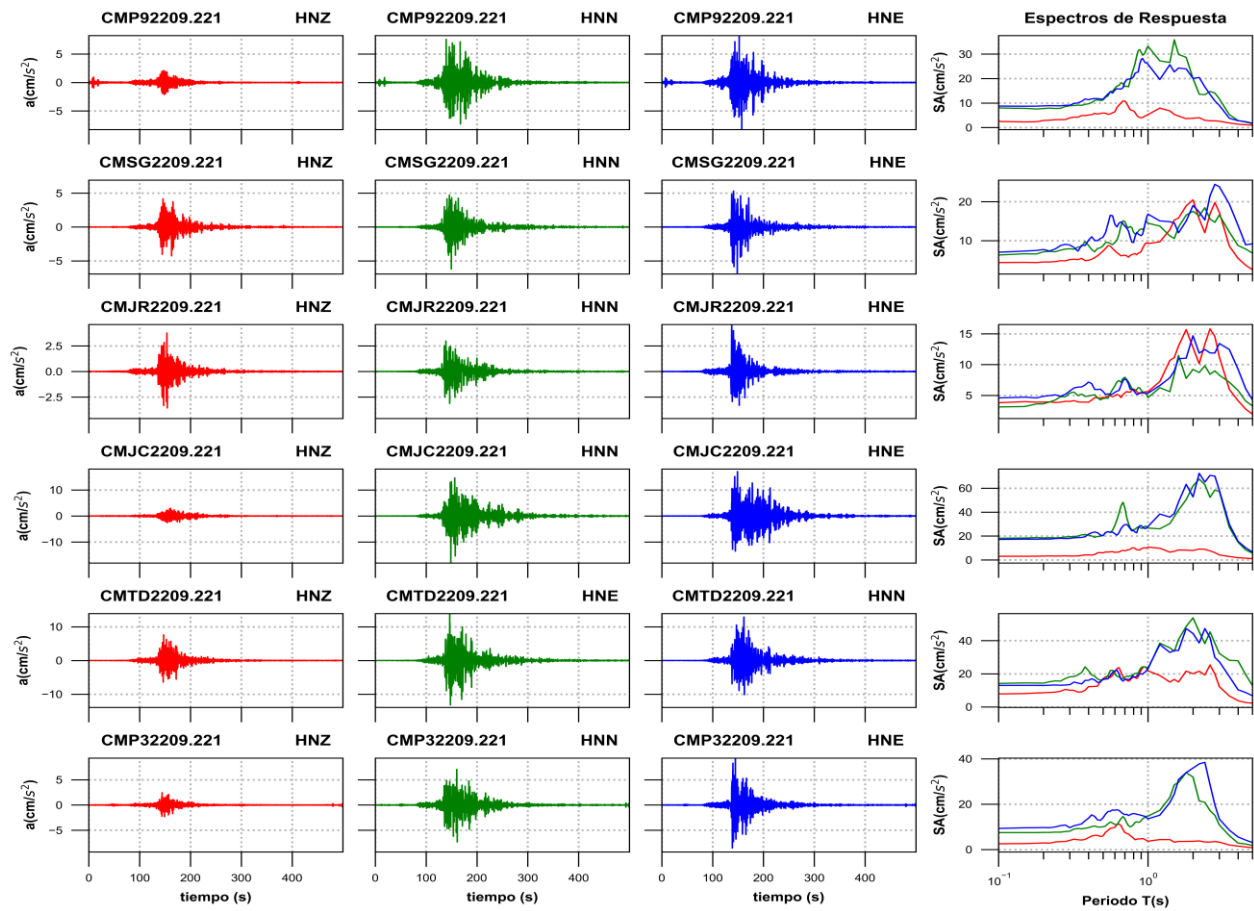


Figura 4d. Acelerogramas registrados y espectros de respuesta estimados para los registros obtenidos durante el sismo del 22 de septiembre de 2022 (M6.9)

