



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTIMACIÓN DE CURVAS PGA, PGH, INTENSIDAD
INSTRUMENTAL Y DURACIÓN PARA OBSERVAR LOS
EFECTOS SÍSMICOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO POR
MEDIO DE LOS MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN,
MODELADO LINEAL E INFERENCIA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

P R E S E N T A:

CECILIA HERNÁNDEZ MEZA



DIRECTOR DE TESIS:

DR. ARMANDO CUÉLLAR MARTÍNEZ

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mi amada madre

Teresa, enorme ejemplo de bondad y amor. Gracias por todo lo que me has dado, enseñado, lo que hemos vivido, porque sin ti, nada de esto sería posible.

A mi amado hijo

Pablo Andrés, mi motor y orgullo. Gracias por ser como eres y todo tu paciente apoyo.

A mis queridas hermanas

Ana, Ligia y Eva. Gracias por estar siempre conmigo.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias y a todos los profesores de la Facultad, gracias por sus enseñanzas.

Al Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C. (CIRES) por la inconmensurable ayuda para la realización de este trabajo.

Al Director de CIRES, Ing. Juan Manuel Espinosa Aranda, gracias por ver en mí, la capacidad que nunca creí tener.

A mi Asesor de Tesis, Dr. Armando Cuéllar Martínez, gracias por la paciencia, apoyo incondicional y la motivación constante para seguir adelante en la elaboración de este trabajo. Muchas gracias por enseñarme a creer en mis capacidades, a no rendirme nunca y a vivir con alegría, honestidad, valor y humildad.

A la Gerencia de Servicios Técnicos Especializados, Ing. Lucio Camarillo, Ing. Antonio Tello, Ing. Karla Sumuano, Mari Carmen Sánchez, Arturo Arias y Marcos Moreno (Q.E.D). Gracias por su incalculable trabajo en la Red Acelerográfica de la Ciudad de México, porque esta Tesis no sería posible, sin la titánica labor que realizan todos los días.

Al Ing. Samuel Maldonado y al Ing. Martín Zavala, gracias por su aportación a este trabajo.

A mis invaluable compañeras en CIRES, Sandra, Marisela, Guadalupe, Nellyda, Raquel, Brisa, Arminda y Celia. Gracias por sus enseñanzas y apoyo en la realización de este trabajo.

A la Sra. Alicia Moncayo de Pascual y a los Sres. José Eduardo Pascual Moncayo, Pablo José Pascual Moncayo, Eduardo Antonio Pascual Moncayo, Marco Antonio Pascual Moncayo y a Eduardo Pascual Hernández, que en paz descansen. Gracias por el ejemplo de vida, apoyo y motivación.

A la Srita. Dulce María Pascual, a la Sra. Angelina Pascual y al Sr. Carlos Pascual, muchas gracias por su paciencia y apoyo.

A todas y cada una de aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo.

“Si estás satisfecho con quien eres
ahora mismo, no estás consciente de
quien podrías ser si estuvieras
dispuesto a esforzarte”

- Anónimo -

“Un verdadero luchador no es el que
siempre gana. Sino el que a pesar de sus
derrotas nunca se rinde”

- Andrés Manuel López Obrador -

“Solo hay una guerra que puede
permitirse el ser humano: la
guerra contra su extinción”

- Isaac Asimov -

“No te rindas, por favor no cedas,
aunque el frío queme, aunque el miedo
muerda, aunque el sol se esconda y
se calle el viento, aún hay fuego en tu
alma, aún hay vida en tus sueños”

- Mario Benedetti -

“Algunas personas llegan a nuestras
vidas y se alejan en silencio, otras
permanecen durante un tiempo, dejan
huellas en nuestros corazones y nunca,
nunca volveremos a ser los mismos”

- Anónimo -

Índice

Introducción	1
1. Marco de Referencia	4
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Justificación.....	4
1.3 Sismos.....	5
1.3.1 Magnitud Sísmica.....	7
1.3.2 Intensidad Sísmica	8
1.3.3 Intensidad Instrumental (I_i).....	10
1.3.4 Duración (D)	12
1.3.5 Aceleración Máxima del Suelo (PGA)	14
1.3.6 Aceleración Máxima Horizontal del Suelo (PGH)	15
1.3.7 Riesgo Sísmico.....	16
1.3.8 Riesgo Sísmico en México.....	17
1.3.9 Brecha Sísmica de Guerrero	18
1.4 Registro Sísmico en México	20
1.4.1 Descripción.....	26
1.4.2 Datos del Registro.....	27
1.4.3 Catálogo de Sismos Registrados	28
1.5 Inferencia Estadística.....	28
1.5.1 Correlación	29
1.6 Modelo Lineal	30
1.6.1 Análisis del modelo lineal.....	30
1.6.2 Descripción del modelo lineal	30
1.7 Interpolación	31

1.7.1 Análisis de la Interpolación	31
1.7.2 Descripción de la interpolación	31
1.8 Definición del problema.....	32
2. Desarrollo.....	34
2.1 Construcción de Matrices de Parámetros Sísmicos, de Correlación y Concurrencias	35
2.2 Construcción del Modelo Lineal	37
2.3 Métrica de Error del Modelo Lineal	47
2.4 Proceso para Estimar toda la Red a partir de sólo un Registro de alguna Estación	48
2.5 Prueba del Modelo Lineal.....	50
3. Interpolación y Curvas de Nivel.....	53
3.1 Curvas de Nivel o Isolíneas	54
3.2 Desarrollo de la Interpolación y las Curvas de Nivel	54
3.3 Curvas PGA y PGH.....	55
3.4 Curvas I_1	57
3.5 Curvas D.....	58
4. Resultados y Ejemplo Hipotético	60
4.1 Escenario con 75% de estaciones con aceleración	61
4.2 Escenario con 50% de estaciones con aceleración.....	63
4.3 Escenario con 25% de estaciones con aceleración.....	64
5. Conclusiones	71
Bibliografía.....	74
Anexo A Tablas	76
Tabla 1. Desglose por año, número de registros y horas de grabación de los sismos registrados por la RACM	76
Tabla 2. Sismos registrados por la RACM durante el periodo 1990-2018	77
Tabla 3. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico PGA	83
Tabla 4. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico PGH.....	97

Tabla 5. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico I_1	111
Tabla 6. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico D.....	125
Anexo B Código.....	139
I.....	139
II.....	140
III.....	144

Introducción

El sismo del 19 de septiembre de 1985 de magnitud 8.1 generó los daños más grandes en la historia de México y de la capital del país, esto conllevó a estudiar de mejor manera los efectos que causan los sismos en la ciudad. Dentro de las acciones de investigación que se propusieron meses posteriores a este sismo (CONACYT 1986) [8] fue la creación de una red de acelerógrafos en 1986 para realizar la tarea de medir sistemáticamente los efectos sísmicos en las diferentes zonas y tipos de suelo de la ciudad.

Es así, que en 1987 surge la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM), la cual en la actualidad cuenta con una red de 81 sensores acelerográficos distribuidos en superficie, estructuras y subterráneos para los diferentes tipos de suelo de la ciudad con un acervo de 213 sismos medidos en 5852 registros de aceleración (hasta diciembre de 2018). Estos datos han servido para innumerables trabajos de ingeniería sísmica, estudios del comportamiento de suelos y edificios, además para la actualización y perfeccionamiento de la norma complementaria del reglamento de construcción de la Ciudad de México.

El avance en tecnologías de comunicación como es el internet y en especial las redes sociales, ha orillado a que la información tenga una dinámica de entrega más rápida y expedita. En el caso de los datos de aceleración que genera la RACM, una vez que acontece un sismo, la difusión de la información a las autoridades y a la sociedad, ha evolucionado de entregarse los datos de forma manual e impresa, a publicarse de manera automática en redes sociales, pero actualmente está sesgada a un subconjunto de datos, ya que no todas las estaciones acelerográficas tienen la posibilidad de comunicar sus datos en tiempo real.

Por otro lado, durante un gran sismo existe la posibilidad que sean afectados los sistemas de energía y comunicación de las estaciones acelerográficas y en consecuencia no podrían éstas contribuir para que las autoridades y sociedad obtengan el conocimiento completo de los efectos sísmicos en el menor tiempo posible. La posibilidad que durante un gran sismo se afecte notablemente la capital del país y conlleve a no disponer de la mayor cantidad de información que podría proporcionar la RACM, se plantea una solución que consiste en

generar un modelo de estimación de parámetros de efectos sísmicos en cada estación de la red para conocer los posibles efectos sísmicos partiendo de los pocos datos que pudieran recopilarse en los primeros minutos.

La Tesis presenta una propuesta de herramienta visual de estimación de diversos parámetros sísmicos que son útiles para la ingeniería sísmica y estudios de suelos en la ciudad, tales como: la Aceleración Máxima (PGA), la Aceleración Máxima Horizontal (PGH), la Intensidad Instrumental (I_i) y la Duración (D). Para ello se utilizó la Inferencia Estadística, Modelado Lineal y la Interpolación, con la finalidad de que mediante Curvas de Nivel, sea posible caracterizar de manera automática el movimiento del suelo en la Ciudad de México basado en las aceleraciones medidas por la RACM en más de 30 años, considerando el escenario de no disponer de la totalidad de los datos de la red.

Los modelos lineales parten de utilizar métodos estadísticos de inferencia. Son generados a partir de miles de registros de aceleración provenientes de 68 sitios en superficie de la RACM medidos durante más de 28 años de manera sistemática. Adicionalmente, se pretende que los resultados de estimación sean mapeados e interpolados en una herramienta visual a partir de curvas de nivel para mayor comprensión de las autoridades de gestión integral de riesgo en la ciudad.

El Capítulo 1. Marco de Referencia, presenta los objetivos, justificación y definición del problema de esta Tesis, así como algunos parámetros sísmicos que se emplearán; por ejemplo Intensidad Instrumental y Duración. Por otra parte, expone los métodos para construcción de los modelos lineales.

El Capítulo 2. Desarrollo, describe los procesos, factores de error y criterios que se emplearon para la construcción de los modelos lineales de cada estación para cada parámetro sísmico. También se muestra la prueba empleada, así como sus métricas de error.

El Capítulo 3. Interpolación y Curvas de Nivel en Mapas de la Ciudad de México, presenta la propuesta visual de cómo se podrían presentar los resultados de las estimaciones para cada parámetro sísmico, así como una breve explicación de las configuraciones y elementos que se requieren para la generación de imágenes.

El Capítulo 4. Discusión de Resultados, muestra un sismo con tres escenarios hipotéticos de diferente número de estaciones acelerométricas para observar la capacidad del modelo lineal y analizar las métricas de error que generarían sus estimaciones.

El Capítulo 5. Conclusiones, expone en síntesis lo que se logró durante el desarrollo de esta Tesis así como algunas ideas por desarrollar.

1. Marco de Referencia

La información que se ha logrado obtener de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM), ha derivado en diversos proyectos de investigación y la elaboración de la Norma de Construcción para la ciudad. Si bien existen modelos que estiman los posibles efectos sísmicos en la Ciudad de México y se han estudiado particularmente algunos sismos importantes que generaron efectos, en la actualidad no existe una herramienta visual que muestre los efectos medidos por la RACM de una manera tal que permita conocer diversas capas de otros efectos sísmicos, así como observar el posible efecto no sólo en la estación acelerográfica sino a través de regiones mapeadas por medio de curvas de nivel. Por otro lado, la red en ocasiones no logra el 100% de registros de aceleración en sus 68 estaciones de campo libre cuando ocurre un sismo, por lo que se hace evidente la necesidad de completar la información, mediante métodos de estimación numérica tales como interpolación, modelado lineal e inferencia, que además nos muestren índices de error. Dado que la RACM tiene fijos sus puntos de medición, una mejora es graficar mediante curvas de nivel, una estimación visual de efectos sísmicos por regiones de niveles equiparables de amplitud de parámetros sísmicos como Pico de Aceleración del suelo (PGA), Pico de Aceleración Horizontal (PGH), Intensidad Instrumental (I_i) y Duración (D) en sitio.

1.1 Objetivo

Presentar de manera visual los efectos sísmicos medidos en la Ciudad de México a través de diversos parámetros sísmicos utilizados en ingeniería sísmica y protección civil, considerando la Base de Datos de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México.

1.2 Justificación

Este proyecto de Tesis forma parte de las acciones contempladas en la ONU para mitigar daños (Sendai, 2015) en orden de mejorar en la sociedad el conocimiento del riesgo expuesto, el producto del trabajo se materializará en una herramienta visual que contribuya en el ámbito social para identificar las zonas en la ciudad donde ocurren las mayores amplitudes de efectos sísmicos, a partir de contrastar los diversos parámetros sísmicos cuantificables y de

emplear disciplinas de inferencia estadística para elaborar escenarios de riesgo por sismos históricos como también el poder contar en los primeros minutos de ocurrido el sismo, de un escenario al 100% de la cobertura de la RACM de los efectos estimados en la Ciudad de México.

1.3 Sismos

Un sismo es un rompimiento abrupto de las rocas en el interior de la Tierra que provoca una liberación de energía, la cual se propaga en forma de ondas generando movimientos del terreno. En una definición más específica, la litósfera de la tierra está constituida por un conjunto de fragmentos que pueden fracturarse, llamadas placas tectónicas (**Figura 1.1**), estas placas flotan sobre la Astenósfera, la cual es una capa de consistencia visco-elástica que ejerce una fuerza determinada sobre la litósfera, es en ésta donde el material caliente del interior de la Tierra sube a la superficie liberando calor interno, mientras que el material frío baja al interior, provocando fricción entre las placas. Cuando la fricción sobrepasa la resistencia de la roca se produce una fuerte ruptura y en consecuencia la liberación de la energía acumulada, generándose así un sismo que produce vibraciones en la superficie. El sitio donde se inicia la ruptura se llama hipocentro y su proyección ortogonal en la superficie de la tierra, se llama epicentro (**Figura 1.2**).

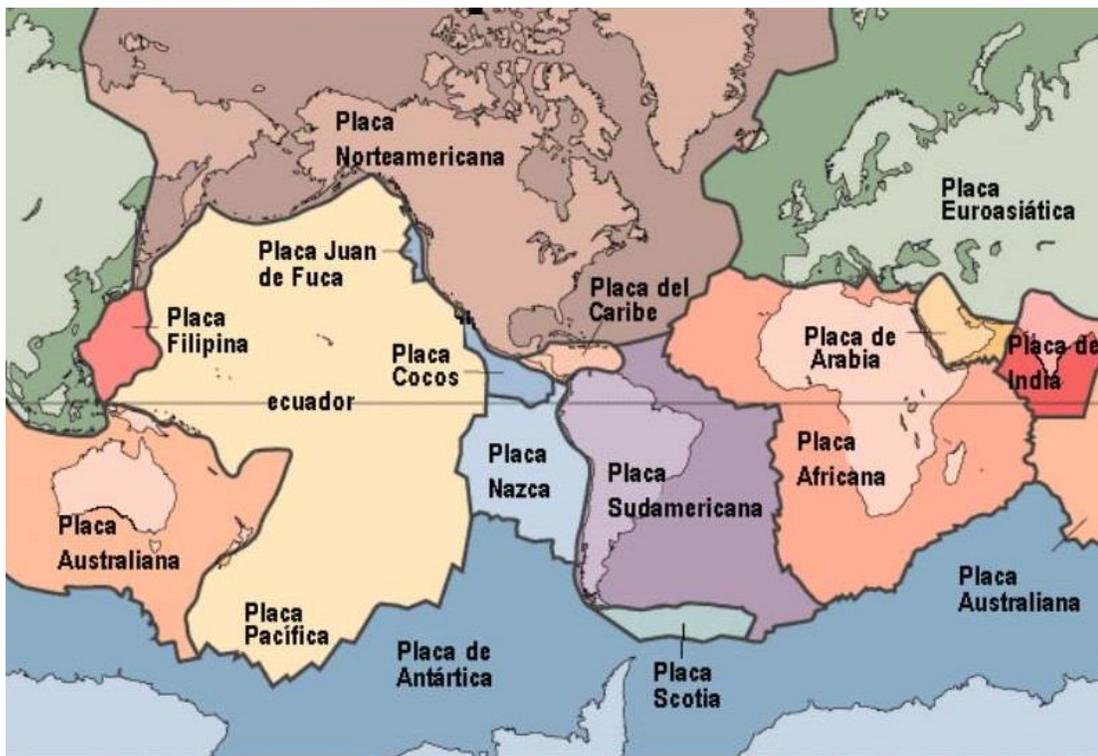


Figura 1.1 Tectónica de Placas (Imagen de Google, 2014).

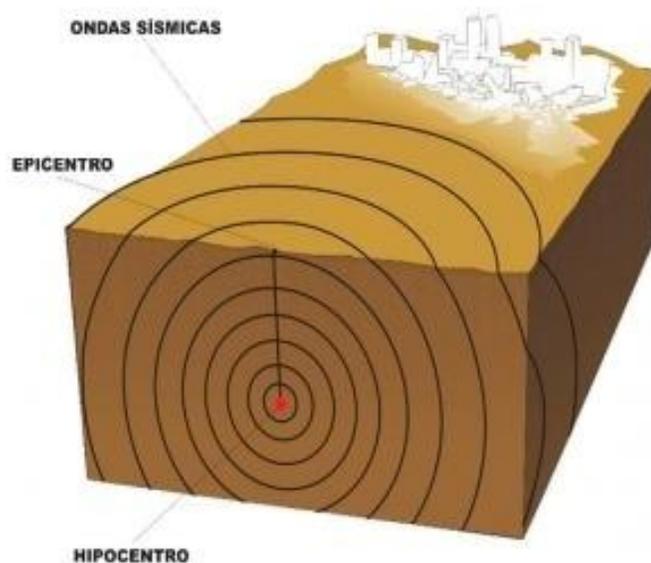


Figura 1.2 Hipocentro, epicentro y propagación de ondas sísmicas (Imagen de Google, 2016).

Una onda sísmica genera durante su desplazamiento a través de la Tierra, ondas de cuerpo y de superficie. Las primeras transmiten la energía sísmica desde el hipocentro hasta la superficie de la Tierra y las segundas se propagan sobre la superficie de la misma.

Las ondas P son ondas de cuerpo compresionales que se propagan por la corteza terrestre de manera longitudinal alternando movimientos de expansión y contracción, viajan a través de capas rocosas y líquidas, como magma o agua (**Figura 1.3**). Su desplazamiento se produce a mayor velocidad que otros tipos de ondas (5 a 11 km/s).

Las ondas S son ondas de cuerpo de corte, su velocidad es inferior a la de las ondas P (entre 3 a 7 km/s), propagándose de forma transversal perpendicularmente a la dirección de propagación por medios sólidos (**Figura 1.3**).

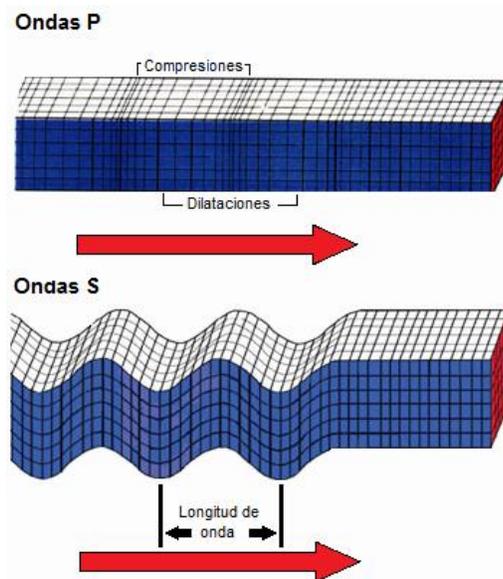


Figura 1.3 Ondas P y S. La Onda P requiere menos energía debido a su naturaleza longitudinal lo que hace que su velocidad sea mayor respecto a la onda S que requiere más esfuerzo (Bruce Bolt, 2001).

1.3.1 Magnitud Sísmica

La magnitud de un sismo es una cantidad por lo general de un entero y un decimal que busca caracterizar el tamaño de un sismo y su energía liberada. Se mide en una escala logarítmica, de tal forma que cada unidad de magnitud corresponde a un incremento de raíz cuadrada de

1000, o bien, de aproximadamente 32 veces la energía liberada. Es decir que, un sismo de magnitud 8 es 32 veces más grande que uno de magnitud 7, 1000 veces más grande que uno de magnitud 6, 32000 veces más grande que uno de magnitud 5 y así sucesivamente [18].

Existen varios tipos de magnitud. Estos se diferencian entre sí por los datos y la metodología empleados. En México, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) reporta Magnitud de Coda M_C , para sismos de magnitud menor de 4.5. Para sismos mayores de 4.5, con epicentros en Guerrero, se usan la Magnitud de Energía, M_E , y Magnitud de Amplitud, M_A . Para sismos de magnitud mayor de 4.5, se reporta la Magnitud de Momento M_W , desarrollada por H. Kanamori, que no tiene el problema de lo que se llama saturación de la magnitud. La saturación se da en otras escalas en el sentido de que por más grande que sea el sismo siempre tienen la misma magnitud. Existen otras escalas de magnitud, una de ellas es la desarrollada por Gutenberg, quien obtiene la magnitud con base a la amplitud de las ondas internas, a esta magnitud se denomina M_b [18].

1.3.2 Intensidad Sísmica

La Intensidad Sísmica es la percepción del movimiento de un sismo que siente un individuo. Depende del sitio de observación, la severidad es mayor en el epicentro y disminuye conforme se aleja del epicentro. La medición se realiza a partir de la observación de los efectos del movimiento telúrico sobre personas y construcciones, por lo que un sismo tiene una magnitud única (en una escala dada) pero intensidades diferentes que varían según el sitio de observación.

El estudio sistemático de la intensidad de eventos sísmicos tiene su origen en Italia, país con alta sismicidad, a mediados del siglo XX. Ante la falta de instrumentos de medición adecuados para el fenómeno sísmico se asignó de forma subjetiva una escala de diversas intensidades que daban cuenta de los efectos de los temblores sobre las construcciones de la época. Esta escala sufrió modificaciones a lo largo de las siguientes décadas de acuerdo a las particularidades de cada región; en el caso mexicano es imprescindible mencionar el planteamiento que al respecto hizo Emilio Rosenblueth.

El Dr. Rosenblueth (notable ingeniero mexicano 1926-1994) pionero en estudios de sismología en México acotó, "Tal vez para la Ciudad de México debimos haber establecido nuestra propia escala, pero ya no sería útil hoy en día, dado que ya se dispone de una red

respetable de instrumentos de registro -Red Acelerográfica de la Ciudad de México- que permite describir el movimiento con mucho más detalle y precisión que lo que comunica un sólo número en una escala subjetiva. Además, la que fuera la escala más indicada para nuestra ciudad capital tendría que variar con el tiempo, pues debería depender de las tendencias arquitectónicas prevaletientes” [15].

La escala de intensidades más usada en el continente americano es la de Mercalli Modificada (MM) contiene intervalos de I al XII, el XII corresponde por definición a destrucción total (**Tabla 1.1**). En un intento por diferenciar las escalas (Magnitud e Intensidad), la intensidad se cuantifica con números romanos y la magnitud en números cardinales.

Tabla 1.1 Intensidad en la Escala de Mercalli [7].

Escala	Descripción
I	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos; al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, puertas y ventanas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daños insignificantes en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerables en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.

VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios comunes bien construidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el terreno. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos, destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Deslizamientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI	Pocas o ninguna obra de mampostería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy torcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

1.3.3 Intensidad Instrumental (I_i)

La intensidad Instrumental (I_i) o Intensidad de Arias es un parámetro sísmico planteado por el Dr. Arturo Arias en 1970, medida que da cuenta de la energía total contenida en el registro de aceleración del terreno, por lo cual se relaciona con la capacidad de producir daño en la estructura de las construcciones como consecuencia de un movimiento sísmico. La Intensidad de Arias permite obtener el patrón de amplificación o reducción de las ondas sísmicas que se desplazan a través del interior de la tierra. Los efectos de las ondas sísmicas dependen del tipo de suelo en el que actúan, como son suelos blandos, rocosos entre otros. Las mediciones de esta naturaleza resultan imprescindibles para los estudios de riesgo sísmico previos a la edificación de cualquier estructura.

La Intensidad de Arias representa la suma de energía disipada por unidad de masa en un conjunto de osciladores elásticos amortiguados de un grado de libertad cuyas frecuencias están uniformemente distribuidas en todo el rango de frecuencias, entre 0 e infinito [4]

(Ecuación 1). La propuesta original de Arias se basaba en la medida de intensidad para el diseño sísmico de centrales nucleares como un tensor simétrico.

En este trabajo se aplicará la Intensidad Instrumental (I_I) modificada de tal forma que la integral definida en la ecuación del Dr. Arias, los límites inferior y superior estén definidos por las muestras del parámetro sísmico duración (D) que se describirá más adelante. La unidad de medida es un factor normalizado de la aceleración terrestre que arroja cm/s.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$I_I = \frac{\pi}{2 \cdot g} \int_{t_0}^{t_f} a(t)^2 dt \quad (1)$$

donde:

I_I es la Intensidad Instrumental

g es la Aceleración de la gravedad

t_0 es el tiempo inicial del registro de aceleraciones

t_f es el tiempo final del registro de aceleraciones

$a(t)$ es el registro de aceleraciones

En la **Figura 1.4** se muestra la Intensidad Instrumental acumulada en el sismo del 19 de septiembre de 2017 en la estación AL01 de la RACM que se ubica en la Alameda Central.

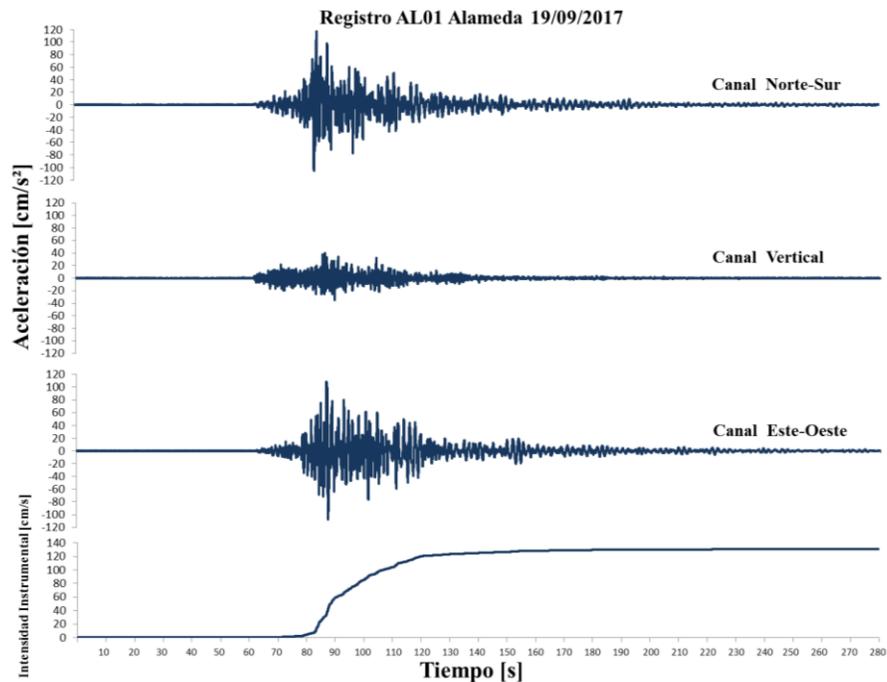


Figura 1.4 Aceleraciones e Intensidad Instrumental (I_i) (130.5 cm/s) del registro de la estación AL01 Alameda de la RACM durante el sismo M7.1 del 19 de septiembre del 2017.

1.3.4 Duración (D)

El parámetro sísmico duración (D), se definirá como el lapso entre el inicio de movimiento sísmico (a partir de un umbral mínimo de aceleración) y hasta el cese del mismo movimiento (cuando el sismo en sitio sea inferior al umbral mínimo). Basado en la ISO2631 sobre percepción del movimiento para el ser humano (**Tabla 1.2**) se decide fijar en 3.5 cm/s^2 el umbral de aceleración medida en el sitio que debe ser rebasado para dar inicio a la duración del registro (m_i) mismo que finaliza en la muestra (m_f) que registre la última aceleración mayor o igual a 3.5 cm/s^2 (Ecuación 2).

La duración se define en la siguiente expresión:

$$D_0 = \frac{(m_f - m_i)}{tm} \quad (2)$$

donde:

D_0 es la duración

m_f es la muestra final

m_i es la muestra inicial

tm es la tasa de muestreo

Tabla 1.2 Indicador del umbral de percepción humana para vibraciones verticales armónicas [5].

Descripción	Aceleración Máxima [mm/s ²]	Velocidad Máxima [mm/s]
<i>Apenas perceptible</i>	34	0.5
<i>Claramente perceptible</i>	100	1.3
<i>Inquietante / Pánico</i>	550	6.8
<i>Intolerable</i>	1800	13.8

La **Figura 1.5** muestra un ejemplo de la duración obtenida con los rangos definidos anteriormente para la duración del registro de la estación AL01 Alameda (177 segundos) durante el sismo del 19 de septiembre de 2017.

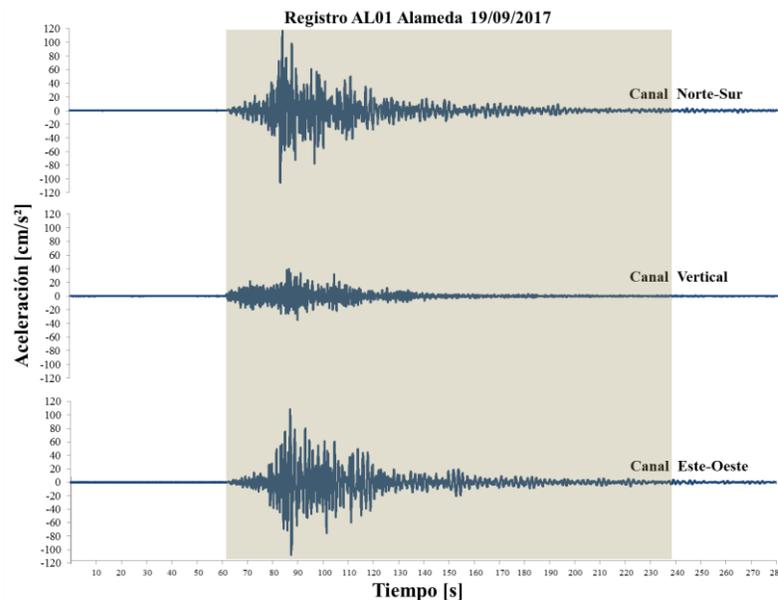


Figura 1.5 Gráfica de la duración del registro (177 segundos) durante el sismo del 19 de septiembre de 2017 en la estación AL01 Alameda.

1.3.5 Aceleración Máxima del Suelo (PGA)

Como se observó anteriormente, la energía sísmica es dispersada en ondas desde el hipocentro, causando movimientos del suelo horizontales y verticales. La aceleración máxima del suelo, denominada así por las siglas en inglés PGA (Peak Ground Acceleration), registra la máxima aceleración (tasa de cambio de la velocidad) en valor absoluto, de toda la historia del registro del acelerograma obtenido cuando ocurre un sismo. El PGA está relacionado con la fuerza de un movimiento sísmico.

El PGA es el parámetro sísmico más usado para describir la intensidad y la destructividad de un terremoto en un lugar dado por su determinación simple y porque las fuerzas de inercia dependen directamente de la aceleración, además provee una medida de intensidad instrumental, esto es, el registro de la sacudida de suelo medida por instrumentos sísmicos. Otras escalas de intensidad miden la intensidad sentida, basada en reportes o testimonios, como se sintió y el daño observado. Hay una correlación entre estas escalas, pero no siempre hay concordancia absoluta debido a que las experiencias y daños pueden ser afectadas por muchos otros factores, incluyendo la calidad de las obras civiles, además de ser una medida subjetiva.

El tipo de suelo puede significativamente influenciar el movimiento, así los valores del PGA pueden presentar extremas variaciones sobre distancias de unos pocos kilómetros, particularmente en moderados y grandes sismos. Los resultados de variación del PGA de un sismo pueden ser desplegados en un mapa de intensidades, el cual es uno de los objetivos de este trabajo. Debido a las condiciones complejas que afectan el PGA, los sismos de similar magnitud pueden ofrecer resultados incoherentes, con sismos moderados generando grandes PGA que con sismos grandes.

Durante un sismo, la aceleración del suelo es medida en tres direcciones ortogonales: vertical (V) y dos perpendiculares en dirección horizontal (transversal y longitudinal). El PGA se define considerando el valor máximo de aceleración de los tres canales en valor absoluto (Ecuación 3). En el sismo del 19 septiembre de 2017 la estación AL01 Alameda registró PGA de 117.11 cm/s².

$$PGA = \max (|C_1|, |C_2|, |C_3|) \quad (3)$$

donde:

C_1 es el canal longitudinal

C_2 es el canal vertical

C_3 es el canal transversal

1.3.6 Aceleración Máxima Horizontal del Suelo (PGH)

El pico de aceleración horizontal del suelo (PGH) en cada registro individual, se obtiene en el instante donde se presente el valor máximo de aceleración a partir de la combinación de las aceleraciones transversal y longitudinal, calculando la suma vectorial de los dos componentes (Ecuación 4).

Cálculo de PGH

Es el máximo módulo vertical del horizontal en donde acusa el mayor desplazamiento horizontal, en el sismo del 19 septiembre de 2017 la estación AL01 Alameda, registró PGH de 118.6 cm/s^2 .

$$PGH = \max [\sqrt{C_1^2 + C_3^2}] \quad (4)$$

donde:

C_1 es el canal longitudinal

C_3 es el canal transversal

Los valores de PGA y PGH varían en diferentes sismos y en diferentes sitios dentro de un evento sísmico, dependiendo de un número de factores. Estos incluyen la longitud de la falla, magnitud, la profundidad de la ruptura, la distancia desde el epicentro, la duración (longitud del ciclo de sacudidas) y la geología de la tierra (subsuelo). Sismos someros generan mayores sacudidas (aceleración) que sismos intermedios y profundos, ya que la energía es liberada muy cerca de la superficie.

Estudio de áreas geográficas combinadas con un conocimiento de sismos históricos, permite a los geólogos determinar riesgo sísmico y crear mapas de peligro, los cuales muestran los

valores de PGA y PGH parecidos a ser experimentados en una región durante un sismo, para una cierta probabilidad de excedencia.

1.3.7 Riesgo Sísmico

El riesgo es la probabilidad que se produzca un contratiempo o una desgracia y de que alguien o algo sufra un daño. Antiguamente se definía, como lo que depara la providencia y por ende se entiende que es inevitable. Actualmente, la definición de riesgo se compone de tres elementos que están íntimamente relacionados: Peligro, Exposición y Vulnerabilidad (**Figura 1.6**).

El Peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado.

La Exposición es la acción y efecto de exponer algo o a alguien, en nuestro caso, la población. El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura.

La Vulnerabilidad es la susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Así, con la conjunción de los elementos anteriormente descritos, se complementa la definición de riesgo sísmico.

La historia de la humanidad en el planeta, es de adaptación y adecuación al medio natural, buscando satisfacer sus necesidades a través de la utilización de los elementos de la naturaleza, que signifiquen recursos para el desarrollo. Pero debido a la creciente tasa poblacional, esa adecuación al medio natural nos ha llevado a exponernos a situaciones de peligro, provocando vulnerabilidad en la población, ya que el daño por algún evento sísmico no sólo se debe a la severidad del fenómeno sino también al grado de exposición, en cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del peligro.

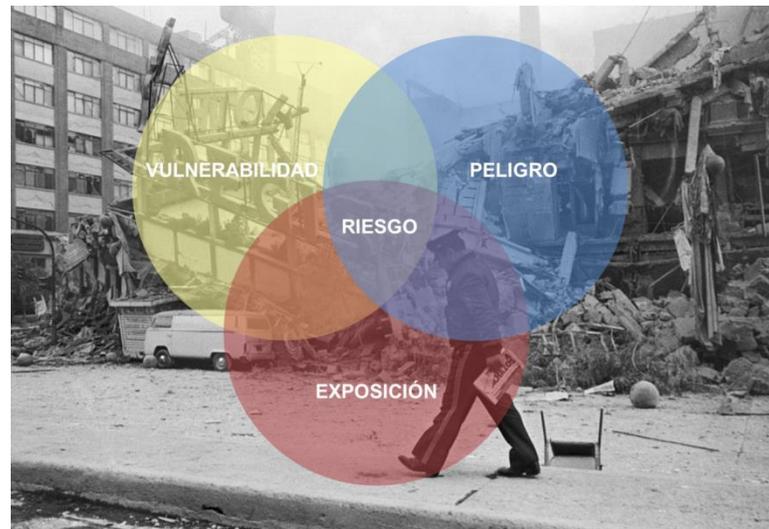


Figura 1.6 Componentes íntimamente relacionados del riesgo.

1.3.8 Riesgo Sísmico en México

El riesgo sísmico en México es la posibilidad inminente de que ocurra un tragedia debido a un sismo, ya que nuestro país se encuentra en una región del planeta que es sísmicamente muy activa, dicha región está enclavada dentro del área conocida como el Cinturón Circumpacífico donde se concentra la mayor actividad sísmica del planeta. En nuestro país la sismicidad es generada principalmente por la subducción de las placas de Cocos y de Rivera, que se encuentran al sur y sureste de México, en el océano Pacífico, bajo la placa Norteamericana, de la cual forma parte la placa continental del país. La primera se mueve con una velocidad relativa de aproximadamente 5 cm/año, respecto a la placa continental, mientras que la segunda se desplaza 2.5 cm/año aproximadamente.

