



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS SÍSMICOS EN LAS
CIUDADES DE OAXACA Y PUEBLA CON REDES
NEURONALES

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA

P R E S E N T A:
LEONARDO ALCÁNTARA NOLASCO

TUTOR
DR. EFRAÍN OVANDO SHELLEY
INSTITUTO DE INGENIERÍA

COTUTOR
DRA. SILVIA RAQUEL GARCÍA BENÍTEZ
INSTITUTO DE INGENIERÍA

MÉXICO, D.F. MAYO 2013

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. IMPLEMENTACIÓN DE REDES ACELEROGRÁFICAS EN LAS CIUDADES DE PUEBLA Y OAXACA	5
2.1 Proceso constructivo de una estación acelerográfica	6
2.2 Red Acelerográfica de la ciudad de Puebla	13
2.3 Red Acelerográfica de la ciudad de Oaxaca	24
2.4 Observaciones instrumentales en la ciudad de Puebla	33
2.5 Funciones de transferencia y Espectros de Respuesta en la ciudad de Oaxaca	45
3. CONCEPTOS GENERALES SOBRE REDES NEURONALES	55
3.1 Redes Neuronales Artificiales	55
3.2 Arquitectura	57
3.3 Proceso de entrenamiento	61
3.4 Algoritmo de Retropropagación	61
3.5 Capacidad de Generalización	63
4. MODELOS NEURONALES EN LAS CIUDADES DE OAXACA Y PUEBLA	65
4.1 Duración de la fase intensa del movimiento sísmico	65
4.2 Modelo neuronal para la duración de la fase intensa	69
4.3 Espectro de Respuesta elástico	88
4.4 Modelo neuronal para estimar Espectros de Respuesta	90
5. CONCLUSIONES	111
REFERENCIAS	113
ANEXO A	

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los fenómenos naturales que mayor impacto tiene en las sociedades es el sísmico y una base fundamental para entender su origen y consecuencias es contar con una infraestructura de medición y observación adecuada que permita, precisar su área de ocurrencia y las intensidades a las que se someten las estructuras. Derivado de ello, se podrán hacer las recomendaciones sobre el uso del suelo y de una edificación segura; y finalmente, implementar las medidas preventivas que permitan mitigar los efectos producidos por un gran temblor así como aportar elementos para atender la emergencia provocada.

En el caso de México, el estudio de la actividad sísmica a lo largo de la zona de subducción y el registro instrumental de los sismos que en ella se generan han permitido establecer diferentes zonas como fuente potencial de generación de temblores de gran intensidad (Nishenko y Singh, 1987): Tehuantepec (94° a 95.2° W), Oaxaca Este (95.2° a 96.4° W), Oaxaca Centro (96.4° a 97.3° y 97.3° a 97.7°), Oaxaca Oeste (97.7° a 98.2° W), Ometepec (98.2° a 99.3° W), Acapulco-San Marcos (99.3° a 100° W), Guerrero Centro (100° a 101° W), Petatlán (101° a 101.8° W), Michoacán (101.5° a 103° W), Colima (103° a 103.7° W) y (103.7° a 104.5° W)) y Jalisco (104.3° a 105.7° W).

De las regiones indicadas, tres de ellas, han sido señaladas como las de mayor probabilidad de generar un evento sísmico de gran intensidad en un periodo corto: Centro de Oaxaca (97.3° a 97.7° W), Ometepec (98.2° a 99.5° W) y Guerrero Centro (100° a 101° W). Para la primera se ha estimado un momento sísmico de 2×10^{27} dina-cm para un área de 4400 km^2 , lo cual implicaría la ocurrencia de un temblor de magnitud $M_s=7.7$. En el caso de Ometepec se ha establecido una probabilidad del 95 por ciento para la ocurrencia de un evento de magnitud $M_s \geq 7.5$. En la última zona mejor conocida como la brecha de Guerrero se ha determinado que se puede producir un evento de magnitud $M_s=8.3$ si se considera un área de ruptura de 18400 km^2 .

La situación expuesta es la que ha definido las prioridades en la instalación y operación de estaciones acelerográficas de tal forma que, hoy en día se tiene una amplia cobertura como indica la figura 1.1. Sin embargo, la infraestructura no cubre completamente la zona de subducción mexicana, tanto hacia el noroeste en las costas de los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit; así como hacia el sureste en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Adicionalmente, es importante señalar que el peligro sísmico también proviene de fuentes distintas a la de subducción, como es el caso de los sismos corticales o los profundos (intraplaca) que ocurren dentro de la placa subducida. Este tipo de eventos, dada su cercanía a las poblaciones vecinas y a la respuesta de las muy particulares condiciones del subsuelo en estas, pueden generar condiciones de alto riesgo.



Figura 1.1 Distribución de estaciones acelerográficas

La importancia de los registros sísmicos obtenidos, mediante las redes acelerográficas, radica en poder hacer: estimaciones cuantitativas del movimiento del terreno para fines de diseño sismo-resistente, evaluaciones de la amenaza sísmica y el establecimiento del riesgo a través de una adecuada caracterización de las complejas series tiempo-aceleración.

Desde un punto de vista ingenieril se pueden distinguir tres características para describir el movimiento sísmico: amplitud, contenido de frecuencias y duración (Kramer, 1996); y a partir de ellas, identificar determinados parámetros para representarlo y que incluyan aspectos relevantes como son la fuente sísmica, la trayectoria de propagación del frente de ondas y las condiciones del subsuelo.

- La amplitud del movimiento queda bien definida por las trazas del registro sísmico, expresadas en valores de aceleración, velocidad o desplazamiento; siendo la forma más simple de medir la amplitud, el valor absoluto de la aceleración máxima, también conocida como pico (*PGA*), de los componentes horizontales o verticales. La máxima aceleración horizontal ha sido relacionada con las fuerzas dinámicas que se inducen en las estructuras. En el caso de la velocidad, el valor máximo (*PGV*) es utilizado debido a que es menos sensible a los componentes de alta frecuencia del movimiento del terreno. Por su parte el desplazamiento máximo normalmente es asociado con los componentes del movimiento de más baja frecuencia.

- En la caracterización del movimiento sísmico, es fundamental el análisis del contenido de frecuencias debido a que este influye de manera muy relevante en los efectos del mismo y, es común la determinación de los espectros de: amplitudes de Fourier, Potencia y Respuesta. El primer espectro representa la forma en que la amplitud del movimiento se encuentra distribuida con respecto a la frecuencia o el periodo; el segundo también conocido como función de densidad espectral, es utilizado para hacer una estimación de las propiedades estadísticas del movimiento. El espectro de Respuesta tiene una aplicación muy importante en la Ingeniería Sísmica y representa la respuesta máxima de un sistema de un grado de libertad, para un movimiento en particular, como una función del periodo y de una relación de amortiguamiento del propio sistema.
- Si bien es cierto que grandes amplitudes del movimiento sísmico pueden provocar daño estructural, también es aceptado que la duración asociada al movimiento puede influir de manera importante en dicho daño. Sin embargo, solo la parte más intensa del registro es la de mayor interés y es conocida como duración de la fase intensa del movimiento sísmico.

De la falta de la instrumentación para el monitoreo sísmico en el país y en particular en ciudades expuestas al efecto de temblores intensos; así como de la importancia de los parámetros para caracterizar el movimiento sísmico surge la motivación para el desarrollo de esta tesis.

Objetivos

- 1) Considerando el peligro sísmico al que se encuentran expuestas las ciudades de Oaxaca y Puebla; y ante la falta de instrumentos para el monitoreo sísmico se tiene como primer objetivo la instalación de una red acelerográfica en cada ciudad.
- 2) Utilizando la base de datos de los acelerogramas obtenidos en las ciudades de Oaxaca y Puebla, el segundo objetivo está enfocado al desarrollo de Modelos Neuronales que permitan la estimación tanto de la duración de la fase intensa del movimiento sísmico así como de Espectros de Respuesta.

2. IMPLEMENTACIÓN DE REDES ACELEROGRÁFICAS EN LAS CIUDADES DE PUEBLA Y OAXACA

Después del sismo de San Marcos ($M=7.5$) ocurrido en 1957 y que derribó el monumento conocido como *el Ángel de la Independencia*, los ingenieros mexicanos reconocieron la necesidad de medir las ondas sísmicas generadas por temblores fuertes, desde su origen hasta su arribo a importantes núcleos de población, para estudiar sus efectos en suelos y especialmente en estructuras vulnerables a daños. En esa época, solo existía la red del Servicio Sismológico Nacional (SSN) la cual estaba integrada por sismógrafos que regularmente saturaban su capacidad de registro durante los eventos de mediana a gran magnitud y por consiguiente la información era poco adecuada para los propósitos de la ingeniería sismo-resistente. Estas razones condujeron a instalar los primeros instrumentos de registro de movimientos fuertes, conocidos como acelerógrafos, en el parque de la Alameda Central, en la Ciudad Universitaria y en el edificio de la Torre Latinoamericana, estos equipos registraron los sismos de Acapulco de 1962, Esteva (1963) y Zeevaert (1963).

Los efectos del macro-sismo del 19 de septiembre de 1985 producen un cambio importante en la percepción sobre la importancia de la instrumentación sísmica en México y por lo tanto, diversas instituciones se suman al esfuerzo de instalar y continuar operando redes acelerográficas de campo libre, Alcántara y Valdés. (2010). No obstante el crecimiento que ha tenido la red, aún existen muchas regiones expuestas a un peligro sísmico importante y en donde la cobertura instrumental es escasa o nula.

Particular atención merecen las ciudades de Puebla y Oaxaca que por su posición geográfica a lo largo de su historia se han visto afectadas por eventos sísmicos importantes de diversa naturaleza, entre los cuales se pueden señalar: a). Los temblores superficiales de Huatulco 1965 ($M=7.8$), Pinotepa 1968 ($M=7.4$), Pochutla 1978 ($M=7.8$), Ometepepec 1982 ($M=7$), Ometepepec 1995 ($M=7$); b). Los eventos de falla normal con profundidad intermedia: 15 de enero de 1931 ($M=7.8$) y 30 de septiembre de 1999 ($M=7.5$) y finalmente c). Los sismos profundos del 10 de febrero de 1928 ($M=6.7$), 26 de julio de 1937 ($M=7.3$), 11 de octubre de 1945 ($M=6.5$), 25 de mayo de 1959 ($M=6.8$), 28 de agosto de 1973 ($M=7.3$), 24 de octubre de 1980 ($M=7.1$) y 15 de junio de 1999 ($M=7$).

Las razones anteriores condujeron a desarrollar un proyecto para la instalación de estaciones acelerográficas en las ciudades de Oaxaca y Puebla que consideraran diferentes condiciones de subsuelo.

2.1 Proceso constructivo de una estación acelerográfica

Las estaciones acelerográficas o de registro sísmico pueden estar desplantadas sobre afloramientos de roca o en suelos, pero en cualquier caso están integradas de una caja metálica empotrada en una base de concreto armado y de una torre metálica como se muestra en la figura 2.1 (Alcántara *et al*, 2007). En el interior de la caja se alberga el acelerógrafo o registrador sísmico, así como el regulador de corriente y las baterías que abastecen de energía al equipo. Por su parte, en la torre se instalan el sistema de posicionamiento global (GPS) y las celdas solares; ambos se conectan al equipo y cargador respectivamente, por medio de cables que van insertados en un ducto el cual es enterrado en el suelo hasta llegar a la estación acelerográfica.

Base de concreto armado

Tiene dimensiones de 120x85x30 cm y es colada in situ utilizando concreto hidráulico con $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$. Su orientación en el sentido longitudinal es este-oeste y en el transversal norte-sur. Sobre la base de concreto se ahoga un marco de acero empotrado que sirve para sujetar la caja metálica. La base debe quedar perfectamente anclada, ya sea a la roca o al suelo, dado que sobre esta será colocado el equipo de registro sísmico y por lo tanto deberá evitarse cualquier movimiento relativo. Cuando el desplante es sobre roca, se perforan tres barrenos de 30 cm de profundidad en los que se insertan varillas de acero de 3/8" que a su vez son ligadas a la parrilla de acero de la base. En el caso de la estación sobre suelo, se realiza una excavación perimetral de 1 m de profundidad por 15 cm de ancho y en su interior se coloca una malla de acero de refuerzo para posteriormente realizar el colado de concreto directamente sin colocar cimbra, de tal forma que la masa de suelo quede rodeada y sujeta por este.

Torre metálica y accesorios

En las inmediaciones de la base de concreto es colada otra, de 40x40 cm, la cual es utilizada para apoyar una torre metálica triangular de 6 a 9 m de altura. Tal dimensión se logra mediante ensambles de tramos tipo B-30 de 3 m de longitud y 30 cm de ancho. La estabilidad se logra con tres cables de acero, de 3/16", que van de la parte superior de la torre a tres anclas empotradas en el terreno natural. En la parte superior de la torre son colocadas las celdas solares y el sistema de recepción satelital (GPS) para el control del tiempo.

Caja metálica

Como sistema de protección contra la intemperie y el vandalismo, las estaciones cuentan con una caja metálica fabricada con placa de acero de 0.64 cm de espesor y con dimensiones de 86x52x36 cm. La caja está integrada por un cuerpo superior o tapa, un cuerpo inferior o base, una placa de control térmico o sombrilla y un cubre-candados, como se muestra en las figuras 2.2 y 2.3. En su interior se

tienen dos compartimentos, uno con espacio suficiente para albergar el acelerógrafo y otro para resguardar las baterías, el regulador de voltaje y en general el cableado propio de la instrumentación. La base metálica tiene seis perforaciones para sujetarla, por medio de tuercas, al marco metálico ahogado en la base de concreto. Por su parte, la tapa también tiene tres perforaciones que sirven para liberar los gases generados por el ácido de las baterías y que pueden dañar al equipo. La tapa abre hacia el norte siguiendo la convención adoptada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) en sus estaciones sísmicas. En la parte superior de la tapa se coloca la placa de control térmico, esta cubre la caja y sobresale ligeramente para evitar la radiación directa del sol durante el día, lo que permite controlar la variación de la temperatura en el interior.

Las figuras 2.4 y 2.5 muestran el detalle para la construcción de una estación sísmica sobre roca y suelo, respectivamente, y en las fotografías 1 a 7 se presenta una secuencia del proceso constructivo para el caso de una estación desplantada en roca y las fotografías 8 a 11 corresponden a una estación sobre suelo.

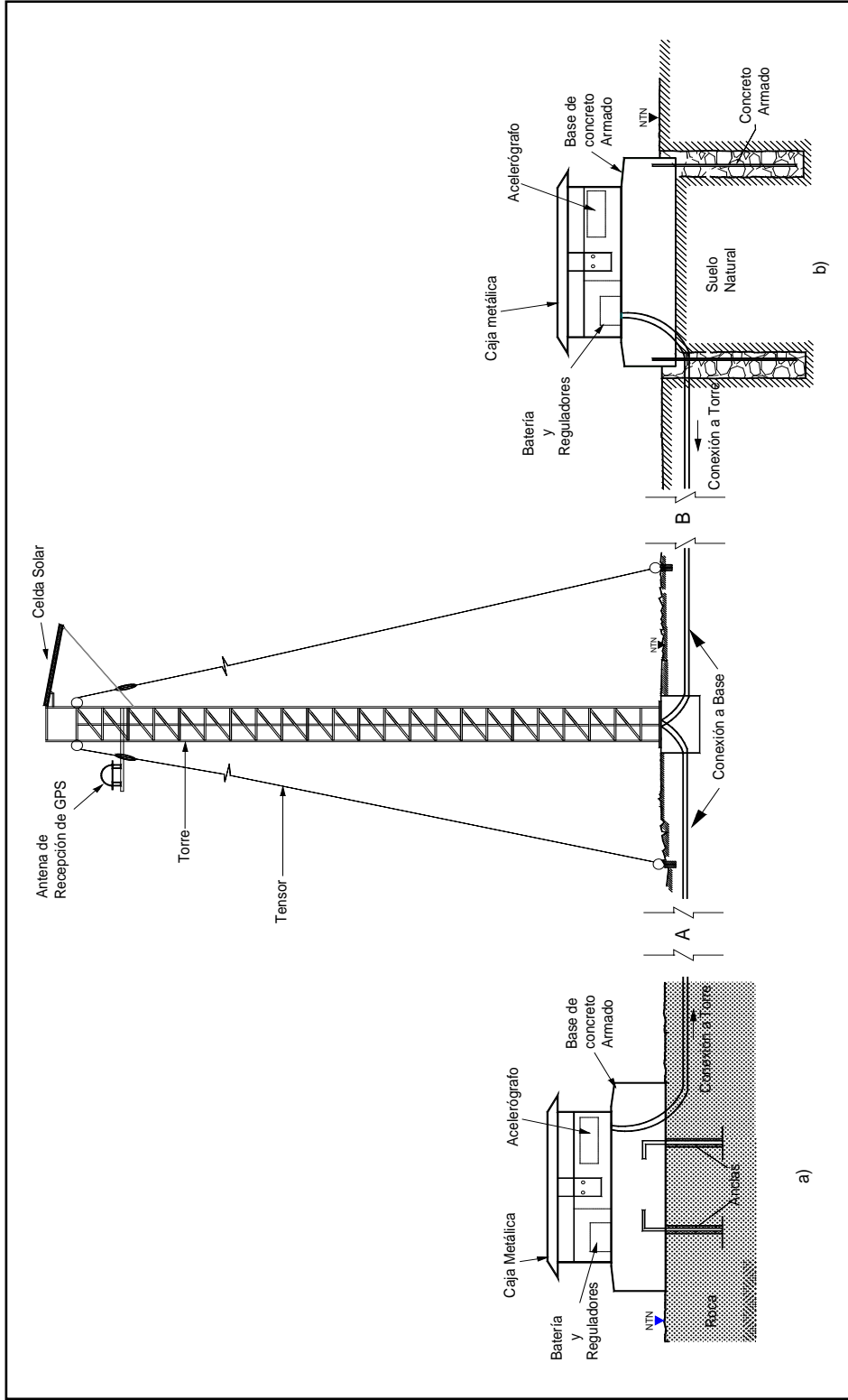


Figura 2.1 Estación acelerográfica
 a) roca
 b) suelo

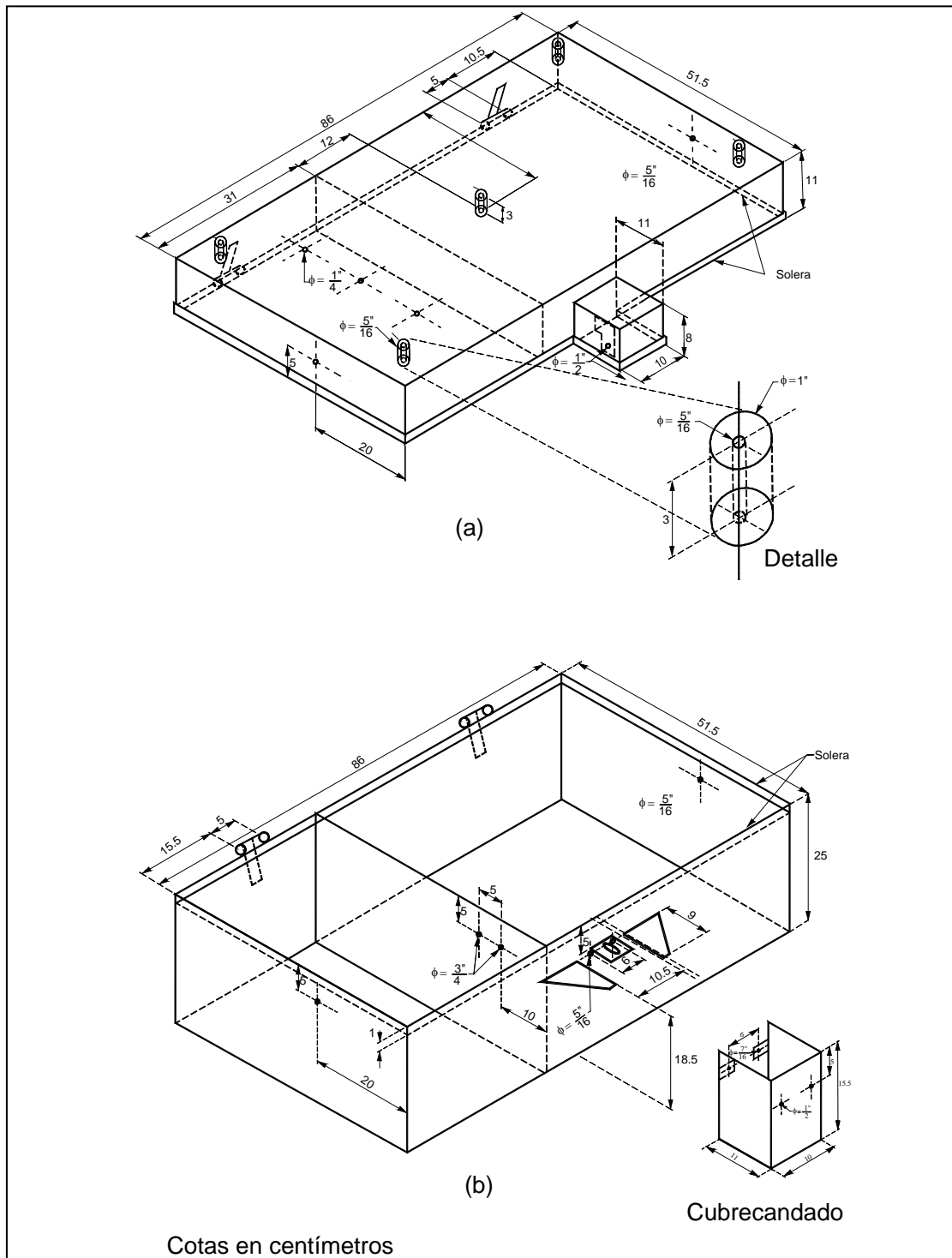


Figura 2.2 Elementos de la caja de resguardo
a) Cuerpo superior
b) Cuerpo inferior

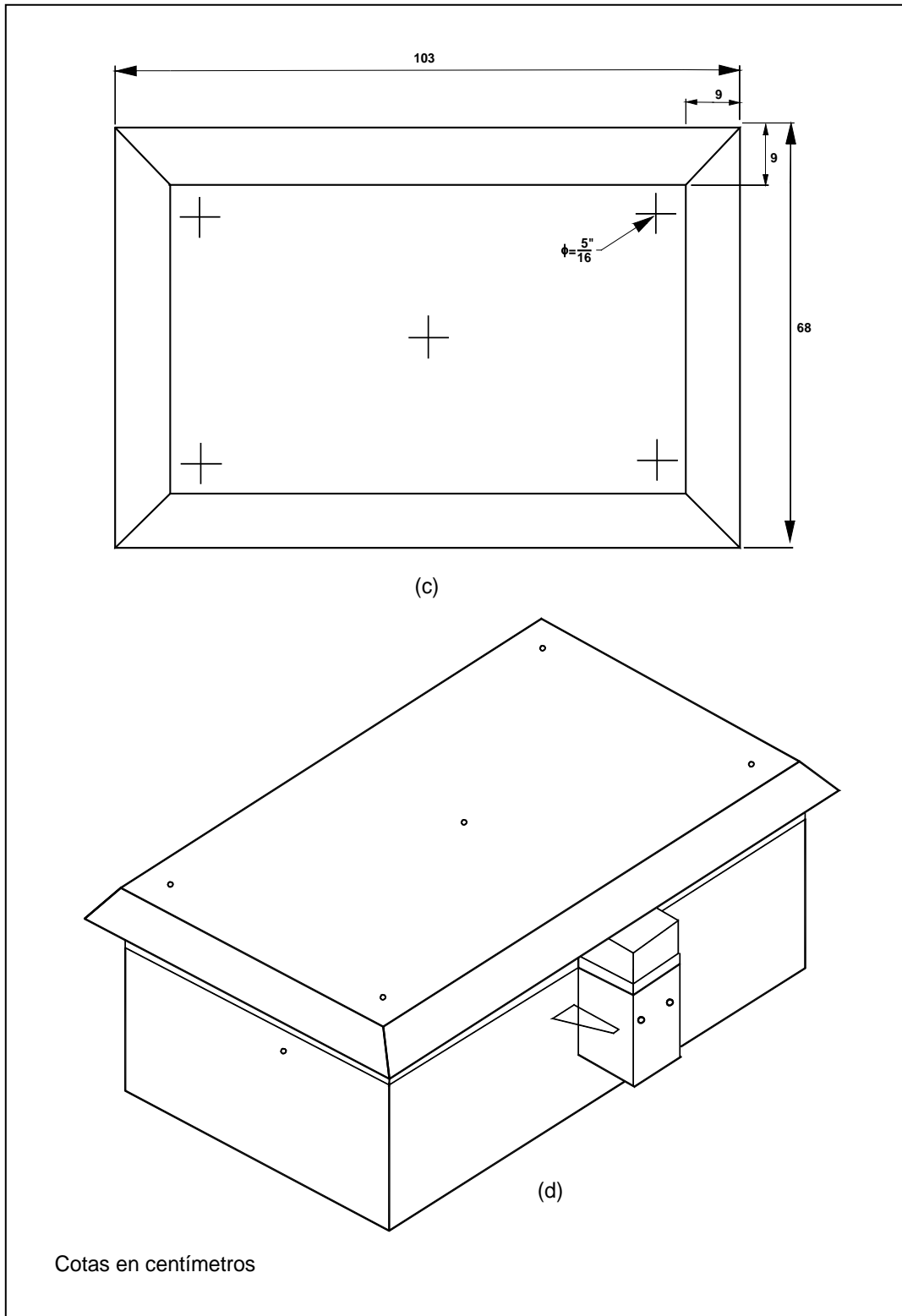


Figura 2.3 Vista general de la caja metálica de resguardo
c) Placa de control térmico
d) Isométrico

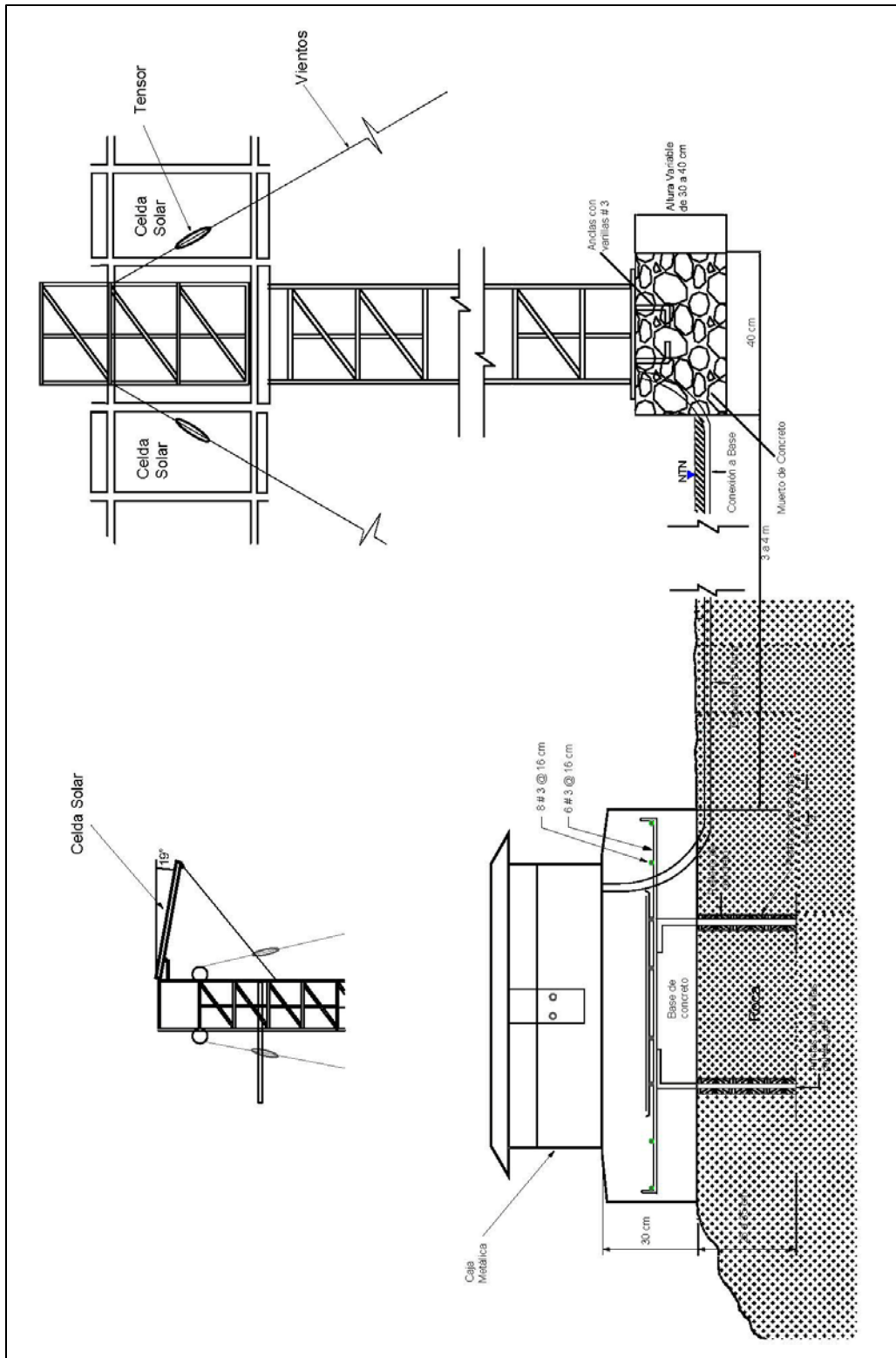


Figura 2.4 Detalle de instalación en roca

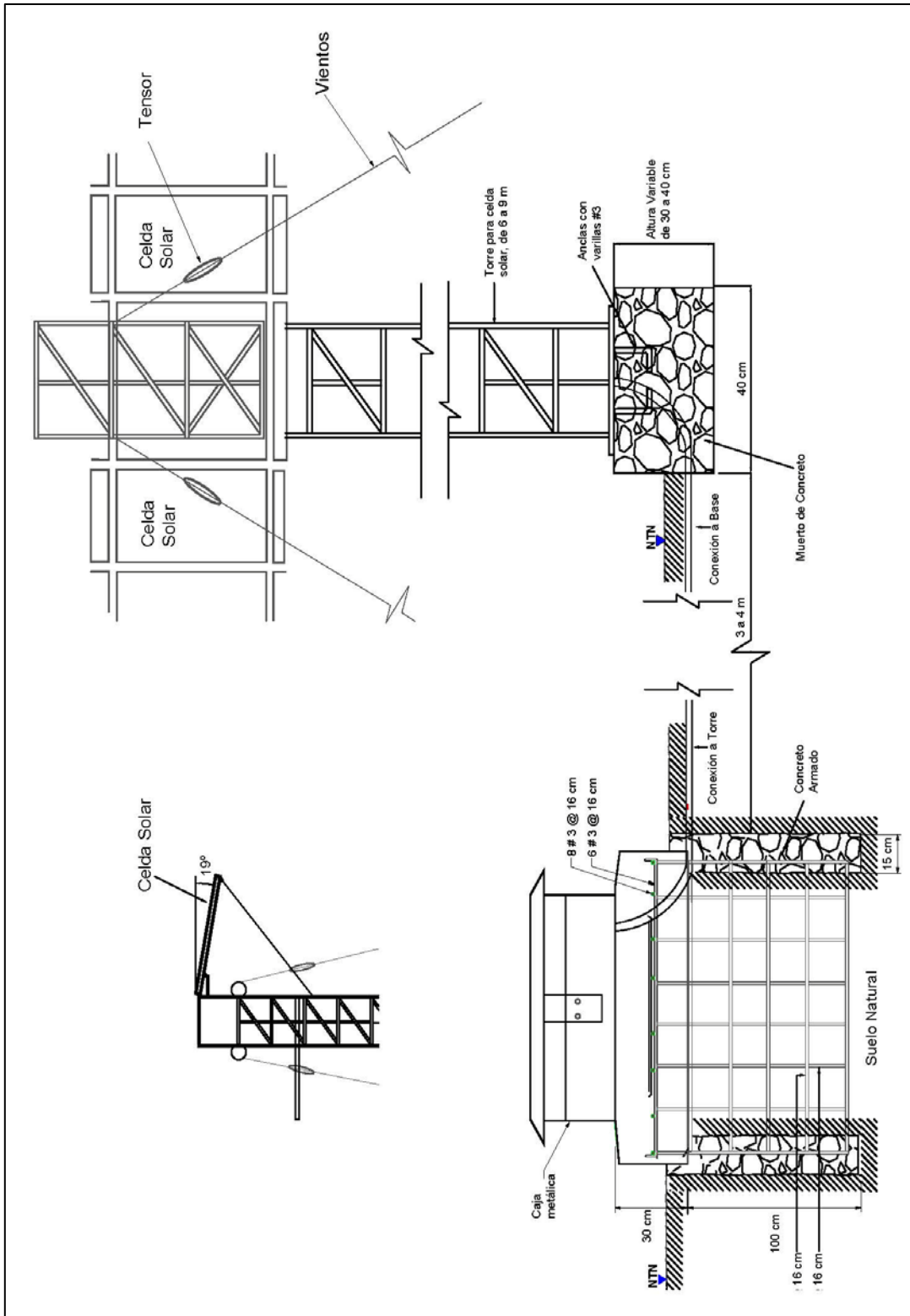


Figura 2.5 Detalle de instalación en suelo

2.2 Red Acelerográfica en la ciudad de Puebla

El crecimiento urbano que la ciudad de Puebla ha presentado en los últimos años, aunado a su historia política, social y económica, la ubican entre las ciudades más importantes del país. Su localización dentro de la zona más activa en la generación de movimientos sísmicos de México y los daños que han causado ya en varias ocasiones terremotos originados en las cercanías y en la costa del Océano Pacífico, le han dado un alto grado de riesgo sísmico, lo que pone en peligro la seguridad de sus habitantes y la estabilidad de sus estructuras tanto modernas como de gran valor histórico. Estas razones motivaron el proyecto de instalar una red acelerográfica, la cual hoy en día es operada conjuntamente por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) y la Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FI-BUAP).

Los objetivos específicos con los que fue creada la Red de Acelerógrafos de la ciudad de Puebla (RACP) fueron los siguientes:

- Obtener registros de la respuesta local del suelo ante eventos sísmicos de mediana y gran intensidad.
- Determinar los efectos de sitio inherentes a las características locales del terreno.
- Recabar información para ser aportada a futuros trabajos de zonificación y riesgo sísmico en la ciudad.

Localización de las estaciones

En 1972 se instaló en las oficinas de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Puebla la estación SXPU como parte del sistema sismo-telemétrico SISMEX, del proyecto realizado entre la UNAM y la UNESCO a cargo del Instituto de Ingeniería (figura 2.6); en este lugar se operó un arreglo triaxial de acelerómetros hasta marzo de 1984, fecha en que este equipo fue sustituido por un acelerógrafo digital autónomo y la estación pasó a formar parte de la red acelerográfica del II-UNAM. Posteriormente a los terremotos de septiembre 19 y 21 de 1985, se inició el proyecto de implementar una red acelerográfica, siendo la entonces Escuela de Ingeniería Civil y Topográfica de la BUAP quien instaló tres acelerógrafos digitales sobre suelos con diferentes características geotécnicas y cuya ubicación se determinó atendiendo la zonificación preliminar realizada por Auvinet (1976). Un equipo se instaló en la Ciudad Universitaria de la BUAP (UAPP), otro en la zona histórica de la ciudad (PBPP) (figura 2.7) y el tercero en la Central de Abasto (CAPP).

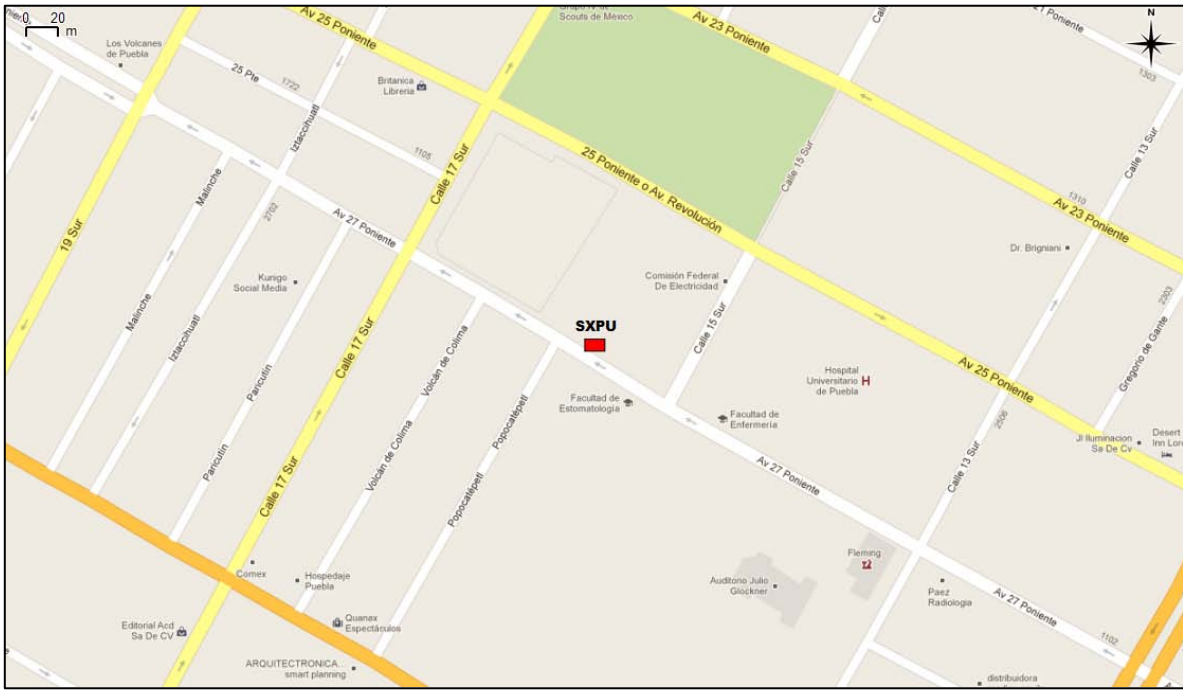


Figura 2.6 Estación SXP

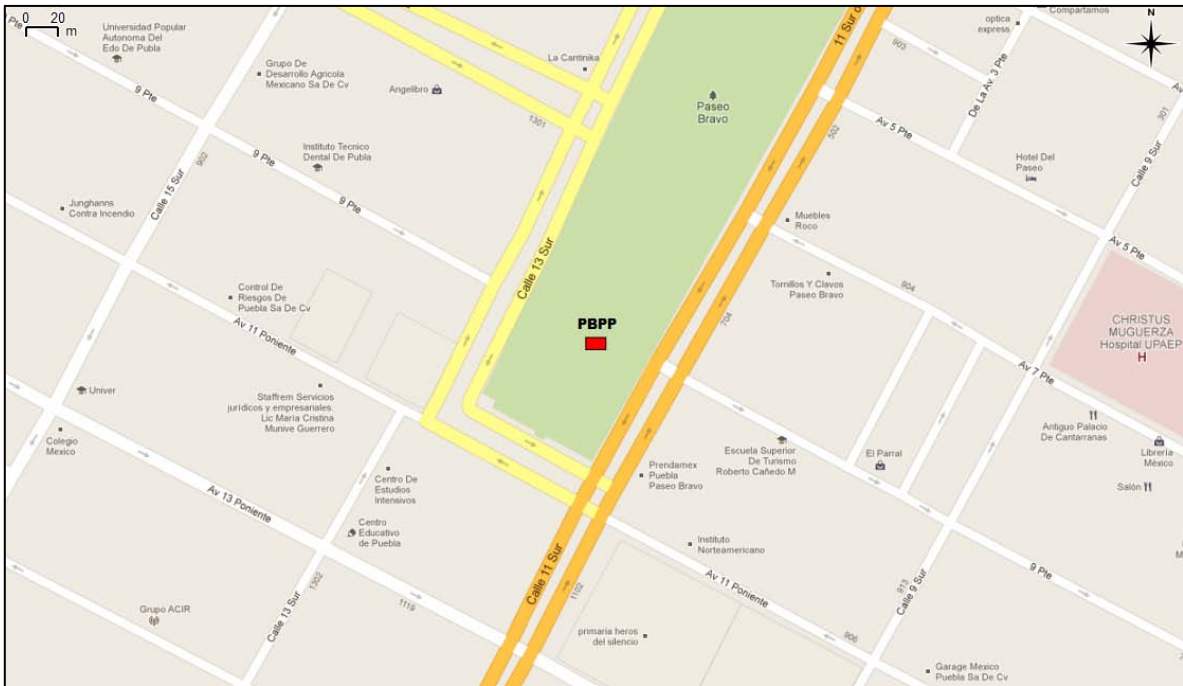


Figura 2.7 Estación PBPP

En 1993 el II-UNAM y la BUAP iniciaron un convenio de colaboración para la operación conjunta de la RACP por lo que se integró la estación SXPU a la RACP y en 1995 se instalaron dos estaciones más, una en el municipio de San Ramón Castillotla (SRPU), al sur de la ciudad (figura 2.8), en donde se ha observado un acelerado crecimiento de edificios multifamiliares, y la otra en el cono volcánico del cerro de San Juan en la colonia La Paz (PZPU) (figura 2.9).

En el año de 1996 se ubicó la séptima estación en el Parque Habana (PHPU) de la colonia América Norte (figura 2.10); la octava estación se instaló en la zona basáltica de Barranca Honda (BHPP) (figura 2.11).

El 15 de junio de 1999 ocurrió un sismo de magnitud $M=7.0$ con epicentro localizado a 30 km de Tehuacán, Puebla (Singh *et al.* 1999). Dicho evento causó varias muertes y graves daños en la infraestructura de la ciudad de Puebla; resultando fuertemente dañadas varias estructuras entre ellas el edificio Carolino, los templos de San Agustín y de la Compañía, además del edificio 306 de la Facultad de Medicina de la BUAP el cual tuvo que ser demolido. Considerando dicha situación y los pocos sitios con registro acelerográfico, fueron instaladas las estaciones Río San Francisco (RFPP), en el centro de la ciudad (figura 2.12), San Alejandro (SAPP), en el Hospital del IMSS (figura 2.13) y finalmente la estación Lomas del Mármol (LMPP), sobre un afloramiento de roca (figura 2.14).

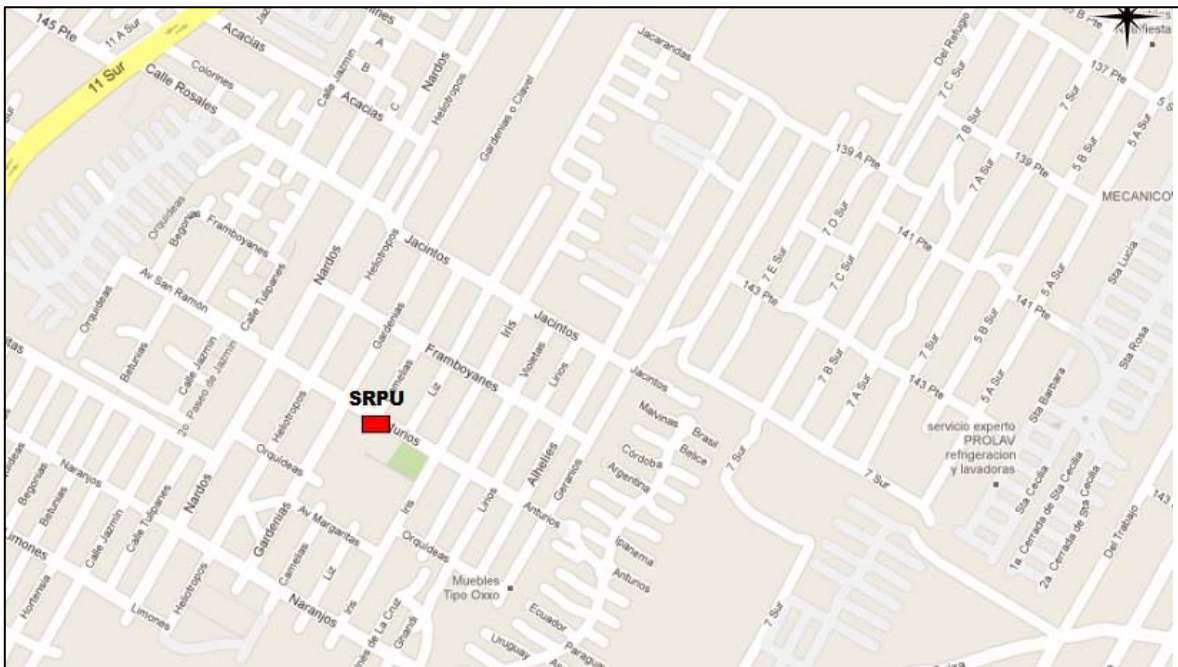


Figura 2.8 Estación SRPU

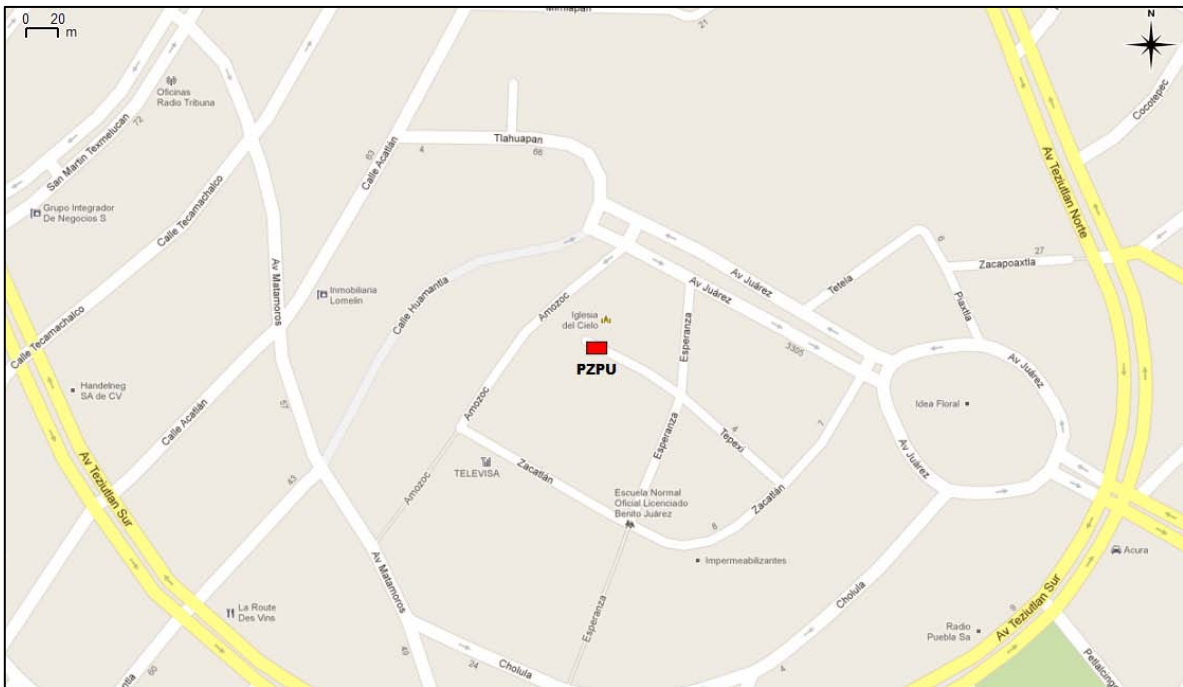


Figura 2.9 Estación PZPU

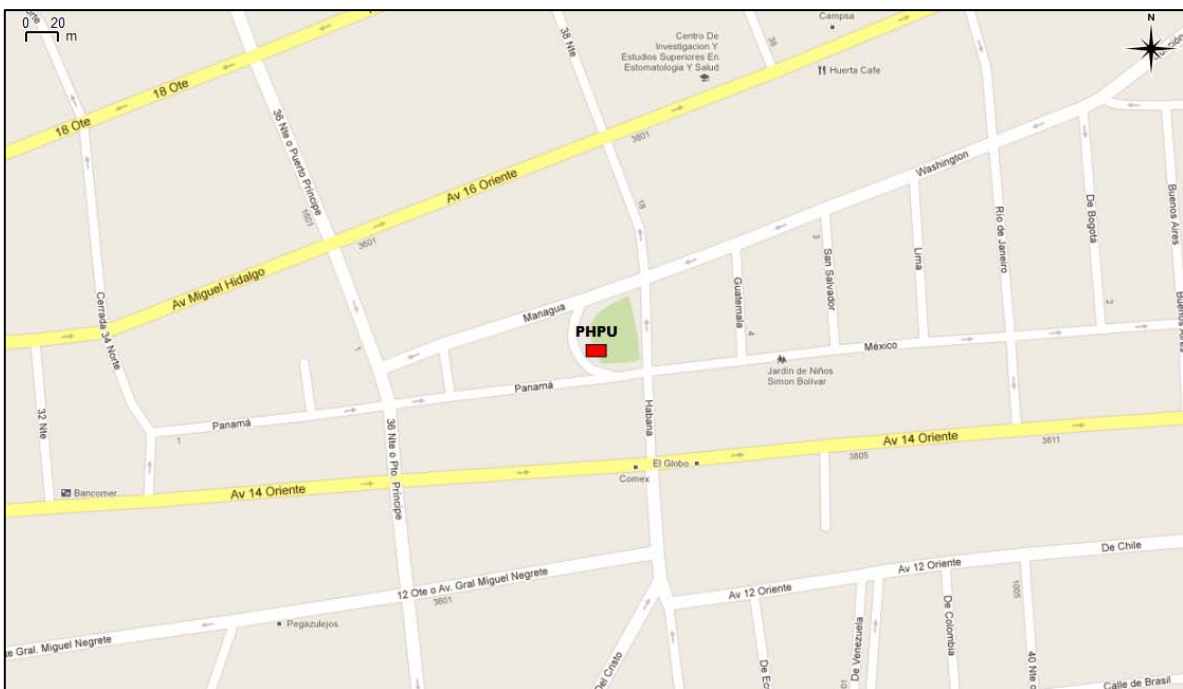


Figura 2.10 Estación PPHU

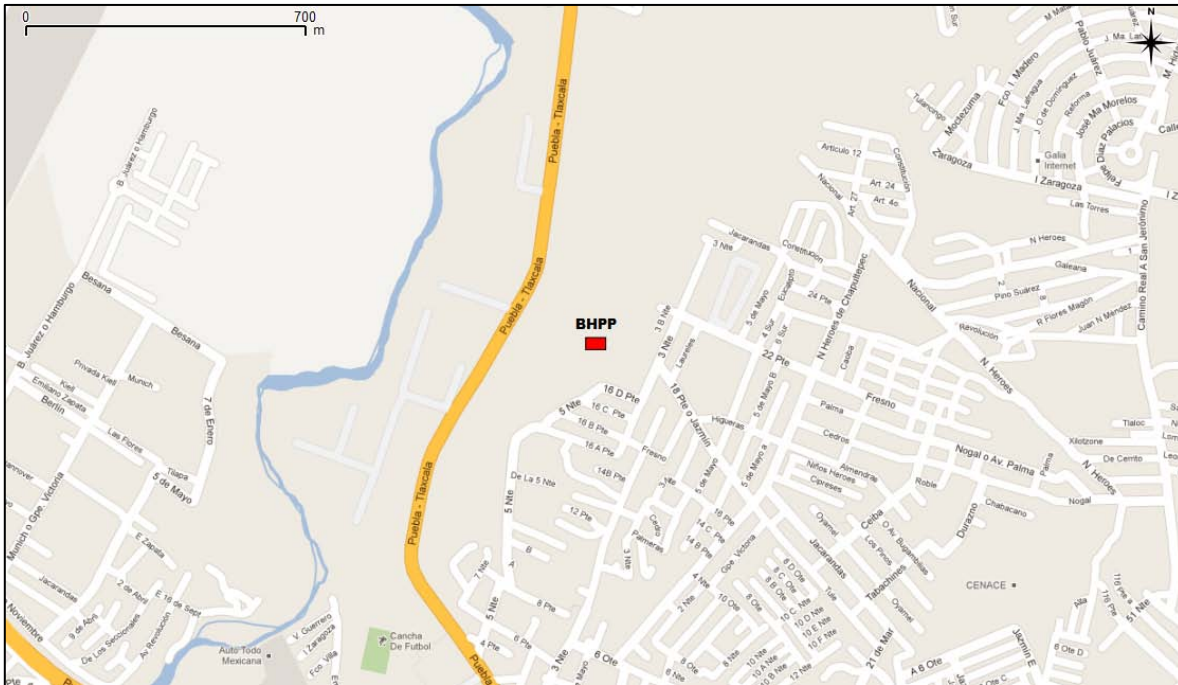


Figura 2.11 Estación BHP

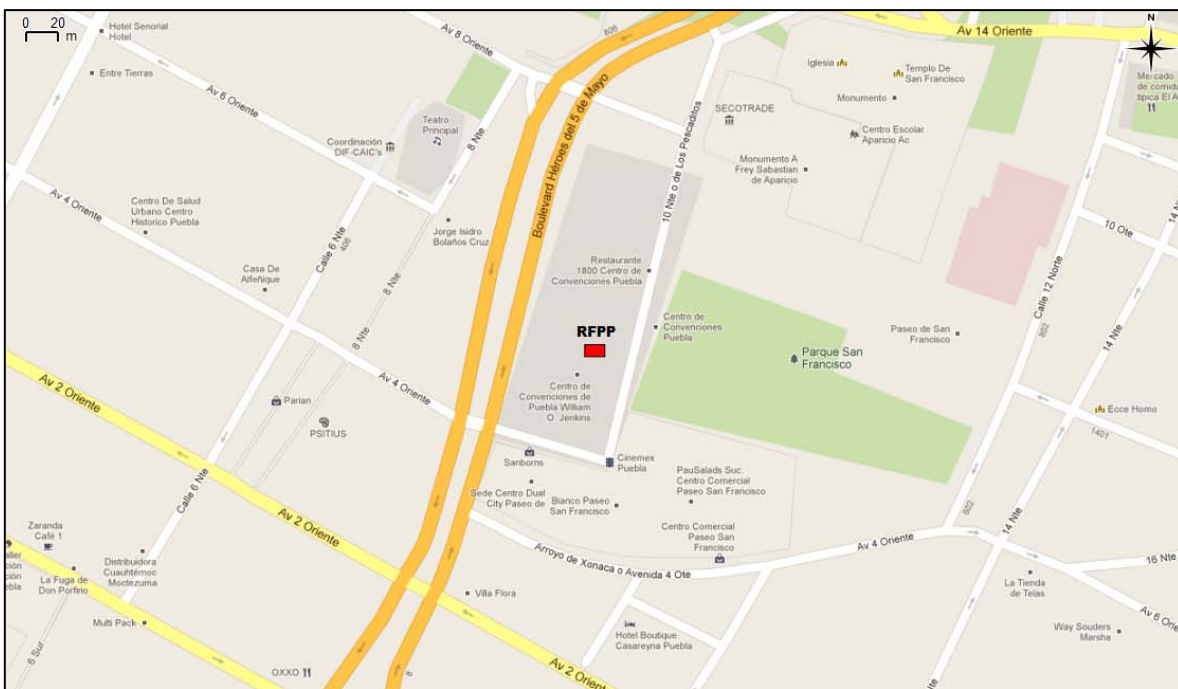


Figura 2.12 Estación RFPP

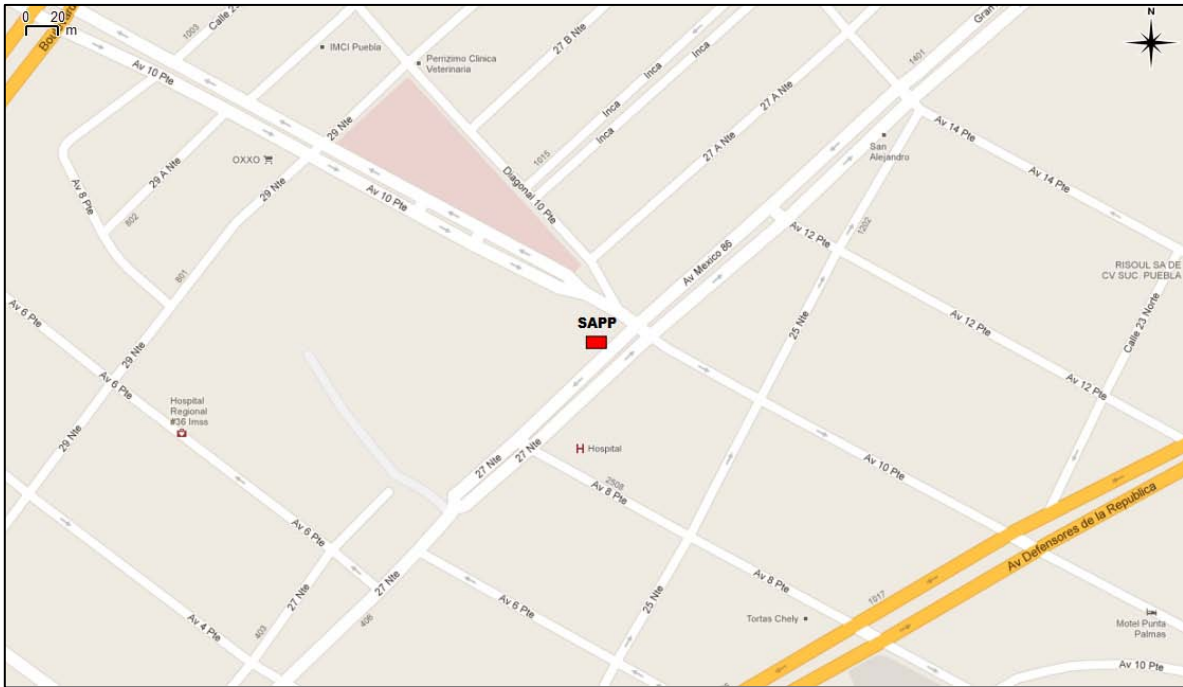


Figura 2.13 Estación SAPP

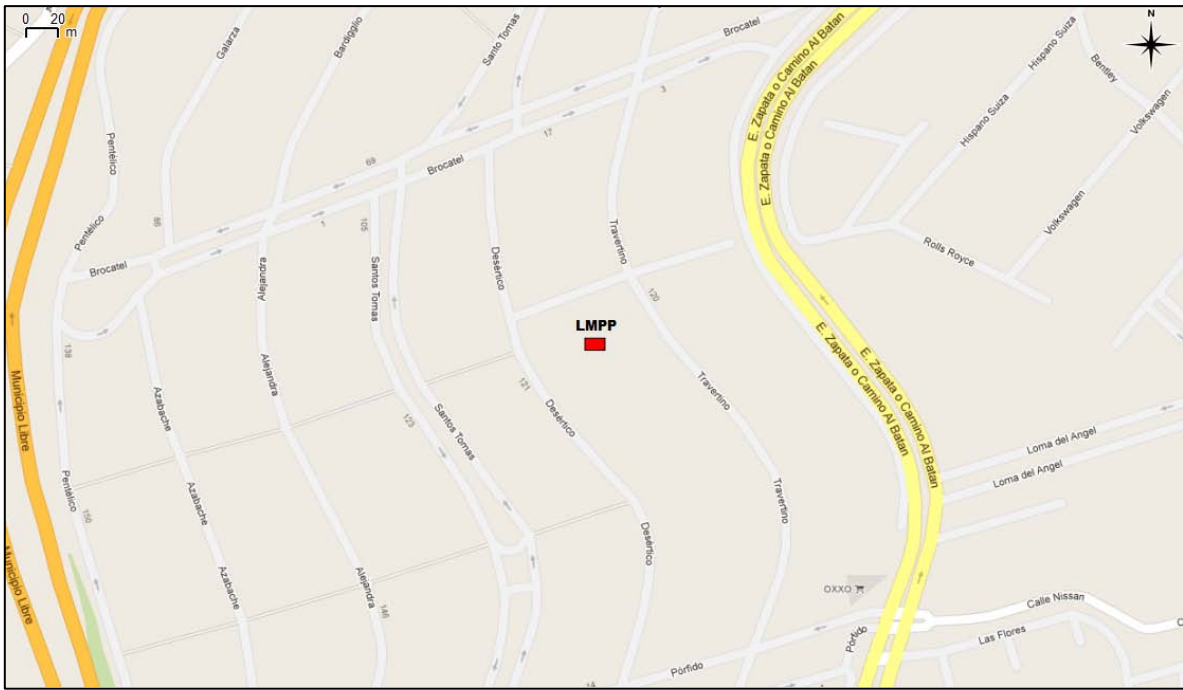


Figura 2.14 Estación LMPP

De esta manera, a partir de 2001 la Red Acelerográfica de la ciudad de Puebla quedó constituida por 11 estaciones de registro acelerográfico de tres componentes ortogonales. Lamentablemente, en el año 2004 ocurrieron dos sucesos que ocasionaron la pérdida de dos de las estaciones más antiguas de la Red; en marzo se restringió el ingreso al sitio en el que se albergaba el equipo acelerográfico de la estación UAPP, lo que hizo necesario retirar el instrumento. Por otra parte, debido a obras de ampliación en la Central de Abasto, la caseta que albergaba a la estación CAPP fue demolida sin previo aviso, permitiendo solamente el rescate del equipo registrador.

La tabla 2.1 muestra algunas de las características de las estaciones y la figura 2.15 presenta su ubicación. La primera caseta construida corresponde al diseño de la Red Sismotelemétrica y corresponde a la estación SISMEEX (figura 2.16). La estación acelerográfica en PBPP es de tipo subterráneo, como se muestra en la figura 2.17. El equipo está instalado directamente sobre un pedestal de concreto el cual se encuentra desligado de la losa de piso; en este caso el sistema de suministro de energía eléctrica es por medio de la red de alumbrado público del parque.

Las estaciones RFPP, SAPP y SRPU son del tipo superficial y en suelo, por lo que es importante desplantar la base de la estación sobre el depósito original, procurando en la medida de lo posible, no alterar las propiedades mecánicas del estrato. Con relación a las estaciones PZPU, BHPP y LMPP, estas son superficiales y desplantadas sobre roca. Los detalles de estas 6 estaciones corresponden a lo ilustrado en el inicio de este capítulo (ver figura 2.1).