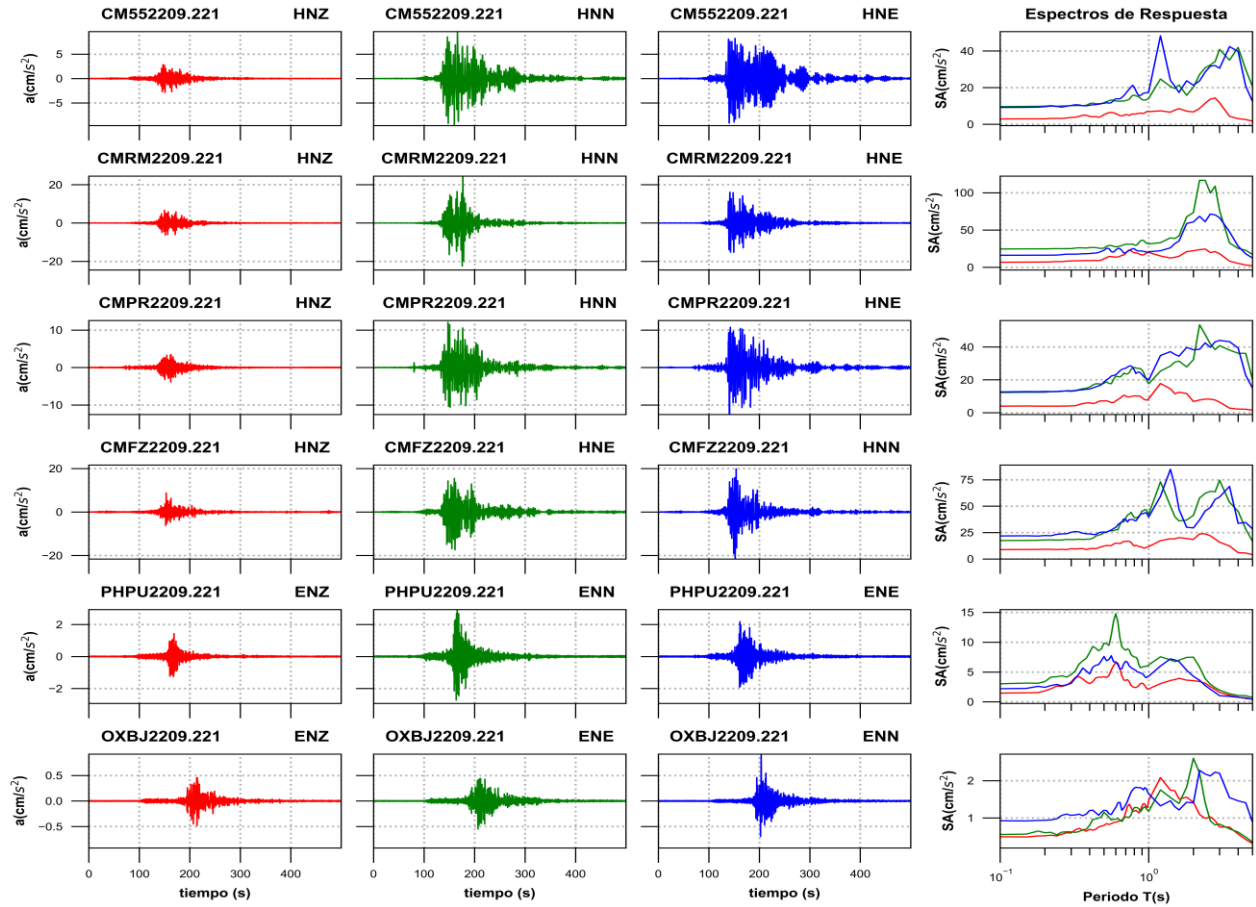


Figura 4e. Acelerogramas registrados y espectros de respuesta estimados para los registros obtenidos durante el sismo del 22 de septiembre de 2022 (M6.9)

Tabla 2. Valores máximos de aceleración obtenidos para cada estación. Se incluyen los valores de aceleración espectral (SA) para los periodos T= 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0 s. Se indica el máximo valor de SA y el periodo asociado

Estación	Canal	PGA (cm/s ²)	Aceleración Espectral (SA)							TAmáx (s)	SAMáx (cm/s ²)
			T=0.1s	T=0.3s	T=0.5s	T=1s	T=1.5s	T=2s	T=3s		
COMA	ENZ	10.49	20.01	34.99	24.20	21.49	10.19	13.79	5.50	0.32	39.56
COMA	ENN	28.84	43.57	115.27	77.59	25.09	19.38	20.69	10.36	0.26	124.50
COMA	ENE	29.18	53.55	104.17	71.38	26.53	17.20	32.79	13.05	0.26	106.48
URUA	ENZ	9.75	15.05	26.99	24.44	23.75	13.31	5.21	3.20	0.94	28.53
URUA	ENE	29.96	37.36	154.74	69.31	23.09	14.95	6.38	3.97	0.30	154.74
URUA	ENN	19.08	23.64	94.08	61.92	18.76	14.39	6.10	3.05	0.28	95.88
GDLC	ENZ	3.46	4.79	10.05	5.80	4.88	3.99	5.91	5.81	0.22	10.28
GDLC	ENN	7.00	8.71	14.76	23.99	11.48	5.86	6.92	3.26	0.64	30.97
GDLC	ENE	7.95	10.25	12.13	26.76	8.89	10.83	8.25	2.99	0.56	32.59