En la falla de esta zona costera del Pacífico se acumulan grandes cantidades de energía que al liberarse, provocan los grandes sismos que afectan a nuestro país. De ello se desprende que el conocimiento de esta zona de subducción es fundamental para determinar la sismicidad en nuestro territorio, para ello, sismógrafos, acelerógrafos, el área de ruptura de la corteza terrestre y la frecuencia de los sismos en la región, son algunos de los elementos fundamentales con los que trabajan los sismólogos.

En función de su sismicidad, mediante un estudio del Dr. Luis Esteva Maraboto, el territorio mexicano está dividido en cuatro grandes zonas según su grado de peligrosidad sísmica ordenadas de menor a mayor: zonas A, B, C y D (**Figura 1.7**).



Figura 1.7 Peligro Sísmico Uniforme en México (Modificada de la versión del Dr. Luis Esteva Maraboto, 1967).

Hasta el año 2000, las zonas C y D, que son las de mayor peligro, concentraban poco más de 24 millones de habitantes. Si a esto se añaden los 8.8 millones de personas que habitan hoy la capital del país, donde el peligro es muy grande, debido a la constitución del suelo en la ciudad, entonces cerca de 33 millones de mexicanos (aproximadamente 30% de la población nacional en 2013) están expuestos a niveles altos o muy altos de peligrosidad sísmica [14].

1.3.9 Brecha Sísmica de Guerrero

Una brecha sísmica o *seismic gap* en inglés, es una zona delimitada donde no han ocurrido grandes sismos desde hace mucho más tiempo del que los especialistas esperan en esa zona.

En la zona de subducción mexicana, a lo largo de las costas del Pacífico, el tiempo que transcurre entre dos sismos grandes en un lugar dado (magnitud superior a 7.4) varía entre 30 y 50 años. En la costa grande de Guerrero, es decir, entre los poblados de Papanao y Acapulco, existe un segmento de unos 150 kilómetros de largo en donde el último gran sismo ocurrió el 16 de diciembre de 1911, es decir hace más de 100 años.

Esta brecha sísmica está delimitada por el sismo M_w 7.4 de Petatlán al noroeste, que destruyó por completo, en la Ciudad de México, a la universidad Iberoamericana en 1979 y al sureste por el sismo M_w 7.7 que derribó el Ángel de la Independencia en 1957, también en la capital. Sin embargo, ya han transcurrido más de 55 años desde aquel sismo del Ángel, por lo que en realidad la brecha sísmica se ha extendido 80 kilómetros hasta la frontera con Oaxaca, en la costa chica de Guerrero, hasta donde ocurrió el sismo M_w 7.3 de Copala en 1995. Por esta razón, la brecha sísmica de Guerrero se extiende en realidad a lo largo de los 230 kilómetros que separan los poblados de Papanao, al noroeste y de Copala, al sureste [9] (**Figura 1.8**).

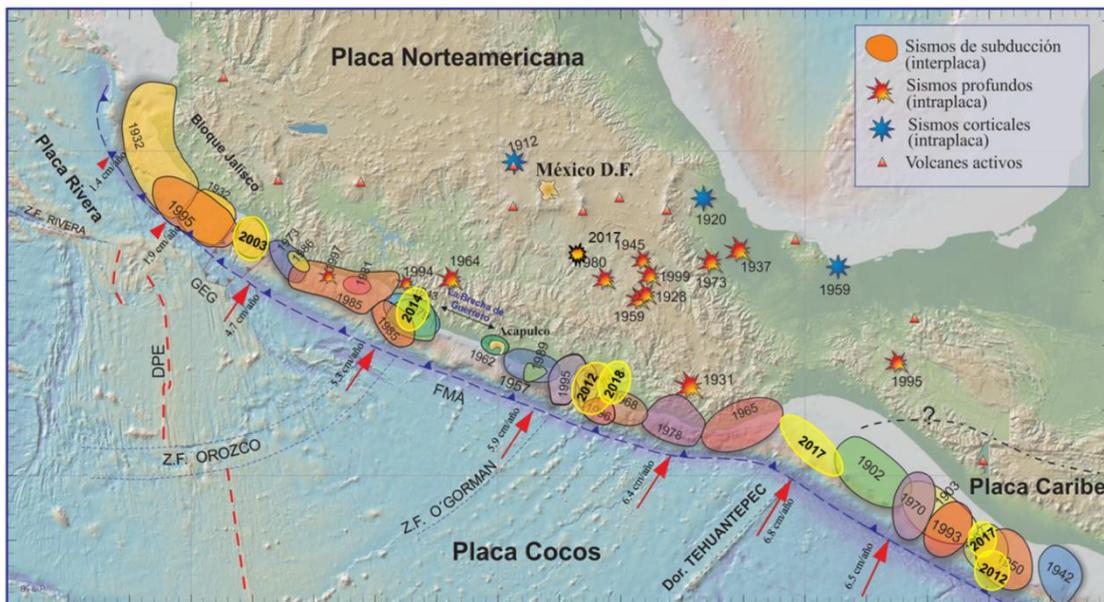


Figura 1.8 Brecha Sísmica (100 años de sismos en México, Instituto de Geofísica, UNAM 1999).

Estudios sismológicos de la brecha sísmica en Guerrero indican que la energía acumulada en ella durante el último siglo podría provocar uno o dos terremotos de magnitud 8, o bien, de dos a cuatro eventos de magnitud 7.8. Si ocurriera un sismo de magnitud 8 la estimación de

los efectos sísmicos en la Ciudad de México serían entre dos y tres veces más violentos de los que causó el sismo de Michoacán en 1985.

Sin embargo, estudios más recientes sugieren que el tiempo necesario para acumular la energía necesaria para un sismo así entre Papanao y Acapulco, es cuatro veces mayor que en las regiones aledañas. Por esta razón, los poco más de cien años transcurridos desde el último gran sismo en la Costa Grande parecen ser aún insuficientes, al menos, para que la próxima gran ruptura inicie en ese segmento de la costa guerrerense [9].

Por lo que el riesgo sísmico al que el país está expuesto es constante e inevitable, no sólo por la brecha de Guerrero, sino por la constante actividad sísmica, como quedó plasmado en los sismos ocurridos en septiembre de 2017.

1.4 Registro Sísmico en México

La Instrumentación Sísmica en México data a principios del siglo XX a partir del sismo de julio de 1957 llamado Sismo del Ángel, el cual causó mucho daños, entre ellos la emblemática estatua del Ángel de la Independencia, que cayó sobre Reforma causando un gran impacto entre la población, por lo que surgió la idea de instrumentar la Ciudad de México, aunque sólo se instalaron pocos aparatos.

En enero de 1986, a raíz de los efectos de los sismos de septiembre de 1985 en la Ciudad de México, las autoridades del Departamento del Distrito Federal (DDF), a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), incrementaron su apoyo para realizar diversas investigaciones básicas y desarrollos tecnológicos que permitieran mitigar la vulnerabilidad de la Ciudad de México, ante el peligro sísmico. Entre estas propuestas estaba la planeación e instalación de una nueva red de acelerógrafos de gama amplia en el Valle de México para registrar sucesos futuros y así obtener datos sobre las características e intensidad de los movimientos del terreno en la Ciudad de México, para determinar la resistencia contra las que deben de diseñarse las estructuras, además de proporcionar copias de todos los datos registrados a los investigadores interesados, así como el análisis de éstos para explicar los daños observados durante el terremoto del 19 de septiembre de 1985, ya que la red de acelerógrafos que operaba antes del sismo de 1985 contaba con pocos instrumentos (**Figura 1.9**)[8].

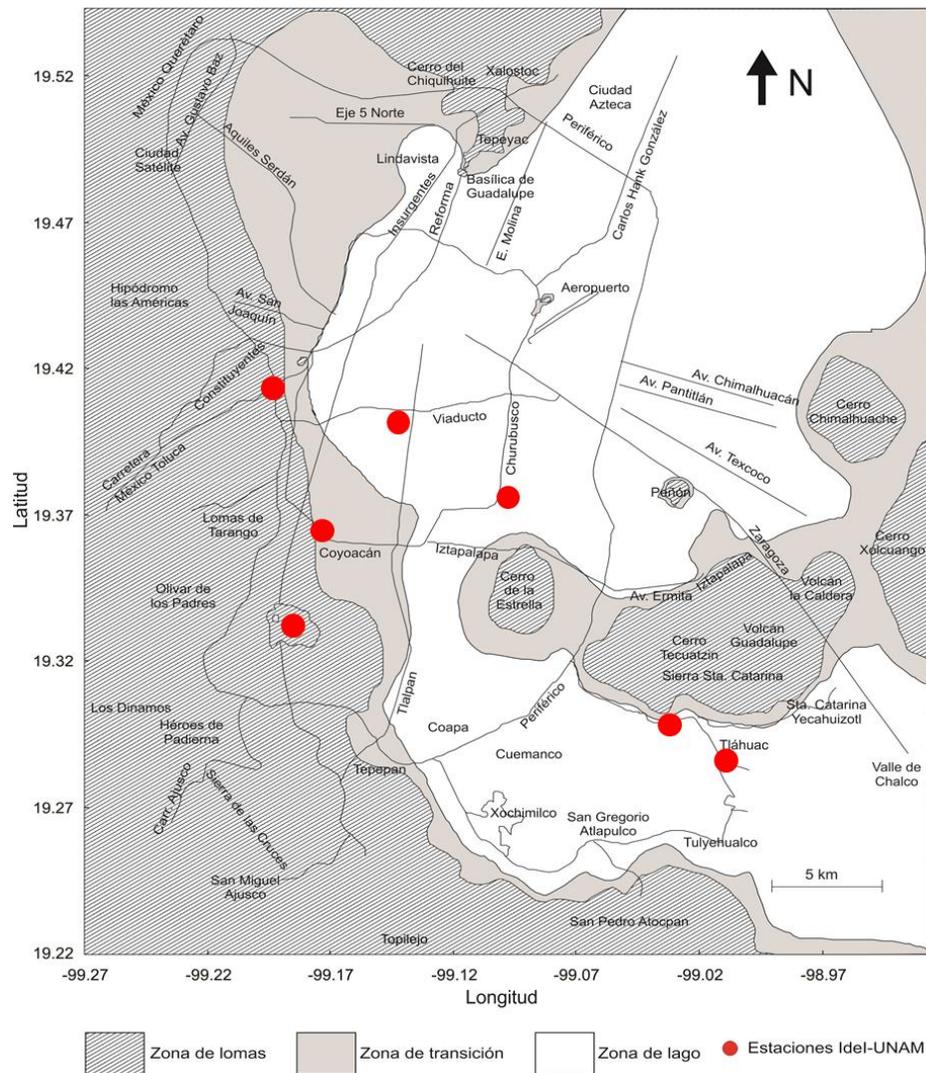


Figura 1.9 Sitios con registro de aceleración por del sismo de 1985 (CIRES, 2015).

En julio de 1986 el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C. (CIRES) de la Fundación Barros Sierra, inició el desarrollo de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM), con 40 aparatos de superficie y 8 subterráneos o de pozo (**Figura 1.10**) distribuidos a lo largo de la Ciudad de México, auspiciados por el Gobierno del Distrito Federal (GDF).

El 12 de marzo 1987 se obtiene el primer registro acelerográfico completo de un sismo en la estación que se ubicaba en la Fundación Javier Barros Sierra debido a un sismo local en la Ciudad de México (**Figura 1.11**).

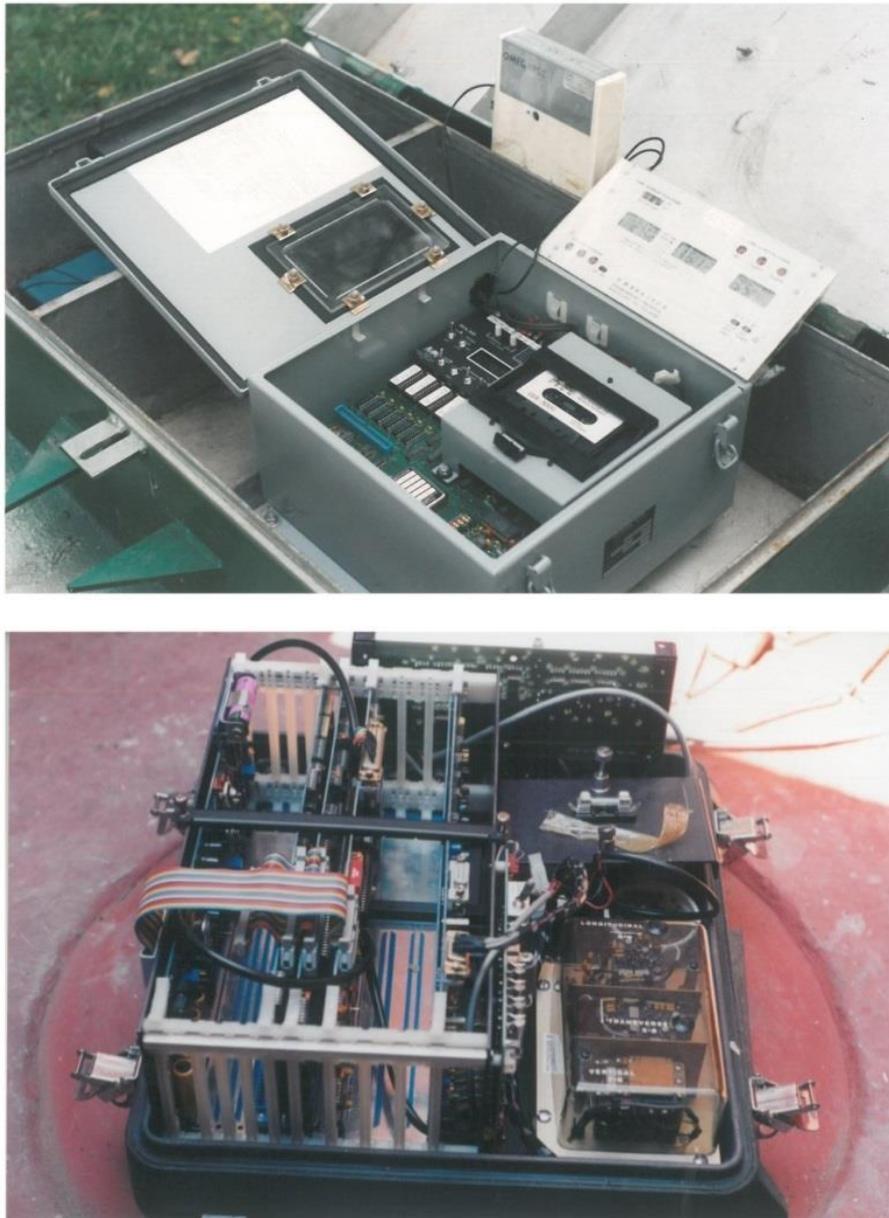


Figura 1.10 Aspecto de los primeros equipos en las estaciones de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (Informe RADDF-01. Operación y Conservación de la Red Básica de Acelerógrafos Digitales del Distrito Federal, Primer Bimestre, Marzo 1992).

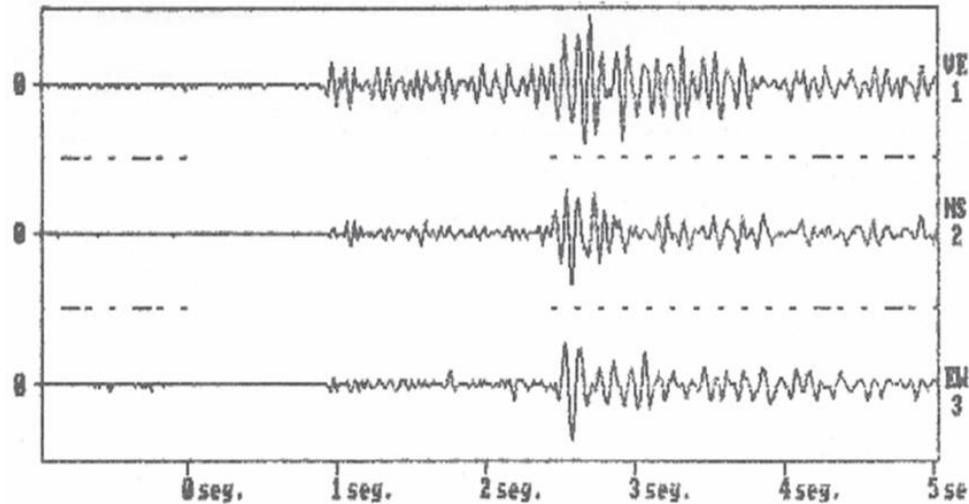


Fig 3a Estacion T341 Fecha 87/3/12 hora 18:47:58 GMT Esc=0.05 m/seg²

Figura 1.11 Primer acelerograma registrado por la Red Acelerográfica de la Ciudad de México. (Análisis del primer sismo registrado en CIRES, A.C. el 12 de marzo de 1987, Informe RA-DF-1^a, junio 20, 1987).

El 18 de marzo de 1992 la Fundación de Ingenieros Civiles Asociados (FICA) dona al gobierno del Distrito Federal 29 acelerógrafos, que a su vez éste entrega al CIRES, con lo que queda constituida por completo la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM). Los primeros equipos fueron marca Terra Technology™ y los proporcionados por FICA fueron marca Kinematics™ (**Figura 1.12**).

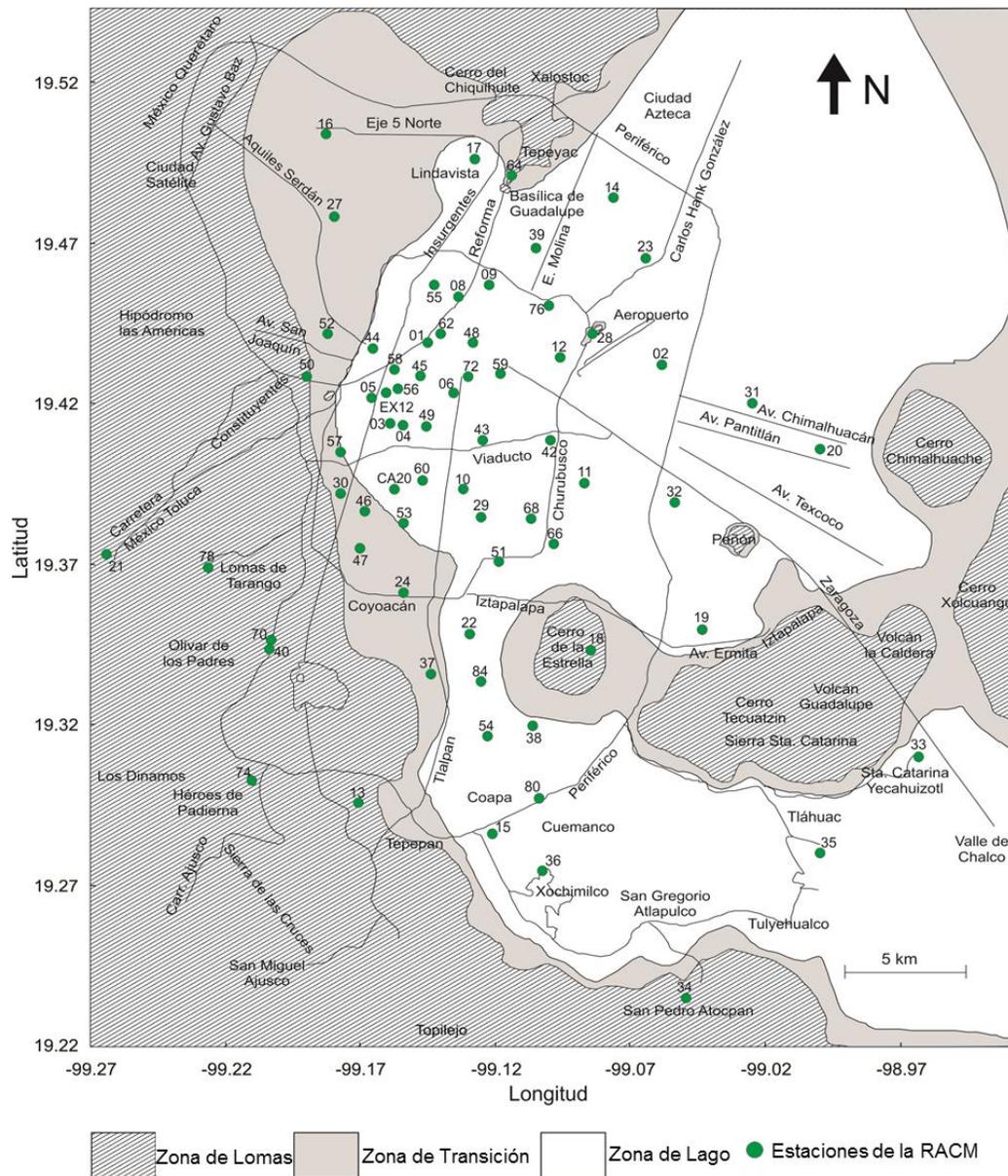


Figura 1.12 Mapa con la ubicación actual de las estaciones de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (CIRES, 2015).

En 1997 el CIRES renovó por primera ocasión, con el sistema RAD-851, la totalidad de los acelerógrafos DCA333 de la RACM, después de que en 1995 fueron discontinuados por el fabricante, con lo que se logró mantener el servicio de estos instrumentos y la continuidad del registro de los sismos que eventualmente afectan al Valle de México.

Durante el periodo 2011 - 2012, como parte de un nuevo convenio con la Secretaría de Obras y Servicios (SOS) del Gobierno del Distrito Federal (GDF), convenio que actualmente se celebra con el Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México (ISC); CIRES recuperó la obra civil de todas las estaciones de la RACM, renovó por segunda ocasión sus acelerómetros con el nuevo sistema RAD-12/16 y se agregaron 4 estaciones más a la Red. Adicionalmente a este desarrollo se implementaron mejoras tecnológicas, como el incremento de la resolución de sus equipos de 12 a 16 bits, así como en sus sistemas de monitoreo e interrogación remota. La **Tabla 1.3** muestra un resumen de estas adecuaciones a las tarjetas y las características técnicas y tecnológicas más importantes de los equipos durante su historia.

Tabla 1.3 Evolución de las especificaciones tecnológicas de los acelerógrafos de la RACM.

Equipo	Periodo	Sensor	Velocidad de Muestreo	Resolución del Digitalizador	Escala del Sensor	Tiempo de Pre-evento	Tiempo de Post-evento	Capacidad de Registro
Terra Technology™ DCA-333	1986-1997	Terra™ Servo controlado de fuerzas balanceadas	100 Hz	12 bits	± 1/2 G	4 - 15 s	15 - 30 s	14 min en un cassette
Kinematics™ SSA-1	1987-2005	Kinematics™ capacitivo de fuerzas balanceadas	200 HZ	12 bits	± 1/2 G	4 - 56 s	15 - 60 s	34 min
CIRES RAD-851	1996 - 2005	Terra™, Piezo-resistivos	100 Hz	12 bits	± 1/2 G	4 - 56 s	6 - 96 s	34 min
CIRES RADES	2006-2009	Terra™, ICsensors, CFX™, Kinematics™ y Silicon Designs™	100 Hz	12 bits	± 1/2 G	4 - 56 s	6 - 96 s	34 min
CIRES RADES1216	2009-20012	Kinematics™	100 Hz	12 bits	± 1/2 G	4 - 56 s	4 - 120 s	34 min
CIRES RADES1216	2012-2017	Kinematics™	100 Hz	16 bits	± 1/2 G	6 - 44 s	4 - 120 s	Más de una hora
CIRES RADES1216	2012-2017	Terra™ DCA	100 Hz	16 bits	± 1/2 G	6 - 44 s	4 - 120 s	Más de una hora
SADE-DS	2014-2017	Silicon Designs™	100 Hz	16 bits	± 2 G	60 s	120 s	Más de una hora

La Red Acelerográfica de la Ciudad de México ha operado de manera ininterrumpida desde su creación, lo cual le ha permitido formar una de las mayores colecciones de registros en México, por lo que de 1992 a 1999 formó parte junto a otras instituciones como el Instituto de Ingeniería de la UNAM de la Base Mexicana de Sismos Fuertes [1]. Hasta diciembre de 2018 la RACM ha registrado 213 sismos que han generado 5852 registros, de los cuales destaca el registro con aceleración de 225 cm/s^2 medido en la estación CH84 Culhuacán en el pasado sismo del 19 de septiembre de 2017, la mayor aceleración por sismo no local registrada en la Ciudad de México.

1.4.1 Descripción

La Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM) cuenta con 81 acelerógrafos, los cuales se distribuyen de la siguiente forma: 68 acelerógrafos en estaciones de registro en superficie (nivel del suelo), 5 acelerógrafos instalados en dos estructuras y 8 sensores de registro subterráneo. En la Tesis se utilizarán los registros de las estaciones de superficie debido a que los registros de las estaciones subterráneas, se utilizan para modelos de transferencia de ondas en el subsuelo de la ciudad y los registros de las estructuras amplifican las aceleraciones por las condiciones mismas de la estructura.

El sitio de instalación de cada estación en el Valle de México, fue seleccionado en 1987, según el criterio de expertos en mecánica de suelos e ingeniería sísmica además de satisfacer estos sitios una serie de condiciones como seguridad del instrumento, el libre acceso a la estación así como tener la certeza de que la estación perdurará en el sitio por tiempo indefinido. Las estaciones se encuentran en parques, escuelas y sitios estratégicos para el monitoreo del movimiento del terreno en la Ciudad de México.

La RACM obtiene datos sobre las características y el tamaño de la aceleración de los movimientos del suelo, que se ha catalogado en tres diferentes tipos: Lacustre o Zona de Lago, Zona de Transición y Zona de Lomas.

Estos acelerógrafos registran la información en una tarjeta tipo PCMCIA con capacidad para almacenar más de una hora de información. Cuentan con memoria de pre-evento ajustable para registrar hasta 56 segundos antes del sismo y post-evento de hasta 64 segundos posteriores al momento en que la aceleración del sismo sea menor que el umbral de activación de grabación seleccionado.

Para recuperar en el sitio los acelerogramas registrados, se utiliza una computadora portátil, con ésta se revisan y/o cambian los parámetros de operación y se verifica el estado de los sensores; algunas de estas estaciones cuentan con línea telefónica y son interrogadas vía módem, para agilizar la obtención de los registros.

Con los registros de aceleración que han sido medidos por la RACM durante los últimos 30 años, se ha podido monitorear las diferentes composiciones del suelo de la Ciudad de México y así contribuir a mejorar las normas de construcción para la edificación de nuevas estructuras sismo-resistentes en la Ciudad de México. Además con los acelerogramas de la RACM, se han realizado varias investigaciones y artículos científicos acerca del movimiento del suelo y sus consecuencias durante un sismo en la Ciudad de México y área conurbada.

Todos los registros de la RACM pueden ser solicitados de manera gratuita, como quedó planteado en el documento de CONACYT de 1986.

1.4.2 Datos del Registro

La adquisición de datos o adquisición de señales consiste en la toma de muestras del mundo real para generar información que sean manipulada por una computadora u otro sistema digital, esto se realiza a través de la conversión analógica a digital, durante el registro de un sismo. Diversos datos son grabados en la toma de registro durante un evento sísmico que sea percibido en la Ciudad de México por parte de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México.

1.4.2.1 Memoria de Grabación del Registro

Es la sección de memoria en la tarjeta donde se almacenan las muestras de un sismo. Además de grabar el registro, también se guarda un lapso de pre-evento y un tiempo de post-evento.

1.4.2.2 Duración del Registro

Es el tiempo que transcurre desde que se inicia la grabación del sismo hasta el fin del registro. El inicio y fin de un registro está determinado por un umbral preestablecido para cada estación con la finalidad de no grabar ruido ambiental. Cada estación tiene determinado un umbral de inicio de grabación.

1.4.2.3 Encabezado del Registro

Es el bloque de datos donde se almacenan las principales características del registro y del acelerógrafo, por mencionar algunos datos: hora y fecha del registro, nombre y ubicación de la estación sensora, número de muestras y umbral de activación de grabación de registro del acelerógrafo.

1.4.3 Catálogo de Sismos Registrados

Desde el inicio de operaciones de la RACM en 1987 hasta 2018, se encuentra disponible una base de datos que contiene el registro de 213 sismos cuyas magnitudes varían entre 3.2 y 8.2 (según datos del Servicio Sismológico Nacional) y 5852 registros (**Tablas 1 y 2** en el anexo A) que suman aproximadamente 279 horas de registro. Para este estudio se consideraron 202 sismos con 5789 registros ya que se excluyeron los sismos locales que la red ha registrado debido a que no son el objetivo de este trabajo.

1.5 Inferencia Estadística

Para el análisis de los registros y la construcción de esta herramienta visual, se utilizaron diferentes métodos estadísticos para la minería de datos. En la grabación de los registros de las estaciones de la RACM durante un sismo, todas las estaciones guardan el registro de dicho sismo cuando el umbral definido para evitar el ruido ambiental se rebasa. No se obtiene registro de la estación cuando el umbral predefinido no activa la grabación o que por algún desperfecto propio de la estación, ésta no se encuentre funcionando. Es así que por diferentes circunstancias las 68 estaciones de superficie, no cuentan con todos los registros de la red por cada uno de los 202 sismos (1990-2018) con los que cuenta la base de datos de la RACM, por lo que el método de correlación permite observar semejanzas para que en determinado momento se pueda estimar una estación faltante a partir de su estación semejante. También se hará uso de otras métricas estadísticas como la media y desviación estándar asociadas principalmente a un factor de error.

1.5.1 Correlación

La correlación estadística es una metodología que permite establecer si dos variables están relacionadas o no. El clásico ejemplo, es comparar la relación que existe entre el peso de una persona y su estatura. Se observa que a mayor estatura el peso aumenta, aunque existen casos donde hay personas de baja estatura con sobrepeso y personas altas que son extremadamente delgadas. Así se busca saber si las variables (peso y estatura) están fuertemente relacionadas. Para poder cuantificar el valor de la correlación, se utiliza un coeficiente de correlación cuyo valor oscila entre -1 y 1. Si el valor absoluto es muy próximo a uno se dice que las variables están fuertemente correlacionadas.

1.5.1.1 Análisis de la correlación

A lo largo de 34 años de registro de la RACM, se cuenta con el acervo de registros, pero no se había elaborado un análisis estadístico para saber cuál es la correlación que existe entre estaciones de la red, así se procesaron todos los registros para extraer los parámetros sísmicos a evaluar estadísticamente como son: PGA, PGH, I_1 y D.

El propósito de utilizar la correlación es para analizar si dada una estación x , conocer cuál es la estación y que tenga una alta correlación con respecto a la estación x , que se encuentre dentro de su “vecindario”; esto es que la estación y tenga condiciones similares de tipo de suelo que la estación x , para que, en caso de que durante un sismo, la estación y no genere registro del sismo, se pueda estimar la información a partir de la estación x .

1.5.1.2 Descripción de la correlación

El índice numérico que se utilizó en la Tesis para medir la correlación es la correlación de Pearson, la cual “refleja hasta qué punto cada miembro de la muestra obtiene el mismo puntaje z sobre dos variables X y Y ” [11], mediante un valor entre 0 y 1. Si el valor es cercano a 1 se dice que las variables tienen una alta correlación.

La ecuación de correlación se muestra en la ecuación 5:

$$\text{Correlación } (X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

donde:

X es la matriz de datos de x

Y es la matriz de datos de y

\bar{x} es el promedio de los datos de X

\bar{y} es el promedio de los datos de Y

1.6 Modelo Lineal

Un modelo matemático busca caracterizar comportamientos de datos que no se tienen o se puedan obtener, a través de relaciones, funciones estadísticas u otras herramientas matemáticas que son aplicadas a una colección de datos existente.

1.6.1 Análisis del modelo lineal

Durante un sismo, todas las estaciones de la RACM, graban el registro de dicho sismo cuando el umbral predefinido para activación de grabación por estación se rebasa, de no ser así, no existe registro de la estación. También puede suceder que por algún desperfecto de la estación, no se encuentre funcionando y no se obtenga registro del sismo. Debido a estas circunstancias, cada una de las 68 estaciones de superficie, no tienen las colecciones completas de registros, de los 202 sismos con los que cuenta la base de datos de la RACM.

1.6.2 Descripción del modelo lineal

Se requiere tener el dato de las 68 estaciones sensoras de la RACM para elaborar los mapas con la interpolación y las curvas de nivel de la Ciudad de México para cada parámetro. Si las colecciones de registros no se encuentran completas, se deben estimar mediante un modelo matemático.

Se analizaron las características de las estaciones como el tipo de suelo, el nivel de ruido ambiental, las características de los registros y la correlación entre estaciones con la finalidad de proponer un modelo para estimar el valor de las estaciones faltantes de la red.

1.7 Interpolación

De acuerdo con Doubova, “el concepto de interpolación surge, cuando disponemos de datos estadísticos o que provienen de mediciones, y se plantea determinar la evolución general de estos datos con el objetivo de estimar/predecir los valores que no conocemos, en otras palabras, buscamos una función (llamada función interpolante) que toma valores predeterminados en algunos puntos” [11].

1.7.1 Análisis de la Interpolación

Después de los sismos de 1986 un grupo de científicos y especialistas decide analizar el comportamiento del suelo cuando ocurre un sismo así como tipificar la zonificación de la ciudad. Por lo que en junio de 1986 se crea la RACM la cual, actualmente cuenta con 81 estaciones, que cubren un total de 1568 kilómetros cuadrados, por lo que es necesaria una herramienta para poder estimar los datos del suelo que no cuenten con instrumentación.

1.7.2 Descripción de la interpolación

Para realizar las curvas de nivel para cada uno de los parámetros sísmicos que presenta este trabajo, se requería contar con la colección completa de los registros de las estaciones, por ejemplo, en el sismo del 19 de julio de 2018 de M5.9 proveniente del norte de Oaxaca a 223 km de la Ciudad de México, la RACM registró 32 registros de aceleración en sus estaciones de superficie (**Figura 1.13**) debido a que en la mayoría de las estaciones no se rebasó el umbral de ruido. Por lo que para calcular las curvas de nivel se requirió estimar los 36 datos de las estaciones de superficie faltantes, con el modelo lineal para cada parámetro sísmico.

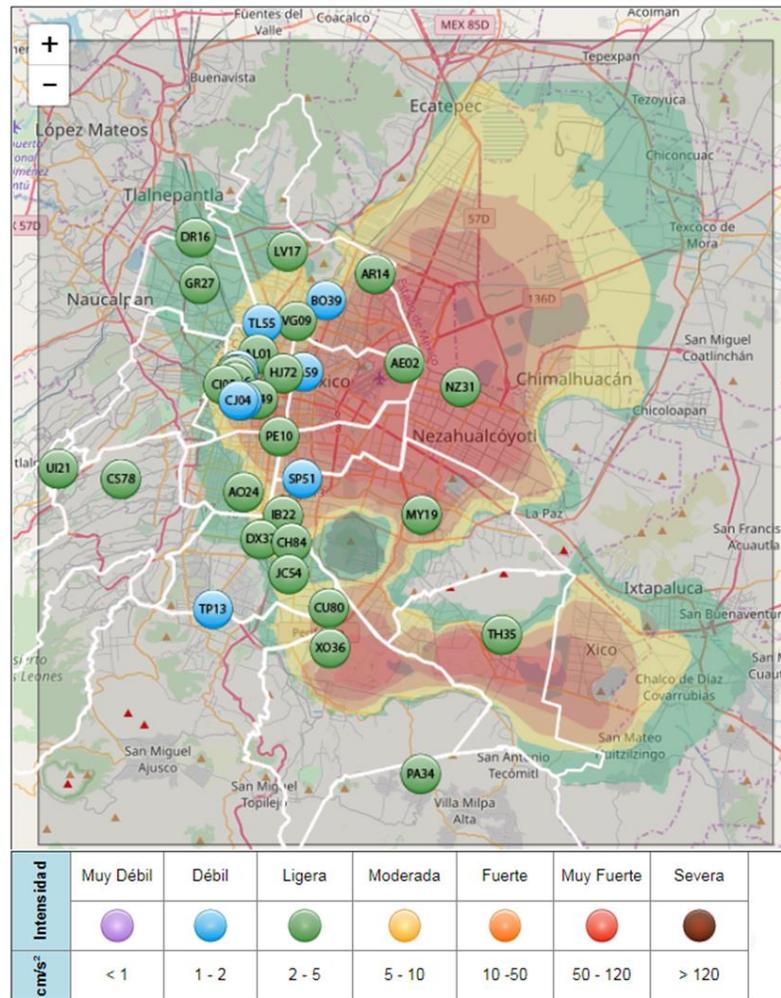


Figura 1.13 Estaciones de la RACM que registraron el sismo del 19 de julio de 2018 (página web de CIRES, 2020).

1.8 Definición del problema

En 28 años de servicio de la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (es el periodo de análisis de esta Tesis), se han recopilado 5852 registros correspondientes a 213 sismos, por lo que se ha hecho necesario hacer minería de datos de estos registros además de una herramienta de visualización para mostrar los resultados.