Tabla 2.1 Estaciones de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP)

Clave	Nombre	Depósito	Coordenadas		Aparato / serie
			Lat. N	Long. W	
BHPP	Barranca Honda, Puebla	Roca Basáltica	19.109719	98.227619	GSR-12/326
LMPP	Lomas del Mármol, Puebla	Roca Metamórfica	19.001470	98.182270	ETNA/1329
PBPP	Paseo Nicolás Bravo, Puebla	Travertino	19.045425	98.208345	ETNA/1533
PHPU	Parque Habana, Puebla	Limos y limos arenosos	19.044240	98.168430	ETNA/1532
PZPU	La Paz, Puebla	Roca (Cono volcánico)	19.055320	98.226950	DCA-333/100
RFPP	Río San Francisco, Puebla	Estructura	19.043440	98.191540	GSR-12/328
SAPP	San Alejandro, Puebla	Lacustre	19.057780	98.215320	IDS-3602/373
SRPU	San Ramón, Puebla	Limos y arenas limosas	18.965470	98.259930	DCA-333/258
SXPU	Sismex, Puebla	Travertino	19.040000	98.215000	DCA-333/206
CAPP	Central de Abasto	Fuera de operación en forma definitiva			
UAPP	Facultad de Ingeniería BUAP	Fuera de operación			

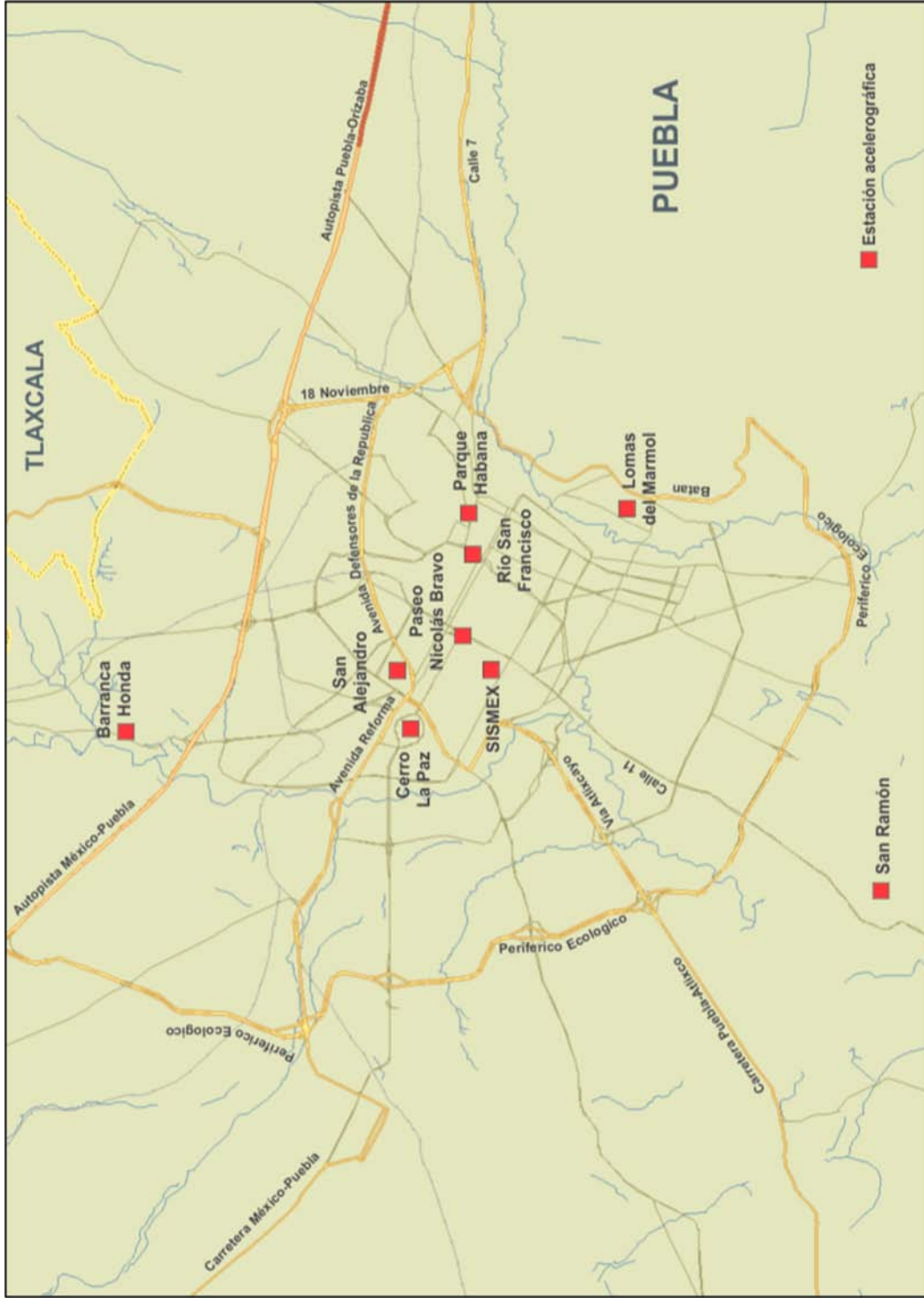


Figura 2.15 Localización de las estaciones de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla

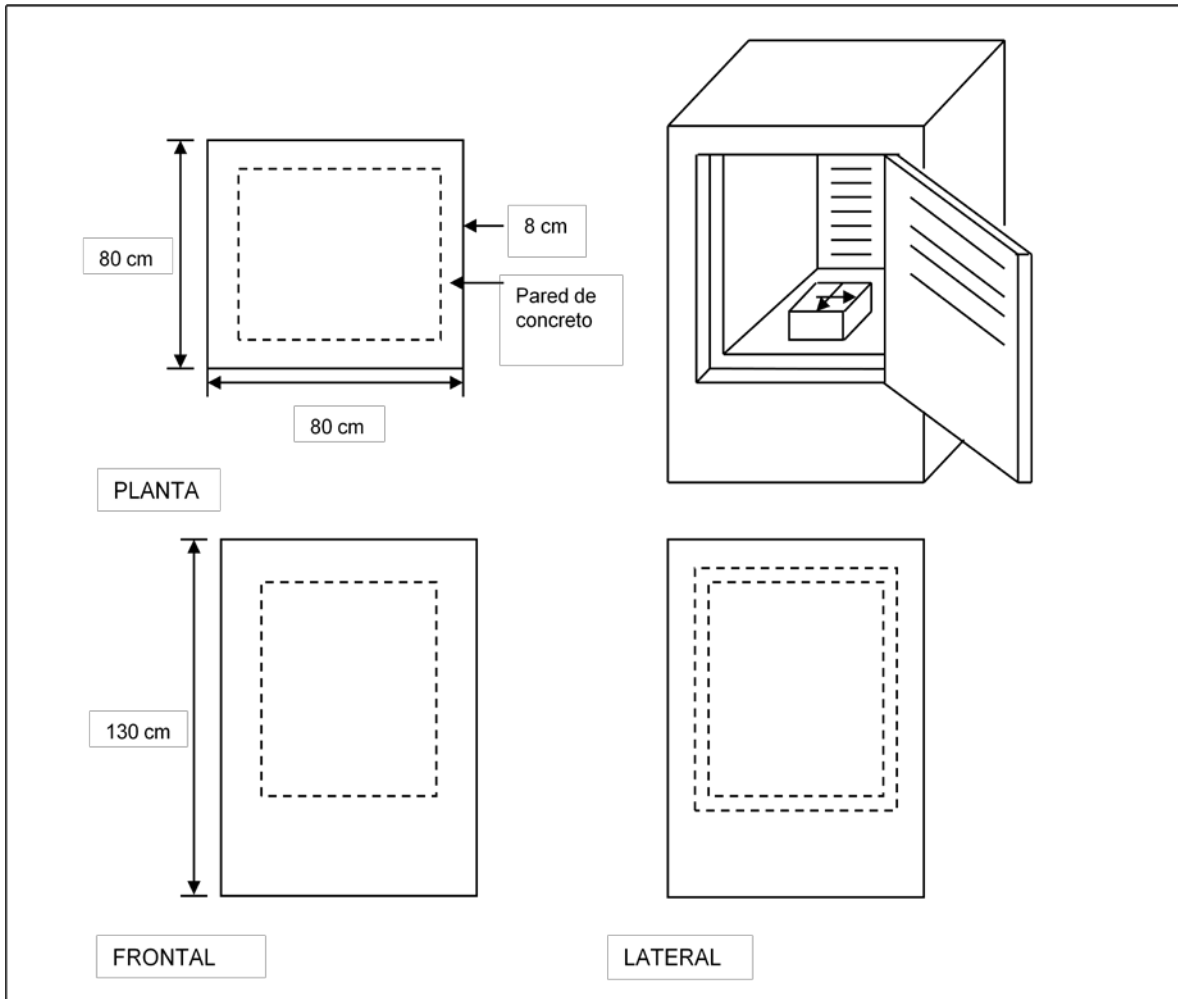


Figura 2.16 Caseta superficial de la estación SXP

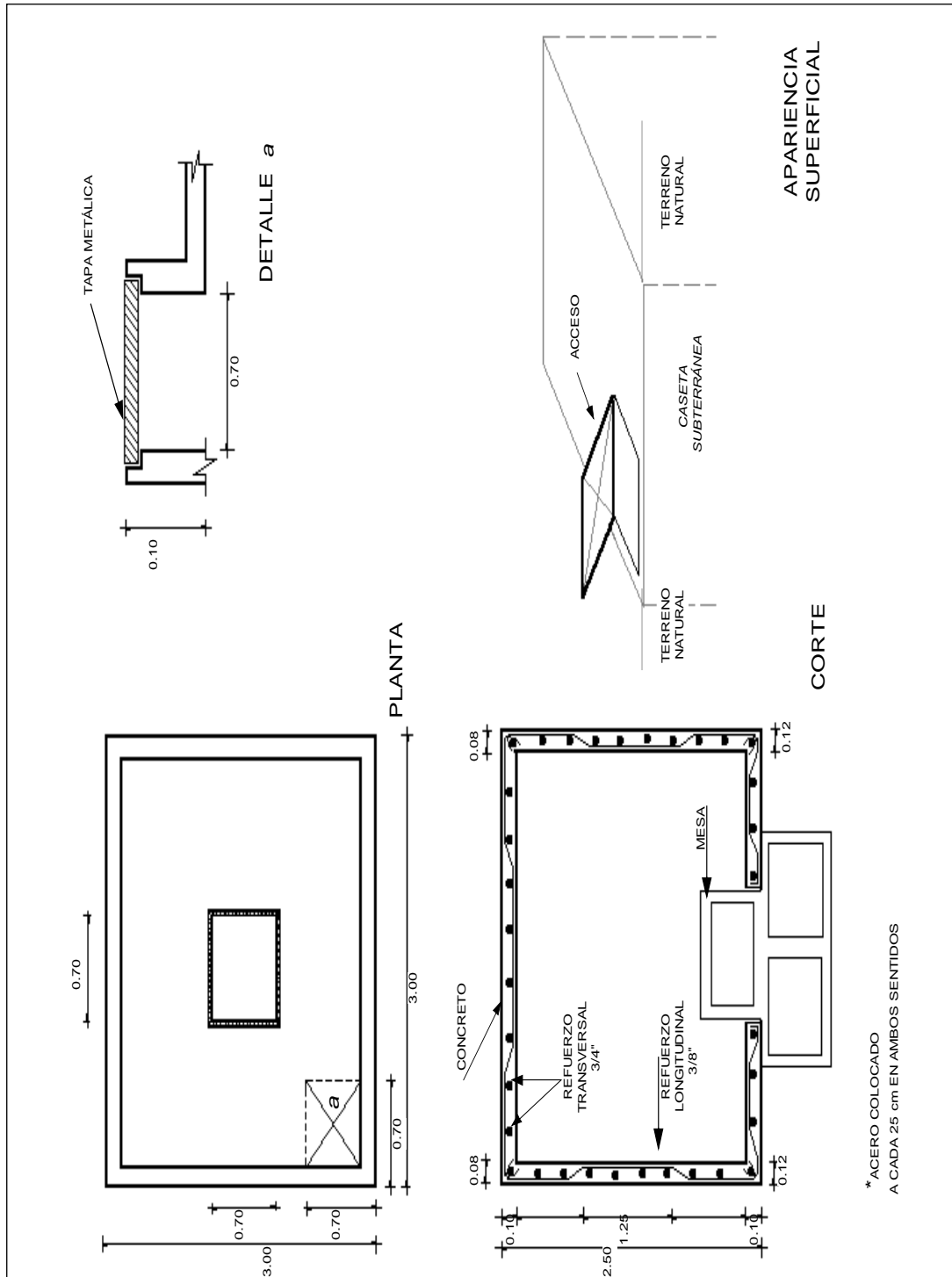


Figura 2.17 Caseta de tipo subterráneo en la estación PBPP

2.3 Red Acelerográfica de la ciudad de Oaxaca

La instrumentación sísmica en el estado de Oaxaca se remonta al año de 1910 cuando por decreto presidencial se funda el Servicio Sismológico Nacional y da inicio la instalación de 9 estaciones sismológicas en el país, en las ciudades de México, Chihuahua, Monterrey, Guadalajara, Veracruz, Mérida, Zacatecas y Oaxaca. Sin embargo, solo hasta después del temblor de 1957 conocido como “del Ángel” es cuando se pone en evidencia la falta de instrumentación sísmica en el país y particularmente de aquella asociada al monitoreo de sismos de gran intensidad.

La ciudad de Oaxaca no ha sido ajena a esta condición, aún cuando se ha visto afectada por eventos sísmicos, de gran magnitud, generados tanto en la zona de subducción mexicana así como continente adentro, tal es el caso de los temblores del 15 de enero de 1931 (M=7.8), 24 de octubre de 1980 (M=7.1), 15 de junio de 1999 (M=7) y 30 de septiembre de 1999 (M=7.6), (Singh *et al.* 2000 y Hernández *et al.* 2001); no obstante, aún no es suficiente lo que se conoce acerca de la respuesta sísmica del subsuelo de la ciudad.

Se puede considerar el año de 1970 como el principal antecedente para instalar una red acelerográfica en la ciudad de Oaxaca debido a la puesta en operación de la primera estación con registro de aceleración en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma Benito Juárez OXFM (originalmente OXAM). Posteriormente, en 1998, da inicio el proyecto de la Red Acelerográfica de la ciudad de Oaxaca (RACO) con la instalación de 8 estaciones adicionales (Alcántara *et al.* 2005).

Localización de las estaciones

La implementación de RACO tiene como objetivo la obtención de registros de temblores que permitan evaluar la amplitud del movimiento sísmico en las diferentes condiciones del subsuelo del valle de Oaxaca. Por lo que la elección de los sitios a instrumentar se basó en la zonificación preliminar existente, en la información geotécnica disponible y en los estudios de vibración ambiental realizados para estimar la amplificación relativa. Además se consideró que el arreglo de estaciones permitiera contar con una cobertura general de la zona urbana y que una de ellas estuviera desplantada sobre roca. La ubicación de las 9 estaciones que integran la red está contenida en la figura 2.18 y la tabla 2.2 incluye algunas características de las mismas.

Las estaciones se localizan específicamente en: las instalaciones de la División de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Oaxaca (OXTO), en el jardín de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma Benito Juárez (OXCU). Tres más en la zona del centro histórico de la ciudad en la Alameda de León frente a la Catedral de Oaxaca (OXAL) y en las escuelas primarias Múgica (OXPM) y Benito Juárez (OXBJ). Completan esta red las estaciones: Las Canteras OXLC, ubicada en la población del mismo nombre, OXPC localizada en las oficinas de la

Unidad de Protección Civil y OXAE, al sur de la ciudad, en las instalaciones del aeropuerto. Con excepción de la estación OXLC que se encuentra desplantada sobre roca, el resto están sobre depósitos de suelo. Las 9 estaciones acelerográficas fueron construidas de acuerdo al modelo presentado al inicio de este capítulo (ver figura 2.1) y cuya ubicación se ilustra en las figuras 2.19 a 2.27

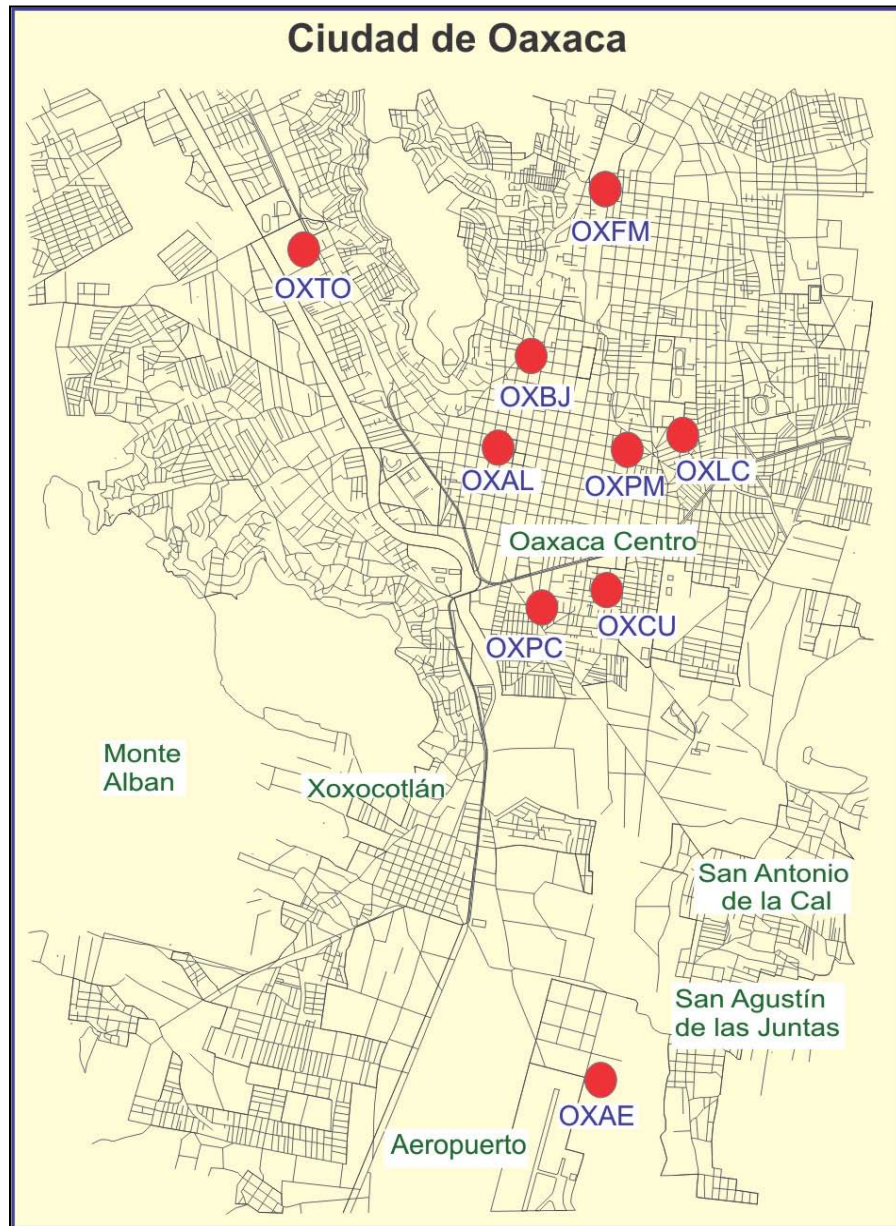


Figura 2.18 Localización de las estaciones de la RACO

Tabla 2.2 Estaciones de la RACO

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CLAVE	COORDENADAS		LOCALIZACIÓN
		LAT. N	LONG. W	
OAXACA FACULTAD DE MEDICINA	OXFM	17.084	96.710	Fuente de las siete regiones a 2 km del centro de Oaxaca.
OAXACA LAS CANTERAS	OXLC	17.060	96.700	Parque de las Canteras, junto al estadio de fútbol.
OAXACA PRIMARIA MÚGICA	OXPM	17.061	96.717	Instalaciones de la escuela primaria Múgica.
OAXACA PRIMARIA BENITO JUÁREZ	OXBJ	17.067	96.744	Instalaciones de la escuela primaria Benito Juárez.
OAXACA ALAMEDA DE LEÓN	OXAL	17.061	96.726	Frente a la catedral, en el centro de Oaxaca.
OAXACA CIUDAD UNIVERSITARIA	OXCU	17.049	96.713	Estacionamiento de la Facultad de Arquitectura en CU, Oaxaca.
OAXACA INSTITUTO TECNOLÓGICO	OXTO	17.078	96.744	Instalaciones del Instituto Tecnológico de Oaxaca, División de C. de la Tierra.
OAXACA AEROPUERTO	OXAE	17.001	96.721	Interior del aeropuerto de la ciudad de Oaxaca.
OAXACA PROTECCIÓN CIVIL	OXPC	17.051	96.723	Calle Xicoténcatl s/n, Oaxaca.

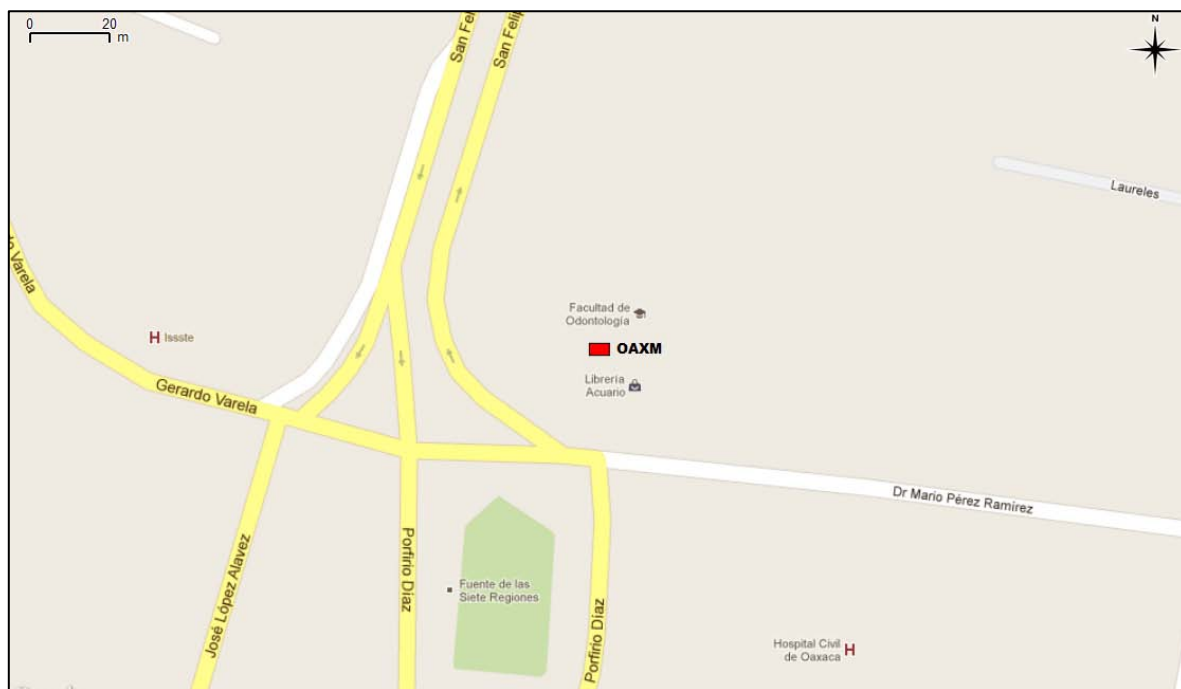


Figura 2.19 Estación OXFM (antes OXAM)

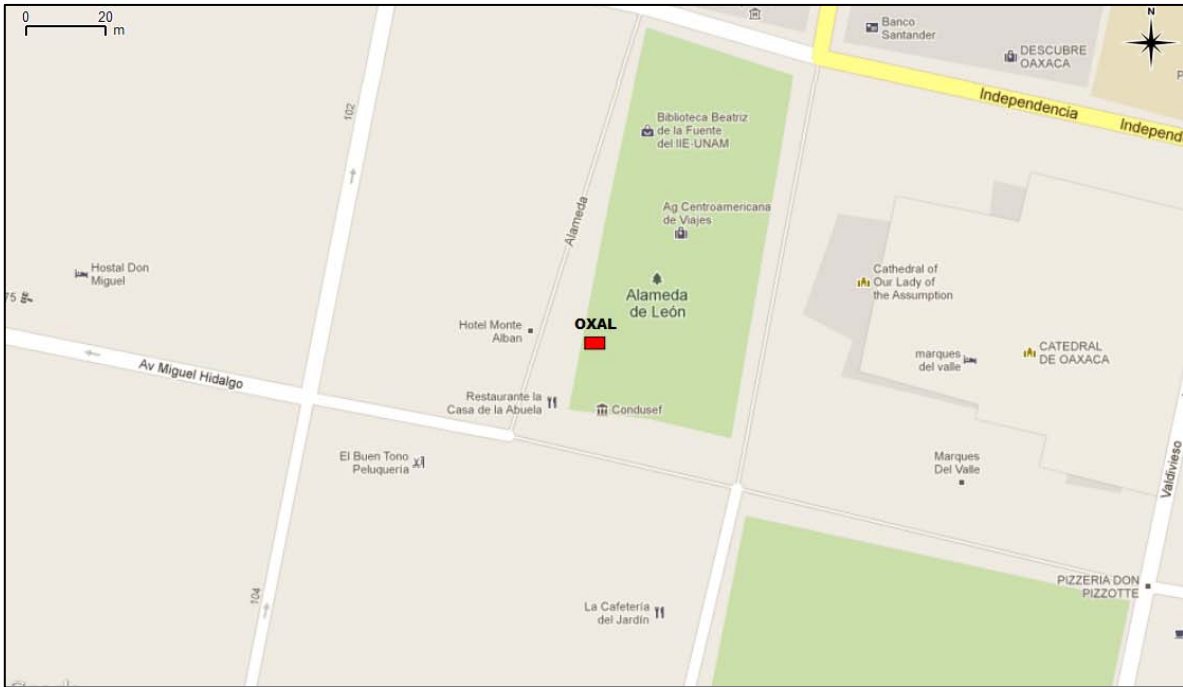


Figura 2.20 Estación OXAL

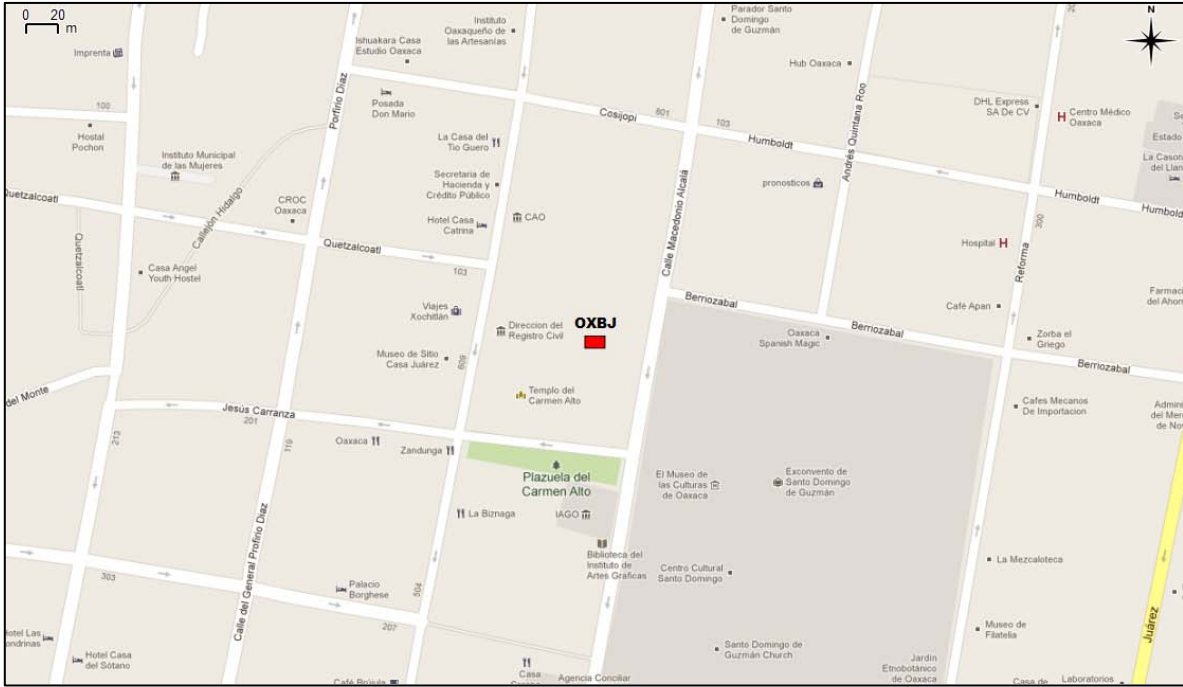


Figura 2.21 Estación OXBJ

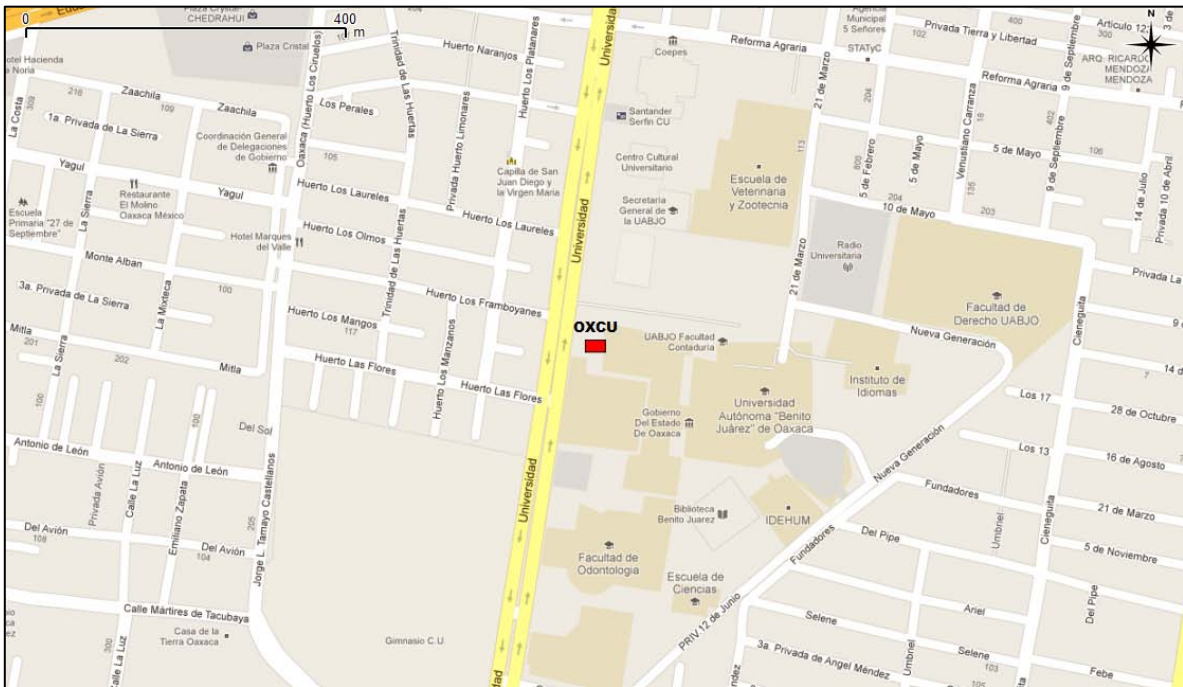


Figura 2.22 Estación OXCU

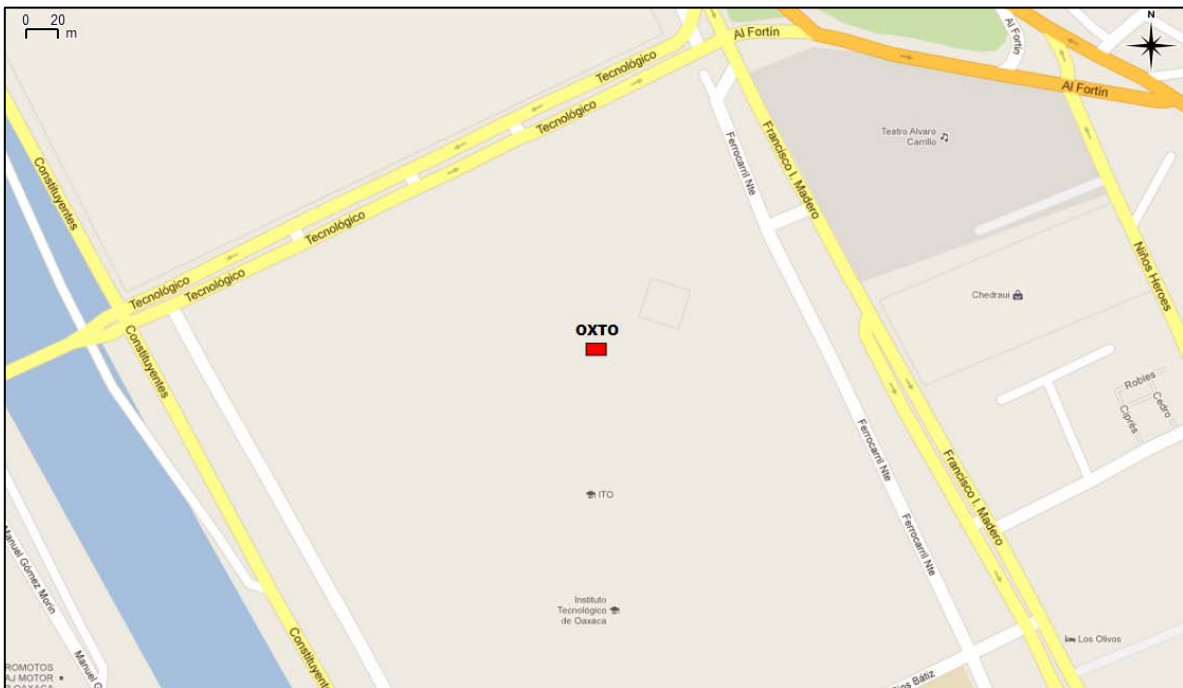


Figura 2.23 Estación OXTO



Figura 2.24 Estación OXPM

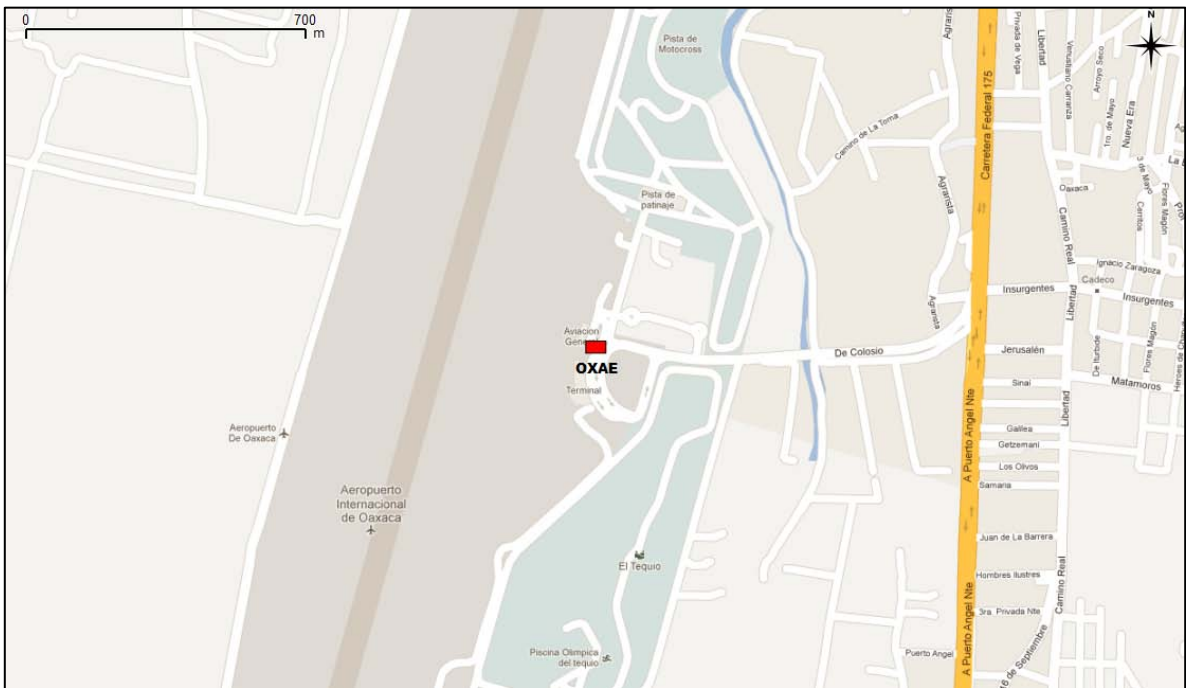


Figura 2.25 Estación OXAE

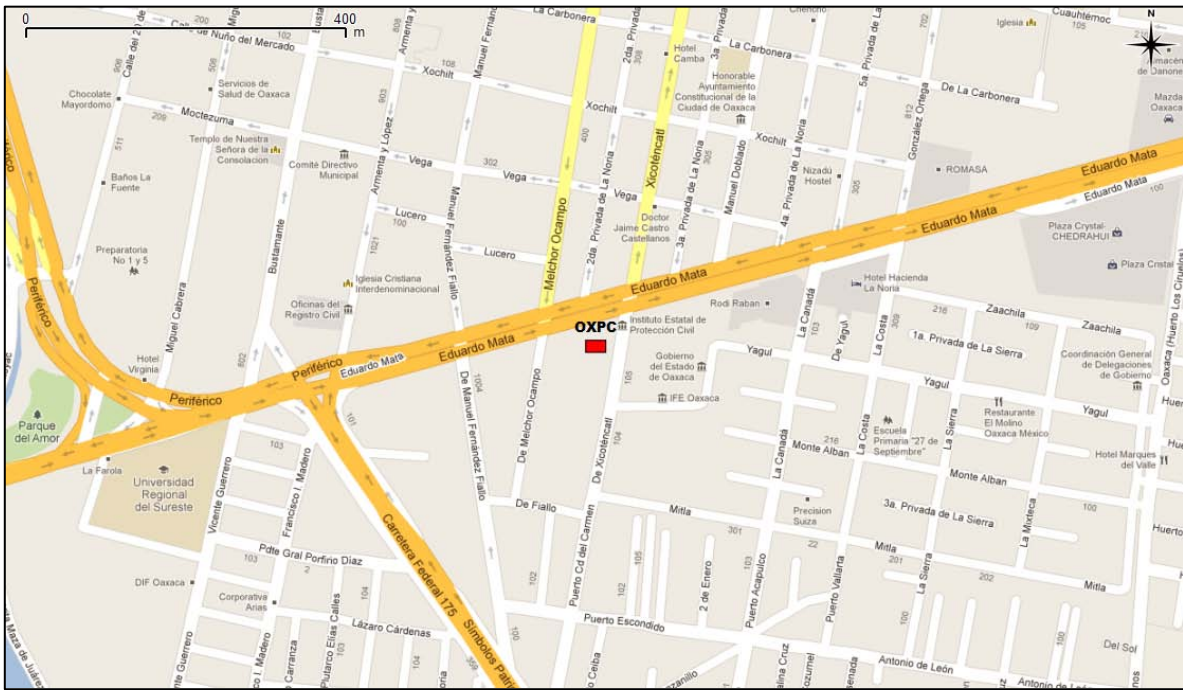


Figura 2.26 Estación OXPC

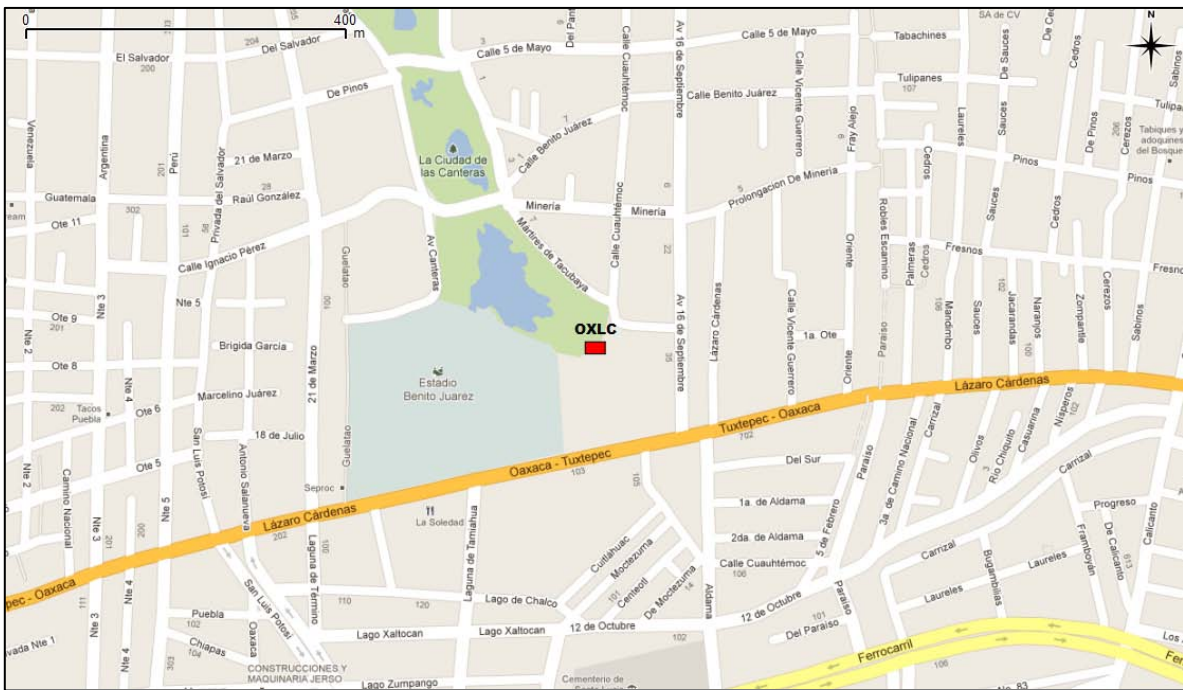


Figura 2.27 Estación OXLC

De acuerdo con los trabajos realizados por (León J, 1976), la sucesión estratigráfica y la litología de las formaciones en el área de la ciudad de Oaxaca están integradas por:

- a) Rocas metamórficas (*Pm*). Esta afloran en el oeste de la ciudad en la zona de los cerros de Monte Albán y del Fortín.
- b) Calizas, areniscas, lutitas y conglomerados metamorfizados. (*Jm*). Estas rocas metamorfizadas sobreyacen a las de la formación anterior (*Pm*), predominando los conglomerados con matrices de grado fino y una fuerte silificación. La parte superior de la formación presenta intercalaciones de estratos delgados de areniscas y lutitas.
- c) Areniscas y lutitas (*Tal*). Estas sobreyacen las formaciones ya descritas, las areniscas se forman en estratos de 50 cm a 1 m mientras que las lutitas se encuentran en capas delgadas. De hecho una parte de la ciudad de Oaxaca, en su zona NW, se ha desarrollado sobre esta formación.
- d) Tobas andesíticas (*Tt*). Esta roca sobreyace la formación (*Tal*) y está parcialmente cubierta por depósitos clásticos continentales (*Tc*). Algunos afloramientos pueden observarse en la porción noreste de la ciudad.
- e) Depósitos clásticos continentales (*Tc*). Producto de la erosión y la sedimentación estos materiales están constituidos, en su parte superior, por limos arenosos y a mayor profundidad por gravas compactas dentro de una escasa matriz arenosa. Gran parte de la ciudad se ha desarrollado sobre estos materiales.
- f) Depósitos aluviales (*Qal*). Esta formación está integrada por limos y arenas sueltas los que provienen de los aluviones de los ríos que entran al valle, principalmente el Atoyac. Se localizan en la parte baja de la ciudad presentando espesores promedio de 30 m, sin embargo hacia la zona sureste se han observado mayores espesores.
- g) Depósitos de abanico aluvial (*Qaa*). Su presencia se limita a las partes bajas del cerro del Fortín y están constituidos por grava subredondeada y angulosa en una matriz limo-arenosa.

Considerando la clasificación geológica indicada las estaciones acelerográficas, de la ciudad de Oaxaca, se encuentran ubicadas como se indica en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Ubicación de las estaciones de acuerdo a la geología del valle de Oaxaca

Estación Acelerográfica	Clave	Formación
Facultad de Medicina	OXFM	Depósitos clásticos continentales (<i>Tc</i>)
Las Canteras	OXLC	Tobas andesíticas (<i>Tt</i>)
Primaria Múgica	OXPM	Depósitos clásticos continentales (<i>Tc</i>)

Primaria Benito Juárez	OXBJ	Areniscas y Lutitas (<i>Ta</i>)
Alameda de León	OXAL	Depósitos clásticos continentales (<i>Tc</i>)
UABJ	OXCU	Depósitos aluviales (<i>Qa</i>)
Instituto Tecnológico	OXTO	Depósitos aluviales (<i>Qa</i>)
Aeropuerto	OXAE	Depósitos aluviales (<i>Qa</i>)
Protección Civil	OXPC	Depósitos aluviales (<i>Qa</i>)

Por su parte, Limaymanta *et al*, (2008) proponen un nuevo sistema de clasificación del terreno, el cual depende de la frecuencia dominante del sitio, la velocidad de propagación de la onda de cortante y el espesor de los estratos. La tabla 2.4 presenta dicha clasificación y se indica qué estaciones acelerográficas están instaladas en las correspondientes zonas.

Tabla 2.4. Sistema de clasificación para la ciudad de Oaxaca (tomado de Limaymanta *et al*, 2008)

Zona	Frecuencia (Hz)	Tipo de Suelo	Comentarios	Estación acelerográfica
I	10	B	Roca Blanda. Espesor de suelo < 6m $V_s > 700$ m/s	OXLC
II	6-7	C	Suelos rígidos superficiales. Espesor de suelo < 10 m y $350 < V_s < 500$	
III	4-5	D	Suelos rígidos de profundidad intermedia. Espesor de suelo ≥ 10 m $250 < V_s < 350$	OXBJ, OXFM, OXPM, OXAL
IV	2.5-3	E	Suelos rígidos muy profundos. Espesor de suelo > 20 m $180 < V_s < 250$	OXPC, OXTO
V	2-2.5	E	Suelos rígidos muy profundos	OXCU
VI	1.5-2	F	Suelos blandos. Espesor de suelo ≥ 30 m $V_s < 180$	OXAE

2.4 Observaciones instrumentales en la ciudad de Puebla

Con la finalidad de conocer algunas propiedades del subsuelo poblano se realizó un limitado número de ensayos de campo en los sitios de las estaciones PBPP, SRPU y PHPU. En estos, se midieron las velocidades de propagación de las ondas de corte empleando el cono sísmico. Adicionalmente, se obtuvo un perfil de velocidades de propagación de ondas de corte en el sitio SXPU. Los detalles para la ejecución e interpretación de los ensayos de cono sísmico han sido descritos en otros trabajos (Ovando *et al*, 1995). Es importante señalar que también se llevaron a cabo sondeos de muestreo, de cono eléctrico y de penetración estándar; sin embargo, en la tesis únicamente se hace referencia a los resultados del cono sísmico (Ovando *et al*, 2000).

Sondeo de cono sísmico en la estación PHPU

En este ensayo de cono sísmico, cuyos resultados se presentan en la figura 2.28, el dispositivo no pudo penetrar en el suelo por lo que el experimento fue realizado siguiendo la técnica tradicional de una prueba pozo-abajo (*downhole*). Así, el ensayo se efectuó haciendo una perforación previa de 10 cm de diámetro; posteriormente, la punta cónica se hizo descender dentro del barreno y fue fijada a sus paredes con una cámara neumática. Las ondas de cortante se generaron en la superficie en la forma convencional.

El sitio está localizado al oriente de la ciudad y su subsuelo está constituido, desde la superficie hasta la profundidad máxima explorada (27 m), por una sucesión de limos y limos arenosos intercalados con capas de materiales más gruesos, arenas y arenas limosas de origen volcánico. En los estratos superficiales fueron localizados algunas capas de estos materiales, en donde se detectó la presencia de materiales arcillosos. Como se aprecia en la figura indicada, la secuencia de suelos gruesos rígidos intercalados con los limos y los limos arenosos, que son menos rígidos, se refleja en los resultados del ensayo pues en el perfil obtenido se suceden picos con valores altos de velocidad de propagación, seguidos de zonas en donde las velocidades decrecen notoriamente. También destaca que, en general, las velocidades de propagación tienden a crecer conforme aumenta la profundidad.

Sondeo de cono sísmico en la estación SRPU

La figura 2.29 presenta los resultados del sondeo, el cual también se llevó a cabo empleando el procedimiento de una prueba pozo-abajo convencional. En esta prueba las ondas generadas se registraron con dos sensores instalados cerca de la punta cónica, separados por una distancia de 96 cm. En este sitio también existen estratos limo-arenosos y arenas limosas volcánicas, con estratos de materiales predominantemente arcillosos entre 2 y 5 m de profundidad con menores cantidades de materia fina entre los 14 y 19 m. Al comparar los resultados de este sondeo con los del sitio PHPU, se observa que en este último los suelos son, en general, más rígidos lo cual también se refleja en las diferencias

observadas en las frecuencias dominantes identificadas en ambos sitios, como se mencionará después.

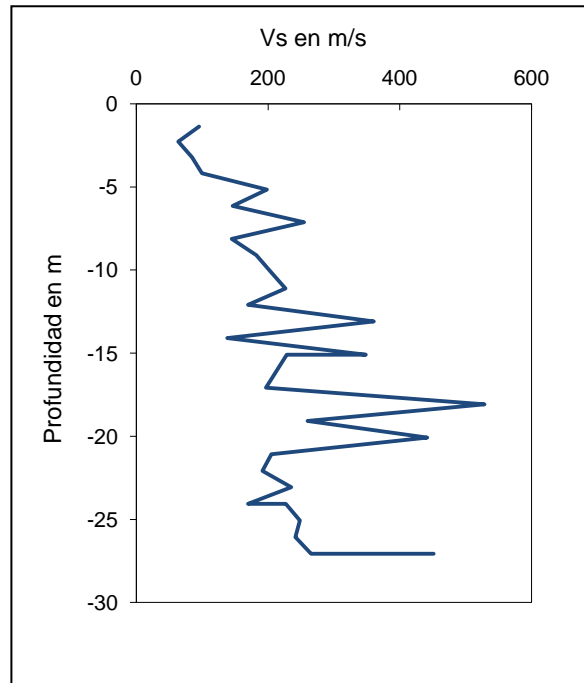


Figura 2.28. Sondeo de cono sísmico en la estación PHPU

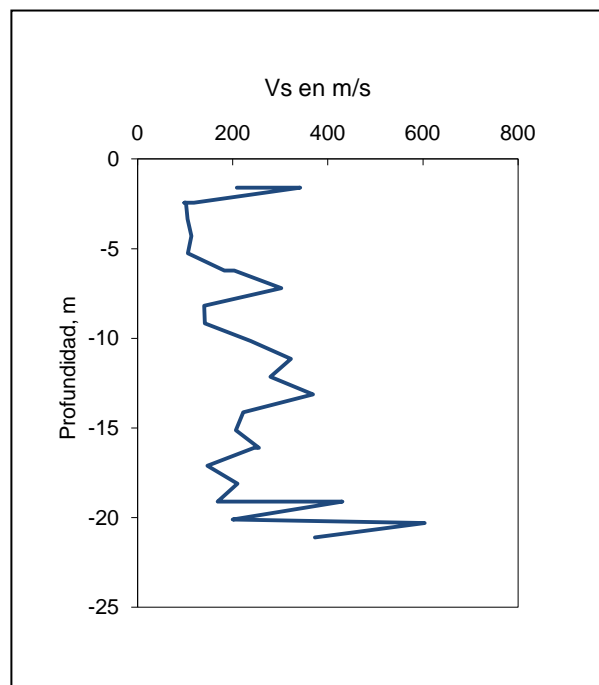


Figura 2.29. Sondeo de cono sísmico en la estación SRPU

Sondeo de cono sísmico en la estación PBPP

En este sitio, localizado en el jardín del Paseo Bravo, cerca del centro histórico, el sondeo solamente alcanzó una profundidad de 14 m, como se muestra en la figura 2.30. Desde la superficie hasta 6 m de profundidad el ensaye se efectuó, como en los casos anteriores, con el procedimiento convencional de la prueba *downhole*. Posteriormente, y hasta la máxima profundidad explorada, el cono sísmico se hincó igual que en una prueba de cono eléctrico. En el perfil de velocidades de propagación se identifican claramente tres estratos. El primero de ellos, de la superficie hasta 3.5 m de profundidad, está constituido por rellenos limo arenosos. El segundo, en donde las velocidades de propagación en ocasiones rebasaron 700 m/s, se encontró un depósito de travertino de muy buena calidad, con oquedades ocasionales, sin embargo esta decrece hacia su parte inferior. A partir de los 6.5 m de profundidad y hasta el fin del sondeo, se encontró un estrato de arcilla de alta plasticidad, de origen lacustre. Debido al efecto de este tipo de configuraciones estratigráficas en la respuesta sísmica del suelo, es de gran importancia definir el espesor de este depósito de arcilla.

Sondeo de cono sísmico en la estación SXPU

En este sitio, ubicado en el centro histórico, nuevamente fue necesario emplear el procedimiento *downhole* convencional. Las capas superficiales, hasta poco más de 2 m de profundidad están constituidas por rellenos. Los materiales rígidos, de alta velocidad de propagación, corresponden a los depósitos de travertino intercalados con arenas y gravas o fragmentos del mismo, hasta la base del sondeo, los resultados se presentan en la figura 2.31. En este lugar, el travertino es de menor calidad que el encontrado en el sitio correspondiente al Paseo Bravo (PBPP).

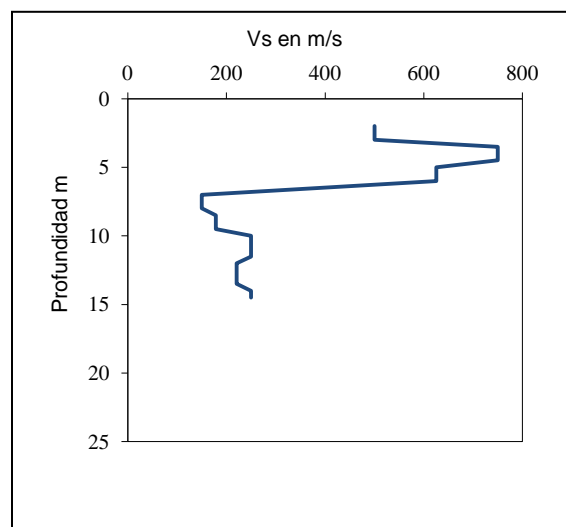


Figura 2.30 Sondeo de cono sísmico en la estación PBPP

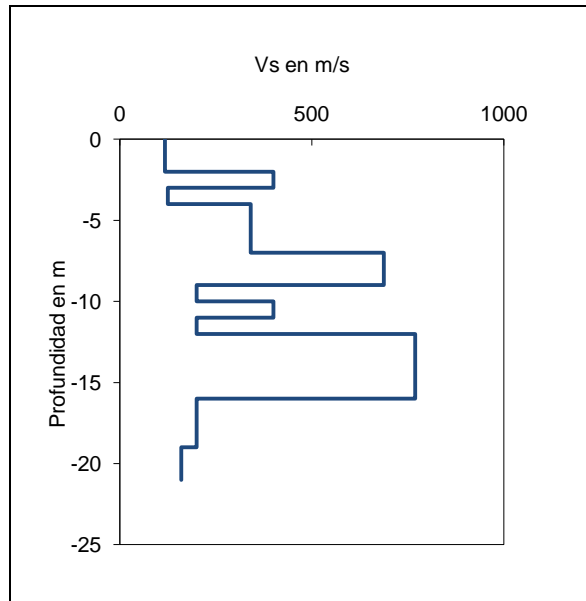


Figura 2.31 Sondeo de cono sísmico en la estación SXPU

Aceleraciones registradas durante el sismo del 15 de Junio de 1999

El 15 de junio de 1999 ocurrió un temblor de fallamiento normal ($M_s=6.5$, $M_w=7.0$) (Singh *et al.*, 1999) el cual afectó seriamente a los estados de Veracruz, Oaxaca y Puebla, causando severos daños en muchas estructuras ubicadas en la ciudad capital de este último, principalmente en y alrededor de su centro histórico. El evento, cuyo epicentro se localizó a 125 km al SW de la ciudad de Puebla, se generó en la misma región sismogénica del temblor ocurrido el 24 de octubre de 1980, $M=7.1$ (figura 2.32).

Los movimientos producidos en Puebla activaron los equipos de la RACP, y por primera vez, se obtuvieron registros de aceleración en diferentes tipos de suelo, de un movimiento que generó intensidades importantes en la ciudad. Con excepción de las estaciones SXPU y PZPU, el sismo fue registrado en los sitios SRPU, PHPU, PBPP, BHPP, CAPP y UAPP. Las figuras 2.33 a 2.35 presentan los tres componentes ortogonales de los acelerogramas de las tres primeras estaciones, debido a que son los utilizados en el análisis presentado. Con relación a ellos se puede establecer lo siguiente:

- Las aceleraciones máximas de los componentes verticales alcanzan valores importantes. En los registros presentados el cociente entre las aceleraciones máximas verticales y horizontales varía entre 20 y 50 %. Esto resulta de la trayectoria seguida desde el foco del temblor (a una profundidad de unos 60 km) a los sitios de registro.

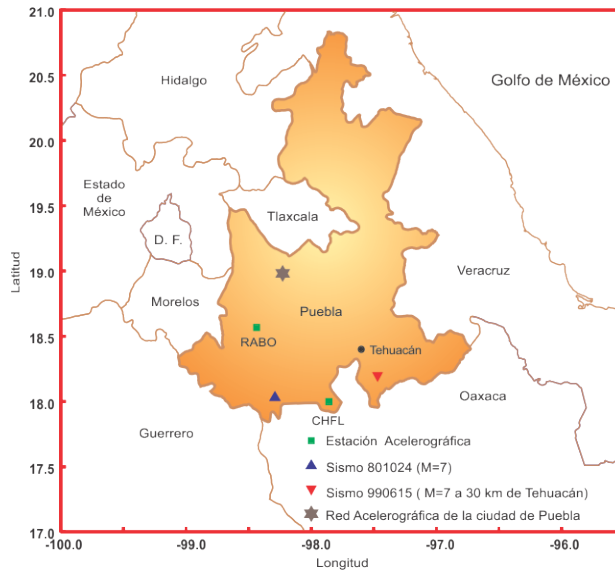


Figura 2.32. Localización epicentral del sismo 990615

- La aceleración máxima, de 279 cm/s^2 , se registró en la estación PHPU en el componente norte-sur; sin embargo, en la dirección este-oeste, esta se presentó en la estación SRPU y alcanzó un valor de 217 cm/s^2 .
- En la estación PHPU, ubicada al oriente de la ciudad se manifiesta claramente un efecto de directividad con respecto a la fuente; como se aprecia, las amplitudes de aceleración son mayores en la dirección norte-sur, que corresponde aproximadamente con la dirección epicentral. En las otras dos estaciones las amplitudes de aceleración son mayores en la dirección este-oeste.

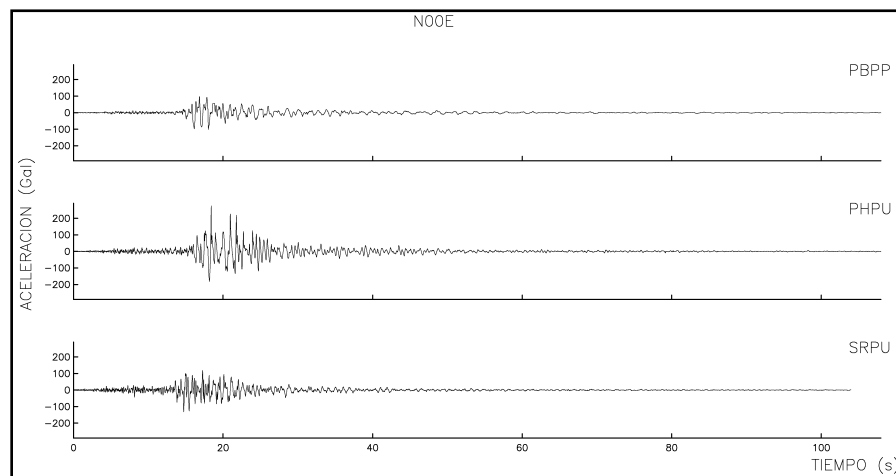


Figura 2.33 Acelerogramas en dirección N00E en los sitios PBPP, PHPU y SRPU

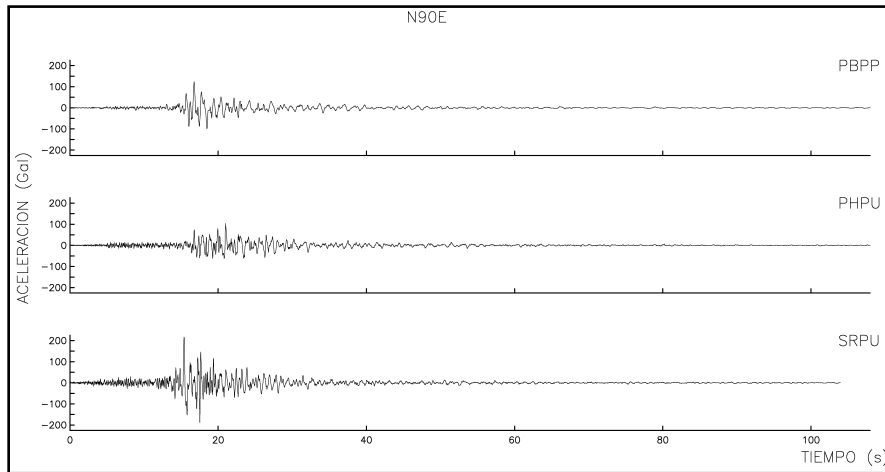


Figura 2.34 Acelerogramas en dirección N90E en los sitios PBPP, PHPU y SRPU

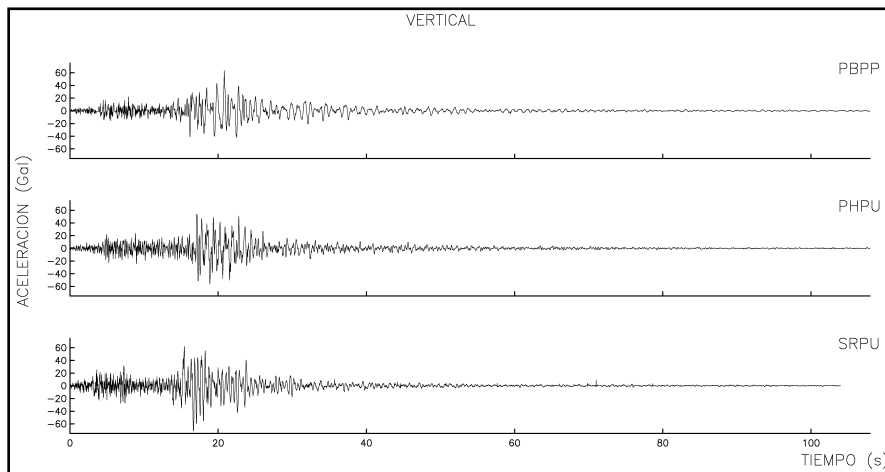


Figura 2.35 Acelerogramas en dirección VERT en los sitios PBPP, PHPU y SRPU

Espectros de Fourier

Los espectros de Fourier obtenidos a partir de los acelerogramas registrados se presentan en las figuras 2.36 a 2.38

En la estación PBPP se identificó una frecuencia dominante entre 0.8 y 0.95 Hz así como otro pico de amplitudes grandes cerca de 2.0 Hz. Las amplitudes del espectro de Fourier en la dirección norte-sur son de 10 a 20 % menores que en la dirección este-oeste.

Los espectros de la estación SRPU presentan una sucesión de varios picos de amplitudes grandes entre 0.8 y 2.2 Hz.

En los espectros de la estación PHPU las amplitudes más grandes aparecen entre 1.0 y 1.1 Hz, en la dirección norte-sur mientras que en la dirección este-oeste, las amplitudes máximas son casi dos veces menores en promedio, dentro de un rango de frecuencias de 0.5 a 1.0 Hz.

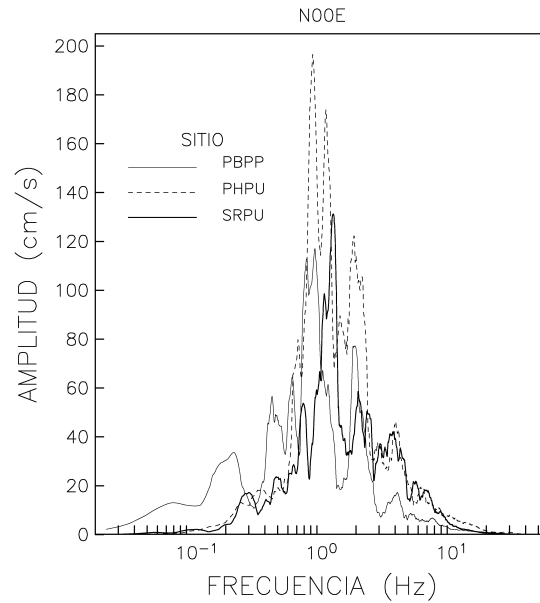


Figura 2.36. Espectro de Fourier en dirección N-S

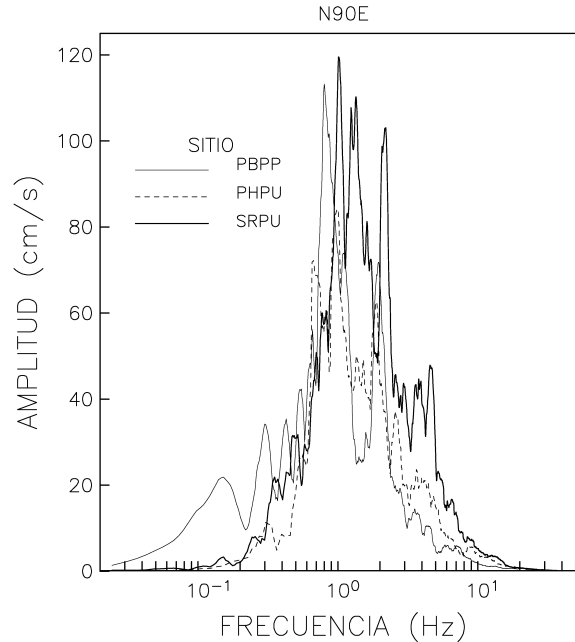


Figura 2.37 Espectro de Fourier en dirección E-W

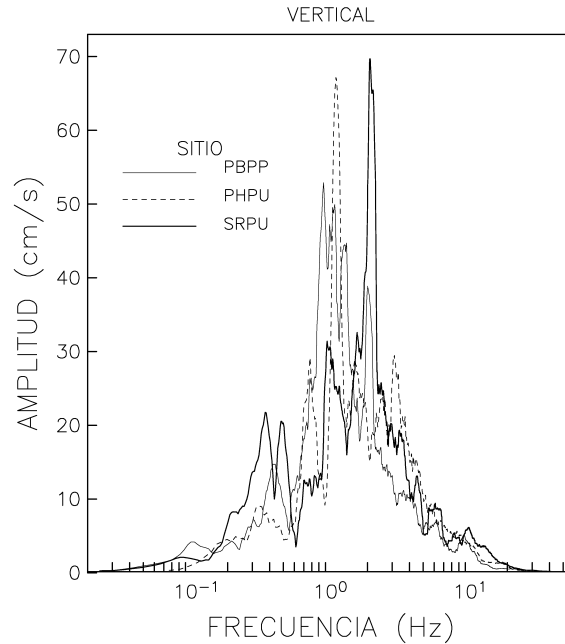


Figura 2.38. Espectro de Fourier en dirección V

Espectros de respuesta

Los espectros de respuesta calculados para el 5% de amortiguamiento también permiten apreciar los efectos de sitio en las estaciones PBPP, SRPU y PHPU.

En la figura 2.39 se incluyen los espectros de los componentes norte sur; en el caso de la estación PHPU, las ordenadas espectrales llegan a exceder los 600 cm/s^2 en un intervalo de periodos relativamente grande, de 0.2 a 1.2 s. Con respecto a la estación SRPU, las ordenadas de mayor magnitud son del orden de los 400 cm/s^2 y se presentan alrededor de 0.35 y 0.7 s.

En el caso de la estación PBPP se tienen dos picos pero mejor definidos que en los otros dos sitios; en uno de ellos la respuesta espectral excede ligeramente 400 cm/s^2 para un periodo de 0.45 s y en el otro alcanza unos 350 cm/s^2 en periodos cercanos a 1.0 s, lo que refleja la influencia del espesor del estrato arcilloso debajo del travertino.

Con relación a los espectros de respuesta de los componentes este-oeste (figura 2.40), estos presentan diferencias notables con los correspondientes a los componentes norte-sur para el caso de los sitios PHPU y SRPU; en la primera, las ordenas espectrales son casi tres veces menores y la última existen dos máximos bien definidos a 0.3 y 0.45 s. En el caso de la estación PBPP la forma y la amplitud de las ordenadas es similar en ambos componentes.

Finalmente, para el componente vertical, figura 2.41, las ordenadas espectrales asociadas a esa dirección fueron muy importantes en un rango de periodos de aproximadamente 0.2 a 0.5 s.