ATYC	ENZ	2.77	3.27	6.60	8.93	3.47	6.23	2.66	0.55	0.48	10.37
ATYC	ENN	2.37	3.41	6.73	6.28	5.17	2.80	1.30	0.84	0.58	7.03
ATYC	ENE	2.06	3.66	6.33	6.46	3.82	4.08	1.27	0.58	0.76	6.77
CUP5	ENZ	2.54	2.62	3.13	4.28	6.64	5.79	5.89	7.61	2.80	7.92
CUP5	ENN	6.39	6.55	8.05	10.86	9.00	15.21	17.89	7.02	1.80	22.86
CUP5	ENE	4.23	4.31	5.65	5.94	9.54	10.76	11.42	9.22	1.80	14.78
CMCU	HNZ	2.53	2.59	3.13	4.39	6.54	5.90	6.00	7.56	2.80	7.93
CMCU	HNN	6.33	6.49	8.01	10.83	8.91	15.16	17.77	6.86	1.80	22.57
CMCU	HNE	4.28	4.36	5.72	6.00	9.65	10.84	11.49	9.33	1.80	14.91
TACY	HNZ	2.14	2.25	4.21	4.24	3.69	5.66	4.73	5.88	2.20	7.71
TACY	HNE	4.38	4.45	6.52	6.35	5.67	5.78	6.40	9.45	3.00	9.45
TACY	HNN	4.20	4.24	6.42	8.90	12.10	10.42	9.10	5.56	0.84	14.39
CMBM	HNZ	2.51	2.63	4.33	4.52	2.69	4.88	5.01	7.29	2.80	7.43
CMBM	HNN	3.67	3.67	5.00	8.33	10.07	13.48	7.61	5.90	1.50	13.48
CMBM	HNW	3.95	4.01	4.93	7.04	6.52	4.92	8.97	8.82	0.68	11.04
CMP5	HNZ	2.95	3.09	4.24	6.21	5.35	4.95	5.73	6.43	0.62	8.26
CMP5	HNE	11.31	11.51	14.07	21.64	38.85	22.43	21.53	25.52	0.88	53.66
CMP5	HNN	8.72	8.90	10.59	15.55	42.60	21.39	14.38	11.02	0.98	43.45
CMP1	HNZ	5.29	5.42	7.40	15.05	8.98	13.19	13.49	12.64	2.40	16.24
CMP1	HNN	17.16	18.15	20.31	24.98	25.79	52.24	69.02	32.49	1.80	90.24
CMP1	HNE	25.10	25.41	26.31	36.05	44.93	142.67	78.40	44.56	1.60	148.05
SCT2	HNZ	3.48	5.12	5.68	9.91	6.98	7.34	7.30	6.74	0.56	18.22
SCT2	HNN	11.50	11.63	12.72	15.62	26.93	43.21	38.47	14.44	1.80	54.57
SCT2	HNE	11.54	11.64	12.60	18.11	21.76	61.86	42.81	31.61	1.60	79.33
CMCL	HNZ	4.37	4.48	5.61	9.29	8.26	7.35	8.60	5.92	0.70	18.34
CMCL	HNE	20.20	20.30	20.84	22.73	31.75	62.59	54.71	35.54	1.60	75.92
CMCL	HNN	15.75	15.82	16.66	18.65	32.65	58.01	100.99	19.09	2.00	100.99
CMEN	HNZ	7.56	8.01	8.05	14.88	18.39	12.10	20.29	19.26	2.60	28.80
CMEN	HNN	28.19	28.21	30.61	29.68	56.25	44.31	95.55	85.54	2.60	119.60
CMEN	HNE	37.71	37.74	38.10	47.56	72.82	64.87	112.47	142.01	2.60	226.87
CMRC	HNZ	2.87	3.14	5.45	14.04	5.45	9.96	9.72	3.80	0.52	16.06
CMRC	HNE	21.90	22.41	24.85	27.04	40.01	151.70	51.87	31.25	1.50	151.70
CMRC	HNN	16.70	16.90	18.10	29.41	28.17	99.22	38.19	16.08	1.60	105.68
CMRA	HNZ	3.39	3.99	3.97	6.28	7.17	6.87	9.98	6.46	2.20	10.55
CMRA	HNE	23.10	23.29	25.11	29.32	30.31	38.59	66.56	85.19	2.80	90.81
CMRA	HNN	20.58	20.72	20.79	26.23	27.21	44.35	54.85	55.66	2.60	121.07
CTCL	HNZ	3.23	3.33	4.95	8.57	5.68	7.70	8.16	7.87	0.42	11.33
CTCL	HNN	9.62	9.83	9.93	13.50	17.24	46.30	39.00	17.70	2.20	47.66
CTCL	HNE	14.03	14.11	15.58	18.09	18.70	35.37	37.06	47.41	1.80	51.75
CMP7	HNZ	5.73	5.81	6.15	7.62	9.00	11.11	10.30	11.10	0.86	14.81
CMP7	HNE	23.03	23.05	23.30	28.32	27.07	55.71	72.00	75.62	2.40	90.98
CMP7	HNN	19.06	19.14	20.57	25.29	26.87	68.30	59.91	33.04	1.50	68.30
CMCT	HNZ	4.03	4.24	5.15	10.31	7.86	9.49	9.29	5.21	2.40	12.81
CMCT	HNE	10.02	10.09	14.06	13.13	19.90	29.98	28.51	31.63	1.40	38.98
CMCT	HNN	9.38	9.43	11.02	12.78	21.20	32.80	28.31	14.48	1.60	36.59