De los registros que la RACM ha coleccionado a través del tiempo, se tienen algunas condiciones con las que se deben trabajar, como la depuración de los datos medidos. Para

poder extraer conocimiento útil de una serie de datos es importante que los datos tengan las menos interferencias posibles (ausencia de ruido), sean lo más completos posibles (ausencia de datos incompletos), su número sea lo suficientemente elevado y por último que sean lo suficientemente representativos. Al finalizar dicha depuración, se procede al análisis y creación del modelo lineal de los parámetros sísmicos propuestos (PGA, PGH, I_1 y D).

2. Desarrollo

Para analizar el comportamiento del suelo de la Ciudad de México, se requiere construir un modelo estadístico que permita estudiar el mismo a través de las aceleraciones registradas por la RACM durante 28 años de registro. De los 213 sismos registrados por la red, en el periodo comprendido entre 1990 y 2018, se descartaron 11 sismos registrados en el Valle de México (denominados sismos locales) debido a que el comportamiento de tales eventos en la capital (no es de interés para este trabajo), es diferente al que se registra de sismos cuyo epicentro se encuentra alejado de la megalópolis, quedando 202 sismos. De éstos, se contemplaron 162 sismos para generar el modelo lineal y los restantes 40 sismos para realizar una prueba de dicho modelo (**Figura 2.1**). La colección de registros de prueba fue obtenida a partir de una selección aleatoria de dichos eventos considerando la magnitud como factor ponderante.

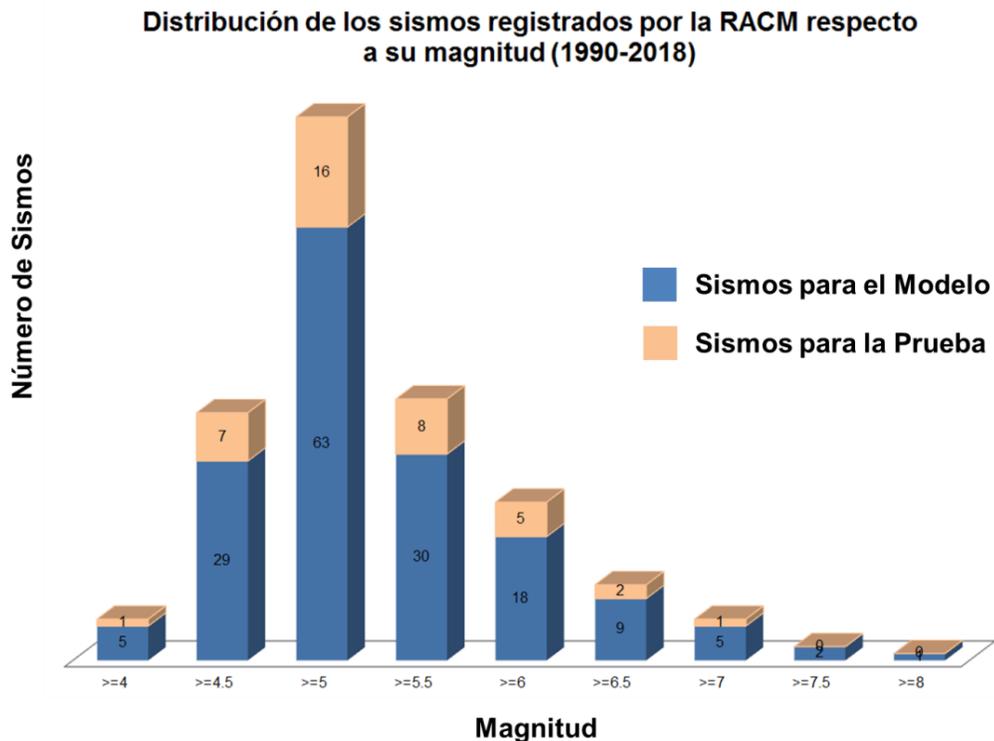


Figura 2.1 Distribución de los sismos respecto a su magnitud considerando intervalos de 0.5 de unidad.

2.1 Construcción de Matrices de Parámetros Sísmicos, de Correlación y Concurrencias

Se realizó un programa que procesa de manera individual cada registro de la RACM que se encuentra en formato ASA (**Figura 2.2**), el cual se implementó en México en 1993 como parte del proyecto de la Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes, en donde se sumó el esfuerzo de diferentes instituciones como el fin de homologar la lectura de los datos generados por las diversas redes de aceleración que existen en el país.

Se analizaron 162 sismos con un total de 4887 registros a través de un script en bash para procesarlos por lotes, y se les calculó cada uno de los cuatro parámetros sísmicos propuestos para la Tesis: PGA, PGH, I_1 y D .¹ De los 4887 registros, 381 son registros en estructuras (ubicadas en primer, segundo o tercer piso) o subterráneos (localizados a 10, 30, 40 o 60 metros de profundidad) por lo que para la construcción del modelo sólo se consideraron 4506 registros de superficie.

Las cifras obtenidas se almacenaron en cuatro matrices de datos Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , una para cada parámetro sísmico que concentra dichos cálculos. Para cada matriz Z_i , el procedimiento es el mismo, por lo que en adelante se mencionará una matriz Z en particular puesto que el proceso es análogo para cada parámetro sísmico.

¹ En el anexo B - I se encuentra un extracto del programa con los métodos utilizados para ello.

```

*****
CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO A.C.

Anaxágoras 814, Col. Narvarte, Benito Juárez, C.P. 03020 México, D.F.
Tels. 5687 45 42/ 5687 45 82 Fax. 5669 25 12
*****
ARCHIVO ESTANDAR DE ACELERACION:
VERSION DEL FORMATO : 2.0
NOMBRE DEL ARCHIVO : CJ0320140418142723
FECHA Y HORA DE CREACION : 13/MAY/14, 13:00
REF. CATALOGO ACELEROGRAMAS, SMIS 1996 : REGISTRO No. /PAG.

*****
DATOS DE LA ESTACION:
NOMBRE DE LA ESTACION : CENTRO URBANO JUÁREZ
CLAVE DE LA ESTACION : CJ03
LOCALIZACION DE LA ESTACION : Del. Cuauhtémoc, Col. Roma,
: Pról. Orizaba, entre calles
: Antonio M. Anza y Huatabampo.
:
:
COORDENADAS DE LA ESTACION : 19.4097 LAT. N
: 99.1567 LONG. W
ALTIUD (msnm) : 2233
TIPO DE SUELO : Terreno blando, material compresible
: (arcillas)
:
INSTITUCION RESPONSABLE : CIRES
:

*****
DATOS DEL ACELEROGRAFO:
MODELO DEL ACELEROGRAFO : RADES
NUMERO DE SERIE DEL ACELEROGRAFO : 153
NUMERO DE CANALES : 3
ORIENTACION C1-C6 (rumbo:orientación) : /S00E/+V/N90W
ORIENTACION C7-C12 (rumbo:orientación) :
VEL. DE MUESTREO, C1-C6 (muestras/s) : /100/100/100
VEL. DE MUESTREO, C7-C12 (muestras/s) :
    
```

Figura 2.2 Vista parcial de un registro de la RACM en formato ASA de la estación CJ03 (CIRES, 2014).

En los renglones de la matriz Z se almacenaron los 162 sismos registrados por la red y en las columnas las 68 estaciones de forma tal que:

$Z = (a_{ij})_{162 \times 68}$ el elemento i, j de la matriz Z contiene un dato si:

a_{ij} Es la variable procesada (PGA, PGH, I_1 ó D) por la estación j durante el sismo i

Es importante señalar que existen entradas a_{ij} de la matriz Z que no contienen datos, esto se debe a que, en los registros que posee la RACM de los 162 sismos, no se cuentan con las colecciones completas de las estaciones por cada sismo debido a diferentes factores. Por mencionar un ejemplo, existe un umbral de activación de grabación por estación, el cual está establecido por el nivel de ruido inherente a la misma, de esta manera, si el umbral estipulado para la estación no es rebasado durante un sismo, la estación no genera registro de este evento.

Con la matriz Z construida se calcula la correlación que existe entre cada estación con respecto a las demás, para ello se procedió de la siguiente manera:

Para cada estación k en las columnas de la matriz Z se selecciona una estación l , con k diferente a l ², en matrices A y B se almacenan los valores de la columna k y la columna l , tales que:

² Si a una estación, se evalúa su correlación consigo misma, el resultado es uno.

$$A = (a_{rk} | \text{Las estaciones } k \text{ y } l \text{ registraron aceleración por sismo } r)$$

$$B = (a_{rl} | \text{Las estaciones } k \text{ y } l \text{ registraron aceleración por sismo } r)$$

de donde se infiere que:

$$\#A = \#B$$

posteriormente se calcula la correlación de la estación k respecto a la estación l

$$\text{Correlación } (A, B) = c_{kl}$$

cuyo valor se almacenó en una matriz de correlación C tal que en $C = (c_{kl})_{68 \times 68}$

c_{kl} es el coeficiente de correlación de la estación k respecto a la estación l

Dado el alto grado de correlación entre estaciones que se obtuvo de la matriz C , con valores mayores a 0.7, se decidió utilizar otra matriz C' con *conurrencias* de registros entre el par de estaciones s y t a evaluar durante los sismos del modelo; es decir, si durante un sismo, las estaciones s y t obtienen registro del mismo, el número de *conurrencias* aumenta en uno, esta regla se aplica sucesivamente para todos los 162 sismos del modelo. Por lo que, el valor de las conurrencias es la cardinalidad de la intersección de los sismos contenidos en las matrices A y B referidos anteriormente. Las *conurrencias* son importantes porque no es lo mismo calcular la correlación de dos estaciones a partir de un mínimo número de datos, que de un conjunto más denso de valores. De esta manera, cada coeficiente c'_{st} de la matriz C' de *conurrencias* está determinado mediante la siguiente expresión:

$$c'_{st} = c'_{ts} = \#A = \#B$$

Por construcción, las matrices C y C' son simétricas y con diagonal uno.

2.2 Construcción del Modelo Lineal

Para la elaboración del modelo de regresión lineal, se analizaron y compararon las 68 estaciones almacenadas en una matriz $\bar{X} = x_1, \dots, x_{68}$. Para cada estación $x_i \in \bar{X}$ se obtuvieron 6 diferentes estaciones generadoras mutuamente excluyentes $x_{i_1}, x_{i_2}, x_{i_3}, x_{i_4}, x_{i_5}, x_{i_6}$ de la siguiente forma:

1. La estación x_{i_1} cuya distancia es la más cercana a la estación x_i .
2. Utilizando la matriz C' de *conurrencias*, se calculó la estación x_{i_2} (del mismo tipo de suelo que x_i) con más coincidencias, es decir que tanto para la estación x_{i_2} como la estación x_i , hayan registrado el mayor número de sismos en común de todo el acervo.
3. La estación x_{i_3} se calculó con el criterio anterior agregando que la estación x_{i_3} sea la más cercana a la estación x_i .
4. Para la estación x_{i_4} se consideró que sea de tipo de suelo lago y que tenga la más alta correlación con respecto a la estación x_i .
5. Para la estación x_{i_5} se consideró que sea de tipo de suelo transición y que tenga la más alta correlación con respecto a la estación x_i .
6. Para la estación x_{i_6} se consideró que sea de tipo de suelo lomas y que tenga la más alta correlación con respecto a la estación x_i .

Después de obtener las 6 estaciones mutuamente excluyentes para cada estación x_i , se procedió a obtener la fórmula de regresión lineal de cada una de éstas con respecto a la estación x_i . Se ilustra el proceso con una estación x_1 de las 6 posibles estaciones generadoras, puesto que el procedimiento es el mismo para las demás estaciones.

En matrices S' y T' se almacenan los valores de las columnas x y x_1 de la matriz Z antes referida, tales que:

$$S' = (a_{rx_1} | \text{Las estaciones } x \text{ \& } x_1 \text{ registraron aceleración por sismo } r) \text{ con } a_{rx_1} \in Z$$

$$T' = (a_{rx} | \text{Las estaciones } x \text{ \& } x_1 \text{ registraron aceleración por sismo } r) \text{ con } a_{rx} \in Z$$

De acuerdo al modelo de regresión lineal, se calculan los promedios de cada conjunto de datos almacenados en la matriz

$$\bar{s} = \frac{\sum a_{rx_1}}{\#S'} \text{ y } \bar{t} = \frac{\sum a_{rx}}{\#T'} \quad (6)$$

Se calcula el valor de la pendiente a

$$a = \frac{\sum (a_{rx_1} - \bar{s})(a_{rx} - \bar{t})}{\sum (a_{rx_1} - \bar{s})^2} \quad (7)$$

Así el valor del bias b es:

$$b = \bar{t} - a\bar{s} \quad (8)$$

Una vez calculados los valores de a y b del modelo lineal (**Tabla 2.1**), resta calcular el error medio y la desviación estándar del error de cada regresión lineal. Para ello, utilizando las matrices S' y T' se calcula el error e establecido como el valor absoluto de la diferencia del valor aproximado de x a partir del valor de la estación x_1 y el valor registrado de x ; esta regla se aplica para cada uno de los valores de las matrices S' y T' . Además se añadieron como referencia a la matriz del modelo lineal, el tipo de suelo, la distancia, el número de *coincidencias* y la correlación entre las estaciones (**Tabla 2.1**).

Tabla 2.1 Muestra del modelo lineal del parámetro sísmico PGH para la estación CE32.

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurrencia	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media (x_{32})	Desviación (x_{32})	a	b
$X_{33} =$ CE32 (Lago)	MY19	Lago	4.32	40	0.9862	1.81	1.65	0.68	0.44
	AU11	Lago	3.71	40	0.9787	2.04	2.14	0.93	-0.89
	SP51	Lago	7.48	42	0.9622	2.75	2.85	0.72	-0.36
	ES57	Transición	13.72	36	0.9615	3.07	2.92	1.00	0.69
	DM12	Lago	6.68	42	0.9602	2.67	3.08	0.71	0.03
	MT50	Lomas	15.56	31	0.9365	4.24	4.81	1.16	1.79

Para finalizar la construcción, los seis renglones de cada estación se ordenaron de manera ascendente con respecto a la desviación estándar del error. Con este proceso, se define el criterio para elegir el modelo óptimo en caso de que se requiera estimar una estación, así el modelo seleccionará las estaciones que hayan obtenido desviaciones estándar de errores más bajos, buscando con ello obtener el menor rango de error posible en la aproximación del valor de x .

A fin de ejemplificar el proceso de la generación de posibles estaciones, en la **Figura 2.3(a)** se muestra que para cada estación x_i , se cuentan con 6 diferentes estaciones generadoras mutuamente excluyentes $x_{i_1}, x_{i_2}, x_{i_3}, x_{i_4}, x_{i_5}, x_{i_6}$. En el caso de la **Tabla 2.1**, las estaciones generadoras ó padres de la estación CE32 son: MY19, AU11, SP51, ES57, DM12 y MT50 **Figura 2.3 (b)**. Es importante señalar que, la estación generadora, por ejemplo x_{i_2} puede ser a su vez estación generadora x_{j_5} de otra estación x_j para estimar su valor (**figura 2.4**).

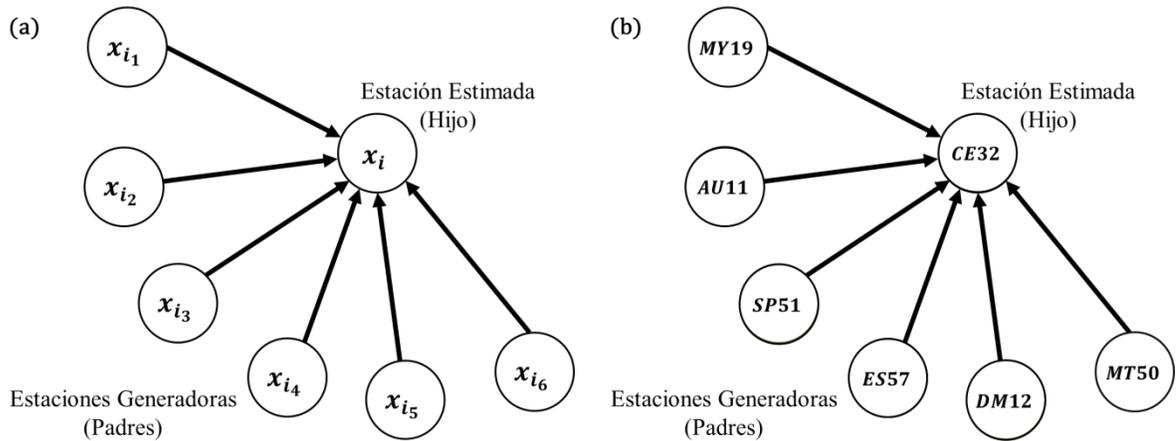


Figura 2.3 Grafo descriptivo de las relaciones entre la estación que puede ser modelada (Hijo) a partir de 6 estaciones (Padres). (a) En forma general (b) Ejemplo de la Tabla 2.1

El procedimiento de construcción del modelo lineal se realizó para cada uno de los parámetros sísmicos utilizados en la Tesis (PGA, PGH, I_1 y D) generando sus modelos de regresión lineal para cada parámetro y cada estación³. En la **Tabla 2.1** se muestra el resultado final del modelo lineal generado con el proceso anterior, del parámetro PGH para la estación CE32, ubicada en el Centro de Estudios Tecnológicos, Industriales y de Servicios (CETIS) No. 57.

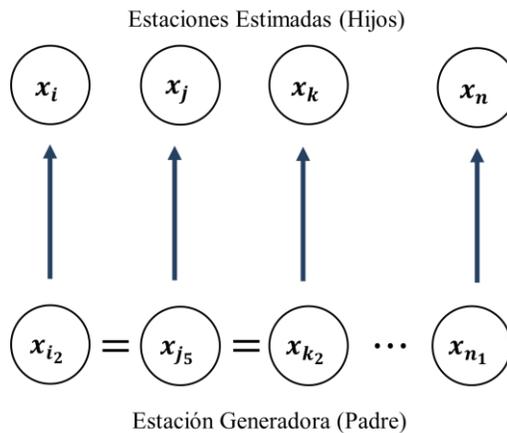


Figura 2.4 Una estación generadora puede ser padre de varias estaciones a estimar (hijos).

³ En el anexo A se encuentran las Tablas de los Modelos Lineales generados para cada parámetro sísmico.

A continuación se muestra un ejemplo del desempeño del modelo, al estimar los parámetros sísmicos de todas las estaciones de la red, en un hipotético caso de contar con aceleración de sólo tres estaciones, las cuales se señalan en puntos de color blanco (**Figura 2.5**). Se eligieron aleatoriamente tres estaciones de la RACM (estaciones generadoras) ubicadas en diferentes tipos de suelo con los que está conformada la Ciudad de México; la estación NZ20 (Nezahualcóyotl) la cual está ubicada en Zona de Lago (punto blanco a la derecha), la estación CO47 (Coyoacán) ubicada en Zona de Transición (punto blanco al centro) y la estación IM40 (Instituto Médico Pedagógico) que está ubicada en Zona de Lomas (punto blanco a la izquierda) (**Figura 2.5**).

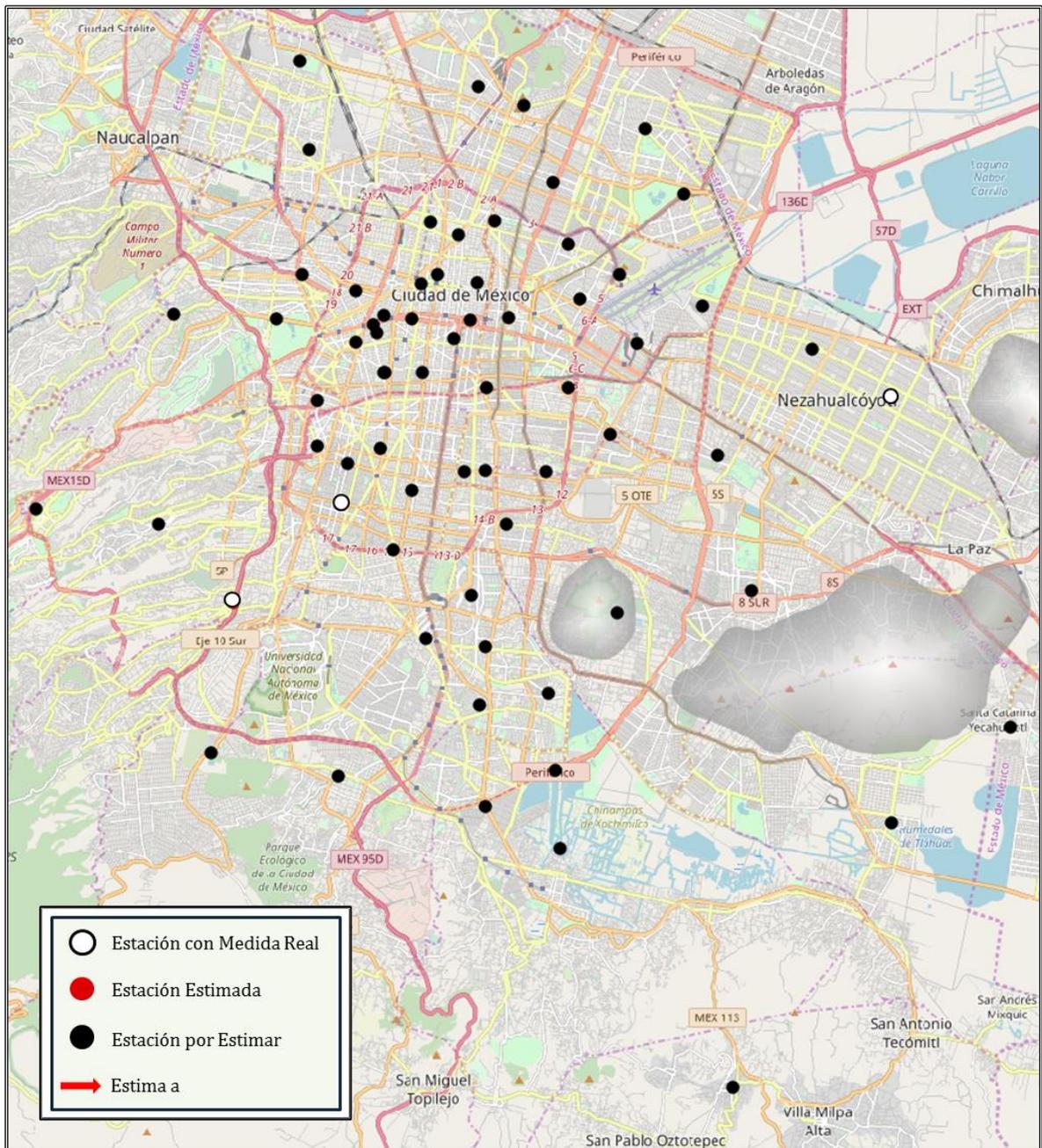


Figura 2.5 Mapa de la Ciudad de México con la ubicación de tres estaciones de la RACM.

En el ejemplo se utiliza el modelo lineal del parámetro PGA, a través de éste, se estiman once estaciones a partir de las tres estaciones generadoras como se observa en la **Figura 2.6**. Se puede apreciar cómo el modelo lineal estima valores de las estaciones colindantes, tal es el caso de la estación ubicada en Zona de Lomas, IM40 La cual estima datos de 3 estaciones de

tipo de suelo de lomas, dos estaciones relativamente cercanas y una más alejada de IM40 pero que tiene alta correlación con ésta, ya que la estación estimada es también de tipo de suelo de lomas.

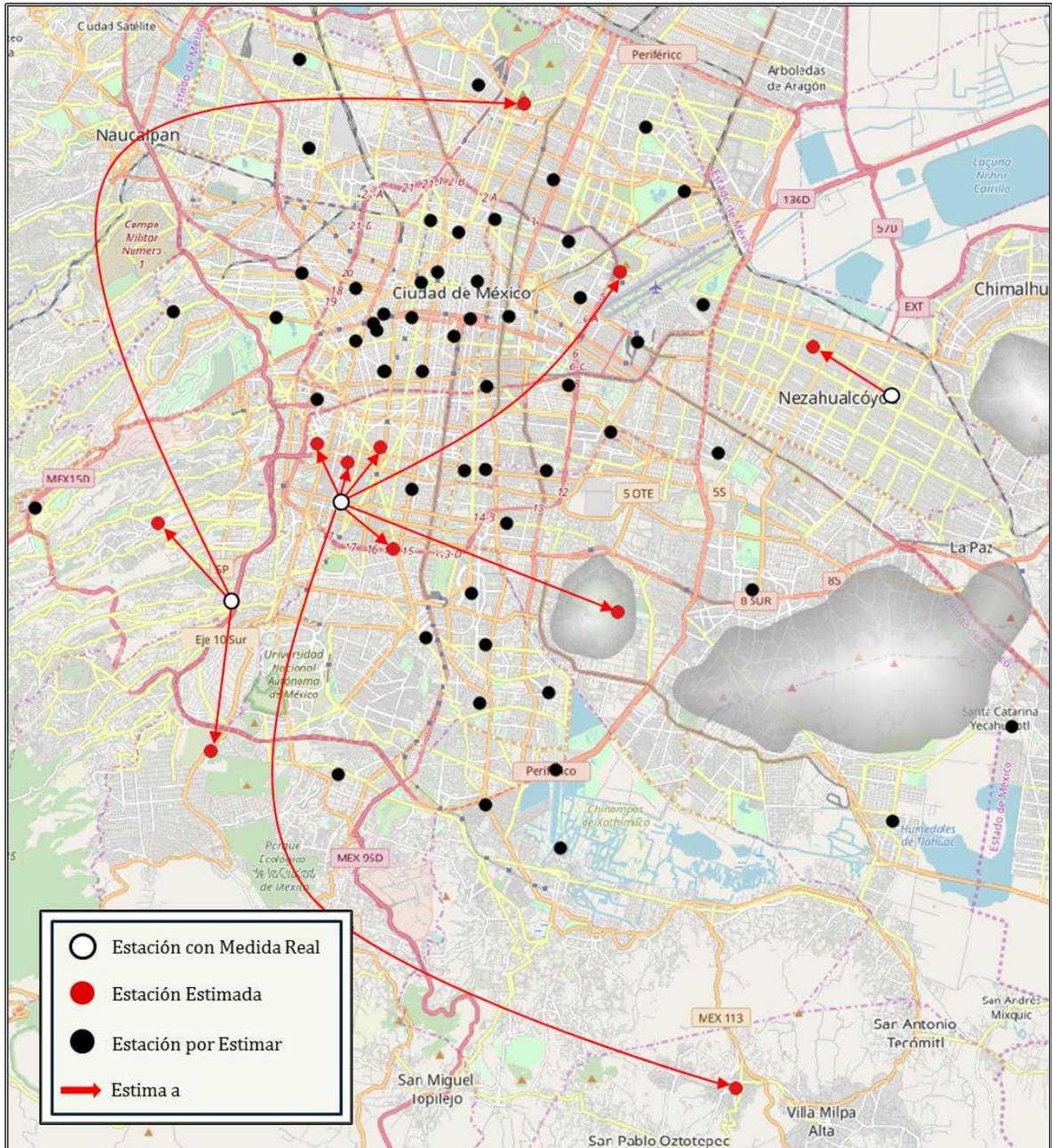


Figura 2.6 Primera Iteración del Modelo Lineal a partir de 3 estaciones generadoras.

La estación CO47 que está en Zona de Transición, generó datos de estaciones contiguas (**Figura 2.6**), como es el caso de los valores obtenidos en 4 estaciones ubicadas en Zona de Transición debido a que CO47 tiene un coeficiente de correlación cercano a uno con respecto a las estaciones que estimó. Además CO47 estimó valores de 3 estaciones de Zona de Lomas, esto es debido a la configuración del modelo lineal, ya que CO47 estimó en cuarto o quinto lugar de elección de las estaciones de suelo firme, debido a que pertenecen a diferentes tipos de suelo. Esta situación genera un error inherente al modelo lineal al estimarse estaciones de diferentes tipos de suelo, dicho error se explicará y medirá en la siguiente sección. En el caso de la estación ubicada en la Zona de Lago, NZ20 sólo estimó el valor de su estación colindante NZ31, debido a que NZ20 tiene baja correlación con las demás estaciones ubicadas en Zona de Lago, por lo que sólo es padre de una estación (NZ31).

En la siguiente iteración de la estimación de los valores de la RACM, a través del modelo lineal para el parámetro PGA, con los datos de las once estaciones estimadas anteriormente, se generaron 38 valores de estaciones (**Figura 2.7**) de la red, distribuidos de tal forma que, 30 estaciones están en Zona de Lago, 4 estaciones en Zona de Transición y 4 estaciones en Zona de Lomas. En esta iteración se aprecia la alta correlación de la estación NZ31 con respecto a las demás estaciones de lago, ya que ésta, estima 7 valores de estaciones ubicadas en Zona de Lago. Además se sigue observando que hay estaciones que estiman valores de estaciones de otro tipo de suelo diferente, debido a que en la construcción del modelo lineal se planteó la posibilidad de que sólo se registraran datos de estaciones de la RACM de un sólo tipo de suelo, por lo que cada estación tiene hasta 6 o 7 posibles estaciones generadoras, con estaciones que sean de los tres tipos de suelo para cubrir esta necesidad, con su correspondiente error de estimación.

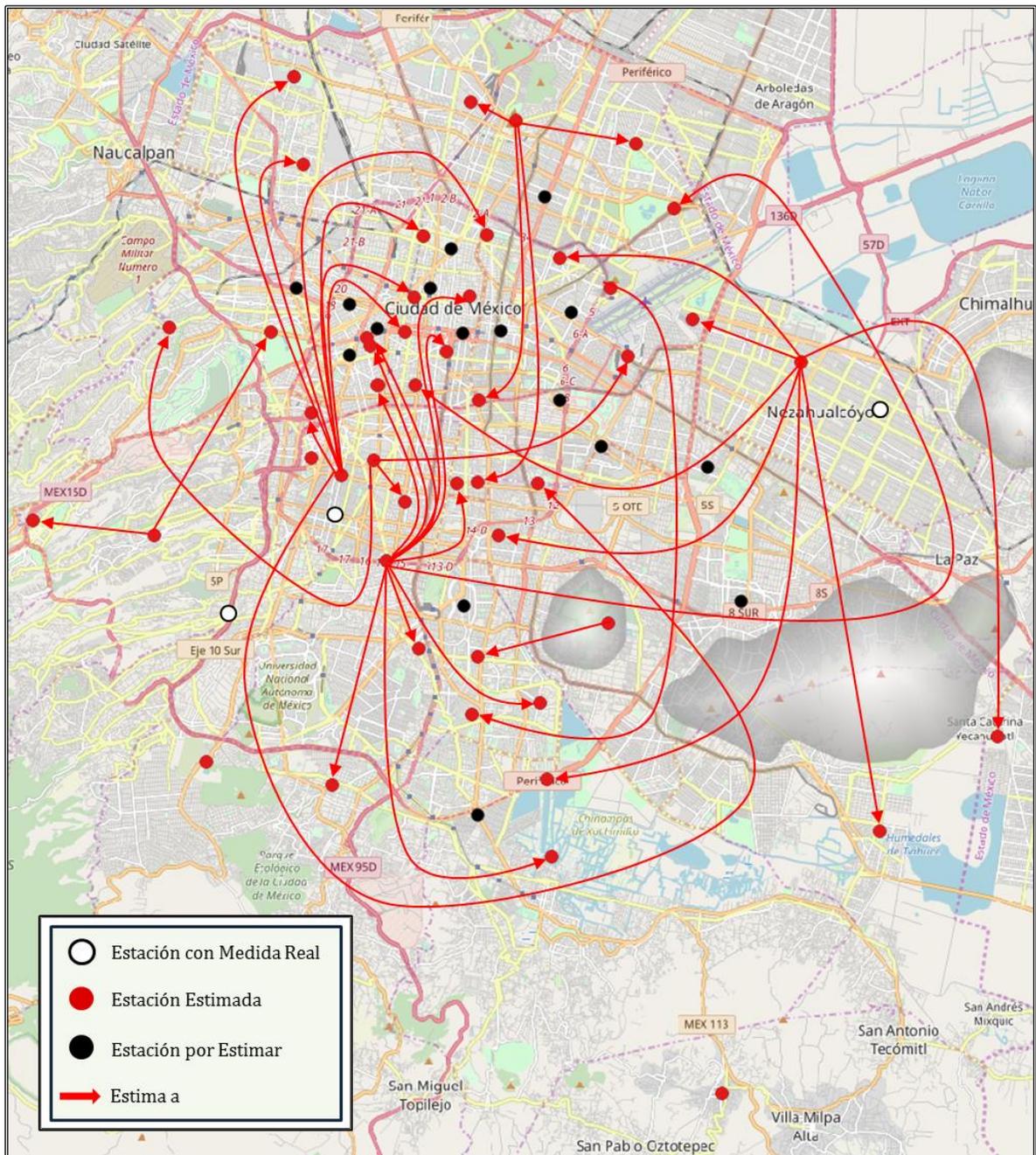


Figura 2.7 Segunda generación de valores estimados a partir del Modelo Lineal.

En la última iteración del modelo lineal, se estimaron los valores de las restantes 16 estaciones (Figura 2.8).

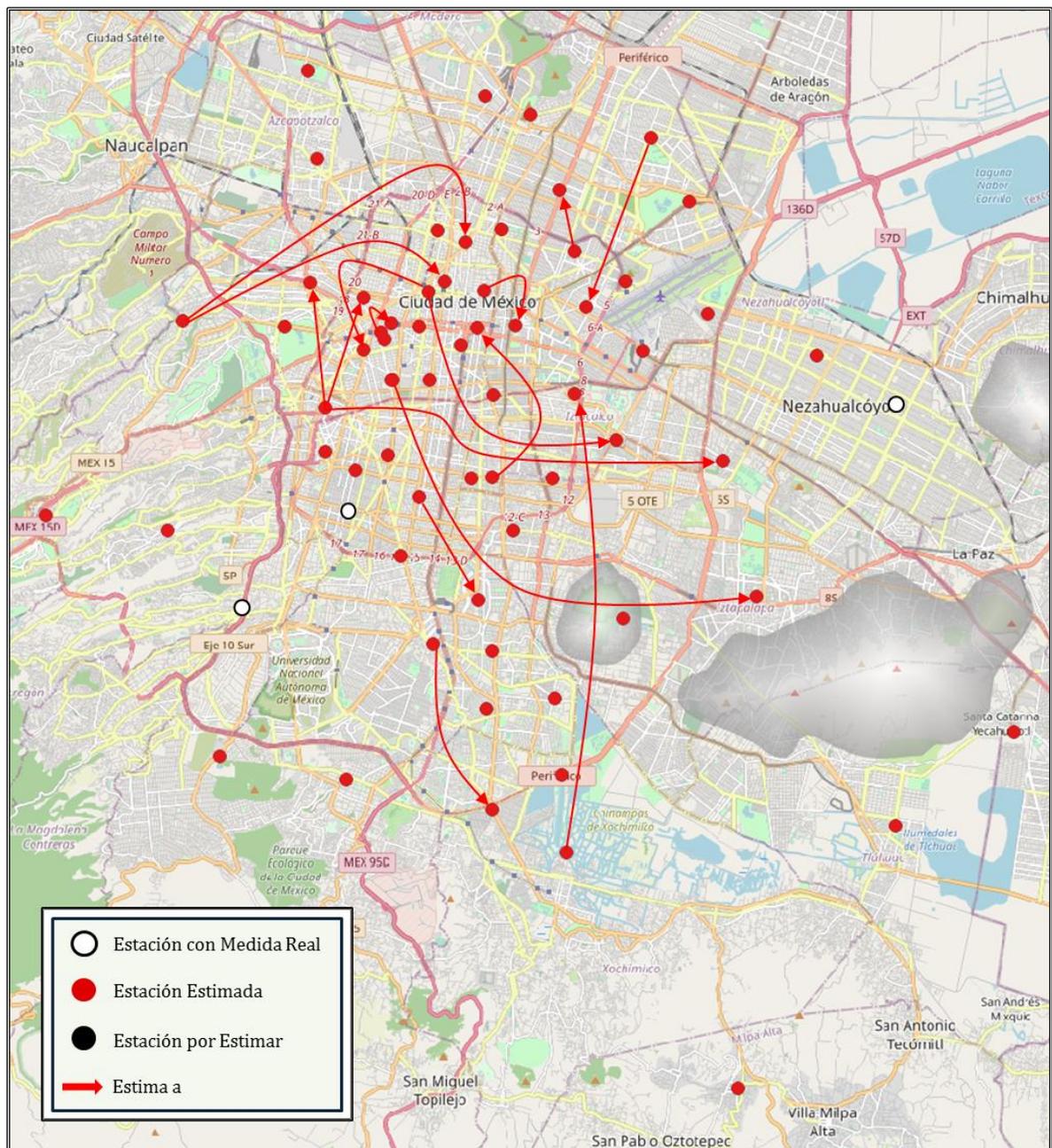


Figura 2.8 Tercera y última generación de valores estimados a partir del Modelo Lineal.