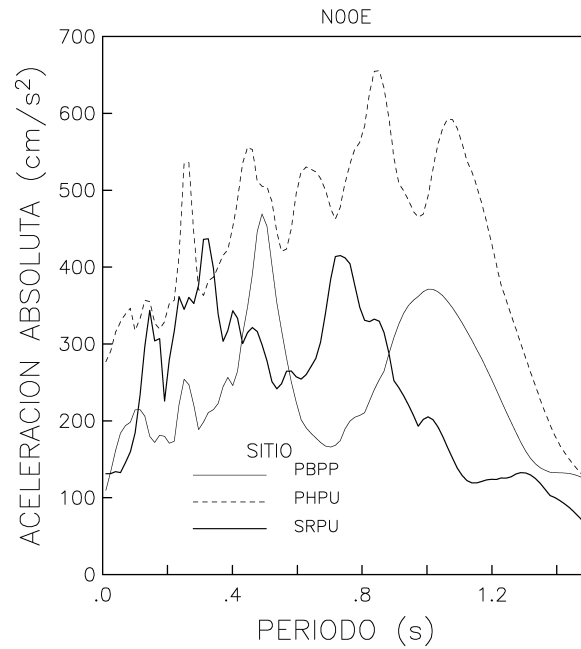


Figura 2.39. Espectro de Respuesta en dirección N-S

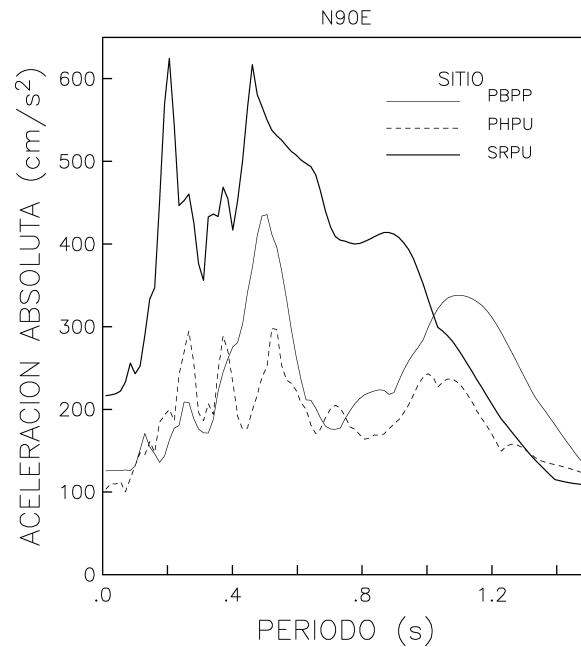


Figura 2.40. Espectro de Respuesta en dirección E-W

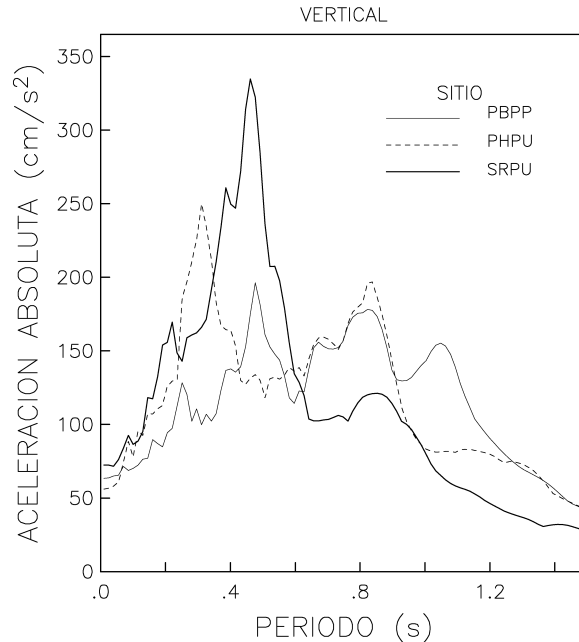


Figura 2.41. Espectro de Respuesta en dirección V

Comentarios a las observaciones instrumentales

La información presentada evidencia claramente la importancia de los efectos de sitio en la ciudad de Puebla, los perfiles de las velocidades de propagación de las ondas de cortante en los cuatro sitios estudiados dejaron ver diferencias notables en lo que se refiere al tipo de suelos encontrados en cada uno de ellos, así como en su distribución con la profundidad. Estas diferencias también se reflejan en los registros acelerográficos obtenidos el 15 de junio de 1999 y en los espectros de Fourier y de respuesta calculados a partir de estos.

En los registros y espectros analizados se observó que las mayores amplitudes de movimiento están asociadas a frecuencias relativamente altas, entre 1 y 3 Hz. El contenido de frecuencias en este temblor es característico de los que se originan por fallamiento normal. Los suelos de Puebla amplificaron los movimientos dentro del rango de frecuencias mencionado ya que, de acuerdo con los resultados de los ensayos de cono, se trata de depósitos relativamente rígidos.

Los efectos de sitio se pueden apreciar mejor si se dispone de una referencia comparativa en donde dichos efectos no estén presentes. En el caso de la ciudad de Puebla no se dispone de tal referencia; no obstante, para ilustrar cualitativamente el fenómeno de amplificación dinámica que se manifestó en la ciudad de Puebla durante este temblor, se presenta en la figura 2.42 el espectro de respuesta en la estación OXLC en roca firme, de la ciudad de Oaxaca (OXCL) localizada aproximadamente a 150 km del epicentro. La figura también incluye los espectros de las estaciones BHPP y PBPP. La primera se localiza sobre un afloramiento de basaltos que a su vez yacen sobre suelos de origen aluvial. Ya se

mencionó que la estación PBPP se localiza cerca del centro histórico de Puebla, en la zona de travertinos. Como se aprecia en dicha figura, las ordenadas espectrales en el sitio PBPP son aproximadamente 4 veces más grandes que las del sitio BHPP para los periodos de 0.45 y 1 segundos; sin embargo, con respecto al sitio OXLC se tienen valores de ordenadas espectrales 14 y 11 veces mayores para los mismos periodos.

Por otro lado, cuando se tiene una estación en terreno firme, una manera de apreciar los efectos de sitio es obtener la relación entre la máxima ordenada espectral y la correspondiente a $T=0$ s. Si esto se hace, se observa que para los componentes horizontales el sitio que más influye en los movimientos registrados fue el PBPP. En el componente vertical fue el sitio SRPU.

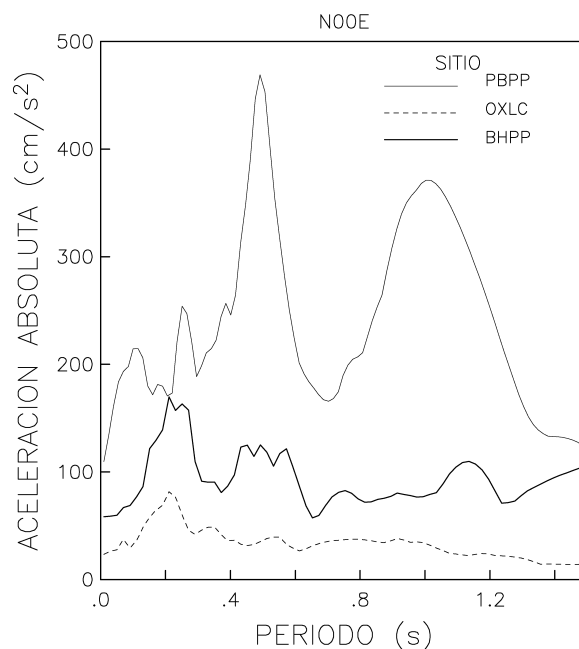


Figura 2.42 Espectros de Respuesta en las estaciones PBPP, BHPP y OXLC

Las amplificaciones dinámicas que se manifiestan en la ciudad de Puebla cuando ocurren temblores de otro tipo, como los de subducción que también la afectan, son diferentes en virtud de la naturaleza de sus mecanismos sismogénicos y de la lejanía de los epicentros de estos temblores con respecto al valle de Puebla. En el caso de los temblores de subducción y a reserva de demostrarlo posteriormente, el fenómeno de amplificación dinámica no será tan severo pues la energía en estos eventos se asocia a frecuencias más cortas (periodos más largos), alejadas de las frecuencias dominantes de los depósitos del suelo poblano. Aunque no hay que perder de vista que los espectros de los componentes horizontales muestran un claro pico alrededor de 1.0 s. La amplificación de la ordenada espectral (para

T=1 s)/ordenada espectral (T=0 s) es del orden de tres, valor comparable a los observados en la zona de transición (y algunos sitios de la zona del lago) de la ciudad de México.

Un hecho significativo es que los daños provocados por temblores en la ciudad de Puebla siempre se han concentrado en y alrededor de su centro histórico. De acuerdo con lo que se sabe actualmente, la zona de daños coincide aproximadamente con aquella en la que se tienen los depósitos de travertino o alrededor de ellos (Auvinet, 1976; Jiménez, 1997; Asomoza *et al*, 1998).

Durante el temblor del 15 de junio no se dió la excepción, pues a pesar de que se registraron movimientos más intensos en otras partes de la ciudad, como por ejemplo en las estaciones SRPU y PHPU, los daños se volvieron a concentrar en la misma zona, donde la estación PBPP fue la única que registró el sismo. Analizando los acelerogramas de esta última y considerando la forma del espectro de respuesta que se obtiene de ellos, resulta evidente que las estructuras rígidas de periodos cortos de alrededor de 0.45 s fueron las más vulnerables a este temblor. No es sorprendente entonces que muchas iglesias y muchos monumentos arquitectónicos que forman parte del patrimonio cultural de la ciudad hayan sufrido daños, pues los periodos naturales de esas estructuras normalmente son de ese orden o inclusive ligeramente menores. En el caso de las estructuras antiguas también debe mencionarse que es muy probable que tuvieran daños ocasionados en eventos sísmicos anteriores. Además, es importante puntualizar lo siguiente, por un lado el componente vertical (el cual es rico en frecuencias altas) aportó vibraciones del orden del 40 al 50 % con respecto a los componentes horizontales, y por otro, el efecto acoplado de los movimientos incrementó notablemente el nivel de daño de este sismo. Lo que en general ocurre con temblores de hipocentro profundo a distancias cercanas de los sitios de interés.

2.5 Funciones de Transferencia y Espectros de Respuesta en la ciudad de Oaxaca

Se presentan las funciones de transferencia promedio calculadas, en el periodo de 1999 a 2011, para las seis estaciones de la red acelerográfica de la ciudad de Oaxaca. Las funciones de transferencia se obtuvieron para cada una de las estaciones con respecto a la estación en roca; y posteriormente, con la aplicación de la teoría de vibraciones aleatorias, se estimaron espectros de respuesta para los sismos del 15 de junio de 1999 (M=7) y 30 de septiembre de 1999 (M=7.6)

Funciones de Transferencia

Se puede definir a la función de transferencia (FT) como un modelo matemático que relaciona la respuesta de un sistema cuando es sometido a una excitación (figura 2.43). En el caso que nos ocupa, se pretende determinar la relación existente entre el movimiento sísmico de un sitio en roca con respecto a otros ubicados en diferentes condiciones de subsuelo.

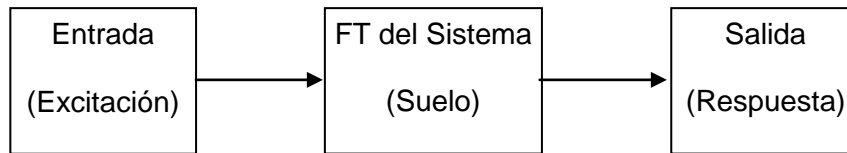


Figura 2.43 Función de Transferencia

El cálculo de las FT se realizó mediante el cociente del espectro de Fourier de los sitios en suelo (estaciones OXCU, OXTO, OXPM, OXBJ, OXFM y OXAL) con respecto al sitio en roca en donde se ubica la estación OXCL.

Para determinar las funciones de transferencia empíricas en las estaciones de la red de acelerógrafos de la ciudad de Puebla se consideró el banco histórico de datos integrado del periodo 1973-2011 e integrado por 849 acelerogramas producidos por 278 sismos por los registros obtenidos de 1973 a 2011 en las siete estaciones de la RACO (Alcántara, *et al*, 2001); destacando el registro del sismo del 30 de septiembre de 1999 (7.5) cuya aceleración máxima en la estación OXFM fue de 370 cm/s^2 . El banco fue depurado y solo se consideraron los eventos en los cuales existe registro simultáneo en la estación Las Canteras (OXLC) ubicada en roca y en al menos una estación desplantada en suelo. Debido a esto la base de datos quedó reducida a 617 acelerogramas asociados a 127 eventos sísmicos. La tabla 2.5 muestra características principales de dichos los sismos considerados y la figura 2.44 ilustra su ubicación.

Tabla 2.5 Banco de datos de la a RACO

CLAVE SISMO	FECHA SISMO aaaammde	MAGNITUD	COORDENADAS EPICENTRALES		DISTANCIA Media a la cd Oaxaca (km)	ESTACION DE REGISTRO SÍSMICO							
			LATITUD	LONGITUD		OXCU	OXLC	OXTO	OXPM	OXBJ	OAXM	OXAL	
13	199906151	7.0	18.18	-97.51	150		*					*	
14	199906152	4.5	18.15	-97.63	155		*					*	
15	199909301	7.6	15.95	-97.03	129		*					*	
18	199911061	4.5	17.58	-96.71	57		*	*	*			*	*
22	200001191	4.5	16.41	-96.68	72		*	*	*			*	
23	200003011	4.7	15.86	-97.12	141		*	*	*			*	
24	200003121	6.4	14.44	-93.00	494		*	*				*	
28	200009291	4.7	16.09	-95.89	139		*	*	*			*	
33	200109081	4.8	16.59	-94.95	196		*	*	*			*	*
34	200110031	4.4	16.95	-96.83	18		*	*	*	*		*	*
37	200201161	6.3	15.58	-93.60	372		*	*	*			*	
38	200201301	5.1	18.21	-96.02	146		*	*	*	*		*	
42	200206072	5.6	15.92	-96.96	130	*	*	*	*	*		*	*
46	200208051	5.3	16.51	-96.07	92	*	*	*	*			*	
47	200208271	4.9	15.91	-97.28	141	*	*	*	*	*		*	*
57	200401131	5.1	16.01	-97.30	132	*	*	*	*	*		*	*
58	200401132	5.5	15.90	-97.03	133	*	*	*	*	*		*	*
60	200401171	4.7	17.68	-95.66	132	*	*	*	*	*		*	*
62	200402181	4.3	16.92	-96.86	22	*	*	*	*	*		*	*
67	200408071	5.3	17.10	-95.48	132	*	*	*	*	*		*	*
68	200408181	5.7	16.33	-95.14	188	*	*	*	*	*		*	*
73	200412101	5.1	15.14	-97.33	223	*	*	*	*	*		*	
75	200509081	4.4	17.34	-97.21	60		*	*	*	*		*	*
76	200509241	4.7	17.88	-97.03	96		*	*	*	*		*	*
86	200601191	4.2	17.13	-96.75	8	*	*	*	*	*		*	*
88	200606081	4.2	17.30	-96.63	28	*	*	*	*	*		*	*
90	200608191	5.5	15.91	-97.3	142	*	*	*	*	*		*	*
91	200611081	5.1	16.05	-96.54	114	*	*	*	*	*		*	*
93	200702141	4.6	16.76	-96.18	67	*	*	*	*	*		*	*
95	200703151	5.1	16.08	-97.26	123	*	*	*	*	*		*	*
98	200705041	4.8	17.2	-96.84	19	*	*	*	*	*		*	*
99	200706021	4.5	17.03	-95.61	118	*	*	*	*	*		*	*
101	200707061	6.2	16.90	-94.10	280	*	*	*	*	*		*	*
102	200708201	4.5	17.34	-95.96	86	*	*	*	*	*		*	*
104	200709151	5.0	17.46	-94.71	218	*	*	*	*	*		*	*
106	200710011	4.7	17.24	-94.36	252	*	*	*	*	*		*	*
108	200710171	3.7	16.98	-96.63	14		*					*	
109	200710201	4.5	16.08	-95.60	162	*	*	*	*	*		*	*
112	200711121	4.2	17.45	-97.07	57	*	*					*	*
113	200711191	4.4	15.93	-96.58	126	*	*					*	
118	200712111	4.6	15.74	-96.92	148	*	*	*	*	*		*	
119	200712131	4.5	17.26	-96.70	22	*	*	*	*	*		*	*
120	200801041	4.4	17.01	-94.76	209	*	*	*	*	*		*	*
121	200801091	4.1	17.02	-96.38	37	*	*	*	*	*		*	
122	200801181	4.5	16.88	-95.10	174	*	*	*	*	*		*	*
124	200802111	4.8	16.22	-94.22	283	*	*	*	*	*		*	*
125	200802121	6.6	16.19	-94.54	252	*	*	*	*	*		*	*
127	200803081	4.5	17.22	-94.81	204	*	*	*	*	*		*	*
128	200804111	4.3	16.94	-95.33	148	*	*					*	
129	200804151	6.5	13.27	-91.04	741	*	*	*				*	*
131	200804281	5.6	18.05	-100.01	366	*	*	*				*	*
132	200805041	4.5	15.41	-96.75	183	*	*					*	
134	200805171	4.8	16.18	-98.06	173	*	*	*	*	*		*	*
135	200806011	4.1	17.04	-96.80	9	*	*	*	*	*		*	*
136	200806201	4.0	16.07	-96.50	112	*	*					*	
137	200806221	4.9	15.32	-94.29	324	*	*	*	*	*		*	*
138	200807181	4.5	17.95	-97.49	128	*	*		*	*		*	*
139	200807301	5.1	15.98	-96.10	137	*	*	*	*	*		*	*
140	200809101	4.8	15.91	-95.07	217	*	*					*	
141	200810161	6.6	13.87	-92.50	575	*	*	*				*	
143	200811231	4.8	17.13	-94.09	279		*					*	
144	200812041	4.2	16.36	-95.10	189		*					*	

Tabla 2.5 (continuación)

CLAVE SISMO	FECHA SISMO aaaammde	MAGNITUD	COORDENADAS EPICENTRALES		DISTANCIA Media a la cd Oaxaca (km)	ESTACION DE REGISTRO SÍSMICO							
			LATITUD	LONGITUD		OXCU	OXLC	OXTO	OXPM	OXBJ	OAXM	OXAL	
145	200812111	4.0	17.47	-97.40	84		*				*		
146	200812151	4.4	17.07	-97.00	30		*	*	*	*	*	*	*
147	200812181	4.3	16.54	-98.08	157		*				*	*	*
148	200901171	5.2	15.74	-92.76	448		*	*	*	*	*	*	*
149	200901211	4.1	15.76	-96.66	146		*				*		
150	200902021	4.2	15.95	-96.44	128		*				*		
151	200902181	4.8	16.72	-94.71	218	*	*	*	*	*	*	*	*
152	200903101	4.9	16.46	-93.65	334		*	*			*		
153	200904071	4.8	15.82	-96.65	138	*	*	*	*	*	*	*	*
155	200904271	5.7	16.90	-99.58	305	*	*	*	*	*	*	*	*
156	200905221	5.7	18.13	-98.44	217	*	*	*	*	*	*	*	*
157	200905261	4.6	15.86	-95.65	176		*	*			*		
160	200906071	5.0	16.15	-93.32	378		*	*			*		
166	200908141	4.4	17.63	-95.08	185	*	*	*	*	*	*	*	*
167	200908191	4.4	16.04	-97.20	124	*	*	*	*	*	*	*	*
169	200908281	4.0	17.40	-96.79	37		*				*		
170	200909081	5.1	17.68	-95.77	122	*	*	*	*	*	*	*	*
171	200909151	3.9	16.45	-96.66	69		*				*		
172	200909181	4.8	15.49	-97.53	195		*	*	*	*	*	*	*
174	200910081	4.0	16.03	-96.88	116	*	*	*	*	*	*	*	*
175	200910291	5.5	18.89	-95.81	224	*	*	*	*	*	*	*	*
179	200912161	4.1	16.69	-94.8	209	*	*	*	*	*	*	*	*
180	200912251	4.2	15.73	-94.37	292		*	*			*		
183	201001081	4.6	16.86	-94.25	263		*				*		
185	201001191	4.0	16.59	-96.51	57	*	*	*	*	*	*	*	*
186	201001201	4.7	16.53	-94.86	207		*	*			*		
187	201001231	4.1	17.44	-97.19	64		*	*			*		
188	201002011	4.3	16.27	-96.20	104	*	*	*	*	*	*	*	*
190	201002091	5.8	15.90	-96.86	130	*	*	*	*	*	*	*	*
196	201002261	4.4	15.82	-96.91	139	*	*	*	*	*	*	*	*
200	201003171	4.2	16.04	-96.98	117	*	*	*	*	*	*	*	*
202	201004121	4.2	16.56	-96.54	59	*	*	*	*	*	*	*	*
203	201004161	5.1	16.14	-98.41	207	*	*	*	*	*	*	*	*
204	201004201	5.0	16.07	-98.34	205	*	*	*	*	*	*	*	*
205	201005131	4.1	15.99	-97.18	128	*	*	*	*	*	*	*	*
209	201005311	4.4	17.47	-95.52	135		*	*			*		
210	201006081	4.0	16.11	-97.26	120	*	*	*	*	*	*	*	*
211	201006082	4.0	16.11	-97.26	56		*	*	*	*	*	*	*
212	201006091	3.8	17.47	-96.39	206		*	*			*		
219	201006251	5.1	15.22	-96.44	104	*	*	*	*	*	*	*	*
224	201007011	3.0	16.18	-96.44	81		*	*			*		
229	201007241	4.4	17.38	-96.02	221		*	*			*		
235	201009211	5.0	15.73	-95.19	304	*	*	*	*	*	*	*	*
240	201011011	5.0	16.68	-93.90	136	*	*	*	*	*	*	*	*
241	201011261	4.5	16.13	-95.91	134	*	*	*	*	*	*	*	*
242	201011262	4.5	16.13	-95.91	135		*	*	*	*	*	*	*
247	201101051	4.5	16.29	-98.26	185		*	*	*	*	*	*	*
249	201101201	5.1	16.55	-94.00	296		*	*	*	*	*	*	*
250	201102041	4.5	17.25	-96.56	27	*	*	*	*	*	*	*	*
251	201102111	4.4	16.02	-95.94	143	*	*	*	*	*	*	*	*
253	201102251	6.0	17.73	-95.21	177	*	*	*	*	*	*	*	*
254	201102281	4.2	15.62	-96.26	168		*	*	*	*	*	*	*
255	201103261	4.1	16.31	-96.37	92	*	*	*	*	*	*	*	*
257	201104071	6.7	17.20	-94.34	254	*	*	*	*	*	*	*	*
260	201104181	4.4	17.61	-94.97	196		*	*			*		
261	201104261	5.5	16.71	-99.69	319		*	*			*		
263	201105051	5.5	16.61	-98.91	239	*	*	*	*	*	*	*	*
264	201105111	4.5	16.24	-96.16	108	*	*	*	*	*	*	*	*
268	201106031	4.9	17.69	-95.31	165	*	*	*	*	*	*	*	*
269	201106101	4.9	16.00	-98.54	228		*	*			*		
270	201106121	4.8	17.19	-95.15	168		*	*	*	*	*	*	*
273	201107091	5.3	15.87	-96.42	136	*	*	*	*	*	*	*	*
274	201107101	4.8	16.58	-95.21	171		*	*			*		
275	201108131	5.7	14.58	-94.88	339		*	*			*		
278	201112111	6.5	17.84	-99.98	357		*				*		

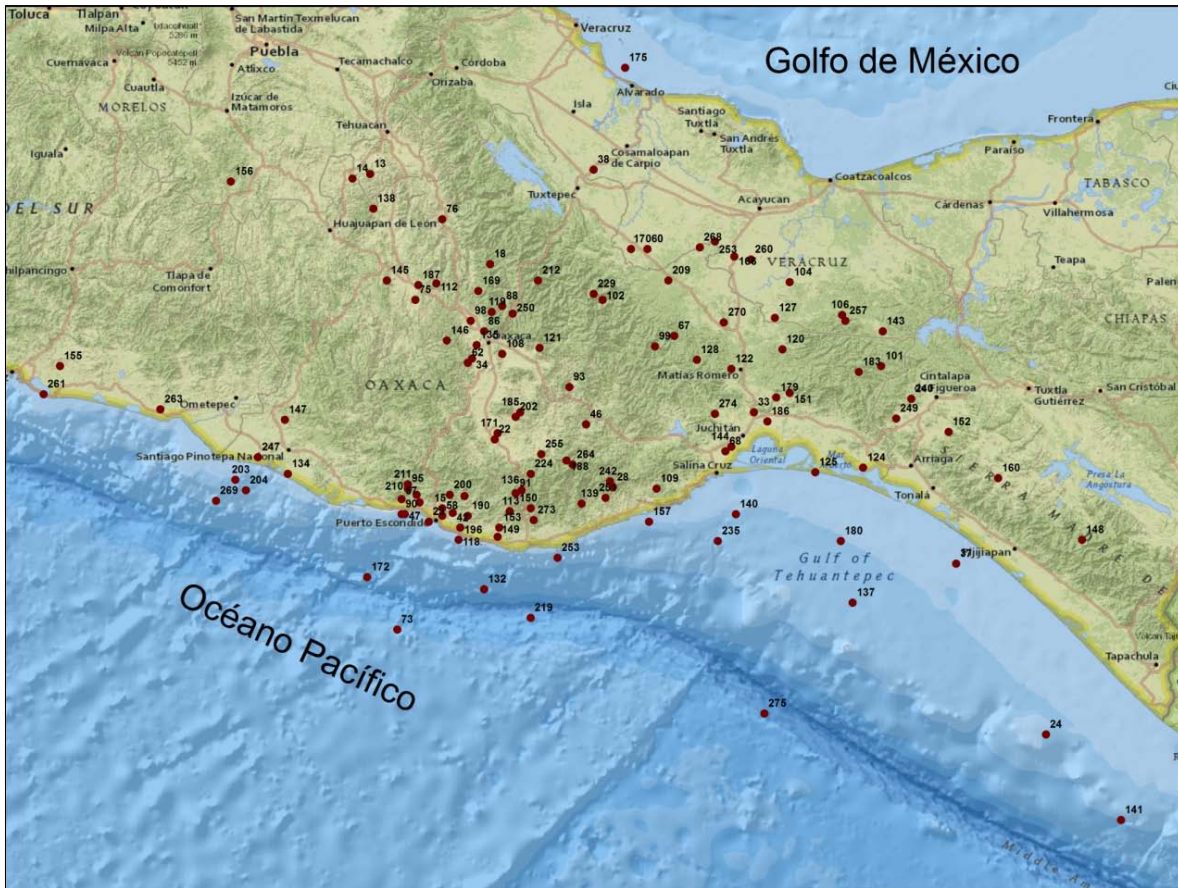


Figura 2.44 Ubicación epicentral de los sismos registrados

En un análisis previo y con una parte de los sismos registrados hasta el año 2006 se realizó el cálculo de las funciones de transferencia promedio, haciendo la clasificación y agrupación de sismos profundos y superficiales (Singh, 2007). La tabla 2.6 muestra la clasificación de los sismos seleccionados y la figura 2.45 su ubicación.

Una vez hecha la clasificación se realizaron los cálculos de las correspondientes funciones de transferencia promedio, la figura 2.46 muestra un ejemplo de los resultados obtenidos en la estación Alameda de Leon OXAL con respecto a las Canteras OXLC, para el componente N-S; de las tres curvas una representa la función de transferencia promedio para eventos profundos, otra para eventos superficiales y la tercera considerando todos los eventos. En general se observa que las tres curvas conservan la misma tendencia por lo que se concluyó que para fines prácticos, basta con hacer el cálculo de la función de transferencia promedio considerando todos los eventos.

Tabla 2.6. Clasificación de los registros seleccionados

TIPO DE SISMO			
PROFUNDO		SUPERFICIAL	
Clave	Fecha	Clave	Fecha
13	199906151	15	199909301
14	199906152	18	199911061
24	200003121	22	200001191
28	200009291	23	200003011
33	200109081	42	200206072
34	200110031	46	200208051
37	200201161	47	200208271
38	200201301	57	200401131
60	200401171	58	200401132
62	200402181	73	200412101
67	200408071		
68	200408181		
75	200509081		
76	200509241		
86	200601191		

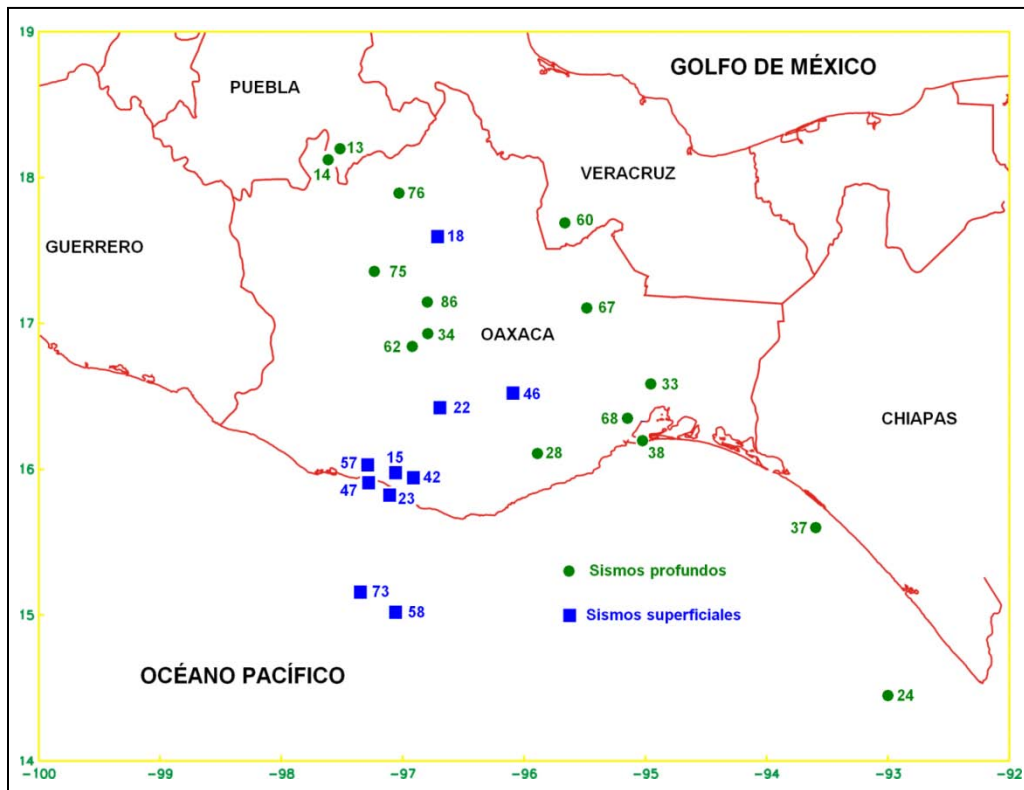


Figura 2.45 Sismos seleccionados hasta el año 2006

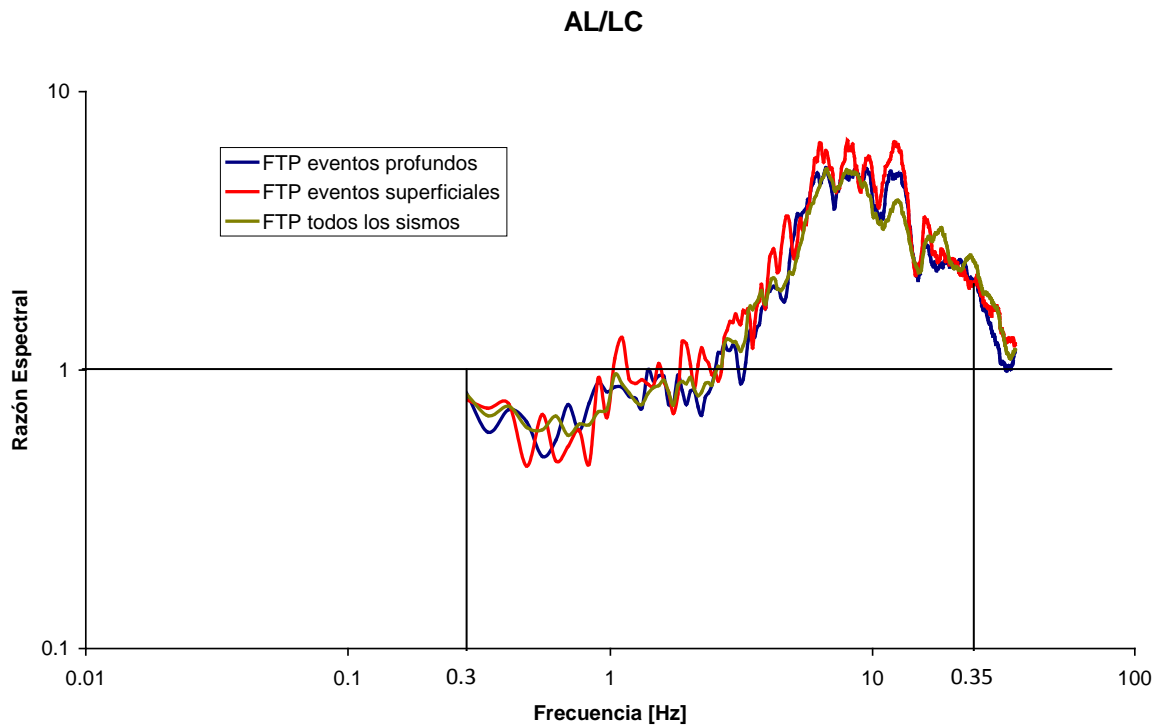


Figura 2.46 Comparación de las funciones de transferencia promedio en la estación OXAL

Cálculo de Espectros de Respuesta

Durante la ocurrencia de los sismos del 15 de junio y 30 de septiembre, ambos en 1999, solo estaban instaladas las estaciones OXFM y OXLC; ambas estaciones registraron los dos eventos, por lo que aprovechando la determinación de las FT empíricas y mediante el uso de la Teoría de Vibraciones Aleatorias, se estimaron los espectros de respuesta en el resto de las estaciones de la red acelerográfica. Para ello se siguió la siguiente secuencia:

- Procesamiento de acelerogramas. Se realizó la corrección de línea base y filtrado a los acelerogramas producidos por los sismos catalogados como superficiales o profundos, para ello se utilizó el paquete de análisis *Degtra* (Ordaz y Montoya, 2012).
- Obtención de Espectros de Fourier (EF). A partir de los acelerogramas se calcularon los EF correspondientes, considerando un intervalo de frecuencias de 0.05 a 30 Hz.

- Determinación de las Funciones de Transferencia (FT). Se definieron a partir del cociente de los Espectros de Fourier de las relaciones OXAL/OXLC, OXBJ/OXLC, OXCU/OXLC, OXPM/OXLC y OXTO/OXLC. Se calculó una FT para cada estación, para cada componente de registro (N-S, E-W y V) y para cada uno de los sismos registrados simultáneamente.
- Funciones de Transferencia Promedio (FTP). Se obtuvieron mediante un promedio estadístico de los valores de las amplitudes para cada valor de frecuencia asociado, una para los dos componentes horizontales FT_{PH} y otra para el vertical FT_{PV} .
- Estimación de ER_E . Su cálculo se realizó utilizando el programa *VIBEF3* (Ordaz y Singh, 2004), para ello se selecciona el registro de aceleración del sismo en la estación OXLC y cuyo ER_E se desea inferir en las estaciones OXAL, OXBJ, OXCU, OXPM y OXTO. Se determina la duración de la fase intensa para el registro en OXLC y se selecciona la FTP correspondiente a la componente de interés FT_{PH} o FT_{PV} .

Las figuras 2.47 y 2.48 muestran los resultados obtenidos para los sismos del 15 de junio de 1999 y 30 de septiembre de 1999 respectivamente en las estaciones OXAL, OXBJ, OXCU, OXFM, OXPM y OXTO para sus tres componentes de registro. Considerando que la estación OXFM sí registró los sismos del 15 de junio y 30 de septiembre de 1999, para evaluar la capacidad de estimación tanto del método como de la selección de la información, se calculó el espectro de respuesta y se comparó con el real para ambos eventos, como se presenta en la figura 2. 49, en donde se aprecia una excelente concordancia entre lo medido y lo estimado.

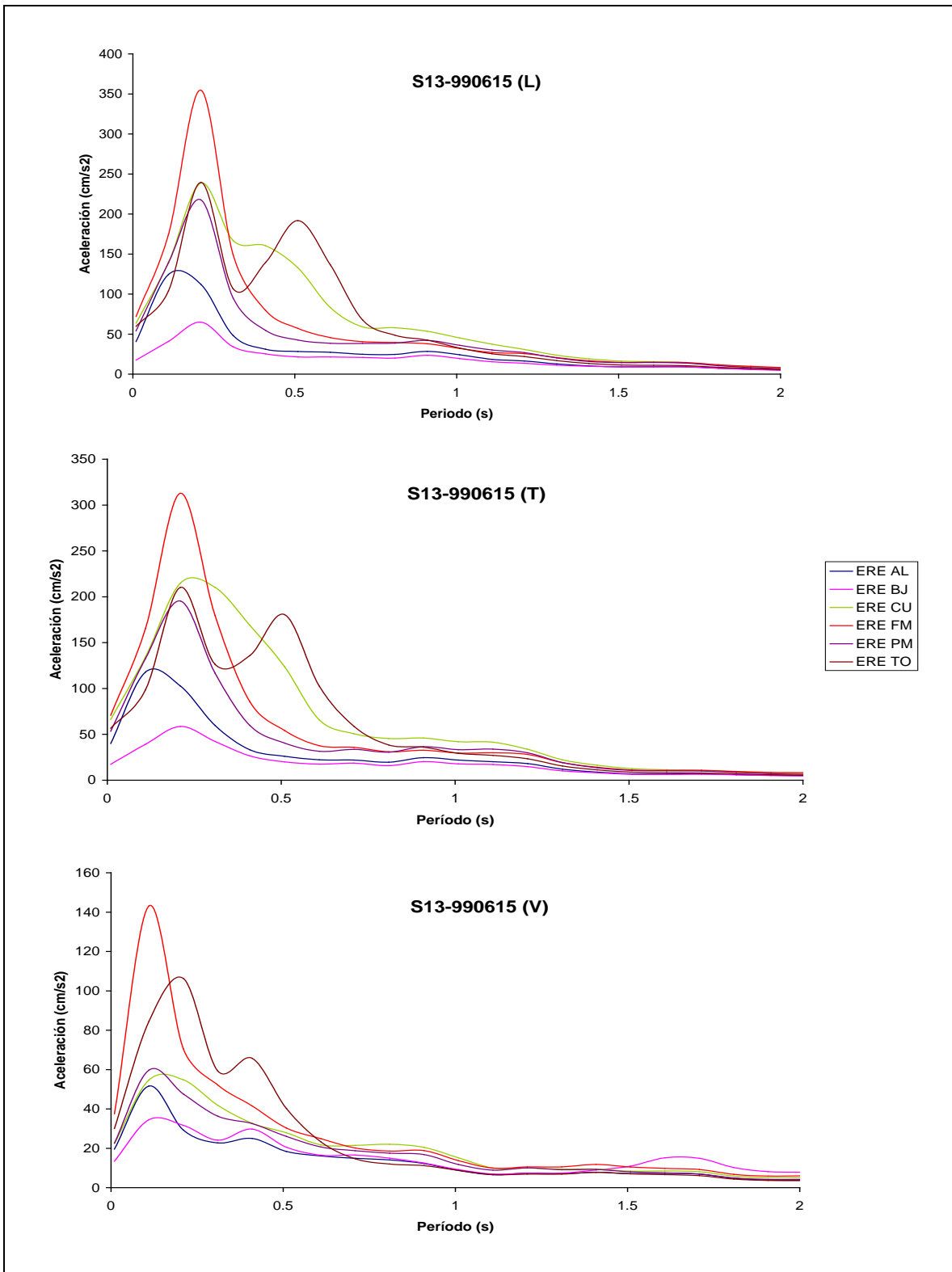


Figura 2.47 Espectros de Respuesta Estimados. Sismo 15 de junio 1999 (M=7) estaciones OXAL, OXBJ, OXCU, OXFM, OXPM y OXTO

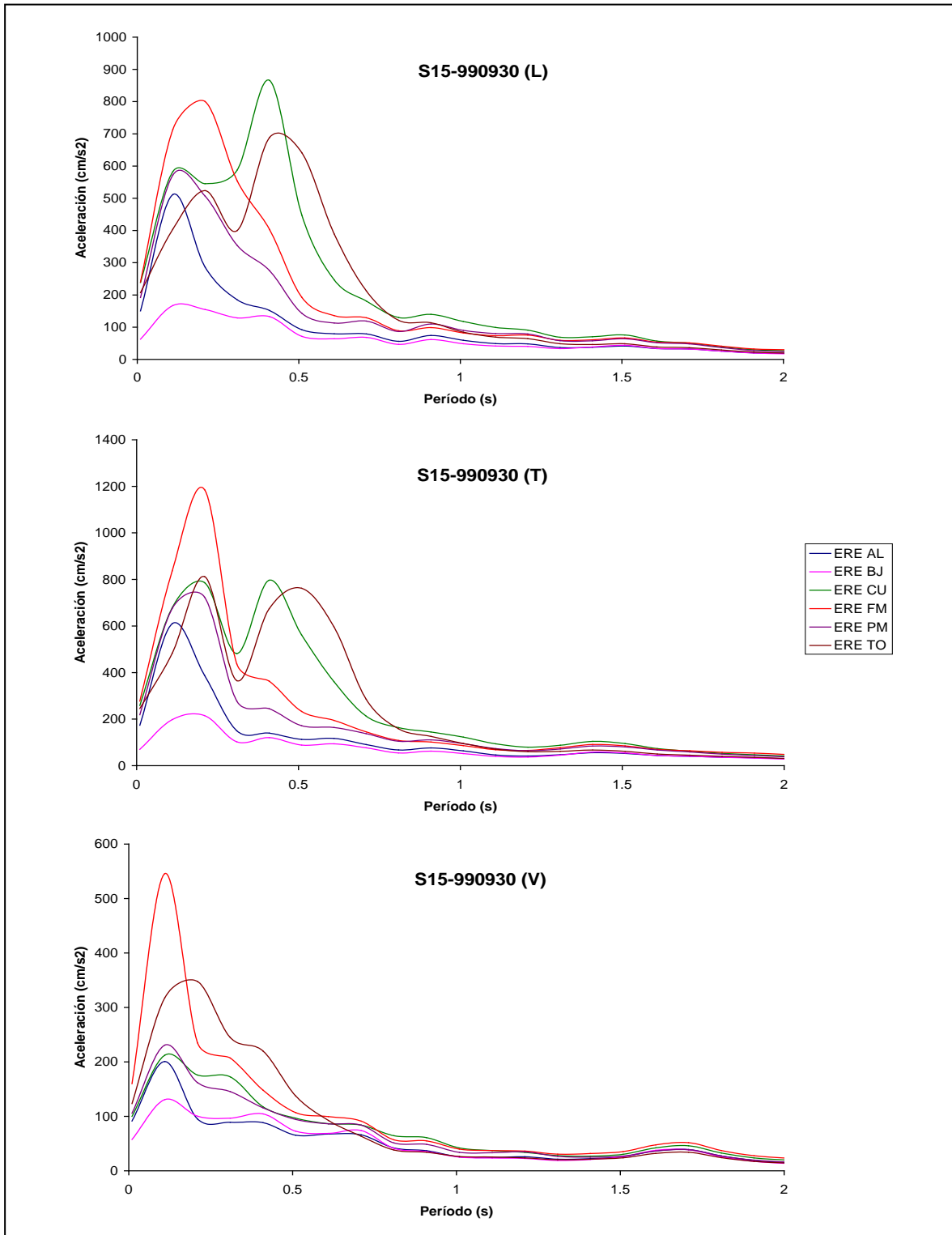


Figura 2.48 Espectros de Respuesta Estimados. Sismo 30 de septiembre 1999 (M=7.6) estaciones OXAL, OXBJ, OXCU, OXFM, OXPM y OXTO

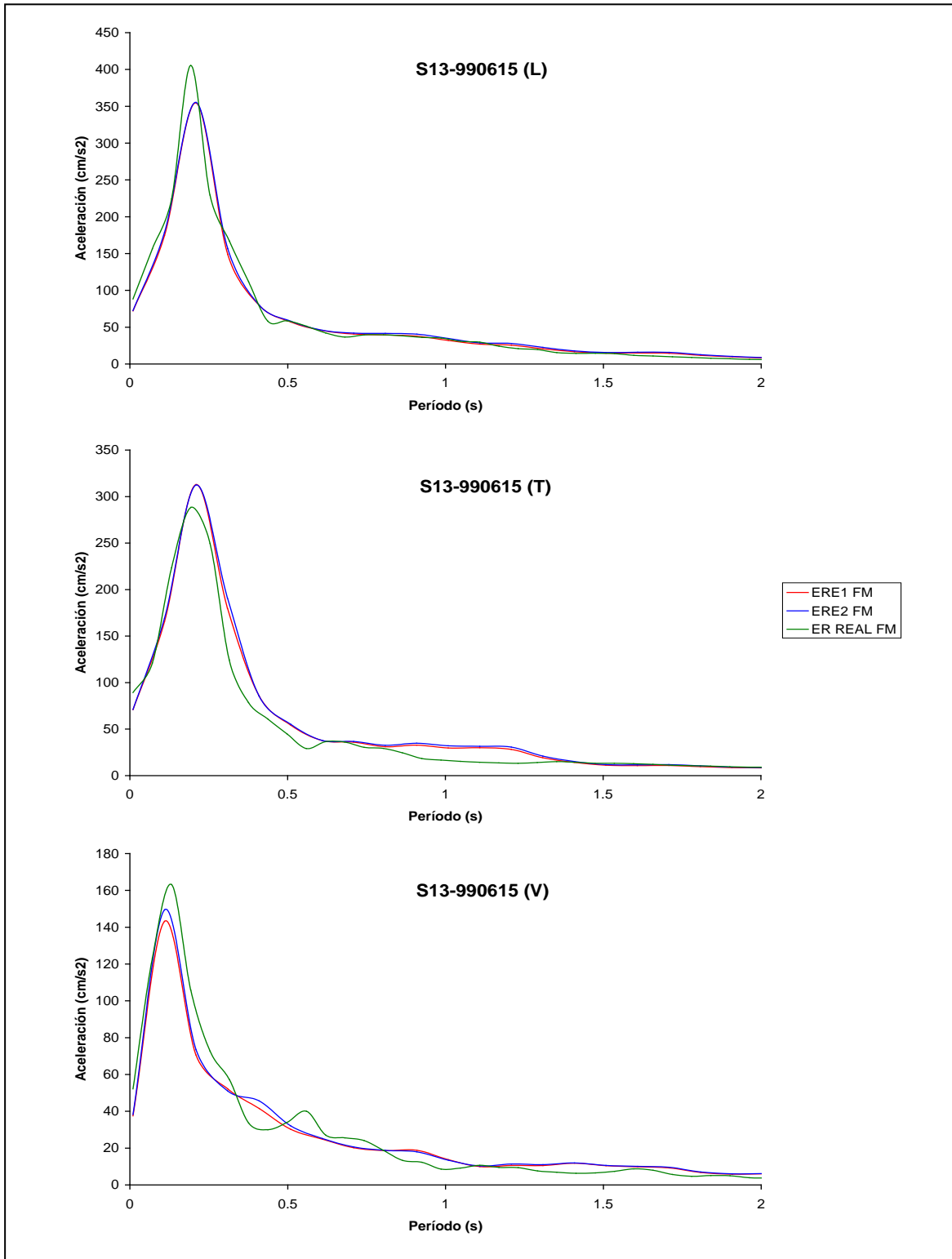


Figura 2.49 Espectro de Respuesta estimado y real en la estación OXFM. Sismo 15 de junio de 1999

3. CONCEPTOS GENERALES SOBRE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

El desarrollo de la teoría de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) surge de la necesidad para resolver problemas aún demasiados complejos para ser abordados por técnicas convencionales. Su concepción se basa en la emulación del comportamiento del sistema nervioso de los seres vivos por lo que, al igual que estos, parten de un proceso de aprendizaje que les permite establecer las relaciones que existen entre las variables que le son presentadas y que definen el comportamiento de un fenómeno en específico, con la intención de poder generalizar el conocimiento adquirido y por lo tanto establecer proyecciones de comportamiento ante condiciones distintas. La aplicación de las RNA se ha incrementado recientemente en forma notoria y en el campo de la Ingeniería Geo-Sísmica se han abordado diversos temas por ejemplo: Romo (1998, 1999), García (2002 y 2009) y Rangel (1999).

3.1 Redes Neuronales Artificiales

Las células del cerebro, conocidas como neuronas, tienen la función principal de adquirir, procesar y emitir señales del tipo eléctrico; se considera que precisamente la capacidad de procesamiento de información del cerebro proviene de redes formadas por este tipo de células.

Una neurona (figura.3.1) está integrada fundamentalmente por: un cuerpo celular llamado soma (mismo que contiene un núcleo celular), un importante número de fibras o dendritas y una fibra larga conocida como axón. Las dendritas son los elementos responsables de recibir la información proveniente de neuronas vecinas, y de conducirla hacia el soma, en donde es procesada y en su caso transmitida a otras neuronas por medio del axón.

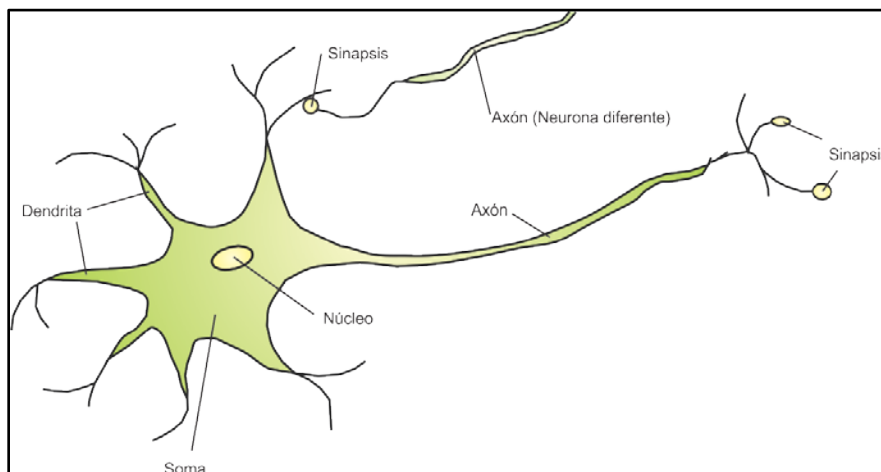


Figura 3.1 Neurona Biológica

Se estima que una neurona biológica se conecta con entre 10 y 100 000 neuronas mediante procesos de sinapsis que facilitan o inhiben la propagación de las señales por medio de reacciones electroquímicas; lo que trae como consecuencia la formación de Redes Neuronales. En general las conexiones sinápticas no son permanentes y al igual que los estímulos de entrada, necesarios para activar una neurona, pueden cambiar durante su periodo de vida; permitiendo de esta forma la realización del proceso de aprendizaje (Tettamanzi y Tomassini, 2001).

Una RNA está constituida de nodos o unidades como el mostrado en la figura 3.2 y cuya representación matemática queda establecida por la ecuación 1.

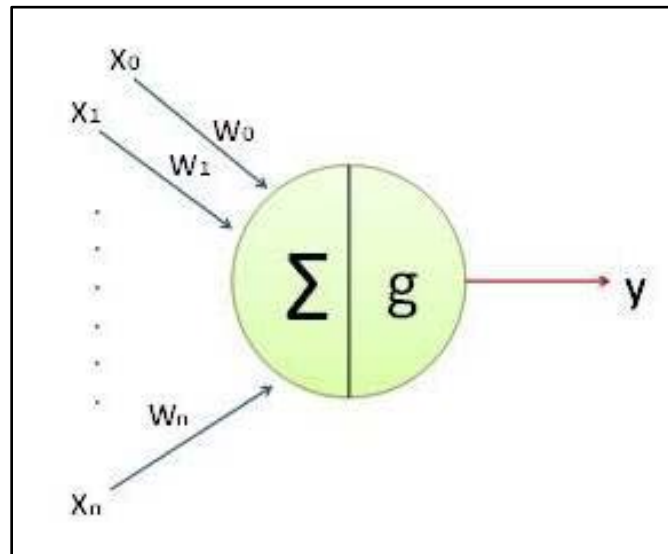


Figura 3.2 Neurona Artificial

$$y(x) = g \left(\sum_{i=0}^n w_i x \right) \quad (1)$$

En donde x es un nodo con n dendritas de entrada, definidas por el vector (x_0, \dots, x_n) , y una salida dada por el axón $y(x)$. Cada conexión tiene un peso numérico dado por (w_0, \dots, w_n) que determina la fuerza y el signo de la conexión. Para cada neurona se calcula la suma ponderada de sus entradas y posteriormente es aplicada a dicha suma, una función de activación o de transferencia g que permite determinar la fuerza de la salida en caso de generarse. Esta función tiene como objetivo mantener activo al nodo cuando el valor esté cercano a **+1**, e inactivo cuando su valor esté muy próximo a cero. Sin embargo, es mucho más conveniente tener una función de activación suave y diferenciable en donde los valores de salida se encuentren entre **0** y **1** ó **1** y **-1** dependiendo del tipo de función; no obstante, en diversos casos es frecuente utilizar la función identidad, la cual no está limitada a los valores señalados.

3.2 Arquitectura

La estructura que forma la integración de los diversos nodos queda definida por: a) el número de capas, b) el número de neuronas de cada capa, c) las características que definen el comportamiento de cada neurona (como son su umbral de activación, su función de salida, etc.), d) su patrones de conexión y e) el flujo que sigue la información de entrada hasta su salida. Por lo que al hablar del tipo de redes neuronales, es necesario considerar una combinación de los elementos antes indicados, de tal forma que atendiendo al número de capas se puede mencionar las redes monocapa o multicapa; en cuanto al tipo de aprendizaje se puede indicar el no supervisado y el supervisado para este último existen los métodos de corrección por error, reforzado y estocástico.

Para la investigación realizada en esta tesis se utilizó la estructura correspondiente al Perceptrón Multicapa (PMC) Shepherd (1997), debido a que es la más común en los modelos de redes neuronales utilizados para clasificación de patrones, funciones de aprendizaje así como en predicción de series de tiempo. Con aplicaciones prácticas en diversos campos del conocimiento que van desde el reconocimiento de voz y las predicciones financieras hasta el diagnóstico médico.

Para realizar una tarea en específico, con un determinado conjunto de datos, los PMC no son programados, más bien son entrenados, lo que implica un ajuste en la red neuronal para obtener una respuesta de salida, de acuerdo al conjunto de patrones de entrada proporcionado; y dado que, la información de salida es previamente conocida se considera que el entrenamiento del PMC es lo que se conoce como un aprendizaje supervisado.

La arquitectura del PMC está integrada de una capa de entrada, cuya función es transmitir la información hacia la red; después existen varias ocultas, cuya misión es procesar y transmitir la información hacia la capa de salida que puede estar integrada de uno o varios nodos. Debido a que el flujo de información se realiza en la dirección que va de la capa de entrada hasta la de salida y a que está restringida la comunicación lateral con nodos de una misma capa, la conexión entre nodos se realiza únicamente con los elementos de la capa siguiente. La figura 3.3 muestra un ejemplo de este tipo de red.

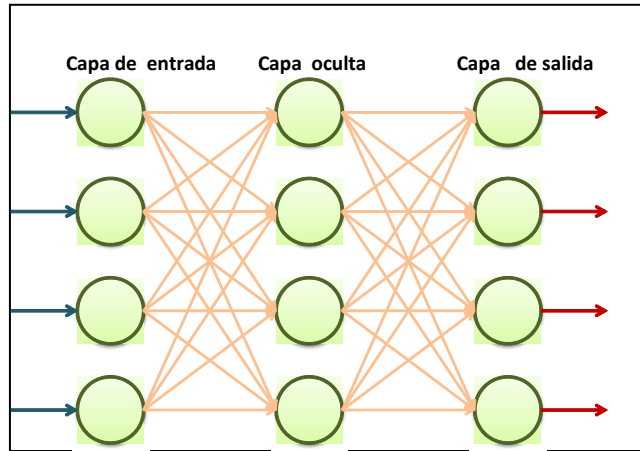


Figura 3.3 Arquitectura de una RNA totalmente conectada

El proceso que se desarrolla en un PMC está integrado de dos etapas, una de entrenamiento o aprendizaje y otra de prueba. En la primera, la RNA es sometida a un proceso de entrenamiento continuo hasta obtener un valor específico de salida de acuerdo al conjunto de valores suministrados en la capa de entrada. En la fase de prueba, la RNA proporciona valores de salida asociados a información que les es suministrada pero que no fue utilizada durante el entrenamiento. Como fue indicado, las funciones de activación o transferencia tienen un rol fundamental durante el proceso de entrenamiento, y aún cuando existe una gran diversidad, en las arquitecturas tipo PMC las más utilizadas son Umbral, Sigmoide y Tangente Hiperbólica; estas dos últimas se caracterizan por ser diferenciables, y con valores de salida dentro de los intervalos $[0, 1]$ y $[-1, 1]$ respectivamente. Las expresiones matemáticas para las tres funciones están definidas por las ecuaciones 2 a 4.

$$g(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x+t > 0 \\ 0 & \text{if } x+t \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$g(x) = \frac{1}{1 + e^{-2s(x+t)}} \quad (3)$$

$$g(x) = \tanh(s(x+t)) = \frac{\sinh(s(x+t))}{\cosh(s(x+t))} = \frac{e^{s(x+t)} - e^{-s(x+t)}}{e^{s(x+t)} + e^{-s(x+t)}} = \frac{e^{2(s(x+t))} - 1}{e^{2(s(x+t))} + 1} \quad (4)$$

En las ecuaciones anteriores s es un parámetro de gradiente y t es el valor que desplaza de cero el centro de la función de transferencia; las figuras 3.4 y 3.5 ilustran su forma.

En realidad el parámetro t , en una neurona artificial, representa la cantidad de pulsos necesarios para lograr la activación de una neurona biológica; por lo que durante el proceso de aprendizaje de una RNA, dicho parámetro así como los valores de los pesos, tienen que ser ajustados. Una forma sencilla de hacerlo es mediante la introducción, en una determinada capa, de un nodo *bías* o de sesgo (NB), el cual siempre emitirá el valor de 1 y deberá tener conexión únicamente con

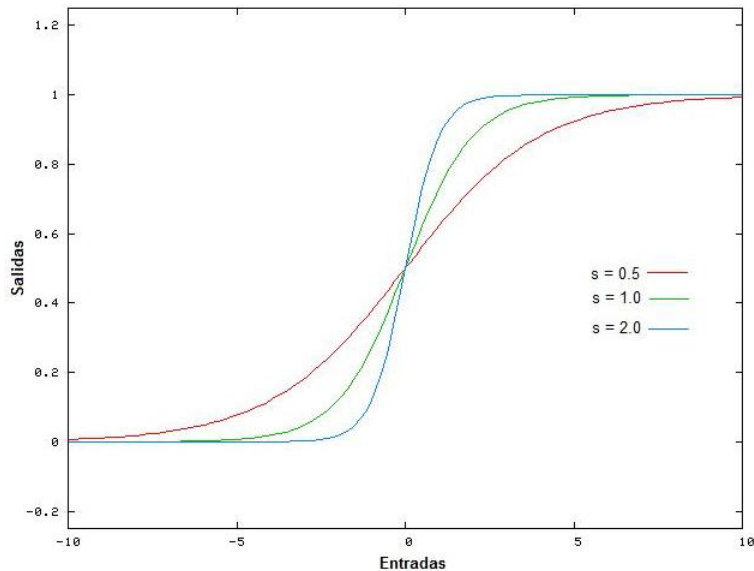


Figura 3.4 Función de transferencia Sigmoideal (para $t=0$)

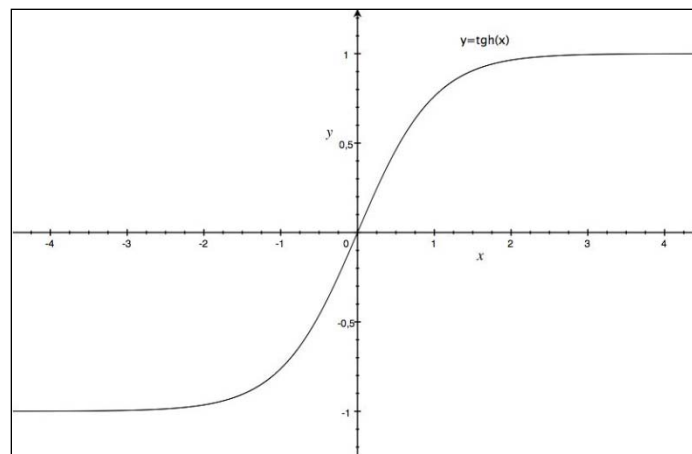


Figura 3.5 Función de transferencia Tangente Hiperbólica

los nodos de las capas siguientes. Debido a que el NB emite siempre el valor 1, los pesos conectados a este son agregados en forma directa a la suma combinada indicada por la ecuación 1, en forma similar al valor t de la función de transferencia. Por lo que una forma modificada de esta ecuación será muestra la expresión 5, en donde el valor del NB está representado por $w_n + 1$.

$$y(x) = g\left(w_{n+1} \sum_{i=0}^n w_i x_i\right) \quad (5)$$

El agregar el NB permite eliminar el valor t de la función de activación, por lo que el procedimiento se simplifica al solo ser necesario el ajuste de los pesos durante el entrenamiento de la RNA. De acuerdo con lo anterior, las expresiones 3 y 4 quedarían modificadas como se muestra en las ecuaciones 6 y 7.

$$g(x) = \frac{1}{1 + e^{-2sx}} \quad (6)$$

$$g(x) = \tanh(sx) = \frac{\sinh(sx)}{\cosh(sx)} = \frac{e^{2(sx)} - 1}{e^{2(sx)} + 1} \quad (7)$$

La figura 3.6 muestra la nueva arquitectura de la RNA al agregar el NB; es importante resaltar que el valor t de las expresiones 6 y 7 no puede ser eliminado de estas si no se agrega el NB, debido a que el resultado de salida podría tener un valor de cero, si la función suma de todas las entradas también lo fuera, independientemente de los valores de los pesos de entrada.

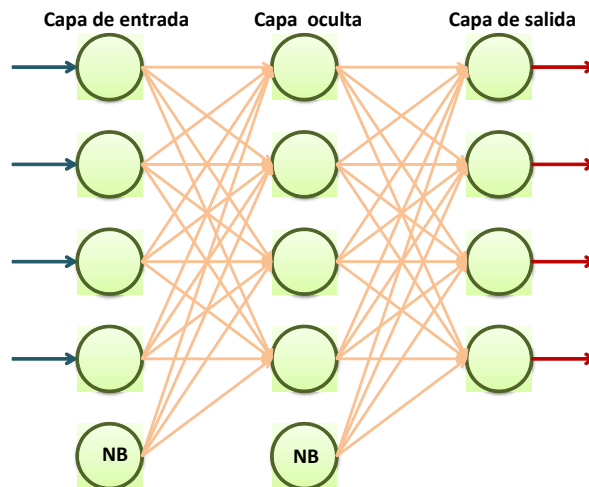


Figura 3.5 RNA totalmente conectada con elementos NB

3.3 Proceso de entrenamiento

En lo general se puede establecer que para un satisfactorio proceso de entrenamiento de una RNA y una adecuada capacidad de generalización, es fundamental: 1) el conocimiento sobre el fenómeno o problema que se pretenda modelar para poder hacer una correcta selección de las variables que lo representen, 2) integrar una base de datos que incluya un importante número de casos, así como una gran diversidad de los mismos, 3) hacer una correcta selección de las reglas de aprendizaje y funciones de transferencia, así como un buen diseño del modelo neuronal y 4) probar la integridad del mismo y su capacidad para generalizar conocimiento aprendido, utilizando patrones que no fueron considerados durante el entrenamiento.

Para lograr lo anterior, se realiza un proceso iterativo del ajuste de los pesos de las conexiones de cada nodo, por lo que este procedimiento es típico de un problema de optimización, el cual puede ser abordado desde la utilización de métodos heurísticos, como el de recocido simulado (*simulated annealing*), hasta técnicas más especializadas como los algoritmos genéticos o los denominados de gradiente en descenso, siendo uno de los más frecuentemente utilizados el de retropropagación del error o *backpropagation* (BP).

3.4 Algoritmo de Retropropagación

Aún cuando el origen del algoritmo de Retropropagación (BP) se remonta a varias décadas atrás, no es sino hasta la publicación de Rumelhart *et al*, (1986) cuando se establece un punto culminante en su aplicación a los PMC y por lo tanto en el resurgimiento de las redes neuronales. De hecho el algoritmo de retropropagación ha sido y continua siendo utilizado en la gran mayoría de las investigaciones que sobre los PMC se realizan, y por lo tanto se ha convertido en una referencia base para la evaluación de otros métodos de entrenamiento.

El algoritmo BP está basado fundamentalmente en el método de gradiente (también conocido en inglés como *steepest descente*) y opera de la forma siguiente: 1) se proporciona a la red para su aprendizaje un conjunto de patrones constituidos por pares de entradas y salidas, 2) la información se aplica a la primera capa de entrada y es propagada por las capas, ocultas hasta generar una salida, 3) el resultado de los nodos de salida es comparado con los valores objetivo y se calcula el error, 4) el valor del error es transmitido hacia atrás partiendo de la capa de salida, pasando por las ocultas hasta alcanzar la de entrada, de tal forma que todos los nodos reciben un cierto porcentaje del error que describe su aportación relativa al mismo, 5) considerando la cantidad recibida, en cada neurona, se realiza un ajuste a los pesos de sus conexiones con otras, para que en el siguiente ciclo el valor de las salidas este más próximo a los deseados y por lo tanto el error disminuya, por supuesto siempre y cuando se utilice el mismo patrón de entrada.

Con el procedimiento anterior se pretende por supuesto minimizar el error medio cuadrático, para todo el conjunto de datos, y una forma eficiente de lograrlo al utilizar el algoritmo BP es hacerlo en forma secuencial; es decir, entrada por entrada en lugar de considerar el conjunto combinado de datos.

De acuerdo con lo descrito, la secuencia para aplicar el algoritmo *BP* sería la siguiente:

1. Se propaga la información de las entradas a través de la red hasta alcanzar la salida y entonces se calcula para la neurona k el error e_k asociado de tal forma que:

$$e_k = d_k - y_k \quad (8)$$

en donde y_k es la salida calculada y d_k es la salida deseada u objetivo de la neurona k .

2. Se procede a realizar el ajuste de los pesos de conexión, para ello se determina el valor δ_k .

$$\delta_k = e_k g'(y_k) \quad (9)$$

en donde g' es la derivada de la función de activación.

A continuación es necesario calcular el valor δ_j para las capas precedentes utilizando la expresión:

$$\delta_j = \eta g'(y_j) \sum_{k=0}^K \delta_k w_{jk} \quad (10)$$

k es el número de neuronas de la capa correspondiente y η es un parámetro de aprendizaje mediante el cual se determina el nivel de ajuste que deberá hacerse al peso de la conexión. Con los valores δ_j obtenidos se estiman los incrementos Δw mediante los cuales los pesos deberán ser ajustados.

$$\Delta w_{jk} = \delta_j y_k \quad (11)$$

El valor Δw_{jk} permite modificar el peso w_{jk} de forma tal que el valor ajustado estará dado por:

$$w_{jk} = w_{jk} + \Delta w_{jk} \quad (12)$$

3. Realizado lo anterior, el algoritmo de BP se mueve hacia la siguiente entrada y ajuste los pesos de acuerdo a la salida. El proceso se repite hasta que se alcanza una condición límite, previamente determinada para detenerlo, es muy común utilizar para ello el valor del error medio cuadrático de los datos de entrenamiento.

3.5 Capacidad de generalización.

El objetivo fundamental durante el proceso de entrenamiento de una RNA, es que esta logre obtener una importante capacidad de generalización. Es decir, la red aprende de los patrones de datos que le son presentados y proporciona una determinada salida que se ajusta a dichos valores; sin embargo, es necesario evaluar cual será su comportamiento ante patrones que no fueron utilizados durante el entrenamiento. En el caso de la imagen de la izquierda en la figura 3.6 se puede establecer que el sistema neuronal tiene una buena capacidad de generalización mientras que la de la derecha la ha perdido.