CMP9	HNZ	2.12	2.49	3.95	5.94	5.28	5.35	3.79	2.58	0.68	10.85
CMP9	HNN	7.59	7.99	8.89	11.23	33.20	35.81	20.04	11.70	1.50	35.81
CMP9	HNE	8.24	8.77	9.11	11.54	25.83	22.72	20.06	9.04	0.92	28.21
CMSG	HNZ	4.27	4.36	5.13	7.31	9.24	15.30	20.47	17.28	2.00	20.47
CMSG	HNN	6.21	6.29	7.91	8.62	14.48	10.55	17.55	16.59	2.40	18.46
CMSG	HNE	6.93	7.01	8.87	10.86	16.82	14.55	19.03	23.85	2.80	24.47
CMJR	HNZ	3.78	3.81	4.03	4.68	5.60	11.15	12.77	11.24	2.60	15.81
CMJR	HNN	3.13	3.13	5.38	4.48	4.64	8.46	9.23	8.29	1.60	11.48
CMJR	HNE	4.59	4.59	5.72	5.66	5.37	9.00	14.69	13.43	2.00	14.69
CMJC	HNZ	2.99	3.09	3.28	5.91	10.74	7.21	7.89	4.19	1.00	10.74
CMJC	HNN	18.02	18.12	19.48	20.48	26.65	36.17	61.90	57.24	2.20	67.59
CMJC	HNE	17.06	17.17	18.01	20.18	27.95	38.83	52.72	58.20	2.20	72.43
CMTD	HNZ	7.63	7.81	10.09	17.00	21.81	16.59	20.09	12.20	2.60	25.31
CMTD	HNE	13.93	14.18	18.15	16.40	22.82	33.60	53.81	32.24	2.00	53.81
CMTD	HNN	12.90	12.98	13.44	16.74	23.42	34.05	44.34	27.30	1.80	47.32
CMP3	HNZ	2.45	2.53	4.05	5.99	3.68	3.23	3.63	3.27	0.64	11.21
CMP3	HNN	7.35	7.47	8.09	10.03	14.69	28.59	31.95	10.85	1.80	33.89
CMP3	HNE	9.31	9.31	9.65	13.90	13.54	24.51	35.92	13.44	2.40	38.45
CM55	HNZ	2.86	2.91	3.73	5.23	6.87	7.71	6.73	11.78	2.80	14.33
CM55	HNN	9.62	9.65	10.16	11.81	14.12	19.50	20.21	40.87	4.00	41.92
CM55	HNE	9.13	9.18	10.23	11.46	17.63	20.78	21.29	30.57	1.20	48.25
CMRM	HNZ	6.69	6.79	8.52	11.49	19.86	13.41	22.20	18.33	2.40	24.51
CMRM	HNN	24.53	24.58	25.05	25.95	31.42	38.70	73.47	76.22	2.40	116.67
CMRM	HNE	16.09	16.17	17.61	22.87	20.83	31.91	60.91	66.55	2.60	71.45
CMPR	HNZ	3.90	3.95	4.11	7.12	8.47	11.51	6.80	6.40	1.20	17.73
CMPR	HNN	12.07	12.23	13.32	17.89	17.59	30.78	32.29	40.81	2.20	53.50
CMPR	HNE	12.54	12.63	13.04	18.70	19.80	35.52	38.30	43.98	3.00	43.98
CMFZ	HNZ	8.77	8.80	9.73	12.21	11.65	19.05	18.48	15.85	2.40	23.75
CMFZ	HNE	17.39	17.44	18.38	24.71	42.26	40.00	41.31	74.48	3.00	74.48
CMFZ	HNN	21.58	21.77	25.24	25.50	39.76	68.79	29.40	58.61	1.40	84.86
PHPU	ENZ	1.43	1.46	3.30	4.21	2.17	3.73	3.56	1.57	0.60	6.60
PHPU	ENN	2.94	3.03	4.55	9.83	6.19	6.74	7.48	1.96	0.60	14.75
PHPU	ENE	2.17	2.20	3.09	7.59	4.29	7.02	4.28	1.02	0.56	7.72
OXBJ	ENZ	0.48	0.50	0.60	0.80	1.47	1.73	1.42	0.76	1.20	2.08
OXBJ	ENE	0.55	0.56	0.63	1.15	1.18	1.46	2.60	0.84	2.00	2.60
OXBJ	ENN	0.92	0.92	1.07	1.20	1.65	1.30	1.40	2.20	2.20	2.28