2.3 Métrica de Error del Modelo Lineal

En el modelo lineal se incluye la media y la desviación estándar del error de cada estación con respecto a sus estaciones generadoras. Sin embargo, se requiere conocer cuál es el error del modelo lineal en general respecto al valor real medido. Así, el procedimiento consistió en lo siguiente:

Calcular el error mínimo del modelo por cada estación:

$$e_{min} = \frac{\sum_{i=1}^{68} media\ x_{i_1}}{68} \quad (9)$$

Calcular el error máximo del modelo por estación:

$$e_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{68} media\ x_{i_6}}{68} \quad (10)$$

Y finalmente el error promedio del modelo:

$$e_{media} = \frac{\sum_j^{68} media\ x_{i_j}}{68} \quad (11)$$

Esto es, evaluar cada una de las estaciones de la matriz $\bar{X} = x_1, \dots, x_{68}$, para cada estación $x_i \in \bar{X}$, evaluar las 6 medias de cada estación generadora con las que cuentan cada estación x_i , localizar la media mínima, la media máxima y calcular el promedio de dichas medias, almacenar los valores para posteriormente calcular el promedio de los valores mínimos, el promedio de los valores máximos y el promedio de las medias de cada estación x_i .

El procedimiento es análogo para las desviaciones estándar, por lo que se definió de la siguiente forma:

Desviación estándar mínima

$$\sigma_{min} = \frac{\sum_{i=1}^{68} \sigma\ x_{i_1}}{68} \quad (12)$$

Desviación estándar máxima

$$\sigma_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{68} \sigma x_{i6}}{68} \quad (13)$$

Desviación estándar promedio

$$e_{\sigma} = \frac{\sum_j^6 \sigma x_{ij}}{\frac{68}{68}} \quad (14)$$

Así sucesivamente se realizó el mismo procedimiento para cada parámetro sísmico que se ha definido anteriormente. El resultado se muestra en la **Tabla 2.2**.

Tabla 2.2 Métrica del Error del Modelo Lineal para la Estimación de los Parámetros Sísmicos.

Error del Modelo								
	PGA		PGH		I _I		D	
	<i>e</i>	σ	<i>e</i>	σ	<i>e</i>	σ	<i>e</i>	σ
<i>mínimo</i>	1.418	0.616	1.542	0.743	0.672	0.636	7.813	4.637
<i>promedio</i>	2.585	1.016	2.733	1.128	1.865	1.558	14.123	7.136
<i>máximo</i>	4.300	1.856	4.477	1.939	3.569	2.924	24.653	12.623

2.4 Proceso para Estimar toda la Red a partir de sólo un Registro de alguna Estación

Al finalizar la construcción, el modelo lineal queda compuesto de la siguiente forma:

Para cada estación x_i en el conjunto $\bar{X} = x_1, \dots, x_{68}$, existen 6 diferentes estaciones generadoras $x_{i_1}, x_{i_2}, x_{i_3}, x_{i_4}, x_{i_5}, x_{i_6}$ de x_i las cuales forman el conjunto $\bar{G} = \{x_{i_j} \mid i = \{1, 2, \dots, 68\} \text{ y } j = \{1, 2, \dots, 6\}\}$.

Una vez finalizada la construcción de los modelos lineales para cada parámetro sísmico, es importante saber si se puede estimar los valores de toda la red a partir de sólo un registro, para los casos en que no se cuente con información de la totalidad de las estaciones.

Con el propósito de verificar el procedimiento, se realizó un programa para comprobar la generación de toda la red considerando sólo un dato registrado en la misma.

El algoritmo inicia revisando la estación x_k del conjunto $\bar{X} = x_1, \dots, x_{68}$, en el modelo lineal \bar{G} antes construido; se busca que la primera estación se encuentre en el conjunto de las estaciones, es decir que $x_k \in \{x_{i_j} \mid i = \{1, 2, \dots, 68\} \text{ y } j = \{1, 2, \dots, 6\}\}$.

Si x_k pertenece al conjunto G , implica que existe al menos una estación x_j que por construcción del modelo lineal, x_j es diferente a x_k , tal que el valor de x_j puede ser generado a partir del valor de x_k . Todos los posibles x_j que procedan de x_k se agregan a la lista de estaciones generadas. El algoritmo vuelve a revisar de forma recursiva a los valores originados por x_k hasta que concluya la verificación de los valores procedente de x_k . Si todas las estaciones del conjunto \bar{X} se generaron a partir de x_k implica que x_k genera toda la red.

A pesar de la alta densidad de posibles estaciones generadoras (6) por cada estación, se presentaron algunos casos en los que no se pudieron obtener todos los datos de la red a partir de la información registrada por una sola estación. Este comportamiento se debió a que algunas estaciones poseen un bajo grado de correlación, por lo que sus datos no pueden arrojar información de otras estaciones y por ende no podían ser elegidas para esta finalidad. En la **Tabla 2.3** se muestran las estaciones y los parámetros sísmicos que no pudieron generar toda la red.

Tabla 2.3 Estaciones que no generan toda la red a partir de un sólo registro.

PGA	PGH	D
AE02	AE02	AP68
	AR14	RM48
	CE23	
	RM48	

La situación antes descrita se solucionó convirtiendo los casos mencionados en la **Tabla 2.3**, en estaciones generadoras de la estación cuya correlación sea la más alta respecto a la estación que no genera toda la red, agregando la estación como un generador más, añadiendo un renglón en el modelo lineal por cada caso.

Con este proceso, el modelo lineal va a permitir obtener el valor de una estación en caso de no contar con la información completa de la red, utilizando desde una sola estación x_i que si tenga registro del sismo.

2.5 Prueba del Modelo Lineal

Para probar el modelo lineal, se seleccionaron 40 sismos (aproximadamente el 20% del total de sismos de la RACM empleados en la Tesis) con 902 registros que conformarán el conjunto de Prueba, que no fueron utilizados para la construcción del modelo lineal. De los 902 registros, 832 son de estaciones de superficie y 70 de estructuras o subterráneas. La selección de los sismos se realizó considerando los intervalos de una distribución por magnitud de los sismos (**Figura 2.1**), se eligieron de manera aleatoria y estadísticamente ponderada los 40 eventos sísmicos, contemplando entre éstos, acontecimientos importantes como el sismo M7.3 de Copala de 1995, hecho muy importante en la historia sísmica reciente debido a que en ese evento se suscitó la primera alerta sísmica a la población a nivel mundial. De los 40 sismos, 8 se encuentran en un rango de magnitud $M \leq 5$, 16 en un rango de magnitud $5 < M \leq 5.5$, 8 en un rango de magnitud $5.5 < M \leq 6$, 5 de magnitud $6 < M \leq 6.5$, 2 de magnitud $6.5 < M \leq 7$ y uno de magnitud mayor a 7.

Una vez construido el modelo lineal para cada parámetro sísmico, la prueba consistió en analizar la colección de registros de cada uno de los 40 sismos de la prueba con la siguiente metodología:

Para cada estación x_i en el conjunto $\bar{X} = x_1, \dots, x_{68}$, que cuente con registro del sismo s perteneciente al conjunto de los 40 sismos de la prueba; existen de acuerdo al modelo lineal 6 posibles estaciones generadoras de la estación x_i . Sean $x_{i_1}, x_{i_2}, x_{i_3}, x_{i_4}, x_{i_5}, x_{i_6}$ dichas estaciones generadoras, ahora se verifica que esas estaciones tengan registro del sismo s para poder estimar el valor de estación x_i y calcular el error inherente del modelo. Dependiendo del número de registros que se tenga del sismo s , las 6 estaciones generadoras pueden o no tener registro.

Si sólo se tiene el registro de una estación generadora, se calcula el valor aproximado de la estación x_i , a partir del registro de la estación generadora utilizando el modelo lineal. Posteriormente, se calcula el error e_p , el cual es la diferencia de la estimación del modelo

lineal y el valor registrado por la RACM. El error mínimo $e_{p_{\min}}$, máximo $e_{p_{\max}}$ y promedio $e_{p_{prom}}$ de la estación x_i es el mismo. Si son dos o más registros de las estaciones generadoras, se calcula el error mínimo, el error máximo y el error promedio de dichas estimaciones. Por ejemplo, para la estación LI33 Liconsa en Tláhuac, durante el sismo del 13 de abril de 2007 que ocurrió a las 00:42 horas, la lectura del registro para el parámetro sísmico PGA fue de 8.86 cm/s^2 . Si no se contara con datos de la estación LI33 la estimación del valor aproximado del PGA utilizando el modelo lineal se calcularía con las estaciones generadoras en caso de contar con registro del sismo. En el caso que ocupa, sí se contaron con datos de las 6 estaciones generadoras. La estación AL01 (Alameda) registró 18.67 cm/s^2 , la estación NZ31 (Nezahualcóyotl) registró 11.97 cm/s^2 , la estación GR27 (Granjas) registró 12.69 cm/s^2 , la estación TH35 (Tláhuac) registró 11.73 cm/s^2 , la estación VM29 (Villa del Mar) registró 14.6 cm/s^2 y la estación CP28 (Cerro del Peñón) registró 7.66 cm/s^2 , por lo que utilizando la **Tabla 2.4** los valores estimados a partir del modelo lineal son:

$$LI33_{\approx AL01} = 1.14 * 18.67 - 1.34 = 19.94 \text{ cm /s}^2$$

$$LI33_{\approx NZ31} = 1.15 * 11.97 - 0.42 = 13.34 \text{ cm/s}^2$$

$$LI33_{\approx GR27} = 1.11 * 12.69 - 0.38 = 13.70 \text{ cm /s}^2$$

$$LI33_{\approx TH35} = 0.67 * 11.73 + 0.81 = 7.47 \text{ cm /s}^2$$

$$LI33_{\approx VM29} = 1.22 * 14.60 - 2.19 = 15.62 \text{ cm /s}^2$$

$$LI33_{\approx GR27} = 1 * 7.66 + 4.55 = 12.21 \text{ cm /s}^2$$

Calculamos el error de la estación LI33 a partir de las estaciones generadoras

$$e_{x_1} = |LI33 - LI33_{\approx AL01}| = |8.86 - 19.94| = 11.08 \text{ cm/s}^2$$

$$e_{x_2} = |LI33 - LI33_{\approx NZ31}| = |8.86 - 13.34| = 5.52 \text{ cm/s}^2$$

$$e_{x_3} = |LI33 - LI33_{\approx GR27}| = |8.86 - 13.7| = 4.84 \text{ cm/s}^2$$

$$e_{x_4} = |LI33 - LI33_{\approx TH35}| = |8.86 - 7.47| = 1.39 \text{ cm/s}^2$$

$$e_{x_5} = |LI33 - LI33_{\approx VM29}| = |8.86 - 15.62| = 6.76 \text{ cm/s}^2$$

$$e_{x_6} = |LI33 - LI33_{\approx CP28}| = |8.86 - 12.21| = 3.35 \text{ cm/s}^2$$

Así los errores mínimo, máximo y promedio de la estación LI33 estimados para el sismo del 13 de abril de 2007 registrado a las 00:42 horas son: 1.39, 11.08 y 5.49 respectivamente.

Para este conjunto de prueba, la estación LI33 registró aceleración en sólo 15 sismos y del mismo modo que en el modelo lineal, se realiza el cálculo de las medias y desviaciones estándar de los errores de las ecuaciones de cada uno de estos sismos cuyos resultados se muestran en la **Tabla 2.4**. Este proceso se realiza por cada una de las 68 estaciones. Cabe señalar que cada estación podría tener diferentes sismos del grupo de prueba.

Tabla 2.4 Muestra parcial del modelo lineal generado del parámetro sísmico PGA para la estación LI33.

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurrencia	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media(x_{33})	Desviación (x_{33})	a	b
$X_{33} =$ LI33 (Lago)	AL01	Lago	24.2	63	0.9911	1.81	1.61	1.14	-1.34
	NZ31	Lago	13.42	76	0.9846	1.75	2.47	1.15	-0.42
	GR27	Transición	29.66	70	0.9790	2.33	2.85	1.11	-0.38
	TH35	Lago	5	56	0.9779	2.40	3.36	0.67	0.81
	VM29	Lago	19.49	79	0.9583	3.06	3.82	1.22	-2.19
	CP28	Lomas	19.21	43	0.9443	5.34	4.66	1.00	4.55

Para finalizar el proceso se calcula el promedio de los valores mínimos, el promedio de los valores máximos y el promedio de las medias de cada estación x_i para cada uno de los 40 sismos que se utilizaron para la prueba. Los resultados de dichos errores quedaron plasmados en la **Tabla 2.5**.

Tabla 2.5 Resultados de los errores al Modelo de Prueba.

Error de la Prueba con 40 Sismos								
	PGA		PGH		I_I		D	
	e_p	σ_p	e_p	σ_p	e_p	σ_p	e_p	σ_p
<i>Mínimo</i>	0.59	0.90	0.61	1.24	0.55	1.17	4.54	9.89
<i>Promedio</i>	2.07	2.66	2.17	2.81	1.92	3.84	13.97	21.04
<i>Máximo</i>	4.04	5.81	4.15	5.87	3.97	9.39	26.51	37.23

3. Interpolación y Curvas de Nivel

Actualmente la información generada por la RACM se presenta a través de la página web de CIRES⁴, en la **Figura 3.1** se observa el mapa generado por los registros del sismo M7.1 ocurrido el 19 de septiembre de 2017. En el mapa se aprecian las aceleraciones de manera puntual o discreta en la Ciudad de México, debido a que no se tiene instrumentada toda la urbe. En la página se tiene una clasificación con siete niveles de intervalos de intensidad (abajo del mapa de la **Figura 3.1**), de acuerdo con referencias de otros países como los “Shake maps” de California, Estados Unidos⁵. Sin embargo, en el caso mexicano se propuso la clasificación del suelo de la Ciudad de México con base en los 32 años de historia de registro de la RACM.

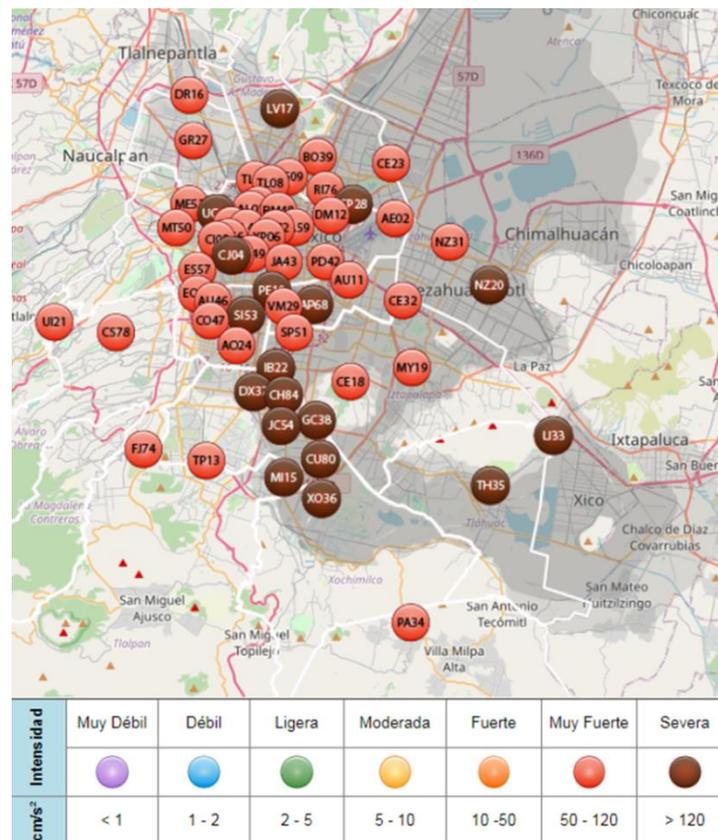


Figura 3.1 Mapa de la Ciudad de México, con las aceleraciones registradas durante el sismo del 19 de septiembre de 2017 (página web de CIRES, 2020).

⁴ www.cires.org.mx/racm_mapainteractivo/

⁵ www.usgs.gov

3.1 Curvas de Nivel o Isolíneas

El término curva de nivel se utiliza principalmente en topografía, donde se define una curva de nivel como aquella línea que une puntos que tienen un mismo valor o cantidad. El conjunto de estas curvas que representan a diferentes grupos de puntos en un mapa, son las curvas de nivel. En este trabajo, las curvas de nivel se trazaron a partir de los valores generados por los parámetros sísmicos que se han desarrollado durante el mismo.

3.2 Desarrollo de la Interpolación y las Curvas de Nivel

Para la construcción de las curvas e interpolación, se agregaron unos puntos de control (**Tabla 3.1**) calculados a partir de la estación CE18⁶ que se encuentra en el Cerro de la Estrella (Suelo Firme) para delimitar los suelos de transición y firme con el objetivo de caracterizar de mejor manera las curvas en la Ciudad de México, ya que entre dos estaciones en Zona de Transición existe terreno de Zona de Lomas, en los cuales actualmente no se cuenta con instrumentación, por lo que al momento de interpolar en la zona de los cerros (Zona de Lomas) sin instrumentar, el valor calculado se estimaba como si fuera suelo de Zona de Transición; es decir, que al momento de interpolar, los valores obtenidos eran muy grandes para los valores que se esperan de Zona de Lomas, por lo que se decidió agregar los puntos de control antes mencionados.

Tabla 3.1 Puntos de control para la construcción de las curvas de nivel.

Clave	longitud	latitud	Ubicación	Altitud (m)
AN01	19.3437	-99.0897	Cerro de la Estrella	2430
AN02	19.3261	-98.9837	Tláhuac	2410
AN03	19.3267	-99.0109	Volcán Tecuauhtzin	2620
AN04	19.322	-99.0144	Tlalpan	2520
AN05	19.3254	-99.0528	Lomas de San Lorenzo	2380
AN06	19.3192	-99.0302	Volcán Xaltepec	2480
AN07	19.2574	-99.1387	Santa María Tetepán	2430
AN08	19.2079	-99.1441	San Miguel Topilejo	2820
AN09	19.5365	-99.1299	Zona Ecológica	2600
AN10	19.5104	-99.1135	Zacatenco	2480
AN11	19.3245	-99.1802	C.U.	2300

⁶ Si la estación no cuenta con registro, se estima su valor a partir del modelo lineal.

Para realizar la interpolación en un mapa del suelo de la Ciudad de México, se utilizó el software libre QGIS 2.18.20 “Las palmas”, empleando la opción “Distancia inversa a una potencia” en la cual los puntos de muestreo se ponderan durante la interpolación de tal forma que el valor de un punto en relación con otros, disminuye con la distancia desde el punto desconocido que se desea estimar. Se interpola utilizando los puntos máximo y mínimo medidos para realizar la estimación por zonas antes descrita.

3.3 Curvas PGA y PGH

Con los valores históricos obtenidos por las mediciones de la RACM, se buscó caracterizar la intensidad medida en la Ciudad de México por lo que se decidió determinar rangos a partir de los valores históricos máximos y mínimos de la RACM, donde se cuidó respetar la configuración actual que aparece en el sitio web de CIRES⁷, en el cual se observan 7 rangos, que representan la intensidad, de manera ascendente en muy débil, débil, ligero, moderado, fuerte, muy fuerte y severo (**Figura 3.2**).

⁷ www.cires.org.mx/racm_mapainteractivo/

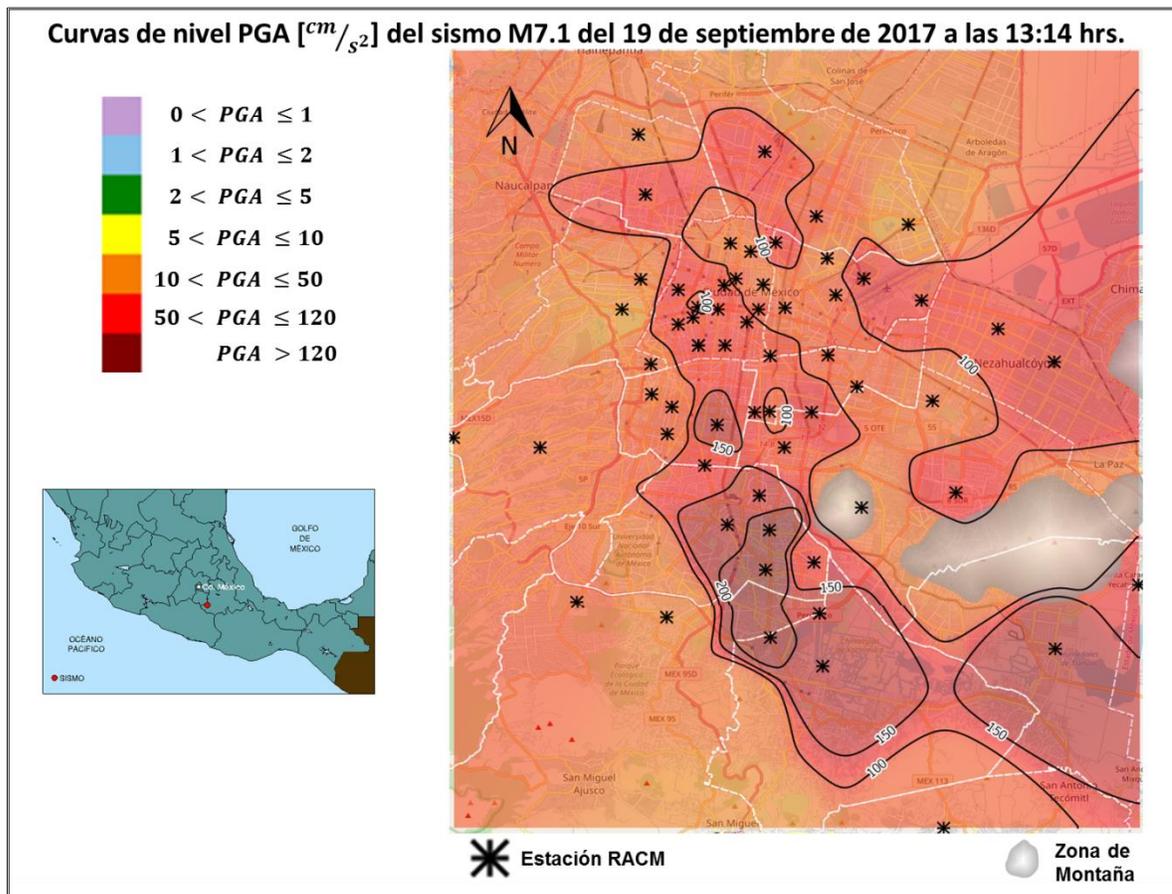


Figura 3.2 Tabla de rangos PGA (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación continua del parámetro sísmico PGA con las ubicaciones de las estaciones que registraron el sismo (Derecha).

Una vez realizada la interpolación, restaba construir las curvas de nivel o isóneas generadas a partir de la misma. Dicha construcción se realizó con el software libre antes mencionado, cuidando que el valor del intervalo entre las curvas, no fuera un valor muy pequeño para no generar demasiadas curvas de nivel y saturar visualmente el mapa. En las **Figuras 3.2 y 3.3** se muestra el resultado de la interpolación y la construcción de las curvas de nivel de los parámetros sísmicos PGA y PGH, generadas por el conjunto de registros que se obtuvieron durante el sismo del 19 de septiembre del 2017 a las 13:14 horas.

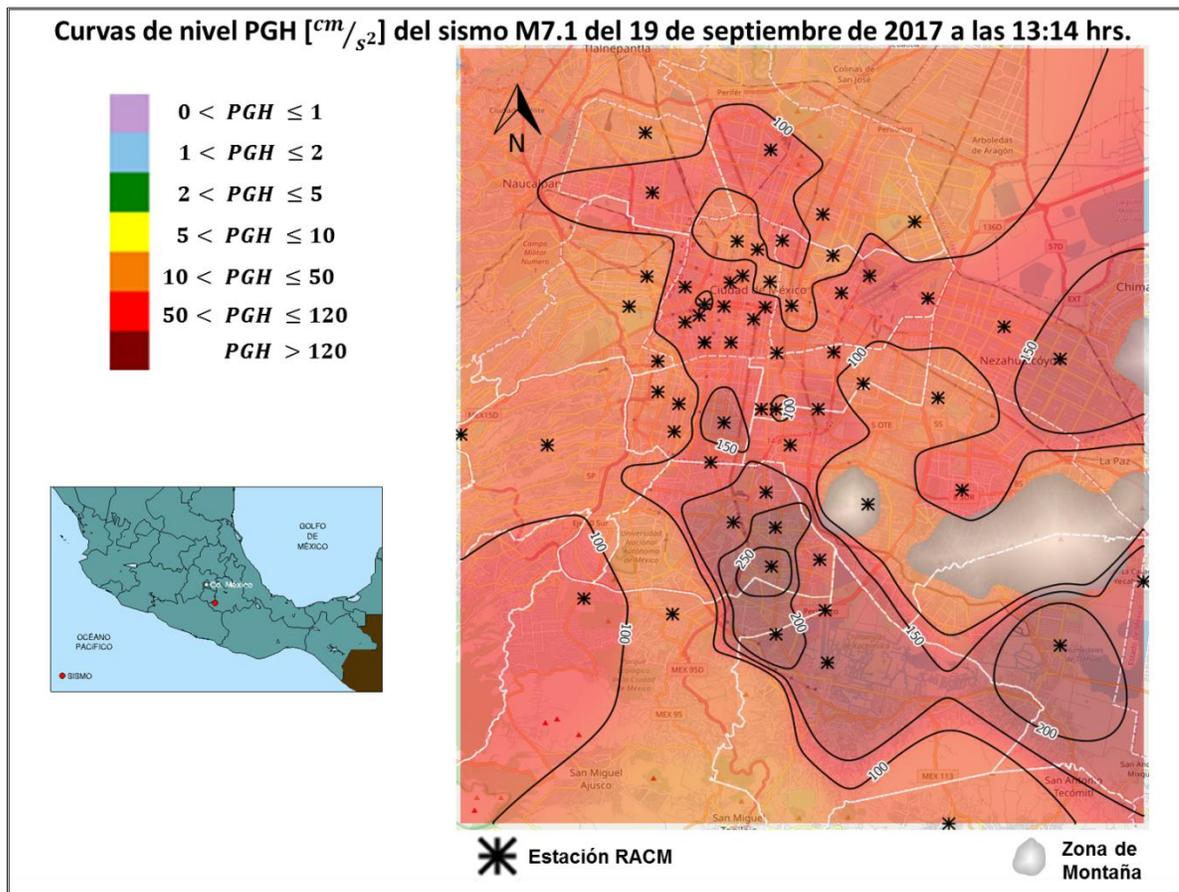


Figura 3.3 Tabla de rangos PGH (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación continua del parámetro sísmico PGH con las ubicaciones de las estaciones que registraron el sismo (Derecha). Al ser el PGH el módulo de las aceleraciones horizontales, se decidió conservar la misma tabla de rangos que el PGA.

3.4 Curvas I_I

Al generar los valores del parámetro sísmico I_I de toda la colección histórica de la RACM, se buscó caracterizar la Intensidad Instrumental en la Ciudad de México. Los valores son rangos normalizados de aceleración de la gravedad, esto es la integral de Arias normalizada a la aceleración terrestre. De acuerdo a las revisiones que se hicieron en sismos históricos, se observa esta propuesta de rango de intensidad (**Figura 3.4**) que también incluye los siete rangos para mostrar consistencia en el propósito de la Tesis de mostrar los posibles efectos del sismo asociados a una intensidad. En la **Figura 3.4** se muestra el mapa de las curvas de nivel generadas durante el sismo del 19 de septiembre de 2017 con el parámetro I_I .

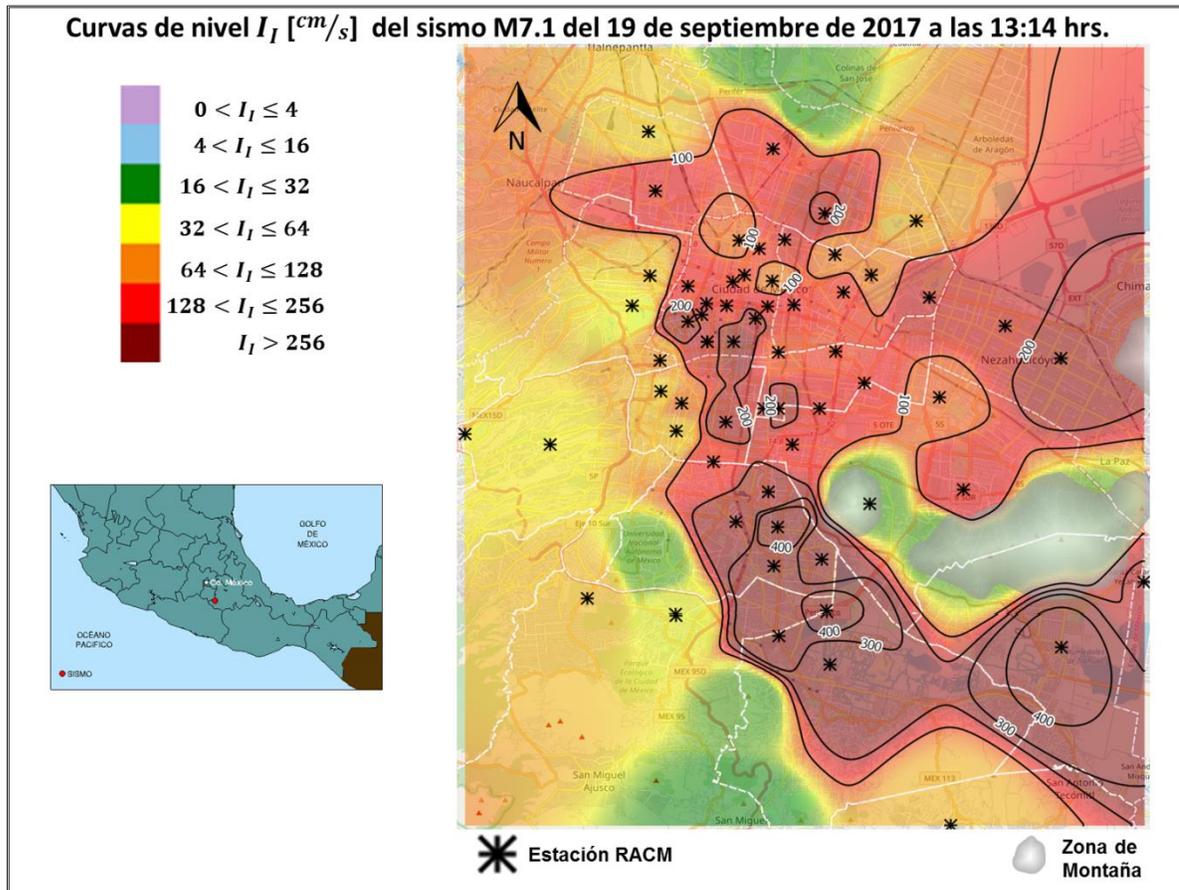


Figura 3.4 Tabla de rangos I_I (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación continua del parámetro sísmico I_I con las ubicaciones de las estaciones que registraron el sismo (Derecha).

3.5 Curvas D

Cómo ya se mencionó en el marco teórico, el inicio del tiempo de la duración se define a partir de que el acelerógrafo registre una aceleración mayor o igual a 3.5 cm/s^2 y finaliza el tiempo de duración en la última aceleración mayor o igual a 3.5 cm/s^2 , por lo que al generar los valores del parámetro sísmico D del acervo histórico de la RACM, se buscó caracterizar empíricamente la escala de rangos en segundos de la duración (**Figura 3.5**), conservando las 7 diferentes escalas (muy débil, débil, ligero, moderado, fuerte, muy fuerte y severo) mostrando una propuesta de categorización de la Duración en la Ciudad de México.

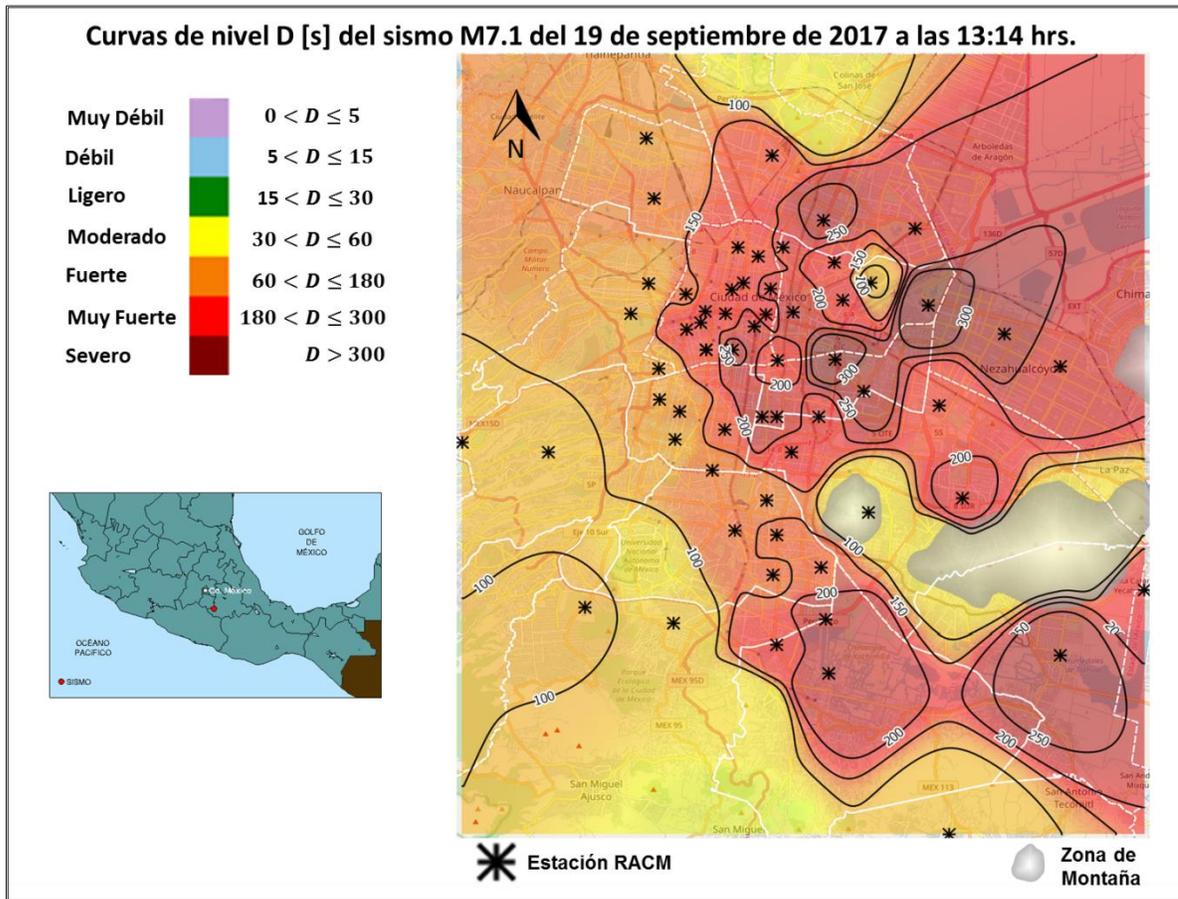


Figura 3.5 Tabla de rangos D (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación continua del parámetro sísmico D con las ubicaciones de las estaciones que registraron el sismo (Derecha).

4. Resultados y Ejemplo Hipotético

Con el modelo lineal construido para cada parámetro sísmico, la interpolación definida, así como las curvas de nivel que ésta genera, se decidió realizar una prueba al modelo con la colección de registros que recopiló la RACM durante el sismo del 14 de septiembre de 1995, con la finalidad de observar el comportamiento del modelo y la posibilidad de inferir posibles resultados ante una situación de contingencia en donde la autoridad tenga la certeza de que los datos que infiere el modelo, se aproximan a lo que va a suceder después de que concluya la recopilación de la información. Todo esto mediante tres escenarios a partir de una colección real de aceleraciones medidas por la red, en el que hipotéticamente se va a considerar que se tengan poblaciones del 75 por ciento medido real, posteriormente del 50 por ciento y finalmente el 25 por ciento de la colección.

El sismo que se decidió observar, es un evento emblemático en la historia de nuestro país, (sismo de Copala), ya que fue durante éste en el que se suscitó la primera alerta sísmica a la población a nivel mundial [12]; este sismo en particular es de los sismos, cuyas aceleraciones fueron de las más grandes registradas por la RACM. Se obtuvo registro de aceleración en 59 de las 68 estaciones de superficie que midieron los efectos del sismo en la Ciudad de México, cuya magnitud fue M7.3 y epicentro en Guerrero. De las 59 estaciones, 41 pertenecen a la Zona de Lago, 9 son Zona de Transición y 9 de la Zona de Lomas. Es importante señalar que este sismo pertenece al grupo de prueba del modelo lineal, por lo que no pertenece al grupo que constituyó al modelo.

El análisis del ejemplo hipotético se realizará con el parámetro sísmico Intensidad Instrumental (I_1). La **Figura 4.1** muestra el mapa de la Ciudad de México con las Curvas de Nivel y la Interpolación que se generó con las 59 estaciones de superficie que registraron el sismo del 14 de septiembre de 1995 para el parámetro sísmico I_1 .