Para establecer lo anterior es necesario contar con dos conjuntos representativos del fenómeno que se pretende modelar; el primero o de entrenamiento sirve para ajustar los pesos y umbrales de la red y el segundo o de prueba es el que permite, una vez entrenado el sistema, evaluar su nivel de generalización. De aquí deriva la importancia de evaluar tanto el error de aprendizaje como el de prueba, debido a que en un afán de exigir un mayor ajuste a los datos de entrenamiento, se somete a la RNA a un número muy elevado de ciclos de trabajo, lo que se traduce en el denominado sobreentrenamiento que no es otra cosa mas que la pérdida de gene-

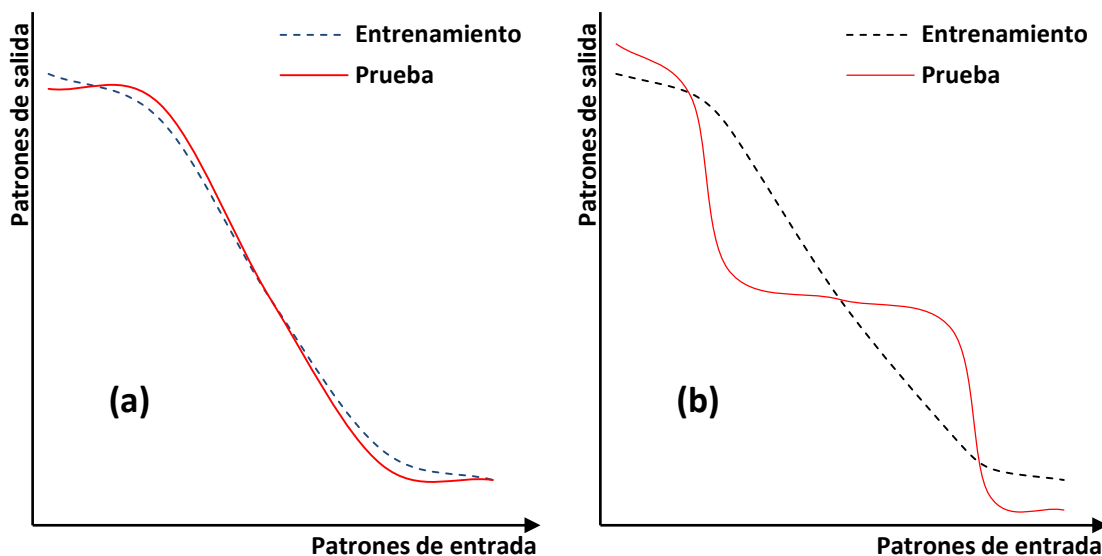


Figura 3.6 Capacidad de Generalización de una RNA

realización de la red. La figura 3.7 presenta un sistema en el cual el valor del error cuadrático medio, tanto para los datos de entrenamiento, como para los de prueba, permanece estable después de un cierto número de ciclos, lo que es indicativo de un aprendizaje exitoso y con un buen nivel de generalización. Por otro lado, en la figura 3.8 puede apreciarse como después de un cierto número de ciclos, el valor del error de los datos de prueba comienza a incrementarse y aún cuando durante el entrenamiento se ha disminuido sustancialmente el error se ha producido capacidad de generalización.

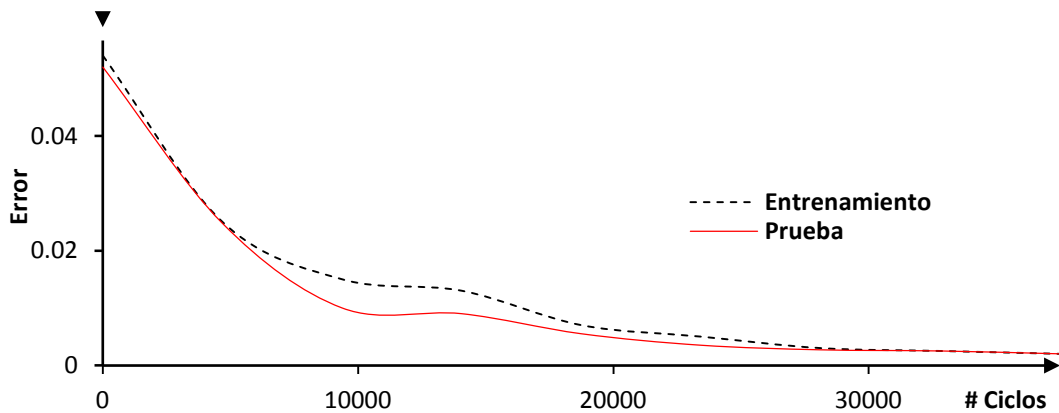


Figura 3.7 RNA con buena generalización

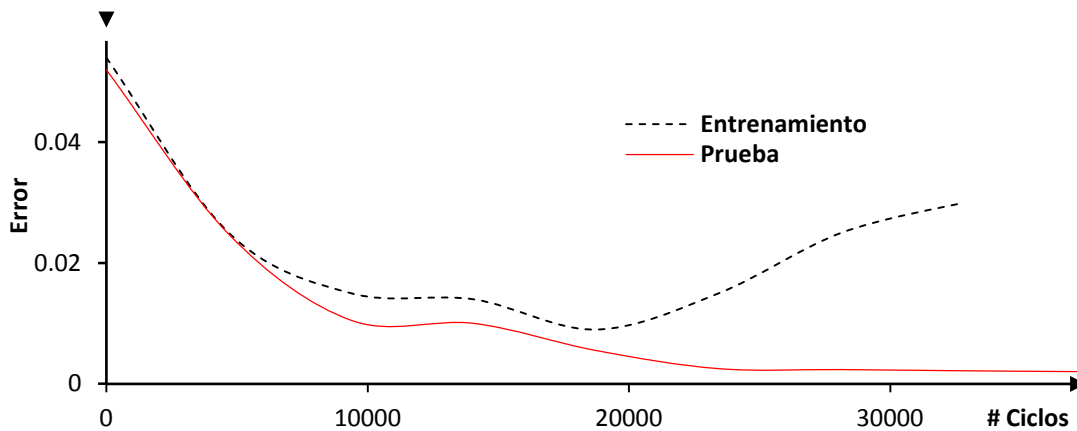


Figura 3.8 RNA con pérdida de capacidad de generalización

4. MODELOS NEURONALES EN LAS CIUDADES DE OAXACA Y PUEBLA

En este capítulo se describen dos modelos neuronales desarrollados, uno para calcular la duración de la fase intensa del movimiento sísmico y el otro para estimar espectros de respuesta. El primero fue aplicado en 3 sitios que cuentan con registros de movimientos fuertes de la ciudad de Puebla (estaciones PBPP, SRPU y SXPU) y en 5 sitios de la ciudad de Oaxaca (estaciones OXLC, OXFM, OXTO, OXAL y OXPM). El segundo modelo sólo fue desarrollado para la ciudad de Oaxaca, utilizando las estaciones indicados para localidad.

4.1 Duración de la fase intensa del movimiento sísmico

Actualmente existe una gran diversidad de expresiones para determinar la duración de la fase intensa del movimiento sísmico D , a partir de expresiones que la relacionan en términos de la magnitud M , la distancia a la fuente sísmica R Esteva y Rosenblueth (1964), Housner (1965), Bolt (1973), Dobry *et al*, (1978). Adicionalmente, otros autores han incluido algún parámetro que considere las condiciones de sitio para caracterizarlo como roca, firme o compresible, Trifunac and Brady (1975), o el periodo dominante del sitio.

Por otra parte, también el establecer una definición para la duración del movimiento sísmico ha sido motivo de numerosos trabajos como los realizados por Bommer y Martínez-Pereira (1996); sin embargo, estas se circunscriben a tres grupos genéricos. El primero es asociado a una duración por umbral D_b (*Bracketed Duration*) misma que está definida como el tiempo total de duración entre la primera y la última excursión de la señal sísmica, más allá de un umbral previamente establecido, como se ilustra en la figura 4.1.

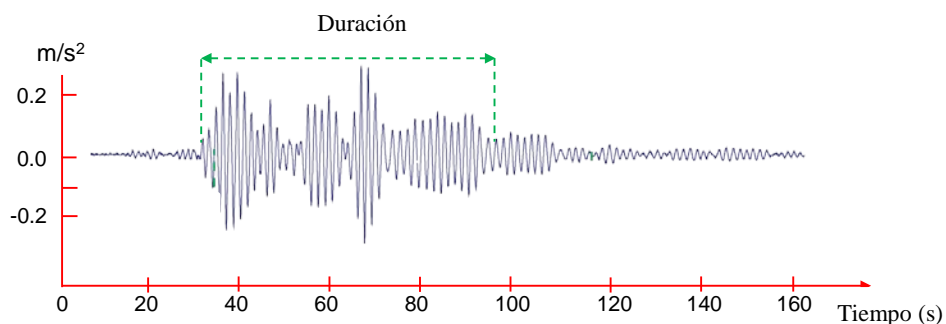


Figura 4.1 Duración por umbral

El segundo grupo recibe el nombre de duración uniforme D_u y también está acotada por un umbral de activación, pero a diferencia del primero, aquí la duración está definida como la suma del tiempo de los intervalos en donde se excede el valor del umbral fijado.

El tercer grupo es el de la duración significativa D_s , que está basada en la acumulación de la energía del registro sísmico (un acelerograma o un sismograma), y expresada por medio de la integral del cuadrado del movimiento del terreno; si este es representado por la aceleración, entonces se relaciona directamente con la intensidad (Árias, 1970), mediante la ecuación 13.

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^T a^2(t) dt \quad (13)$$

En donde: $a(t)$ representa la historia tiempo-aceleración, g la aceleración de la gravedad y T la duración completa del registro $a(t)$. La figura 4.2 muestra el procedimiento propuesto por Husid (1969), basado en la forma en que la energía se acumula con el tiempo, para determinar la duración significativa. Es común obtener los valores de esta para los intervalos de 5-75% (D_{a5-75}) y 5-95% (D_{a5-95}) del valor de I_A .

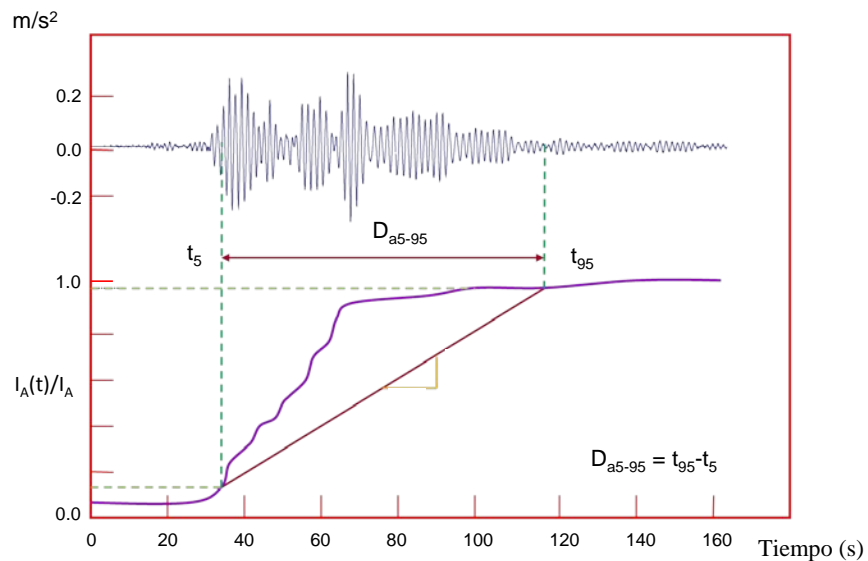


Figura 4.2 Duración significativa para D_{5-95}

Sarma (1970) introdujo la integral de velocidad del terreno (ecuación 14), misma que posteriormente fue referida por Anderson (2004) como la Integral de Energía del movimiento, por lo que también ha sido utilizada para estimar los parámetros de duración significativa.

$$I_E = \int_0^\infty v^2(t) dt \quad (14)$$

En donde $v(t)$ representa la historia tiempo-velocidad. Los valores de los parámetros de duración significativa se obtienen en forma similar a lo antes descrito y quedan denotados según el intervalo utilizado como: D_{v5-75} y D_{v5-95} .

Por otra parte, se han desarrollado ecuaciones de movimiento para predecir determinados parámetros sísmicos entre ellos las duraciones por umbral y significativa. Todas ellas utilizan la magnitud del sismo para establecer un valor de duración y algunas otras han incluido como parámetro adicional la distancia fuente-sitio, así como las condiciones locales del sitio. La gran mayoría han sido desarrolladas para el valor de la duración de Árias D_{a5-95} , utilizando para tal fin las distintas definiciones tanto para la magnitud como para la distancia y, en el caso de las condiciones de sitio, este es frecuentemente caracterizado como suelo o roca. Algunas de estas ecuaciones han sido desarrolladas para determinar los parámetros de duración como una función de la frecuencia, y obtenidas de registros de acelerogramas dentro de una cierta banda de frecuencias (Bolt 1973, Trifunac y Westermo 1982, Mohraz y Peng 1989, Novikova y Trifunac 1994). Una importante ventaja, utilizando este análisis de bandas de frecuencia, es que para cada pulso de movimiento fuerte se puede determinar tanto su tiempo de arribo como su duración; lo que podría proporcionar información valiosa sobre los efectos de fuente y disipación de energía entre los deferentes pulsos. No obstante, las aplicaciones de la duración con fines ingenieriles, consistentemente utilizan los parámetros de duración obtenidos de los registros sísmicos completos y consideran toda la gama de frecuencias del movimiento registrado. Lo anterior se justifica dado que la excitación sísmica de las estructuras está dentro de esta banda ancha de frecuencias, y por lo tanto cualquier estimación de intensidad debe caracterizar esta excitación de banda ancha.

Para el caso de sismos ocurridos en México Reinoso y Ordaz (2001) desarrollaron la expresión:

$$D = 0.01e^M + (0.036M - 0.07)R + (4.8M - 16)(TS - 0.5) \quad (15)$$

Su determinación se basó en un análisis de regresión lineal de los componentes horizontales de los datos acelerométricos, considerando la información de más de 800 acelerogramas producto de 200 temblores. En la selección de los registros se omitieron tanto los que presentaban una relación señal-ruido baja como aquellos en donde se esperaba evidentemente una mayor duración.

La duración t_d de los registros se obtuvo de la asociada a la Intensidad de Árias I_a para el 2.5 y 97.5 %. Usualmente se acostumbra obtener tales parámetros para el 5 y 95 %; sin embargo, es muy razonable utilizar los primeros límites, sobre todo cuando se trata con registros en suelos blandos, como los de la ciudad de México, en donde la amplitud del movimiento sísmico se atenúa lentamente y hace que la duración de la coda se incremente significativamente. De los límites propuestos por los autores, tiene mayor relevancia el incremento al valor final (de 95 a 97.5

%), debido a que de la gráfica para estimar I_A se observa, para valores superiores al 90%, una tendencia recta con pendiente suave, por lo que un pequeño incremento es significativo para establecer la duración t_d .

La expresión (15) está integrada por tres términos que representan, de izquierda a derecha, la contribución a la duración de la fuente, la distancia y los efectos de sitio. En la ecuación propuesta se utilizaron registros que tuvieran una fuerte influencia en cada una de las contribuciones.

Para el término $0.01e^M$ se utilizaron datos en roca y suelo firme, con ellos se obtuvieron para cada temblor gráficas que relacionan la duración t_d , la magnitud M y la distancia al área de ruptura R . De ellas se determinó que para $R=0$, t_d es proporcional a M .

Kempton y Stewart (2006) han señalado algunas limitantes de estas ecuaciones para determinar la duración significativa del movimiento del terreno:

- Las formas funcionales más tradicionales tienen deficiencias en la representación física de los efectos de la magnitud sobre la duración en la fuente.
- No existen relaciones derivadas de la integral de energía, mismas que son de particular interés porque se esperaría que estas incluyeran la duración de los componentes de periodo largo del movimiento del terreno, más eficazmente que los parámetros de duración derivados de acelerogramas.
- Los efectos de sitio en la duración aún no son suficientemente investigados.
- Algunas relaciones han sido derivadas mediante una regresión por mínimos cuadrados. Este método asigna el mismo peso a cualquier registro y por lo tanto no toma en consideración adecuadamente las correlaciones existentes entre los datos registrados durante un determinado evento, lo que podría provocar que la duración para un determinado evento fuera extremadamente grande o pequeña.

El tipo de duración que en esta tesis se utilizará, para la implementación de los modelos neuronales, es el asociado a la duración significativa misma que también será aceptada como la duración de la fase intensa del movimiento sísmico. La selección se basa en su estabilidad con relación a las definiciones de umbrales de inicio y fin del movimiento del terreno (Bommer y Martínez-Pereira, 1999); y adicionalmente, la integral de Arias es la que ha sido indiscutiblemente la de mayor aplicación en la ingeniería práctica reciente. Es claro que se pueden estimar duraciones significativas para registros sísmicos de pequeña amplitud y que poca importancia tienen desde un punto de vista ingenieril; sin embargo, esta situación es superada cuando la amplitud del movimiento es asociada a la duración para el establecimiento del daño como normalmente ocurre.

4.2 Modelo Neuronal para la duración de la fase intensa

Uno de los objetivos de esta investigación es el desarrollo de modelos neuronales con capacidad predictiva, para estimar la duración de la fase intensa del movimiento sísmico en las ciudades de Puebla y Oaxaca. Estos modelos: a) consideran los efectos introducidos por la magnitud del sismo, la distancia sitio-fuente, las condiciones del sitio de registro, así como la directividad de la ruptura; y b) están basados en procedimientos de cómputo (*Soft Computing*) que consideran la variación del movimiento del terreno para eventos inter e intraplaca.

En la representación neuronal desarrollada, para la duración de la fase intensa, se pretende considerar los efectos de la cantidad de energía radiada en la fuente, la atenuación de las ondas sísmicas a lo largo de su trayectoria (dada su dispersión geométrica y la absorción de energía) y además, la modificación local de las señales sísmicas como consecuencia de su propagación en los materiales cercanos a la superficie. De hecho, tal representación está guiada por la tendencia de la información sísmica, modelos sismológicos simples, la experiencia/juicio y también por el análisis de los resultados obtenidos en otras investigaciones.

Para este tipo de representación el parámetro del movimiento del terreno que representa a la variable dependiente de la formulación neuronal es la duración de la fase intensa del movimiento sísmico D ; y las variables de predicción son la Magnitud de momento M_w , la distancia epicentral R , la profundidad focal P_F y una caracterización del suelo (que puede estar representada por su clase o por su periodo natural de vibración del sitio T_s) y finalmente, el Azimut A_z .

Ciudad de Puebla

La Red Acelerográfica de la ciudad de Puebla actualmente cuenta con 11 estaciones de registro acelerográfico ubicadas en suelos compresibles, materiales volcánicos y un afloramiento de roca metamórfica (mármol). Sus características principales así como su distribución geográfica fueron presentadas en el capítulo 2. Aún cuando la RACP inició actividades en el año de 1972 el banco de datos de acelerogramas no es extenso debido entre otras cosas a la tasa de sismicidad que afecta la región y al largo proceso para la puesta en operación de las estaciones actuales.

Para el diseño de la topología del modelo neuronal se consideraron únicamente los acelerogramas de las estaciones acelerográficas Paseo Bravo (PBPP), San Ramón Castillotla (SRPU) y Sismex CFE (SXPU); integrando así un conjunto de 26 eventos sísmicos como se presenta en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Banco de datos en la ciudad de Puebla

No	Sismo	M	Coordenadas		Prof (Km)	Estación de registro	Distancia epicentral (Km)	Acel máx (cm/s ²)
			Lat N	Long W				
1	7811291	7.8	16.00	96.69	19	SXPU	373	20.1
2	7811292	5.3	15.74	96.83	33	SXPU	394	2.3
3	7811293	4.5	15.74	96.18	33	SXPU	424	3.8
4	7903141	7	17.49	101.26	28	SXPU	365	14.7
5	8010241	7	18.03	98.29	70	SXPU	112	81.5
6	8110251	7.3	17.88	110.15	14	SXPU	435	9.5
7	8407021	6	15.84	99.03	33	SXPU	364	7.6
8	8502111	5.2	16.24	95.10	74	SXPU	453	10.1
9	8509191	8.1	18.08	102.94	15	SXPU	510	32.6
10	8509211	7.5	18.02	101.47	15	SXPU	363	24.6
11	8904251	6.9	16.60	99.40	19	PBPP	313	8.94
12	9509141	7.2	16.31	98.88	22	PBPP, SRPU, SXPU	311, 301, 310	22.24, 13.76, 24.49
13	9602251	6.7	15.80	98.2	8	PBPP, SXPU	323, 322	2.8, 6.5
14	9602255	5	15.40	98.00	-	PBPP	383	0.99
15	9603271	5	16.21	98.25	7	SRPU	302	3.3
16	9607151	6.5	17.45	101.16	16	PBPP, SRPU, SXPU	355, 346, 354	3.5, 3.8, 7.8
17	9701111	6.9	17.91	103.04	17	PBPP, SRPU, SXPU	502, 495, 501	2.2, 2.3, 2.3
18	9701211	5	16.24	98.15	5	PBPP, SRPU, SXPU	311, 302, 310	2.2, 2.3
19	9704031	4.8	17.98	98.33	30	PBPP	119	2.4
20	9712161	5.9	15.70	99.04	10	PBPP	367	1.8
21	9801101	6.3	14.29	91.82	20	PBPP	807	1.5
22	9802031	6.2	15.69	96.37	23	PBPP, SRPU, SXPU	411, 406, 411	3.5, 4.1, 4.8
23	9804201	5.5	18.37	101.21	32	PBPP, SRPU, SXPU	325, 318, 324	1.8, 2.6, 1.7
24	9906151	7	18.18	97.51	92	PBPP, SRPU	121, 119	123.22, 216.77
25	9906211	5.8	17.99	101.72	42	PBPP, SRPU	392, 384	2.59, 3.2
26	9909301	7.5	15.95	97.03	42	PBPP, SXPU	371, 370	16.55, 22.64

Debido a que los patrones de comparación se referirán al valor de duración de fase intensa, propuesto por Árias, todo aquel registro que presenta una baja relación señal-ruido o que está incompleto fue excluido del banco de datos. Esto propició la integración de una base de datos limitada por lo que, para revertir tal condición, se incluyeron registros de estaciones de la Red de Acelerógrafos del II-UNAM (Alcántara *et al*, 2000) que cumplieran con dos criterios: a) que estos hayan sido generados por los mismos sismos del catálogo de la tabla 4.1 y b) que se localicen en roca. De esta forma además de robustecer el banco de datos se tiene una adecuada representación del fenómeno, debido a que las estaciones en roca y en una vecindad cercana al epicentro contendrán información directamente relacionada con la fuente sísmica, mientras que los registros también en roca, pero lejos del epicentro proporcionarán datos asociados a la distancia R y finalmente los registros en la ciudad de Puebla contendrán información inherente a las condiciones locales y efectos de sitio observados. La figura 4.3 presenta la

localización de las estaciones, así como la ubicación epicentral de los sismos que generaron registro tanto en las estaciones en roca como en la ciudad de Puebla.

El primer paso para el desarrollo de un modelo neuronal es la definición de los conjuntos de células o nodos de entrada y salida; desafortunadamente no existe un procedimiento claro al respecto. Mientras que la arquitectura óptima, que establece el número de nodos ocultos y sus correspondientes pesos, se obtiene al minimizar la función de error; la representación numérica o por categorías de las entradas y salidas depende del conocimiento y experiencia del modelador. Por lo que para obtener un diseño adecuado, además de lo señalado, deberá seguirse un procedimiento de prueba y error.

Topología para la RACP

Se entrenó una arquitectura multicapa de propagación hacia adelante y para el aprendizaje fue considerado el algoritmo de retropropagación (*backpropagation*). Para el entrenamiento se utilizaron, en la capa de entrada, 5 parámetros M , R , P_F , T_s y A_z ; y para la capa de salida se incluyeron, como datos objetivo, los valores de duración de la fase intensa de los dos componentes horizontales DH_1 (N-S), DH_2 (E-W) y el vertical D_v . Los valores de M fueron obtenidos de los reportados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN, 2012).

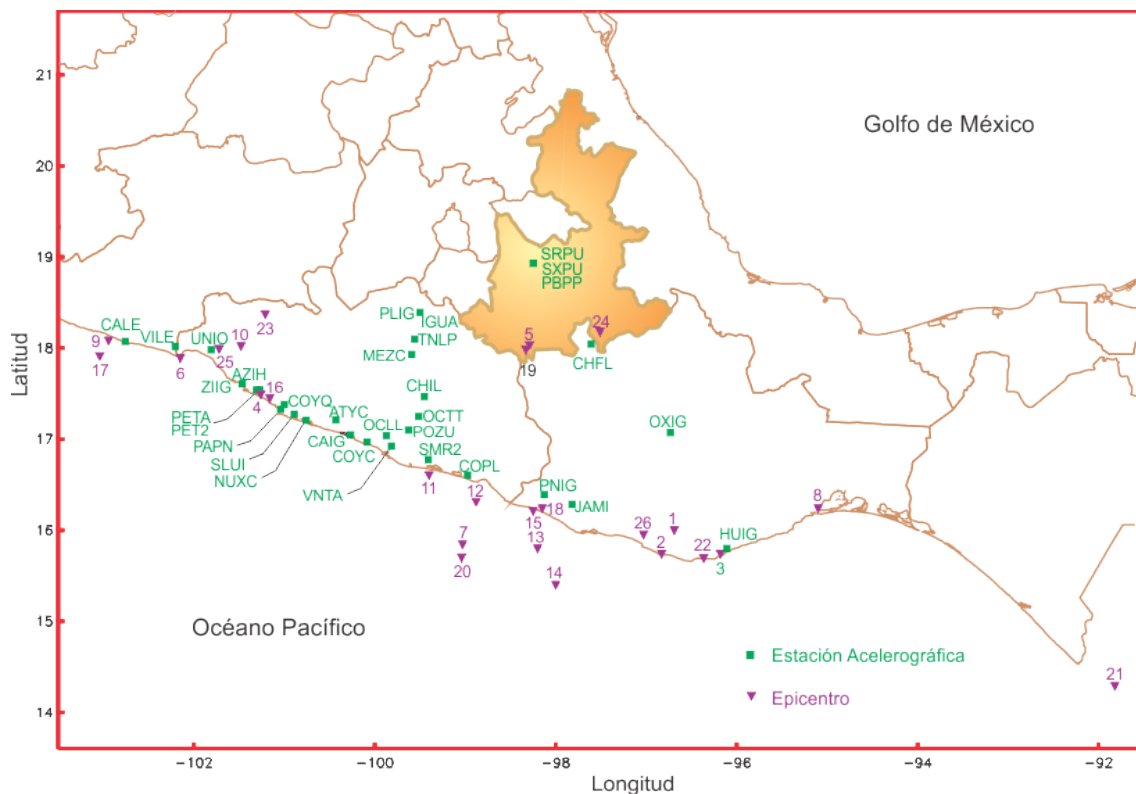


Figura 4.3 Localización de epicentros y estaciones acelerográficas

El valor de R se estableció con base en la distancia epicentral; el valor de Az representa el azimut de cada estación acelerográfica con respecto a cada epicentro. Finalmente, el periodo de sitio T_s se obtuvo de los espectros de Fourier y para el caso de sitios en roca se consideró el valor de 0.2 segundos. El cálculo de los valores de I_A , $D_{H,V}$ y A_z se realizó utilizando una herramienta localmente desarrollada (Ruiz, 2002). Los valores de $D_{H,V}$ fueron calculados siguiendo el procedimiento de Husid (1969) para el 3 y el 97 por ciento de la energía acumulada; establecer estos límites tiene la intención de considerar la larga duración de coda que presentan algunos registros especialmente obtenidos en suelos de muy alta compresibilidad. Como función de transferencia de los nodos se utilizó la función Sigmoide a excepción de la salida en donde se consideró una función lineal.

Resultados

Para la obtención de la estructura final de la red neuronal se ensayaron una gran variedad de arquitecturas que incluyeron una o dos capas ocultas variando el número de nodos de estas. Finalmente, la configuración con la que se obtuvieron los mejores ajustes está constituida por (figura 4.4): una capa de entrada integrada por 5 nodos, que incluye las variables independientes M , R , P_F , T_s y A_z , dos capas ocultas de 200 nodos cada una, y una capa de salida que incluye los valores de la fase intensa D_{H1} , D_{H2} y D_V .

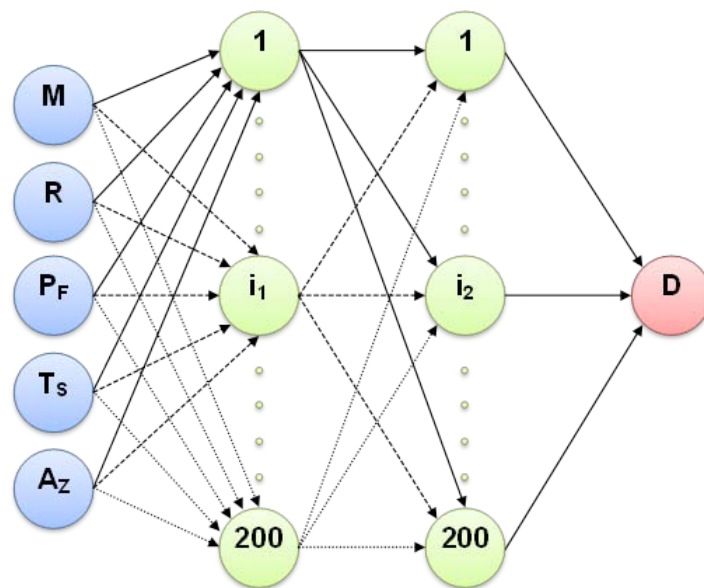


Figura 4.4 Modelo Neuronal para la Fase Intensa en Puebla

La tabla A1 del anexo A presenta la matriz que contiene el conjunto de datos utilizados para el entrenamiento del modelo neuronal y la tabla A2 del mismo anexo, incluye el conjunto de prueba de la red neuronal; es importante enfatizar que los datos contenidos no fueron presentados a la red durante su proceso de entrenamiento. Los resultados obtenidos se presentan en la figura 4.5.

Como puede observarse en las imágenes, para la fase de entrenamiento (figura 4.5a), existe una muy buena correlación entre los valores de la duración de Arias con los estimados por el modelo neuronal para los tres componentes del movimiento D_{H1} , D_{H2} y D_V . Sin embargo, cuando este mismo modelo es evaluado, para casos no incluidos durante el entrenamiento (figura 4.5b), se presentan diferencias importantes en los tiempos obtenidos; en general, el mejor modelo neuronal tiende a sobreestimar la duración para los tres componentes. Los valores de prueba mostrados son el resultados de alrededor de 25 diferentes arreglos propuestos, por lo que puede considerarse que se ha alcanzado para el modelo neuronal, la mejor capacidad de generalización de acuerdo al algoritmo de aprendizaje seleccionado, la arquitectura, la estructura de nodos ocultos y los datos utilizados durante el entrenamiento.

La figura 4.6 presenta una comparación de los resultados obtenidos por el modelo neuronal, para patrones no incluidos en el entrenamiento, con relación a los valores estimados por la ecuación 15. Es claro que los valores proporcionados por la expresión de Reinoso y Ordaz son mayores a las predicciones del modelo neuronal. En lo general, el modelo neuronal sigue de una forma más estrecha la tendencia general de los valores proporcionados por Arias, no obstante en algunos casos esta cae en forma notoria, obteniendo factores de correlación $C_{R^2} = 0.75$.

Análisis de Sensibilidad. Parte fundamental en el establecimiento de un modelo neuronal es la adecuada selección de los principales parámetros que gobiernan la respuesta del problema en cuestión; sin embargo, una vez determinados y propuesto el modelo, es necesario realizar un análisis de sensibilidad que permita determinar la importancia relativa de cada una de las variables de entrada al modelo neuronal. Dicho proceso se realiza a partir de los pesos de conexión resultantes del proceso final del entrenamiento de la red.

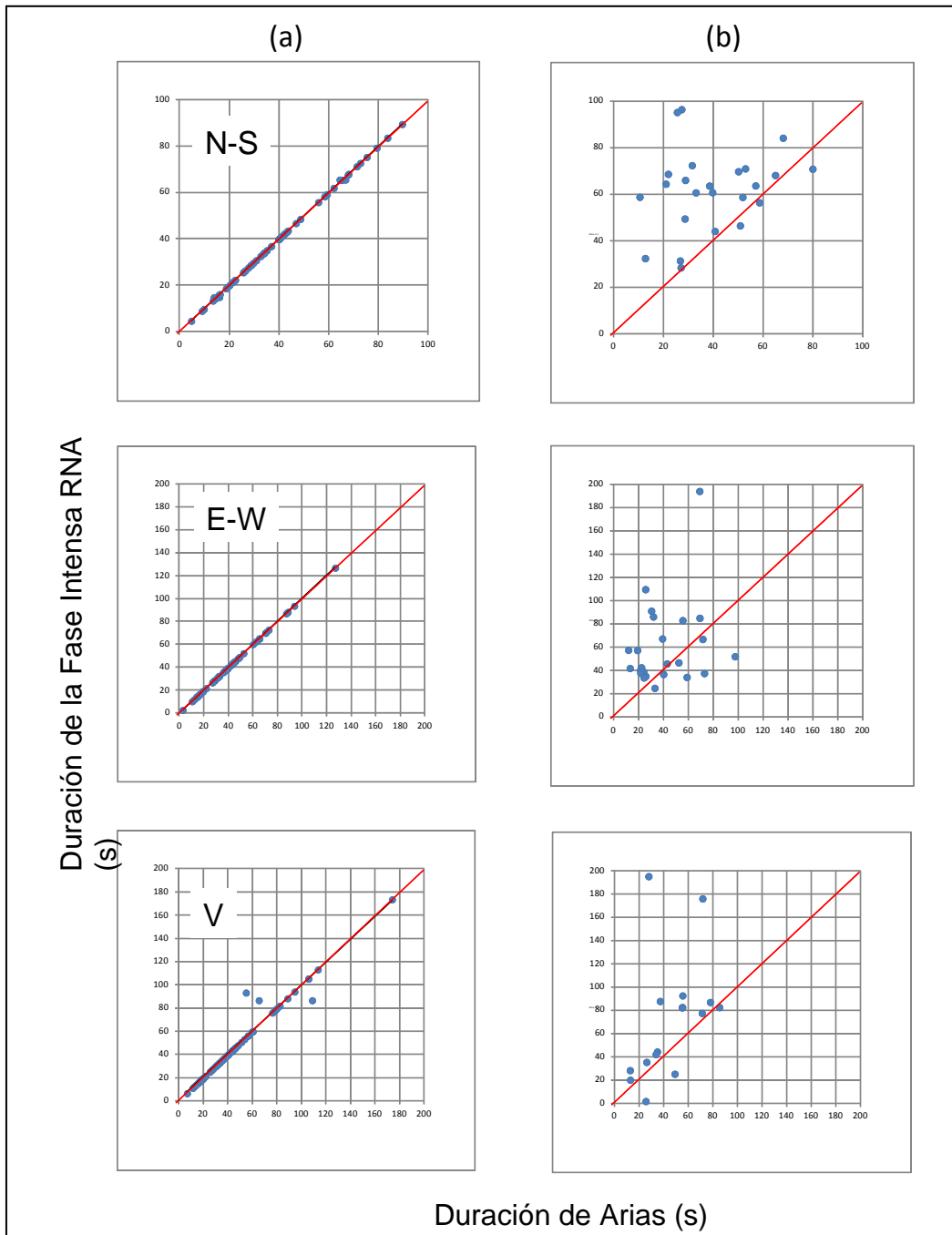


Figura 4.5 Resultados del Modelo Neuronal en la ciudad de Puebla
 a) Etapa de entrenamiento
 b) Etapa de prueba

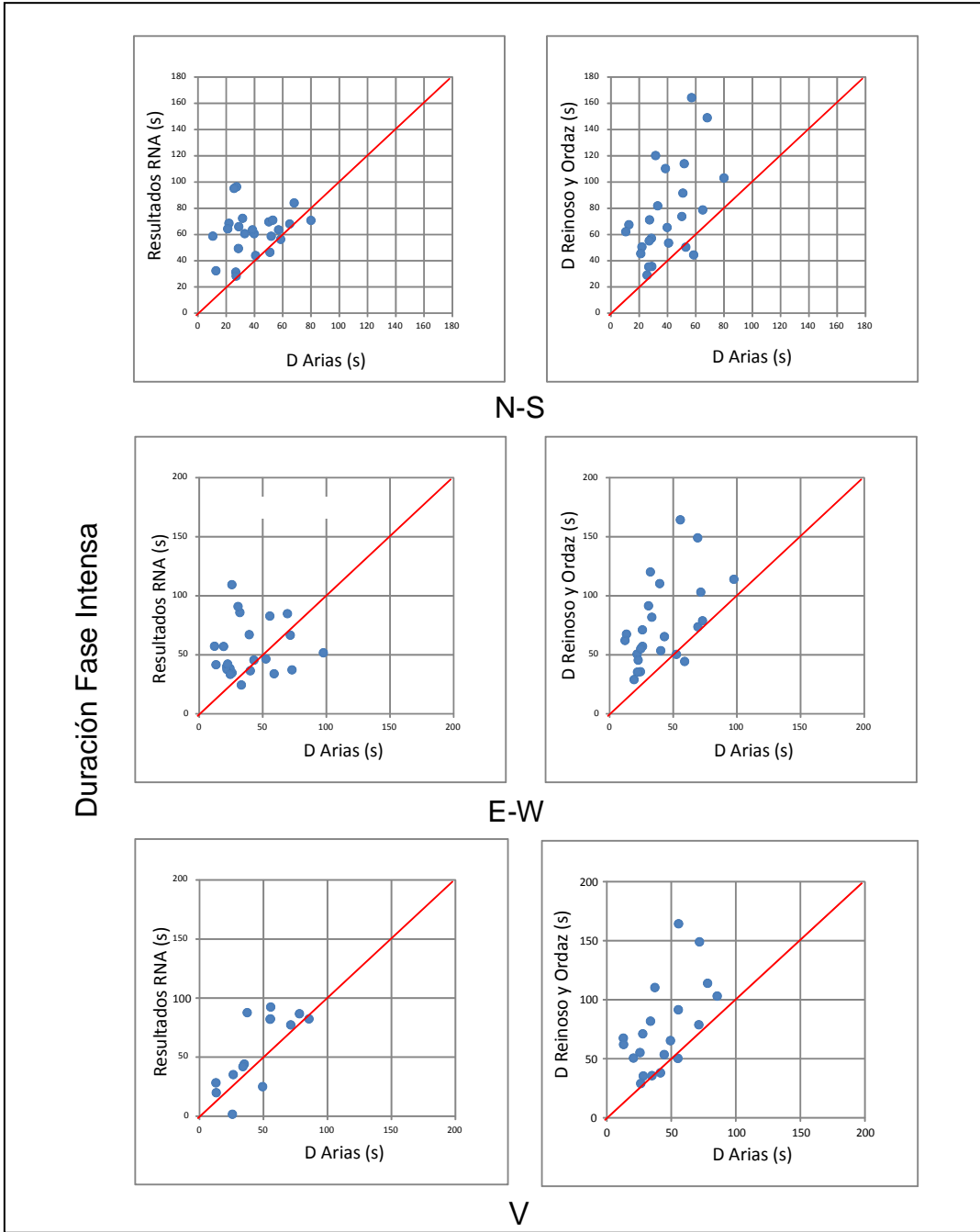


Figura 4.6 Validación del Modelo Neuronal en la ciudad de Puebla
RNA vs Arias y RNA vs ecuación Reinoso y Ordaz

Para el caso presentado en esta tesis, en donde la duración de la fase intensa está representada por los valores de M , R , P_f , T_s y A_z , a manera de ejemplo considérese que la topología final hubiera quedado definida por una capa de entrada con las 5 variables indicadas, una capa oculta con dos nodos y una capa de salida con un solo nodo D tal como lo ilustra la figura 4.7. De acuerdo a esta, se puede establecer la importancia relativa de cada una de las variables y para el caso de la magnitud M (ecuaciones 16 y 17) se tendría:

$$W(M)1 = \frac{W(M-1)}{W(M-1)+W(R-1)+W(P_f-1)+W(T-1)+W(A-1)} \times \frac{W(1-D)}{W(1-D)+W(2-D)} \quad (16)$$

$$W(M)2 = \frac{W(M-2)}{W(M-2)+W(R-2)+W(P_f-2)+W(T-2)+W(A-2)} \times \frac{W(2-D)}{W(1-D)+W(2-D)} \quad (17)$$

$W(M)1$ y $W(M)2$: Representan la importancia relativa de M vía los nodos 1 y 2 respectivamente, los valores $W(M-1), W(R-1), W(P-1), W(T-1), W(A-1)$ son los pesos de las conexiones entre las variables de entrada y el nodo 1; $W(M-2), W(R-2), W(P-2), W(T-2), W(A-2)$ son los pesos de las conexiones de las variables de entrada y el nodo 2 y finalmente $W(1-D)$ y $W(2-D)$ son los pesos de las conexiones de los nodos 1 y 2 al nodo de salida D . En el caso del modelo neuronal propuesto el análisis de sensibilidad realizado muestra los resultados que se incluyen en la figura 4.8.

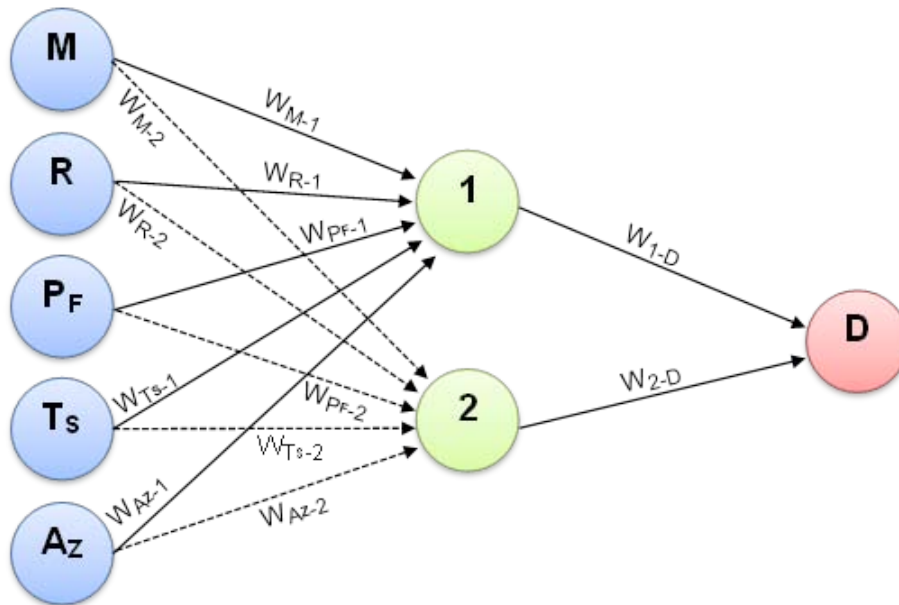


Figura 4.7 Importancia relativa de las variables de entrada al Modelo Neuronal

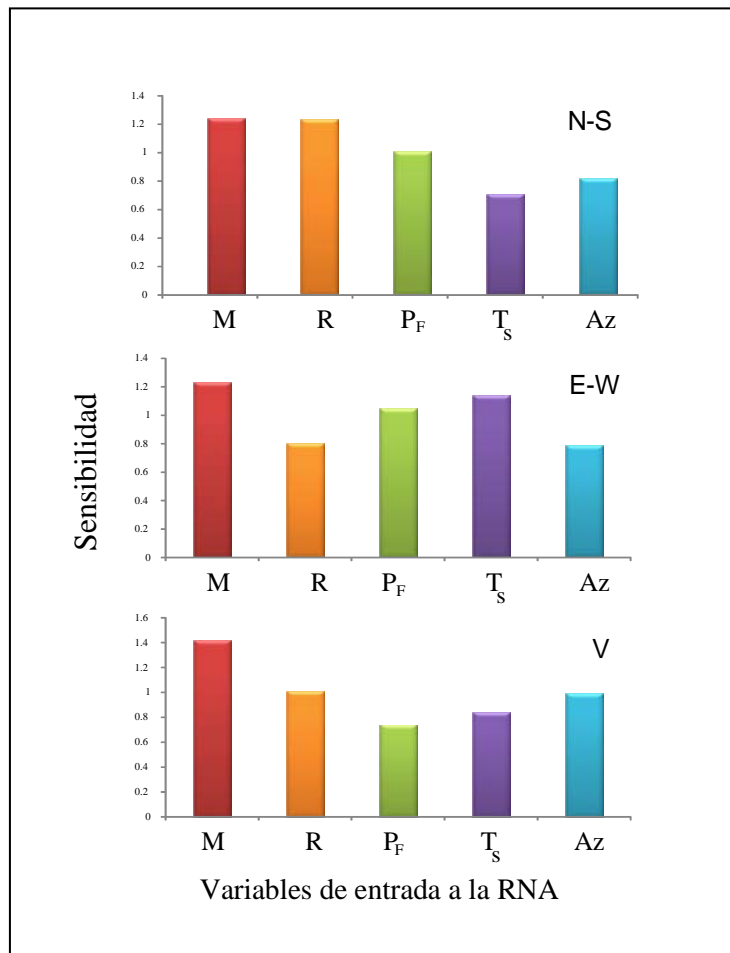


Figura.4.8 Análisis de Sensibilidad RNA en Puebla

Ciudad de Oaxaca

La primera estación de la Red Acelerográfica de la ciudad de Oaxaca, OXFM, fue instalada en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca en el año de 1971. Actualmente la red está integrada por 9 estaciones acelerográficas (ver figura 2.18 capítulo 2), todas ellas ubicadas en una extensa variedad de condiciones de subsuelo que van desde depósitos compresibles a rígidos; además de la estación OXLC localizada sobre un afloramiento de roca.

El banco de datos, para el modelo neuronal de la fase intensa en la ciudad de Oaxaca, comprende el periodo 1972 a 2004, y está integrado por 172 registros producidos por 67 sismos cuyas magnitudes van de 4.1 a 7.8. Similarmente a lo realizado para la Red de Puebla, los acelerogramas con baja resolución o que presentan problemas en alguno de sus tres componentes de registro fueron excluidos. Por las razones expuestas, el conjunto de datos para las actividades de entrenamiento y prueba del modelo neuronal quedó integrado por 147 acelerogramas, con registro en tres direcciones NS, EW y V (tabla 4.2). Estos fueron generados en las estaciones: Oaxaca Las Canteras (OXLC), Oaxaca Facultad de Medicina (OXFM), Oaxaca Alameda de León (OXAL), Oaxaca Primaria Múgica (OXPM) y Oaxaca Instituto Tecnológico (OXTO). Este heterogéneo catálogo representa una amplia gama de condiciones de directividad, distancia a la fuente y condiciones del subsuelo como se muestra en la figura 4.9.

Tabla 4.2 Banco de datos en la ciudad de Oaxaca

#	Sismo	M	Estación de Registro	#	Sismo	M	Estación de Registro
1	197308281	6.8	OXFM	39	200202261	5	OXTO
2	197811291	7.8	OXFM	40	200205111	4.5	OXPM, OXTO
3	198010241	7	OXFM	41	200206071	4.7	OXFM, OXTO
4	198206072	7	OXFM	42	200206072	5.6	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
5	198301241	5.3	OXFM	43	200206111	4.9	OXTO
6	199407041	5.9	OXFM	44	200206181	4.5	OXFM
7	199408271	5	OXFM	45	200208051	5.3	OXFM, OXLC, OXPM, OXTO
8	199408281	5.2	OXFM	46	200208271	4.9	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
9	199509141	7.2	OXFM	47	200211081	5.2	OXTO
10	199604011	5	OXFM	48	200212021	4.7	OXTO
11	199802031	6.2	OXFM	49	200212291	4.6	OXFM, OXPM, OXTO
12	199805021	4.4	OXFM	50	200301221	7.6	OXLC
13	199906151	7	OXFM, OXLC	51	200302011	5.3	OXTO
14	199906152	4.5	OXFM, OXLC	52	200306131	4.1	OXTO
15	199909301	7.5	OXFM, OXLC	53	200307081	4.6	OXTO
16	199910071	4.4	OXAL, OXTO	54	200309251	4.6	OXTO
17	199910251	4.6	OXTO	55	200312011	4.3	OXAL, OXPM, OXTO
18	199911061	4.5	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO				
19	199911101	4.3	OXAL, XPM, OXTO				
20	199911291	4.4	OXTO				
21	199912171	4.4	OXPM, OXTO				

Tabla 4.2 (continuación)

#	Sismo	M	Estación de Registro	#	Sismo	M	Estación de Registro
22	200001191	4.5	OXLC, OXPM, OXTO	56	200401131	5.1	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
23	200003011	4.7	OXFM, OXLC, OXPM, OXTO	57	200401132	5.5	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
24	200003121	6.4	OXLC, OXTO	58	200401141	4.6	OXTO
25	200005101	4.7	OXFM, OXPM, OXTO	59	200401171	4.7	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
26	200007211	5.9	OXTO	60	200402101	4.4	OXFM, OXAL, OXTO
27	200008171	4.4	OXTO	61	200402181	4.3	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
28	200009291	4.7	OXLC, OXPM, OXTO	62	200404201	5.4	OXFM, OXAL, OXPM, OXTO
29	200010171	5.4	OXTO	63	200405061	4.3	OXTO
30	200101261	5	OXTO	64	200406141	5.8	OXFM, OXAL, OXPM, OXTO
31	200102191	4.8	OXTO	65	200408011	4.6	OXFM, OXAL, OXTO
32	200102201	4.7	OXTO	66	200408071	5.3	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
33	200109081	4.8	OXAL, OXLC, OXPM, OXTO	67	200408181	5.7	OXFM, OXAL, OXLC, OXPM, OXTO
34	200110031	4.4	OXTO				
35	200111101	6	OXPM, OXTO				
36	200111281	6	OXTO				
37	200201161	6.3	OXLC, OXPM, OXTO				
38	200201301	5.1	OXFM, OXLC, OXPM, OXTO				

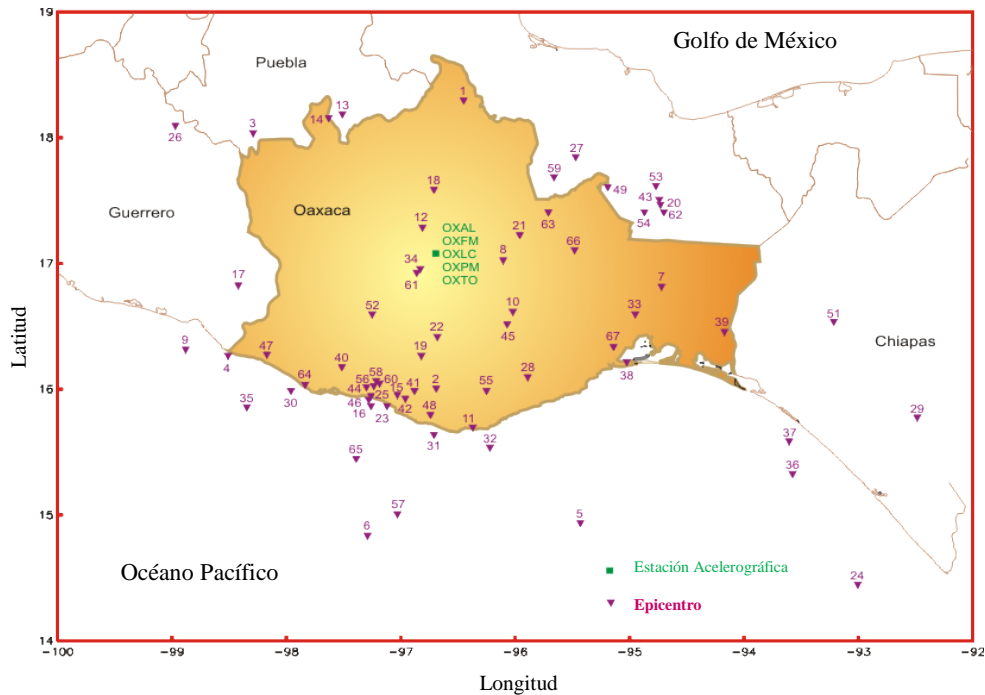


Figura 4.9 Distribución de epicentros para el Modelo Neuronal en la ciudad de Oaxaca

Topología para la RACO

De acuerdo al análisis realizado en la ciudad de Puebla y debido a lo complicado que resulta el uso de una metodología convencional para ajustar un modelo a la compleja y multi-paramétrica relación existente entre los mecanismos de la fuente, la intensidad del movimiento, las condiciones del subsuelo y el tiempo de duración, el modelo neuronal desarrollado para la ciudad de Oaxaca utilizó un conjunto alternativo de parámetros independientes. Siguiendo la experiencia del modelo anterior y de acuerdo a la relevancia, en la estimación de la fase intensa fueron incluidos los parámetros M , R y P_F .

Debido a la diversidad de valores de M reportados para los diversos eventos sísmicos (e.g. M_s , m_b , M_c , etc.), y ante la imposibilidad de utilizar una escala de magnitud común, se consideró el máximo valor disponible. Dicho criterio permite ampliar el rango dinámico de este parámetro de entrada y de alguna forma toma en consideración la variabilidad y las incertidumbres existentes en la determinación de la magnitud. Para la relación de distancia entre el sitio y la fuente se consideró para R la distancia epicentral y además se incluyó la profundidad focal (P_F). Este parámetro permite la identificación de eventos interplaca ($P_F < 50$ km) a eventos intraplaca ($P_F > 50$ km) y acoplado con el Azimut Az (también incluido como parámetro de entrada), asocia el epicentro con una determinada zona sismogénica y un patrón de directividad.

Por otra parte, la imprecisión inherente en la definición del periodo natural del suelo y también de acuerdo a los resultados antes obtenidos en Puebla, hacen de vital importancia la consideración de valores o categorías diferentes que permitan establecer las relaciones que existen entre las variables de entrada, y por lo tanto obtener resultados acorde al comportamiento del fenómeno en cuestión. Por lo que para el proceso de entrenamiento del modelo neuronal en la ciudad de Oaxaca, no se consideró el periodo natural del sitio T_s ; en su lugar se utilizó una clasificación muy general del suelo atendiendo a sus condiciones geológicas y geotécnicas. De acuerdo a los trabajos de León J y Limaymanta M (ver punto 2.3) las 5 estaciones acelerográficas, utilizadas para el entrenamiento de los modelos neuronales, se pueden integrar en los grupos: B (OXLC), D (OXFM, OXPM y OXAL) y E (OXTO); el valor de C_s (1, 2 ó 3) se define de acuerdo al grupo $B=3$, $E=2$ y $D=1$.

De acuerdo con lo anterior, la topología del modelo neuronal, para determinar la duración de la fase intensa del movimiento sísmico, utiliza un sistema multicapa de propagación hacia adelante, en el cual está restringida la comunicación lateral entre nodos. El algoritmo de aprendizaje utilizado es el de retro-propagación (*backpropagation*) y para la activación de los nodos se definió la función de transferencia Sigmoide con excepción de la capa de salida en donde se consideró una función lineal.

Resultados

Finalmente, la red neuronal quedó definida por una arquitectura integrada por: a) una capa de entrada que contiene cuatro variables nominales M , R , P_F , A_Z y un nodo de grupo en el cual $C_S = 1, 2$ ó 3 , b) dos capas ocultas con 200 nodos cada una y c) una capa de salida que contiene las duraciones objetivo de cada componente de registro D_{H1} (N-S), D_{H2} (E-W) y D_V (figura 4.10).

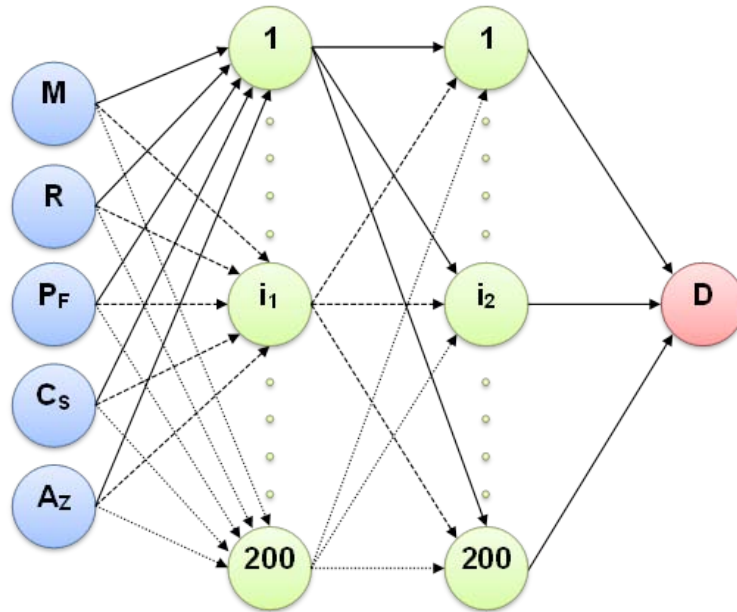


Figura 4.10 Modelo Neuronal para la Fase Intensa en Oaxaca

La tabla A3 del anexo A muestra la matriz que contiene el conjunto de datos utilizados para el entrenamiento del modelo neuronal, y la tabla A4, del mismo anexo incluye el conjunto de prueba de la red neuronal, es importante enfatizar que los datos contenidos en este no fueron presentados a la red durante su proceso de entrenamiento.

Los resultados del modelo neuronal en la ciudad de Oaxaca se presentan en la figura 4.11; las imágenes de la izquierda muestran la capacidad predictiva de la red al comparar los valores (objetivo) de la duración de Árias con los obtenidos por el modelo en su etapa de entrenamiento. Se observa una correlación muy alta para todo el rango de magnitudes y distancias epicentrales de las zonas sísmogénicas consideradas. Las imágenes de la derecha corresponden a las estimaciones del modelo utilizando el conjunto de prueba, mismo que no fue presentado a la red durante su etapa de entrenamiento. Los resultados son muy consistentes y presentan una correlación notablemente mejor que los obtenidos para el análisis realizado en la ciudad de Puebla. Sin lugar a dudas que la expresión lingüística utilizada para definir el grupo al que pertenece el tipo de suelo es una representación superior que el efecto del suelo tiene en la predicción de la duración de la fase intensa.

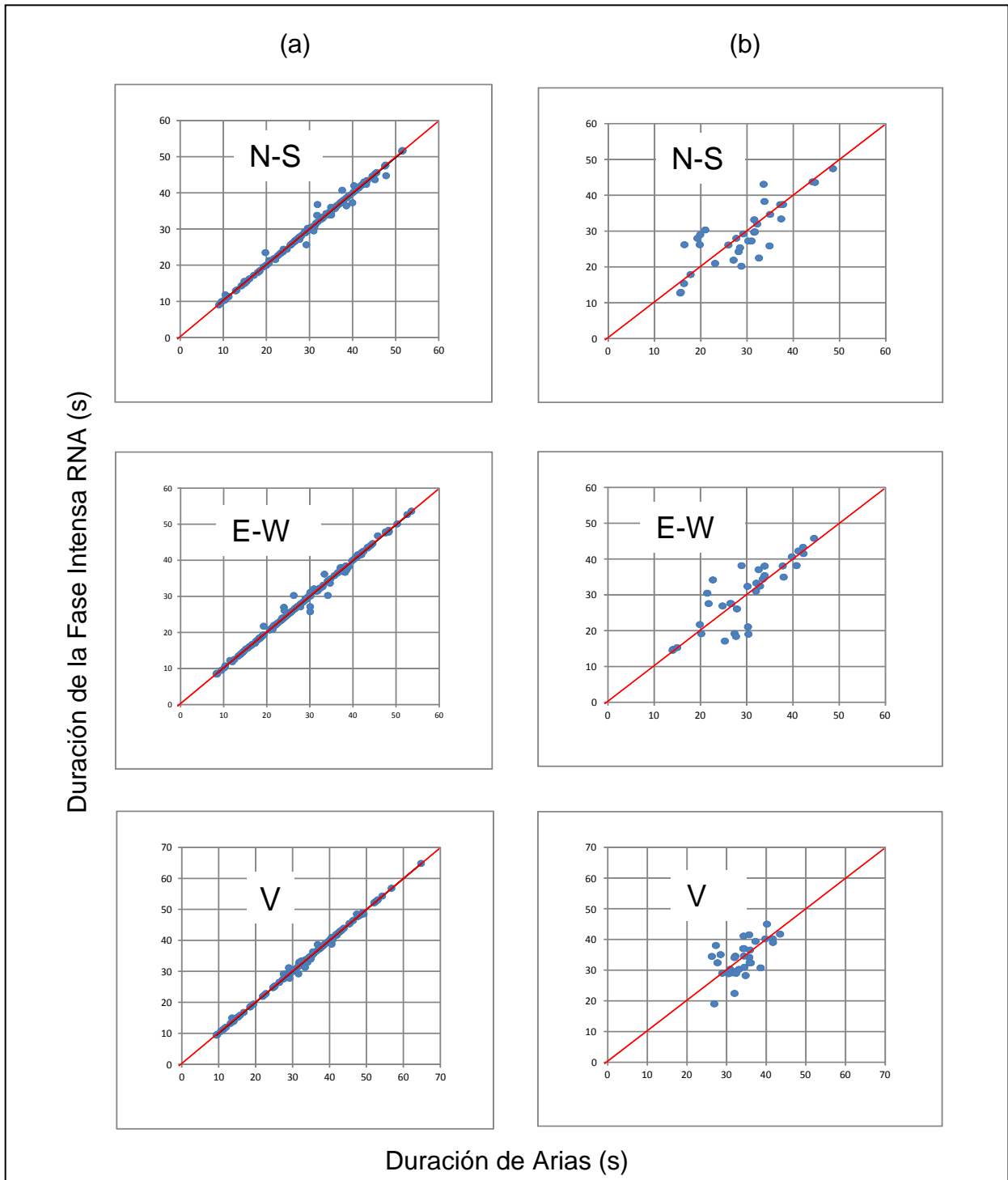


Figura 4.11 Resultados del Modelo Neuronal en la ciudad de Oaxaca
 a) Etapa de entrenamiento
 b) Etapa de prueba

Análisis de Sensibilidad. Para verificar el efecto del parámetro C_S se realizó un análisis de sensibilidad de las variables del modelo neuronal como lo muestra la figura 4.12. Aún cuando los resultados son estrictamente válidos para la base de datos utilizada, después de varios análisis de sensibilidad modificando la integración de la base de datos, la tendencia general; prevalece, es decir la representación lingüística del tipo de suelo mediante un parámetro de grupo suelo tiene una gran relevancia en la duración de la fase intensa. En general, se puede concluir que los parámetros C_S y A_z son los de mayor importancia relativa, seguidos por M , P_F y R en el orden indicado.

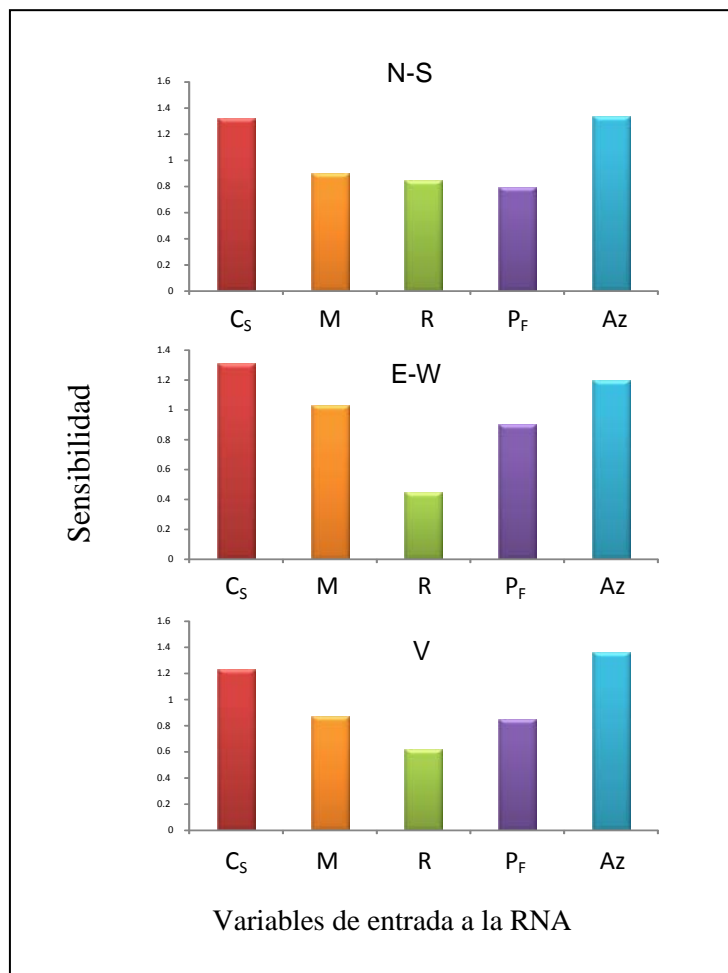


Figura 4.12 Análisis de Sensibilidad RNA en Oaxaca

El modelo neuronal para los componentes horizontales y vertical está integrado de una topología muy compleja que asocia pesos muy similares a las tres variables de entrada que describen el evento (M , R y P_F); sin embargo, puede concluirse que el material del subsuelo y la zona sismogénica de donde proviene el evento, tienen una gran relevancia en la duración de la fase intensa del movimiento sísmico. Este resultado puede ser explicado si se conceptualiza al depósito de suelo como un sistema con determinadas características de resistencia y amortiguamiento que determinan la forma en que la columna de suelo vibra y sobre todo el tiempo en que sostiene el movimiento.

A través de la relación $\{M, R, P_F, Az, C_S\} \rightarrow \{D_{H1}, D_{H2}, D_V\}$ la propuesta presentada, ofrece una gran flexibilidad para ajustar el modelo neuronal a las complejas tendencias dependientes tanto de magnitud como en distancia; y además, a reconocer y seleccionar entre las ventajas y desventajas presentes en el ajuste de los parámetros observados dentro del intervalo de las variables presentadas en los datos.

De acuerdo con los resultados del análisis de sensibilidad se determinó que la variable Azimut (Az) y la correspondiente al grupo de suelo (C_S) son las que mayor influencia tienen en la duración de la fase intensa del movimiento sísmico. Con el objetivo de establecer la influencia del Azimut en las predicciones del modelo neuronal, se decidió entrenarlo sin considerar esta variable, de tal forma que los parámetros de entrada quedan definidos por: M , R , P_F y C_S y como salida los valores D_{H1} , D_{H2} y D_V . Se utilizaron exactamente los mismos conjuntos de entrenamiento y prueba, así como la misma arquitectura; es decir, una capa de entrada con los parámetros indicados, dos capas ocultas de 200 nodos cada una y una capa de salida para el valor de la duración de la fase intensa. Además, fueron utilizadas las mismas funciones de transferencia y regla de aprendizaje.