Las figuras 5 y 6 muestran los espectros de respuesta de la estación CUP5 y SCT2, respectivamente, con los espectros de diseño y de peligro uniforme de acuerdo con la norma vigente NTC-2017.

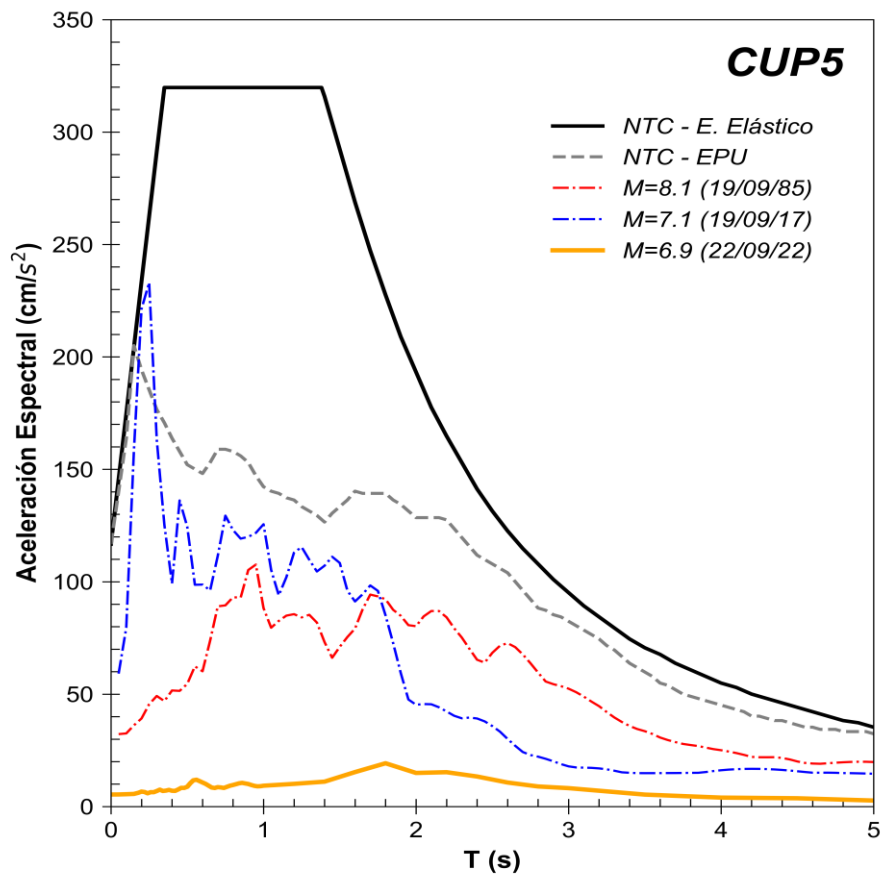


Figura 5. Comparación del espectro de respuesta (ER) del sismo registrado en la estación **CUP5** con el espectro elástico de diseño (EDS) y de peligro uniforme (EPU) obtenidos del SASID. La línea discontinua de color rojo y azul corresponden a los ER de los sismos del 19 septiembre de 1985 y 2017, respectivamente. Todos los ER graficados corresponden a la media cuadrática de sus componentes horizontales.