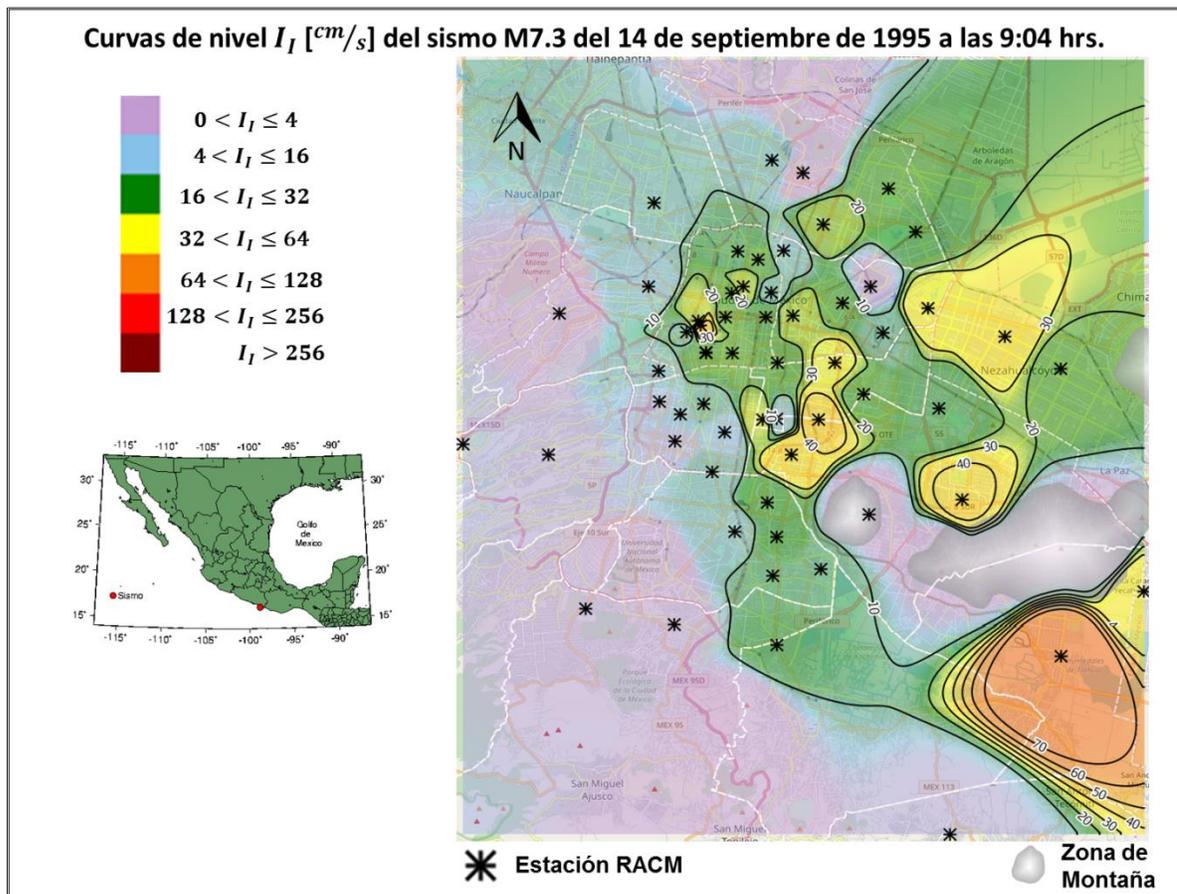


Figura 4.1 Tabla de rangos I_I (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 14 de septiembre de 1995 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e Interpolación del parámetro sísmico I_I de 59 estaciones que registraron el sismo ubicadas en asterisco negro (Derecha).

4.1 Escenario con 75% de estaciones con aceleración

La prueba consistió en elegir de manera aleatoria el 75 % de los 59 registros del sismo antes referido como base, es decir, datos que fueron medidos por la RACM para poder modelar el restante 25 por ciento al que llamaremos grupo de estimación. Considerando el tipo de suelo, el grupo base lo conformaron 31 estaciones de tipo de suelo lago, 7 de tipo de suelo transición y 7 de tipo de suelo lomas.

Se procedió a calcular los parámetros sísmicos (PGA, PGH, I_I y D) de cada estación del grupo de estimación (14 estaciones) utilizando su correspondiente modelo lineal y medir la diferencia de la estimación obtenida respecto al valor registrado por la RACM, para obtener el

margen de error de dicha estimación del modelo. Posteriormente se obtuvo la media del error y la desviación estándar de la colección de las 14 estaciones del grupo de estimación y con ello arrojó un valor de 4.11 y 4.35 cm/s respectivamente para la I_1 .

En la **Figura 4.2** se muestran en asterisco rojo las 14 estaciones del grupo de estimación del estudio, se visualiza la interpolación que se realizó con la aceleración de las estaciones y los valores generados para el grupo de estimación a partir del modelo. También se observan las curvas de nivel del I_1 graduadas a partir de 10 cm/s para caracterizar la dinámica de movimiento de la Ciudad de México.

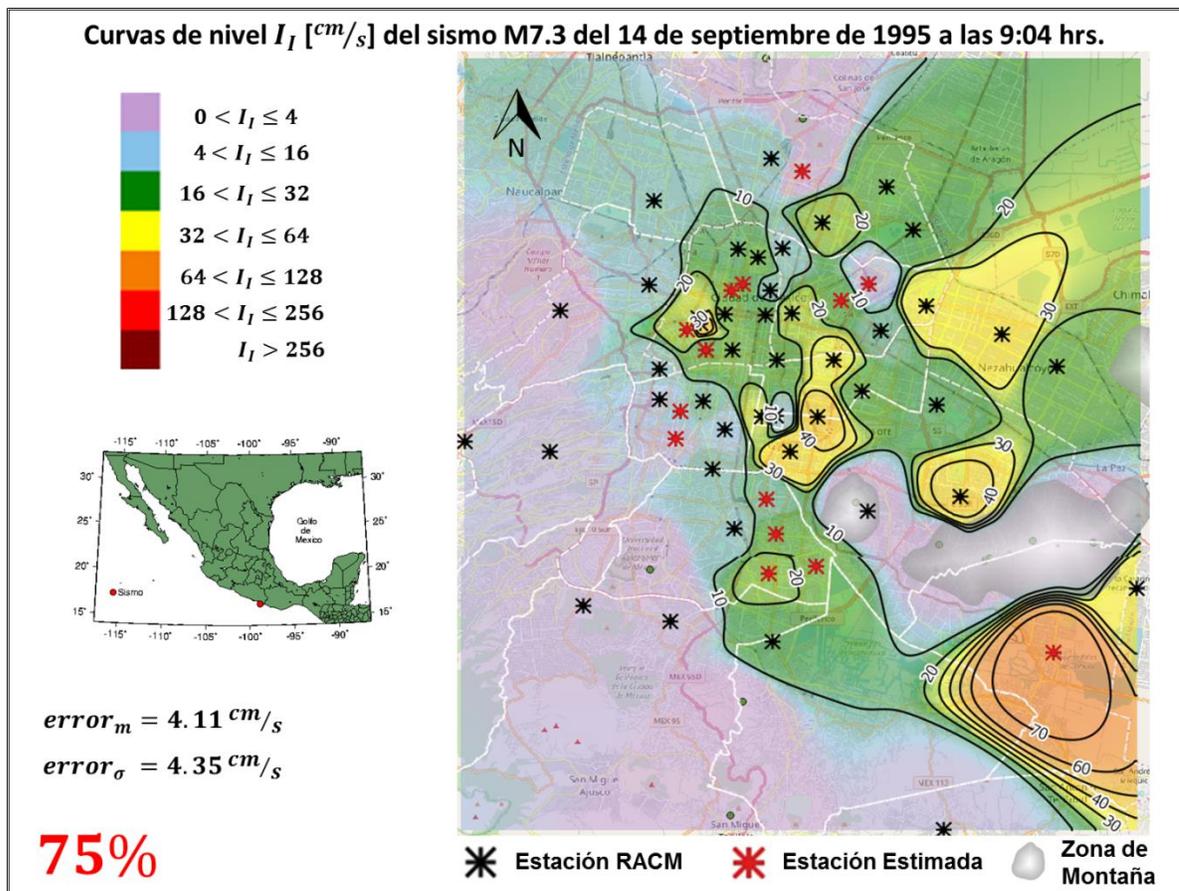


Figura 4.2 Tabla de rangos PGH (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 14 de septiembre de 1995 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico I_1 (Derecha) con el 75% de estaciones medidas (45 con asterisco negro) y 25% de estaciones estimadas con el modelo lineal del I_1 (14 con asterisco rojo).

4.2 Escenario con 50% de estaciones con aceleración

En este escenario se eligieron de manera aleatoria el 50 % de los 59 registros que se tuvieron del sismo como base, es decir, datos que fueron medidos por la RACM para poder modelar el restante 50 por ciento del grupo de estimación. Nuevamente considerando el tipo de suelo, el grupo base lo conformaron 20 estaciones de tipo de suelo lago, 5 de tipo de suelo transición y 5 de tipo de suelo lomas.

Se calcularon los parámetros sísmicos (PGA, PGH, I_1 y D) de cada estación del grupo de estimación (29 estaciones) utilizando su correspondiente modelo lineal y se midió la diferencia de la estimación obtenida respecto al valor registrado por la RACM, con la finalidad de obtener el margen de error de dicha estimación del modelo, obteniendo la media del error y la desviación estándar en 5.09 y 5.18 cm/s respectivamente, de la colección de las estaciones del grupo de estimación, para el parámetro sísmico I_1 .

En la **Figura 4.3** se muestran en asterisco rojo las 29 estaciones del grupo de estimación del estudio, así como la interpolación que se realizó con la aceleración de las estaciones y los valores generados para el grupo de estimación a partir del modelo de I_1 . Análogamente al escenario anterior, se observan las curvas de nivel del I_1 graduadas a partir de 10 cm/s en la Ciudad de México.

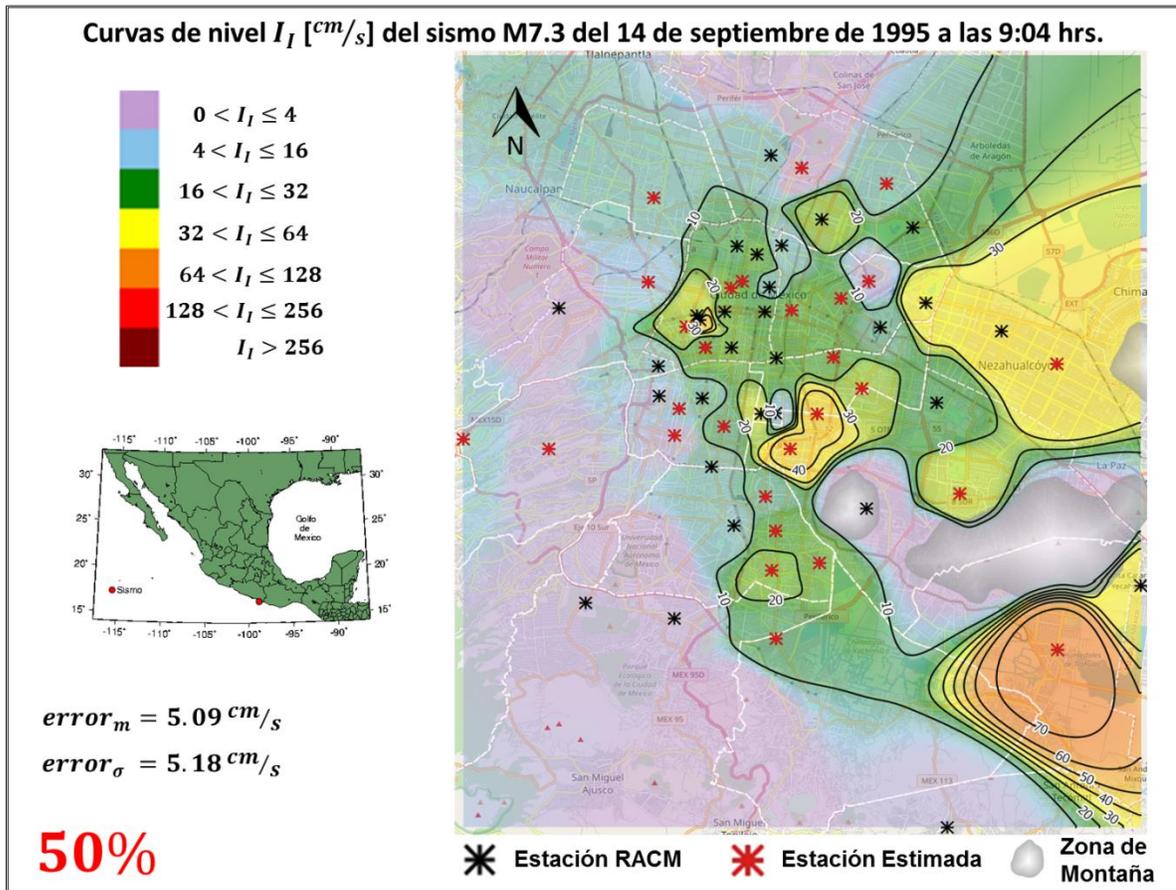


Figura 4.3 Tabla de rangos PGH (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 14 de septiembre de 1995 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico I_I (Derecha) con el 50% de estaciones medidas (30 con asterisco negro) y 50% de estaciones estimadas con el modelo lineal del I_I (29 con asterisco rojo).

4.3 Escenario con 25% de estaciones con aceleración

Finalmente, el último escenario que se propuso es que, análogamente a lo anterior, se eligiera de manera aleatoria el 25 % de los 59 registros medidos por la RACM, considerando el tipo de suelo, por lo que para realizar la medición, el grupo base lo conformaron 11 estaciones de tipo de suelo lago, 3 de tipo de suelo transición y 3 de tipo de suelo lomas.

Se calcularon los parámetros sísmicos (PGA, PGH, I_I y D) de cada estación del grupo de estimación (42 estaciones) utilizando su correspondiente modelo lineal y se midió la diferencia de la estimación obtenida respecto al valor registrado por la RACM, para obtener el

margen de error de dicha estimación del modelo. Posteriormente se obtuvo la media del error y la desviación estándar de la colección de las estaciones del grupo de estimación y con ello arrojó un valor de 5.47 y 5.49 cm/s respectivamente para el I_1 .

En la **Figura 4.4** se muestran en asterisco rojo las 42 estaciones del grupo de estimación del estudio, se observa la interpolación que se realizó con la aceleración de las estaciones y los valores generados para el grupo de estimación a partir del modelo y las curvas de nivel del I_1 con intervalos de 10 cm/s entre cada curva.

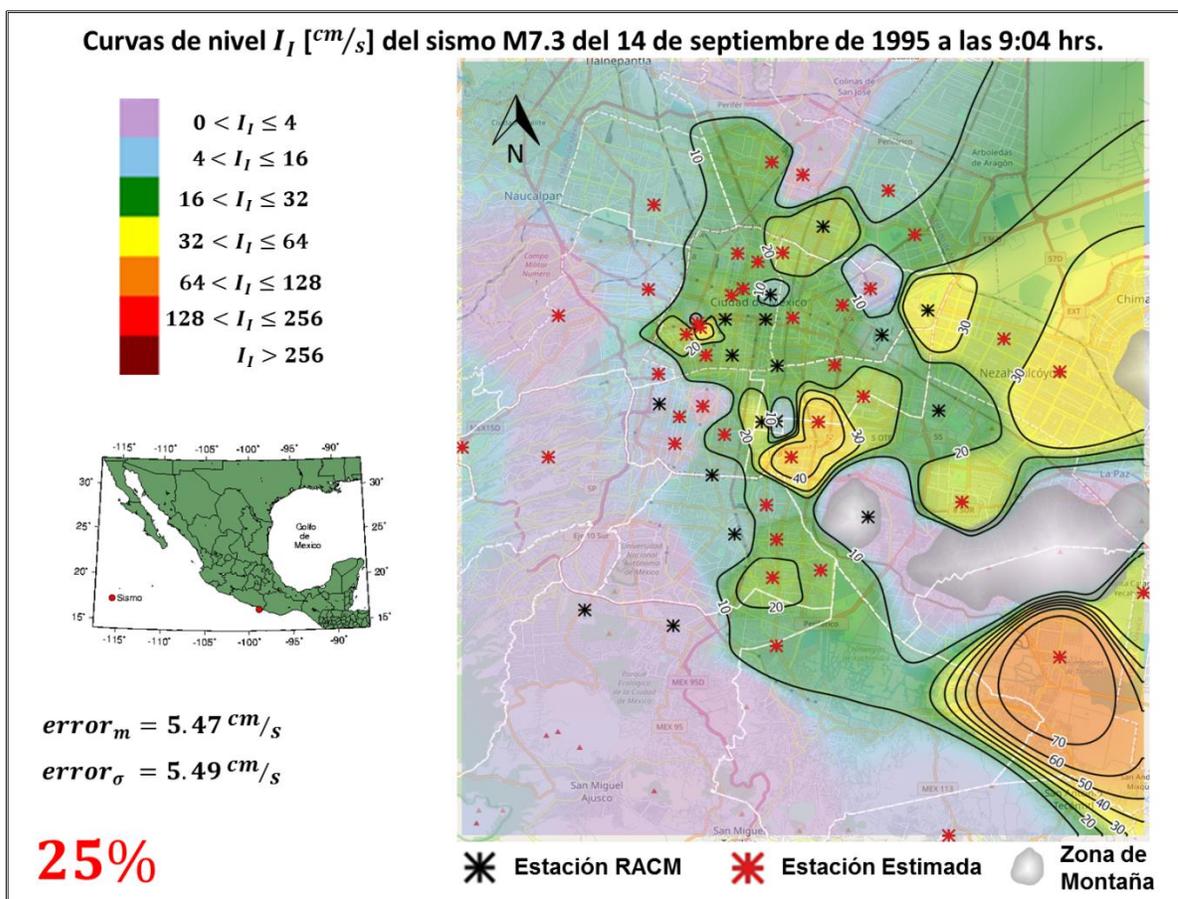


Figura 4.4 Tabla de rangos PGH (Superior Izquierda). Mapa que muestra el epicentro del sismo del 14 de septiembre de 1995 (Inferior Izquierda). Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico I_1 (Derecha) con el 25% de estaciones medidas (17 con asterisco negro) y 75% de estaciones estimadas con el modelo lineal del I_1 (42 con asterisco rojo).

En la **Figura 4.5** se puede apreciar un resumen de la evolución observada en la construcción de los mapas antes descritos; en el inciso (a) de dicha figura, se presenta el mapa con las curvas de nivel y la interpolación que se generó a partir de los 59 registros obtenidos por la RACM caracterizando el movimiento del suelo de la Ciudad de México para el I_1 , que evalúa el comportamiento de la Intensidad Instrumental.

En el inciso (b) de la **Figura 4.5** se tiene el mapa con la interpolación y las curvas de nivel generadas para el I_1 con el 75% de las estaciones medidas por la RACM, en un hipotético caso de contar con ese número de registros. Se calcularon a partir del modelo lineal de I_1 el 25 por ciento de la red y se generaron las curvas correspondientes con los datos generados así como la interpolación. De la **Figura 4.5 (b)** sólo son el 25% de las estaciones las que se están estimando y esto permite observar que las curvas de nivel generadas se parecen a la original, sólo es en algunos sectores densamente instrumentados en donde se tienen discrepancias en las curvas de nivel. Se puede visualizar que los contornos de las zonas ubicadas al norte de la ciudad (que es donde todavía se muestran estaciones estimadas) se modelan bastante bien, muy semejante al modelo original, así como en la región centro de la ciudad, las curvas de nivel y los colores de la interpolación son modeladas con una buena aproximación a la original, por lo que podemos concluir que el modelo estima con errores muy pequeños, las estaciones que no cuenten con información medida.

En el inciso (c) de la **Figura 4.5** se observa el resultado de estimar el 50% de las estaciones que registraron el sismo del 14 de septiembre de 1995. Del 50% estimado, se conservan las mismas estaciones seleccionadas aleatoriamente en el proceso anterior del 25% y se agregó aleatoriamente otro 25%. De la figura se puede concluir que al contar con mayor cantidad de sensores, tenemos una mejor discretización, la estimación de datos es menor y las curvas de nivel se parecen más al original, cabe destacar que la aproximación es aceptable considerando los errores obtenidos, ya que no se generan lóbulos extraños o zonas coloreadas con algún color muy diferente al observado en la interpolación original.

Finalmente, en un escenario cuando se tiene menos información (25%) de las estaciones medidas (inciso (d) de la **Figura 4.5**), se observa que las curvas generadas en la región sureste y oriente de la ciudad, gráficamente son similares a los valores reales, los contornos del suelo firme, también coinciden con los datos medidos, en donde se ve mayor discrepancia, es en la Zona de Lago, debido a que existe una mayor densidad de estaciones y se tiene una

mejor discretización de la zona. No obstante, en las zonas firmes o Zona de Lomas son los mismos contornos.

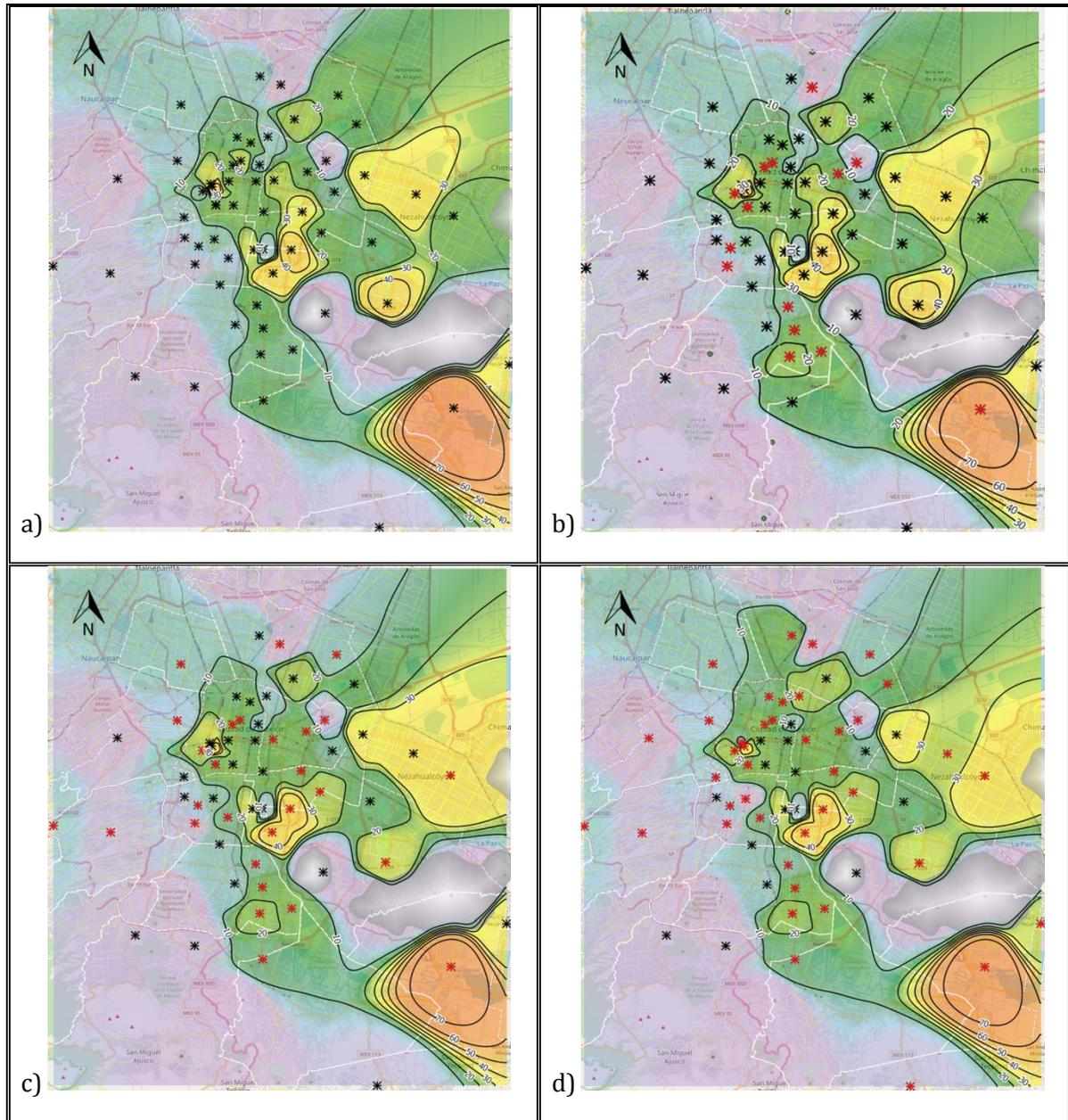


Figura 4.5 Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico I_1 durante el sismo del 14 de septiembre de 1995. (a) Con asterisco negro se observa la ubicación de las estaciones que registraron la aceleración del sismo. (b) Con asterisco rojo se muestra la ubicación del 25 % de las estaciones estimadas. (c) Con asterisco rojo se aprecia la ubicación del 50 % de las estaciones estimadas. (d) Con asterisco rojo se encuentra la ubicación del 75 % de las estaciones estimadas.

En la **Figura 4.6** se observa el resumen del desarrollo del parámetro sísmico PGH, en donde se observa una situación similar con el parámetro I_L . Las curvas de nivel e interpolación no sufren cambios anormales. Los colores no cambian drásticamente de una escala a otra.

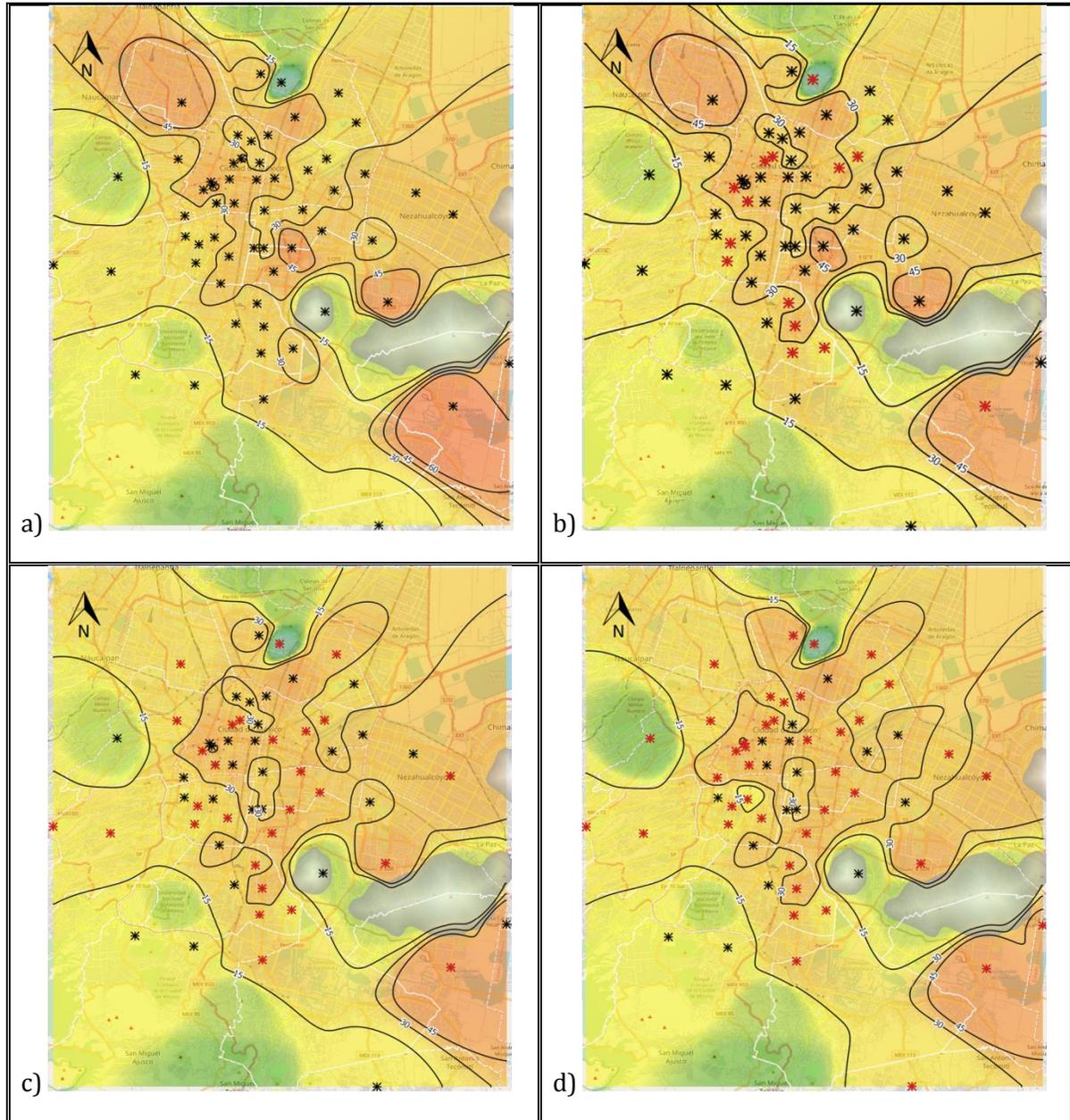


Figura 4.6 Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico PGH durante el sismo del 14 de septiembre de 1995. (a) Con asterisco negro se observa la ubicación de las estaciones que registraron la aceleración del sismo. (b) Con asterisco rojo se muestra la ubicación del 25 % de las estaciones estimadas. (c) Con asterisco rojo se aprecia la ubicación del 50 % de las estaciones estimadas. (d) Con asterisco rojo se encuentra la ubicación del 75 % de las estaciones estimadas.

En la **Figura 4.7** se observa el desarrollo de los mapas y su caracterización de la Ciudad de México con el parámetro sísmico PGA, en donde se aprecia el desempeño con el que resuelve el modelo. En el inciso (a) se observan las curvas de nivel y la interpolación que generaron las aceleraciones de las 59 estaciones. Análogamente a los parámetros sísmicos anteriores, no se observan cambios repentinos de color en una escala a otra.

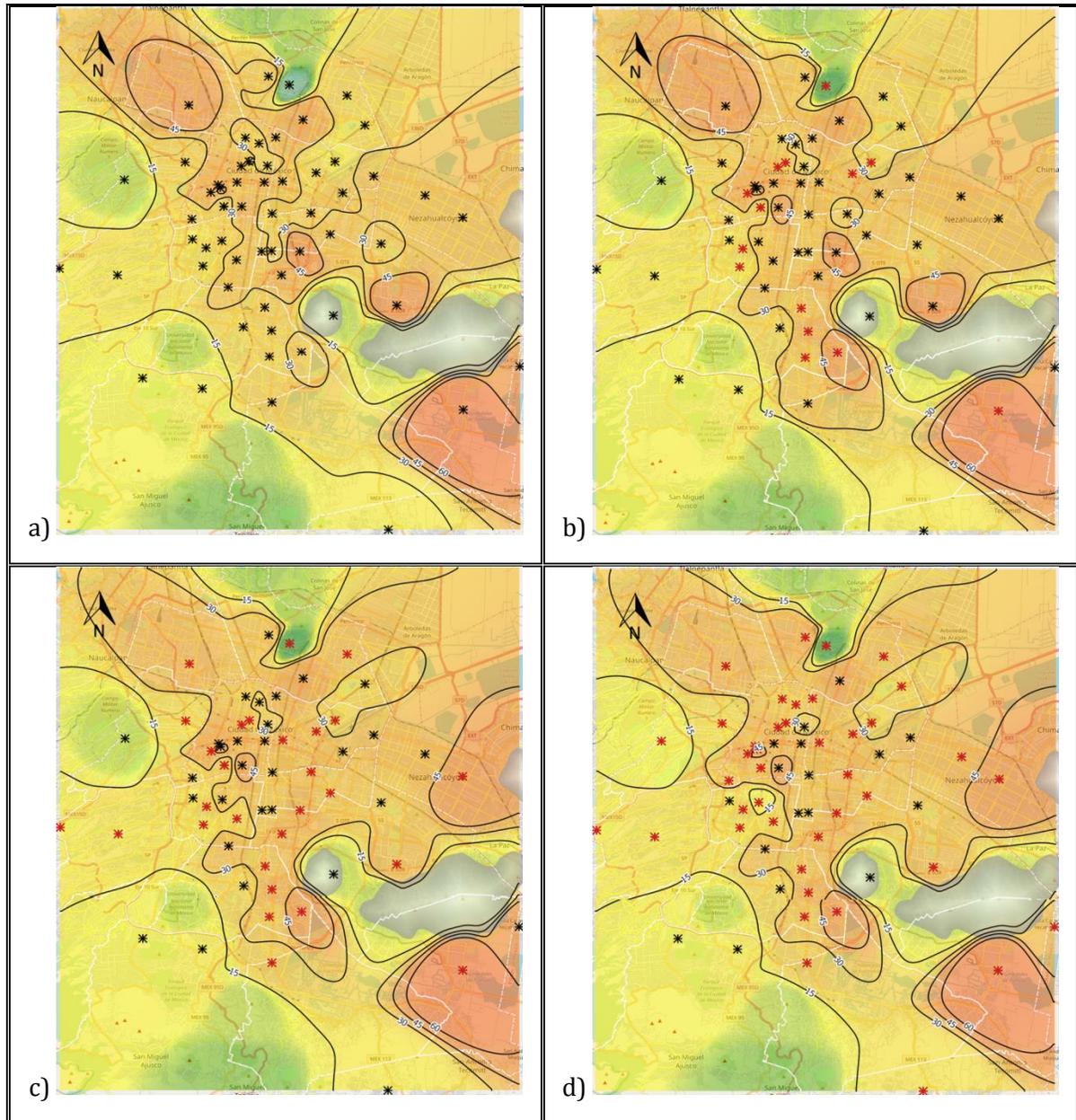


Figura 4.7 Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico PGA durante el sismo del 14 de septiembre de 1995. (a) Con asterisco negro se observa la ubicación de las estaciones que registraron la aceleración del sismo. (b) Con asterisco rojo se muestra la ubicación del 25 % de las estaciones

estimadas. (c) Con asterisco rojo se aprecia la ubicación del 50 % de las estaciones estimadas. (d) Con asterisco rojo se encuentra la ubicación del 75 % de las estaciones estimadas.

En la **Figura 4.8** se observa el desarrollo de los mapas del parámetro sísmico D.

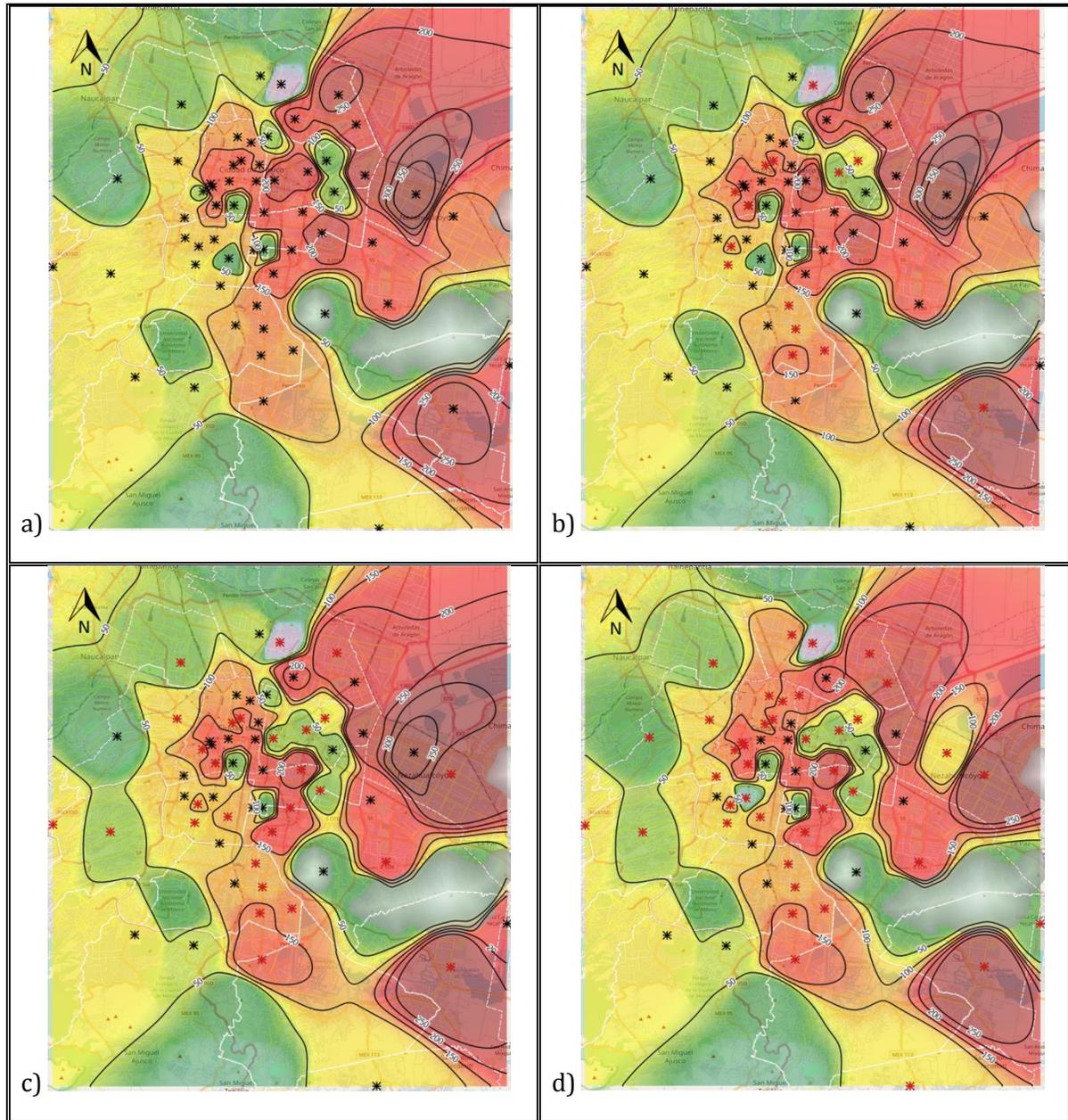


Figura 4.8 Curvas de nivel e interpolación del parámetro sísmico D durante el sismo del 14 de septiembre de 1995. (a) Con asterisco negro se observa la ubicación de las estaciones que registraron la aceleración del sismo. (b) Con asterisco rojo se muestra la ubicación del 25 % de las estaciones estimadas. (c) Con asterisco rojo se aprecia la ubicación del 50 % de las estaciones estimadas. (d) Con asterisco rojo se encuentra la ubicación del 75 % de las estaciones estimadas.