El resultado de la etapa de entrenamiento, sin el parámetro de entrada Azimut, se presenta en la figura 4.13 y aunque se observa una tendencia aceptable, al comparar los datos con las duraciones de Árias, es evidente la diferencia con relación al proceso realizado cuando se incluye el parámetro Az durante esta etapa. El entrenamiento tuvo que ser detenido después de unas 12,000 iteraciones debido a que las curvas de error comienzan a crecer, por lo que este es el mejor entrenamiento logrado del modelo neuronal con las condiciones antes descritas.

El no incluir el parámetro Az tiene un efecto no deseable en la calidad de las predicciones del modelo neuronal, como se aprecia en la figura 4.14. Las variaciones observadas, entre las duraciones de la Red Neuronal y las de Árias, en algunos casos llegan a ser del orden del 100 por ciento. La situación anterior no se presenta para el caso en el que se incluye el parámetro Azimut en el conjunto de entrenamiento, como puede apreciarse en la imagen de la derecha de la misma figura; de hecho el experimento realizado confirma la importancia del Azimut en las predicciones del modelo neuronal para estimar la duración de la

fase intensa del movimiento sísmico, tal como se había establecido con el análisis de sensibilidad antes presentado.

Para observar las predicciones del modelo neuronal con relación a la variación de Az se postuló el siguiente evento sísmico con las condiciones siguientes:

- a) Ocurrencia de un sismo de $M=7.8$.
- b) Distancia epicentral del evento a la ciudad de Oaxaca $R=150$ km.
- c) Se establecieron 3 regiones en donde puede ocurrir el evento: Pacífico, Continental Norte y Continental Istmo; en la primera el evento ocurre a una profundidad focal de 20 km, en la segunda a 80 km y en la última a 110 km.

La figura 4.15 presenta las condiciones del evento postulado, indicando las regiones seleccionadas. Los epicentros corresponden a la misma base de datos (ver tabla 2.5).

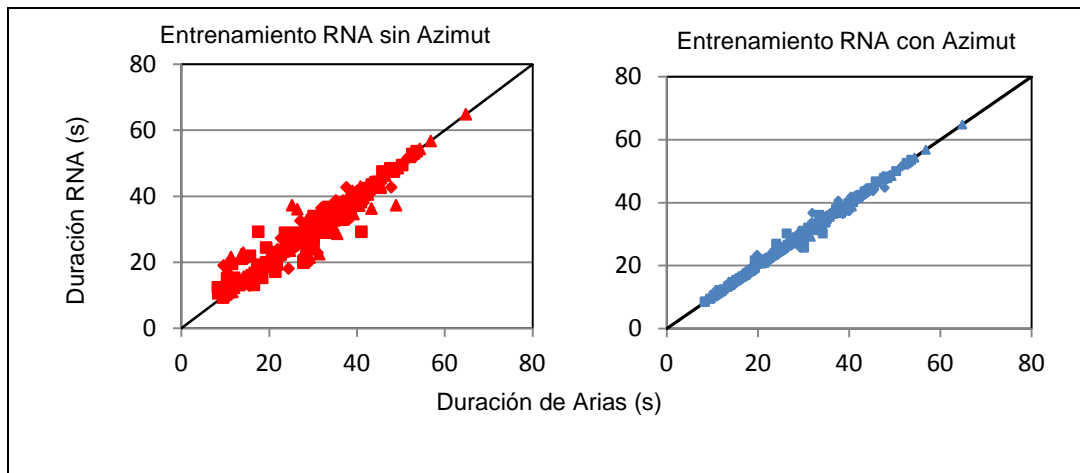


Figura 4.13 Etapa de entrenamiento del Modelo Neuronal FI con y sin Azimut

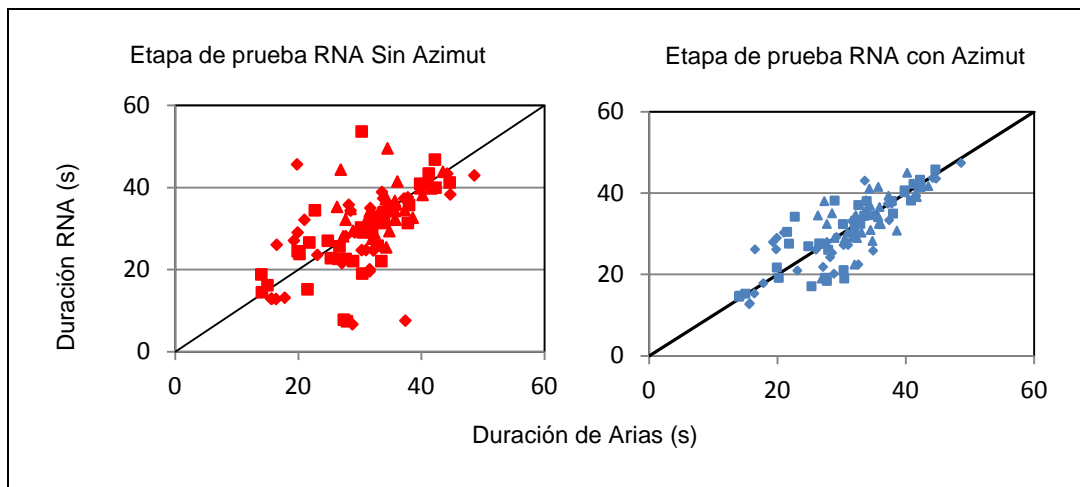


Figura 4.14 Etapa de prueba del Modelo Neuronal FI con y sin Azimut

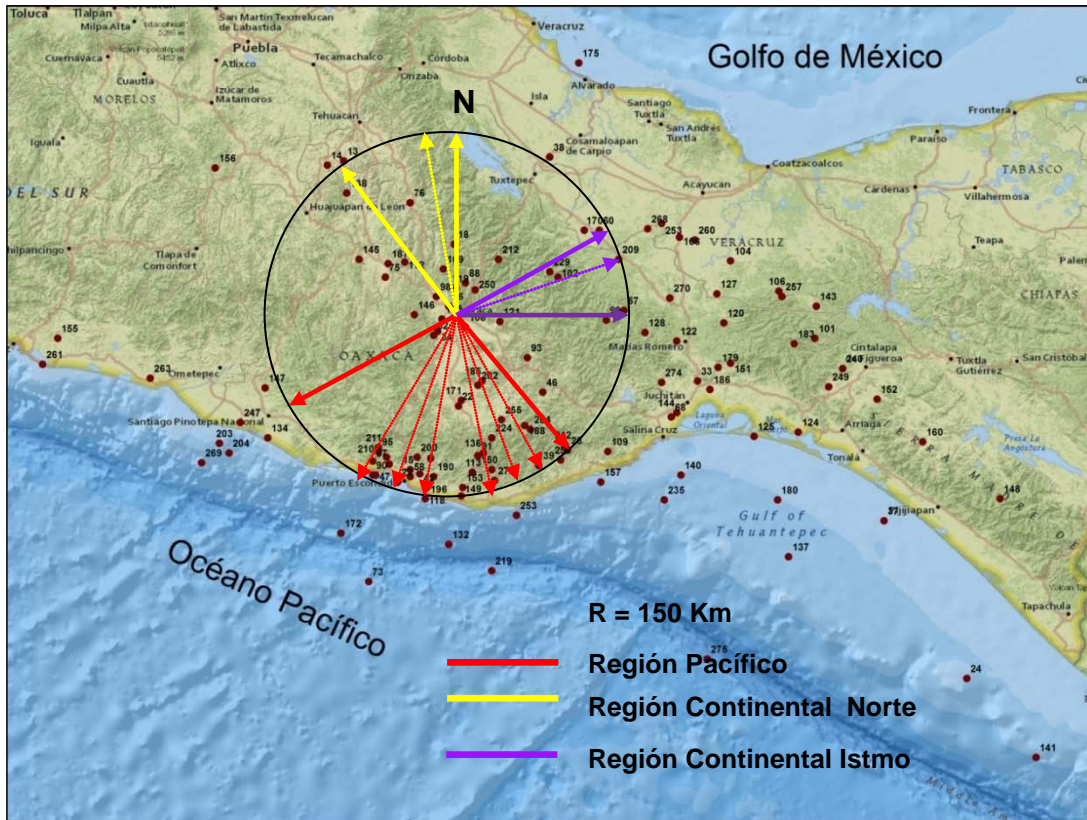


Figura 4.15 Influencia del Azimut en la duración de la Fase Intensa

Los resultados del análisis realizado, mostrados en la figura 4.16, se integraron considerando el grupo de suelo al que pertenece cada estación acelerográfica y además en cada uno de estos se identifican las duraciones de fase intensa de acuerdo a su profundidad focal.

Para el caso de los grupos B (OXLC) y E (OXTO) se aprecia un valor constante de la duración para la región Istmo, pero al incrementarse el valor del Azimut y pasar a la región Pacífico, los valores de duración tienden a elevarse, especialmente para el grupo B, que representa la roca. Finalmente al variar el Azimut hacia la región Continental Norte, es evidente el incremento en la duración de la fase intensa alcanzando valores de 40 segundos en ambos grupos.

En el caso del grupo D integrado por las estaciones OXAL, OXF y OXPM, el comportamiento es totalmente opuesto al de los grupos anteriores. En la región Istmo se presentan duraciones constantes de 70 segundos; sin embargo, al pasar a la región Pacífico se observa un decremento gradual en los valores hasta alcanzar una tendencia constante con duraciones de 25 segundos en la región Continental Norte.

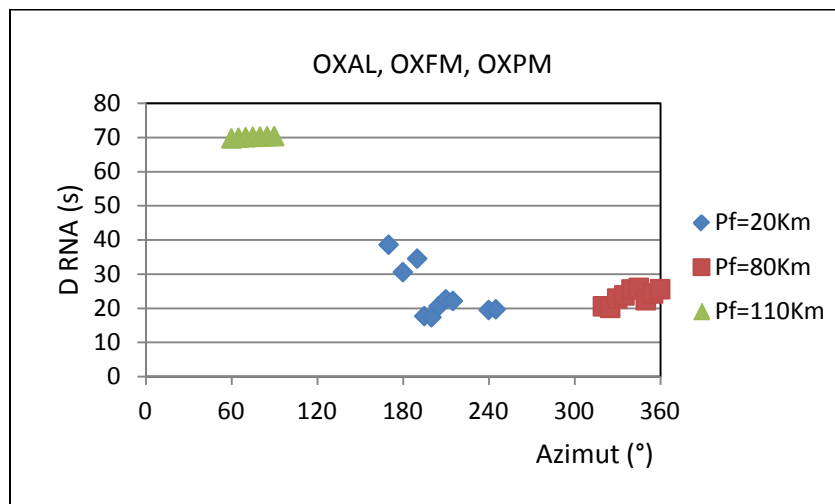
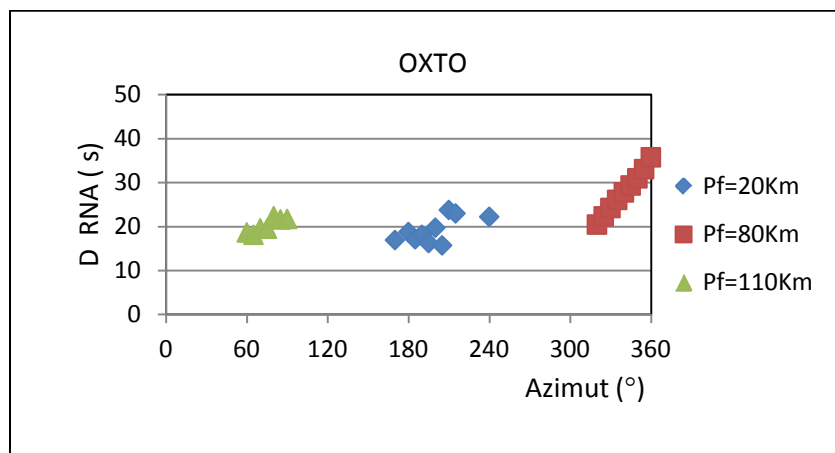
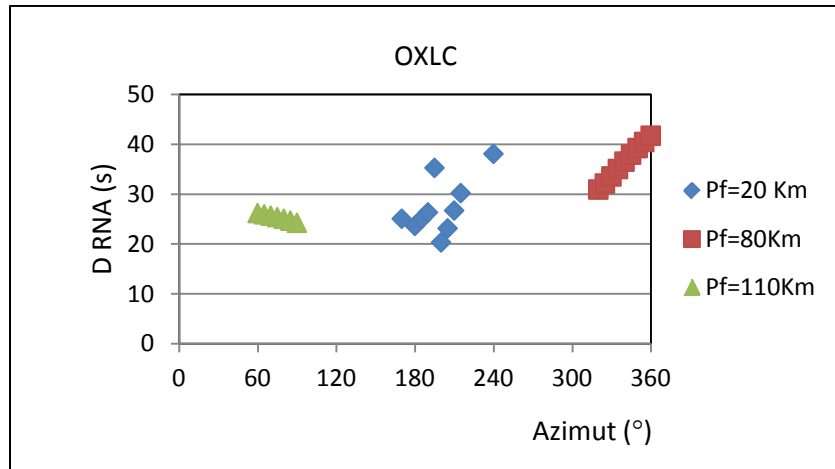


Figura 4.16 Influencia del Azimut en la Fase intensa

4.3 Espectro de Respuesta elástico

El modelo neuronal artificial parte del concepto del espectro de respuesta elástico (ER) (Chopra, 2001), mismo que surge de la necesidad para caracterizar los movimientos del terreno bajo acción sísmica y su efecto en las estructuras; de hecho es un medio para representar la respuesta máxima de todos los posibles sistemas de un grado de libertad (1GL) para un movimiento particular del terreno. Por lo que el ER puede ser visualizado gráficamente (figura 4.17) como un elemento que integra todos los valores máximos que, como respuesta tiene un sistema de un grado libertad cuando está expuesto a una excitación en su base. Considerando que dichos valores, están en función del periodo natural de vibración del sistema (T_n) para una relación de amortiguamiento determinada (ζ).

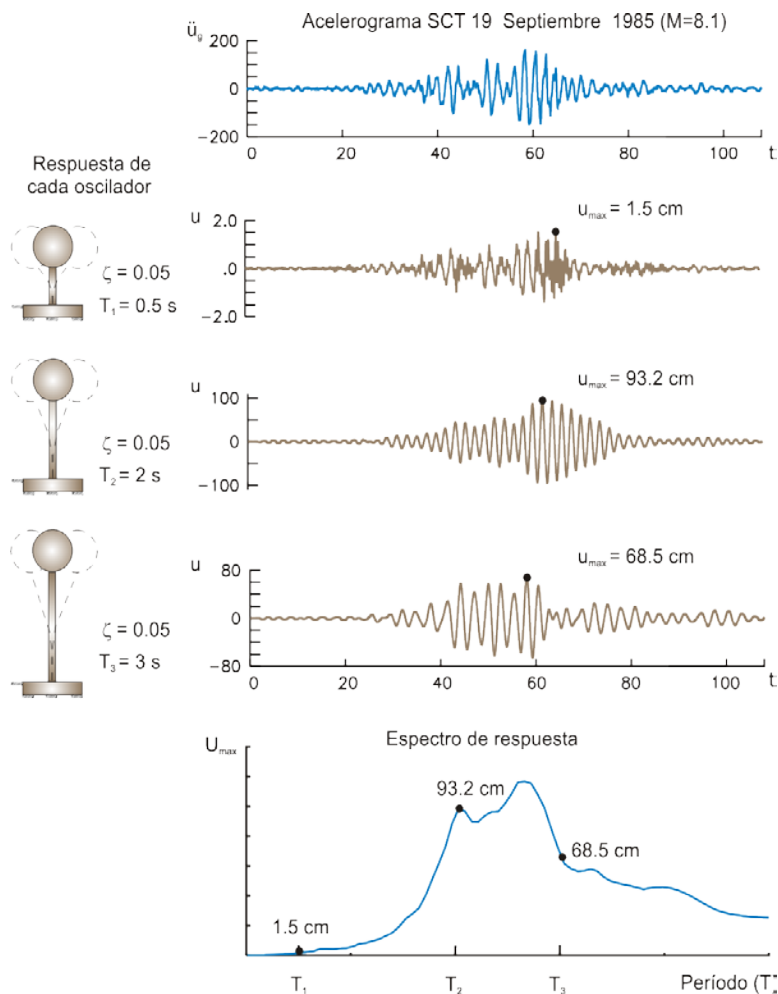


Figura 4.17 Espectro de Respuesta elástico

El concepto anterior puede ser establecido al plantear la ecuación de movimiento de un sistema de un grado de libertad, que gobierna el desplazamiento de una estructura con comportamiento lineal y que posee una determinada masa, amortiguamiento y rigidez, cuando se encuentra sujeta a un movimiento de aceleración $\ddot{u}_g(t)$ en su base:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + Ku = -m\ddot{u}_g(t) \quad (18)$$

la cual puede representarse como,

$$\ddot{u} + 2\zeta\omega_n\dot{u} + \omega_n^2u = -\ddot{u}_g(t) \quad (19)$$

en donde,

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} \quad f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} \quad \zeta = \frac{c}{c_r} = \frac{c}{2m\omega_n} \quad (20)$$

ω_n = frecuencia circular natural de vibración

k = rigidez lateral del sistema

m = masa del sistema

T_n = periodo natural de vibración

f_n = frecuencia cíclica natural de vibración

ζ = relación de amortiguamiento o fracción de amortiguamiento crítico

c = coeficiente de amortiguamiento viscoso

c_r = coeficiente crítico de amortiguamiento, es denominado de esta forma porque es el valor mínimo de c que impide que el sistema oscile al regresar a su posición original después de haber sufrido un desplazamiento

Dependiendo de la respuesta deseada se pueden definir diferentes tipos de ER:

$$u_0(T_n, \zeta) = \max_t |u(t, T_n, \zeta)| \quad (21)$$

$$\dot{u}_0(T_n, \zeta) = \max_t |\dot{u}(t, T_n, \zeta)| \quad (22)$$

$$\ddot{u}_0(T_n, \zeta) = \max_t |\ddot{u}(t, T_n, \zeta)| \quad (23)$$

u_0 = espectro de respuesta de desplazamiento

\dot{u}_0 = espectro de respuesta de velocidad

\ddot{u}_0 = espectro de respuesta de aceleración

4.4 Modelo Neuronal para estimar Espectros de Respuesta

La propuesta del modelo neuronal para estimar espectros de respuesta presentada en esta investigación no considera los datos obtenidos en la ciudad de Puebla debido a:

- a) Se pretende que el modelo neuronal incluya diferentes condiciones del subsuelo y en el caso de la ciudad de Puebla solo se podrían considerar las estaciones SXPU y PBPP, mismas que presentan estratigrafías relativamente similares.
- b) El banco de datos acelerográficos de la ciudad de Puebla es limitado, y con excepción de las dos estaciones antes señaladas, el resto de los sitios instrumentados no cuenta con registros suficientes que puedan representar las condiciones a las que los eventos sísmicos pueden someter a los diferentes tipos de suelo.
- c) Lo arriba señalado limita la posibilidad de poder integrar en forma adecuada los conjuntos de entrenamiento y prueba requeridos para el modelo neuronal.

Derivado de lo anterior, en este capítulo se hace una propuesta para estimar espectros de respuesta utilizando los conceptos de las Redes Neuronales en 5 estaciones de la Red de Acelerógrafos de la ciudad de Oaxaca.

Se consideró que la forma y la amplitud de las ordenadas espectrales de aceleración son una función de la magnitud, la distancia epicentral, el azimut y una clasificación general del suelo. Por lo que, para el entrenamiento del modelo neuronal se consideraron tales parámetros como elementos de entrada y la salida fue definida por un vector integrado por los valores de las ordenadas espectrales asociados a sus correspondientes periodos. Una vez entrenadas las RNA se procedió a evaluar su capacidad de generalización mediante la estimación de espectros de respuesta de temblores cuya información no fue incluida en la etapa de entrenamiento.

Ciudad de Oaxaca

Como fue indicado en el capítulo 2, la Red de Acelerógrafos de la ciudad de Oaxaca está integrada por 9 estaciones de registro de movimientos fuertes; sin embargo, al considerar la calidad y cantidad de los acelerogramas del banco de datos únicamente se consideraron 5 estaciones acelerográficas: Oaxaca Las Canteras (OXLC), Oaxaca Facultad de Medicina (OXFM), Oaxaca Alameda de León (OXAL), Oaxaca Primaria Múgica (OXPM) y Oaxaca Instituto Tecnológico (OXTO).

Para la integración del banco de datos se seleccionaron los registros reportados en la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes, Alcántara *et al*, (2000) y otros más de los años 2000 a 2004 proporcionados por el II-UNAM. Los registros se encuentran estandarizados con el formato ASA2.0, el cual básicamente está

integrado por dos secciones, la primera que contiene un encabezado con datos que permiten tener una total identificación del mismo, al proporcionar información relativa a la institución responsable, al sismo que lo generó, a la estación y al instrumento de registro. La segunda, proporciona los vectores tiempo aceleración en las tres direcciones ortogonales de medición.

Con el objetivo de constituir una base de datos acelerográficos relativamente simple, con respecto al tipo de mecanismo focal de los sismos que generaron los acelerogramas, se procedió a seleccionar del banco de datos (ver tabla 4.2) únicamente aquellos que fueron producidos ya sea por eventos superficiales de subducción o por los sismos profundos generados en la zona continental. Los registros restantes no fueron considerados en la integración de los conjuntos de entrenamiento y prueba del modelo neuronal. Lo anterior trajo como consecuencia una reducción en el banco de datos, el cual quedó integrado por acelerogramas producidos por 46 eventos sísmicos, como muestra la figura 4.18.

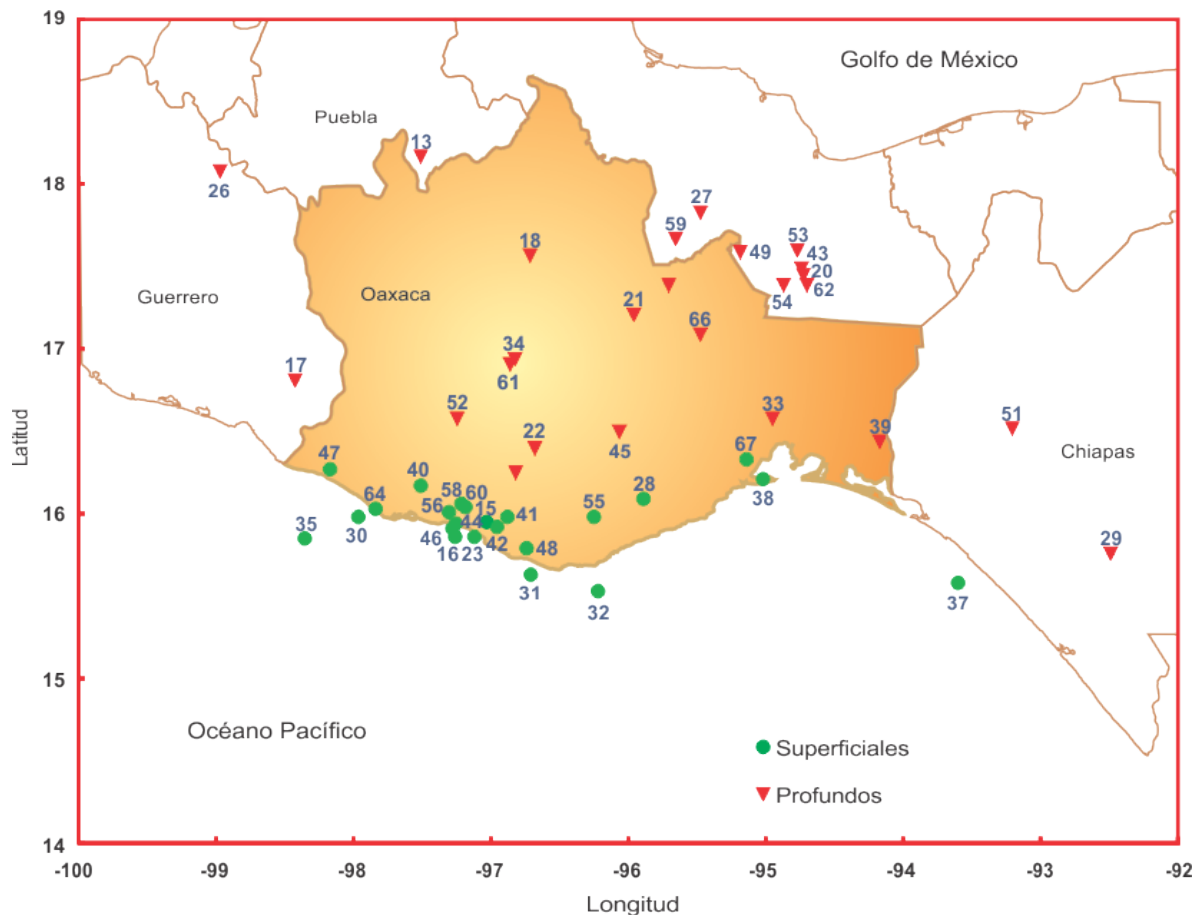


Figura 4.18 Sismos para estimar Espectros de Respuesta con el Modelo Neuronal de la ciudad de Oaxaca

Parte fundamental para cualquier problema que pretenda ser representado mediante un modelo neuronal requiere de una adecuada selección de los parámetros que lo representen. En el caso de la duración de la fase intensa, las entradas utilizadas, en el correspondiente modelo, probaron su confiabilidad por lo que para estimar la duración de la fase intensa, el modelo neuronal para determinar Espectros de Respuesta en la ciudad de Oaxaca considera como parámetros sísmicos de entrada a la RNA: el valor de la magnitud M , la distancia epicentral R , la profundidad focal PF , una clasificación del suelo de la estación en donde se registró el sismo CS y el vector ΔT_i representado por los incrementos de periodo. Como nodo de salida se tiene el vector OE_i integrado por las ordenadas espectrales de aceleración y asociadas a los correspondientes valores del vector ΔT_i .

Los valores de M y PF se obtuvieron de los catálogos del SSN, la distancia R se obtuvo considerando también las coordenadas epicentrales reportadas por el SSN y las coordenadas geográficas de la estación respectiva. Los Espectros de Respuesta elásticos de aceleración, representados por los vectores ΔT_i y OE_i , se calcularon con el sistema Degtra, Ordaz y Montoya (2012). Se calcularon los valores de las ordenadas espectrales para 50 periodos (de 0 a 3 segundos) para el 5 por ciento de amortiguamiento con respecto al crítico.

Topología del modelo

La determinación de los Espectros de Respuesta se basa en un sistema multicapa de propagación hacia adelante en donde se tiene restringida la comunicación lateral entre nodos. Como algoritmo de aprendizaje se consideró el de retro-propagación (*backpropagation*) y para la activación de los nodos se seleccionó la función Sigmoide con excepción de la salida en donde se eligió una del tipo lineal.

Resultados

El modelo neuronal (figura 4.19) quedó establecido por: a) una capa de entrada que contiene 6 variables nominales (M , R , PF , AZ), un nodo de clase CS cuyo valor (1, 2 ó 3) está determinado de acuerdo al grupo de suelo al que pertenece la estación acelerográfica (ver tabla 2.4): B (OXLC)=1, D (OXFM, OXPM y OXAL)= 3 y E (OXTO)=2; y el vector ΔT_i formado por 50 periodos; b) dos capas ocultas con 200 nodos cada una y; c) una capa de salida que incluye el vector OE_i integrado por las ordenadas espectrales objetivo, y que está asociado al vector ΔT_i constituido por los correspondientes 50 periodos en un nodo de la capa de entrada. El vector OE_i incluye los tres componentes de registro OE_{H1} (N-S), OE_{H2} (E-W) y OE_V .

La tabla A5 del anexo A presenta la matriz que contiene el conjunto de parámetros de entrenamiento del modelo neuronal (coordenadas de la estación sísmica, magnitud, distancia epicentral, profundidad focal y azimuth) para los tres componentes de registro. El conjunto anterior se complementa, para cada registro,

con un vector de entrada integrado por 50 periodos y un vector de salida con los valores de las ordenadas espectrales para cada estación y para cada componente. Las tablas A6 a A10 contienen la información del componente N-S, las A11 a A15 los valores correspondientes al componente E-W y finalmente las A16 a A20 incluyen lo relativo al componente V.

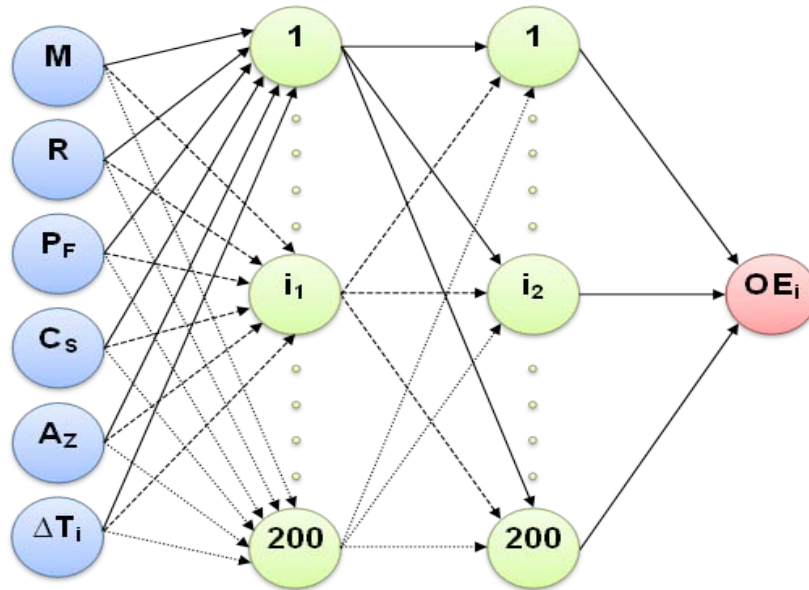


Figura 4.19 Modelo Neuronal para Estimar Espectros de Respuesta

Los resultados del modelo neuronal en su etapa de entrenamiento se presentan en las figuras 4.20 a 4.22. Para establecer la correlación entre los valores de la aceleración espectral medida y la estimada por la RNA fueron seleccionados 12 periodos (0.01, 0.13, 0.19, 0.25, 0.38, 0.50, 0.62, 0.74, 0.99, 1.54, 2.02 y 3.0) para cada uno de los 3 componentes. En general se observa una muy alta correlación para los periodos seleccionados, en el caso de los componentes horizontales dicha correlación disminuye ligeramente para los periodos de 0.38, 0.50 y 0.62 segundos y para el vertical en 0.62, 0.74 y 2.02.

De acuerdo a lo anterior, y considerando la arquitectura descrita para la RNA, así como el conjunto de entrenamiento utilizado, es posible concluir que esta es la mejor correlación que se puede obtener para la etapa de entrenamiento del modelo neuronal.

Una vez finalizado el entrenamiento del modelo neuronal se procedió a la etapa del prueba, para ello se eligió un conjunto de datos que, como ha sido señalado, no fue presentado a la red durante la etapa previa. Este conjunto está integrado por eventos de baja magnitud registrados en las 5 estaciones acelerográficas. Las

figuras 4.23 a 4.25 presentan una selección de diversos eventos para distintos componentes como una prueba de la capacidad predictiva del modelo neuronal. Se aprecia que, aún cuando los valores máximos de las ordenadas espectrales no son exactamente iguales, la envolvente general del espectro de respuesta, así como el valor de la aceleración del terreno (T=0) son razonablemente bien estimadas por el modelo neuronal.

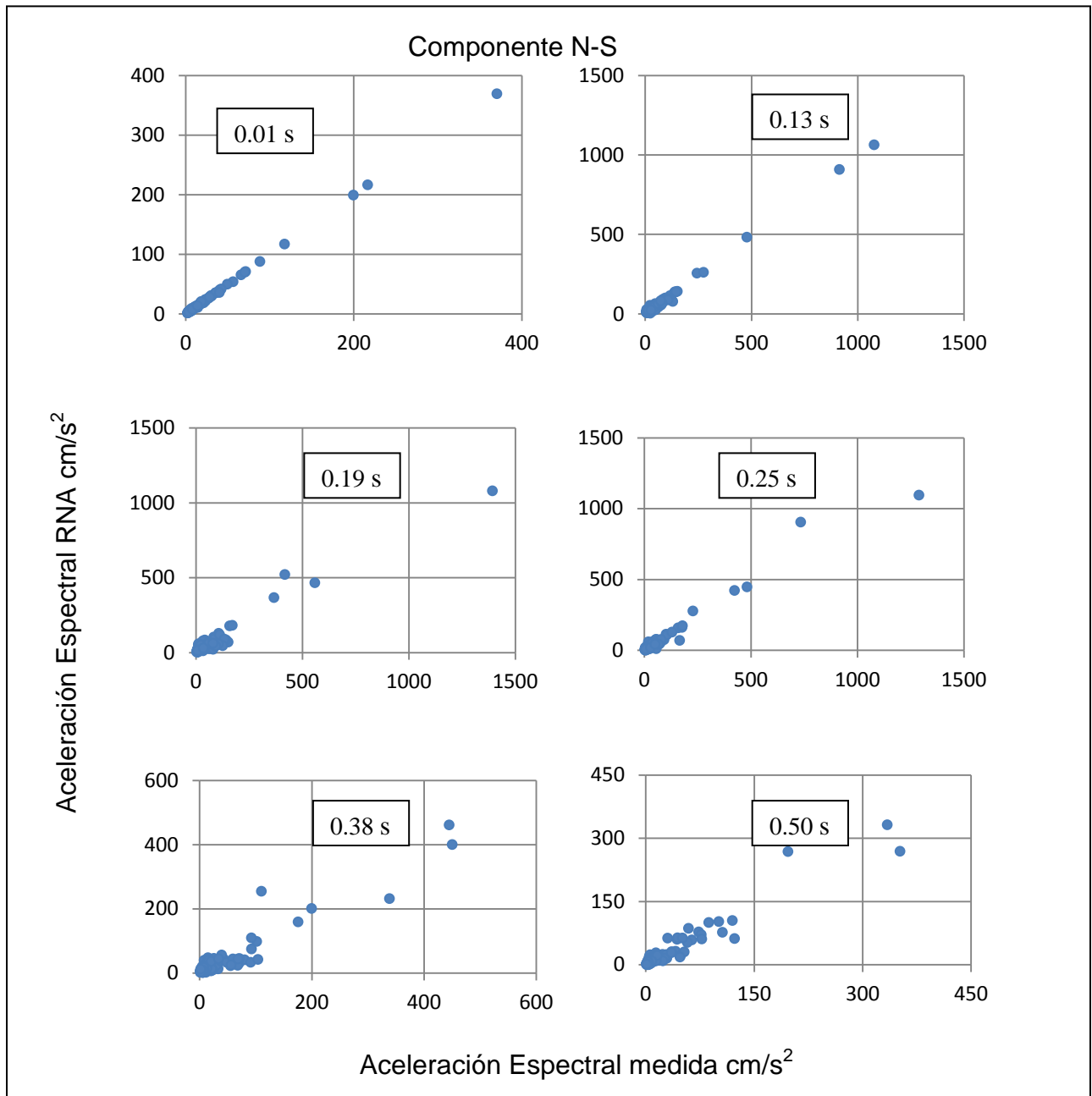


Figura 4.20 Resultados del entrenamiento para varios periodos

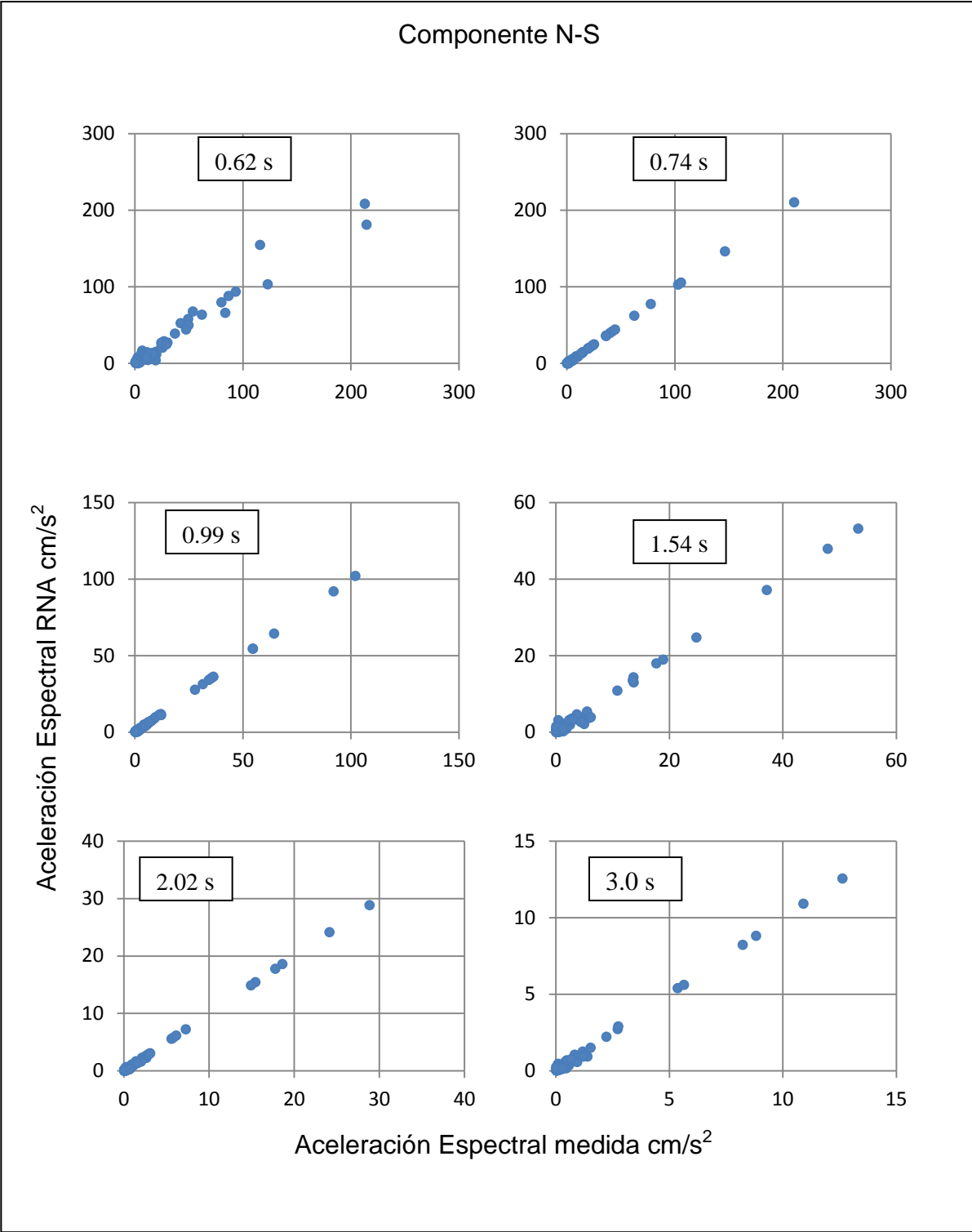


Figura 4.20 (continuación)

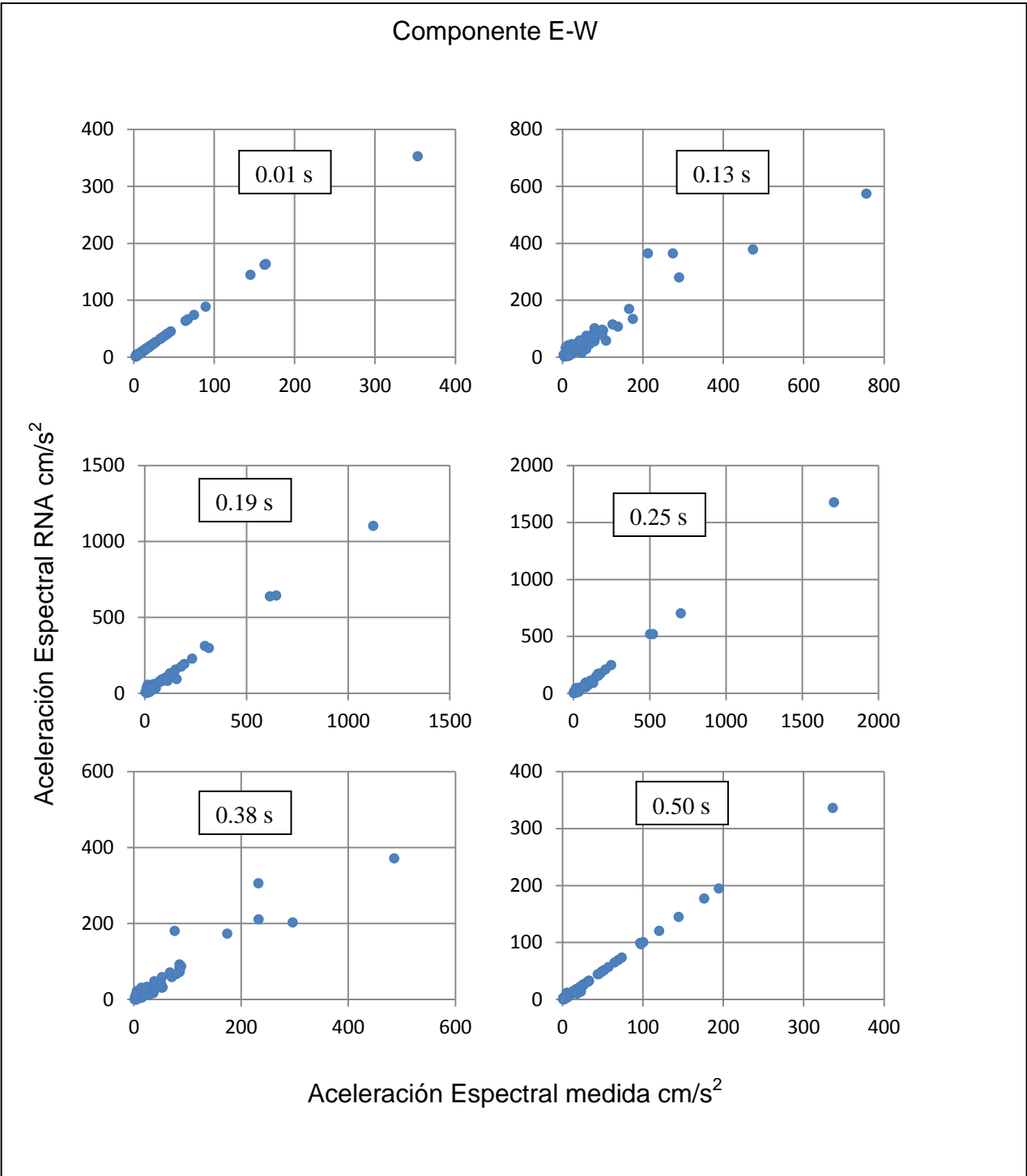


Figura 4.21 Resultados del entrenamiento para varios periodos

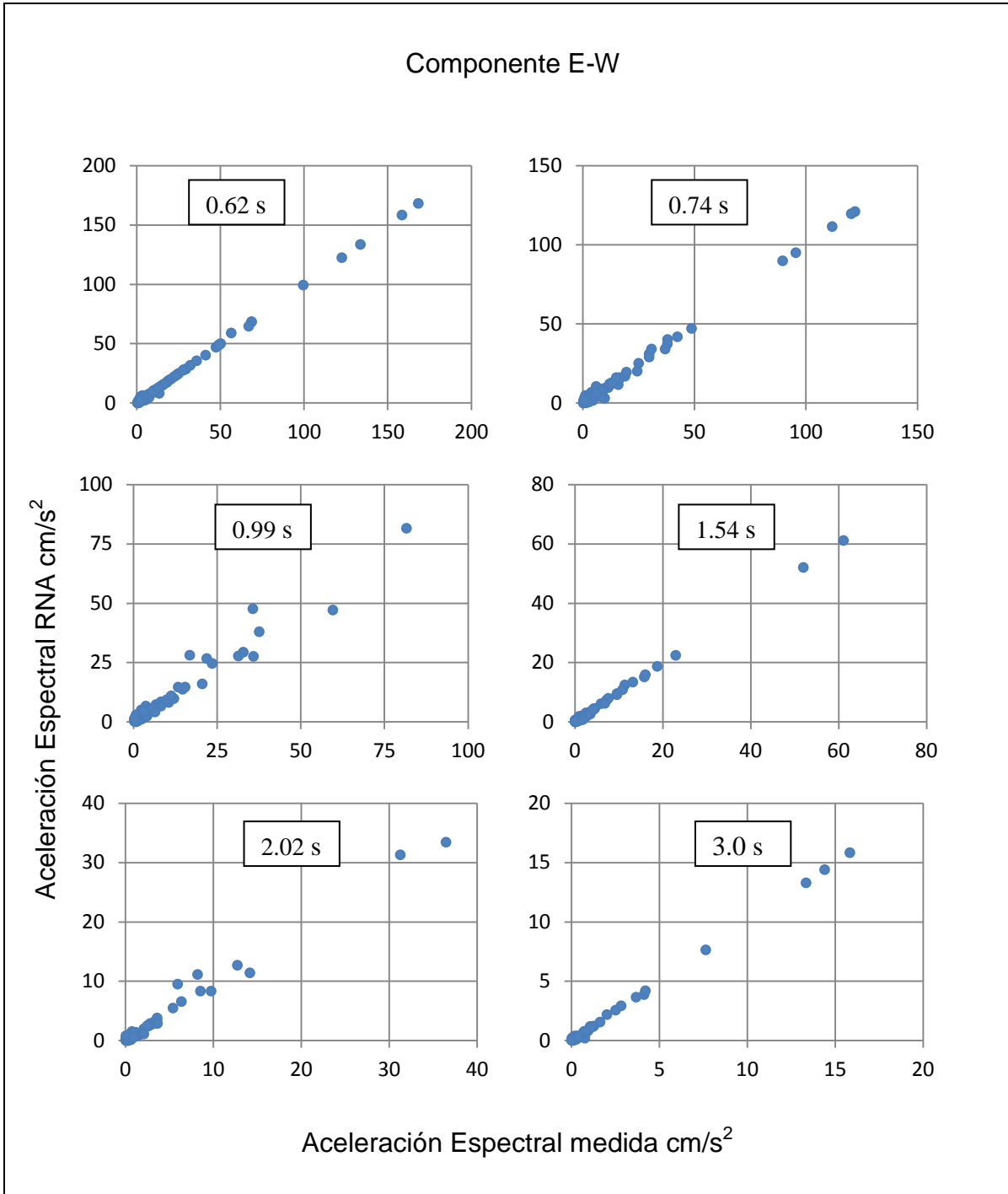


Figura 4.21 (continuación)

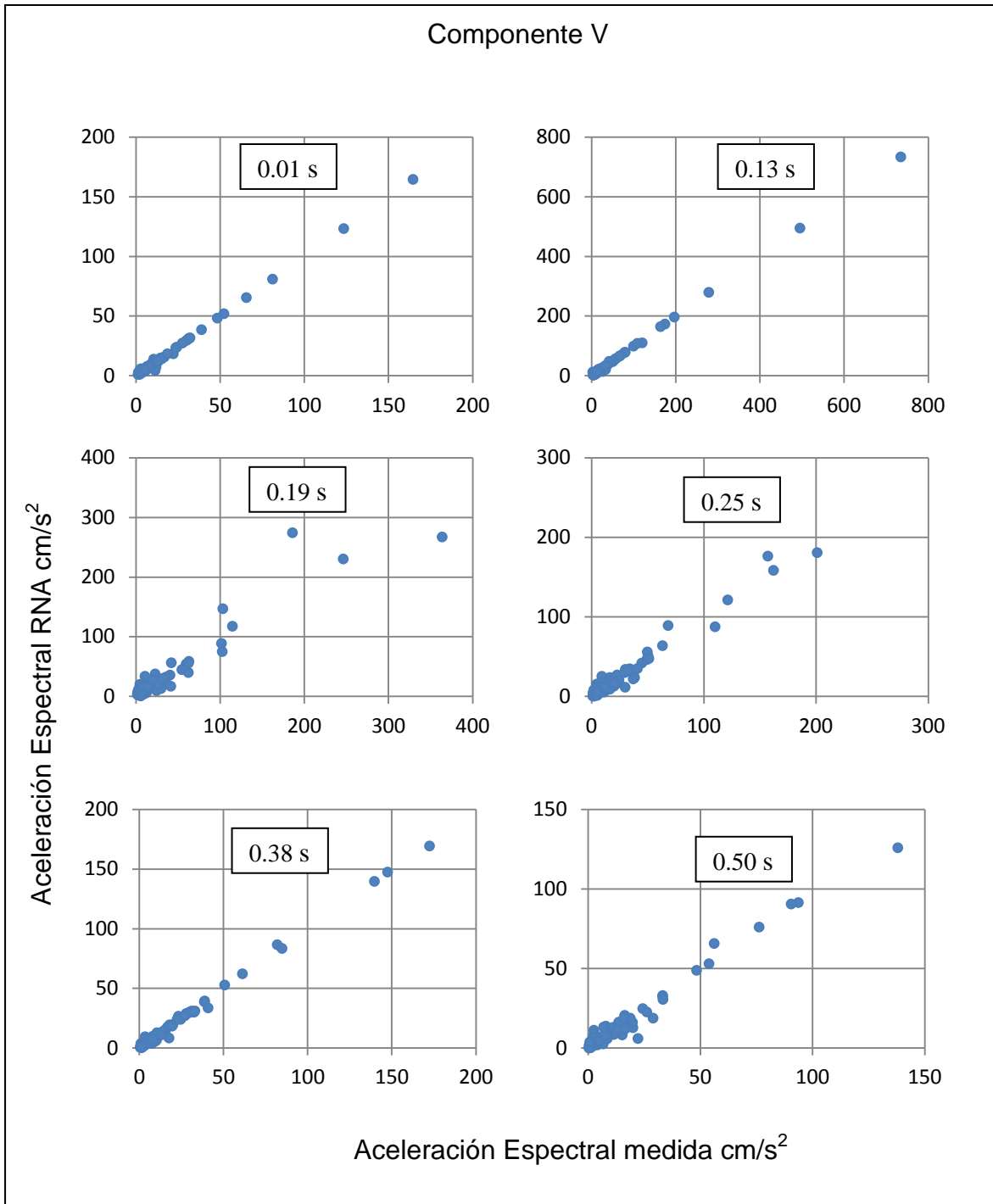


Figura 4.22 Resultados del entrenamiento para varios periodos

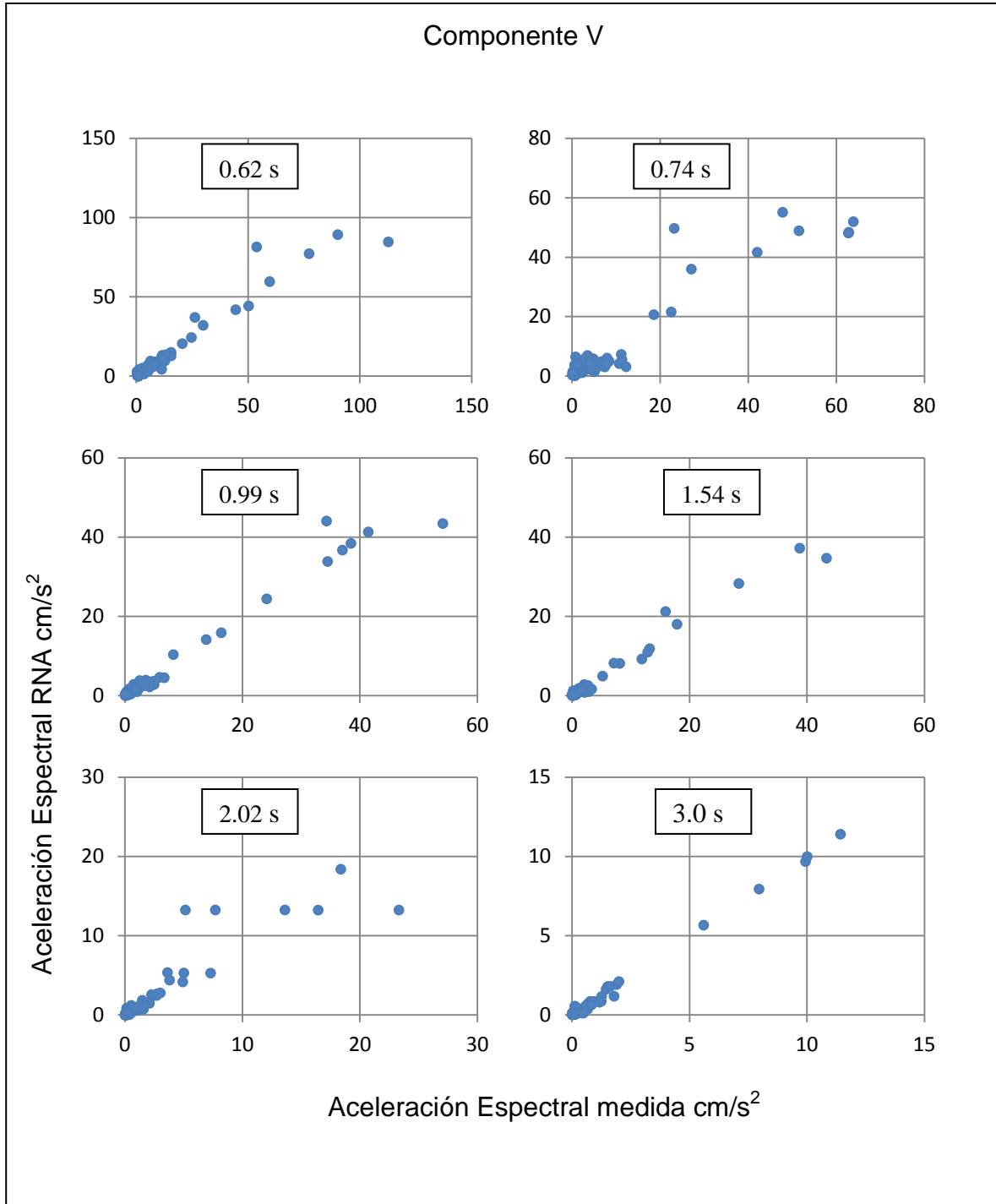


Figura 4.22 (continuación)

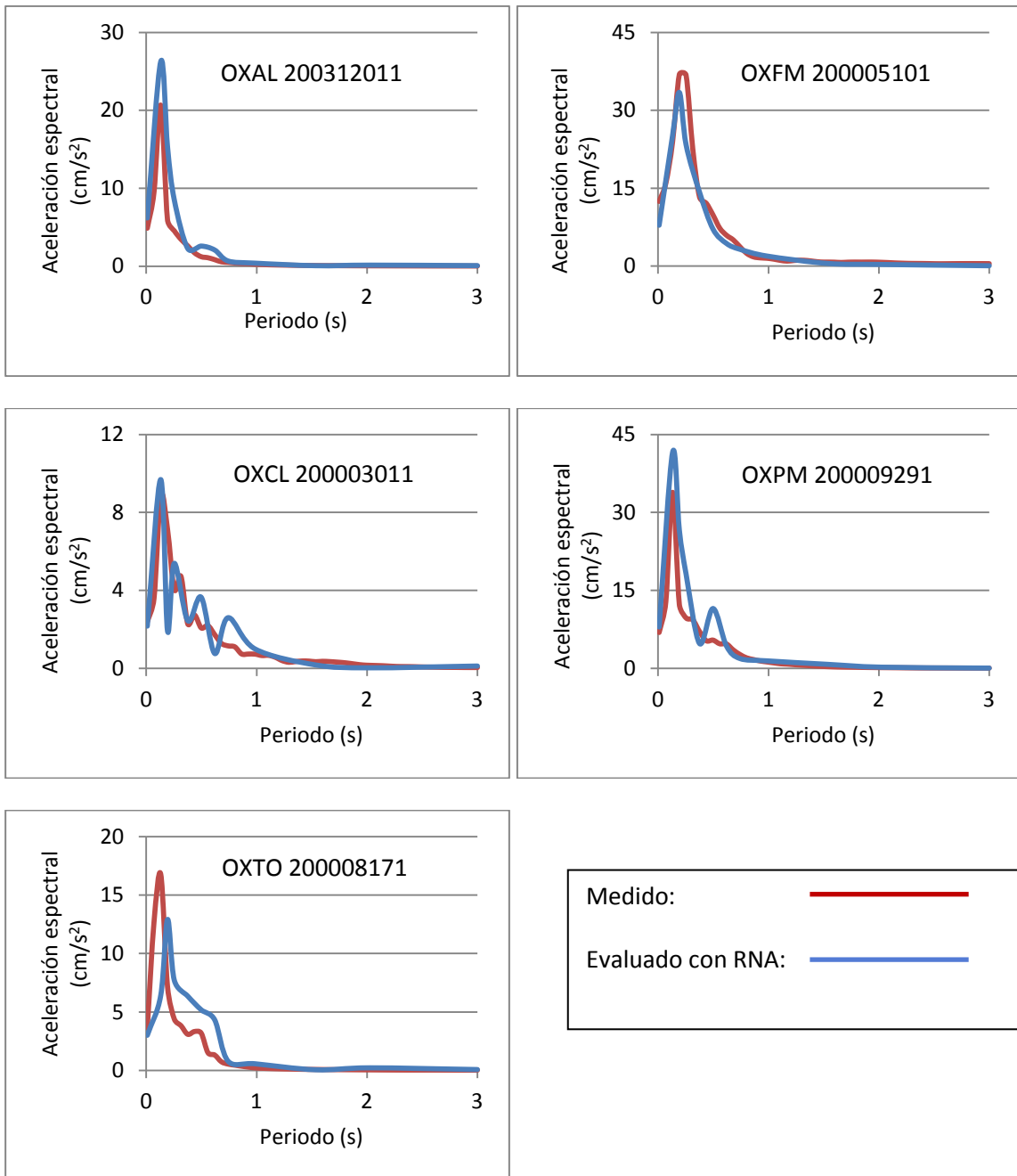


Figura 4.23 Resultados de la etapa de prueba del Modelo Neuronal. Componente N-S

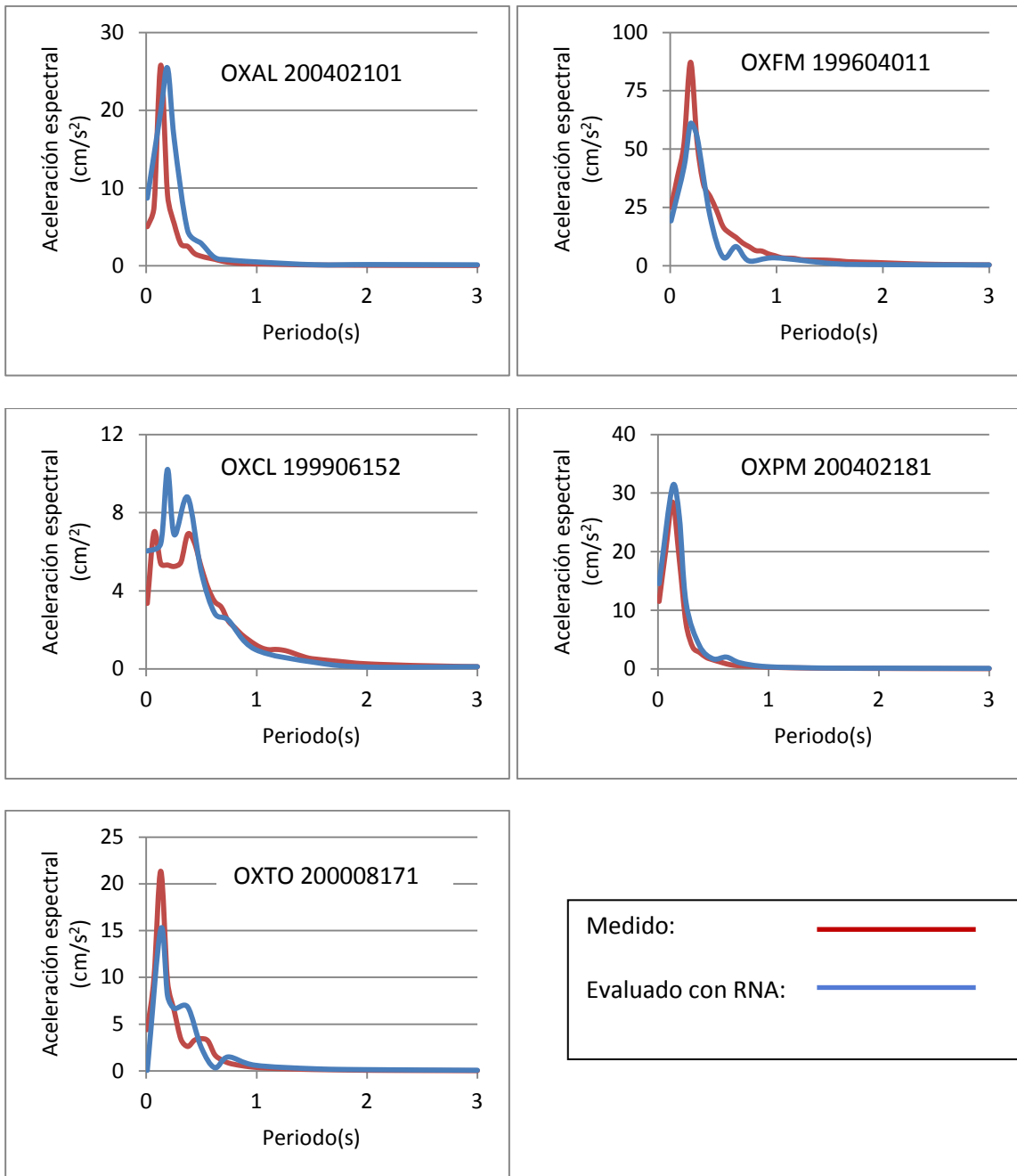


Figura 4.24 Resultados de la etapa de prueba del Modelo Neuronal. Componente E-W

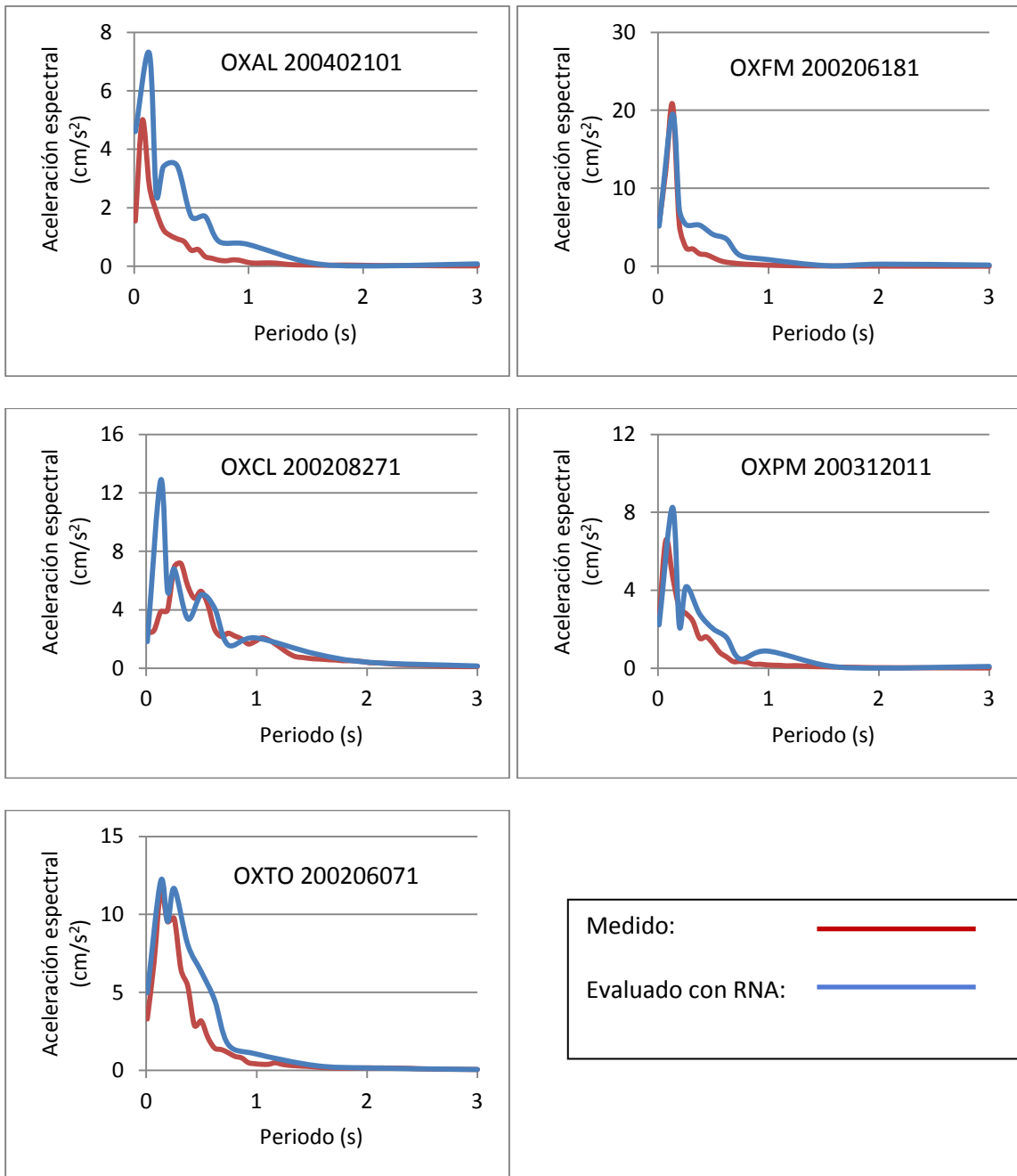


Figura 4.25 Resultados de la etapa de prueba del Modelo Neuronal. Componente V

Es importante precisar que el modelo neuronal, para la ciudad de Oaxaca, tiene como objetivo la estimación de Espectros de Respuesta de aceleración para las diferentes condiciones de suelo en donde están instaladas las estaciones acelerográficas; por lo que, como fue advertido, el banco de datos solo considera acelerogramas en 5 estaciones sísmicas y para el proceso de entrenamiento se incluyeron los registros de los sismos de mayor magnitud y que han generado las mayores intensidades. Lo anterior, si bien tiene la bondad de proveer mayor capacidad de generalización al modelo, por otra parte lo limita en su etapa de evaluación debido a que no es válido hacerla con datos que la RNA ya conoce. De hecho, esta es la razón principal por la que el modelo neuronal para las 5 estaciones acelerográficas solo pudo ser probado con eventos sísmicos de baja magnitud.

No obstante lo arriba expresado y con la finalidad de establecer el potencial predictivo de los sistemas neuronales, se generó un modelo particular para la estación Oaxaca Facultad de Medicina (OXFM) en la cual, dada su antigüedad de operación, se cuenta con acelerogramas de sismos que han producido altas intensidades entre los que destacan: 28081973 (M=6.8), 29111978 (M=7.8), 24101980 (M=7.1), 15061999 (M=7) y 30091999 (M=7.6).