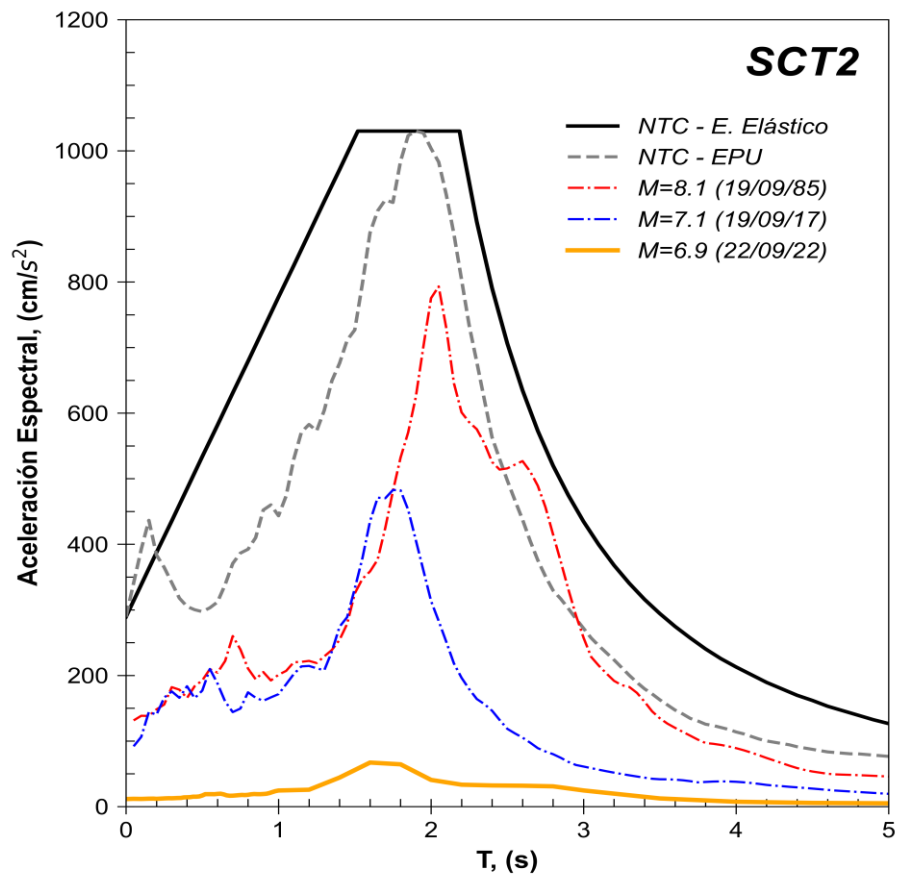


Figura 6. Comparación del espectro de respuesta (ER) del sismo registrado en la estación **SCT2** con el espectro elástico de diseño (EDS) y de peligro uniforme (EPU) obtenidos del SASID. La línea discontinua de color rojo y azul corresponden a los ER de los sismos del 19 septiembre de 1985 y 2017, respectivamente. Todos los ER graficados corresponden a la media cuadrática de sus componentes horizontales.

Referencias

- Arroyo, D., García, D., Ordaz, M., Mora M.A. y Singh S.K. (2010). Strong ground-motion relations for Mexican interplate earthquakes. *J. Seismol.* (2010) 14: 769. <https://doi.org/10.1007/s10950-010-9200-0>
- Kitanidis, P., (1986). Parameter uncertainty in estimation of spatial functions: Bayesian analysis. *Water Resources Research*, 22(4), 499-507.
- Ordaz, M., Reinoso, E., Jaimes, M. A., Alcántara, L., y Pérez, C. (2017). High-Resolution Early Earthquake Damage Assessment System for Mexico City Based on a Single-Station. *Geofís. Intl* [online]. 2017, vol.56, n.1, pp.117-135. ISSN 0016-7169. DOI: 10.19155/geofint.2017.056.1.9
- Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México. (22 de septiembre de 2022) <http://www.ssn.unam.mx>