5. Conclusiones

La tesis presenta una propuesta de herramienta de visualización del comportamiento del suelo de la Ciudad de México en caso de sismo, tomando como base, las aceleraciones medidas por la RACM a lo largo de 28 años. Se propusieron modelos lineales para estimar 4 parámetros sísmicos y modelar el comportamiento de los 68 sitios de la red en caso de no contar con más de una estación por alguna índole.

Así, el contar con una herramienta que pueda estimar en segundos las intensidades esperadas en los diferentes sitios de la Ciudad de México, con un sólo registro de la RACM, se vuelve de vital importancia para el gobierno de la ciudad o instituciones de protección civil, emergencia o gestión integral de riesgos, ya que como se suscitó el 19 de septiembre de 2017, varios sistemas de comunicación tuvieron fallas y no se pudo disponer rápidamente con información de los efectos sísmicos en la ciudad, cuya información pudo ser de gran utilidad para enviar auxilio a zonas muy específicas con base en las estimaciones del modelo.

Los métodos de inferencia como el cálculo de correlación considerando las relaciones de datos de aceleraciones entre estaciones sísmicas, permitieron que los modelos lineales para el Pico de Aceleración Máxima (PGA), Pico de Aceleración Horizontal (PGH), Intensidad Instrumental (I_I) y Duración (D) presentaran errores promedio, para el PGA de 2.5 cm/s^2 , PGH de 2.7 cm/s^2 , I_I de 1.8 cm/s y D de 14 s. Que de acuerdo a los rangos de intensidad definidos por la RACM, las estimaciones que se obtendrían, generarían discrepancias de más de un rango sólo en las categorías de intensidades muy bajas como leves y muy leves, es decir, los errores no son significativos, en especial en la zona de interés para intensidades entre moderadas y severas que tendrían un sólo rango en intensidad de error, con ello el visualizador puede ser de gran ayuda y baja incertidumbre para organizaciones de emergencia y tomadores de decisiones en caso de un gran sismo.

Se consideró realizar una prueba con 40 sismos (20% del total utilizados en la Tesis) no incluidos en el modelo lineal, y se observó que la red presenta márgenes de error promedio de

PGA de 2.0 cm/s², PGH de 2.2 cm/s², I₁ de 1.9 cm/s y D de 14 s, similares a los errores del modelo lineal por lo que en casos futuros, los resultados se espera que sean muy semejantes.

Las curvas de interpolación que se presentaron serían una mejor manera de observar el comportamiento de los suelos de la ciudad a causa de los sismos, no sólo en el sitio donde está la estación acelerográfica, sino para cualquier punto de la Ciudad de México.

En el escenario hipotético de posibles estimaciones para diferentes números de estaciones, se observa que en un caso donde sólo se tenga, el 25% de registros de sitios de la RACM, los errores promedio son muy bajos: PGA de 5.9 cm/s², PGH de 6.1 cm/s², I₁ de 5.4 cm/s y D de 52 s; las imágenes de los incisos (b) de la Figura 4.5 a la Figura 4.8 muestran un gran parecido en zonas de mayores intensidades.

La precisión de la herramienta se puede afinar con más registros de sensores de otras redes acelerográficas que existen en la Ciudad de México, como los registros de las estaciones del Instituto de Ingeniería de la UNAM y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) para densificar la observación. También se debe considerar la actualización o calibración sistemática de los modelos lineales, debido a los cambios en el comportamiento dinámico de los suelos de la Ciudad de México.

Para el parámetro sísmico Duración (D), se puede mejorar la estimación de éste utilizando un filtro de paso-bandas para mejorar la calidad del registro eliminando los ruidos de altas y bajas frecuencias, como se sugiere en la ISO2631 para perfeccionar la calidad de la señal y evitar picos que puedan alterar la observación del parámetro. También se observa que sus valores de rangos propuestos generan resultados mayores de intensidad sísmica respecto a los otros parámetros por lo que una vez que se establezca un proceso de filtrado habrá que revisar si los 7 rangos requieren ser calibrados.

Recientemente se ha establecido un ambicioso programa de integrar y conectar diversas redes acelerográficas en la Ciudad de México para obtener datos en tiempo real [16]; sin embargo, esto todavía tardará un par de años en concretarse, por lo que existirá la posibilidad

que durante un sismo no se logre tener toda la información de las redes, así esta herramienta seguirá siendo de gran ayuda.

Bibliografía

- [1] ALCÁNTARA LEONARDO, QUAAS ROBERTO, PÉREZ CITLALI, JAVIER CLARA, ALONSO JOSÉ, MENA ENRIQUE, ESPINOSA J. MANUEL, LÓPEZ BERTHA, CUÉLLAR ARMANDO, CAMARILLO LUCIO, GONZÁLEZ FRANCISCO, GUEVARA ENRIQUE, RAMÍREZ MARIO, VIDAL ANTONIO, AYALA MAURICIO, RAMOS SANDRA, MACÍAS MARCO Y RUÍZ A. LAURA. *Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes CD Vol. 2 (1960 a 1999)*, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A. C., 2000.
- [2] ALGUACIL DE LA BLANCA, G. et al. *Parámetros de la fuente y del movimiento del suelo del terremoto de Lorca de 2011*, pp. 57, 2012.
- [3] ANDERSON JOHN, QUAAS ROBERTO, SINGH S. K, ESPINOSA-ARANDA J. MANUEL, JIMENEZ ALEJANDRO, LERMO JAVIER, CUENCA JULIO, SANCHEZ-SESMA. FRANCISCO, MELI ROBERTO, ORDAZ MARIO, ALCOCER SERGIO, LOPEZ BERTHA, ALCANTARA LEONARDO, MENA ENRIQUE, CLARA JAVIER. *The Copala, Guerrero, Mexico Earthquake of September 14, 1995 (M_w = 7.4): A Preliminary Report*, Seismological Research Letters, 66, No. 6, November-December, pp. 11-19, 1995.
- [4] ARIAS ARTURO. *A measure of earthquake intensity, Seismic Design for Nuclear Power Plant*, Cambridge, MA, The M.I.T. Press, pp. 438-483, 1970.
- [5] BACKMAN HUGO et al. *Vibration problems in structures*, pp. 216, 1995.
- [6] BOMMER, J. A. *Strong motion parameters: definition, usefulness, and predictability*, Memorias del 12° Congreso Mundial de Ingeniería Sísmica, 2000.
- [7] CENAPRED. *Sismos*, Serie Fascículos, pp. 19, versión electrónica, 2014.
- [8] CONACYT, NRC. *Investigación para aprender de los sismos de Septiembre 1985 en México*, Informe técnico NAS-NAE-IOM, pp. 11-12, Enero 1986.
- [9] CRUZ A. VÍCTOR M. *Los sismos una amenaza cotidiana*, Editorial Caja de Cerillos, 2013.
- [10] CUÉLLAR M. ARMANDO, RAMOS P. SANDRA. *Desarrollo de un Sistema Predictor para una Alerta Sísmica*, México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1999.
- [11] DOUBOVA A., GUILLÉN F. *Un curso de Cálculo numérico: Interpolación, Aproximación, Integración y Resolución de Problemas Diferenciales*, Secretaria de Publicaciones Universidad de Sevilla, pp. 2, 2010.

- [12] ESPINOSA-ARANDA, J. M et al. *Mexico City Seismic Alert System*, Seismological Research Letters, 66, No. 6, November-Dicembre, 1995.
- [13] LEVIN JACK, LEVIN WILLIAM. *Fundamentos de Estadística en la investigación social*, pp. 200-204, 2008.
- [14] PALOMINO M. MARISELA. *Modelo para estimar magnitudes sísmicas durante el lapso S-P de un sismo con máquinas de soporte vectorial*, México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2003.
- [15] ROSENBLUETH EMILIO et al. *Sismos y sismicidad en México. Macrosismos*, 1992.
- [16] SECTEI (2020): Secretaría De Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, Gobierno de la Ciudad de México, Ciudad de México, México. URL:
<https://sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/el-consejo-asesor-aprobo-la-conformacion-de-una-red-sismica-de-la-ciudad-de-mexico>
El Consejo Asesor aprobó la conformación de una red sísmica de la Ciudad de México. Fecha de Publicación: 02 Agosto 2019. Fecha de consulta: 2019-12-13.
- [17] SSN (2018): Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México. URL: <http://www.ssn.unam.mx>
Reporte especial: Sismos del 14 de septiembre de 2018, Cuenca de México (M 2.2 y 1.8)
Fecha de publicación: 14 de septiembre de 2018. Página 10 de 13. Fecha de consulta: 2018-09-23.
- [18] SSN (2018): Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, México. URL: <http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/preguntas/Preguntas-Frecuentes>. Fecha de consulta: 2018-06-16.
- [19] TRIFUNAC, M. D., BRADY, A. G. *On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded strong ground motion*, BSSA, Vol. 65, pp. 139-162, 1975.

Anexo A Tablas

Tabla 1. Desglose por año, número de registros y horas de grabación de los sismos registrados por la RACM

Año	Sismos	Registros	Horas
1990	4	127	2.93
1991	2	82	1.82
1992	4	42	0.69
1993	10	271	8.42
1994	7	280	10.11
1995	7	278	11.70
1996	16	390	10.14
1997	9	324	12.40
1998	14	248	8.36
1999	5	279	15.90
2000	5	167	7.76
2001	9	166	5.93
2002	12	119	4.32
2003	5	99	5.30
2004	9	231	7.97
2005	1	43	1.44
2006	2	74	2.81
2007	6	162	6.74
2008	4	119	4.09
2009	5	177	8.35
2010	3	87	4.53
2011	4	175	10.25
2012	10	427	26.67
2013	11	393	20.99
2014	12	281	21.28
2015	4	132	6.21
2016	7	141	8.52
2017	8	250	22.76
2018	7	225	20.88
Total	202	5789	279.27

Tabla 2. Sismos registrados por la RACM durante el periodo 1990-2018

Lista del acervo histórico de los sismos registrados por la RACM con los datos del sismo obtenidos del Servicio Sismológico Nacional [17], así como la distancia calculada a partir del epicentro a la estación AL01. Los sismos marcados con asterisco (*) se descartaron del estudio por ser sismos locales, que no eran del alcance del trabajo.

Nº	Fecha	Hora GMT	Magnitud SSN	Magnitud Mw	Distancia a la CDMX	Total de Estaciones
1*	05/10/2018	14:59:27	2.4	---	7	1
2*	14/09/2018	16:07:57	2.2	---	6	14
3	22/08/2018	18:03:09	5.3	5.3	311	10
4	19/07/2018	21:36:00	5.9	5.9	223	36
5	21/05/2018	02:15:19	5.1	5.2	253	37
6	16/05/2018	14:20:29	5.2	5	197	19
7	20/03/2018	17:46:53	5.3	5.2	377	7
8	19/02/2018	06:56:57	6	5.9	367	56
9	16/02/2018	23:39:38	7.2	7.2	356	60
10*	13/02/2018	21:39:36	2.5	---	6	14
11	25/12/2017	20:23:10	5	4.8	281	11
12	23/09/2017	12:52:59	6.1	6	561	50
13	19/09/2017	18:14:40	7.1	7.1	118	61
14	08/09/2017	04:49:18	8.2	8.2	734	62
15	18/08/2017	05:15:11	5.3	5.4	310	24
16	13/02/2017	07:29:31	5	5	262	16
17	02/02/2017	00:52:09	5	5	332	12
18	12/01/2017	10:26:57	5	5	306	14
19	02/12/2016	13:57:55	4.9	5	326	12
20	23/09/2016	07:54:50	4.8	5	285	12
21	22/09/2016	18:08:59	5	---	170	13
22	19/07/2016	13:42:46	5.1	5.1	220	14
23	27/06/2016	20:50:33	5.7	5.6	378	30
24	08/05/2016	07:33:59	6	5.9	374	51
25	10/04/2016	07:11:21	5.4	5.5	497	9
26	23/11/2015	20:41:20	5.8	5.6	285	50
27	30/09/2015	17:25:55	5.5	5.4	307	28
28	28/04/2015	18:56:53	5.5	5.5	497	4

N°	Fecha	Hora GMT	Magnitud SSN	Magnitud Mw	Distancia a la CDMX	Total de Estaciones
29	20/03/2015	22:30:08	5.4	5.4	170	50
30*	01/12/2014	08:50:07	3.4	---	8	5
31	13/08/2014	06:48:11	5.4	5.4	375	20
32	11/08/2014	01:09:42	5.2	4.8	353	3
33	29/07/2014	10:46:14	6.4	6.4	419	12
34	23/07/2014	00:28:14	5.2	5.1	339	7
35	07/07/2014	11:23:58	6.9	6.9	866	10
36	24/05/2014	08:24:45	5.7	5.7	368	15
37	21/05/2014	10:06:15	5.8	5.8	500	7
38	20/05/2014	01:39:14	5	5.1	189	9
39	10/05/2014	07:36:01	6.1	6.1	321	57
40	08/05/2014	17:00:16	6.4	6.5	320	66
41	18/04/2014	14:27:23	7.2	7.3	336	65
42	10/03/2014	00:37:57	5.8	5.8	408	10
43	21/08/2013	12:38:30	6	6.2	297	59
44	21/08/2013	13:02:18	5	5.3	305	22
45	16/08/2013	15:32:59	5.1	5.3	324	35
46	13/08/2013	16:50:42	5	---	324	17
47	16/06/2013	05:19:03	5.8	5.9	155	68
48	22/04/2013	01:16:34	5.8	6.1	373	62
49	12/04/2013	03:45:09	5.2	5.3	323	27
50	05/04/2013	01:58:48	5.3	5.5	320	43
51	26/03/2013	13:04:45	5.4	5.4	409	31
52	26/03/2013	13:12:17	5	5.2	394	12
53	20/02/2013	21:23:11	5.6	5.6	524	17
54	15/11/2012	09:20:22	6.1	6.1	202	54
55	07/11/2012	16:35:51	7.3	7.4	931	39
56	29/09/2012	07:11:10	5.5	5.3	394	25
57	22/09/2012	12:29:57	5.4	5.5	363	22
58	24/07/2012	05:25:28	5	5.1	362	14
59	01/05/2012	16:37:59	5.6	5.7	247	46
60	13/04/2012	10:10:03	5.2	5.3	372	37
61	11/04/2012	22:55:10	6.4	6.7	455	60
62	02/04/2012	17:36:42	6	6.1	355	65
63	20/03/2012	18:02:47	7.4	7.5	356	65
64	11/12/2011	01:47:25	6.5	6.5	201	60
65	05/05/2011	13:24:07	5.5	5.7	312	51

N°	Fecha	Hora GMT	Magnitud SSN	Magnitud Mw	Distancia a la CDMX	Total de Estaciones
66	26/04/2011	11:07:28	5.5	5.4	292	30
67	07/04/2011	13:11:22	6.7	6.7	578	34
68	30/06/2010	07:22:27	6	6.3	359	62
69	20/04/2010	02:28:57	5	5	364	4
70	09/02/2010	00:47:40	5.8	5.7	448	21
71	15/08/2009	13:22:45	5.4	5.5	221	19
72	22/05/2009	19:24:18	5.7	5.6	158	63
73	27/04/2009	16:46:27	5.7	5.8	285	58
74	27/03/2009	08:48:16	5.3	5.3	291	23
75	31/01/2009	13:24:58	5.3	5.1	364	14
76	20/10/2008	05:00:52	5.1	5.2	394	10
77	23/09/2008	22:46:15	5.2	5	348	10
78	28/04/2008	00:06:29	5.6	5.8	183	65
79	12/02/2008	12:50:18	6.6	6.5	598	34
80	26/11/2007	21:56:16	5.6	5.8	275	4
81	06/11/2007	06:35:42	5.6	5.4	281	15
82	28/04/2007	13:56:35	5	5.1	285	8
83	19/04/2007	10:02:09	5.2	5.2	339	6
84	13/04/2007	05:42:22	6.3	6	297	72
85	13/04/2007	08:43:50	5.4	5.3	271	57
86	11/08/2006	14:30:41	5.9	6	256	56
87	20/02/2006	10:54:23	5	5.2	220	18
88	14/08/2005	02:51:56	5.8	5.4	408	43
89	15/11/2004	02:38:39	5.1	5.3	382	14
90	28/10/2004	20:30:02	4.6	---	137	27
91*	13/09/2004	20:58:34	3.1	---	3	10
92	18/08/2004	09:03:10	5.7	5.8	546	7
93	07/08/2004	11:49:12	5.9	5.9	470	2
94	14/06/2004	22:54:23	5.8	5.9	361	61
95	06/02/2004	19:11:35	5	5.1	413	3
96	13/01/2004	21:28:58	5.5	5.4	435	19
97	01/01/2004	23:31:49	5	6	342	65
98	01/01/2004	23:57:56	4.9	5.6	395	33
99*	26/11/2003	05:04:26	3.6	---	28	1
100	19/11/2003	13:50:28	4.8	5.2	179	12
101	16/11/2003	03:17:08	4	---	25	5
102	27/03/2003	07:44:23	4.8	5.2	319	4

N°	Fecha	Hora GMT	Magnitud SSN	Magnitud Mw	Distancia a la CDMX	Total de Estaciones
103	22/01/2003	02:06:34	6.5	7.5	551	69
104	10/01/2003	02:08:02	4.9	5.2	299	9
105	10/12/2002	03:09:35	5.1	5.4	317	11
106	08/11/2002	23:20:42	5	5.2	3940	1
107	04/11/2002	10:00:45	4.9	---	352	2
108	27/09/2002	07:04:58	4.9	5.1	295	23
109	25/09/2002	18:14:48	5.3	5.3	303	13
110	30/08/2002	21:11:43	5	5.2	355	2
111	19/06/2002	21:50:08	5.5	5.3	370	3
112	07/06/2002	17:00:52	4.8	5.5	452	2
113*	09/05/2002	14:25:43	3.7	---	10	1
114	18/04/2002	05:02:45	6.3	6.7	366	33
115	18/04/2002	17:57:19	5.9	5.9	420	6
116*	01/02/2002	19:29:11	2.6	---	12	2
117	30/01/2002	08:42:04	5.5	5.9	367	2
118	16/01/2002	23:09:55	6	6.4	734	21
119	23/11/2001	06:41:37	4.9	---	294	8
120*	15/11/2001	22:18:22	3.5	---	16	4
121	10/11/2001	17:09:13	5.1	5.4	397	24
122	29/10/2001	05:23:12	5.1	5	291	16
123	08/10/2001	03:39:19	5.5	5.8	298	61
124*	14/09/2001	17:13:15	2.9	---	15	1
125	20/05/2001	04:21:37	6.5	6.3	638	2
126	06/03/2001	21:57:56	5.1	---	273	15
127	05/03/2001	10:17:36	4.9	---	273	13
128	26/01/2001	14:19:39	4.8	---	378	2
129	13/01/2001	17:33:46	7.6	7.7	1197	25
130	01/12/2000	14:07:45	5.3	5.4	397	8
131	09/08/2000	11:41:47	6.1	6.5	412	71
132	21/07/2000	06:13:39	5.4	5.8	149	75
133	18/03/2000	00:50:58	4.7	---	256	5
134	12/03/2000	22:21:32	5.4	6.3	847	8
135	29/12/1999	05:19:46	5.1	5.9	317	54
136	14/12/1999	07:12:16	4.5	---	174	4
137	30/09/1999	16:31:14	5.2	7.4	441	74
138	21/06/1999	17:43:05	5.8	6.3	323	71
139	15/06/1999	20:42:07	6.4	6.9	214	76

N°	Fecha	Hora GMT	Magnitud SSN	Magnitud Mw	Distancia a la CDMX	Total de Estaciones
140	09/08/1998	16:18:06	4.5	---	302	3
141	17/07/1998	11:18:04	4.6	---	292	28
142	12/07/1998	08:11:27	4.8	5.5	318	12
143	11/07/1998	05:21:12	4.9	5.4	348	11
144	05/07/1998	19:55:07	4.9	5.3	302	11
145	07/06/1998	23:20:16	5.2	6.2	669	10
146	16/05/1998	17:41:52	5.1	5.2	334	11
147	09/05/1998	17:03:13	4.8	5.2	332	13
148	20/04/1998	22:59:17	5	5.9	255	63
149	18/03/1998	11:56:04	4.3	---	76	3
150	11/03/1998	14:13:12	4.2	---	29	2
151	05/03/1998	04:12:55	4.9	5.2	381	11
152	03/02/1998	03:02:01	6.4	6.3	503	56
153	10/01/1998	08:20:10	6.3	6.6	963	14
154	22/12/1997	05:22:07	4.6	---	343	45
155	16/12/1997	11:44:02	4.4	5.9	386	45
156	19/07/1997	07:34:37	4.9	---	282	8
157	19/07/1997	14:22:04	5.3	6.7	402	42
158	22/05/1997	07:50:55	5.9	6.5	311	59
159	08/05/1997	15:58:29	4.8	---	270	19
160	03/04/1997	21:22:31	4.8	5.2	182	10
161	21/01/1997	21:19:58	5.1	5.5	348	35
162	11/01/1997	20:28:27	6.5	7.1	452	61
163	19/07/1996	09:00:55	4.8	---	25	3
164	18/07/1996	08:16:46	5.1	5.4	302	28
165	16/07/1996	11:39:54	4.7	---	315	2
166	15/07/1996	21:23:38	6	6.6	312	68
167	23/04/1996	06:53:35	5.3	5.5	366	36
168	27/03/1996	12:34:48	4.6	5.5	369	54
169	19/03/1996	17:12:39	5.6	5.8	468	15
170	13/03/1996	21:04:19	5.1	5.1	322	23
171	26/02/1996	01:37:32	5.2	5.5	425	8
172	25/02/1996	03:08:13	5.1	7.1	407	60
173	25/02/1996	04:17:04	4.8	---	455	9
174	25/02/1996	09:17:57	5.4	5.9	410	30
175	25/02/1996	14:27:24	5.2	---	453	46
176	25/02/1996	14:44:06	5	---	450	4

N°	Fecha	Hora GMT	Magnitud SSN	Magnitud Mw	Distancia a la CDMX	Total de Estaciones
177	25/02/1996	15:02:31	4.5	---	402	2
178	08/01/1996	09:20:12	4.9	---	425	2
179	20/12/1995	21:52:27	5	5.3	237	4
180	30/10/1995	14:47:56	5.3	5.6	348	35
181	21/10/1995	02:38:59	6.5	7.2	647	44
182	12/10/1995	16:53:04	6.1	5.9	479	38
183	09/10/1995	15:35:51	7.5	8	585	70
184	14/09/1995	14:04:30	7.3	7.3	346	64
185	27/04/1995	06:42:24	4.9	5.2	315	23
186	13/12/1994	08:23:46	5.1	5.5	393	16
187	10/12/1994	16:46:46	6.3	6.4	306	69
188	29/10/1994	16:44:04	5.1	---	283	16
189	04/07/1994	21:36:43	5.9	6.4	547	30
190	23/05/1994	01:41:46	5.6	6.2	222	67
191	14/03/1994	20:51:32	6.5	6.8	773	50
192	23/02/1994	14:13:51	5	5.8	257	32
193	24/10/1993	07:52:18	6.5	6.6	320	61
194	10/09/1993	10:50:23	4.8	---	318	21
195	10/09/1993	19:12:54	6.3	7.2	885	20
196	03/09/1993	12:35:00	6.5	6.7	908	17
197	05/08/1993	01:20:48	5.1	5.2	277	5
198	29/07/1993	20:17:01	5	---	276	17
199	15/05/1993	03:09:39	5.8	---	327	48
200	15/05/1993	03:11:56	6	6	329	48
201	31/03/1993	10:18:15	5.3	5.5	312	31
202	11/03/1993	20:43:59	5.1	---	295	3
203	16/10/1992	17:28:17	4.3	---	321	1
204	07/06/1992	17:41:10	4.7	5.2	354	5
205	31/03/1992	20:56:33	4.7	5.4	334	21
206	12/02/1992	11:56:58	4.4	5.2	276	15
207*	18/08/1991	13:18:12	3.8	---	13	6
208	01/04/1991	07:34:45	5.3	5.8	384	50
209	14/01/1991	21:11:06	5.1	5.5	336	32
210	31/05/1990	07:35:26	5.5	5.8	322	67
211	19/05/1990	13:37:34	5.1	---	340	2
212	11/05/1990	23:43:49	5.3	5.5	325	56
213	13/01/1990	02:07:27	5	5.3	291	2

Tabla 3. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico PGA

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
AE02 (Lago)	HA41	Lago	2.49	5	0.9809	0.53	0.13	0.92	0.99
	NZ31	Lago	3.93	51	0.9887	1.79	2.08	1.01	0.54
	ES57	Transición	13.41	39	0.9790	2.88	2.86	1.37	1.06
	JC54	Lago	14.34	54	0.9409	4.22	4.37	0.56	4.38
	CA59	Lago	6.6	52	0.9472	3.56	4.63	1.19	-0.59
	FJ74	Lomas	21.55	24	0.9392	5.61	5.52	1.17	4.51
	AL01 (Lago)	TL55	Lago	1.91	72	0.9949	1.09	1.09	1.38
TE07		Lomas	8.45	16	0.9751	1.33	1.16	4.69	-1.35
CI05		Lago	2.83	89	0.9919	1.12	1.39	0.97	-0.17
GA62		Lago	0.65	46	0.9904	1.49	2.04	1.13	-0.54
AU46		Transición	6.05	43	0.9842	2.36	2.31	1.23	2.06
VM29		Lago	6.13	92	0.9707	1.82	2.79	1.06	-0.46
AO24 (Transición)		JC54	Lago	5.56	56	0.9904	1.37	1.84	0.55
	AU46	Transición	3.07	40	0.9917	1.63	1.85	1.22	-0.86
	DX37	Transición	2.92	51	0.9895	1.60	1.92	0.65	1.75
	FJ74	Lomas	8.74	23	0.9846	2.99	2.87	1.25	0.66
	CO47	Transición	2.29	39	0.9799	2.26	3.07	1.23	1.18
	SI53	Lago	1.92	47	0.9798	1.75	3.12	0.67	1.44
	AP68 (Lago)	JA43	Lago	3.25	36	0.9926	1.90	1.92	1.24
BL45		Lago	6.51	31	0.9925	1.81	2.28	1.16	-0.45
AU46		Transición	6.75	27	0.9813	3.61	3.15	1.39	2.43
VM29		Lago	2.04	36	0.9715	4.21	3.20	1.35	-4.75
SP51		Lago	2.09	37	0.9763	3.39	3.36	1.25	-1.37
FJ74		Lomas	14.24	22	0.9622	5.28	4.85	1.31	2.71

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
AR14 (Lago)	HA41	Lago	6.57	6	0.9877	0.72	0.43	1.19	-2.13
	CE23	Lago	2.37	31	0.9329	2.74	2.97	1.14	1.95
	CA59	Lago	7.42	33	0.9353	2.20	3.25	1	-0.68
	CT64	Lomas	4.21	14	0.8497	4.90	3.56	8.33	1
	MY19	Lago	14.59	35	0.8855	2.92	4.13	0.77	1.62
	DX37	Transición	17.3	30	0.8569	3.87	4.35	1	1.29
	AU11 (Lago)	AL01	Lago	7.89	56	0.9873	1.32	1.64	0.78
VM29		Lago	4.37	68	0.9757	1.77	2.14	0.85	-1.07
SP51		Lago	4.47	68	0.9713	1.88	2.35	0.83	-0.13
GR27		Transición	13.41	57	0.9634	2.19	2.85	0.75	0.71
PD42		Lago	2.01	27	0.9675	2.68	3.34	0.92	0.01
UI21		Lomas	19.64	52	0.9272	3.46	3.90	1.1	1.28
AU46 (Transición)		A024	Transición	3.07	40	0.9917	1.34	1.48	0.8
	JC54	Lago	8.64	49	0.9863	1.65	1.69	0.44	1.93
	CE18	Lomas	10.24	20	0.9796	3.37	2.04	1.26	5
	CO47	Transición	1.26	35	0.9847	1.94	2.05	1	1.97
	EO30	Transición	1.15	28	0.9823	2.43	2.21	1.12	0.83
	DR16	Transición	12.42	46	0.9796	1.62	2.44	1.15	-0.69
	BA49 (Lago)	NZ31	Lago	13.25	75	0.9805	1.93	2.46	1.04
VM29		Lago	3.7	87	0.9609	2.03	3.62	1.14	-0.35
CJ03		Lago	1.29	80	0.9463	3.01	4.02	1.05	1.34
CJ04		Lago	1.28	61	0.9439	3.57	4.41	0.95	1.86
A024		Transición	5.52	51	0.9369	4.49	4.54	1	4.2
FJ74		Lomas	13.65	26	0.9042	7.50	5.42	1.09	6.57
BL45 (Lago)		CJ03	Lago	1.89	84	0.9884	1.23	1.87	1.03
	AP68	Lago	6.51	31	0.9925	1.54	1.95	0.85	0.6
	VM29	Lago	5.28	93	0.9721	1.95	2.68	1.05	-0.98
	LI58	Lago	0.97	57	0.9809	1.92	2.71	1.12	-0.8
	AU46	Transición	4.94	43	0.9744	3.15	2.89	1.23	2.05
	FJ74	Lomas	14.91	24	0.9611	5.10	3.62	1.19	4.1

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
B039 (Lago)	CA59	Lago	4.41	70	0.9749	1.76	2.84	1.1	0.14
	RI76	Lago	1.96	31	0.9659	3.24	3.85	1.32	1.19
	CI05	Lago	8.28	90	0.9329	2.81	4.04	0.84	0.62
	VG09	Lago	2.29	82	0.9148	2.90	4.69	0.83	1.27
	GR27	Transición	8.31	73	0.8866	4.31	5.15	0.82	2.08
	FJ74	Lomas	20.95	24	0.8626	7.73	5.37	0.87	7.69
	CA20 (Transición)	HA41	Lago	9.29	4	0.9934	0.19	0.14	0.35
TE07		Lomas	8.15	12	0.9726	1.38	1.01	4.25	-1.37
AU46		Transición	1.23	31	0.9655	1.60	1.53	1.14	1.03
DR16		Transición	12.16	37	0.9391	1.79	1.80	1	1.45
DX37		Transición	6.02	53	0.9440	1.45	2.08	1	0
CO47		Transición	2.2	34	0.9248	2.34	2.15	1.16	2.19
CA59 (Lago)		RM48	Lago	1.5	45	0.9793	2.02	2.28	1.19
	VM29	Lago	4.76	82	0.9721	1.66	2.45	0.89	-0.29
	HJ72	Lago	1.3	58	0.9718	1.91	2.70	0.88	0.12
	BA49	Lago	3.39	78	0.9373	2.08	3.73	0.73	0.71
	GR27	Transición	8.48	68	0.9193	3.36	3.95	0.75	1.86
	UI21	Lomas	17.09	63	0.8832	4.27	4.71	1.1	2.36
	CE18 (Lomas)	CO47	Transición	9.98	22	0.9904	1.47	1.42	0.77
CP28		Lomas	10.36	21	0.9859	1.53	1.99	0.54	0.56
CS78		Lomas	15.8	16	0.9849	1.92	2.18	0.82	-0.63
SI53		Lago	7.93	17	0.9824	2.12	2.22	0.41	-0.7
TP13		Lomas	10.71	21	0.9568	3.00	3.20	1	-2.58
GC38		Lago	3.41	21	0.9058	4.25	4.76	0.51	-2.92
CE23 (Lago)		AU11	Lago	7.76	51	0.9727	1.34	1.75	0.68
	AR14	Lago	2.37	31	0.9329	2.14	2.52	0.76	-0.37
	MY19	Lago	12.37	60	0.9228	2.33	3.12	0.53	0.96
	CA59	Lago	7.06	56	0.9213	1.83	3.59	0.69	-0.17
	AO24	Transición	14.71	46	0.8753	3.49	4.17	0.55	2.36
	FJ74	Lomas	23.45	23	0.8562	4.61	4.27	0.55	3.56

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CE32 (Lago)	MY19	Lago	4.32	40	0.9885	1.50	1.53	0.67	0.27
	AU11	Lago	3.71	40	0.9745	2.02	2.34	0.9	-0.77
	ES57	Transición	13.72	36	0.9588	2.85	3.07	0.97	0.61
	SP51	Lago	7.48	42	0.9530	2.69	3.24	0.76	-0.85
	DM12	Lago	6.68	42	0.9455	2.72	3.64	0.77	-0.83
	FJ74	Lomas	19.46	26	0.9464	3.44	3.72	0.83	2.49
	CH84 (Lago)	SI53	Lago	5.38	51	0.9930	2.39	2.87	1.25
IB22		Lago	1.64	51	0.9897	3.05	3.34	1.36	-2.78
JC54		Lago	1.8	60	0.9888	2.87	3.34	1	-0.57
DX37		Transición	2.05	57	0.9903	2.32	3.51	1.19	0.18
CE18		Lomas	4.59	22	0.9764	6.61	7.00	2.95	1.9
SP51		Lago	3.81	62	0.9054	7.10	10.15	1.69	-5.31
CI05 (Lago)		AL01	Lago	2.83	89	0.9919	1.16	1.41	1.01
	CJ03	Lago	1.33	113	0.9859	1.25	1.96	1.09	0.65
	CO56	Lago	0.76	69	0.9829	1.67	2.59	1.02	-0.08
	VM29	Lago	5.9	126	0.9720	1.65	2.65	1.1	-0.25
	ES57	Transición	2.22	50	0.9789	2.72	2.65	1.39	1.82
	MT50	Lomas	2.81	45	0.9447	4.20	4.75	1.88	1.68
	CJ03 (Lago)	AL01	Lago	2.99	81	0.9922	1.03	1.40	0.94
CI05		Lago	1.33	113	0.9859	1.08	1.82	0.9	-0.4
CJ04		Lago	0.02	74	0.9871	0.72	2.28	0.91	0.25
AO24		Transición	5.44	51	0.9766	2.60	2.57	0.96	2.44
VM29		Lago	4.58	115	0.9641	1.69	2.87	0.99	-0.72
FJ74		Lomas	13.02	25	0.9633	4.40	3.88	1.15	3.39
CJ04 (Lago)		HA41	Lago	8.63	14	0.9906	0.40	0.47	1.02
	CJ03	Lago	0.02	74	0.9871	0.80	2.47	1.07	0
	AO24	Transición	5.45	47	0.9823	2.49	2.56	1.05	2.12
	CI05	Lago	1.33	76	0.9676	1.98	3.54	0.96	-0.57
	FJ74	Lomas	13.03	26	0.9674	4.56	3.91	1.28	2.59
	VM29	Lago	4.58	77	0.9407	2.80	4.63	1.06	-1.12

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
C047 (Transición)	PA34	Lomas	22.26	26	0.9920	1.62	1.57	1.08	-0.15
	JC54	Lago	7.75	49	0.9843	1.63	1.82	0.43	0.63
	EO30	Transición	1.95	29	0.9869	1.97	1.88	1.11	-1.18
	AU46	Transición	1.26	35	0.9847	1.93	1.98	0.97	-1.6
	AO24	Transición	2.29	39	0.9799	1.76	2.46	0.78	-0.55
	GR27	Transición	10.9	48	0.9684	2.27	2.65	0.74	-1.54
	C056 (Lago)	HA41	Lago	8.85	7	0.9909	0.86	0.53	1.53
EX12		Lago	0.26	57	0.9563	1.72	2.42	1.02	0.62
CI05		Lago	0.76	69	0.9829	1.71	2.42	0.95	0.47
VM29		Lago	5.63	71	0.9728	2.09	3.07	1.08	-0.36
AO24		Transición	6.69	51	0.9591	3.82	3.29	0.99	4.34
FJ74		Lomas	14.03	26	0.9386	5.88	4.57	1.13	6.38
CP28 (Lomas)		CO47	Transición	11.83	41	0.9890	1.93	2.37	1.4
	SI53	Lago	9.71	42	0.9849	2.31	2.67	0.73	-0.65
	CE18	Lomas	10.36	21	0.9859	2.90	3.52	1.79	-0.55
	MT50	Lomas	11.75	38	0.9653	3.49	4.30	2.15	-4.95
	TP13	Lomas	18.09	47	0.9533	3.31	4.88	1.77	-3.07
	DM12	Lago	1.56	43	0.7940	7.43	9.81	0.95	-3.53
	CS78 (Lomas)	IM40	Lomas	3.48	12	0.9725	1.22	0.82	1.31
CO47		Transición	6.18	26	0.9856	1.86	2.12	0.92	0.04
CE18		Lomas	15.8	16	0.9849	2.21	2.71	1.19	1.19
JC54		Lago	12.21	32	0.9748	2.04	2.76	0.4	0.92
UI21		Lomas	4.21	26	0.9714	2.40	3.17	1.06	-1.49
TP13		Lomas	9.83	29	0.9630	2.40	3.60	1.2	-1.09
CT64 (Lomas)		CU80	Lago	20.38	14	0.9529	0.29	0.18	0.07
	IM40	Lomas	18.11	9	0.8623	0.61	0.25	0.25	0.62
	CP28	Lomas	6.11	16	0.8785	0.52	0.25	0.17	0.75
	CA20	Transición	11.56	11	0.9384	0.32	0.25	0.12	0.42
	LV17	Lago	1.62	17	0.9071	0.45	0.28	0.11	0.2
	CE18	Lomas	15.84	15	0.7691	0.68	0.49	0.23	1.06