El modelo neuronal particular para la estación OXFM quedó establecido por:

- a) Una capa de entrada con las variables M , R , PF , AZ y ΔT_i ; cuyo significado es el ya definido. En este caso destaca el que no se incluye ningún parámetro que describa la propiedad del suelo mediante un valor de su periodo natural T o con una variable de grupo o clase (C_S) debido a que no es necesario establecer diferencia al ser un conjunto de datos de solo una estación sísmica.
- b) Dos capas ocultas de 200 nodos cada una.
- c) Una capa de salida para el vector OE_i integrado con los valores de las ordenadas espectrales para los tres componentes ortogonales (N-S, EW y V).

Para estimar la capacidad predictiva del modelo no se incluyó durante la etapa de entrenamiento el registro del sismo del 24 de octubre de 1980, los resultados de prueba se muestran en la figura 4.26. Con fines de comparación también se incluyen, para el mismo temblor, el registro real y el estimado mediante la Teoría de Vibraciones Aleatorias. Es evidente la buena capacidad predictiva del modelo neuronal, que no hace otra cosa que seguir una tendencia general, dictada principalmente por un conjunto de datos que representan de mejor forma el fenómeno en cuestión, sobre todo al incluir, no una mayor cantidad de datos, más bien una mayor diversidad de casos durante su etapa de entrenamiento.

Adicionalmente, para verificar la consistencia del modelo neuronal se estimaron, para la estación OXLC, los valores de PGA así como las aceleraciones espectrales para los periodos $T=0.5$ s y $T=1.0$ s, considerando un intervalo de magnitudes entre 6 y 8. El cálculo se realizó para las distancias epicentrales de 160 y 100 km (figura 4.27). Los resultados aunque ligeramente mayores muestran la misma tendencia de los reportados por Arroyo *et al*, (2010).

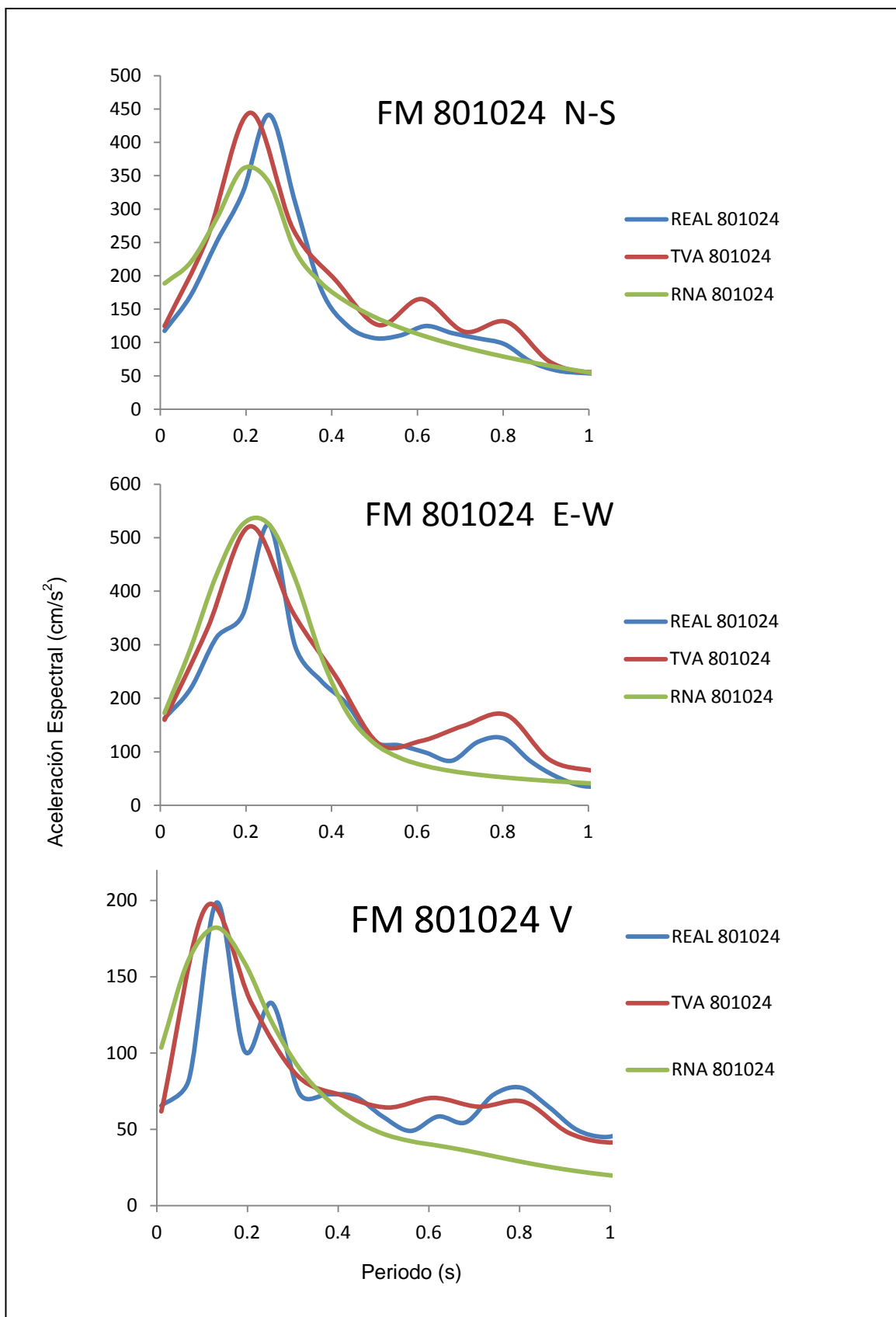


Figura 4.26 Espectros de Respuesta para el sismo del 24 de octubre de 1980

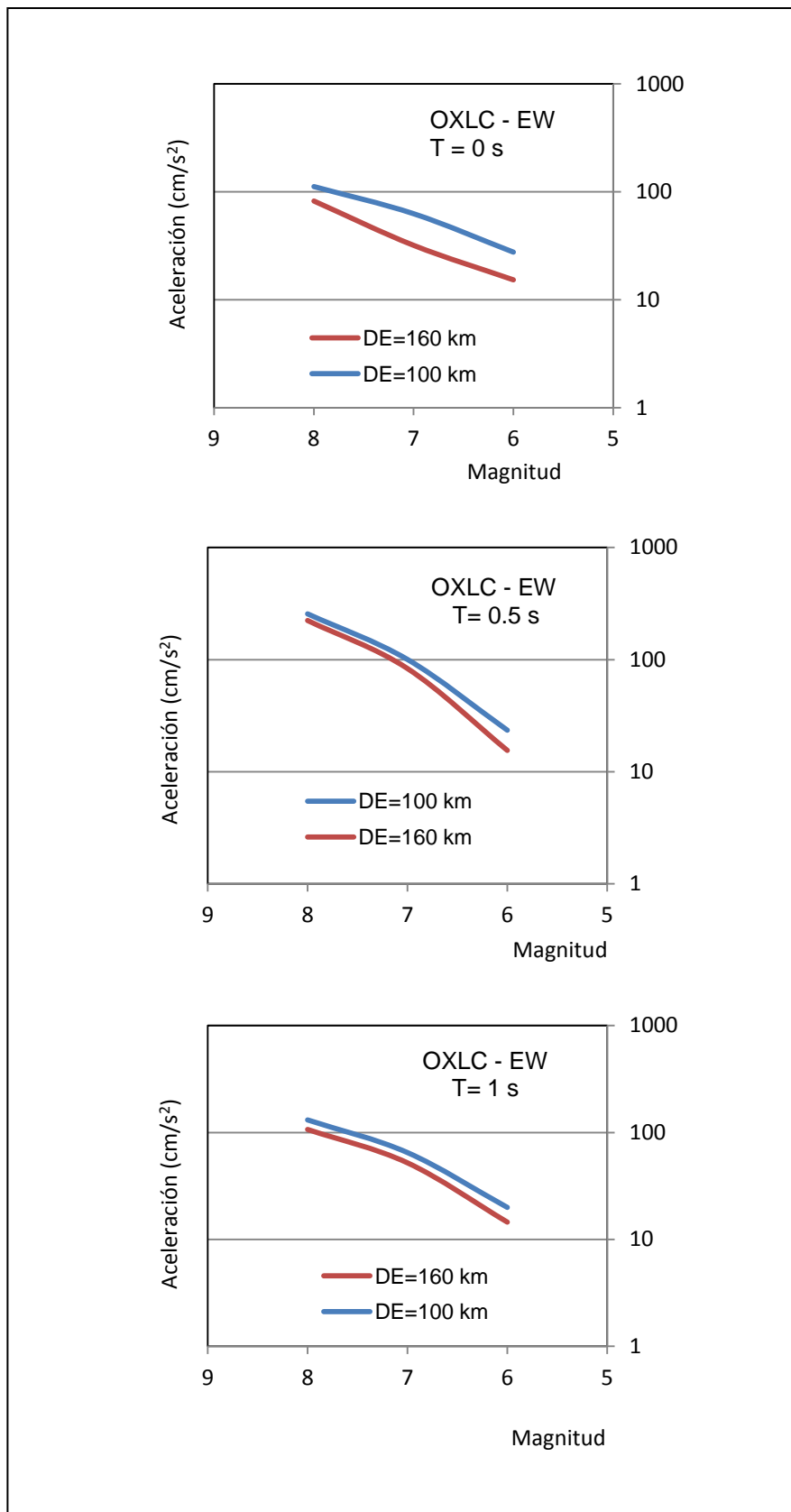


Figura 4.27 Validación del Modelo Neuronal

Extrapolación

Los resultados hasta aquí expuestos, del modelo neuronal para la estimación de Espectros de Respuesta de aceleración, que en principio pueden considerarse satisfactorios, debido principalmente a que se tiene un patrón de comparación bien definido y acotado entre las predicciones de la RNA y los datos de registros de temblores. Por otra parte, es importante precisar que la base de datos utilizada a lo largo del proceso fue dividida en dos conjuntos uno para el entrenamiento del modelo y otro para una segunda etapa de validación, en donde este último grupo de datos nunca fue presentado a la RNA en la etapa inicial.

También, es necesario puntualizar que el procedimiento de aprendizaje utilizado es del tipo supervisado debido a que, en todo momento, el modelo hace evaluaciones que permiten evaluar el nivel del error que se va obteniendo y además la forma en que este va evolucionando dentro del proceso iterativo; de forma tal que se puede detener el proceso al alcanzarse un valor preestablecido o al observar que el ajuste de los datos de entrenamiento mejora, mas sin embargo, los valores del error, en el conjunto de prueba, inician un proceso de incremento gradual. De tal manera que, si los parámetros de entrada están bien definidos y el proceso de entrenamiento es el óptimo el resultado debería ser razonablemente bueno.

Para el caso del modelo propuesto para estimar Espectros de Respuesta, el banco de datos tiene un intervalo de magnitudes entre 4 y 7.5, por lo que es importante evaluar su poder predictivo ante situaciones de extrapolación, es decir ante condiciones que rebasen la frontera establecida durante el proceso de entrenamiento. Para tal efecto, se consideró el siguiente sismo postulado:

- d) Sismo de magnitud $M=9$
- e) Área epicentral: zona de subducción mexicana en las costas del estado de Oaxaca
- f) Distancia epicentral del evento a la ciudad de Oaxaca $R=160$ km y
- g) Profundidad focal $P_f= 15$ km y Azimut de 180 grados con relación a la ciudad de Oaxaca

La figura 4.28 presenta los Espectros de Respuesta para las estaciones OXLC, OXTO y OXFM; sin embargo, es de la mayor relevancia enfatizar que los resultados incluidos deben considerarse únicamente como envolventes que indican una tendencia de las formas espectrales y que están acorde a la respuesta de esos grupos de suelo de acuerdo a lo observado en la figuras 2.47 y 2.49. Sin embargo, los valores de amplitud espectral no necesariamente son representativos debido a que existe una clara saturación del modelo en la frontera del intervalo de magnitudes para el cual fue entrenado.

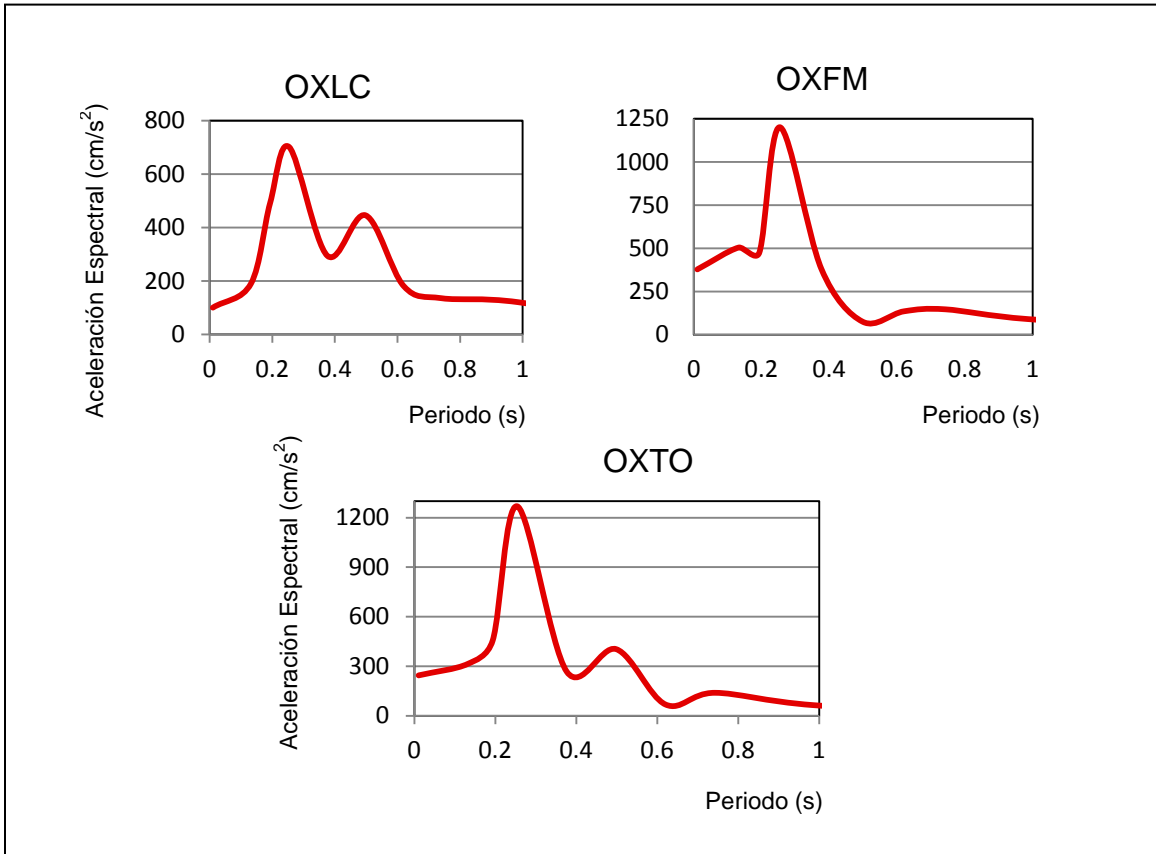


Figura 4.28 Extrapolación del modelo para un sismo de magnitud M=9

Incertidumbre

La incertidumbre debe ser abordada desde varios aspectos para mejorar el rendimiento de los modelos neuronales como por ejemplo, la utilización de un método sistemático en su implementación. Para ello es necesario considerar los factores de mayor relevancia que incluyan una adecuada selección de las entradas al modelo, el preprocesado que se realice a los datos, la definición de una arquitectura adecuada de la red, así como una estimación cuidadosa de algunos parámetros internos que controlan el método de optimización, los criterios de detención del entrenamiento y la validación del modelo (Shahin *et al*, 2009).

Adicionalmente, es necesario realizar investigación que incluya el desarrollo de métodos que: 1) aseguren la obtención de modelos robustos, 2) incrementen la transparencia del modelo y permitan la extracción de conocimiento de las redes entrenadas, 3) mejoren la capacidad de extrapolación, y 4) permitan cuantificar la incertidumbre.

Robustez del Modelo. Se entiende por robustez la capacidad predictiva del modelo neuronal para generalizar dentro de un intervalo de datos similares a los utilizados durante el entrenamiento. Uno de los grandes retos no es únicamente lograr una adecuada calibración y validación de los datos de prueba, sino también hacer predicciones certeras en términos de las relaciones que se modelan y de una gran fortaleza ante una amplia gama de condiciones. Mientras las RNA se sigan validando solo con relación al error producido, podrán ofrecer predicciones apropiadas para datos semejantes a los de entrenamiento, pero no necesariamente buenas ante condiciones diferentes. Shahin *et al* (2005), demostraron que el buen rendimiento de un modelo neuronal, con los datos utilizados para su calibración y validación, no necesariamente se garantiza cuando se utiliza un conjunto de datos similares. Derivado de ello, propusieron un método para probar la robustez de un modelo neuronal, el cual consiste en realizar un análisis de sensibilidad para estudiar la respuesta de las salidas del modelo al realizar cambios en sus patrones de entrada. Además, también proponen se examinen las conexiones de pesos como parte de la interpretación del modelo neuronal.

Transparencia del modelo y extracción de conocimiento. La transparencia ofrece la posibilidad de interpretar los modelos neuronales para entender la forma en que las entradas afectan las salidas. Si se considera la clasificación por color de las técnicas de modelado, se puede decir que los modelos de **caja blanca** son sistemas basados en principios básicos o leyes físicas, en donde las variables y parámetros son conocidos y tienen un significado físico mediante el cual el comportamiento del modelo puede ser explicado. Por otra parte, los modelos de **caja negra** son sistemas regresivos, o basados en datos en donde la forma funcional de las relaciones existentes entre las variables es desconocida y requiere ser determinada. Es decir, estos modelos pretenden establecer las relaciones entre las entradas y salidas del correspondiente modelo, más que encontrar una posible estructura del mismo.

Las RNA pertenecen a los modelos tipo **caja negra** debido a su poca o nula transparencia y al hecho de no considerar ni explicar explícitamente los procesos físicos en los que están basados. La problemática radica en que el conocimiento extraído por la RNA es almacenado en un conjunto de pesos que son difíciles de interpretar; y además, producto de la compleja estructura de la red se presentan fallas al establecer una función transparente que relacione las entradas a sus correspondientes salidas; y por lo tanto, se torna complicado entender la naturaleza de las relaciones así derivadas.

Extrapolación del modelo. Se entiende como la capacidad de una RNA de hacer predicciones acertadas más allá del intervalo de datos utilizados durante la calibración del modelo. En general es comúnmente aceptado que estas tienen un mejor desempeño cuando no extrapolan, lo cual no es diferente de otro tipo de modelos; sin embargo es una limitación seria que restringe su aplicabilidad y utilización. La predicción de valores extremos es de gran utilidad en diversas áreas de la ingeniería por lo que se han propuesto algunas metodologías (Sudheer *et al*,

2003), que permiten obtener predicciones superiores comparadas con las realizadas por un modelo neuronal que utiliza datos sin transformar.

Incertidumbre del modelo. Las RNA introducen incertidumbre debido a malas especificaciones del modelo, falta de optimización en su arquitectura y a ineficiencias en el método de entrenamiento. Una red entrenada con un determinado conjunto de datos, forma una mejor representación en regiones donde se tiene una alta densidad de los mismos. Sin embargo, debido a la naturaleza del algoritmo de entrenamiento, no hay garantía que los valores de los pesos correspondan al mínimo global de la función de error, aún si este es encontrado, por lo que la solución no necesariamente será la óptima ya que el conjunto finito de entrenamiento podría no representar completamente el modelo a reproducir; lo que es llamado como la incertidumbre del modelo.

La selección de una adecuada función de error es muy importante, en el caso del modelado de los fenómenos naturales es común utilizar la definida por el error medio cuadrático (*RMSE* por sus siglas en inglés). No obstante, siguiendo el principio de “bien en promedio”, no se puede garantizar que el modelo tenga un comportamiento óptimo en situaciones críticas. Sin embargo, la incertidumbre de las predicciones de las RNA rara vez es cuantificada, y el no hacerlo imposibilita establecer la calidad de las predicciones, lo que limita fuertemente su eficacia.

Como ha sido indicado, las RNA son un método estadístico no-lineal y como tal, es esperado no únicamente la minimización de una función de error y una predicción puntual, sino también una estimación de las incertidumbres en los pesos del modelo y en las predicciones realizadas. Pero debido a la naturaleza no lineal de esta técnica, una estimación de las incertidumbres es un problema más complicado que en el caso de los modelos estadísticos lineales.

Para enfrentar dicha problemática se han aplicado técnicas Bayesianas al entrenamiento de las RNA ((Buntine y Weigend, 1991), (Kingston *et al*, 2005) y (Mac Kay, 1992)). Estos autores han observado que la integración de un marco Bayesiano en el algoritmo de retropropagación mejora la capacidad de predicción del modelo neuronal y permite hacer una valoración de la confianza asociada a las predicciones del mismo.

En un análisis Bayesiano de datos, todas las cantidades inciertas son modeladas como una distribución de probabilidad y la inferencia es realizada construyendo la posterior condición de probabilidad para las variables de interés no observadas, dados los datos de muestra observados y las suposiciones a priori. Con las RNA la principal dificultad en la construcción del modelo estriba en el control de la complejidad del mismo. Es perfectamente aceptado que el número óptimo de grados de libertad en el modelo depende del número de patrones de entrenamiento, del ruido contenido en dichos patrones y de la complejidad de las funciones que pretenden ser estimadas. Con técnicas estándar de RNA los medios para la determinación correcta tanto del modelo, así como de la

implementación de la red con la complejidad deseada, son un tanto rudimentarios y costosos en términos computacionales.

Sin embargo, aún cuando las investigaciones realizadas hasta la fecha han demostrado la importancia de las técnicas Bayesianas en las RNA, es necesario realizar mucho trabajo de investigación al respecto. Los avances en los temas abordados permitirán mejorar la utilidad de los modelos neuronales por lo que Flood y Kartam (1994) sugieren que las RNA sean utilizadas como complemento a la técnicas de convencionales de cómputo más que una alternativa, o tal vez utilizadas como una verificación rápida de soluciones desarrolladas mediante análisis de mayor profundidad y que requieren grandes tiempos de proceso.

En el caso del Modelo Neuronal para determinar Espectros de Respuesta en la ciudad de Oaxaca, se calculó el error cuadrático medio (ε) mediante la expresión:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum \ln^2 \left(\frac{Sa_R}{Sa_P} \right) \quad (24)$$

en donde Sa_R y Sa_P representan las ordenadas espectrales reales y las asociadas a la predicción de la RNA. El resultado de las componentes horizontales, para periodos de 0 a 1 segundo se presenta en la figura 4.29. Como puede observarse, el valor del error es del orden de 0.2 y deberá considerarse como una cota inferior, de la incertidumbre del modelo neuronal.

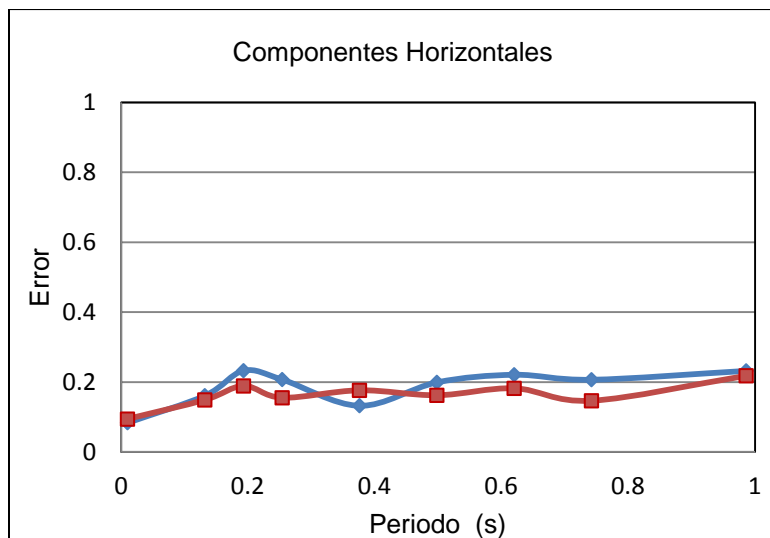


Figura 4.29. Estimación del error cuadrático medio

5. CONCLUSIONES

- a) Se implementó una infraestructura de registro sísmico en las ciudades de Puebla y Oaxaca, lo que ha permitido el registro de varios sismos, entre los que destacan los temblores del 15 de junio y 30 de septiembre de 1999. Estos eventos causaron varios decesos y daños importantes en dichas ciudades, por lo que la infraestructura instalada es fundamental para el estudio del fenómeno sísmico y su efecto en la respuesta de suelos y estructuras. Sin embargo, es necesario enfatizar que tal infraestructura no es suficiente y deberá incrementarse considerando: 1) las áreas que están experimentando un crecimiento demográfico y que tienen condiciones del subsuelo diferentes a las que actualmente son monitoreadas y 2) la instalación de sistemas de medición a diferentes profundidades y en estructuras.
- b) Se desarrollaron modelos neuronales para la estimación de la Fase Intensa en las ciudades de Puebla y Oaxaca. Las variables de entrada en ambos modelos fueron: magnitud, distancia epicentral, profundidad focal y azimut; además de una quinta variable de entrada, en el caso de Puebla se utilizó el periodo del sitio T_s y para la ciudad de Oaxaca una variable lingüística definida de acuerdo a la clasificación del suelo y que considera la velocidad de propagación de las ondas de cortante. Esto último, permitió mejorar las estimaciones del modelo, debido a que esta variable general permite establecer una mejor correlación de la influencia de la condición del suelo con la duración de la Fase Intensa, que la derivada con el periodo del sitio.
- c) Derivado de los análisis de sensibilidad, se estableció que el azimut Az es una variable de gran relevancia en el proceso de entrenamiento del modelo y que tiene un impacto importante en la duración de la fase intensa del movimiento sísmico.
- d) En la determinación de los espectros de respuesta en la ciudad de Oaxaca, considerando los resultados de la fase intensa, se utilizaron para el entrenamiento los parámetros: magnitud, distancia epicentral, profundidad focal, la variable lingüística de la clasificación del suelo y el azimut; además del espectro de respuesta objetivo, el cual está integrado por un vector con 50 periodos y sus correspondientes ordenadas espectrales. Las predicciones del modelo son bastantes aceptables y aún cuando solo pudieron ser probadas con espectros de respuesta de temblores de baja intensidad, los buenos resultados, aunque puntuales, para sismos postulados en el intervalo de magnitudes de 6 a 8 demuestran el potencial de este tipo de herramientas.
- e) De los resultados generales se concluye que las redes neuronales ofrecen estimaciones bastante razonables tanto de la duración de la fase intensa como de los espectros de respuesta, sobre todo si las predicciones del modelo se encuentran dentro del intervalo de entrenamiento del mismo. Sin embargo, es preciso destacar: i) el papel fundamental que juega el conocimiento que se

tenga del problema a modelar, dado el impacto que tendrá en la selección de los parámetros de entrenamiento ii) en la integración de los conjuntos de prueba y entrenamiento, contar con muchos datos no significa necesariamente integrar conjuntos adecuados, lo relevante es considerar un número suficiente de patrones que representen adecuadamente el problema a resolver, y finalmente, iii) es necesario un cierto nivel de experiencia que permita establecer la mejor arquitectura de la red, lo cual incluye las reglas de aprendizaje, funciones de transferencia, etc.

- f) Los resultados de la extrapolación no deben ser considerados como definitivos, sino más bien como una tendencia general de las ordenadas espectrales para un evento extraordinario. Lo anterior se debe a que se ha ido más allá de la frontera superior de entrenamiento del modelo y por lo tanto, no hay una garantía de que dicho escenario sea realista.
- g) En las diversas áreas de la ingeniería existe un gran número de problemas que dada su naturaleza, son muy complejos y aún no son bien entendidos; al respecto, las Redes Neuronales Artificiales ofrecen diversas ventajas sobre las técnicas de cómputo convencionales. En el caso de los modelos matemáticos tradicionales es una realidad que, ante la falta de un conocimiento físico apropiado del problema, se utilicen diversas hipótesis que permitan simplificarlo. Por su parte las RNA son métodos de inteligencia artificial, basados en datos, que intentan imitar de una forma muy simple la capacidad cognitiva de los seres humanos, y que aprenden, mediante ejemplos de los patrones de entrada y salida que les son presentados, las sutiles relaciones funcionales que se encuentran en la información y que pueden ser desconocidas, o de difícil explicación del correspondiente significado físico. Lo anterior está en contraste con la mayoría de los métodos tradicionales tanto estadísticos como empíricos, los cuales requieren de un conocimiento previo sobre la naturaleza de las relaciones existentes entre los datos.
- h) La incertidumbre es un tema aún no resuelto y establece una gran limitante para el uso de las Redes Neuronales Artificiales, debido a que al no cuantificarla no se puede establecer la calidad de las predicciones de los modelos neuronales. Al respecto, se han propuesto métodos basados en técnicas Bayesianas que pretenden controlar la complejidad del modelo neuronal y manejar mediante escenarios probabilistas la incertidumbre. Sin embargo, el tema sigue abierto y es un asunto que requiere aún mucho trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Alcántara L, Quaas R, Pérez C, Ayala M, Macías MA, Sandoval H, Javier C, Mena E, Andrade E, González F, Rodríguez E, Vidal A, Munguía L, Luna M, Espinosa JM, Cuellar A, Camarillo L, Ramos S, Sánchez M, Guevara E, Flores JA, López B, Ruiz R, Pacheco J, Ramírez M, Aguilar J, Juárez J, Vera V, Gama A, Cruz R, Hurtado F, Del Campo RM, Vera F, (2000). Mexican Strong Motion Data Base, *Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*, CDROM, Vol 2.
- Alcántara L, Quaas R, Pérez Citlali, Javier C, Flores Alonso, Mena E, Espinosa J M, López B, Cuellar A, Camarillo L, González F, Guevara E, Ramírez M, Vidal A, Ayala M, Ramos S y Macías M A, (2001). La base mexicana de datos de sismos fuertes. Un sistema en CDRom para la obtención de acelerogramas de 1960 a 1999, 2º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica, AIBIS, España.
- Alcántara L, González-Pomposo G, Almora D, Posada-Sánchez A E, Macías M A, Jiménez J, Torres M, Pérez A, Vázquez R, Ayala M, Lima I y Felix S, (2002). La red de Acelerógrafos de la ciudad de Puebla. Informe de actividades durante 2001, *Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*, reporte interno RACP-II/BUAP-07, México.
- Alcántara L, Almora D, Macías M A, Castro G, Velasco J M, Torres M, Vázquez R, Ayala M, Pérez C, Sandoval H y Ruiz A L, (2005). La red de registro de sismos fuertes en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Pasado, presente y futuro, *XV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, CDROM, I-08.
- Alcántara L, Alcocer S M, Almora D, Torres M, Sandoval H, Macías MA, Vázquez R, Ayala M, Velasco J M, Castro G, (2007). Instalación y puesta en marcha de 35 estaciones acelerográficas con equipo sísmico especializado de la Red Sísmica Mexicana, informe elaborado para la Secretaría de Gobernación, convenio SEGOB-UNAM 20305-820-20-VI-07, *Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Alcántara L y Valdés C, (2010). La observación sísmica en la UNAM y su integración a la Red Sísmica Mexicana, *Revista Digital Universitaria*, Vol. 11, No. 1, ISSN: 1067-6079, México.
- Alcántara L, Almora D, Posada-Sánchez A E, Macías M A, Ruíz A L, Molina I, Torres M, Jiménez J, Flores M, Vázquez R, Nava D G, (2011). La red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla, informe de actividades del año 2009, *Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*, México.
- Anderson J G (2004). Quantitative measure of goodness-of-fit of synthetic seismographs, *Proceedings 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver BC, Canada, 243.
- Árias A, (1970). A measure of earthquake intensity, R J Hansen, ed. *Seismic Design of Nuclear Power Plants*, MIT Press, Cambridge, Mass., 438-483.
- Arroyo D, García D, Ordaz M, Mora M A, Singh S K (2010). Strong ground-motion relations for Mexican interpolate earthquakes, *Journal of Seismology*, 14:769-785.

- Asomoza G, Vera A, Reyes L (1998). Zonificación geotécnica para el área urbana del valle de Puebla, *XIX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, SMMS*, 67-74, Puebla, México.
- Auvinet G, (1976). Zonificación de suelos de la ciudad de Puebla, *VII Reunión Nacional de Mecánica de suelos*, Tomo II, México.
- Bolt B A, (1973). Duration of strong ground motion. *Proceedings of the 5th World Conference on Earthquake Engineering*, 292.
- Boomer J J, Martinez-Pereira A (1996). The prediction of strong-motion duration for engineering design, *Proceedings. of the 11th World Conference on Earthquake Engineering*, 84.
- Bommer J J, Martinez-Pereira A, (1999). The effective duration of earthquake strong motion, *Journal of Earthquake Engineering* 3:2, 127–172.
- Buntine W L, Weigend A S (1991). Bayesian backpropagation, *Complex Systems*, Vol 5, 603-643.
- Chopra A K, (2001). Dynamic of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering, 2nd ed., *Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ*.
- Dobry R, Idriss I M, Ng E, (1978). Duration characteristic of horizontal components of strong motion earthquake records, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 68:1487-1520.
- Esteva L, (1963). Los temblores de mayo de 1962 en Acapulco, *Revista Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*, Vol. I, No. 2.
- Esteva L, Rosenblueth E, (1964). Espectros de temblores a distancias moderadas y grandes, *Revista Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*, 2:1-18
- Flood I, Kartam N, (1994). Neural networks in civil engineering. I: principles and understanding, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol 8, No. 2, 131-148.
- García S R, Romo M P, Taboada-Urtuzuástegui V, Mendoza M J, (2002). Sand behavior modeling using static and dynamic artificial neural networks, *Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*, SID/631, ISBN 970-32-0291-8
- García S R, (2009). Cómputo aproximado en la solución de problemas geosísmicos, *Tesis Doctoral, División de Estudios Superiores, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Hernández B, Shapiro N M, Singh S K, Pacheco J F, Cotton F, Campillo M, Iglesias A, Cruz V, Gómez J M y Alcántara L, (2001). Rupture History of September 30, 1999 Intraplate Earthquake of Oaxaca, Mexico (Mw=7.5) from Inversion of Strong-Motion Data, *Geophysical Research Letters*, Vol. 28, No. 2, 363-366.
- Housner G W, (1965). Measures of severity of earthquake ground shaking, *U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, Ann Harbor, MI.
- Husid L, (1969). Características de terremotos, Análisis general, *Revista del IDIEM* 8, Santiago del Chile, pp. 21–42.
- Jiménez G, (1997). Microzonificación sísmica de la ciudad de Puebla, Tesis de Maestría, *División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*.

- Kempton J, Stewart J, (2006). Prediction equations for Significant duration of earthquake ground motions considering site and near-source effects, *Earthquake Spectra*, Vol 22, No. 4, 985–1013, EERI.
- Kingston G B, Lambert M F, Maier H R (2005). Bayesian parameter estimation applied to artificial neural networks used for hydrological modeling, *Water Resources Research*, Vol 41, article ID: W12409.
- Kramer L S, (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, *Prentice Hall, Upper Saddle River*, NJ.
- León J L, (1976). Información general acerca del subsuelo de 17 ciudades de México, *VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, SMMS*, 157-170, México.
- Limaymanta M, Lermo J, Alcántara L, (2008). Evaluación de los efectos de sitio y la caracterización de los terrenos de cimentación con fines de diseño sísmico. Estudios en tres ciudades Mexicanas, *XIII Congreso Latinoamericano de Geología y XIV Congreso Nacional de Geología*, Lima, Perú.
- MacKay G, (1992). A practical Bayesian framework for backpropagation networks, *Neural Computation*, Vol 4, 448-472
- Mohraz B, Peng M H, (1989). The use of low-pass filtering in determining the duration of strong ground motion, *Publication PVP-182, Pressure Vessels and Piping Division, ASME*, 197–200.
- Nishenko S P and Singh S K, (1987). Conditional probabilities for the recurrence of large and great interplate earthquakes along the Mexican Subduction zone, *BSSA*, 77, 2095-2114.
- Novikova E I, Trifunac M D, (1994). Duration of strong ground motion in terms of earthquake magnitude, epicentral distance, site conditions and site geometry, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 23, 1023–1043.
- Ordaz M, Singh S K, (2004). Sistema VIBEF3, *Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Ordaz M, Montoya C, (2012). Sistema DEGTRA v9.0, *Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Ovando E, Contreras R y Samano A, (1995). Seismic cone test in Mexico City, *X Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos*, Vol 1, 340-352, Guadalajara, México.
- Ovando E, Romo M P, Alcántara L, Samano A, Carmona G, González-Pomposo G, Gutiérrez C, Flores R, Posada-Sánchez A E, Sandoval H, (2000). Propiedades y respuesta dinámicas del subsuelo en algunos sitios de la ciudad de Puebla, *XX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos*, Vol 2, SMMS, Oaxaca, México.
- Rangel J L, Romo M P y Ovando E, (1999). Shear wave evaluation of Mexico City clays using artificial neural networks, *reporte interno, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Reinoso E, Ordaz M, (2001). Duration of strong ground motion during Mexican earthquakes in terms of magnitude, distance to the rupture area and dominant site period, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 30, 653-673.

- Romo M R, Rangel J L, Flores O y García S R, (1998). Aplicación de redes neuronales artificiales a la geotecnia, *XIX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos*, 418-427, Puebla, México.
- Romo M P, (1999). Earthquake geotechnical engineering and artificial neural networks, *4th Arthur Casagrande Lecture, Proc of the XI Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 4, Foz do Iguassu, Brasil.
- Ruíz A L, (2002). Sistema de Procesamiento de Acelerogramas Mexicanos, *Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Reporte interno*.
- Rumelhart D E, Hinton G E, Williams R J, (1986). Learning internal representations by error propagation, *in Parallel Distributed Processing: Exploration in the Microstructure of Cognition*, Vol 1, (eds. D E Rumelhart and J L McClelland), MIT Press, Cambridge MA, 318-62.
- Sarma S K, (1970). Energy flux of strong earthquakes, *Tectonophysics* 11, 159–173.
- Servicio Sismológico Nacional, (2012). Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, <http://www.ssn.unam.mx/>.
- Shahin M A, Maier H R, Jaksa M B, (2005). Investigation into the robustness of artificial neural networks models for a case study in civil engineering, *Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM, 2005)*, 79-83, Melbourne, Australia.
- Shahin M A, Jaksa M B, Maier H R, (2009). Recent Advances and Future Challenges for Artificial Neural Systems in Geotechnical Engineering Applications, *Advances in Artificial Neural Systems (open access journal)* Vol 2009, article ID: 308239.
- Shepherd, A J, (1997). Second-order methods for neural networks: fast and reliable training methods for multilayer perceptrons, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, New York.
- Singh S K, Ordaz M, Pacheco J F, Quaas R, Alcántara L, Alcocer S, Gutiérrez C, Meli R y Ovando E, (1999). A preliminary report on the Tehuacán, México earthquake of June 15, 1999 (Mw=7.0), *Seismological Research Letters*, 70, 489-504.
- Singh S K, Ordaz M, Alcántara L, Shapiro N, Kostoglodov V, Pacheco J F, Alcocer S, Gutiérrez C, Quaas R, Mikumo y Ovando E, (2000). The Oaxaca earthquake of September 30, 1999 (Mw=7.5): A normal-faulting event in the subducted Cocos plate, *Seismological Research Letters*, 71, 67-78.
- Singh S K (2007). *Comunicación personal*.
- Sudheer K P, Nayak P C, Ramasastri K S, (2003). Improving peak flow estimates in artificial neural network river flow models, *Hydrological Processes*, Vol 17, No. 3, 677-686.
- Trifunac M D, Brady A G, (1975). A study on the duration of strong ground motion, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 65:581-626.
- Trifunac M D, Westermo B D, (1982). Duration of strong earthquake shaking, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 1:117-121.

Zeevaert L. (1963). Mediciones y cálculos sísmicos durante los temblores registrados en la ciudad de México en mayo de 1962, *Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*, Vol I, No.1.

ANEXO A

Tabla A1	Conjunto de entrenamiento Fase Intensa Puebla
Tabla A2.	Conjunto de prueba Fase Intensa Puebla
Tabla A3	Conjunto de entrenamiento Fase Intensa Oaxaca
Tabla A4	Conjunto de prueba Fase Intensa Oaxaca
Tabla A5	Conjunto de entrenamiento Espectros de Respuesta Oaxaca
Tabla A6-a 20	Ordenadas espectrales de entrenamiento

Tabla A1. Conjunto de entrenamiento Fase Intensa Puebla

NODOS DE ENTRADA NS					NODOS DE SALIDA NS	
M	R	Pf	Ts	Az	D-Arias	RNA DH1
	(Km)	(Km)	(s)	(°)	(s)	(s)
7.2	169	22	0.2	118.01	89.5	89.50
7.2	34	22	0.2	162.33	21.4	21.40
7.2	240	22	0.2	163.31	65.4	65.40
7.2	133	22	0.2	126.19	43.1	43.10
7.2	124	22	0.2	146.13	25.6	25.60
7.2	118	22	0.2	136.49	26.2	26.20
6.5	82	20	0.2	288.15	25.9	25.90
6.5	36	20	0.2	117.41	13.8	14.87
6.5	105	20	0.2	294.25	34.1	34.10
6.5	181	20	0.2	269.46	42.3	42.30
6.5	204	20	0.2	240.39	64.4	65.55
6.5	175	20	0.2	253.76	48.6	48.59
6.5	50	20	0.2	301.15	15.9	15.90
6.5	144	20	0.2	287.78	28.6	28.61
6.5	19	20	0.2	315.47	9.8	9.80
6.5	16	20	0.2	129.4	14.4	14.37
6.5	204	20	0.2	240.39	66.7	65.55
6.5	167	20	0.2	282.89	29.7	29.71
6.5	184	20	0.2	247.96	41.9	41.92
6.5	90	20	0.2	129.52	22.4	22.41
6.5	154	20	0.2	291.41	27.7	27.68
6.5	37	20	0.2	117.24	16	14.95
6.9	35	16	0.2	240.23	15.8	15.80
6.5	222	16	0.2	286.23	30.8	30.80
6.5	192	16	0.2	281.76	42.5	42.50
6.5	131	16	0.2	266.66	20.1	20.10
6.5	89	16	0.2	262.77	28.9	28.90
5	259	18	0.2	145.25	39.9	39.90
5	39	18	0.2	295.16	9	9.00
5	225	18	0.2	137.59	13.4	13.40
5	6	18	0.2	334.36	4.7	4.70
5	139	18	0.2	104.95	18.7	18.70
4.8	52	30	0.2	284.26	19.2	19.20
6.2	29	33	0.2	253.42	15	15.00
6.2	158	33	0.2	165.28	35.1	35.10
6.2	203	33	0.2	111.79	62	62.00
5.5	153	66	0.2	326.09	43.6	43.60
5.5	196	66	0.2	321.23	43.2	43.20

Tabla A1 (continuación)

5.5	112	66	0.2	348.02	32.6	32.60
5.5	180	66	0.2	269.29	55.8	55.84
5.5	92	66	0.2	6.19	33.6	33.60
5.5	181	66	0.2	269.25	59.3	59.26
5.5	126	66	0.2	343.8	36.9	36.90
5.5	76	66	0.2	56.89	22.2	22.20
5.5	112	66	0.2	70.42	34.2	34.20
5.5	89	66	0.2	18.48	26.5	26.50
5.8	110	54	0.2	94.58	40.1	40.10
5.8	51	54	0.2	93.07	16.1	16.10
7.2	311	22	1.1	193.77	72.7	72.70
6.5	359	20	1.1	241.87	75.3	75.30
6.9	526	16	1.1	258.37	71.3	71.30
5	289	18	1.1	181.65	33.9	33.90
4.8	119	30	1.1	186.22	40.4	40.40
6.2	420	33	1.1	151.85	79.3	79.30
5.8	389	54	1.1	255	68	68.00
7.2	301	22	0.7	193.15	58.3	58.30
6.5	350	20	0.7	242.72	41.3	41.30
6.9	518	16	0.7	259.23	39.9	39.90
7.2	310	22	1.3	193.73	83.6	83.60
6.5	358	20	1.3	241.91	39.9	39.90
6.9	525	16	1.3	258.41	46.8	46.80
5	288	18	1.3	181.59	16.2	16.20
6.2	419	33	1.3	151.79	40.6	40.60
7.5	364	16	1.3	160.15	67.7	67.70

Tabla A1 (continuación)

NODOS DE ENTRADA EW					NODOS DE SALIDA EW	
M	R	Pf	Ts	Az	D-Arias	RNA DH2
	(Km)	(Km)	(s)	(°)	(s)	(s)
7.2	169	22	0.2	118.01	127	127.00
7.2	34	22	0.2	162.33	21.8	21.80
7.2	240	22	0.2	163.31	62.6	62.60
7.2	133	22	0.2	126.19	44.3	44.30
7.2	124	22	0.2	146.13	28.8	28.80
7.2	118	22	0.2	136.49	28.6	28.60
6.5	82	20	0.2	288.15	27	27.00
6.5	36	20	0.2	117.41	14.8	14.51
6.5	105	20	0.2	294.25	47.9	47.89
6.5	181	20	0.2	269.46	48.3	48.30
6.5	204	20	0.2	240.39	65.2	65.25
6.5	175	20	0.2	253.76	49.1	49.10
6.5	50	20	0.2	301.15	16.7	16.70
6.5	144	20	0.2	287.78	32.2	32.20
6.5	19	20	0.2	315.47	10.4	10.40
6.5	16	20	0.2	129.4	13.7	13.71
6.5	204	20	0.2	240.39	65.3	65.25
6.5	167	20	0.2	282.89	36.2	36.20
6.5	184	20	0.2	247.96	45.6	45.60
6.5	90	20	0.2	129.52	19.4	19.40
6.5	154	20	0.2	291.41	30.7	30.70
6.5	37	20	0.2	117.24	14.3	14.58
6.9	35	16	0.2	240.23	14.3	14.30
6.5	222	16	0.2	286.23	38.6	38.60
6.5	192	16	0.2	281.76	43.1	43.10
6.5	131	16	0.2	266.66	16.1	16.10
6.5	89	16	0.2	262.77	27.3	27.30
5	259	18	0.2	145.25	45.1	45.11
5	39	18	0.2	295.16	11.9	11.90
5	225	18	0.2	137.59	14.7	14.71
5	6	18	0.2	334.36	2.8	2.80
5	139	18	0.2	104.95	32.7	32.70
4.8	52	30	0.2	284.26	19.2	19.20
6.2	29	33	0.2	253.42	15.6	15.60
6.2	158	33	0.2	165.28	38.2	38.20
6.2	203	33	0.2	111.79	52.4	52.40
5.5	153	66	0.2	326.09	38.6	38.60
5.5	196	66	0.2	321.23	41.7	41.70
5.5	112	66	0.2	348.02	39.5	39.52

5.5	180	66	0.2	269.29	60.1	60.30
-----	-----	----	-----	--------	------	-------

Tabla A1 (continuación)

5.5	92	66	0.2	6.19	32.5	32.50
5.5	181	66	0.2	269.25	63.3	63.09
5.5	126	66	0.2	343.8	39.5	39.48
5.5	76	66	0.2	56.89	27.1	27.10
5.5	112	66	0.2	70.42	38	38.00
5.5	89	66	0.2	18.48	31.7	31.70
5.8	110	54	0.2	94.58	36.2	36.20
5.8	51	54	0.2	93.07	18.8	18.80
7.2	311	22	1.1	193.77	70.1	70.10
6.5	359	20	1.1	241.87	93.7	93.69
6.9	526	16	1.1	258.37	88.4	88.39
5	289	18	1.1	181.65	35.8	35.79
4.8	119	30	1.1	186.22	39.3	39.30
6.2	420	33	1.1	151.85	87.1	87.10
5.8	389	54	1.1	255	72.8	72.80
7.2	301	22	0.7	193.15	43.7	43.70
6.5	350	20	0.7	242.72	39.7	39.70
6.9	518	16	0.7	259.23	43.2	43.20
7.2	310	22	1.3	193.73	70.6	70.60
6.5	358	20	1.3	241.91	38.6	38.61
6.9	525	16	1.3	258.41	45	45.01
5	288	18	1.3	181.59	16.1	16.10
6.2	419	33	1.3	151.79	44.3	44.30
7.5	364	16	1.3	160.15	70.6	70.60

Tabla A1 (continuación)

NODOS DE ENTRADA V					NODOS DE SALIDA V	
M	R	Pf	Ts	Az	D-Arias	RNA V
	(Km)	(Km)	(s)	(°)	(s)	(s)
7.2	169	22	0.2	118.01	173.7	173.7
7.2	34	22	0.2	162.33	25.3	25.3
7.2	240	22	0.2	163.31	105.5	105.5
7.2	133	22	0.2	126.19	39.4	39.4
7.2	124	22	0.2	146.13	33.5	33.5
7.2	118	22	0.2	136.49	32.9	32.9
6.5	82	20	0.2	288.15	26.9	26.9
6.5	36	20	0.2	117.41	18.6	19.1
6.5	105	20	0.2	294.25	44.1	44.1
6.5	181	20	0.2	269.46	50.9	50.9
6.5	204	20	0.2	240.39	108.6	86.9
6.5	175	20	0.2	253.76	56.4	56.4
6.5	50	20	0.2	301.15	18.3	18.3
6.5	144	20	0.2	287.78	35.1	35.1
6.5	19	20	0.2	315.47	12.8	12.8
6.5	16	20	0.2	129.4	16.2	16.2
6.5	204	20	0.2	240.39	65.2	86.9
6.5	167	20	0.2	282.89	35.8	35.8
6.5	184	20	0.2	247.96	53.4	53.4
6.5	90	20	0.2	129.52	26.4	26.4
6.5	154	20	0.2	291.41	39.1	39.1
6.5	37	20	0.2	117.24	19.7	19.2
6.9	35	16	0.2	240.23	17.2	17.2
6.5	222	16	0.2	286.23	40.1	40.1
6.5	192	16	0.2	281.76	40.4	40.4
6.5	131	16	0.2	266.66	21.8	21.8
6.5	89	16	0.2	262.77	28	28.0
5	259	18	0.2	145.25	45.2	45.2
5	39	18	0.2	295.16	11.3	11.3
5	225	18	0.2	137.59	15.2	15.2
5	6	18	0.2	334.36	6.7	6.7
5	139	18	0.2	104.95	31.7	31.7
4.8	52	30	0.2	284.26	20.6	20.6
6.2	29	33	0.2	253.42	13.9	13.9
6.2	158	33	0.2	165.28	36.6	36.6
6.2	203	33	0.2	111.79	76.2	76.2
5.5	153	66	0.2	326.09	40.7	40.7
5.5	196	66	0.2	321.23	48.1	48.1

5.5	112	66	0.2	348.02	34.5	34.5
-----	-----	----	-----	--------	------	------

Tabla A1 (continuación)

5.5	180	66	0.2	269.29	60.3	60.1
5.5	92	66	0.2	6.19	30	30.0
5.5	181	66	0.2	269.25	59.6	59.8
5.5	126	66	0.2	343.8	37.1	37.1
5.5	76	66	0.2	56.89	30.1	30.1
5.5	112	66	0.2	70.42	38.8	38.8
5.5	89	66	0.2	18.48	31.4	31.4
5.8	110	54	0.2	94.58	43.5	43.5
5.8	51	54	0.2	93.07	21.3	21.3
7.2	311	22	1.1	193.77	82.2	82.2
6.5	359	20	1.1	241.87	94.3	94.3
6.9	526	16	1.1	258.37	105.5	105.5
4.8	119	30	1.1	186.22	42.7	42.7
6.2	420	33	1.1	151.85	113.3	113.3
5.8	389	54	1.1	255	78.2	78.2
7.2	301	22	0.7	193.15	56.3	56.3
6.5	350	20	0.7	242.72	43.6	43.6
6.9	518	16	0.7	259.23	42.5	42.5
7.2	310	22	1.3	193.73	88.5	88.5
6.5	358	20	1.3	241.91	39.4	39.4
6.9	525	16	1.3	258.41	46.4	46.4
5	288	18	1.3	181.59	17.8	17.8
6.2	419	33	1.3	151.79	45.8	45.8
7.5	364	16	1.3	160.15	79.8	79.8
6.8	313	19	1.1	206.88	54.7	93.5

Tabla A2. Conjunto de prueba Fase Intensa Puebla

NODOS DE ENTRADA NS					NODOS DE SALIDA NS	
M	R	Pf	Ts	Az	D-Arias	RNA DH1
	(Km)	(Km)	(s)	(°)	(s)	(s)
6.8	313	19	1.1	206.88	50.2	69.63
6.7	356	3	1.1	181.19	65	68.05
5.2	395	16	1.1	181.25	40.8	43.95
5.9	381	16	1.1	196.61	39.8	60.61
6.3	861	80	1.1	122.23	68.1	84.06
5.5	325	66	1.1	256.7	53	70.89
7	121	69	1.1	138.89	28.9	65.90
7.5	365	16	1.1	160.22	80	70.71
5.3	386	16	0.7	180.36	22	68.55
4.9	305	7	0.7	179.79	26.8	31.27
6.2	414	33	0.7	150.57	27.4	96.37
7	118	69	0.7	134.1	25.6	95.11
7.8	373	19	1.3	153.43	31.6	72.29
5.3	394	33	1.3	157.3	28.7	49.32
4.5	424	33	1.3	148.4	58.6	56.29
7	365	28	1.3	243	50.9	46.37
7	112	70	1.3	184.4	21.1	64.33
7.3	435	14	1.3	253.55	51.9	58.62
6	364	33	1.3	194.33	12.8	32.29
5.2	453	74	1.3	132.01	10.6	58.66
8.1	510	15	1.3	258.5	57.1	63.56
7.6	363	15	1.3	252.63	38.6	63.48
6.7	355	3	1.3	181.14	33.1	60.58
5.2	394	16	1.3	181.2	27.1	28.29

Tabla A2 (continuación)

NODOS DE ENTRADA EW					NODOS DE SALIDA EW	
M	R	Pf	Ts	Az	D-Arias	RNA DH2
	(Km)	(Km)	(s)	(°)	(s)	(s)
6.8	313	19	1.1	206.88	69.4	84.76
6.7	356	3	1.1	181.19	73	37.18
5.2	395	16	1.1	181.25	40.2	36.41
5.9	381	16	1.1	196.61	43.1	45.47
6.3	861	80	1.1	122.23	69.2	193.84
5.5	325	66	1.1	256.7	52.5	46.45
7	121	69	1.1	138.89	24.2	38.46
7.5	365	16	1.1	160.22	71.7	66.55
5.3	386	16	0.7	180.36	21.6	39.89
4.9	305	7	0.7	179.79	21.9	37.57
6.2	414	33	0.7	150.57	25.8	109.36
7	118	69	0.7	134.1	19.3	57.06
7.8	373	19	1.3	153.43	32.1	85.85
5.3	394	33	1.3	157.3	25.9	34.68
4.5	424	33	1.3	148.4	59	33.87
7	365	28	1.3	243	30.6	90.87
7	112	70	1.3	184.4	22.5	42.13
7.3	435	14	1.3	253.55	97.7	51.71
6	364	33	1.3	194.33	13.3	41.57
5.2	453	74	1.3	132.01	12.1	57.25
8.1	510	15	1.3	258.5	55.6	82.76
7.6	363	15	1.3	252.63	39.4	66.97
6.7	355	3	1.3	181.14	33.2	24.43
5.2	394	16	1.3	181.2	24.5	33.42

Tabla A2 (continuación)

NODOS DE ENTRADA V					NODOS DE SALIDA V	
M	R	Pf	Ts	Az	D-Arias	RNA V
	(Km)	(Km)	(s)	(°)	(s)	(s)
6.7	356	3	1.1	181.19	71.4	77.3
5.2	395	16	1.1	181.25	44.6	-12.4
5	289	18	1.1	181.65	41.7	-6.5
5.9	381	16	1.1	196.61	49.3	24.9
6.3	861	80	1.1	122.23	71.9	175.7
5.5	325	66	1.1	256.7	55.2	82.1
7	121	69	1.1	138.89	35	44.1
7.5	365	16	1.1	160.22	85.6	82.3
5.3	386	16	0.7	180.36	20.7	-23.5
4.9	305	7	0.7	179.79	28.3	-23.3
6.2	414	33	0.7	150.57	28	194.9
7	118	69	0.7	134.1	26.4	35.2
7	365	28	1.3	243	55.5	82.3
7.3	435	14	1.3	253.55	78.1	86.7
6	364	33	1.3	194.33	12.9	28.1
5.2	453	74	1.3	132.01	13.1	19.8
8.1	510	15	1.3	258.5	55.6	92.3
7.6	363	15	1.3	252.63	37.3	87.6
6.7	355	3	1.3	181.14	33.9	42.0
5.2	394	16	1.3	181.2	25.7	1.6

Tabla A3. Conjunto de entrenamiento Fase Intensa Oaxaca

NODOS DE ENTRADA NS					NODOS DE SALIDA NS	
Grupo de suelo	M	R	Pf	Az	D-Arias	RNA DH1
		(Km)	(Km)	(°)	(s)	(s)
2	4.4	24	91	334.4	9.4	9.39
2	4.7	142	16	198.3	9.6	9.91
1	4.3	21	71	223.5	10.3	10.29
2	4.5	55	84	0.7	10.5	10.57
2	4.7	130	28	205.8	10.5	11.78
2	5.0	91	39	124.3	10.5	10.50
2	4.5	153	34	319.4	11.3	11.26
1	4.4	17	66	225	12.9	12.89
2	4.4	19	66	220.4	13.1	13.11
2	5.0	215	115	97.8	14.2	14.24
3	4.3	23	71	228.8	14.9	14.93
1	4.8	195	100	105	14.9	15.51
2	4.7	180	8	161.3	14.9	14.94
2	5.9	257	31	194.3	15	15.02
3	4.4	18	66	229.8	15.1	15.08
1	4.3	22	71	225.4	15.5	15.54
2	4.1	76	45	226	16.1	16.23
2	4.3	24	71	221.3	17.1	17.16
2	4.8	199	100	105.2	18	17.97
2	4.3	21	71	216.3	18.4	18.31
1	4.4	118	13	219.3	18.5	18.48
2	4.5	139	22	205.4	19.3	19.48
1	5.6	128	8	192.3	19.8	23.46
2	4.3	90	87	185.6	19.9	19.90
2	4.4	85	135	79.1	20	19.98
1	4.3	114	63	70.7	20.5	20.48
1	4.9	140	45	206.5	20.6	20.53
1	5.7	187	66	114.9	20.7	21.28
2	5.5	135	16	194.9	21.7	21.70
2	7.0	197	70	301	21.9	21.90
1	5.7	188	66	115	22.1	21.54
1	5.1	131	3	209.5	22.7	22.64
2	5.5	134	16	193.7	23.1	23.07
3	4.8	194	100	105	23.3	23.30
2	4.9	143	45	205.7	23.8	23.64
3	4.5	58	84	358.9	23.9	23.91
1	4.9	141	45	206	24	24.41
2	6.8	136	84	12.4	24.1	24.11

Tabla A3 (continuación)

2	4.5	57	84	3.4	24.4	24.33
1	4.9	141	45	206	24.8	24.41
2	4.6	196	16	202.3	25.6	25.51
2	4.4	159	42	59.1	25.7	25.71
2	4.3	116	63	72.7	25.9	25.89
2	4.4	145	28	203.3	26.1	26.11
2	4.4	125	43	205.8	26.6	26.54
2	5.3	382	210	98.8	26.6	26.60
2	4.6	181	25	261.5	26.7	26.78
1	5.1	132	3	209	26.9	26.92
3	5.7	185	66	115.1	27	27.02
2	5.6	131	8	191.8	27.1	27.11
3	4.5	72	28	178.2	27.3	27.30
2	4.5	73	28	174.8	27.6	27.68
3	4.7	138	63	140.1	27.7	27.69
3	4.5	156	34	319.5	27.7	27.69
1	4.8	196	100	104.9	27.7	27.11
1	4.3	130	50	156.6	28.1	28.11
2	7.6	130	16	195.5	28.1	28.10
1	4.4	122	43	205.8	28.8	28.88
2	5.4	477	141	107.1	28.9	28.90
2	4.7	130	109	60.6	28.9	29.15
3	5.6	129	8	192.9	29	29.01
2	4.7	141	16	197.2	29	28.91
1	5.5	133	16	194.7	29.1	29.09
1	5.6	129	8	192.4	29.3	25.63
3	4.7	140	16	199.3	29.5	29.50
1	4.5	58	84	1.1	29.6	30.19
1	4.7	140	16	198.9	29.6	29.83
1	4.4	82	135	78	29.7	29.70
1	4.5	130	30	222	29.7	29.68
1	4.6	193	16	202.3	29.9	29.72
1	5.1	131	3	208.6	30.1	30.19
2	4.9	141	45	204.7	30.3	30.38
2	4.3	132	50	155.8	30.6	30.56
2	4.7	128	28	204.7	31	29.47
1	4.5	58	84	0	31.2	30.61
2	4.7	133	109	61	31.3	31.06
3	4.9	142	45	206.8	31.5	31.51
1	5.8	165	10	227.5	31.8	33.80

2	5.7	190	66	115	31.9	31.90
---	-----	-----	----	-----	------	-------

Tabla A3 (continuación)

1	5.3	132	106	88.2	31.9	36.76
1	4.7	120	11	188.9	32.6	32.60
2	4.6	124	27	203.3	33	33.25
2	4.7	143	7	179.8	33	32.88
2	6.4	159	33	166.1	33.2	33.20
2	7.0	212	24	245.3	33.2	33.21
1	4.7	128	28	206.6	33.3	33.28
1	4.7	132	109	59.1	33.9	34.29
1	5.8	165	10	227.9	34.7	33.86
2	5.9	261	47	294.5	34.8	34.81
2	5.3	132	106	89.3	35	35.98
1	4.7	132	109	59.9	35.1	34.72
1	5.8	165	10	227.2	35.1	33.89
2	5.3	94	10	131.6	35.2	35.31
3	4.7	130	109	59.2	35.3	35.30
2	4.5	130	30	220.2	36	35.70
2	6.0	219	20	232.6	36.3	36.31
1	6.0	220	20	233.6	36.3	36.33
2	5.0	178	84	227.9	36.5	36.50
3	5.1	133	3	209.7	37	36.98
3	7.6	848	10	278.4	37.1	37.10
3	5.3	91	10	131.1	37.2	37.20
1	5.1	147	115	31.3	37.3	37.36
2	6.3	375	36	115.5	37.3	37.30
2	5.8	165	10	226.3	37.6	37.62
1	5.4	218	142	80.1	37.6	40.69
2	7.0	148	69	324.1	37.6	37.60
1	5.3	91	10	130	37.7	37.69
2	5.6	130	8	190.6	38	38.02
1	6.3	371	36	115.5	38.5	38.50
1	5.3	132	106	88.5	38.6	36.39
2	7.3	246	22	250.3	38.7	38.70
2	4.7	122	11	187.1	39.1	39.11
2	4.6	172	131	71.3	39.5	39.35
1	5.3	133	106	88.2	40	37.25
2	4.6	202	133	80.3	40.2	40.13
2	5.1	145	115	31.7	40.4	41.95
3	6.4	491	20	125.3	40.6	40.60

3	7.5	128	16	196.6	40.7	40.70
3	5.1	146	115	30.6	40.9	40.90
2	5.3	95	10	130.1	41.5	41.39

Tabla A3 (continuación)

2	6.0	391	70	119	42	42.00
3	5.3	130	106	88.1	42.4	42.40
2	4.7	175	131	71.4	42.7	43.01
2	6.4	496	20	125.2	42.8	42.80
2	5.3	135	106	89	43.2	42.33
2	5.3	275	33	149.2	43.4	43.40
1	4.6	173	131	70.6	43.4	43.39
2	4.4	218	145	79	44.6	44.60
3	6.3	370	36	115.5	45.2	45.20
2	5.1	147	115	32.6	45.2	43.60
1	4.3	89	87	187.8	45.6	45.60
2	5.4	217	142	81.1	47.5	47.41
2	5.0	283	116	103.7	47.7	47.69
1	5.4	218	142	80.5	47.8	44.72
2	5.4	220	142	81.1	51.5	51.51
2	4.9	218	150	78.1	51.6	51.71
3	7.0	151	69	324.1	51.7	51.70

Tabla A3 (continuación)

NODOS DE ENTRADA EW					NODOS DE SALIDA EW	
Grupo de suelo	M	R	Pf	Az	D-Arias	RNA DH2
		(Km)	(Km)	(°)	(s)	(s)
2	4.7	142	16	198.3	8.3	8.44
2	4.5	139	22	205.4	8.4	8.67
2	4.4	24	91	334.4	9.5	9.50
2	5.0	91	39	124.3	10.2	10.20
2	4.7	130	28	205.8	10.4	10.70
2	4.5	55	84	0.7	11.5	12.23
1	4.3	21	71	223.5	12	11.86
2	4.5	153	34	319.4	12.5	12.52
3	4.4	18	66	229.8	13.4	13.39
2	5.0	215	115	97.8	13.8	13.79
2	4.7	180	8	161.3	14	14.01
2	4.3	90	87	185.6	14.4	14.40
1	4.4	17	66	225	14.7	14.78
1	4.4	18	66	227.5	15.2	15.41
1	4.3	128	50	156.6	15.6	15.63
2	5.4	66	22	95.9	16	16.06
2	4.7	141	16	197.2	16.5	16.42
2	5.9	257	31	194.3	16.7	16.72
2	4.3	24	71	221.3	17.3	17.01
3	4.3	23	71	228.8	17.5	17.50
1	4.3	89	87	187.1	17.5	17.52
3	4.7	138	63	140.1	17.9	17.90
2	4.1	76	45	226	18.3	18.45
1	4.3	21	71	228.7	18.4	18.26
2	4.8	199	100	105.2	18.6	18.59
2	4.4	17	66	213.9	18.8	18.81
1	4.8	195	100	105	19	19.00
2	7.0	197	70	301	19.2	19.20
1	4.4	118	13	219.3	19.3	19.33
1	4.9	141	45	206	19.3	21.71
3	5.7	185	66	115.1	20.7	20.69
2	4.8	160	10	178.7	20.8	20.78
3	4.7	140	16	199.3	21.1	21.11
3	4.8	194	100	105	21.3	21.31
2	4.4	85	135	79.1	21.4	21.39
2	4.7	128	28	204.7	21.4	20.83
2	4.3	21	71	216.3	21.7	21.96
2	4.3	116	63	72.7	22	22.02

Tabla A3 (continuación)