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CU80 (Lago)	NZ31	Lago	15.56	40	0.9914	2.33	2.88	1.45	0.8
	CO56	Lago	14.72	47	0.9857	3.21	3.17	1.43	-1.34
	AO24	Transición	8.71	33	0.9765	5.13	4.02	1.43	4.91
	SP51	Lago	7.72	44	0.9778	3.77	4.30	1.55	-0.89
	GC38	Lago	2.35	35	0.9755	4.10	4.97	1.28	1.13
	FJ74	Lomas	11.71	17	0.9545	8.88	6.63	1.68	5.01
	DM12 (Lago)	AR14	Lago	5.67	32	0.9825	1.51	1.93	1.16
TL08		Lago	4.55	58	0.9514	2.49	4.11	1.17	0.22
ES57		Transición	9.45	46	0.8935	4.96	5.66	1.11	2.94
JC54		Lago	12.87	60	0.8538	5.38	5.95	0.45	5.04
FJ74		Lomas	18.68	27	0.8667	6.71	6.00	0.89	5.78
CP28		Lomas	1.56	43	0.7940	7.67	6.87	0.66	7.82
DR16 (Transición)		VG09	Lago	8.25	59	0.9786	1.53	1.64	0.63
	GR27	Transición	2.73	60	0.9826	1.21	1.68	0.65	0.5
	MT50	Lomas	7.93	44	0.9781	1.59	2.03	1.24	0.25
	AU46	Transición	12.42	46	0.9796	1.42	2.04	0.83	0.93
	ME52	Transición	6.53	40	0.9601	2.20	2.78	1.02	0.44
	DX37	Transición	18.18	58	0.9388	2.63	2.89	0.43	2.8
	DX37 (Transición)	JC54	Lago	2.73	70	0.9921	1.64	2.38	0.83
CH84		Lago	2.05	57	0.9903	1.95	2.90	0.82	0.09
AO24		Transición	2.92	51	0.9895	2.34	2.99	1.51	-2.36
CP28		Lomas	12.97	43	0.9788	3.77	4.39	1.36	0.82
AU46		Transición	5.98	44	0.9773	3.77	4.64	1.84	-3.53
GR27		Transición	15.47	81	0.9581	3.33	5.23	1.38	-2.61
EO30 (Transición)		UI21	Lomas	9.77	28	0.9978	0.77	0.67	1.03
	CO47	Transición	1.95	29	0.9869	1.76	1.65	0.88	1.34
	AU46	Transición	1.15	28	0.9823	2.10	1.96	0.86	-0.3
	DR16	Transición	11.78	30	0.9762	2.44	2.13	1.03	-1.68
	JC54	Lago	9.65	32	0.9747	2.12	2.45	0.38	2.04
	ES57	Transición	1.39	28	0.9552	2.75	3.57	0.91	-0.66

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ES57 (Transición)	ME52	Transición	3.87	38	0.9900	1.47	1.40	1.15	-0.81
	UC44	Lago	3.61	34	0.9888	1.63	1.55	0.65	-0.48
	GR27	Transición	7.67	50	0.9765	1.68	2.26	0.71	0.37
	AU46	Transición	2.2	39	0.9802	1.60	2.38	0.91	0.92
	UI21	Lomas	10.1	46	0.9548	2.35	3.28	1.06	0.61
	E030	Transición	1.39	28	0.9552	2.80	3.82	1	1.85
	EX12 (Lago)	CJ04	Lago	1.5	62	0.9888	0.93	1.05	1.09
TE07		Lomas	6.77	19	0.9689	1.15	1.32	4.58	-1.06
CI05		Lago	0.77	67	0.9777	1.29	1.43	0.92	0.28
CO56		Lago	0.26	57	0.9563	1.68	2.21	0.89	0.3
AO24		Transición	6.92	45	0.9494	2.12	2.24	1.22	1.34
VM29		Lago	5.89	69	0.9306	2.04	2.62	0.88	0.73
FJ74 (Lomas)		IM40	Lomas	4.66	17	0.9384	1.30	1.41	1.15
	PA34	Lomas	20.44	19	0.9911	1.87	1.92	1.07	0.56
	TP13	Lomas	4.37	27	0.9844	2.21	2.20	1.33	-2.31
	AO24	Transición	8.74	23	0.9846	2.23	2.39	0.78	-0.16
	MI15	Lago	9.46	29	0.9749	2.84	2.56	0.45	0.84
	CP28	Lomas	20.17	26	0.9722	2.11	3.59	0.69	2.12
	GA62 (Lago)	TL08	Lago	1.4	52	0.9963	0.85	1.00	1.17
CI05		Lago	3.47	54	0.9910	1.36	1.48	0.86	-0.06
TE07		Lomas	9.06	17	0.9608	1.44	1.56	4.61	-1.62
AL01		Lago	0.65	46	0.9904	1.36	1.75	0.87	0.69
TL55		Lago	1.61	53	0.9885	1.24	1.92	1.21	-0.01
ME52		Transición	4.61	35	0.9715	3.04	2.75	1.38	1.72
GC38 (Lago)		XO36	Lago	4.74	51	0.9848	1.85	2.84	0.72
	FJ74	Lomas	11.59	28	0.9720	4.30	3.23	1.28	2.84
	CU80	Lago	2.35	35	0.9755	2.90	3.98	0.74	-0.04
	JC54	Lago	2.37	55	0.9525	3.64	4.44	0.6	3.79
	SP51	Lago	5.39	56	0.9582	3.00	4.45	1.12	-0.76
	AO24	Transición	6.87	45	0.9644	2.95	4.50	1.09	2.64

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
GR27 (Transición)	UI21	Lomas	14.4	72	0.9812	1.70	2.50	1.5	0.17
	LI33	Lago	29.66	70	0.9790	2.02	2.53	0.86	0.72
	DR16	Transición	2.73	60	0.9826	1.80	2.55	1.48	-0.37
	AU46	Transición	9.69	45	0.9810	2.27	2.86	1.24	0.83
	ES57	Transición	7.67	50	0.9765	2.30	3.10	1.34	0.07
	DX37	Transición	15.47	81	0.9581	2.51	3.49	0.66	2.43
	HA41 (Lago)	LI58	Lago	8.65	11	0.9920	0.47	0.26	0.9
CA20		Transición	9.29	4	0.9934	0.52	0.41	2.79	-3.31
NZ31		Lago	5.93	17	0.9854	0.58	0.46	1.13	-0.5
MI15		Lago	15.07	17	0.8474	1.31	1.89	0.67	1.16
TE07		Lomas	15.77	10	0.8173	1.93	2.17	3.67	0.29
CP28		Lomas	2.2	8	0.4099	3.33	2.50	1.01	4.38
HJ72 (Lago)		VM29	Lago	4.65	61	0.9827	1.66	2.28	0.99
	TL55	Lago	3.29	61	0.9675	2.12	3.16	1.22	0.57
	XP06	Lago	0.8	36	0.9630	3.20	3.63	0.91	1.29
	ES57	Transición	5.76	45	0.9494	3.56	3.79	1.15	2.5
	JC54	Lago	11.77	62	0.8970	4.59	4.84	0.47	4.89
	UI21	Lomas	15.84	51	0.8886	4.84	5.55	1.2	3.23
	IB22 (Lago)	SI53	Lago	3.78	45	0.9918	2.10	2.28	0.91
CH84		Lago	1.64	51	0.9897	2.27	2.39	0.72	2.29
JC54		Lago	3.37	53	0.9851	2.75	2.77	0.73	1.75
DX37		Transición	2.06	48	0.9852	2.80	2.95	0.86	2.59
FJ74		Lomas	10.07	26	0.9721	5.29	4.62	1.62	0.08
SP51		Lago	2.47	52	0.9340	4.74	6.65	1.3	-3.18
IM40 (Lomas)		AU46	Transición	5.74	17	0.9697	0.77	0.65	0.5
	CS78	Lomas	3.48	12	0.9725	0.89	0.65	0.72	1.45
	CH84	Lago	8.66	20	0.9576	1.03	0.76	0.41	0.33
	CE18	Lomas	13.04	10	0.9614	1.13	0.79	0.82	2.49
	TP13	Lomas	6.4	19	0.9673	0.81	0.82	0.88	-0.17
	FJ74	Lomas	4.66	17	0.9384	1.01	1.20	0.77	0.59

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
JA43 (Lago)	AP68	Lago	3.25	36	0.9926	1.53	1.52	0.79	0.86
	CT64	Lomas	8.73	17	0.9420	2.89	2.05	7.95	0.63
	XP06	Lago	1.9	38	0.9847	2.23	2.21	0.96	-0.66
	VM29	Lago	2.54	58	0.9776	2.39	2.29	1	-1.78
	SP51	Lago	4.22	59	0.9781	2.17	2.41	0.96	-0.27
	AU46	Transición	5.28	40	0.9626	3.76	3.09	1.12	2.25
JC54 (Lago)	DX37	Transición	2.73	70	0.9921	1.98	2.81	1.18	0.63
	SI53	Lago	6.94	63	0.9927	1.83	2.92	1.23	0.43
	CH84	Lago	1.8	60	0.9888	2.83	3.29	0.97	0.9
	CP28	Lomas	14.01	47	0.9823	4.15	4.32	1.61	1.71
	SP51	Lago	5.6	75	0.9167	5.68	8.93	1.66	-4.22
	VM29	Lago	7.15	75	0.8909	6.91	9.86	1.67	-5.49
LI33 (Lago)	AL01	Lago	24.2	63	0.9911	1.81	1.61	1.14	-1.34
	NZ31	Lago	13.42	76	0.9846	1.75	2.47	1.15	-0.42
	GR27	Transición	29.66	70	0.9790	2.33	2.85	1.11	-0.38
	TH35	Lago	5	56	0.9779	2.40	3.36	0.67	0.81
	VM29	Lago	19.49	79	0.9583	3.06	3.82	1.22	-2.19
	CP28	Lomas	19.21	43	0.9443	5.34	4.66	1	4.55
LI58 (Lago)	EX12	Lago	0.46	56	0.9871	0.91	1.11	0.92	0.06
	GA62	Lago	2.25	47	0.9925	1.24	1.47	0.98	0.43
	SP51	Lago	7.62	65	0.9744	1.93	2.56	0.9	0.71
	GR27	Transición	5.67	58	0.9612	2.86	2.95	0.84	1.84
	BA49	Lago	2.18	62	0.9510	2.46	3.49	0.77	0.61
	FJ74	Lomas	14.59	25	0.9469	4.47	4.19	0.99	5.58
LV17 (Lago)	TL55	Lago	4.46	94	0.9901	1.24	1.63	1.42	-0.5
	VG09	Lago	4.15	101	0.9842	1.15	2.17	0.98	0.14
	GR27	Transición	6.06	91	0.9763	1.87	2.61	1.01	0.57
	CT64	Lomas	1.62	17	0.9071	3.63	2.70	7.8	2.22
	VM29	Lago	11.76	116	0.9545	2.03	3.46	1.05	-0.6
	UI21	Lomas	19.83	80	0.9524	2.84	3.84	1.51	0.78

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ME52 (Transición)	ES57	Transición	3.87	38	0.9900	1.24	1.22	0.85	0.9
	UC44	Lago	1.89	35	0.9813	1.79	1.66	0.56	0.19
	GR27	Transición	3.83	40	0.9778	1.71	1.88	0.61	1.05
	UI21	Lomas	11.54	38	0.9539	2.33	2.94	0.9	1.67
	DX37	Transición	11.9	41	0.9415	2.77	2.96	0.39	3.78
	MT50	Lomas	1.62	35	0.9495	2.11	3.34	1.11	0.76
MI15 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	DX37	Transición	5.52	56	0.9916	2.57	2.61	1.11	2.02
	JC54	Lago	3.12	59	0.9909	2.43	2.81	0.94	1.3
	IB22	Lago	6.49	45	0.9892	3.07	3.29	1.26	-0.77
	FJ74	Lomas	9.46	29	0.9749	6.15	5.48	2.1	-0.67
	CU80	Lago	2.61	35	0.9597	6.78	6.78	1.12	-5.07
VM29	Lago	10.26	62	0.8998	6.80	9.74	1.63	-5.58	
MT50 (Lomas)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	UI21	Lomas	10.02	42	0.9817	1.25	1.45	0.78	0.78
	DR16	Transición	7.93	44	0.9781	1.22	1.64	0.77	0.11
	VG09	Lago	8.01	45	0.9649	1.63	1.90	0.49	0.35
	ME52	Transición	1.62	35	0.9495	1.77	2.86	0.81	0.19
	TP13	Lomas	14.13	44	0.9217	1.74	3.39	0.84	1.11
CS78	Lomas	7.43	26	0.9383	2.37	3.39	0.68	2.38	
MY19 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	CE32	Lago	4.32	40	0.9885	2.28	2.20	1.46	-0.01
	CJ03	Lago	14.15	82	0.9822	1.75	2.51	1.11	-0.51
	CI05	Lago	15.43	87	0.9751	2.06	2.85	1.01	-1.25
	SP51	Lago	8.56	86	0.9633	2.26	3.62	1.1	-0.94
	ES57	Transición	15.87	50	0.9658	3.22	3.91	1.44	-0.07
FJ74	Lomas	18.99	26	0.9616	4.46	4.71	1.27	2.59	
NZ20 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	AO24	Transición	17.57	38	0.9888	2.63	2.40	1.22	0.84
	LI33	Lago	10.9	45	0.9859	2.61	2.56	1.01	-1.28
	JC54	Lago	16.87	48	0.9754	3.19	3.59	0.67	2.29
	MY19	Lago	7.62	46	0.9748	2.87	4.03	1.08	-1.41
	NZ31	Lago	3.09	47	0.9686	3.32	4.33	1.16	-2.18
FJ74	Lomas	25.54	27	0.9577	5.45	5.54	1.46	0.72	

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
NZ31 (Lago)	CU80	Lago	15.56	40	0.9914	1.55	1.99	0.68	-0.31
	AE02	Lago	3.93	51	0.9887	1.68	2.10	0.97	-0.23
	VM29	Lago	11.68	96	0.9711	2.05	2.71	1.05	-1.25
	VG09	Lago	11.45	87	0.9669	1.60	3.32	0.95	0
	CT64	Lomas	12.3	17	0.9288	3.71	3.32	9.98	-1.62
	NZ20	Lago	3.09	47	0.9686	3.03	3.43	0.81	2.64
	ES57	Transición	16.88	49	0.9683	2.93	3.50	1.36	0.73
PA34 (Lomas)	CO47	Transición	22.26	26	0.9920	1.47	1.48	0.91	0.32
	FJ74	Lomas	20.44	19	0.9911	1.73	1.79	0.92	-0.31
	UI21	Lomas	29.54	30	0.9801	1.87	2.49	1.05	-1.11
	JC54	Lago	14.51	34	0.9746	1.96	2.71	0.39	0.92
	TP13	Lomas	16.42	31	0.9719	2.28	2.85	1.24	-0.94
	XO36	Lago	9.36	30	0.9075	4.87	4.40	0.43	-1.45
	PD42 (Lago)	AU11	Lago	2.01	27	0.9675	2.93	3.43	1.02
XO36		Lago	14.12	26	0.9520	4.55	3.64	0.54	2.35
AO24		Transición	7.77	24	0.9350	5.29	4.30	0.78	6.53
FJ74		Lomas	16.5	18	0.9428	5.26	4.36	0.93	6.06
CE32		Lago	5.47	29	0.9410	4.39	4.40	1.11	2.54
JA43		Lago	2.78	29	0.9389	4.52	4.42	0.88	2.19
PE10 (Lago)		AL01	Lago	5.93	45	0.9938	1.54	1.52	1.06
	CO56	Lago	5.21	54	0.9838	2.16	2.51	1.03	-0.8
	AO24	Transición	3.42	41	0.9720	3.53	3.16	1.04	3.55
	VM29	Lago	0.72	53	0.9620	3.26	3.87	1.11	-1.37
	SP51	Lago	2.14	51	0.9637	2.92	4.06	1.08	0.02
	FJ74	Lomas	12.16	24	0.9541	5.58	4.46	1.24	4.66
	RI76 (Lago)	DM12	Lago	1.74	32	0.9808	1.96	1.92	0.73
NZ31		Lago	8.88	31	0.9829	1.66	2.04	0.65	1.05
CA59		Lago	3.02	34	0.9653	2.24	2.82	0.8	-0.18
TL08		Lago	3.71	33	0.9658	2.18	2.86	0.88	-0.34
AO24		Transición	11.09	30	0.9233	4.35	3.40	0.62	3.87
FJ74		Lomas	19.72	14	0.8769	6.58	5.25	0.68	4.78

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
RM48 (Lago)	AL01	Lago	1.9	39	0.9876	1.46	1.43	0.67	0.04
	TL55	Lago	2.45	47	0.9850	1.53	1.44	0.93	-0.54
	HJ72	Lago	1.16	47	0.9717	1.45	2.51	0.73	-0.78
	AO24	Transición	8.66	38	0.9541	2.94	2.68	0.65	2.7
	JC54	Lago	12.9	48	0.9418	2.98	2.79	0.36	3.37
	FJ74	Lomas	16.97	25	0.9284	4.12	3.79	0.76	2.97
	SI53 (Lago)	CH84	Lago	5.38	51	0.9930	1.90	2.29	0.79
CA20		Transición	1.67	48	0.9370	1.60	2.59	1.04	-0.05
DX37		Transición	4.55	73	0.9887	1.63	2.80	0.95	0.45
CP28		Lomas	9.71	42	0.9849	3.09	3.58	1.32	1.28
SP51		Lago	3.39	73	0.9147	4.56	7.44	1.34	-3.24
VM29		Lago	2.6	78	0.8999	5.07	7.62	1.38	-3.82
SP51 (Lago)		TE07	Lomas	13.01	22	0.9496	1.59	1.66	4.63
	NZ31	Lago	11.67	83	0.9849	1.39	2.00	0.92	0.79
	VM29	Lago	1.77	90	0.9778	1.77	2.25	1	-0.66
	CI05	Lago	7.55	88	0.9761	1.70	2.47	0.88	0.05
	CJ03	Lago	6.22	84	0.9748	1.71	2.64	0.97	0.66
	ES57	Transición	7.48	52	0.9496	3.24	4.05	1.22	1.69
	TE07 (Lomas)	CA20	Transición	8.15	12	0.9726	0.33	0.21	0.22
AL01		Lago	8.45	16	0.9751	0.28	0.23	0.2	0.38
MT50		Lomas	3.49	14	0.9168	0.54	0.30	0.18	1.26
PA34		Lomas	30.33	13	0.8927	0.59	0.40	0.22	1.43
TP13		Lomas	15.21	20	0.9079	0.48	0.41	0.31	0.81
CS78		Lomas	6.46	12	0.7958	0.80	0.57	0.21	1.57
TH35 (Lago)		NZ31	Lago	14.75	57	0.9831	3.33	4.19	1.65
	LI33	Lago	5	56	0.9779	3.43	4.95	1.42	-0.46
	BO39	Lago	22.74	60	0.9557	5.22	6.61	1.72	-3.08
	VM29	Lago	17.49	59	0.9557	5.13	6.75	1.8	-4.67
	ES57	Transición	23.42	36	0.9616	6.18	7.16	2.26	-0.64
	MT50	Lomas	25.96	35	0.9143	8.78	11.18	2.98	-1.24

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
TL08 (Lago)	GA62	Lago	1.4	52	0.9963	0.73	0.84	0.85	0.29
	TE07	Lomas	9.99	20	0.9535	1.26	1.40	3.92	-1
	TL55	Lago	1.05	64	0.9867	1.28	1.53	1.04	0.22
	CI05	Lago	4.8	63	0.9844	1.45	1.64	0.71	0.19
	GR27	Transición	5.7	61	0.9600	2.46	2.49	0.72	1.47
	JC54	Lago	14.4	64	0.9382	3.04	2.95	0.41	3.78
	TL55 (Lago)	AL01	Lago	1.91	72	0.9949	0.79	0.78	0.72
TE07		Lomas	9.15	20	0.9706	1.00	1.04	3.79	-0.73
BL45		Lago	3.03	85	0.9898	0.95	1.17	0.71	0.42
TL08		Lago	1.05	64	0.9867	1.22	1.45	0.94	0.02
AU46		Transición	7.91	48	0.9810	1.89	1.68	0.88	1.75
VM29		Lago	7.84	101	0.9719	1.40	1.86	0.76	-0.23
TP13 (Lomas)		A024	Transición	7.15	46	0.9780	1.48	1.56	0.57
	FJ74	Lomas	4.37	27	0.9844	1.65	1.60	0.73	2
	UI21	Lomas	13.13	62	0.9781	1.01	1.62	0.82	-0.02
	SI53	Lago	9.07	60	0.9671	1.53	1.78	0.38	1.59
	PA34	Lomas	16.42	31	0.9719	1.81	2.20	0.76	1.19
	CS78	Lomas	9.83	29	0.9630	1.95	2.86	0.77	1.5
	UC44 (Lago)	ES57	Transición	3.61	34	0.9888	2.45	2.34	1.49
EX12		Lago	1.2	36	0.9225	2.89	3.11	0.98	0.96
AL01		Lago	2.22	35	0.9797	2.91	3.11	1.05	-0.18
JC54		Lago	13.35	42	0.9508	4.61	4.67	0.6	5.5
TP13		Lomas	14.87	38	0.9469	4.33	5.56	1.8	2.66
CO56		Lago	1.46	40	0.9435	4.51	5.59	1.07	-1.13
UI21 (Lomas)		EO30	Transición	9.77	28	0.9978	0.73	0.66	0.96
	MT50	Lomas	10.02	42	0.9817	1.49	1.88	1.23	-0.67
	TP13	Lomas	13.13	62	0.9781	1.17	1.95	1.16	0.31
	JC54	Lago	16.21	61	0.9734	1.35	2.12	0.37	1.65
	TE07	Lomas	7.59	20	0.8901	2.32	2.12	3.89	-2.28
	CS78	Lomas	4.21	26	0.9714	2.15	2.94	0.89	1.95

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
VG09 (Lago)	TL55	Lago	2.2	85	0.9897	1.32	1.67	1.41	-0.53
	AL01	Lago	3.16	80	0.9854	1.22	2.22	1.02	-0.38
	AU46	Transición	8.96	44	0.9830	2.55	2.40	1.26	1.7
	CI05	Lago	5.99	103	0.9704	1.48	2.96	0.95	-0.32
	TL08	Lago	1.29	57	0.9736	2.20	3.25	1.34	-0.98
	MT50	Lomas	8.01	45	0.9649	3.48	3.51	1.9	0.21
	VM29 (Lago)	HJ72	Lago	4.65	61	0.9827	1.71	2.21	0.98
CI05		Lago	5.9	126	0.9720	1.53	2.29	0.86	0.61
CJ03		Lago	4.58	115	0.9641	1.89	2.65	0.94	1.21
CT64		Lomas	11.26	17	0.9133	3.86	2.86	8.61	2.94
PE10		Lago	0.72	53	0.9620	3.07	3.11	0.83	2.16
ES57		Transición	6.14	52	0.9223	4.21	4.44	1.13	3.41
X036 (Lago)		BL45	Lago	16.95	71	0.9856	2.03	3.53	1.51
	CU80	Lago	2.39	41	0.9857	2.97	4.01	1.04	-0.12
	VM29	Lago	11.82	82	0.9645	3.28	5.06	1.6	-1.94
	FJ74	Lomas	12.19	24	0.9669	6.78	5.23	1.76	3.93
	A024	Transición	10.74	49	0.9615	4.91	5.80	1.51	3.69
	SP51	Lago	10.09	76	0.9550	3.41	6.08	1.53	-0.46
	XP06 (Lago)	CU80	Lago	13.68	25	0.9906	2.00	1.96	0.62
A024		Transición	6.8	35	0.9507	4.99	3.33	0.91	5.25
JC54		Lago	11.25	41	0.9313	5.39	3.83	0.49	6.43
HJ72		Lago	0.8	36	0.9630	3.36	3.84	1.01	-0.07
CA59		Lago	1.97	40	0.9631	3.06	3.88	1.12	-0.09
FJ74		Lomas	15.11	25	0.9244	6.13	4.97	1.05	5.94

Tabla 4. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico PGH

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						AE02 (Lago)	HA41	Lago	2.49
	CI05	Lago	11.81	50	0.9872	2.05	2.20	0.90	0.25
	ES57	Transición	13.41	39	0.9777	3.08	2.90	1.37	1.11
	CA59	Lago	6.6	52	0.9513	3.45	4.55	1.14	-0.09
	JC54	Lago	14.34	54	0.924	5.06	4.79	0.48	5.53
	FJ74	Lomas	21.55	24	0.9257	6.18	6.11	0.85	7.04
AL01 (Lago)	CI05	Lago	2.83	89	0.9948	1.00	1.08	0.90	0.32
	TE07	Lomas	8.45	16	0.9763	1.35	1.12	4.18	-0.31
	TL08	Lago	1.99	54	0.9935	1.29	1.50	1.17	0.71
	GA62	Lago	0.65	46	0.992	1.35	1.91	1.08	-0.01
	AU46	Transición	6.05	43	0.9858	2.36	2.14	1.21	2.31
	VM29	Lago	6.13	92	0.956	2.10	3.60	1.00	-0.17
	AO24 (Transición)	AU46	Transición	3.07	40	0.9932	1.85	1.71	1.34
JC54		Lago	5.56	56	0.9924	1.51	1.74	0.54	1.63
DX37		Transición	2.92	51	0.9915	1.70	1.89	0.70	1.36
SI53		Lago	1.92	47	0.9886	1.54	2.62	0.75	0.79
FJ74		Lomas	8.74	23	0.9861	3.30	2.97	1.03	2.10
CO47		Transición	2.29	39	0.9807	2.68	3.26	1.33	0.58
AP68 (Lago)		JA43	Lago	3.25	36	0.9899	2.50	2.16	1.27
	BL45	Lago	6.51	31	0.9933	1.79	2.28	1.15	-0.39
	AO24	Transición	5.71	29	0.9848	3.72	2.34	1.03	4.47
	VM29	Lago	2.04	36	0.9726	4.40	3.18	1.36	-5.37
	SP51	Lago	2.09	37	0.9778	3.36	3.47	1.16	-0.74
	FJ74	Lomas	14.24	22	0.9657	5.36	4.75	1.01	4.81

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
AR14 (Lago)	HA41	Lago	6.57	6	0.9796	0.94	0.62	1.14	-2.13
	CT64	Lomas	4.21	14	0.8594	5.17	2.96	7.48	1.92
	CE23	Lago	2.37	31	0.9316	2.88	3.08	1.16	2.24
	CA59	Lago	7.42	33	0.9391	2.27	3.23	1.01	-0.51
	AO24	Transición	15.48	29	0.896	3.72	3.70	1.15	1.21
	MY19	Lago	14.59	35	0.8952	3.13	3.93	0.77	1.92
	AU11 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b
						Media	Desv.	a	b
CO56		Lago	8.52	56	0.9882	1.46	1.54	0.71	-0.13
CE23		Lago	7.76	51	0.9812	1.75	2.01	1.28	0.52
PD42		Lago	2.01	27	0.9837	2.20	2.17	0.89	0.38
SP51		Lago	4.47	68	0.9701	1.97	2.43	0.77	0.27
GR27		Transición	13.41	57	0.9665	2.18	2.75	0.74	0.69
VM29		Lago	4.37	68	0.9646	1.91	2.83	0.81	-0.90
UI21	Lomas	19.64	52	0.9266	3.65	3.90	1.06	1.36	
AU46 (Transición)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	AO24	Transición	3.07	40	0.9932	1.40	1.24	0.74	1.39
	SI53	Lago	2.33	40	0.9875	1.64	1.92	0.56	2.02
	CO47	Transición	1.26	35	0.9831	2.23	2.09	0.99	1.95
	DR16	Transición	12.42	46	0.9813	1.79	2.29	1.17	-1.03
	CE18	Lomas	10.24	20	0.9782	3.50	2.32	1.27	5.39
EO30	Transición	1.15	28	0.9738	2.94	2.86	1.06	0.86	
BA49 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	RI76	Lago	6.33	31	0.9796	2.98	3.35	1.55	1.08
	VM29	Lago	3.7	87	0.9608	2.17	3.69	1.10	-0.33
	CJ03	Lago	1.29	80	0.9537	2.96	3.81	1.07	1.13
	CJ04	Lago	1.28	61	0.9446	3.74	4.44	0.97	1.94
	ES57	Transición	3.67	48	0.9372	4.57	4.86	1.34	3.10
MT50	Lomas	5.21	45	0.9031	5.76	6.17	1.59	3.12	
BL45 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	AP68	Lago	6.51	31	0.9933	1.54	1.97	0.86	0.54
	CJ03	Lago	1.89	84	0.9878	1.33	2.02	1.07	-0.03
	AU46	Transición	4.94	43	0.9769	3.17	2.85	1.25	2.08
	LI58	Lago	0.97	57	0.9785	2.07	3.08	1.14	-1.08
	VM29	Lago	5.28	93	0.9652	2.27	3.16	1.02	-1.02
FJ74	Lomas	14.91	24	0.9578	5.26	4.35	0.91	6.18	

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
B039 (Lago)	CA59	Lago	4.41	70	0.9645	2.20	3.55	1.08	0.64
	CI05	Lago	8.28	90	0.9076	3.45	4.99	0.78	1.24
	RI76	Lago	1.96	31	0.9437	4.35	5.12	1.31	1.79
	FJ74	Lomas	20.95	24	0.8499	8.44	5.20	0.63	10.26
	VG09	Lago	2.29	82	0.8904	3.34	5.65	0.82	1.66
	GR27	Transición	8.31	73	0.8722	4.59	5.79	0.81	2.35
	CA20 (Transición)	HA41	Lago	9.29	4	0.992	0.22	0.13	0.33
CP28		Lomas	9.72	31	0.9672	1.96	1.15	1.18	1.66
DR16		Transición	12.16	37	0.9419	1.79	1.85	1.02	1.40
AU46		Transición	1.23	31	0.949	1.90	2.23	1.20	0.76
CO47		Transición	2.2	34	0.9201	2.42	2.68	1.15	2.25
DX37		Transición	6.02	53	0.9217	1.74	2.77	0.97	0.08
CA59 (Lago)		HA41	Lago	4.44	10	0.9828	0.89	0.74	1.16
	HJ72	Lago	1.3	58	0.9784	1.85	2.45	0.82	0.37
	VM29	Lago	4.76	82	0.9673	1.85	2.83	0.88	-0.47
	BA49	Lago	3.39	78	0.9416	2.04	3.85	0.75	0.37
	GR27	Transición	8.48	68	0.93	3.31	3.91	0.77	1.57
	UI21	Lomas	17.09	63	0.8936	4.32	4.81	1.12	2.16
	CE18 (Lomas)	CO47	Transición	9.98	22	0.9872	1.71	1.69	0.75
CP28		Lomas	10.36	21	0.9874	1.53	1.89	0.55	0.41
SI53		Lago	7.93	17	0.9782	2.58	2.35	0.42	-1.33
CS78		Lomas	15.8	16	0.9843	1.78	2.45	0.78	-0.66
TP13		Lomas	10.71	21	0.9715	2.59	2.58	0.86	-1.55
GC38		Lago	3.41	21	0.9136	4.34	4.52	0.43	-2.02
CE23 (Lago)		AU11	Lago	7.76	51	0.9812	1.30	1.58	0.75
	AR14	Lago	2.37	31	0.9316	2.12	2.65	0.75	-0.50
	MY19	Lago	12.37	60	0.941	2.14	3.04	0.57	0.60
	CA59	Lago	7.06	56	0.9392	1.66	3.50	0.72	-0.49
	AO24	Transición	14.71	46	0.8981	3.47	4.12	0.54	2.29
	FJ74	Lomas	23.45	23	0.8847	4.71	4.33	0.47	3.98

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CE32 (Lago)	MY19	Lago	4.32	40	0.9862	1.81	1.66	0.68	0.44
	AU11	Lago	3.71	40	0.9787	2.04	2.15	0.93	-0.89
	SP51	Lago	7.48	42	0.9622	2.75	2.85	0.72	-0.36
	ES57	Transición	13.72	36	0.9615	3.07	2.92	1.00	0.69
	DM12	Lago	6.68	42	0.9602	2.67	3.09	0.70	0.03
	MT50	Lomas	15.56	31	0.9365	4.25	3.81	1.16	1.79
	CH84 (Lago)	SI53	Lago	5.38	51	0.9892	2.93	3.93	1.29
JC54		Lago	1.8	60	0.9868	2.99	4.08	0.92	0.63
A024		Transición	4.3	48	0.9871	3.36	4.38	1.70	-2.00
IB22		Lago	1.64	51	0.9802	4.17	5.14	1.39	-3.59
FJ74		Lomas	9.86	26	0.9734	6.43	7.79	1.76	-0.42
SP51		Lago	3.81	62	0.9178	7.04	10.00	1.64	-5.17
CI05 (Lago)		AL01	Lago	2.83	89	0.9948	1.08	1.21	1.10
	CJ03	Lago	1.33	113	0.9916	1.09	1.66	1.18	0.17
	CO56	Lago	0.76	69	0.9867	1.78	2.43	1.00	-0.14
	AE02	Lago	11.81	50	0.9872	2.25	2.43	1.09	0.14
	ES57	Transición	2.22	50	0.9849	2.51	2.52	1.53	1.04
	VM29	Lago	5.9	126	0.9596	2.03	3.59	1.12	-0.50
	MT50	Lomas	2.81	45	0.9451	4.47	5.41	1.79	1.93
	CJ03 (Lago)	CJ04	Lago	0.02	74	0.9985	0.41	0.72	0.93
AL01		Lago	2.99	81	0.9932	0.92	1.35	0.93	-0.37
CI05		Lago	1.33	113	0.9916	0.91	1.40	0.84	-0.02
TE07		Lomas	7.37	20	0.9548	1.24	1.56	3.57	0.23
ES57		Transición	2.44	50	0.9747	2.42	3.05	1.28	0.81
VM29		Lago	4.58	115	0.9569	1.81	3.26	0.94	-0.55
CJ04 (Lago)		EX12	Lago	1.5	62	0.992	0.87	0.75	0.91
	CJ03	Lago	0.02	74	0.9985	0.43	0.78	1.08	-0.31
	CI05	Lago	1.33	76	0.9886	1.44	1.99	0.90	-0.36
	ES57	Transición	2.45	43	0.9745	2.75	3.52	1.39	0.31
	TP13	Lomas	12.45	56	0.9588	3.43	3.83	1.45	2.35
	VM29	Lago	4.58	77	0.9436	2.80	4.58	1.02	-1.21

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
C047 (Transición)	PA34	Lomas	22.26	26	0.9929	1.58	1.57	1.10	-0.08
	AU46	Transición	1.26	35	0.9831	2.29	2.01	0.98	-1.55
	JC54	Lago	7.75	49	0.9799	1.96	2.14	0.39	1.36
	E030	Transición	1.95	29	0.9843	2.17	2.24	1.07	-1.11
	A024	Transición	2.29	39	0.9807	1.93	2.44	0.72	-0.04
	GR27	Transición	10.9	48	0.9663	2.36	2.94	0.74	-1.65
	C056 (Lago)	HA41	Lago	8.85	7	0.9933	0.65	0.65	1.49
EX12		Lago	0.26	57	0.9642	1.73	2.32	1.04	0.79
CI05		Lago	0.76	69	0.9867	1.84	2.32	0.97	0.48
VM29		Lago	5.63	71	0.9637	2.48	4.14	1.13	-0.86
AU46		Transición	4.14	44	0.9598	4.23	4.20	1.33	3.34
FJ74		Lomas	14.03	26	0.9357	6.94	5.28	0.95	8.19
CP28 (Lomas)		CO47	Transición	11.83	41	0.99	1.95	2.27	1.38
	JC54	Lago	14.01	47	0.9808	2.42	3.04	0.53	0.29
	CE18	Lomas	10.36	21	0.9874	2.87	3.33	1.79	-0.31
	MT50	Lomas	11.75	38	0.9738	3.16	3.77	1.89	-4.24
	TP13	Lomas	18.09	47	0.9678	2.74	4.23	1.53	-1.79
	DM12	Lago	1.56	43	0.8263	7.29	9.14	0.87	-2.93
	CS78 (Lomas)	IM40	Lomas	3.48	12	0.943	1.78	1.77	1.42
CO47		Transición	6.18	26	0.9778	2.30	3.00	0.94	-0.15
CE18		Lomas	15.8	16	0.9843	2.16	3.17	1.25	1.33
IB22		Lago	10.83	27	0.9688	2.97	3.24	0.58	-0.73
TP13		Lomas	9.83	29	0.9738	2.18	3.28	1.09	-0.25
UI21		Lomas	4.21	26	0.9696	2.63	3.56	1.08	-1.72
CT64 (Lomas)		CU80	Lago	20.38	14	0.9624	0.31	0.16	0.06
	CA20	Transición	11.56	11	0.9394	0.37	0.28	0.15	0.31
	LV17	Lago	1.62	17	0.8924	0.52	0.35	0.11	0.30
	CP28	Lomas	6.11	16	0.8692	0.56	0.36	0.18	0.85
	CE18	Lomas	15.84	15	0.8008	0.75	0.43	0.26	1.12
	TE07	Lomas	13.48	7	0.8125	0.46	0.48	0.51	0.31