1	5.5	132	16	195.4	22	22.00
1	4.3	114	63	70.7	22.4	22.40
1	4.4	122	43	205.8	22.6	22.62
3	5.6	129	8	192.9	23.2	23.21
2	4.7	142	63	139.2	23.4	23.41
2	5.5	134	16	193.7	23.5	23.44
1	5.6	128	8	192.3	23.6	23.99
2	6.8	136	84	12.4	23.6	23.60
3	4.5	58	84	358.9	23.9	23.89
1	5.7	188	66	115	24	26.97
1	4.9	140	45	206.5	24.1	26.05
1	4.6	193	16	202.3	24.3	24.30
2	4.3	132	50	155.8	24.5	24.50
3	4.9	142	45	206.8	24.8	24.80
3	5.5	133	16	195.9	25.4	25.39
1	4.4	145	28	204.2	25.4	25.38
1	4.4	82	135	78	25.6	25.61
1	4.5	72	28	177.4	25.7	25.71
2	7.6	130	16	195.5	25.8	25.81
1	5.6	129	8	191.9	26.3	30.22
2	5.4	477	141	107.1	26.5	26.50
2	5.1	132	3	207.5	26.5	26.49
1	4.7	140	16	198.9	26.7	26.69
2	5.6	130	8	190.6	27.1	27.13
3	4.5	156	34	319.5	27.2	27.20
2	4.4	145	28	203.3	27.3	27.10
1	4.7	120	11	188.9	27.7	27.70
2	4.5	57	84	3.4	27.8	27.07
2	5.1	134	3	208.5	27.9	27.92
1	4.3	130	50	156.2	28.5	28.47
2	5.6	131	8	191.8	28.9	28.89
2	4.6	196	16	202.3	29	29.37
2	5.3	382	210	98.8	29.3	29.30
3	5.1	133	3	209.7	29.5	29.50
2	4.6	124	27	203.3	29.5	29.70
1	4.5	58	84	0	29.9	30.19
1	5.7	188	66	114.8	30.1	27.14
1	4.7	132	109	59.1	30.1	31.08
1	4.9	141	45	206.4	30.1	25.70
1	5.1	131	3	208.6	30.1	30.07

1	4.7	138	63	139.8	30.2	30.18
---	-----	-----	----	-------	------	-------

Tabla A3 (continuación)

2	4.7	133	109	61	31	32.07
1	4.5	58	84	1.1	31.6	31.33
1	4.7	128	28	206.6	31.9	31.90
1	5.6	129	8	192.4	31.9	31.54
2	6.4	159	33	166.1	32.2	32.20
2	4.5	130	30	220.2	32.5	32.29
2	4.6	194	16	201.5	33	32.67
2	4.7	122	11	187.1	33.1	33.09
1	5.8	165	10	227.2	33.4	36.13
3	4.7	130	109	59.2	34.1	34.09
1	5.6	129	8	191.9	34.2	30.22
3	5.3	91	10	131.1	34.3	34.31
2	5.7	190	66	115	34.5	34.48
2	4.7	130	109	60.6	34.7	33.63
2	7.3	246	22	250.3	34.8	34.80
2	5.8	167	10	226.8	35.7	35.69
1	6.3	371	36	115.5	36.4	36.40
3	6.4	491	20	125.3	36.7	36.70
1	5.1	147	115	31.3	37.1	37.94
3	7.5	128	16	196.6	37.4	37.40
2	4.6	181	25	261.5	37.6	37.59
1	4.7	132	109	59.9	37.8	36.82
2	5.2	176	10	240.5	37.9	37.97
1	5.8	165	10	227.5	38.2	36.66
2	6.0	219	20	232.6	38.3	38.31
2	6.3	375	36	115.5	38.4	38.38
1	5.8	165	10	227.9	38.6	37.37
1	5.1	147	115	31	39.1	38.25
2	5.0	178	84	227.9	39.8	39.80
2	5.1	145	115	31.7	40.2	40.20
2	4.6	202	133	80.3	40.7	40.73
2	5.3	95	10	130.1	40.8	40.77
1	4.3	89	87	187.8	41	40.99
2	5.3	275	33	149.2	41	41.01
1	5.3	132	106	88.5	41.1	41.46
3	5.1	146	115	30.6	41.2	41.20
1	5.3	133	106	88.2	41.4	41.54
3	6.3	370	36	115.5	41.7	41.70

2	5.9	261	47	294.5	41.9	41.89
1	5.3	132	106	88.2	42	41.53
2	6.0	391	70	119	42	42.00

Tabla A3 (continuación)

2	4.7	175	131	71.4	42.1	42.10
2	7.0	148	69	324.1	42.3	42.29
3	5.3	130	106	88.1	42.5	42.50
1	6.0	220	20	233.6	43.4	43.51
1	4.6	173	131	70.1	43.4	43.40
2	6.4	496	20	125.2	43.7	43.71
2	5.0	283	116	103.7	44.2	44.18
2	4.4	218	145	79	44.6	44.61
1	5.4	218	142	80.1	45.8	46.77
3	7.6	848	10	278.4	47.6	47.59
2	5.4	217	142	81.1	47.6	47.85
2	5.3	135	106	89	48.3	48.31
1	5.4	218	142	80.5	48.3	47.78
1	5.4	219	142	80.5	48.4	47.96
2	5.4	220	142	81.1	50.3	50.03
2	4.9	218	150	78.1	52.6	52.62
3	7.0	151	69	324.1	53.6	53.60

Tabla A3 (continuación)

NODOS DE ENTRADA V					NODOS DE SALIDA V	
Grupo de suelo	M	R	Pf	Az	D-Arias	RNA DH2
		(Km)	(Km)	(°)	(s)	(s)
1	4.3	21	71	223.5	9.6	9.59
2	4.4	24	91	334.4	9.6	9.61
1	4.3	21	71	228.7	10.6	10.60
3	4.3	23	71	228.8	10.9	10.89
2	4.7	130	28	205.8	11.3	11.29
1	4.3	22	71	225.4	11.6	11.61
2	5.0	91	39	124.3	12	11.98
3	4.4	18	66	229.8	13.2	13.21
2	4.5	55	84	0.7	13.6	14.95
2	4.7	142	16	198.3	13.7	13.70
1	4.4	17	66	225	13.7	13.84
1	4.4	17	66	225	14	13.84
2	4.5	153	34	319.4	14.1	14.11
2	4.3	24	71	221.3	14.2	14.23
2	4.4	17	66	213.9	15.1	15.13
2	4.4	19	66	220.4	15.3	15.30
1	4.4	18	66	227.5	15.8	15.81
2	4.3	21	71	216.3	16.8	16.76
2	5.0	215	115	97.8	18.5	18.50
2	5.9	257	31	194.3	18.7	18.70
2	5.4	66	22	95.9	19.4	19.41
2	7.0	197	70	301	21.9	21.90
3	4.5	72	28	178.2	22.4	22.40
2	4.5	139	22	205.4	22.8	22.82
2	4.4	145	28	203.3	24.7	24.74
1	4.4	145	28	204.2	24.9	24.90
2	4.8	199	100	105.2	25	25.06
3	4.5	58	84	358.9	25	24.99
2	4.1	76	45	226	25.2	25.19
1	4.3	89	87	187.1	25.2	25.21
2	4.4	125	43	205.8	26.4	26.41
2	4.4	159	42	59.1	27.4	27.43
1	5.1	131	3	208.6	27.6	29.13
2	4.6	196	16	202.3	27.8	27.68
1	5.5	133	16	194.7	28	28.02
3	4.5	156	34	319.5	28.2	28.20
1	5.1	131	3	209.5	28.3	29.23
2	5.1	134	3	208.5	28.6	28.61

Tabla A3 (continuación)

2	4.7	141	16	197.2	28.9	28.89
1	4.5	58	84	1.1	29	31.13
3	4.7	138	63	140.1	29	28.99
1	4.3	130	50	156.2	29	29.00
2	4.5	57	84	3.4	29.2	27.79
1	4.8	195	100	105	29.4	29.41
2	6.8	136	84	12.4	29.9	29.90
2	4.5	73	28	174.8	30.4	30.43
2	4.3	116	63	72.7	30.5	30.53
1	4.3	114	63	70.7	30.5	30.49
1	4.5	72	28	177.4	30.6	30.59
1	5.6	129	8	191.9	30.8	30.76
3	4.7	140	16	199.3	31.5	31.50
1	5.1	132	3	209	31.6	29.18
1	5.1	147	115	31.3	31.8	32.95
1	4.9	141	45	206	31.8	32.41
2	5.7	188	66	115.6	31.9	31.90
2	4.7	143	7	179.8	31.9	31.90
2	4.7	130	109	60.6	35.6	35.60
2	4.9	141	45	204.7	32.4	32.41
1	5.6	128	8	192.3	32.4	33.37
2	7.6	130	16	195.5	32.4	32.40
3	4.8	194	100	105	32.5	32.50
1	4.9	140	45	206.5	33.1	32.47
2	4.6	194	16	201.5	33.1	33.23
1	4.5	58	84	0	33.4	31.26
1	4.7	132	109	59.1	33.5	33.74
3	5.6	129	8	192.9	33.6	33.60
2	5.4	477	141	107.1	33.7	33.69
1	4.7	140	16	198.9	34	34.00
1	5.1	147	115	31	34.1	32.96
3	5.7	185	66	115.1	35.7	35.71
2	5.5	134	16	193.7	34.5	34.51
3	4.9	142	45	206.8	34.6	34.60
1	5.6	129	8	192.4	34.9	33.95
3	5.5	133	16	195.9	34.9	34.91
1	4.7	132	109	59.9	35.1	34.84
1	5.8	165	10	227.2	35.5	36.23
2	4.5	130	30	220.2	35.5	35.49
3	5.1	133	3	209.7	34.4	34.39

2	5.1	132	3	207.5	36.5	36.51
---	-----	-----	---	-------	------	-------

Tabla A3 (continuación)

2	5.8	167	10	226.8	36.8	38.63
1	5.7	188	66	114.8	37.1	37.09
3	6.4	491	20	125.3	37.1	37.09
2	4.3	90	87	185.6	26.4	26.42
2	4.8	160	10	178.7	37.4	37.36
2	7.0	212	24	245.3	37.4	37.40
2	4.6	181	25	261.5	37.5	37.53
1	4.4	82	135	78	37.8	37.80
2	5.1	145	115	31.7	37.8	38.10
1	4.7	120	11	188.9	37.8	37.79
3	5.1	146	115	30.6	38.3	38.30
2	4.6	218	134	74.9	38.3	38.30
2	7.3	246	22	250.3	38.4	38.40
2	4.3	132	50	155.8	38.6	38.62
2	5.3	132	106	89.3	39	39.05
2	4.7	122	11	187.1	39.2	39.17
2	4.7	128	28	204.7	31.4	31.40
2	4.6	172	131	71.3	39.6	39.60
2	5.1	147	115	32.6	39.8	39.50
1	5.3	132	106	88.2	40.2	40.19
2	5.7	190	66	115	40.5	40.50
2	5.8	165	10	226.3	40.6	38.77
1	5.3	91	10	130.7	40.6	40.94
1	4.6	173	131	70.1	40.7	40.78
1	4.6	173	131	70.6	40.7	40.63
2	5.3	94	10	131.6	40.8	40.87
1	5.8	165	10	227.5	40.9	40.16
3	5.3	91	10	131.1	41	40.99
2	5.0	178	84	227.9	41.1	41.10
2	5.2	176	10	240.5	41.8	41.78
3	5.3	130	106	88.1	41.9	41.89
1	5.3	91	10	130	42	41.66
3	7.6	848	10	278.4	42	42.00
2	4.6	202	133	80.3	42.5	42.49
2	4.4	218	145	79	42.8	42.80
3	7.5	128	16	196.6	42.9	42.90
2	4.9	218	150	78.1	43.2	43.20
2	4.4	123	43	204.6	43.3	43.23

1	6.0	220	20	233.6	43.9	43.92
2	5.3	95	10	130.1	45.4	45.33
2	5.3	135	106	89	45.4	45.34

Tabla A3 (continuación)

1	6.3	371	36	115.5	45.5	45.49
2	7.0	148	69	324.1	46.4	46.40
1	5.4	218	142	80.5	47.4	48.47
2	5.4	217	142	81.1	47.5	47.65
2	5.3	275	33	149.2	47.7	47.70
2	6.4	496	20	125.2	47.9	47.90
2	5.4	220	142	81.1	48.2	48.07
1	5.4	218	142	80.1	48.8	48.52
1	4.3	89	87	187.8	48.9	48.87
1	5.4	219	142	80.5	49.3	48.50
2	5.0	283	116	103.7	52.1	52.08
3	6.3	370	36	115.5	52.4	52.40
2	5.3	382	210	98.8	52.9	52.90
2	6.3	375	36	115.5	53.1	53.10
2	6.0	391	70	119	54.3	54.29
2	5.9	261	47	294.5	56.8	56.80
3	7.0	151	69	324.1	64.8	64.80

Tabla A4. Conjunto de prueba Fase Intensa Oaxaca

NODOS DE ENTRADA NS					NODOS DE SALIDA NS	
Grupo de suelo	M	R	Pf	Az	D-Arias	RNA DH1
		(Km)	(Km)	(°)	(s)	(s)
1	4.4	18	66	227.5	15.6	12.69
1	4.4	17	66	225	15.7	12.89
1	4.3	21	71	228.7	16.4	15.32
2	5.4	66	22	95.9	16.5	26.15
2	4.4	17	66	213.9	17.8	17.84
1	4.3	128	50	156.6	19.3	27.96
1	4.3	89	87	187.1	19.8	26.16
1	5.5	132	16	195.4	19.9	28.97
2	5.7	188	66	115.6	21	30.27
1	4.9	141	45	206.4	23.1	20.95
1	4.4	145	28	204.2	26	26.09
1	5.7	188	66	114.8	27.1	21.84
1	4.3	130	50	156.2	27.7	27.96
2	5.1	132	3	207.5	28.2	24.24
2	5.1	134	3	208.5	28.5	25.31
1	4.7	138	63	139.8	28.8	20.17
1	5.5	133	16	195.1	29.2	29.18
1	5.6	129	8	191.9	30.3	27.23
1	5.6	129	8	191.9	31	27.23
1	4.5	72	28	177.4	31.6	29.65
2	4.8	160	10	178.7	31.6	33.10
2	4.7	142	63	139.2	31.7	29.77
2	4.4	123	43	204.6	32.2	31.93
2	4.6	194	16	201.5	32.6	22.46
2	4.7	123	11	188.5	33.6	43.04
2	5.8	167	10	226.8	33.8	38.23
3	5.5	133	16	195.9	34.9	25.83
1	4.7	132	109	59.7	35	34.62
1	5.1	147	115	31	37.2	37.37
2	5.2	176	10	240.5	37.4	33.34
1	5.3	91	10	130.7	37.8	37.41
1	4.6	173	131	70.1	44.2	43.70
2	4.6	218	134	74.9	44.7	43.54
1	5.4	219	142	80.5	48.6	47.40

Tabla A4 (continuación)

NODOS DE ENTRADA EW					NODOS DE SALIDA EW	
Grupo de suelo	M	R	Pf	Az	D-Arias	RNA TH2
		(Km)	(Km)	(°)	(s)	(s)
2	4.4	19	66	220.4	14	14.53
1	4.4	17	66	225	14.1	14.78
1	4.3	22	71	225.4	15	15.26
1	4.9	141	45	206	19.9	21.71
2	5.5	135	16	194.9	20.2	19.15
3	4.5	72	28	178.2	21.5	30.45
2	4.4	159	42	59.1	21.8	27.56
2	5.7	188	66	115.6	22.7	34.18
1	5.7	187	66	114.9	24.8	26.92
2	4.4	125	43	205.8	25.3	17.09
2	4.4	123	43	204.6	26.5	27.60
2	4.7	143	7	179.8	26.7	27.53
2	4.9	141	45	204.7	27.4	19.18
1	4.3	130	50	156.6	27.7	18.40
2	4.9	143	45	205.7	27.9	26.05
1	5.5	133	16	194.7	28.9	38.14
1	5.1	131	3	209.5	30.2	32.37
2	4.5	73	28	174.8	30.3	21.06
1	4.8	196	100	104.9	30.4	19.00
1	5.1	132	3	209	32	31.03
2	4.7	123	11	188.5	32.1	33.23
2	7.0	212	24	245.3	32.6	37.04
1	4.5	130	30	222	32.9	32.44
1	5.5	133	16	195.1	33.5	34.39
1	4.7	132	109	59.7	33.9	35.39
1	5.3	91	10	130	33.9	38.01
1	5.3	91	10	130.7	37.8	38.04
2	5.8	165	10	226.3	38	34.95
2	5.3	94	10	131.6	39.8	40.65
2	4.6	172	131	71.3	40.8	38.16
1	4.6	173	131	70.6	41.2	42.23
2	5.3	132	106	89.3	42.2	43.26
2	5.1	147	115	32.6	42.3	41.49
2	4.6	218	134	74.9	44.6	45.78

Tabla A4 (continuación)

NODOS DE ENTRADA V						NODOS DE SALIDA V	
Grupo de suelo	M	R	Pf	Az	D-Arias	RNA V	
		(Km)	(Km)	(°)	(s)	(s)	
2	5.5	135	16	194.9	26.3	34.49	
2	4.7	123	11	188.5	37.3	39.35	
1	4.4	118	13	219.3	26.9	18.99	
1	4.4	122	43	205.8	27.3	38.01	
1	4.9	141	45	206	27.7	32.41	
2	4.7	180	8	161.3	28.5	35.03	
1	5.5	132	16	195.4	28.9	28.97	
1	4.3	128	50	156.6	30.5	28.81	
2	4.9	143	45	205.7	30.9	30.29	
1	5.6	129	8	191.9	38.6	30.76	
2	5.6	130	8	190.6	31.6	29.09	
1	4.8	196	100	104.9	32	29.46	
2	4.4	85	135	79.1	32	22.42	
1	4.5	130	30	222	32.2	34.54	
1	4.3	130	50	156.6	32.4	28.96	
2	5.6	131	8	191.8	33.1	30.26	
1	5.7	187	66	114.9	34.2	36.99	
1	4.7	138	63	139.8	34.3	41.08	
1	4.7	128	28	206.6	35.7	34.21	
1	5.7	188	66	115	34.4	37.01	
2	6.4	159	33	166.1	34.5	30.92	
1	5.5	133	16	195.1	34.8	28.23	
2	4.6	124	27	203.3	32	34.04	
2	4.7	142	63	139.2	35.7	41.51	
3	4.7	130	109	59.2	35.7	34.06	
1	4.7	132	109	59.7	34.4	34.57	
1	4.9	141	45	206.4	35.8	32.44	
2	4.7	133	109	61	35.9	36.55	
1	4.6	193	16	202.3	36.1	32.35	
1	5.3	132	106	88.5	39.8	40.19	
1	5.8	165	10	227.9	40.2	44.99	
1	5.3	133	106	88.2	41.6	40.18	
2	4.7	175	131	71.4	41.7	39.00	
2	6.0	219	20	232.6	43.5	41.71	

Tabla A5. Conjunto de entrenamiento Espectros de Respuesta Oaxaca

Estación	Sismo	Coordenadas		M	R (km)	Pf (km)	Az (°)
		Longitud	Latitud				
OXAL	200401131	-96.725	17.061	5.1	131	3	208.64
	200401171	-96.725	17.061	4.7	132	109	59.86
	200402181	-96.725	17.061	4.3	21	71	223.54
	200408011	-96.725	17.061	4.6	192	16	202.28
	200109081	-96.725	17.061	4.8	195	100	104.87
	200110031	-96.725	17.061	4.4	16	66	225
	200404201	-96.725	17.061	5.4	218	142	80.5
	200406141	-96.725	17.061	5.8	164	10	227.22
	199911061	-96.725	17.061	4.5	57	84	1.1
	199911101	-96.725	17.061	4.3	89	87	187.13
	200206072	-96.725	17.061	5.6	128	8	191.89
	200401132	-96.725	17.061	5.5	132	16	194.67
	200208271	-96.725	17.061	4.9	140	45	205.96
	200408181	-96.725	17.061	5.7	187	66	114.75
OXFM	200208051	-96.716	17.084	5.3	93	10	131.62
	200212291	-96.716	17.084	4.6	171	131	71.32
	200401131	-96.716	17.084	5.1	134	3	208.54
	200401171	-96.716	17.084	4.7	130	109	60.56
	200402181	-96.716	17.084	4.3	23	71	221.28
	200408011	-96.716	17.084	4.6	195	16	202.29
	198206072	-96.716	17.084	7	211	24	245.33
	199802031	-96.716	17.084	6.4	158	33	166.06
	200110031	-96.716	17.084	4.4	19	66	220.39
	200201301	-96.716	17.084	5.1	144	115	31.72
	200404201	-96.716	17.084	5.4	217	142	81.09
	200406141	-96.716	17.084	5.8	167	10	226.84
	197308281	-96.716	17.084	6.8	136	84	12.44
	199408271	-96.716	17.084	5	214	115	97.82
	199408281	-96.716	17.084	5.4	65	22	95.93
	199805021	-96.716	17.084	4.4	23	91	334.38
	199906151	-96.716	17.084	7	147	69	324.08
	199911061	-96.716	17.084	4.5	54	84	0.69
	200206072	-96.716	17.084	5.6	131	8	191.84
	200401132	-96.716	17.084	5.5	135	16	194.85
197811291	-96.716	17.084	7.8	119	19	178.63	
199509141	-96.716	17.084	7.3	246	22	250.32	
200208271	-96.716	17.084	4.9	143	45	205.66	
200408181	-96.716	17.084	5.7	187	66	115.57	
198010241	-96.716	17.084	7	197	70	301.01	
199909301	-96.716	17.084	7.6	129	16	195.48	

Tabla A 5. (continuación)

Estación	Sismo	Coordenadas		M	R (km)	Pf (km)	Az (°)
		Longitud	Latitud				
OXLC	200208051	-96.703	17.065	5.3	90	10	131.12
	200401131	-96.703	17.065	5.1	132	3	209.74
	200401171	-96.703	17.065	4.7	130	109	59.2
	200402181	-96.703	17.065	4.3	23	71	228.81
	200001191	-96.703	17.065	4.5	71	28	178.24
	200109081	-96.703	17.065	4.8	193	100	105.03
	200110031	-96.703	17.065	4.4	18	66	229.76
	200201301	-96.703	17.065	5.1	146	115	30.6
	199906151	-96.703	17.065	6.5	150	69	324.13
	199911061	-96.703	17.065	4.5	57	84	358.9
	200206072	-96.703	17.065	5.6	129	8	192.85
	200401132	-96.703	17.065	5.5	133	16	195.88
	200408181	-96.703	17.065	5.7	184	66	115.08
	199909301	-96.703	17.065	7.5	127	16	196.56
OXPM	200003011	-96.717	17.061	4.7	139	16	198.86
	200111101	-96.717	17.061	6	220	20	233.58
	200205111	-96.717	17.061	4.5	130	30	221.95
	200208051	-96.717	17.061	5.3	91	10	130.67
	200212291	-96.717	17.061	4.6	172	131	70.56
	200401131	-96.717	17.061	5.1	131	3	209.02
	200401171	-96.717	17.061	4.7	131	109	59.65
	200001191	-96.717	17.061	4.5	72	28	177.36
	200109081	-96.717	17.061	4.8	194	100	104.95
	200110031	-96.717	17.061	4.4	17	66	227.49
	200201301	-96.717	17.061	5.1	146	115	30.96
	200404201	-96.717	17.061	5.4	217	142	80.46
	200406141	-96.717	17.061	5.8	165	10	227.45
	199911061	-96.717	17.061	4.5	57	84	0
	199912171	-96.717	17.061	4.4	81	135	77.96
	200206072	-96.717	17.061	5.6	128	8	192.37
	200401132	-96.717	17.061	5.5	132	16	195.09
200208271	-96.717	17.061	4.9	141	45	206.37	
200408181	-96.717	17.061	5.7	186	66	114.87	

Tabla A 5. (continuación)

Estación	Sismo	Coordenadas		M	R (km)	Pf (km)	Az (°)
		Longitud	Latitud				
OXTO	200003011	-96.744	17.078	4.7	140	16	197.16
	200009291	-96.744	17.078	4.7	142	63	139.16
	200101261	-96.744	17.078	5	177	84	227.92
	200102191	-96.744	17.078	4.8	160	10	178.65
	200102201	-96.744	17.078	4.7	180	8	161.3
	200111101	-96.744	17.078	6	218	20	232.6
	200201161	-96.744	17.078	6.3	374	36	115.48
	200205111	-96.744	17.078	4.5	129	30	220.15
	200212021	-96.744	17.078	4.7	142	7	179.82
	200212291	-96.744	17.078	4.7	174	131	71.43
	200302011	-96.744	17.078	5.3	381	210	98.81
	200401131	-96.744	17.078	5.1	132	3	207.5
	200401171	-96.744	17.078	4.7	133	109	60.95
	200402181	-96.744	17.078	4.3	21	71	216.29
	200408011	-96.744	17.078	4.6	193	16	201.52
	199910071	-96.744	17.078	4.4	144	28	203.26
	200001191	-96.744	17.078	4.5	73	28	174.81
	200007211	-96.744	17.078	5.9	261	47	294.45
	200010171	-96.744	17.078	5.4	476	141	107.09
	200109081	-96.744	17.078	4.8	198	100	105.22
	200110031	-96.744	17.078	4.4	16	66	213.9
	200201301	-96.744	17.078	5.1	146	115	32.6
	200202261	-96.744	17.078	5	283	116	103.71
	200306131	-96.744	17.078	4.1	76	45	226.04
	200307081	-96.744	17.078	4.6	217	134	74.92
	200404201	-96.744	17.078	5.4	220	142	81.05
	200406141	-96.744	17.078	5.8	164	10	226.28
	199910251	-96.744	17.078	4.6	181	25	261.54
	199911061	-96.744	17.078	4.5	56	84	3.37
	199911101	-96.744	17.078	4.3	90	87	185.64
	199911291	-96.744	17.078	4.4	218	145	79.02
	199912171	-96.744	17.078	4.4	84	135	79.11
	200206072	-96.744	17.078	5.6	130	8	190.57
	200401132	-96.744	17.078	5.5	133	16	193.65
	200208271	-96.744	17.078	4.9	141	45	204.65
	200408181	-96.744	17.078	5.7	190	66	115

Tabla A6. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXAL-NS

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986	
	OXAL NS	Ordenada Espectral	10.56	22.78	30.56	27.30	12.63	8.50	6.89	7.77	6.48	4.87	4.00	4.76	3.52	3.33	3.02	2.77	2.67
		5.34	13.65	16.67	9.04	3.16	2.02	2.37	1.68	1.28	1.55	1.90	1.25	1.10	0.88	0.92	1.02	0.80	
		18.32	28.25	76.06	30.13	9.97	5.94	4.16	2.56	1.80	1.38	1.05	0.81	0.67	0.57	0.49	0.44	0.40	
		3.44	10.59	17.86	6.44	4.62	1.60	1.31	0.81	0.57	0.48	0.61	0.76	0.51	0.44	0.33	0.27	0.25	
		8.75	15.18	40.70	16.96	10.68	5.41	5.27	4.65	4.25	4.02	2.47	1.50	1.11	0.95	0.78	0.71	0.56	
		23.62	47.17	113.07	55.05	20.79	12.51	6.70	3.93	3.44	3.77	2.70	2.22	1.95	1.71	1.45	1.29	1.07	
		5.17	11.99	22.48	10.94	7.40	5.60	4.72	2.82	2.04	1.64	1.43	1.19	1.23	1.34	1.07	0.77	0.54	
		10.66	23.31	48.41	35.22	14.01	9.38	12.10	8.17	6.65	4.86	5.84	4.11	5.03	5.33	3.93	3.62	4.13	
		6.46	14.07	25.52	9.54	5.33	5.09	3.96	2.35	1.70	1.46	1.21	0.96	0.72	0.55	0.42	0.40	0.35	
		4.34	10.88	15.88	6.80	2.97	1.44	1.31	1.29	1.23	0.64	0.53	0.49	0.34	0.26	0.28	0.32	0.25	
		13.75	28.25	43.48	33.06	26.26	16.50	18.63	16.82	7.75	7.30	6.18	5.93	6.84	9.09	9.18	7.47	4.95	
		21.73	30.15	74.74	74.26	37.23	27.36	28.21	21.94	18.86	11.14	10.60	8.39	7.13	4.94	5.19	4.55	4.25	
		11.28	17.04	43.39	36.92	27.88	12.42	8.82	8.71	4.81	4.88	3.90	2.82	3.01	2.30	2.70	1.85	1.22	
		26.36	41.85	94.04	65.59	24.93	18.74	26.51	16.45	17.13	16.55	19.23	25.04	20.01	13.59	11.91	9.75	6.38	
		Periodo (s)	1.047	1.108	1.1694	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
OXAL NS		Ordenada Espectral	2.61	2.24	1.88	1.47	1.15	1.00	0.85	0.70	0.59	0.52	0.45	0.40	0.33	0.31	0.30	0.27	0.25
		0.66	0.67	0.51	0.48	0.47	0.49	0.48	0.51	0.56	0.58	0.57	0.54	0.51	0.47	0.45	0.43	0.42	
		0.34	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	
		0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	
		0.43	0.35	0.35	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	
		0.88	0.73	0.60	0.55	0.50	0.46	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	
		0.42	0.37	0.37	0.35	0.34	0.32	0.29	0.26	0.25	0.26	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	
		4.18	3.42	2.39	1.78	1.40	1.58	1.62	1.61	1.34	1.30	1.18	0.98	0.83	0.74	0.70	0.66	0.60	
		0.28	0.24	0.21	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	
		0.16	0.13	0.13	0.13	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	
		3.26	2.36	2.01	1.73	1.68	1.65	1.85	1.69	1.51	1.42	1.35	1.29	1.18	1.09	0.88	0.71	0.63	
		3.71	3.56	2.76	2.26	1.82	1.62	1.49	1.26	1.19	1.12	1.11	1.19	1.14	1.04	0.98	0.90	0.83	
		1.08	1.01	0.91	0.61	0.52	0.52	0.51	0.45	0.45	0.40	0.35	0.31	0.31	0.29	0.26	0.24	0.21	
		4.15	3.69	3.58	3.27	3.13	3.23	3.20	3.07	3.16	3.26	3.13	2.75	2.37	2.37	2.33	2.17	1.95	
		Periodo (s)	2.085	2.146	2.2067	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
	OXAL NS	Ordenada Espectral	0.23	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	
		0.40	0.39	0.37	0.35	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15		
		0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04		
		0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05		
		0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08		
		0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07		
		0.54	0.50	0.47	0.43	0.39	0.36	0.35	0.36	0.38	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.25		
		0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		
		0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		
		0.55	0.50	0.47	0.47	0.46	0.46	0.44	0.40	0.36	0.31	0.27	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20		
		0.80	0.77	0.69	0.56	0.48	0.44	0.43	0.40	0.34	0.29	0.27	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28		
		0.20	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07		
		1.68	1.73	1.83	1.72	1.45	1.41	1.33	1.21	1.09	0.97	0.89	0.84	0.80	0.82	0.83	0.83		

Tabla A7. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXFM-NS

		0.01	0.071	0.132	0.1931	0.2541	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986	
OXFM NS	Periodo (s)	7.77	10.58	22.19	41.40	18.08	11.58	7.97	6.01	6.14	5.27	4.41	4.44	4.44	4.65	3.84	3.81	4.50	
	Ordenada Espectral	6.98	19.48	25.06	24.54	9.36	10.97	7.12	5.92	3.11	2.29	1.88	1.69	1.87	2.03	1.40	1.28	0.95	
	Ordenada Espectral	15.06	23.29	42.10	33.35	46.23	45.59	26.45	19.48	19.37	11.03	9.91	6.44	4.66	4.24	3.52	3.14	3.22	
	Ordenada Espectral	10.10	26.20	26.57	20.49	15.03	6.68	7.02	5.70	3.93	3.38	4.12	3.45	2.55	1.93	1.87	1.78	1.72	
	Ordenada Espectral	12.51	23.78	38.10	25.90	10.31	5.35	2.73	2.43	1.52	1.12	0.77	0.66	0.56	0.48	0.43	0.37	0.32	
	Ordenada Espectral	6.94	10.58	20.89	19.87	12.77	5.72	4.12	2.72	1.89	1.58	1.51	1.05	0.66	0.55	0.52	0.46	0.45	
	Ordenada Espectral	35.37	46.83	73.96	106.66	101.36	70.15	101.65	116.05	119.58	85.89	49.19	37.17	42.09	37.29	42.20	41.52	31.38	
	Ordenada Espectral	71.13	126.03	137.37	158.04	157.54	130.37	92.33	69.19	72.97	77.82	86.60	74.54	62.43	61.20	49.40	39.10	27.75	
	Ordenada Espectral	30.67	84.12	100.01	54.10	20.06	13.63	9.01	7.40	5.39	4.00	2.94	2.97	3.20	2.23	1.43	1.17	1.06	
	Ordenada Espectral	65.65	132.48	150.96	151.01	175.96	110.70	70.34	61.38	41.07	45.70	49.53	37.45	25.16	16.86	9.78	8.12	7.54	
	Ordenada Espectral	12.72	24.95	34.76	32.50	40.18	16.47	15.98	7.66	4.68	3.60	2.39	2.00	1.77	1.55	0.99	0.94	0.89	
	Ordenada Espectral	18.32	27.12	46.99	71.50	52.68	22.30	25.32	25.88	13.83	7.73	6.64	7.58	6.73	5.84	5.89	4.60	4.66	
	Ordenada Espectral	199.40	344.21	913.47	558.27	481.04	373.24	338.25	351.41	333.86	298.45	212.78	221.72	146.40	115.22	81.38	63.43	64.39	
	Ordenada Espectral	16.27	27.80	37.63	46.57	33.66	25.02	28.97	19.06	8.04	7.68	4.75	3.75	3.22	2.56	2.25	2.07	1.77	
	Ordenada Espectral	27.75	114.99	82.94	83.39	55.69	22.81	14.81	16.31	11.00	7.20	6.77	4.88	4.63	4.71	4.76	5.29	5.61	
	Ordenada Espectral	13.91	38.57	36.09	19.55	15.14	8.17	4.73	2.10	1.64	1.25	1.02	1.20	1.23	1.14	1.04	0.85	0.75	
	Ordenada Espectral	88.14	159.30	243.40	417.31	227.14	164.99	110.01	57.73	58.89	51.49	42.18	37.09	39.82	39.57	38.10	35.75	35.34	
	Ordenada Espectral	13.22	34.41	51.94	20.51	15.18	7.14	6.29	3.67	3.13	2.56	1.78	1.39	1.47	1.29	1.05	0.82	0.78	
	Ordenada Espectral	29.95	40.14	76.06	84.31	91.73	67.02	42.77	34.33	23.02	21.01	15.95	10.67	8.47	7.87	8.04	6.92	5.69	
	Ordenada Espectral	56.21	75.41	129.58	141.37	164.85	98.38	80.04	58.40	47.90	28.52	19.62	13.20	10.21	8.41	7.79	6.63	5.70	
	Ordenada Espectral	216.43	258.81	478.03	796.59	733.11	816.28	444.59	235.34	196.52	130.36	115.75	115.83	103.04	94.47	76.90	61.10	54.58	
	Ordenada Espectral	40.02	47.92	69.57	111.41	104.84	108.86	92.24	130.12	86.91	58.00	61.92	42.91	36.46	44.59	42.22	30.86	36.28	
	Ordenada Espectral	15.35	22.70	37.68	42.16	43.48	40.60	27.97	19.88	11.60	8.97	7.07	6.79	4.61	3.61	2.74	2.74	2.29	
	Ordenada Espectral	49.31	72.96	116.83	132.93	128.98	124.46	70.79	47.80	52.98	35.52	25.36	18.01	14.64	13.69	9.00	7.24	6.02	
	Ordenada Espectral	117.45	161.89	274.07	366.24	422.46	284.85	175.41	122.79	105.82	113.61	122.85	114.16	105.68	97.54	70.35	57.94	54.52	
	Ordenada Espectral	370.27	575.29	1076.82	1392.40	1288.32	650.08	450.03	399.34	351.50	254.82	214.39	202.24	210.46	134.41	106.19	122.37	102.01	
	OXFM NS	Periodo (s)	1.047	1.108	1.1694	1.2304	1.2914	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
		Ordenada Espectral	4.35	3.99	2.93	2.13	1.52	1.30	1.13	1.01	0.95	0.81	0.69	0.60	0.57	0.51	0.43	0.40	0.36
		Ordenada Espectral	0.83	0.77	0.73	0.66	0.56	0.48	0.44	0.40	0.38	0.37	0.35	0.32	0.29	0.25	0.21	0.20	0.19
		Ordenada Espectral	2.89	2.77	2.44	2.28	1.98	1.54	1.41	1.31	1.12	0.95	0.81	0.67	0.58	0.52	0.48	0.44	0.44
		Ordenada Espectral	1.53	1.58	1.52	1.47	1.45	1.43	1.34	1.17	1.13	1.15	1.13	1.06	0.99	0.93	0.86	0.81	0.75
		Ordenada Espectral	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
		Ordenada Espectral	0.42	0.39	0.33	0.26	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
		Ordenada Espectral	33.39	33.85	33.93	37.19	37.34	33.34	34.41	30.84	24.77	18.67	14.03	11.28	11.34	13.04	14.81	15.65	15.44
		Ordenada Espectral	18.24	17.44	15.87	13.71	13.13	13.91	13.46	13.10	10.83	8.42	6.93	6.71	6.43	5.87	5.81	6.00	5.58
		Ordenada Espectral	0.86	0.84	0.77	0.79	0.79	0.75	0.67	0.71	0.73	0.76	0.76	0.74	0.69	0.69	0.67	0.65	0.63
		Ordenada Espectral	6.99	5.90	6.03	6.29	6.06	5.48	5.17	5.15	4.99	4.41	3.68	3.74	3.81	3.81	3.53	3.22	3.07
		Ordenada Espectral	0.89	0.95	1.00	0.90	0.74	0.58	0.43	0.41	0.43	0.40	0.33	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
		Ordenada Espectral	6.23	6.22	6.11	5.30	4.93	3.92	3.74	3.26	2.53	2.16	1.78	1.40	1.13	0.94	0.85	0.83	0.79
		Ordenada Espectral	51.15	43.03	34.54	27.38	22.59	20.76	19.82	19.56	17.71	15.75	15.11	14.84	14.50	14.84	15.21	15.27	14.92
		Ordenada Espectral	1.47	1.34	1.22	1.08	1.07	1.18	1.16	1.05	1.04	1.13	1.18	1.09	1.12	1.09	0.96	0.85	0.74
Ordenada Espectral		5.24	5.43	5.41	5.14	4.84	4.50	4.25	4.16	3.93	3.59	3.25	2.94	2.69	2.54	2.46	2.40	2.34	
Ordenada Espectral		0.62	0.56	0.51	0.50	0.48	0.47	0.51	0.51	0.49	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
Ordenada Espectral		31.12	30.03	24.29	20.82	19.30	15.40	14.31	14.46	13.71	11.57	10.78	9.82	8.66	7.91	7.26	6.15	5.80	
Ordenada Espectral		0.74	0.64	0.62	0.61	0.55	0.55	0.51	0.46	0.40	0.35	0.30	0.28	0.26	0.27	0.28	0.27	0.27	
Ordenada Espectral		3.43	3.68	3.35	2.97	2.64	2.36	1.85	1.74	1.57	1.68	1.52	1.61	1.62	1.40	1.32	1.18	0.99	
Ordenada Espectral		5.94	5.26	4.82	4.13	3.34	2.78	2.49	2.20	1.79	1.78	1.72	1.55	1.54	1.32	1.22	1.09	0.94	
Ordenada Espectral		45.90	42.66	32.38	23.59	20.73	17.21	16.49	15.78	13.68	11.34	9.37	7.96	7.64	7.32	6.93	6.51	6.12	
Ordenada Espectral		39.72	44.86	47.06	42.16	35.41	28.13	19.88	18.99	18.91	17.64	16.59	15.46	14.37	15.74	16.50	17.22	17.77	
Ordenada Espectral		2.40	2.04	1.84	1.30	1.06	1.04	0.99	0.89	0.77	0.68	0.63	0.62	0.58	0.51	0.43	0.38	0.35	
Ordenada Espectral		6.42	5.34	4.60	4.32	4.55	5.36	5.61	5.40	4.79	4.34	3.77	3.14	2.57	2.66	2.69	2.67	2.63	
Ordenada Espectral		53.39	55.25	57.50	63.72	58.44	50.03	45.27	41.81	37.17	31.10	25.15	21.33	20.77	22.50	23.06	21.07	18.60	
Ordenada Espectral		86.09	66.69	53.39	45.10	47.17	50.17	60.09	58.17	53.28	46.69	37.77	33.55	29.29	28.99	31.84	30.92	28.84	

Tabla A7. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.2067	2.2678	2.3288	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
		OXFM NS	Ordenada Espectral	0.35	0.33	0.31	0.29	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
		0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	
		0.41	0.36	0.32	0.30	0.30	0.30	0.27	0.24	0.24	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.19	0.19	
		0.67	0.60	0.53	0.48	0.42	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.25	
		0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
		0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	
		14.17	13.08	12.48	12.57	12.64	12.91	13.11	12.70	11.75	10.77	9.84	8.80	7.77	6.82	6.00	5.37	
		4.63	3.84	3.78	3.87	3.83	3.56	3.15	2.77	2.45	2.18	1.93	1.75	1.65	1.59	1.56	1.53	
		0.62	0.61	0.60	0.58	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.52	
		2.97	2.76	2.57	2.40	2.23	2.11	2.05	2.00	1.90	1.77	1.67	1.60	1.57	1.54	1.48	1.39	
		0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	
		0.73	0.67	0.61	0.57	0.54	0.49	0.43	0.37	0.38	0.39	0.39	0.37	0.35	0.34	0.33	0.32	
		13.72	11.84	10.09	8.81	7.92	7.30	6.78	6.06	5.86	6.02	6.04	5.94	5.82	5.70	5.64	5.64	
		0.69	0.67	0.67	0.67	0.65	0.63	0.66	0.68	0.68	0.65	0.62	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	
		2.31	2.23	2.11	1.96	1.88	1.80	1.68	1.54	1.45	1.35	1.25	1.17	1.12	1.07	1.02	0.96	
		0.39	0.38	0.37	0.37	0.39	0.42	0.41	0.39	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.34	0.34	
		5.33	5.46	5.42	5.02	4.49	4.60	4.38	4.44	3.95	3.37	3.07	2.94	2.88	2.88	2.85	2.72	
		0.28	0.27	0.28	0.27	0.24	0.25	0.26	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.20	
		0.91	0.88	0.82	0.75	0.66	0.57	0.58	0.54	0.48	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	
		0.83	0.80	0.75	0.74	0.70	0.60	0.55	0.54	0.57	0.55	0.49	0.48	0.46	0.46	0.43	0.40	
		5.76	5.37	5.00	4.65	4.33	4.05	3.83	3.64	3.48	3.35	3.25	3.14	3.05	2.94	2.84	2.75	
		17.66	17.09	16.11	14.45	12.38	10.83	10.47	10.45	10.40	10.15	9.85	9.34	8.99	8.78	8.40	8.23	
		0.35	0.34	0.31	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	
		2.68	2.62	2.46	2.25	2.00	1.76	1.53	1.42	1.34	1.26	1.17	1.09	1.03	0.96	0.89	0.83	
		17.59	18.18	18.33	17.54	16.34	15.10	13.74	12.21	11.58	10.84	10.16	10.17	10.35	10.19	9.65	8.82	
		24.44	22.40	22.62	21.36	18.66	18.77	19.55	20.03	20.25	20.36	20.25	19.51	17.88	15.55	13.07	12.63	

Tabla A8. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXLC-NS

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
		OXLC NS	Ordenada Espectral	1.99	2.91	7.72	6.86	5.64	3.11	3.96	2.98	2.74	2.84	2.75	2.68	2.39	1.93	2.38
2.74	5.56			6.99	7.38	5.58	5.65	7.67	7.34	6.94	4.58	4.38	4.70	4.56	3.65	2.49	2.43	2.73
1.89	6.37			5.08	2.74	1.84	1.72	1.79	1.70	1.42	1.77	1.57	0.90	1.36	1.10	1.17	1.33	1.18
3.32	4.74			9.42	4.21	1.90	1.65	1.32	0.82	0.60	0.41	0.33	0.28	0.17	0.14	0.13	0.13	0.11
3.26	6.89			6.20	7.56	5.94	3.09	2.63	1.73	1.47	0.98	0.89	0.69	0.70	0.65	0.62	0.56	0.55
3.12	5.07			8.30	5.77	7.03	4.41	5.13	4.27	2.44	2.11	1.91	1.41	1.46	1.11	0.86	0.82	0.83
6.45	14.19			10.79	9.03	11.21	7.76	6.12	5.76	5.09	4.09	3.77	3.03	2.18	1.65	1.47	1.29	1.11
12.65	22.82			26.17	32.96	31.50	24.94	19.99	28.75	23.67	19.30	14.06	11.98	13.76	11.94	8.74	6.48	6.17
23.50	38.26			48.32	67.10	57.28	46.71	39.17	31.56	35.51	36.71	26.82	33.50	36.31	36.76	33.87	37.26	34.18
3.31	6.95			5.13	5.62	3.49	2.22	2.17	1.23	0.96	0.72	0.76	0.62	0.53	0.49	0.43	0.31	0.23
6.94	8.81			15.49	11.69	20.47	16.63	19.45	22.32	12.27	9.80	7.92	8.43	6.96	6.28	7.91	7.24	6.33
5.47	9.39			13.57	13.01	18.71	13.17	16.42	14.49	14.53	9.42	6.11	5.35	6.18	4.25	3.92	4.44	4.57
11.54	19.82			36.85	27.42	19.49	30.44	17.95	24.28	18.54	11.20	12.50	10.54	9.80	8.85	8.00	6.03	5.89
70.14	119.76			139.62	170.49	178.02	149.40	199.45	164.25	100.78	102.67	93.23	98.42	77.67	69.80	73.52	78.55	91.93
	Periodo (s)			1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902
OXLC NS	Ordenada Espectral	1.87	2.47	2.81	2.50	1.81	1.19	1.00	0.96	0.95	0.93	0.91	0.80	0.68	0.54	0.45	0.40	0.36
		2.82	2.37	2.04	1.85	1.61	1.47	1.45	1.40	1.23	0.96	0.74	0.60	0.54	0.51	0.49	0.45	0.41
		0.93	0.91	0.87	0.83	0.83	0.79	0.78	0.82	0.84	0.86	0.85	0.83	0.80	0.74	0.68	0.63	0.60
		0.09	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
		0.48	0.48	0.34	0.28	0.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11
		0.70	0.53	0.46	0.43	0.43	0.49	0.52	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17
		0.95	0.82	0.72	0.63	0.56	0.49	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
		4.94	4.48	4.59	4.84	4.97	4.76	4.50	4.38	4.75	4.88	4.61	3.94	3.44	3.22	2.99	2.72	2.53
		27.58	22.79	23.60	21.70	19.92	14.29	13.91	13.80	13.55	13.12	12.39	11.53	10.57	9.37	8.40	7.89	7.25
		0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04
		5.15	3.83	2.69	2.27	2.47	2.09	2.29	2.61	2.48	2.06	1.80	1.51	1.30	1.17	1.20	1.24	1.16
		4.67	4.37	3.86	3.63	3.28	2.97	2.82	2.41	1.78	1.62	1.70	1.63	1.45	1.47	1.43	1.33	1.15
		4.23	3.79	3.50	3.49	3.55	3.69	3.89	3.96	3.69	3.94	4.04	3.89	3.58	3.24	3.00	2.85	2.63
		87.11	78.92	67.83	68.77	51.85	43.96	41.10	47.44	47.91	42.89	38.39	37.10	31.79	28.11	23.82	22.44	24.14
			Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939
OXLC NS	Ordenada Espectral	0.33	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	
		0.37	0.35	0.34	0.29	0.26	0.26	0.26	0.25	0.22	0.19	0.18	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13	
		0.57	0.54	0.51	0.48	0.46	0.43	0.40	0.38	0.36	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	
		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
		0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	
		0.15	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	
		0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	
		2.34	2.09	1.98	1.89	1.82	1.76	1.69	1.62	1.56	1.50	1.44	1.37	1.31	1.27	1.23	1.18	
		6.62	6.06	5.49	4.91	4.98	4.44	3.70	3.72	3.44	3.04	2.66	2.35	2.38	2.37	2.32	2.23	
		0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		1.03	0.88	0.81	0.76	0.71	0.68	0.62	0.54	0.45	0.38	0.32	0.30	0.28	0.27	0.27	0.26	
		1.09	1.03	0.90	0.77	0.73	0.73	0.72	0.67	0.60	0.55	0.52	0.50	0.46	0.40	0.35	0.32	
		2.73	2.42	2.16	2.06	1.79	1.66	1.62	1.50	1.43	1.35	1.25	1.17	1.08	1.01	1.02	1.01	
		25.06	24.03	20.57	18.37	16.08	14.90	15.10	15.07	14.77	14.52	14.17	13.32	12.19	12.26	11.74	10.91	

Tabla A9. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXPM-NS

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
		OXPM NS	Ordenada Espectral	7.06	10.28	20.14	23.44	23.62	9.69	5.60	6.84	5.91	3.71	2.58	2.23	2.09	1.56	1.19
5.65	6.05			6.91	14.33	9.54	9.36	8.20	7.73	5.76	5.18	4.11	3.57	3.95	4.27	4.16	3.94	3.55
7.92	12.79			15.88	21.35	15.08	16.34	11.07	8.16	5.00	3.74	2.86	1.66	1.44	1.18	0.97	0.78	0.79
6.55	11.01			17.02	12.20	15.90	11.51	7.88	4.50	4.53	6.43	5.95	3.33	2.69	2.56	2.59	2.55	2.29
4.82	10.28			15.91	12.27	5.88	6.24	5.53	3.76	1.83	1.60	1.47	1.19	0.95	0.90	0.99	0.78	0.50
19.62	18.41			31.16	42.87	24.03	23.55	32.34	25.16	16.56	9.38	10.28	9.66	7.53	4.63	4.59	4.00	3.66
6.87	16.69			20.58	10.72	6.96	5.46	6.09	4.73	2.34	3.07	2.57	1.98	2.00	1.74	1.34	1.54	1.68
10.81	29.02			22.29	28.64	11.00	5.93	5.01	3.50	2.68	1.67	2.09	1.62	1.11	0.79	0.77	0.64	0.63
21.62	32.77			73.97	62.07	26.61	17.80	8.22	7.53	8.45	7.43	4.78	2.69	2.06	2.09	1.67	1.42	1.43
23.19	59.57			55.31	26.33	15.38	7.85	4.58	4.52	3.89	3.93	3.12	2.68	2.35	1.89	1.59	1.31	1.08
40.84	69.67			144.98	125.25	77.20	66.72	32.79	37.25	28.95	21.76	19.12	21.38	23.70	14.82	9.97	7.45	5.87
7.62	14.55			18.69	23.03	17.02	8.33	7.34	8.13	5.06	3.44	1.88	1.55	1.31	1.17	0.94	0.88	0.76
10.95	18.14			31.44	57.60	22.10	21.64	16.52	16.96	11.57	8.04	9.85	6.89	8.85	9.28	6.38	5.59	7.56
7.07	16.75			22.12	8.93	5.77	5.73	4.37	3.07	2.61	1.40	1.27	0.98	0.74	0.59	0.64	0.51	0.54
5.65	12.35			23.52	9.72	4.52	3.00	1.58	1.10	0.71	0.65	0.46	0.36	0.30	0.23	0.22	0.17	0.14
16.76	36.28			39.22	60.16	44.99	31.69	30.27	35.59	18.55	22.02	17.17	10.24	9.01	7.81	7.03	6.44	5.75
23.06	37.14			62.35	68.96	41.91	71.02	54.99	54.05	47.12	25.65	16.77	17.23	14.73	10.82	7.23	6.95	5.65
12.82	16.46			28.12	39.01	26.79	23.61	22.90	17.68	11.01	7.97	6.21	5.80	4.33	5.00	3.80	3.22	2.37
35.53	46.69			101.75	105.00	70.51	108.47	67.76	39.19	28.08	20.76	16.03	20.47	20.81	18.12	13.87	9.29	8.81
	Periodo (s)			1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902
OXPM NS	Ordenada Espectral	0.55	0.47	0.46	0.42	0.37	0.34	0.31	0.33	0.34	0.35	0.35	0.31	0.26	0.21	0.17	0.16	0.14
		3.03	2.43	2.23	1.84	1.43	1.13	0.88	0.71	0.62	0.55	0.49	0.44	0.39	0.35	0.34	0.32	0.32
		0.64	0.52	0.45	0.40	0.37	0.36	0.34	0.31	0.26	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.14	0.14	0.15
		2.70	2.87	2.55	2.15	1.59	1.29	1.09	0.94	0.89	0.75	0.64	0.53	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32
		0.41	0.44	0.47	0.46	0.42	0.39	0.37	0.39	0.40	0.41	0.41	0.40	0.37	0.33	0.29	0.27	0.25
		3.59	3.23	2.81	2.46	2.15	1.82	1.53	1.27	1.03	0.84	0.74	0.67	0.60	0.56	0.53	0.48	0.45
		0.97	0.82	0.84	0.85	0.85	0.87	0.85	0.91	0.94	0.93	0.89	0.88	0.87	0.84	0.77	0.69	0.63
		0.58	0.48	0.48	0.46	0.40	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12
		1.51	1.35	1.09	0.88	0.78	0.73	0.68	0.63	0.61	0.54	0.48	0.44	0.40	0.35	0.32	0.29	0.27
		0.89	0.74	0.65	0.58	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17
		5.21	5.60	5.72	5.28	5.67	5.97	6.00	5.77	5.90	5.15	4.97	4.82	4.53	4.17	3.72	3.21	2.89
		0.72	0.68	0.62	0.69	0.67	0.60	0.55	0.49	0.44	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29
		7.90	7.21	5.02	3.45	3.25	3.13	3.22	3.14	2.65	2.20	1.80	1.45	1.21	1.01	0.93	0.89	0.83
		0.47	0.36	0.26	0.23	0.21	0.17	0.14	0.14	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
		0.12	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
		4.99	3.72	3.11	3.25	3.25	2.53	2.08	2.08	2.24	2.17	1.89	1.48	1.23	1.29	1.19	1.00	0.83
		4.67	4.04	4.07	3.26	2.71	2.67	2.37	1.94	1.81	1.78	1.70	1.57	1.57	1.51	1.38	1.19	1.07
		1.82	1.45	1.50	1.21	0.90	0.83	0.68	0.67	0.62	0.56	0.52	0.52	0.53	0.48	0.42	0.37	0.33
		7.17	6.00	6.43	5.98	5.11	5.38	5.54	5.12	5.34	5.20	4.72	4.00	3.35	2.81	2.37	2.25	2.12

Tabla A9. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3
		OXPM NS	Ordenada Espectral	0.12	0.10	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
0.31	0.32			0.33	0.32	0.31	0.29	0.30	0.29	0.27	0.23	0.20	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19
0.15	0.14			0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.31	0.31			0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.13
0.24	0.23			0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07
0.40	0.39			0.38	0.34	0.34	0.33	0.30	0.27	0.25	0.24	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
0.58	0.53			0.50	0.48	0.46	0.43	0.41	0.39	0.36	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21
0.12	0.11			0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
0.24	0.23			0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10
0.16	0.15			0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06
2.81	2.67			2.50	2.35	2.21	2.06	1.90	1.74	1.65	1.58	1.51	1.44	1.38	1.34	1.30	1.26
0.26	0.24			0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10
0.76	0.71			0.66	0.62	0.56	0.52	0.49	0.50	0.51	0.51	0.50	0.48	0.45	0.43	0.41	0.39
0.08	0.08			0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
0.03	0.03			0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.71	0.62			0.53	0.51	0.52	0.51	0.49	0.44	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.25	0.24
1.03	1.03			0.98	0.85	0.82	0.77	0.67	0.58	0.54	0.51	0.49	0.45	0.47	0.48	0.47	0.46
0.29	0.27			0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	0.12
2.11	2.14			2.03	1.85	1.78	1.69	1.54	1.34	1.15	1.01	0.93	0.86	0.83	0.82	0.88	0.92

Tabla A10. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXTO-NS

	Periodo (S)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
		OXTO NS	Ordenada Espectral	10.29	12.75	18.16	30.03	25.83	17.00	17.11	26.05	25.86	19.22	10.67	7.62	5.05	3.76	3.01
		5.66	18.18	13.16	16.20	11.49	15.71	12.52	13.67	14.13	12.94	5.69	5.20	3.56	2.44	1.76	1.47	1.28
		3.99	5.85	7.26	12.22	9.41	9.21	13.74	16.45	14.97	18.91	11.23	8.02	4.96	3.12	2.75	2.67	2.68
		3.84	4.42	6.37	12.07	8.55	14.47	11.51	9.73	10.21	7.73	6.42	4.21	3.25	1.93	1.64	1.36	1.04
		5.58	5.97	9.49	19.06	12.42	12.35	15.37	14.82	14.84	13.27	12.03	8.69	5.81	4.23	3.15	2.34	1.75
		9.56	13.09	21.03	16.63	16.10	15.95	14.31	19.70	30.03	24.31	24.22	18.11	10.35	8.82	7.81	6.81	5.87
		14.14	15.56	17.68	18.33	22.51	26.48	36.81	39.78	63.47	73.19	47.25	34.06	23.84	19.34	17.86	15.91	11.58
		3.86	10.61	11.64	11.02	9.24	7.90	12.59	9.39	11.36	9.77	5.44	4.00	2.87	1.74	1.32	1.09	0.89
		8.03	14.93	14.44	15.30	6.72	6.89	9.07	9.66	9.11	7.25	4.60	3.26	1.85	1.47	1.12	0.81	0.61
		6.29	23.70	34.35	12.75	6.78	7.46	9.78	7.98	5.49	5.44	3.93	3.16	2.44	1.81	1.45	1.16	0.93
		2.96	8.33	10.15	8.64	6.66	4.71	5.08	7.48	7.18	12.07	5.57	3.62	2.63	1.83	1.36	1.10	0.88
		17.29	32.79	32.47	32.41	30.02	32.02	48.15	59.55	57.30	49.65	29.98	18.22	13.91	11.82	10.04	8.44	6.46
		10.02	41.99	31.06	13.32	6.54	8.50	14.27	13.45	10.46	15.42	8.59	6.25	3.98	2.85	2.83	2.60	2.57
		7.37	26.59	20.89	11.30	5.79	2.37	2.65	3.11	2.16	1.47	0.93	0.67	0.56	0.45	0.39	0.34	0.30
		4.19	6.41	14.09	9.58	6.62	4.17	4.74	5.60	5.42	3.33	2.83	2.33	1.78	1.36	1.05	0.92	0.80
		2.27	7.68	8.13	6.05	3.27	2.55	3.45	1.89	1.89	1.26	1.14	0.54	0.43	0.35	0.25	0.21	0.17
		9.19	37.55	19.96	17.71	10.06	10.24	8.84	7.36	8.56	6.40	3.70	2.50	1.90	1.47	1.10	1.02	0.85
		8.02	9.78	15.01	11.39	12.27	15.18	16.52	23.04	43.06	51.83	24.34	12.55	9.18	7.29	6.17	4.84	3.51
		4.06	10.69	16.76	8.94	9.01	10.60	11.50	11.16	6.41	5.74	4.28	3.00	1.80	1.32	1.05	0.87	0.98
		21.07	36.77	48.90	80.20	55.05	20.00	21.45	27.30	23.25	16.11	9.56	8.05	5.44	4.41	3.33	2.50	2.00
		17.67	64.71	30.89	32.53	12.30	10.82	12.71	11.55	7.35	7.13	5.09	3.89	3.39	2.84	2.21	1.80	1.42
		42.02	111.34	106.98	92.49	77.41	71.48	90.84	95.02	76.52	71.98	79.98	69.03	44.57	26.18	18.20	14.80	11.94
		4.49	9.17	8.01	12.08	10.89	14.18	12.64	14.48	14.37	11.65	6.66	4.94	4.20	3.23	2.22	1.73	1.59
		5.66	18.47	8.86	3.76	3.06	1.15	0.62	0.76	0.74	0.46	0.38	0.31	0.25	0.19	0.14	0.11	0.09
		2.93	10.67	6.10	5.68	3.43	3.95	4.14	3.16	4.25	4.74	3.13	2.10	1.26	0.89	0.61	0.49	0.46
		9.26	37.26	18.68	23.05	14.38	20.04	20.74	17.17	15.50	20.59	10.33	4.90	3.68	2.51	2.15	2.04	1.79
		18.72	26.17	43.64	72.55	34.24	31.35	33.65	33.61	43.69	41.58	24.48	19.02	14.70	12.12	11.00	9.37	9.43
		4.75	11.38	11.04	12.26	10.73	5.84	8.32	10.76	8.05	6.57	3.62	3.55	3.45	2.75	2.04	1.56	1.14
		10.70	30.04	19.06	15.64	17.72	9.67	6.95	4.48	3.28	3.25	2.33	2.04	1.56	1.13	0.82	0.69	0.60
		4.72	10.81	12.06	10.35	8.92	5.63	5.81	5.37	3.58	3.20	2.36	2.01	1.31	1.20	0.79	0.63	0.51
		3.26	8.96	10.90	6.10	4.57	2.24	2.06	2.05	1.35	1.10	0.61	0.44	0.35	0.27	0.21	0.17	0.14
		7.77	24.20	14.50	7.45	4.87	1.87	1.84	1.87	1.37	1.45	0.82	0.57	0.41	0.30	0.24	0.22	0.18
		18.23	38.71	61.63	55.04	52.06	54.91	59.24	73.04	50.51	67.45	53.54	25.01	19.50	18.94	16.01	12.74	11.15
		39.87	47.31	79.60	60.41	65.10	92.46	103.84	125.57	122.60	113.19	83.56	58.30	36.18	19.64	16.83	14.76	12.09
		13.79	22.94	27.37	34.31	28.00	33.17	56.11	40.37	35.14	40.09	29.09	19.32	13.62	9.88	7.71	5.90	4.47
		28.19	54.06	72.65	79.58	49.77	74.28	68.48	66.51	77.24	61.50	36.94	28.64	19.37	13.74	9.68	7.68	6.33

Tabla A10. (continuación)

	Periodo (s)	1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
Ordenada Espectral	1.75	1.55	1.36	1.19	1.04	0.89	0.77	0.69	0.63	0.58	0.53	0.49	0.45	0.42	0.38	0.36	0.34	
	1.03	0.80	0.69	0.71	0.67	0.59	0.57	0.53	0.49	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.27	0.26	0.24	
	2.53	2.24	1.71	1.61	1.44	1.22	0.93	0.80	0.71	0.59	0.52	0.44	0.39	0.36	0.32	0.30	0.28	
	0.95	0.81	0.81	0.71	0.57	0.49	0.43	0.37	0.35	0.32	0.27	0.29	0.30	0.28	0.25	0.22	0.20	
	1.45	1.22	1.05	0.94	0.86	0.81	0.74	0.67	0.60	0.55	0.50	0.45	0.41	0.37	0.34	0.32	0.30	
	5.04	4.20	3.41	3.06	2.74	2.39	2.06	1.75	1.47	1.28	1.16	1.09	1.02	0.96	0.89	0.81	0.72	
	9.68	11.05	9.25	7.28	6.50	6.78	6.68	6.20	5.49	4.58	4.09	3.69	2.97	2.33	2.07	2.08	1.98	
	0.86	0.81	0.68	0.56	0.48	0.43	0.37	0.33	0.28	0.26	0.24	0.24	0.24	0.23	0.22	0.19	0.18	
	0.52	0.43	0.40	0.36	0.32	0.30	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.12	0.11	
	0.78	0.62	0.53	0.52	0.42	0.33	0.30	0.26	0.23	0.25	0.26	0.26	0.26	0.24	0.25	0.25	0.24	
	0.72	0.61	0.54	0.49	0.45	0.43	0.40	0.38	0.35	0.36	0.40	0.41	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	
	5.03	4.85	4.14	3.71	3.58	3.17	2.71	2.24	1.83	1.56	1.36	1.24	1.15	1.05	0.98	0.94	0.88	
	2.31	1.92	1.45	1.38	1.26	1.21	1.18	1.11	1.05	0.98	0.90	0.81	0.72	0.64	0.67	0.68	0.67	
	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	
	0.65	0.53	0.43	0.35	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	
	0.14	0.12	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	
	0.72	0.66	0.64	0.54	0.45	0.33	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.12	
	3.01	2.79	2.53	2.25	2.08	1.88	1.60	1.43	1.30	1.20	1.11	1.02	0.91	0.80	0.74	0.68	0.63	
	0.80	0.85	0.76	0.55	0.56	0.58	0.56	0.58	0.46	0.43	0.37	0.33	0.31	0.31	0.28	0.25	0.25	
	1.62	1.30	1.18	1.15	1.11	1.02	0.89	0.83	0.80	0.76	0.71	0.65	0.59	0.53	0.48	0.44	0.40	
	1.14	0.99	0.86	0.76	0.66	0.58	0.52	0.47	0.42	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	
	9.98	8.63	8.27	7.91	7.30	6.40	6.00	6.09	6.15	5.96	5.50	4.96	4.35	3.70	3.50	3.23	2.97	
	1.36	0.99	0.83	0.64	0.55	0.50	0.48	0.43	0.42	0.38	0.34	0.32	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	
	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	0.41	0.36	0.30	0.25	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	
	1.44	1.19	0.96	0.85	0.72	0.57	0.57	0.58	0.53	0.46	0.43	0.40	0.35	0.31	0.27	0.24	0.24	
	8.20	7.13	6.40	4.98	4.37	4.14	3.56	3.04	2.82	2.49	2.08	1.74	1.50	1.32	1.18	1.06	0.97	
	0.76	0.56	0.58	0.54	0.47	0.45	0.41	0.36	0.30	0.27	0.24	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	
	0.55	0.50	0.44	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	
	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	
	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	
	0.16	0.14	0.12	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	
	8.46	6.26	4.95	4.23	3.62	3.25	2.74	2.37	2.35	2.28	2.29	2.47	2.43	2.08	1.85	1.62	1.40	
	9.80	8.30	6.85	6.57	6.30	5.75	5.06	4.61	4.38	4.03	3.67	3.28	2.97	2.72	2.43	2.17	2.01	
3.60	3.02	2.65	2.23	1.94	1.70	1.51	1.33	1.20	1.14	1.09	1.06	0.99	0.89	0.79	0.72	0.67		
5.31	4.61	4.23	3.48	2.97	2.68	2.67	2.94	2.99	2.79	2.32	2.13	2.26	2.15	1.86	1.66	1.58		

Tabla A10. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
		OXT0 NS	Ordenada Espectral	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16
		0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	
		0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	
		0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	
		0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	
		0.64	0.58	0.54	0.52	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.35	
		2.02	1.98	1.87	1.70	1.48	1.26	1.09	1.03	1.06	1.04	0.93	0.83	0.81	0.79	0.80	0.81	
		0.18	0.17	0.17	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
		0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	
		0.23	0.20	0.18	0.15	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	
		0.26	0.24	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
		0.81	0.76	0.73	0.69	0.65	0.61	0.58	0.56	0.55	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	0.38	0.36	
		0.63	0.58	0.52	0.46	0.40	0.37	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	
		0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	
		0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	
		0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	
		0.57	0.53	0.51	0.50	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	
		0.23	0.25	0.25	0.24	0.21	0.20	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	
		0.37	0.34	0.32	0.29	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	
		0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	
		2.71	2.44	2.20	2.01	1.89	1.82	1.74	1.66	1.59	1.52	1.44	1.36	1.29	1.26	1.24	1.20	
		0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	
		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
		0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	
		0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	
		0.90	0.86	0.82	0.77	0.72	0.68	0.66	0.66	0.65	0.62	0.59	0.56	0.53	0.50	0.47	0.43	
		0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	
		0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	
		0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
		0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	
		1.24	1.13	1.05	0.96	0.88	0.85	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.51	0.48	
		1.89	1.77	1.71	1.63	1.54	1.49	1.40	1.27	1.26	1.24	1.20	1.14	1.05	1.00	0.97	0.94	
		0.65	0.63	0.61	0.57	0.52	0.48	0.44	0.42	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34	0.32	0.31	0.29	
		1.73	1.78	1.93	1.74	1.43	1.28	1.17	1.05	1.03	0.96	0.87	0.78	0.70	0.69	0.69	0.67	

Tabla A11. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXAL-EW

		0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986	
OXAL EW	Periodo (s)	6.76	17.22	29.55	16.26	17.74	13.22	9.08	8.13	7.73	5.68	4.67	2.99	2.74	3.14	2.74	2.55	1.95	
	Ordenada Espectral	5.20	10.87	17.24	7.09	4.02	2.20	2.78	2.04	2.21	3.20	3.38	3.13	2.47	1.88	1.53	1.44	1.35	
		10.35	25.38	35.61	17.41	7.41	3.33	1.93	1.27	0.95	0.81	0.58	0.48	0.40	0.33	0.30	0.25	0.21	
		5.42	10.43	29.14	6.81	3.13	3.31	1.62	1.44	1.42	1.02	0.62	0.50	0.42	0.35	0.34	0.25	0.22	
		6.25	13.82	21.86	16.00	9.54	7.70	5.40	5.18	4.58	3.72	3.62	3.41	2.53	1.76	1.55	1.74	1.22	
		15.63	38.90	67.24	19.47	13.92	9.73	7.94	5.12	4.51	3.20	2.56	2.40	1.91	1.39	0.98	0.89	0.82	
		4.72	8.07	18.72	9.96	8.89	7.73	7.38	6.23	4.32	2.85	1.54	1.01	0.89	0.76	0.70	0.69	0.62	
		11.47	20.12	60.41	22.49	10.87	13.69	11.86	12.25	8.72	5.09	4.28	3.75	4.95	4.71	3.39	3.16	2.34	
		4.69	9.29	12.57	9.12	3.91	3.83	1.98	0.99	0.69	0.75	0.61	0.54	0.48	0.44	0.37	0.28	0.25	
		4.98	10.63	16.56	10.66	8.03	4.19	2.61	2.36	1.61	1.11	0.76	0.72	0.62	0.51	0.42	0.33	0.27	
		16.43	22.55	59.26	37.45	23.79	33.90	16.53	21.71	12.60	9.46	10.76	7.20	6.31	6.47	6.79	6.16	5.70	
		20.74	27.81	82.35	38.74	38.24	22.04	16.80	23.42	23.57	12.15	10.32	7.71	6.29	6.65	5.73	3.87	3.34	
		10.80	15.17	37.44	32.33	20.89	8.81	9.43	9.02	7.57	7.66	5.56	4.63	3.90	3.74	3.28	2.35	1.96	
		27.29	41.86	100.59	77.74	58.15	38.71	30.64	17.47	17.74	19.06	22.16	20.88	12.82	9.98	10.76	9.66	6.71	
		Periodo (s)	1.047	1.108	1.1694	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
		Ordenada Espectral	1.57	1.33	1.12	1.00	0.91	0.85	0.66	0.55	0.49	0.45	0.40	0.41	0.41	0.37	0.31	0.29	0.28
			1.22	1.08	0.97	0.94	0.88	0.82	0.75	0.66	0.61	0.57	0.50	0.49	0.47	0.45	0.43	0.43	0.44
			0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04
			0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
			1.04	0.93	0.83	0.80	0.77	0.77	0.72	0.59	0.58	0.55	0.49	0.41	0.33	0.27	0.25	0.23	0.22
			0.73	0.64	0.57	0.52	0.47	0.42	0.38	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
			0.66	0.66	0.63	0.58	0.48	0.39	0.37	0.39	0.37	0.34	0.31	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17
			2.33	2.85	3.26	3.38	3.72	3.86	3.41	2.75	2.31	1.98	1.71	1.49	1.21	1.05	0.86	0.75	0.75
			0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
			0.23	0.19	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
			4.28	2.80	2.44	2.01	1.76	1.74	1.58	1.31	0.95	0.91	0.82	0.82	0.85	0.80	0.74	0.71	0.67
			2.86	2.19	1.96	1.87	1.92	1.52	1.32	1.36	1.30	1.24	1.15	1.17	1.22	1.19	1.06	0.86	0.71
			1.48	1.11	0.93	0.88	0.81	0.72	0.65	0.60	0.56	0.52	0.48	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30
		6.04	5.31	5.34	5.56	5.27	5.54	5.84	5.86	5.94	5.83	5.51	5.02	4.37	3.62	3.21	3.05	2.87	
	Periodo (s)	2.085	2.146	2.2067	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3		
	Ordenada Espectral	0.26	0.24	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09		
		0.43	0.41	0.38	0.35	0.31	0.29	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23		
		0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		
		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01		
		0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09		
		0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07		
		0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12		
		0.74	0.72	0.71	0.69	0.63	0.56	0.49	0.45	0.41	0.38	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23		
		0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		
		0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		
		0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.24		
		0.54	0.50	0.46	0.41	0.37	0.35	0.33	0.29	0.26	0.26	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22		
		0.27	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14		
		2.67	2.45	2.21	1.99	1.82	1.64	1.46	1.30	1.16	1.04	0.94	0.87	0.82	0.79	0.76	0.73		

Tabla A12. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXFM-EW

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.1931	0.2541	0.3151	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986	
		Ordenada Espectral	5.37	10.81	13.18	13.88	15.79	11.28	6.18	4.13	5.11	3.29	2.91	3.23	3.38	3.38	3.36	3.20	2.96
8.87	15.00		18.06	36.50	11.88	9.22	6.50	5.80	2.87	2.22	1.84	1.18	1.23	1.52	1.28	1.08	0.85		
20.29	25.86		30.79	49.17	58.05	54.91	27.74	16.26	12.37	8.51	7.11	5.36	3.78	3.47	3.18	2.57	2.22		
7.00	18.01		23.33	14.49	9.25	5.10	5.12	8.93	4.41	3.01	3.05	2.41	2.00	1.61	1.45	1.61	2.01		
9.29	21.31		18.92	21.56	13.22	6.34	4.15	2.20	1.43	1.18	0.81	0.66	0.47	0.37	0.34	0.30	0.26		
5.78	8.69		14.62	18.86	9.93	7.80	3.04	1.81	1.49	1.30	1.08	0.76	0.53	0.41	0.33	0.32	0.27		
35.02	46.68		73.99	122.65	177.45	93.83	52.12	60.64	69.10	52.72	47.25	52.99	37.95	19.00	18.68	20.59	21.86		
45.68	78.17		79.37	150.25	160.25	104.15	84.87	70.18	64.60	77.38	68.52	43.50	37.88	37.40	29.62	30.84	31.33		
23.66	63.54		58.63	35.43	33.55	26.35	9.62	8.43	6.82	4.95	3.86	3.39	2.76	2.15	1.68	1.36	1.14		
66.88	99.50		174.80	231.65	90.60	78.10	85.76	89.95	51.94	33.15	31.89	21.70	16.24	11.17	9.34	8.73	8.19		
9.84	19.11		23.63	23.46	21.86	25.54	23.95	15.00	8.67	5.05	3.09	2.26	1.89	1.63	1.37	1.23	1.10		
21.06	32.85		39.20	70.62	79.61	29.93	24.21	16.49	9.52	8.22	5.90	5.25	4.08	4.32	3.51	3.35	3.65		
163.96	258.94		473.79	645.01	702.97	340.77	296.03	184.49	176.17	144.61	133.61	117.38	111.77	75.78	55.53	36.94	32.79		
10.53	21.37		24.96	27.75	27.11	32.51	36.12	23.24	10.47	10.54	5.98	4.63	4.17	4.54	3.38	2.40	1.97		
32.54	73.38		63.56	122.51	59.54	23.17	16.31	12.35	9.30	7.70	5.93	4.27	3.63	3.46	3.50	3.30	3.15		
10.58	29.60		18.47	16.88	11.54	7.12	2.95	1.96	1.30	0.95	0.64	0.58	0.60	0.67	0.70	0.65	0.88		
89.10	143.72		212.26	294.40	246.48	120.22	75.88	60.22	43.77	29.08	35.65	35.22	29.71	28.66	23.86	18.25	16.79		
8.29	21.02		27.19	27.92	20.05	11.54	5.34	4.73	3.13	1.84	1.79	1.45	1.24	1.01	0.78	0.97	0.90		
26.40	38.35		46.99	82.15	79.93	71.95	43.34	35.82	25.76	25.63	18.92	14.52	11.37	8.48	9.62	8.41	6.24		
42.96	69.89		108.11	155.48	128.89	132.19	53.31	36.98	26.04	17.25	18.03	14.68	9.84	6.40	5.71	5.17	4.42		
144.83	201.92		274.39	614.14	501.76	453.89	232.09	113.01	96.51	86.81	68.52	97.27	89.56	59.05	48.71	40.51	35.66		
40.96	53.69		98.10	177.84	209.13	100.88	87.91	90.13	73.56	46.80	50.04	48.52	48.71	44.20	34.45	37.11	37.56		
13.90	27.85		34.14	51.14	44.70	28.06	18.45	14.50	10.13	8.32	6.97	5.42	4.07	3.31	2.76	2.19	2.21		
38.91	64.69		52.44	98.71	161.84	122.17	70.56	50.01	32.66	24.80	25.01	25.74	18.86	14.70	12.94	10.58	10.51		
162.44	229.01		289.87	314.02	520.11	278.77	232.44	189.36	120.13	111.99	99.42	85.58	122.01	125.37	83.35	53.43	35.84		
352.89	577.65		755.89	1122.23	1707.46	1037.53	485.58	368.21	336.13	217.52	168.22	135.44	120.34	92.49	70.79	70.97	59.57		
Ordenada Espectral	Periodo (s)		1.047	1.108	1.1694	1.2304	1.2914	1.3524	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
	2.69		2.76	2.26	2.13	2.17	2.51	2.30	2.16	1.79	1.57	1.27	1.05	0.90	0.76	0.70	0.65	0.59	
	0.90		0.71	0.48	0.39	0.34	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.30	0.29	0.30	0.32	0.33	0.33	0.33	
	2.24		2.25	2.59	2.09	1.68	1.56	1.30	1.02	0.96	0.92	0.81	0.71	0.64	0.65	0.61	0.56	0.48	
	1.67		1.25	1.02	0.95	1.12	0.95	0.86	0.80	0.88	0.75	0.71	0.67	0.60	0.56	0.52	0.50	0.50	
	0.22		0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	
	0.25		0.23	0.26	0.21	0.17	0.17	0.15	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	
	22.28		17.93	17.05	16.84	14.58	13.54	11.26	8.69	9.60	9.76	11.04	12.28	12.05	11.82	10.16	9.15	8.19	
	26.99	27.52	20.45	16.73	17.58	18.45	16.98	15.36	15.79	18.02	18.91	18.20	18.98	19.18	17.83	15.83	14.14		
	0.93	0.84	0.93	1.05	0.93	0.80	0.80	0.75	0.74	0.69	0.65	0.62	0.54	0.48	0.45	0.43	0.43		
	7.48	5.89	4.70	4.26	4.07	4.35	4.85	4.50	4.35	4.07	3.49	3.48	3.27	3.06	2.99	2.78	2.59		
	0.93	0.78	0.76	0.76	0.75	0.69	0.60	0.54	0.50	0.46	0.41	0.37	0.34	0.30	0.26	0.25	0.23		
	3.61	3.47	3.34	3.59	3.17	3.78	3.76	3.15	2.58	2.04	1.62	1.39	1.19	0.96	0.90	0.84	0.73		
	31.18	29.38	29.68	32.71	27.27	24.35	19.02	14.25	11.35	9.89	9.39	8.80	8.56	7.61	6.59	5.85	5.39		
	1.70	1.47	1.34	1.23	1.19	1.16	1.05	1.00	0.87	0.78	0.77	0.81	0.82	0.77	0.77	0.78	0.78		
	3.41	3.98	3.91	4.16	4.61	4.22	3.39	2.67	2.50	2.43	2.68	2.61	2.15	1.69	1.48	1.30	1.13		
	0.81	0.57	0.53	0.50	0.43	0.43	0.45	0.52	0.52	0.48	0.42	0.34	0.32	0.28	0.23	0.22	0.22		
	15.35	13.89	13.79	12.80	13.77	14.58	13.87	13.35	13.18	12.71	12.02	11.12	10.52	10.07	9.35	8.71	8.52		
	0.98	0.88	0.82	0.67	0.50	0.47	0.43	0.39	0.43	0.48	0.46	0.43	0.41	0.42	0.46	0.49	0.51		
	4.73	3.74	2.85	2.57	2.28	2.05	1.87	1.91	1.75	1.55	1.49	1.34	1.15	0.98	0.84	0.78	0.75		
	5.29	5.45	4.61	3.29	3.11	3.00	2.75	2.58	2.53	2.29	2.11	1.95	1.80	1.61	1.38	1.24	1.04		
	40.29	40.41	42.98	39.93	35.02	34.15	29.53	23.53	18.74	15.35	12.74	10.62	8.88	7.70	7.07	6.47	5.92		
	33.25	37.93	43.97	38.97	30.34	20.88	18.22	18.32	16.03	12.94	11.02	10.36	11.01	12.53	13.47	13.35	12.72		
	1.82	1.51	1.18	0.98	0.86	0.76	0.74	0.72	0.64	0.59	0.54	0.49	0.43	0.39	0.37	0.36	0.34		
	9.24	8.19	8.08	8.40	8.06	8.03	8.18	7.38	7.16	6.71	6.11	5.56	4.83	4.28	4.01	3.85	3.57		
	35.74	36.08	38.37	40.12	37.51	37.07	35.98	29.50	22.94	17.76	15.22	13.71	11.83	10.27	9.26	9.50	9.73		
	67.05	62.39	62.07	61.79	62.32	52.33	56.57	46.41	51.98	57.94	54.31	44.36	38.96	39.70	41.43	40.02	36.45		

Tabla A12. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.2067	2.2678	2.3288	2.3898	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3
		OXFMEW	Ordenada Espectral	0.53	0.47	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
		0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13
		0.39	0.37	0.34	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19
		0.46	0.43	0.39	0.39	0.39	0.36	0.33	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22
		0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
		7.69	7.43	7.69	8.12	8.11	7.38	6.49	5.97	5.40	4.67	3.84	3.22	2.89	2.70	2.55	2.51
		12.32	10.61	9.18	7.94	6.84	6.18	5.64	5.18	4.81	4.54	4.32	4.09	3.91	3.84	3.75	3.67
		0.44	0.42	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.31	0.29	0.28	0.29
		2.47	2.35	2.17	1.93	1.83	1.73	1.59	1.47	1.38	1.36	1.34	1.30	1.26	1.22	1.20	1.20
		0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
		0.69	0.63	0.59	0.53	0.48	0.46	0.46	0.45	0.42	0.38	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.28
		4.90	4.67	4.46	4.28	4.23	4.21	4.12	3.89	3.59	3.33	3.16	3.08	3.03	3.00	2.92	2.82
		0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76
		1.07	1.03	0.98	1.03	1.06	1.06	1.04	0.99	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.72	0.66	0.68
		0.22	0.23	0.22	0.23	0.26	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15
		8.06	7.56	7.11	6.70	6.27	6.94	7.24	6.91	6.03	5.44	4.54	4.35	4.29	4.23	4.19	4.13
		0.51	0.50	0.50	0.49	0.47	0.45	0.44	0.41	0.37	0.34	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26
		0.72	0.69	0.65	0.62	0.59	0.55	0.52	0.49	0.45	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.30
		0.81	0.73	0.68	0.64	0.61	0.58	0.54	0.52	0.49	0.49	0.51	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49
		5.37	4.88	4.43	4.06	3.74	3.49	3.29	3.11	2.95	2.80	2.65	2.51	2.36	2.23	2.11	2.01
		13.57	13.89	14.05	13.82	13.63	14.59	16.18	17.13	17.20	16.97	16.58	15.99	15.27	14.69	14.42	14.40
		0.31	0.28	0.26	0.26	0.26	0.24	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
		3.21	2.77	2.40	2.07	1.77	1.66	1.56	1.44	1.32	1.21	1.12	1.04	0.99	0.94	0.88	0.82
		9.58	9.03	8.63	8.51	8.63	8.54	8.40	9.26	10.19	10.14	9.10	8.95	8.67	8.28	7.80	7.63
		30.77	26.08	21.42	18.14	16.30	15.35	14.54	13.76	13.16	12.88	12.81	12.67	12.21	12.88	13.27	13.34

Tabla A13. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXLC-EW

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
	OXLC EW	Ordenada Espectral	2.47	3.61	8.95	8.67	4.67	4.57	6.38	3.92	3.71	3.95	3.85	3.62	3.22	3.23	2.90	2.49
		3.86	5.64	6.62	5.76	6.39	9.94	9.33	6.44	7.00	9.73	10.11	8.70	5.66	3.97	4.57	4.66	3.82
		2.43	6.49	5.29	4.07	2.30	2.61	3.13	3.90	3.51	3.57	5.11	5.28	3.58	2.56	2.06	1.61	1.32
		2.86	3.46	2.56	3.24	2.25	1.52	1.13	0.71	0.56	0.44	0.31	0.22	0.15	0.17	0.18	0.15	0.12
		6.00	10.24	12.55	18.38	9.93	6.24	3.77	2.80	2.03	1.54	1.55	1.43	1.23	1.11	1.01	0.98	0.97
		3.29	5.74	6.11	6.61	7.01	7.67	9.18	8.67	6.70	5.38	4.77	3.59	2.83	2.38	2.05	1.89	1.86
		9.46	14.97	21.08	19.03	7.29	3.90	2.62	2.85	1.69	1.70	1.38	1.37	1.22	1.08	0.93	0.80	0.68
		14.02	35.13	33.31	35.62	26.31	27.38	23.18	30.75	19.80	14.13	15.50	11.98	7.96	7.13	7.02	5.08	4.69
		18.29	28.94	47.64	53.64	54.40	50.10	40.95	30.51	30.64	26.22	24.32	22.58	24.98	21.46	20.57	22.24	23.49
		2.87	5.56	5.83	7.36	3.61	3.17	2.12	1.20	0.87	0.59	0.71	0.71	0.50	0.43	0.40	0.37	0.32
		8.85	13.93	16.12	19.74	22.21	16.52	17.80	21.64	13.80	16.74	12.14	9.56	7.96	5.43	5.11	4.97	4.96
		8.00	12.11	18.69	18.22	14.04	21.18	19.40	23.46	14.85	13.77	13.78	10.57	6.42	5.71	5.60	5.10	4.42
		12.94	16.30	19.11	22.07	25.48	51.11	47.55	32.23	26.28	29.19	28.44	21.18	16.57	15.44	13.04	11.32	9.91
		74.65	145.16	165.48	193.25	148.18	140.09	173.93	188.83	144.34	138.21	158.44	107.88	95.46	75.02	73.96	84.97	81.58
		Periodo (s)	1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963
OXLC EW	Ordenada Espectral	2.62	2.55	2.16	2.06	1.81	1.65	1.56	1.51	1.46	1.29	1.01	0.84	0.75	0.70	0.64	0.56	0.48
		3.20	2.62	2.28	1.90	1.54	1.31	1.08	0.93	0.77	0.68	0.61	0.56	0.53	0.47	0.44	0.48	0.43
		1.47	1.64	1.68	1.36	1.29	1.26	1.08	1.05	1.01	0.92	0.83	0.76	0.74	0.64	0.67	0.67	0.64
		0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		0.83	0.69	0.56	0.51	0.46	0.44	0.42	0.40	0.36	0.33	0.30	0.26	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18
		1.64	1.35	1.04	0.97	0.91	0.83	0.76	0.67	0.59	0.51	0.46	0.42	0.39	0.35	0.33	0.31	0.29
		0.54	0.53	0.50	0.46	0.43	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
		5.06	3.96	3.32	3.67	3.99	4.30	4.23	3.74	3.97	4.30	4.41	4.22	3.87	3.96	3.79	3.51	3.32
		27.97	29.47	27.46	26.31	21.46	15.44	12.83	11.65	10.84	10.08	9.40	8.80	8.35	7.88	7.26	6.78	6.35
		0.27	0.21	0.19	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
		4.30	3.26	2.23	1.94	2.00	2.00	2.01	2.13	2.28	2.01	1.70	1.51	1.45	1.52	1.49	1.36	1.16
		3.45	2.85	3.22	2.96	2.78	2.46	2.15	1.95	1.71	1.60	1.61	1.60	1.72	2.03	2.18	1.97	1.60
		8.62	7.63	7.07	6.69	6.39	6.83	7.23	7.67	7.61	7.13	6.28	5.50	4.76	4.18	3.76	3.37	3.59
		68.15	66.42	59.13	55.49	59.01	66.05	70.66	66.48	61.12	57.02	52.77	49.37	45.63	40.99	41.04	37.90	31.26
		Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3
OXLC EW	Ordenada Espectral	0.42	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	
		0.38	0.38	0.33	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	
		0.66	0.66	0.66	0.64	0.61	0.57	0.53	0.49	0.45	0.42	0.38	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	
		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
		0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	
		0.27	0.25	0.24	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	
		0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	
		3.00	2.70	2.61	2.50	2.37	2.22	2.03	1.83	1.69	1.61	1.55	1.49	1.43	1.38	1.32	1.27	
		6.03	5.82	5.87	5.99	6.77	7.11	7.01	7.10	6.79	6.09	5.89	5.39	4.69	4.33	4.27	4.20	
		0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
		0.96	0.84	0.73	0.63	0.54	0.46	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	
		1.33	1.05	0.98	0.88	0.77	0.71	0.68	0.67	0.65	0.62	0.61	0.57	0.52	0.47	0.42	0.37	
		3.68	3.39	2.88	2.29	1.91	1.67	1.61	1.52	1.43	1.35	1.26	1.16	1.09	1.12	1.11	1.06	
		27.25	22.17	18.83	18.12	17.92	18.33	17.29	15.98	15.78	15.56	15.56	15.82	16.11	16.24	16.14	15.83	

Tabla A14. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXPM-EW

OXPM EW	Periodo (S)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
	Ordenada Espectral	7.10	11.67	16.22	20.33	23.96	10.02	9.34	5.60	3.48	2.12	1.56	1.14	1.11	0.97	1.00	0.91	0.84
4.21		7.70	11.77	12.98	17.67	10.62	6.97	5.53	4.64	4.74	4.81	5.56	4.76	4.16	3.91	3.49	3.27	
5.16		7.94	10.77	8.05	10.18	12.51	11.32	4.71	2.79	2.58	1.88	1.72	1.47	1.31	1.17	1.07	0.89	
5.44		9.16	19.82	14.19	8.30	6.42	5.61	4.32	3.95	3.43	4.22	3.72	2.85	3.22	3.31	3.17	3.35	
5.42		9.92	20.04	11.54	6.13	7.38	7.92	4.40	2.23	1.67	1.36	1.31	1.25	1.31	1.16	0.97	0.97	
7.90		13.25	24.62	23.12	18.21	17.42	17.67	10.12	7.11	7.64	7.41	5.33	4.52	3.70	3.41	4.55	4.01	
7.53		13.16	26.32	17.53	6.51	4.91	4.01	3.28	2.80	2.56	3.03	3.05	2.52	2.21	2.02	1.89	1.67	
12.69		26.99	24.45	23.74	12.91	9.61	6.23	3.62	2.38	1.42	1.39	1.72	1.38	0.89	0.85	0.89	0.87	
19.50		30.38	41.33	82.58	23.42	15.68	14.95	10.44	6.22	5.93	4.89	4.56	4.11	3.87	3.17	2.58	2.33	
19.19		44.53	50.87	33.70	22.59	11.70	6.37	5.11	4.03	2.50	2.35	2.06	1.56	1.22	1.19	1.08	0.92	
41.20		72.78	137.59	142.62	94.92	64.38	51.67	34.01	21.93	30.60	27.76	18.04	15.85	12.24	8.51	7.76	8.17	
8.77		13.66	26.65	31.60	20.72	13.02	15.62	11.82	5.85	3.80	2.59	2.20	1.87	2.17	1.68	1.49	1.29	
10.28		13.13	22.98	41.50	23.31	18.15	20.37	11.61	9.74	8.94	6.12	5.11	5.28	5.59	5.43	4.23	4.29	
7.05		16.35	14.14	11.12	10.56	7.92	4.04	2.93	1.50	1.20	1.02	0.59	0.54	0.47	0.40	0.36	0.36	
5.83		11.64	16.62	10.61	5.56	3.37	2.34	1.53	0.90	0.66	0.46	0.39	0.31	0.29	0.28	0.25	0.19	
12.22		23.45	46.76	35.94	32.11	26.02	24.22	12.56	11.10	9.75	9.44	9.63	8.36	8.93	10.18	8.74	6.49	
15.19		31.27	46.78	45.50	36.33	28.45	34.66	22.31	13.89	14.48	13.14	11.87	9.06	5.89	5.82	5.22	4.45	
8.78		13.53	26.25	31.63	17.47	17.77	18.38	9.09	8.17	5.89	5.07	4.75	3.69	3.11	2.50	2.21	2.37	
33.01		44.44	98.33	106.05	47.04	46.55	41.96	24.70	24.83	26.71	20.23	17.43	15.86	14.35	13.64	13.06	12.05	
Periodo (s)		1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
Ordenada Espectral	0.69	0.64	0.56	0.53	0.48	0.44	0.40	0.37	0.33	0.31	0.29	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	
	3.08	2.81	2.59	2.19	1.84	1.51	1.26	1.08	0.93	0.79	0.71	0.69	0.68	0.65	0.60	0.54	0.50	
	0.67	0.57	0.65	0.63	0.48	0.43	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.18	0.17	0.15	0.13	0.11	
	2.87	2.28	1.85	1.63	1.48	1.28	1.16	1.00	0.85	0.76	0.71	0.64	0.60	0.57	0.53	0.47	0.41	
	0.79	0.57	0.44	0.39	0.38	0.35	0.31	0.31	0.32	0.32	0.33	0.34	0.33	0.31	0.29	0.29	0.29	
	3.22	2.38	1.56	1.63	1.53	1.40	1.14	0.90	0.80	0.84	0.84	0.77	0.69	0.67	0.62	0.54	0.45	
	1.88	1.67	2.06	1.89	1.40	1.26	1.22	1.11	1.02	0.92	0.85	0.79	0.71	0.65	0.59	0.57	0.55	
	0.82	0.67	0.69	0.69	0.68	0.62	0.52	0.41	0.33	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.16	
	2.02	1.77	1.70	1.76	1.61	1.35	1.21	1.01	0.94	0.85	0.78	0.71	0.64	0.58	0.51	0.46	0.42	
	0.78	0.67	0.61	0.54	0.51	0.48	0.42	0.37	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	
	8.46	7.44	5.78	4.49	4.00	3.96	3.84	3.14	2.73	2.95	2.93	2.84	2.63	2.35	2.09	2.03	2.09	
	1.40	1.30	1.10	1.11	1.04	0.87	0.67	0.56	0.48	0.41	0.37	0.37	0.36	0.34	0.32	0.31	0.30	
	4.48	5.46	5.53	4.43	4.69	5.20	4.87	4.29	3.52	3.01	2.47	2.12	1.84	1.59	1.29	1.07	1.00	
	0.34	0.29	0.27	0.24	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	
	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	
	4.86	3.36	2.58	2.05	1.76	1.66	1.70	1.72	1.53	1.48	1.43	1.40	1.35	1.26	1.14	1.00	0.87	
	3.40	3.09	2.46	2.28	2.38	2.02	1.73	1.83	1.81	1.60	1.47	1.44	1.42	1.39	1.32	1.26	1.18	
	1.97	1.55	1.06	0.85	0.69	0.60	0.54	0.52	0.47	0.43	0.44	0.41	0.34	0.29	0.29	0.27	0.26	
	11.11	10.44	10.07	9.64	8.73	8.15	8.91	9.44	9.55	9.25	8.39	7.21	6.24	5.27	4.38	3.80	3.37	

Tabla A14. (continuación)

OXPM EW	Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3
	Ordenada Espectral	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
0.48		0.45	0.42	0.44	0.45	0.46	0.45	0.43	0.40	0.39	0.40	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	
0.11		0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	
0.37		0.35	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	
0.28		0.29	0.29	0.28	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	
0.36		0.36	0.35	0.33	0.30	0.27	0.23	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	
0.53		0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.41	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	
0.15		0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	
0.39		0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	
0.21		0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	
2.04		1.91	1.85	1.85	1.83	1.79	1.73	1.66	1.59	1.50	1.41	1.32	1.24	1.17	1.09	1.00	
0.29		0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	
0.98		0.96	0.92	0.87	0.79	0.69	0.60	0.54	0.50	0.46	0.43	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	
0.06		0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
0.03		0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	
0.76		0.67	0.60	0.56	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	
0.97		0.94	0.89	0.83	0.75	0.66	0.59	0.53	0.48	0.43	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.34	
0.26		0.24	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	
3.05		2.77	2.49	2.25	2.02	1.79	1.66	1.58	1.49	1.40	1.31	1.22	1.11	1.03	0.98	0.92	

Tabla A15. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXTO-EW

		Periodo (S)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986	
OXTO EW	Ordenada Espectral	4.39	8.16	13.25	13.01	15.88	6.50	7.06	5.16	4.76	3.48	2.08	1.29	1.10	0.88	0.74	0.62	0.57		
		9.45	24.47	26.19	20.45	13.59	7.39	12.10	12.69	17.10	16.09	9.56	5.87	4.07	2.86	2.16	1.68	1.33		
		4.51	5.38	7.62	8.51	11.91	9.29	17.01	15.76	15.89	26.75	15.09	10.51	5.93	4.27	3.94	3.34	2.27		
		7.54	8.51	14.54	26.49	27.42	11.15	9.01	10.56	5.72	4.70	3.54	3.02	2.63	1.96	1.78	1.18	1.13		
		7.10	8.32	14.37	17.92	17.54	12.00	14.65	17.68	22.73	20.70	13.33	11.31	9.75	7.13	4.65	3.46	2.48		
		7.49	9.64	10.51	11.35	11.51	13.38	22.05	22.70	23.54	18.43	17.86	14.53	11.93	9.51	8.01	6.40	5.31		
		13.29	14.51	18.00	22.06	22.89	23.91	38.60	45.70	56.98	96.27	48.89	33.19	19.50	17.71	15.11	13.36	14.66		
		5.31	8.42	10.17	10.59	10.98	9.48	12.79	16.58	17.70	13.85	10.17	5.58	2.96	2.27	2.46	2.26	1.94		
		6.25	11.33	25.93	9.62	7.68	5.48	8.27	10.19	18.27	9.17	5.20	3.54	2.85	2.03	1.62	1.29	0.95		
		6.32	19.33	22.38	12.94	9.04	5.91	7.64	8.53	6.80	8.16	7.59	5.63	3.71	2.76	2.03	1.51	1.16		
		4.15	6.20	10.36	7.64	6.03	4.44	5.36	8.25	11.97	13.65	7.99	4.74	3.18	2.33	1.93	1.54	1.36		
		13.37	23.19	43.08	29.80	23.13	30.94	40.86	48.05	49.72	61.15	29.34	19.70	14.97	12.23	8.75	7.32	5.82		
		9.23	39.23	24.34	17.27	11.12	9.83	14.91	14.72	12.95	15.20	12.50	10.39	7.70	6.37	5.43	4.29	3.83		
		7.36	21.50	11.53	12.43	5.07	3.37	3.53	3.73	3.74	2.53	1.48	1.04	0.83	0.66	0.49	0.40	0.32		
		3.14	8.70	13.68	8.08	9.37	3.95	3.41	3.96	5.56	4.51	3.27	2.71	1.74	1.23	1.02	0.82	0.65		
		1.90	5.56	6.29	5.02	4.82	2.30	2.15	1.91	2.26	2.00	1.47	0.93	0.52	0.49	0.37	0.27	0.24		
		9.25	29.92	14.63	17.82	18.50	8.75	8.23	8.91	15.02	12.81	6.84	4.88	3.49	2.42	2.26	1.69	1.44		
		6.95	9.92	17.28	9.36	9.49	11.49	13.46	20.20	32.88	40.83	23.47	12.84	7.92	5.77	4.28	3.51	2.95		
		5.23	10.98	17.79	13.23	8.43	8.48	16.18	15.00	10.98	8.91	5.67	4.10	2.67	2.02	1.60	1.54	1.62		
		15.99	38.58	47.58	53.22	33.39	24.03	28.08	28.36	21.31	20.52	16.42	10.24	8.36	6.71	5.24	3.98	3.40		
		18.19	50.86	39.21	33.14	16.93	9.83	7.44	9.73	9.40	8.42	7.24	5.60	4.56	3.71	2.91	2.30	1.80		
		64.14	98.60	124.32	142.38	112.82	75.36	84.72	162.31	194.40	180.70	122.48	69.51	42.38	30.12	25.49	22.57	20.52		
		5.62	8.73	8.36	13.75	11.30	13.71	15.72	12.05	14.22	17.12	9.39	6.50	3.60	2.50	1.83	1.54	1.15		
		3.51	14.68	4.64	3.54	1.80	1.23	0.83	0.75	0.82	0.63	0.48	0.35	0.20	0.15	0.12	0.10	0.08		
		4.25	12.96	8.98	10.72	12.83	6.46	4.59	4.19	6.31	5.45	3.93	2.45	1.68	1.19	0.92	0.70	0.55		
		14.71	40.03	39.66	22.63	22.01	21.71	21.16	28.57	24.01	20.26	12.60	7.88	6.24	5.45	4.48	3.61	3.07		
		13.79	20.32	33.83	41.79	33.73	29.75	37.87	32.81	48.33	62.27	27.62	19.97	13.11	10.96	9.67	7.34	5.79		
		2.81	6.34	7.18	8.52	7.04	5.54	4.94	6.04	6.59	6.32	3.83	2.38	1.62	1.37	0.90	0.76	0.60		
		9.10	21.64	14.25	13.26	17.97	6.65	6.20	5.56	4.59	6.45	4.23	2.82	1.76	1.35	1.14	0.97	0.75		
		4.47	10.50	12.36	9.49	8.21	4.08	3.71	5.38	5.06	6.42	3.71	1.86	1.44	1.21	0.94	0.84	0.72		
		4.11	9.60	13.62	6.66	3.79	2.83	2.54	2.12	1.39	1.14	0.74	0.48	0.36	0.30	0.28	0.23	0.19		
		5.43	22.02	15.95	6.57	5.82	3.42	3.52	2.39	1.59	2.13	1.87	1.22	0.66	0.48	0.39	0.31	0.27		
		24.04	32.72	42.22	70.39	65.23	52.85	66.80	83.21	100.37	114.19	66.83	47.49	36.87	27.29	19.88	16.46	15.40		
		37.27	60.50	79.25	110.59	80.22	67.87	84.99	110.19	97.44	89.02	56.37	44.78	30.74	22.45	21.04	15.53	13.34		
15.34	18.87	27.73	28.40	32.05	38.51	50.63	59.85	32.27	37.43	41.05	32.46	24.34	17.51	12.92	9.10	6.41				
34.04	56.51	77.65	108.94	61.91	69.46	78.95	65.08	45.12	61.01	49.26	44.36	29.69	22.29	17.19	13.72	11.22				

Tabla A15. (Continuación)

		Tabla A15. (Continuación)																
	Periodo (s)	1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
		OXTO EW	Ordenada Espectral	0.53	0.48	0.48	0.44	0.38	0.32	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.13	0.12
		1.12	0.99	0.89	0.78	0.68	0.62	0.57	0.52	0.47	0.43	0.40	0.36	0.34	0.31	0.30	0.28	0.26
		1.77	1.48	1.30	1.18	1.09	0.95	0.83	0.79	0.76	0.67	0.57	0.49	0.46	0.42	0.37	0.35	0.32
		1.13	0.92	0.79	0.80	0.70	0.58	0.48	0.41	0.34	0.29	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18
		2.05	1.75	1.48	1.28	1.20	1.08	0.98	0.89	0.81	0.73	0.66	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39
		4.57	3.94	3.22	3.05	2.73	2.35	1.88	1.52	1.30	1.14	1.05	0.94	0.84	0.74	0.66	0.63	0.61
		12.27	9.51	7.86	6.65	5.68	4.97	4.47	4.17	4.52	4.19	4.67	3.95	2.99	2.70	2.93	3.05	2.80
		1.39	1.11	0.95	0.81	0.68	0.65	0.61	0.56	0.55	0.51	0.44	0.37	0.34	0.30	0.29	0.29	0.28
		0.88	0.71	0.61	0.57	0.52	0.47	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.21
		0.92	0.74	0.61	0.52	0.46	0.43	0.40	0.38	0.36	0.33	0.31	0.30	0.29	0.27	0.27	0.27	0.27
		1.06	0.83	0.67	0.60	0.56	0.52	0.51	0.49	0.49	0.51	0.52	0.53	0.53	0.50	0.54	0.55	0.53
		4.37	3.89	3.38	3.02	2.61	2.18	1.81	1.65	1.57	1.48	1.37	1.25	1.13	1.04	0.96	0.89	0.81
		3.25	2.61	2.01	1.77	1.53	1.28	1.16	1.10	1.03	0.96	0.88	0.79	0.73	0.66	0.58	0.52	0.50
		0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
		0.51	0.44	0.40	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
		0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
		1.21	1.04	0.94	0.94	0.72	0.63	0.52	0.48	0.44	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22
		2.53	2.16	1.95	1.73	1.48	1.35	1.18	1.03	0.92	0.84	0.79	0.74	0.69	0.64	0.62	0.59	0.54
		1.31	1.19	0.88	0.68	0.65	0.59	0.60	0.65	0.63	0.56	0.52	0.51	0.50	0.46	0.40	0.36	0.31
		2.95	2.61	2.32	2.06	1.84	1.65	1.48	1.34	1.22	1.11	1.02	0.93	0.86	0.79	0.73	0.67	0.62
		1.44	1.27	1.12	0.99	0.88	0.79	0.71	0.63	0.57	0.52	0.47	0.43	0.39	0.36	0.33	0.30	0.28
		17.44	13.82	11.42	9.84	8.74	8.04	7.68	7.30	6.80	6.11	5.48	4.85	4.65	4.52	4.25	3.91	3.63
		1.06	0.93	0.83	0.76	0.67	0.61	0.56	0.51	0.47	0.43	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27
		0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
		0.48	0.41	0.35	0.30	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.12	0.11	0.10
		2.42	1.81	1.60	1.38	1.16	0.96	0.83	0.76	0.69	0.63	0.60	0.56	0.53	0.48	0.44	0.43	0.41
		4.47	4.42	3.35	3.37	3.36	2.74	2.78	2.80	2.56	2.12	1.71	1.50	1.43	1.25	1.08	1.02	1.03
		0.45	0.45	0.44	0.34	0.30	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.10	0.10
		0.53	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11
		0.59	0.47	0.38	0.31	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
		0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
		0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
		12.65	8.77	7.33	6.36	5.41	4.54	4.26	4.04	3.50	2.93	2.66	2.45	2.24	2.11	2.00	1.92	1.81
		10.79	7.73	6.79	6.16	5.51	4.79	4.08	3.47	2.93	2.54	2.42	2.52	2.58	2.53	2.44	2.29	2.08
		4.77	3.83	3.29	2.89	2.63	2.41	2.19	2.01	1.84	1.68	1.51	1.38	1.28	1.19	1.11	1.02	0.94
		9.34	7.64	6.77	6.16	5.72	5.40	4.95	4.57	4.26	3.95	3.59	3.54	3.48	3.40	3.12	2.80	2.47

Tabla A15. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
		OXTO EW	Ordenada Espectral	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
		0.24	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	
		0.33	0.33	0.32	0.30	0.27	0.23	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	
		0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
		0.37	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	
		0.61	0.59	0.57	0.54	0.51	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.45	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	
		2.35	2.16	1.97	1.77	1.77	1.81	1.81	1.69	1.53	1.34	1.17	1.05	1.00	0.98	0.97	1.08	
		0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	
		0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	
		0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	
		0.47	0.42	0.39	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	
		0.74	0.69	0.66	0.63	0.59	0.55	0.51	0.48	0.46	0.43	0.41	0.39	0.37	0.34	0.32	0.31	
		0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.50	0.48	0.46	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
		0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
		0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		0.21	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	
		0.50	0.46	0.42	0.41	0.38	0.36	0.35	0.33	0.32	0.32	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	
		0.28	0.26	0.24	0.22	0.19	0.19	0.18	0.16	0.17	0.18	0.18	0.16	0.15	0.13	0.13	0.13	
		0.58	0.54	0.50	0.47	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.26	0.24	
		0.26	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	
		3.44	3.23	3.02	2.83	2.64	2.45	2.35	2.32	2.25	2.17	2.08	1.99	1.90	1.81	1.72	1.62	
		0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	
		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
		0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	
		0.40	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	
		1.01	0.96	0.87	0.76	0.68	0.70	0.65	0.65	0.63	0.60	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	
		0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	
		0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	
		0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	
		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	
		0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		1.67	1.52	1.38	1.32	1.28	1.23	1.18	1.11	1.05	0.98	0.92	0.86	0.81	0.76	0.72	0.68	
		1.84	1.63	1.46	1.31	1.18	1.09	1.04	1.02	0.98	0.93	0.88	0.82	0.78	0.75	0.73	0.70	
		0.87	0.83	0.79	0.76	0.72	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.39	
		2.26	2.12	1.97	1.82	1.71	1.62	1.51	1.41	1.33	1.25	1.18	1.09	1.00	0.92	0.85	0.82	

Tabla A16. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXAL-V

Periodo (s)		0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986		
OXAL V	Ordenada Espectral	5.12	25.67	7.08	6.56	5.56	6.24	5.46	8.92	8.61	5.28	4.60	5.98	5.23	3.92	3.12	2.23	1.82		
		2.89	14.41	4.83	2.29	1.31	1.06	1.34	0.85	0.80	0.74	0.93	1.04	1.03	0.94	0.85	0.61	0.42		
		22.10	66.77	20.25	8.95	5.24	3.14	1.99	1.33	0.94	0.69	0.52	0.41	0.33	0.28	0.25	0.21	0.19		
		1.79	10.28	3.51	1.50	1.05	0.98	0.71	0.82	0.50	0.56	0.59	0.69	0.66	0.49	0.36	0.32	0.25		
		2.91	9.35	9.68	4.87	3.61	3.62	3.14	2.95	2.50	1.81	1.88	1.77	1.37	1.10	1.02	1.22	1.12		
		10.41	41.38	24.70	12.02	5.86	2.95	2.62	1.72	1.18	0.93	0.76	0.64	0.63	0.49	0.38	0.32	0.28		
		2.17	7.34	5.77	6.62	3.74	2.24	2.63	1.84	2.13	1.04	0.95	0.77	0.58	0.59	0.59	0.47	0.39		
		4.35	16.29	7.94	6.31	7.23	6.90	7.88	8.97	8.39	4.54	4.21	3.70	3.80	4.61	3.37	2.27	1.83		
		3.36	9.41	4.72	1.78	1.56	1.41	0.86	0.66	0.49	0.46	0.38	0.25	0.23	0.18	0.14	0.12	0.11		
		3.14	10.94	4.87	1.91	1.90	1.14	0.82	0.76	0.68	0.55	0.45	0.33	0.28	0.26	0.20	0.15	0.13		
		6.98	23.04	17.16	11.21	8.65	11.50	7.96	12.44	7.84	10.08	8.80	6.41	6.59	4.93	4.06	2.93	2.34		
		10.14	33.56	25.79	18.39	20.02	13.21	12.31	18.85	19.92	11.49	9.64	7.88	6.62	6.63	6.00	5.05	3.58		
		4.20	15.51	7.56	6.23	5.23	7.31	8.74	9.15	8.04	6.46	4.78	4.04	3.17	2.68	2.25	1.80	1.48		
		8.85	26.08	18.92	17.28	16.37	19.17	19.81	14.73	13.13	14.55	11.55	9.57	8.43	4.52	4.22	4.01	3.60		
		Periodo (s)		1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
		OXAL V	Ordenada Espectral	1.57	1.47	1.44	1.21	1.07	0.95	0.93	0.87	0.83	0.78	0.72	0.71	0.70	0.68	0.64	0.60	0.57
0.36	0.38			0.50	0.59	0.60	0.52	0.42	0.38	0.35	0.36	0.38	0.36	0.29	0.22	0.18	0.16	0.15		
0.17	0.15			0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05		
0.23	0.19			0.17	0.15	0.14	0.14	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06		
0.80	0.66			0.57	0.46	0.36	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10		
0.24	0.20			0.19	0.16	0.14	0.13	0.13	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05		
0.33	0.28			0.24	0.21	0.19	0.18	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09		
1.80	1.98			2.02	2.03	1.53	1.77	1.66	1.45	1.33	1.24	1.00	0.82	0.69	0.62	0.60	0.59	0.55		
0.09	0.08			0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03		
0.11	0.10			0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02		
2.07	1.81			1.65	1.77	1.77	1.63	1.44	1.50	1.29	1.19	1.07	1.03	0.93	0.94	0.83	0.79	0.73		
3.21	2.61			2.29	2.11	2.01	1.81	1.65	1.55	1.48	1.41	1.46	1.55	1.61	1.57	1.54	1.53	1.43		
1.30	1.07			0.95	0.88	0.76	0.67	0.62	0.58	0.53	0.47	0.45	0.42	0.34	0.29	0.28	0.27	0.24		
2.96	2.49			2.12	1.98	2.10	2.08	2.04	2.17	2.29	2.37	2.37	2.36	2.32	2.35	2.37	2.34	2.26		
Periodo (s)				2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
OXAL V	Ordenada Espectral			0.54	0.49	0.44	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.25	0.22	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	
		0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11			
		0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02			
		0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
		0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05			
		0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02			
		0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12			
		0.52	0.54	0.51	0.47	0.47	0.46	0.45	0.42	0.38	0.33	0.29	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23			
		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			
		0.72	0.66	0.58	0.53	0.49	0.45	0.41	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.15			
		1.37	1.27	1.14	1.02	1.03	1.04	1.02	0.95	0.86	0.76	0.67	0.60	0.55	0.50	0.46	0.43			
		0.21	0.19	0.16	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11			
		2.12	1.96	1.83	1.79	1.73	1.66	1.61	1.57	1.51	1.44	1.37	1.30	1.22	1.13	1.03	0.93			

Tabla A17. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.2067	2.2678	2.3288	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
		OXFMV	Ordenada Espectral	0.31	0.28	0.25	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
		0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	
		0.56	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.23	0.21	0.21	0.20	
		0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	
		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	
		0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
		6.87	7.77	8.36	8.63	8.74	8.94	9.34	9.73	10.03	10.30	10.30	9.62	8.47	7.36	6.47	5.60	
		7.00	6.50	5.86	5.27	4.91	4.59	4.30	4.02	3.69	3.30	2.90	2.56	2.31	2.14	2.01	1.90	
		0.55	0.56	0.54	0.55	0.54	0.51	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41	0.41	0.42	0.43	0.44	0.44	
		1.47	1.47	1.46	1.46	1.39	1.28	1.17	1.14	1.12	1.10	1.07	1.02	0.95	0.88	0.82	0.77	
		0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
		0.57	0.59	0.58	0.57	0.55	0.53	0.50	0.43	0.40	0.39	0.37	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	
		4.18	3.24	2.71	2.55	2.49	2.47	2.63	2.48	2.54	2.58	2.44	2.20	2.08	2.08	1.97	1.79	
		1.03	0.97	0.92	0.84	0.75	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	
		0.83	0.85	0.83	0.79	0.78	0.80	0.82	0.85	0.88	0.86	0.83	0.81	0.79	0.78	0.79	0.80	
		0.23	0.26	0.28	0.31	0.32	0.32	0.31	0.30	0.31	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	
		3.25	3.14	3.44	3.54	3.29	2.82	2.67	2.41	2.31	2.04	1.92	1.84	1.78	1.63	1.48	1.52	
		0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	
		0.69	0.59	0.57	0.52	0.48	0.45	0.41	0.40	0.37	0.32	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.20	
		1.52	1.47	1.35	1.23	1.17	1.13	1.12	1.08	0.99	0.88	0.77	0.68	0.62	0.58	0.55	0.52	
		4.59	4.08	3.62	3.34	3.14	2.93	2.73	2.53	2.35	2.17	2.02	1.87	1.74	1.63	1.52	1.45	
		13.34	12.61	12.02	11.58	10.74	11.14	11.18	11.32	11.54	11.58	11.32	11.08	11.04	11.15	11.31	11.43	
		0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	
		2.89	2.74	2.61	2.56	2.42	2.23	2.09	2.03	1.94	1.81	1.68	1.55	1.42	1.39	1.33	1.26	
		15.96	15.39	14.85	14.42	14.12	13.83	13.47	13.00	12.35	11.57	10.71	9.84	9.47	9.14	8.62	7.96	
		21.06	19.02	17.21	15.21	12.90	10.91	9.86	9.63	9.71	9.99	10.45	10.94	11.17	11.14	10.65	9.94	

Tabla A18. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXLC-V

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
	OXLC V	Ordenada Espectral	1.37	2.24	4.05	3.24	2.89	2.63	3.42	3.04	2.41	1.70	1.73	1.45	1.32	1.20	1.38	1.62
		2.19	3.20	3.61	4.61	4.99	6.80	6.19	8.25	7.72	4.87	4.63	4.59	3.20	2.91	3.10	2.69	1.90
		1.16	3.39	2.81	2.30	1.43	2.09	2.39	1.58	1.94	1.74	1.72	1.39	1.28	0.95	0.97	1.28	1.35
		6.57	7.15	7.82	5.63	3.06	1.98	1.37	0.95	0.67	0.49	0.37	0.28	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13
		3.80	5.46	11.34	5.76	3.47	2.82	2.74	2.05	1.65	1.38	1.10	0.89	0.74	0.62	0.52	0.44	0.37
		2.51	4.64	8.98	5.97	4.54	4.71	5.21	4.03	3.20	2.11	2.07	1.74	1.10	0.94	1.09	1.48	1.55
		7.63	11.43	14.57	9.81	4.98	2.58	1.56	1.37	1.33	1.10	1.04	0.90	0.71	0.50	0.43	0.30	0.26
		12.10	31.95	25.30	27.54	14.24	16.97	19.21	13.88	15.15	12.61	8.20	4.51	4.64	4.63	4.58	3.26	3.18
		12.98	25.01	33.38	32.85	30.11	35.35	31.03	32.93	24.32	18.84	20.52	18.92	18.58	16.52	17.44	16.45	13.83
		1.61	4.46	4.54	3.00	2.69	2.05	1.54	1.01	0.61	0.40	0.46	0.43	0.32	0.24	0.20	0.19	0.16
		5.26	7.13	9.52	11.30	17.54	19.58	16.57	16.63	11.68	8.64	5.81	5.13	3.67	3.74	3.82	3.44	3.55
		4.02	6.69	9.22	9.87	13.89	21.39	12.80	16.59	12.28	7.22	5.47	5.74	4.93	4.68	5.43	5.36	4.84
		7.22	11.16	15.46	20.11	24.41	18.65	19.34	11.66	9.73	10.91	8.27	9.19	7.96	6.68	6.80	6.50	5.90
		48.25	106.52	108.92	114.44	121.34	126.85	147.42	103.03	76.18	69.81	90.08	58.52	51.52	39.68	43.63	49.89	41.42
		Periodo (s)	1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963
OXLC V	Ordenada Espectral	2.25	2.14	1.68	1.49	1.33	1.15	1.08	1.11	1.37	1.33	1.20	1.07	0.96	0.80	0.69	0.60	0.52
		1.70	1.67	1.65	1.32	1.29	1.29	1.32	1.32	1.22	1.11	0.93	0.85	0.85	0.83	0.77	0.71	0.68
		1.18	0.91	0.76	0.73	0.69	0.64	0.72	0.81	0.81	0.83	0.77	0.63	0.54	0.50	0.44	0.39	0.34
		0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
		0.32	0.27	0.24	0.22	0.18	0.21	0.21	0.17	0.17	0.16	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06
		1.44	1.26	1.05	0.89	0.78	0.66	0.51	0.42	0.39	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.20	0.18	0.17
		0.23	0.21	0.18	0.17	0.16	0.14	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
		3.08	2.55	3.12	2.97	2.25	2.13	2.25	2.38	2.47	2.54	2.49	2.35	2.38	2.52	2.49	2.38	2.31
		12.18	11.44	13.70	16.26	15.40	14.48	14.78	14.18	12.88	12.17	11.54	10.44	8.37	6.68	5.20	4.40	3.79
		0.18	0.17	0.13	0.11	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
		3.76	3.60	3.27	3.26	3.18	2.94	2.63	2.06	2.08	1.99	1.79	1.51	1.33	1.47	1.71	1.73	1.47
		4.22	4.11	3.50	2.82	2.41	2.54	2.43	2.09	1.83	1.73	1.92	2.22	2.40	2.50	2.39	2.22	2.08
		5.72	5.53	5.36	5.29	5.26	5.30	5.29	5.26	5.21	5.21	5.11	5.00	4.78	4.80	4.90	4.98	4.92
		36.03	38.32	38.65	32.80	25.43	28.43	31.89	36.21	38.77	44.78	50.59	49.21	44.27	35.41	27.39	22.04	18.37
		Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3
OXLC V	Ordenada Espectral	0.45	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	
		0.65	0.62	0.56	0.49	0.44	0.40	0.38	0.35	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.16	
		0.32	0.31	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	
		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	
		0.16	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	
		0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		2.18	2.00	1.88	1.74	1.62	1.52	1.49	1.46	1.43	1.38	1.33	1.27	1.21	1.12	1.03	0.94	
		4.08	4.14	3.65	3.65	3.40	3.34	3.32	3.00	2.76	2.38	2.42	2.38	2.31	2.20	2.08	2.00	
		0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
		1.27	1.04	0.90	0.85	0.84	0.80	0.72	0.64	0.57	0.49	0.41	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	
		2.04	1.91	1.72	1.65	1.61	1.57	1.50	1.37	1.18	1.06	0.97	0.88	0.81	0.75	0.70	0.67	
		4.71	4.42	4.18	3.96	3.71	3.42	3.13	2.84	2.65	2.47	2.30	2.18	2.06	1.92	1.77	1.63	
		15.44	13.07	11.54	10.90	12.02	12.33	11.55	10.36	10.77	11.13	11.48	11.68	11.64	11.35	10.75	10.01	

Tabla A20. Ordenadas Espectrales de Entrenamiento OXTO-V

	Periodo (s)	0.01	0.071	0.132	0.193	0.254	0.315	0.376	0.437	0.498	0.559	0.62	0.681	0.742	0.803	0.864	0.925	0.986
		OXTO V	Ordenada Espectral	11.30	14.06	26.17	24.32	29.88	19.82	17.56	21.66	22.18	16.04	11.27	6.89	5.09	4.02	3.18
		4.47	11.99	9.32	9.57	11.35	6.26	7.10	5.52	6.64	4.08	2.54	1.87	1.33	1.09	0.85	0.73	0.61
		2.79	4.04	5.12	4.45	9.13	7.24	6.34	5.41	3.87	2.38	1.88	1.66	1.74	1.67	1.20	0.89	0.74
		2.03	2.70	3.46	5.65	10.59	5.89	3.57	3.21	2.12	1.35	1.15	0.95	0.76	0.70	0.54	0.58	0.61
		2.78	3.41	5.77	8.98	11.20	8.56	9.13	5.79	5.50	4.21	3.40	2.15	1.60	1.13	0.77	0.60	0.50
		2.85	8.01	7.41	8.50	11.98	7.54	6.04	6.34	4.23	2.73	2.66	3.22	3.35	2.39	1.81	1.53	1.23
		5.09	5.09	6.55	11.87	10.82	10.00	15.11	15.18	18.75	16.56	13.28	8.09	5.02	3.76	3.40	4.37	3.58
		2.61	8.59	6.08	5.65	8.29	4.39	5.17	4.99	3.09	1.68	1.33	1.24	0.96	0.92	0.72	0.52	0.44
		2.83	7.22	13.83	6.15	4.29	4.14	4.76	3.90	4.05	2.48	1.24	0.84	0.70	0.54	0.47	0.38	0.39
		4.41	11.79	14.00	8.96	9.69	4.94	4.50	3.28	1.45	1.29	1.10	0.91	0.84	0.72	0.58	0.41	0.31
		1.78	4.00	6.80	5.99	3.61	2.50	2.04	1.47	1.64	1.65	1.24	0.89	0.74	0.53	0.41	0.37	0.28
		5.12	18.18	16.50	9.89	9.85	10.82	10.35	11.48	6.89	7.19	4.97	5.40	4.36	3.79	3.75	2.80	2.00
		5.09	12.35	15.69	10.72	6.44	4.22	6.14	4.24	2.11	1.69	1.33	1.02	0.76	0.63	0.51	0.45	0.52
		11.19	19.49	11.34	7.48	4.67	2.33	1.58	1.29	1.07	0.62	0.41	0.31	0.25	0.20	0.16	0.14	0.12
		2.29	5.66	6.32	5.91	5.21	2.81	2.30	1.84	1.27	0.93	0.98	0.78	0.67	0.55	0.50	0.41	0.33
		2.98	16.15	3.77	3.43	1.96	1.37	0.81	0.49	0.49	0.27	0.26	0.20	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07
		4.73	20.31	14.29	10.33	8.81	6.00	3.10	2.04	2.06	1.58	1.21	0.87	0.66	0.55	0.45	0.35	0.29
		2.58	4.62	9.90	5.92	6.21	6.93	3.02	3.04	3.04	2.28	1.74	1.81	1.23	1.10	0.86	0.67	0.62
		2.90	6.50	9.46	6.95	5.77	4.90	6.63	4.21	2.24	1.57	0.91	0.71	0.66	0.59	0.48	0.45	0.43
		11.81	20.11	33.27	41.25	37.07	14.59	13.14	10.25	6.67	4.60	2.85	2.33	1.97	1.45	1.07	0.93	0.85
		15.15	48.27	35.85	29.64	16.32	7.76	3.69	3.53	4.06	2.33	1.64	1.37	1.06	0.82	0.62	0.49	0.39
		32.02	114.75	79.96	62.19	49.18	36.03	27.00	32.37	33.32	31.00	24.60	17.29	12.27	8.54	5.87	4.68	4.18
		2.36	4.64	6.33	8.81	10.92	5.14	5.54	3.16	2.65	1.87	1.45	0.99	0.73	0.49	0.38	0.33	0.29
		2.60	6.84	5.59	2.30	1.77	0.92	0.40	0.25	0.20	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04
		5.56	17.35	12.33	5.52	5.44	3.49	1.93	1.38	1.26	1.03	0.68	0.44	0.32	0.26	0.21	0.18	0.16
		6.26	20.45	18.17	19.45	12.82	8.04	7.95	8.07	4.54	2.96	1.79	1.27	1.04	0.76	0.57	0.40	0.39
		8.36	13.73	22.60	26.94	29.35	17.80	14.23	10.13	8.43	7.02	5.41	4.91	4.19	3.82	2.87	2.18	2.40
		2.35	5.13	7.05	8.39	7.28	4.52	1.92	1.64	0.99	0.94	0.93	0.69	0.56	0.40	0.38	0.33	0.25
		5.01	11.59	10.75	7.88	11.54	7.00	3.70	2.02	1.22	0.94	0.65	0.53	0.42	0.33	0.26	0.22	0.22
		2.43	6.97	7.16	7.43	6.50	3.46	1.60	1.29	0.96	1.24	0.92	0.56	0.43	0.37	0.34	0.33	0.29
		2.11	9.66	7.33	5.23	3.67	2.65	1.57	1.08	0.56	0.42	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
		3.78	8.26	9.66	6.79	4.47	3.03	1.25	0.97	0.73	0.40	0.37	0.31	0.20	0.15	0.12	0.11	0.10
		11.36	25.32	32.61	35.08	40.82	25.65	22.29	24.71	15.94	14.39	11.25	6.59	4.88	4.73	3.78	3.91	3.59
		12.48	42.15	32.77	31.76	32.86	36.46	32.93	35.95	26.11	14.20	12.01	10.10	7.83	6.85	6.73	6.16	4.20
		5.45	7.40	13.05	14.76	20.53	14.50	13.05	15.57	7.41	6.41	6.49	5.66	4.44	3.62	2.62	2.23	1.88
		18.62	30.06	67.93	62.11	51.05	32.98	38.54	22.35	12.94	10.47	8.31	5.32	4.07	3.04	2.74	3.25	3.34

Tabla A20. (Continuación)

		Tabla A20. (Continuación)																
	Periodo (s)	1.047	1.108	1.169	1.23	1.291	1.352	1.414	1.475	1.536	1.597	1.658	1.719	1.78	1.841	1.902	1.963	2.024
		OXTO V	Ordenada Espectral	1.70	1.46	1.30	1.17	1.05	0.95	0.86	0.78	0.72	0.66	0.60	0.55	0.50	0.46	0.43
		0.51	0.41	0.33	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14
		0.64	0.62	0.59	0.48	0.39	0.42	0.39	0.36	0.31	0.32	0.30	0.24	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16
		0.55	0.49	0.43	0.32	0.29	0.28	0.26	0.22	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.16	0.14	0.11	0.10
		0.43	0.41	0.37	0.34	0.34	0.33	0.33	0.28	0.24	0.22	0.19	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.15
		0.94	0.83	0.81	0.78	0.75	0.68	0.58	0.46	0.37	0.36	0.32	0.33	0.34	0.33	0.30	0.27	0.23
		2.71	3.15	3.02	2.99	3.10	2.99	2.38	2.21	2.55	3.02	2.86	2.26	2.22	2.05	1.83	1.62	1.43
		0.35	0.30	0.27	0.21	0.21	0.21	0.20	0.17	0.16	0.15	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.08
		0.34	0.26	0.24	0.22	0.18	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08
		0.27	0.24	0.22	0.18	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15
		0.28	0.29	0.23	0.20	0.18	0.17	0.19	0.24	0.27	0.30	0.30	0.31	0.32	0.31	0.29	0.28	0.25
		1.75	1.47	1.25	1.08	0.95	0.99	0.82	0.81	0.76	0.69	0.60	0.60	0.56	0.51	0.56	0.57	0.53
		0.55	0.50	0.41	0.40	0.33	0.29	0.27	0.24	0.19	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12
		0.10	0.09	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		0.28	0.22	0.20	0.19	0.17	0.13	0.11	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06
		0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		0.25	0.26	0.22	0.22	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06
		0.52	0.54	0.49	0.40	0.35	0.35	0.39	0.38	0.34	0.27	0.22	0.21	0.18	0.16	0.16	0.16	0.14
		0.46	0.41	0.32	0.29	0.27	0.31	0.28	0.26	0.21	0.20	0.18	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.10
		0.71	0.61	0.54	0.54	0.53	0.51	0.47	0.44	0.40	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
		0.36	0.30	0.28	0.24	0.20	0.19	0.17	0.15	0.15	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09
		3.79	3.72	3.64	3.63	3.55	3.45	3.33	3.12	2.87	2.62	2.46	2.20	2.10	2.02	1.81	1.64	1.48
		0.28	0.28	0.22	0.17	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08
		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
		0.40	0.40	0.38	0.32	0.32	0.33	0.30	0.26	0.23	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14	0.14	0.13	0.13
		2.25	2.40	2.00	1.88	1.61	1.19	1.18	1.28	1.25	0.99	0.96	0.86	0.80	0.69	0.65	0.64	0.63
		0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.10	0.11	0.10	0.10	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
		0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
		0.22	0.17	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
		0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
		3.24	2.97	2.52	2.44	2.28	1.83	1.73	1.54	1.42	1.34	1.46	1.51	1.31	1.12	1.01	1.05	1.08
		3.12	2.76	2.45	2.64	2.47	2.23	2.19	1.88	1.71	1.79	1.90	1.80	1.77	1.78	1.67	1.54	1.55
		1.36	1.06	1.10	0.91	0.78	0.66	0.60	0.55	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.27	0.26	0.24	0.24
		2.96	2.81	2.82	2.68	2.72	2.84	2.98	3.18	3.34	3.43	3.42	3.33	3.16	2.97	2.81	2.77	2.76

Tabla A20. (continuación)

	Periodo (s)	2.085	2.146	2.207	2.268	2.329	2.39	2.451	2.512	2.573	2.634	2.695	2.756	2.817	2.878	2.939	3	
		OXT0 V	Ordenada Espectral	0.36	0.34	0.32	0.29	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17
		0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
		0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
		0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
		0.20	0.17	0.16	0.16	0.18	0.20	0.21	0.23	0.23	0.23	0.22	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17
		1.35	1.18	0.99	0.85	0.81	0.85	0.90	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81	0.75	0.66	0.63	0.59	0.59
		0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
		0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
		0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
		0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
		0.47	0.44	0.39	0.34	0.33	0.33	0.32	0.30	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16
		0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09
		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09
		0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09
		0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
		1.42	1.39	1.35	1.31	1.25	1.17	1.10	1.09	1.06	1.04	1.01	0.99	0.96	0.93	0.88	0.88	0.83
		0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
		0.59	0.57	0.55	0.56	0.57	0.54	0.50	0.46	0.42	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.25
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
		0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		1.04	0.96	0.84	0.74	0.64	0.60	0.56	0.49	0.42	0.37	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.22
		1.52	1.42	1.27	1.17	1.13	1.10	1.06	0.98	0.87	0.76	0.67	0.59	0.54	0.52	0.50	0.49	0.49
		0.23	0.22	0.19	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12
		2.70	2.53	2.31	2.09	1.95	1.82	1.71	1.61	1.56	1.51	1.46	1.41	1.37	1.31	1.25	1.17	1.17