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CU80 (Lago)	CT64	Lomas	20.38	14	0.9624	4.17	3.08	14.44	-5.12
	AP68	Lago	9.15	25	0.9899	3.11	3.56	1.23	1.45
	SP51	Lago	7.72	44	0.9851	3.24	3.69	1.47	-0.30
	CO56	Lago	14.72	47	0.9817	3.42	4.08	1.32	-0.46
	GC38	Lago	2.35	35	0.9776	4.51	4.53	1.09	3.34
	AU46	Transición	11.76	28	0.9625	6.59	5.94	1.75	4.65
DM12 (Lago)	RI76	Lago	1.74	32	0.9833	3.07	2.64	1.51	-0.52
	TL08	Lago	4.55	58	0.9608	2.68	4.26	1.19	0.14
	AU46	Transición	9.37	43	0.9213	5.56	5.59	1.20	3.10
	JC54	Lago	12.87	60	0.8759	5.81	6.39	0.47	5.33
	MT50	Lomas	10.33	41	0.8955	6.11	6.75	1.56	2.90
	CP28	Lomas	1.56	43	0.8263	8.13	7.60	0.79	7.44
DR16 (Transición)	GR27	Transición	2.73	60	0.9887	1.13	1.30	0.65	0.55
	TL55	Lago	6.63	63	0.9831	1.30	1.61	0.89	-0.31
	AU46	Transición	12.42	46	0.9813	1.60	1.85	0.83	1.19
	MT50	Lomas	7.93	44	0.9802	1.67	1.89	1.09	1.02
	ME52	Transición	6.53	40	0.9742	2.00	2.13	1.04	0.52
	DX37	Transición	18.18	58	0.9397	2.81	2.83	0.42	3.01
DX37 (Transición)	JC54	Lago	2.73	70	0.9955	1.36	1.83	0.76	0.53
	A024	Transición	2.92	51	0.9915	2.31	2.74	1.40	-1.66
	CH84	Lago	2.05	57	0.9862	2.58	3.51	0.81	0.26
	AU46	Transición	5.98	44	0.9787	3.93	4.59	1.86	-3.72
	GR27	Transición	15.47	81	0.9579	3.41	5.53	1.38	-2.77
	FJ74	Lomas	8.06	27	0.9775	4.92	5.73	1.45	-0.20
EO30 (Transición)	UI21	Lomas	9.77	28	0.9949	1.16	1.21	1.06	-0.41
	CO47	Transición	1.95	29	0.9843	2.03	2.04	0.91	1.42
	DR16	Transición	11.78	30	0.9701	3.10	2.41	1.09	-2.22
	AU46	Transición	1.15	28	0.9738	2.61	2.74	0.90	-0.10
	VG09	Lago	9.13	31	0.9637	3.11	2.88	0.70	-1.55
	ES57	Transición	1.39	28	0.9446	3.21	4.38	0.97	-0.72

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ES57 (Transición)	ME52	Transición	3.87	38	0.9885	1.55	1.54	1.13	-0.75
	UC44	Lago	3.61	34	0.9876	1.78	1.58	0.63	-0.45
	GR27	Transición	7.67	50	0.9811	1.46	2.10	0.69	0.29
	AU46	Transición	2.2	39	0.9785	1.59	2.56	0.89	1.01
	MT50	Lomas	2.83	37	0.9525	2.47	3.75	1.14	0.50
	EO30	Transición	1.39	28	0.9446	3.17	4.23	0.92	2.19
	EX12 (Lago)	CJ03	Lago	1.51	64	0.9924	0.91	0.81	1.13
CI05		Lago	0.77	67	0.9846	1.11	1.28	0.93	0.02
TE07		Lomas	6.77	19	0.9741	0.93	1.34	4.07	-0.40
DX37		Transición	9.76	60	0.9598	1.89	2.08	1.05	0.82
CO56		Lago	0.26	57	0.9642	1.51	2.20	0.89	0.03
VM29		Lago	5.89	69	0.914	2.32	3.14	0.84	0.87
FJ74 (Lomas)		IM40	Lomas	4.66	17	0.9658	1.17	1.07	1.22
	TP13	Lomas	4.37	27	0.9912	2.38	2.11	1.51	-3.27
	PA34	Lomas	20.44	19	0.9915	2.27	2.79	1.43	-1.84
	AO24	Transición	8.74	23	0.9861	3.02	2.96	0.94	-1.59
	MI15	Lago	9.46	29	0.9811	3.05	3.33	0.59	-1.07
	CP28	Lomas	20.17	26	0.9827	2.21	3.91	0.94	0.67
	GA62 (Lago)	TL08	Lago	1.4	52	0.9945	1.04	1.34	1.08
TE07		Lomas	9.06	17	0.9693	1.35	1.35	4.12	-0.56
AL01		Lago	0.65	46	0.992	1.27	1.73	0.91	0.20
CI05		Lago	3.47	54	0.9878	1.52	1.98	0.82	0.39
TL55		Lago	1.61	53	0.986	1.44	2.28	1.23	-0.30
DR16		Transición	8.03	51	0.977	2.42	2.51	1.33	0.66
GC38 (Lago)		BL45	Lago	12.37	48	0.9876	2.67	2.72	1.28
	CU80	Lago	2.35	35	0.9776	4.00	4.07	0.87	-2.10
	SP51	Lago	5.39	56	0.9717	3.45	4.13	1.25	-2.06
	AO24	Transición	6.87	45	0.9748	3.28	4.48	1.19	2.05
	JC54	Lago	2.37	55	0.96	4.05	4.99	0.63	3.90
	FJ74	Lomas	11.59	28	0.963	5.52	5.38	1.17	4.11

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
GR27 (Transición)	DR16	Transición	2.73	60	0.9887	1.67	2.03	1.51	-0.57
	AL01	Lago	5.58	74	0.9813	1.75	2.44	0.99	-0.58
	UI21	Lomas	14.4	72	0.9756	2.05	2.96	1.48	0.32
	ES57	Transición	7.67	50	0.9811	2.05	2.98	1.39	0.09
	AU46	Transición	9.69	45	0.9809	2.33	3.03	1.26	1.05
	DX37	Transición	15.47	81	0.9579	2.66	3.64	0.66	2.59
	HA41 (Lago)	CA20	Transición	9.29	4	0.992	0.64	0.44	2.96
CO56		Lago	8.85	7	0.9933	0.43	0.44	0.66	0.82
AR14		Lago	6.57	6	0.9796	0.76	0.59	0.84	2.18
NZ31		Lago	5.93	17	0.9653	0.91	0.81	1.08	-0.24
MI15		Lago	15.07	17	0.8748	1.29	1.84	0.69	1.13
TE07		Lomas	15.77	10	0.863	1.66	2.13	4.02	0.01
CP28		Lomas	2.2	8	0.4552	3.19	2.93	1.14	4.29
HJ72 (Lago)		JA43	Lago	2.15	48	0.9868	1.95	2.32	1.06
	XP06	Lago	0.8	36	0.9784	2.98	3.05	1.02	-0.22
	TL55	Lago	3.29	61	0.974	2.18	3.22	1.34	-0.22
	ES57	Transición	5.76	45	0.9598	3.50	4.01	1.32	1.66
	JC54	Lago	11.77	62	0.9145	4.78	5.06	0.47	5.34
	UI21	Lomas	15.84	51	0.9091	5.06	5.73	1.34	2.67
	IB22 (Lago)	SI53	Lago	3.78	45	0.9887	2.37	2.85	0.91
CH84		Lago	1.64	51	0.9802	3.05	3.55	0.69	3.10
A024		Transición	2.99	44	0.9791	3.24	3.94	1.19	1.51
JC54		Lago	3.37	53	0.97	4.04	3.95	0.64	3.53
FJ74		Lomas	10.07	26	0.9741	5.15	4.51	1.21	3.64
SP51		Lago	2.47	52	0.9476	4.29	6.14	1.22	-2.26
IM40 (Lomas)		AU46	Transición	5.74	17	0.9719	0.88	0.65	0.56
	TP13	Lomas	6.4	19	0.9631	0.98	0.88	0.95	-0.35
	FJ74	Lomas	4.66	17	0.9658	0.90	0.88	0.76	0.69
	CE18	Lomas	13.04	10	0.9364	1.58	0.96	0.81	3.03
	CS78	Lomas	3.48	12	0.943	1.31	1.03	0.63	2.60
	CH84	Lago	8.66	20	0.9263	1.39	1.15	0.40	0.62

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
JA43 (Lago)	AP68	Lago	3.25	36	0.9899	1.99	1.63	0.77	1.51
	XP06	Lago	1.9	38	0.9833	2.49	2.27	0.94	-0.22
	CT64	Lomas	8.73	17	0.9383	3.23	2.31	7.80	0.82
	SP51	Lago	4.22	59	0.98	2.20	2.36	0.91	0.49
	VM29	Lago	2.54	58	0.9719	2.58	2.87	0.97	-1.41
	AU46	Transición	5.28	40	0.9558	4.30	3.37	1.12	2.77
	JC54 (Lago)	DX37	Transición	2.73	70	0.9955	1.80	2.40	1.31
SI53		Lago	6.94	63	0.9896	2.52	4.01	1.39	-1.07
CH84		Lago	1.8	60	0.9868	3.28	4.35	1.06	-0.23
CP28		Lomas	14.01	47	0.9808	4.67	5.50	1.82	0.21
SP51		Lago	5.6	75	0.9159	6.60	10.33	1.74	-5.28
VM29		Lago	7.15	75	0.8634	8.39	12.94	1.75	-6.84
LI33 (Lago)		NZ20	Lago	10.9	45	0.9914	2.18	2.31	0.96
	AO24	Transición	21.68	45	0.9857	2.81	3.01	1.19	1.50
	TH35	Lago	5	56	0.9775	2.51	4.05	0.71	0.22
	NZ31	Lago	13.42	76	0.968	2.31	4.39	1.18	-1.09
	VM29	Lago	19.49	79	0.9441	3.90	5.10	1.30	-3.43
	CP28	Lomas	19.21	43	0.9519	5.44	5.24	1.13	3.61
	LI58 (Lago)	EX12	Lago	0.46	56	0.9841	1.07	1.27	0.91
GA62		Lago	2.25	47	0.9914	1.43	1.53	0.94	0.93
TE07		Lomas	7.13	16	0.954	1.57	1.82	4.19	0.21
SP51		Lago	7.62	65	0.9755	1.92	2.64	0.85	1.27
DR16		Transición	8.3	54	0.9663	2.91	2.84	1.29	1.63
BA49		Lago	2.18	62	0.9492	2.67	3.69	0.78	0.66
LV17 (Lago)		BL45	Lago	7.47	85	0.9869	1.46	2.12	1.02
	VG09	Lago	4.15	101	0.9851	1.25	2.18	1.00	0.10
	GR27	Transición	6.06	91	0.98	1.85	2.49	1.02	0.43
	CT64	Lomas	1.62	17	0.8924	4.16	2.91	7.28	2.37
	VM29	Lago	11.76	116	0.9485	2.23	3.87	1.02	-0.60
	MT50	Lomas	9.9	46	0.9545	3.79	4.59	1.70	1.01

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ME52 (Transición)	TE07	Lomas	4.53	17	0.9767	0.80	0.52	2.50	0.15
	ES57	Transición	3.87	38	0.9885	1.36	1.34	0.86	0.90
	UC44	Lago	1.89	35	0.9811	1.95	1.58	0.54	0.20
	GR27	Transición	3.83	40	0.9796	1.69	1.83	0.60	1.00
	DX37	Transición	11.9	41	0.9431	2.92	2.86	0.39	3.90
	MT50	Lomas	1.62	35	0.9499	2.26	3.30	0.97	1.43
	MI15 (Lago)	JC54	Lago	3.12	59	0.9884	2.93	3.28	0.85
DX37		Transición	5.52	56	0.9893	2.83	3.29	1.11	2.18
SI53		Lago	9.98	52	0.9849	2.81	4.48	1.18	1.21
FJ74		Lomas	9.46	29	0.9811	5.28	5.25	1.62	2.62
CU80		Lago	2.61	35	0.945	7.74	8.72	1.10	-5.01
VM29		Lago	10.26	62	0.8922	7.13	10.73	1.59	-5.66
MT50 (Lomas)		UI21	Lomas	10.02	42	0.9886	1.25	1.24	0.87
	E030	Transición	4.11	27	0.9853	1.54	1.77	0.81	1.00
	VG09	Lago	8.01	45	0.9675	1.85	2.14	0.56	-0.04
	ME52	Transición	1.62	35	0.9499	2.06	3.33	0.93	-0.43
	TP13	Lomas	14.13	44	0.9318	1.99	3.63	0.82	1.55
	CS78	Lomas	7.43	26	0.9468	2.62	3.69	0.75	2.35
	MY19 (Lago)	TE07	Lomas	21.38	20	0.9503	2.01	1.41	4.41
CE32		Lago	4.32	40	0.9862	2.59	2.42	1.42	-0.15
CJ03		Lago	14.15	82	0.98	1.95	2.70	1.12	-0.74
CI05		Lago	15.43	87	0.9793	1.72	2.81	0.94	-0.94
SP51		Lago	8.56	86	0.9707	2.18	3.26	1.04	-0.70
ES57		Transición	15.87	50	0.9654	3.33	4.01	1.46	-0.15
NZ20 (Lago)		LI33	Lago	10.9	45	0.9914	2.23	2.42	1.03
	AO24	Transición	17.57	38	0.9898	2.90	2.66	1.25	0.82
	JC54	Lago	16.87	48	0.9765	3.58	4.06	0.66	2.80
	MY19	Lago	7.62	46	0.9649	3.97	5.42	1.20	-2.46
	NZ31	Lago	3.09	47	0.9577	3.85	6.18	1.22	-3.00
	PA34	Lomas	21.8	28	0.9575	6.47	6.27	1.85	2.07

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
NZ31 (Lago)	CU80	Lago	15.56	40	0.9866	1.94	2.84	0.70	-0.64
	VG09	Lago	11.45	87	0.9694	1.65	3.38	0.98	-0.07
	VM29	Lago	11.68	96	0.9552	2.55	3.78	1.05	-1.33
	ES57	Transición	16.88	49	0.9595	3.42	4.41	1.44	0.60
	NZ20	Lago	3.09	47	0.9577	3.49	4.55	0.75	3.53
	MT50	Lomas	18.21	47	0.928	4.94	5.70	1.68	1.08
	PA34 (Lomas)	CO47	Transición	22.26	26	0.9929	1.37	1.47	0.90
FJ74		Lomas	20.44	19	0.9915	1.54	1.96	0.69	1.48
CP28		Lomas	25.17	28	0.9827	1.89	2.31	0.64	1.81
JC54		Lago	14.51	34	0.9727	2.10	2.86	0.35	1.72
TP13		Lomas	16.42	31	0.9739	1.98	3.02	1.05	0.27
XO36		Lago	9.36	30	0.9142	4.72	4.46	0.40	-1.06
PD42 (Lago)		AU11	Lago	2.01	27	0.9837	2.47	2.35	1.09
	XO36	Lago	14.12	26	0.9664	4.00	3.26	0.52	2.40
	CE32	Lago	5.47	29	0.9647	3.81	3.39	1.15	1.48
	FJ74	Lomas	16.5	18	0.9346	6.59	4.07	0.72	7.61
	JA43	Lago	2.78	29	0.9538	4.04	4.18	0.92	0.86
	AO24	Transición	7.77	24	0.9429	5.34	4.27	0.74	7.17
	PE10 (Lago)	AL01	Lago	5.93	45	0.9921	1.64	1.88	1.06
CO56		Lago	5.21	54	0.9899	1.87	1.97	0.95	-0.15
SP51		Lago	2.14	51	0.9763	2.82	3.12	1.03	0.52
AO24		Transición	3.42	41	0.9661	4.02	3.54	0.94	4.61
VM29		Lago	0.72	53	0.9586	3.39	4.31	1.09	-1.30
FJ74		Lomas	12.16	24	0.9498	5.84	4.91	0.92	7.53
RI76 (Lago)		DM12	Lago	1.74	32	0.9833	2.03	1.69	0.64
	JA43	Lago	5.2	30	0.9819	1.91	2.03	0.70	0.65
	TL08	Lago	3.71	33	0.9714	2.20	2.60	0.78	0.79
	CA59	Lago	3.02	34	0.9676	2.23	2.82	0.77	0.34
	AO24	Transición	11.09	30	0.9251	4.47	3.43	0.57	4.43
	MT50	Lomas	10.17	28	0.8838	5.21	4.89	0.99	3.25

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
RM48 (Lago)	TL08	Lago	1.6	46	0.9873	1.32	1.61	0.82	0.21
	TL55	Lago	2.45	47	0.9795	1.83	1.86	0.93	-0.67
	HJ72	Lago	1.16	47	0.9799	1.45	2.15	0.68	-0.34
	AU46	Transición	7.08	36	0.9529	3.18	3.00	0.83	1.98
	JC54	Lago	12.9	48	0.9316	3.43	3.20	0.32	4.12
	FJ74	Lomas	16.97	25	0.9258	4.41	4.14	0.59	4.44
	SI53 (Lago)	JC54	Lago	6.94	63	0.9896	1.83	2.84	0.70
CA20		Transición	1.67	48	0.9255	1.69	3.30	1.05	-0.09
A024		Transición	1.92	47	0.9886	2.05	3.44	1.30	-0.71
CE18		Lomas	7.93	17	0.9782	6.19	5.37	2.30	4.30
SP51		Lago	3.39	73	0.9413	4.07	6.23	1.28	-2.98
VM29		Lago	2.6	78	0.9151	4.99	7.06	1.37	-4.01
SP51 (Lago)		TE07	Lomas	13.01	22	0.9588	1.59	1.74	4.64
	NZ31	Lago	11.67	83	0.9862	1.44	2.12	0.94	0.68
	CJ03	Lago	6.22	84	0.9803	1.64	2.58	1.05	0.16
	CI05	Lago	7.55	88	0.9749	1.82	2.85	0.88	0.13
	VM29	Lago	1.77	90	0.9588	2.27	3.62	1.01	-0.85
	ES57	Transición	7.48	52	0.9552	3.35	4.24	1.34	1.18
	TE07 (Lomas)	ME52	Transición	4.53	17	0.9767	0.31	0.20	0.38
AL01		Lago	8.45	16	0.9763	0.30	0.29	0.23	0.19
UI21		Lomas	7.59	20	0.9165	0.63	0.35	0.22	0.87
MT50		Lomas	3.49	14	0.9262	0.56	0.38	0.19	1.28
TP13		Lomas	15.21	20	0.9224	0.52	0.41	0.36	0.67
CS78		Lomas	6.46	12	0.8197	0.86	0.67	0.20	1.66
TH35 (Lago)		XP06	Lago	21.01	29	0.9846	5.09	4.79	1.88
	LI33	Lago	5	56	0.9775	3.62	5.47	1.35	0.45
	ES57	Transición	23.42	36	0.9674	6.30	6.98	2.42	-2.13
	VM29	Lago	17.49	59	0.955	5.92	7.01	1.85	-5.92
	BO39	Lago	22.74	60	0.936	6.48	8.68	1.71	-3.81
	MT50	Lomas	25.96	35	0.9207	9.15	11.59	2.77	-0.91

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
TL08 (Lago)	TE07	Lomas	9.99	20	0.9576	1.47	1.21	3.66	-0.48
	GA62	Lago	1.4	52	0.9945	0.95	1.25	0.92	-0.38
	TL55	Lago	1.05	64	0.9876	1.46	1.67	1.14	-0.64
	CI05	Lago	4.8	63	0.9853	1.60	1.83	0.74	-0.12
	RM48	Lago	1.6	46	0.9873	1.61	1.94	1.19	0.08
	DR16	Transición	7.58	57	0.9737	2.42	2.34	1.24	0.20
	JC54	Lago	14.4	64	0.947	3.16	3.23	0.41	4.00
TL55 (Lago)	AL01	Lago	1.91	72	0.9904	0.98	1.26	0.73	0.26
	TL08	Lago	1.05	64	0.9876	1.29	1.43	0.86	0.78
	BL45	Lago	3.03	85	0.985	1.11	1.57	0.71	0.56
	DR16	Transición	6.63	63	0.9831	1.47	1.74	1.08	0.64
	VM29	Lago	7.84	101	0.9678	1.49	2.15	0.74	-0.17
	MT50	Lomas	6.01	46	0.9608	2.55	2.83	1.17	1.51
TP13 (Lomas)	FJ74	Lomas	4.37	27	0.9912	1.56	1.39	0.65	2.33
	A024	Transición	7.15	46	0.9836	1.40	1.77	0.61	0.21
	SI53	Lago	9.07	60	0.9762	1.36	2.01	0.46	0.99
	UI21	Lomas	13.13	62	0.9761	1.19	2.10	0.94	-0.79
	PA34	Lomas	16.42	31	0.9739	1.97	2.72	0.91	0.24
	CS78	Lomas	9.83	29	0.9738	1.93	2.96	0.87	0.74
UC44 (Lago)	ES57	Transición	3.61	34	0.9876	2.73	2.55	1.55	1.21
	CI05	Lago	1.59	38	0.9877	2.42	2.67	1.01	0.03
	EX12	Lago	1.2	36	0.932	2.99	2.96	0.99	1.36
	JC54	Lago	13.35	42	0.9442	5.44	4.89	0.54	7.10
	CO56	Lago	1.46	40	0.9537	4.48	5.15	1.00	-0.20
	TP13	Lomas	14.87	38	0.9437	4.85	5.84	1.56	4.85
UI21 (Lomas)	EO30	Transición	9.77	28	0.9949	1.09	1.12	0.93	0.51
	MT50	Lomas	10.02	42	0.9886	1.39	1.43	1.12	-0.20
	TE07	Lomas	7.59	20	0.9165	2.34	1.95	3.88	-2.28
	TP13	Lomas	13.13	62	0.9761	1.25	2.17	1.01	1.14
	JC54	Lago	16.21	61	0.9645	1.70	2.53	0.33	2.27
	CS78	Lomas	4.21	26	0.9696	2.30	3.23	0.87	2.20

	Estación	Tipo Suelo	Distancia km	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
VG09 (Lago)	HA41	Lago	6.11	12	0.9923	0.59	0.34	1.05	0.30
	TL55	Lago	2.2	85	0.9872	1.52	1.93	1.39	-0.57
	AU46	Transición	8.96	44	0.9837	2.68	2.31	1.27	1.68
	CI05	Lago	5.99	103	0.977	1.42	2.68	0.89	-0.06
	TL08	Lago	1.29	57	0.981	1.86	2.91	1.21	-0.02
	MT50	Lomas	8.01	45	0.9675	3.46	3.50	1.68	0.93
	VM29 (Lago)	RI76	Lago	7.49	33	0.9793	2.87	2.62	1.31
CI05		Lago	5.9	126	0.9596	1.88	2.98	0.82	1.02
TE07		Lomas	11.64	21	0.8868	3.10	3.04	4.75	0.14
CJ03		Lago	4.58	115	0.9569	2.05	3.20	0.98	1.23
PE10		Lago	0.72	53	0.9586	3.30	3.54	0.84	2.30
DR16		Transición	14.05	64	0.9239	4.30	4.36	1.32	2.58
X036 (Lago)		AP68	Lago	11.54	33	0.9883	3.12	4.21	1.40
	CU80	Lago	2.39	41	0.9817	3.32	5.28	1.09	-0.79
	VM29	Lago	11.82	82	0.9572	3.97	6.13	1.64	-2.53
	FJ74	Lomas	12.19	24	0.9642	7.78	6.25	1.44	6.85
	AU46	Transición	13.81	46	0.9682	4.78	6.27	2.01	1.53
	SP51	Lago	10.09	76	0.9579	3.81	6.41	1.54	-0.50
	XP06 (Lago)	CU80	Lago	13.68	25	0.9851	2.65	2.43	0.61
HJ72		Lago	0.8	36	0.9784	2.82	2.94	0.93	0.99
CA59		Lago	1.97	40	0.9653	3.19	3.86	1.11	0.46
JC54		Lago	11.25	41	0.9073	6.55	4.51	0.43	8.06
ES57		Transición	5.02	33	0.9417	5.10	4.53	1.25	3.16
MT50		Lomas	6.04	27	0.9044	7.45	5.57	1.43	5.17

Tabla 5. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico I_1

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		$y = ax + b$	
						Media	Desv.	a	b
AE02 (Lago)	HA41	Lago	2.49	5	0.9656	0.30	0.20	0.90	0.09
	TH35	Lago	17.05	42	0.9963	1.54	1.91	0.44	0.63
	CA59	Lago	6.6	52	0.9884	2.20	3.28	1.37	-0.90
	ES57	Transición	13.41	39	0.9784	3.70	4.87	3.07	1.97
	JC54	Lago	14.34	54	0.9616	4.36	5.52	0.53	2.90
	FJ74	Lomas	21.55	24	0.9801	4.48	5.59	3.58	2.93
AL01 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		$y = ax + b$	
						Media	Desv.	a	b
	TL55	Lago	1.91	72	0.9995	0.26	0.43	1.49	0.13
	CI05	Lago	2.83	89	0.9982	0.45	0.72	0.56	0.25
	GA62	Lago	0.65	46	0.9959	1.12	1.35	1.14	-0.57
	ME52	Transición	4.05	36	0.9961	1.20	1.47	2.85	0.82
	FJ74	Lomas	16.01	22	0.9973	1.30	1.50	2.60	1.16
VM29	Lago	6.13	92	0.9858	1.03	2.09	0.55	-0.42	
AO24 (Transición)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		$y = ax + b$	
						Media	Desv.	a	b
	TP13	Lomas	7.15	46	0.9995	0.37	0.41	4.05	0.21
	JC54	Lago	5.56	56	0.9994	0.31	0.49	0.36	0.08
	CO47	Transición	2.29	39	0.9991	0.45	0.67	2.61	0.18
	AU46	Transición	3.07	40	0.9989	0.54	0.74	1.61	-0.30
	SI53	Lago	1.92	47	0.9973	0.49	1.23	0.57	-0.04
DX37	Transición	2.92	51	0.9955	0.79	1.43	0.53	0.50	
AP68 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		$y = ax + b$	
						Media	Desv.	a	b
	SP51	Lago	2.09	37	0.9977	0.97	1.27	1.03	0.26
	GA62	Lago	7.07	30	0.9957	1.51	1.87	1.27	0.74
	VM29	Lago	2.04	36	0.9939	1.55	2.13	0.63	0.59
	JA43	Lago	3.25	36	0.9928	1.40	2.49	1.33	0.38
	FJ74	Lomas	14.24	22	0.9902	2.97	2.71	2.77	2.14
ES57	Transición	8.08	29	0.9763	3.80	4.24	2.37	2.73	

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
AR14 (Lago)	HA41	Lago	6.57	6	0.9967	0.20	0.13	0.81	-0.32
	TE07	Lomas	17	15	0.7725	1.89	1.90	17.52	1.46
	MY19	Lago	14.59	35	0.9575	1.46	2.41	0.87	0.24
	CE23	Lago	2.37	31	0.9279	2.04	3.22	1.15	0.91
	CA59	Lago	7.42	33	0.8927	2.21	3.92	1.06	-0.71
	DX37	Transición	17.3	30	0.8223	3.65	4.61	2.68	0.67
	AU11 (Lago)	CA59	Lago	4.96	64	0.9958	0.77	1.33	0.98
VM29		Lago	4.37	68	0.992	0.96	1.81	0.56	0.10
SP51		Lago	4.47	68	0.984	1.30	2.59	0.91	0.04
PD42		Lago	2.01	27	0.9881	2.63	2.66	1.08	-1.86
ME52		Transición	11.54	40	0.9705	3.47	3.57	2.77	2.08
FJ74		Lomas	16.69	27	0.9629	4.61	4.61	2.49	2.97
AU46 (Transición)		A024	Transición	3.07	40	0.9989	0.34	0.45	0.62
	E030	Transición	1.15	28	0.9991	0.38	0.47	1.67	-0.03
	C047	Transición	1.26	35	0.9985	0.48	0.51	1.61	0.35
	JC54	Lago	8.64	49	0.9976	0.47	0.58	0.22	0.24
	MT50	Lomas	5.03	38	0.9983	0.37	0.62	2.19	-0.16
	DR16	Transición	12.42	46	0.9959	0.54	0.85	1.70	-0.31
	BA49 (Lago)	JA43	Lago	2.25	51	0.9948	1.87	3.30	2.40
VM29		Lago	3.7	87	0.99	1.52	3.81	1.14	0.35
CJ03		Lago	1.29	80	0.9795	3.33	5.12	1.39	1.82
CJ04		Lago	1.28	61	0.9801	4.11	5.44	1.40	2.26
FJ74		Lomas	13.65	26	0.974	7.94	7.77	5.01	5.51
ME52		Transición	5.06	40	0.9692	6.04	8.25	5.57	3.95
BL45 (Lago)		LI33	Lago	23.87	64	0.9993	0.37	0.57	0.70
	CJ03	Lago	1.89	84	0.9975	0.68	0.91	0.75	0.37
	LI58	Lago	0.97	57	0.9979	0.48	1.15	0.91	-0.11
	VM29	Lago	5.28	93	0.9896	0.97	1.96	0.60	-0.46
	ME52	Transición	3.97	38	0.9911	2.01	2.30	3.06	1.15
	FJ74	Lomas	14.91	24	0.9875	3.08	3.19	2.80	2.34

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
BO39 (Lago)	AE02	Lago	6.36	48	0.9954	1.45	2.44	1.09	-0.06
	VG09	Lago	2.29	82	0.9871	1.43	3.39	1.23	0.41
	CI05	Lago	8.28	90	0.9832	2.03	3.50	0.87	0.90
	ES57	Transición	10.43	48	0.9765	3.99	4.98	3.38	1.98
	FJ74	Lomas	20.95	24	0.9799	6.12	4.99	3.92	3.59
	RI76	Lago	1.96	31	0.9769	4.99	5.88	2.41	-2.14
CA20 (Transición)	TE07	Lomas	8.15	12	0.9925	0.37	0.16	15.92	0.39
	HA41	Lago	9.29	4	1	0.22	0.38	0.09	0.00
	AO24	Transición	3.15	36	0.9823	0.30	0.46	1.06	0.21
	AU46	Transición	1.23	31	0.9757	0.39	0.56	1.33	0.30
	CO47	Transición	2.2	34	0.961	0.45	0.69	2.66	0.32
	DX37	Transición	6.02	53	0.7981	0.52	1.41	0.94	0.22
CA59 (Lago)	AU11	Lago	4.96	64	0.9958	0.80	1.35	1.01	0.30
	VM29	Lago	4.76	82	0.9941	0.85	1.44	0.57	0.30
	HJ72	Lago	1.3	58	0.9892	1.50	2.15	1.00	0.65
	BA49	Lago	3.39	78	0.9813	1.04	2.77	0.49	0.26
	ES57	Transición	6.99	50	0.9636	3.65	3.55	2.19	2.15
	FJ74	Lomas	16.7	26	0.9563	5.57	4.71	2.51	3.87
CE18 (Lomas)	CP28	Lomas	10.36	21	0.9994	0.10	0.11	0.27	0.01
	TP13	Lomas	10.71	21	0.9983	0.20	0.15	0.66	-0.17
	PA34	Lomas	15.03	16	0.999	0.14	0.16	0.40	-0.08
	CH84	Lago	4.59	22	0.9985	0.14	0.18	0.04	-0.06
	CO47	Transición	9.98	22	0.998	0.19	0.18	0.43	-0.16
	GC38	Lago	3.41	21	0.9896	0.45	0.41	0.08	-0.34
CE23 (Lago)	PD42	Lago	7.09	26	0.9868	1.22	1.77	0.50	-0.23
	AR14	Lago	2.37	31	0.9279	1.35	2.75	0.75	-0.15
	FJ74	Lomas	23.45	23	0.9485	2.36	2.91	1.11	1.38
	MY19	Lago	12.37	60	0.9356	1.46	2.96	0.41	0.61
	CA59	Lago	7.06	56	0.8973	1.40	4.02	0.48	0.45
	ES57	Transición	13.97	40	0.8227	3.18	5.47	0.98	1.74

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CE32 (Lago)	LI33	Lago	12.99	40	0.9962	0.65	1.08	0.46	-0.06
	AU11	Lago	3.71	40	0.9896	1.49	1.45	0.69	-1.11
	FJ74	Lomas	19.46	26	0.9846	2.04	2.30	1.81	0.93
	SP51	Lago	7.48	42	0.9746	1.91	2.66	0.65	-0.94
	DM12	Lago	6.68	42	0.9663	2.45	2.86	0.69	-1.52
	ES57	Transición	13.72	36	0.9668	2.11	3.41	1.55	0.86
CH84 (Lago)	MI15	Lago	4.89	51	0.9988	1.91	2.43	1.33	-1.31
	JC54	Lago	1.8	60	0.9986	1.75	2.64	1.34	-1.02
	DX37	Transición	2.05	57	0.9984	1.43	3.17	1.98	0.34
	PA34	Lomas	15.88	30	0.9986	2.06	3.89	9.09	0.26
	IB22	Lago	1.64	51	0.9947	4.19	5.14	2.09	-2.97
	SP51	Lago	3.81	62	0.9288	12.31	17.87	2.92	-7.38
CI05 (Lago)	CJ03	Lago	1.33	113	0.999	0.38	0.90	1.23	-0.04
	CJ04	Lago	1.33	76	0.9987	0.71	1.20	1.24	-0.19
	ME52	Transición	2.77	41	0.9955	1.88	2.86	5.06	0.08
	CS78	Lomas	8.71	31	0.9928	3.28	3.68	6.59	2.17
	VM29	Lago	5.9	126	0.9788	1.95	3.92	0.96	-0.91
	CO56	Lago	0.76	69	0.9815	3.10	4.50	1.17	-1.69
CJ03 (Lago)	CJ04	Lago	0.02	74	0.9998	0.22	0.45	1.01	-0.10
	CI05	Lago	1.33	113	0.999	0.31	0.73	0.81	0.04
	TL55	Lago	4.87	89	0.9985	0.55	1.00	2.15	-0.15
	TP13	Lomas	12.43	75	0.9893	1.72	2.74	6.21	0.90
	ME52	Transición	4.09	41	0.9936	1.85	2.76	4.09	0.28
	VM29	Lago	4.58	115	0.9819	1.60	3.03	0.78	-0.81
CJ04 (Lago)	CJ03	Lago	0.02	74	0.9998	0.22	0.44	0.99	0.10
	AL01	Lago	2.98	60	0.9989	0.65	0.91	1.43	-0.40
	CI05	Lago	1.33	76	0.9987	0.57	0.96	0.80	0.17
	ME52	Transición	4.09	40	0.9943	1.85	2.54	4.06	0.47
	VM29	Lago	4.58	77	0.9834	2.14	3.33	0.78	-1.12
	CS78	Lomas	8.95	30	0.9881	3.40	3.91	5.25	2.08

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						CO47 (Transición)	PA34	Lomas	22.26
AO24	Transición	2.29	39	0.9991	0.17		0.25	0.38	-0.07
JC54	Lago	7.75	49	0.9988	0.18		0.28	0.14	-0.01
AU46	Transición	1.26	35	0.9985	0.29		0.31	0.62	-0.21
GR27	Transición	10.9	48	0.9981	0.21		0.36	0.32	-0.14
EO30	Transición	1.95	29	0.998	0.36		0.40	1.03	-0.28
CO56 (Lago)	EX12	Lago	0.26	57	0.9674		0.95	2.11	1.46
	HJ72	Lago	3.2	58	0.9956	1.21	2.11	1.46	0.47
	CI05	Lago	0.76	69	0.9815	2.74	3.69	0.83	1.65
	VM29	Lago	5.63	71	0.9844	1.59	3.86	0.82	0.09
	ME52	Transición	3.08	41	0.9784	4.44	4.41	4.13	3.08
	FJ74	Lomas	14.03	26	0.971	6.09	6.17	3.70	4.45
	CP28 (Lomas)	CE18	Lomas	10.36	21	0.9994	0.35	0.42	3.68
DX37		Transición	12.97	43	0.9988	0.31	0.46	0.32	-0.12
TP13		Lomas	18.09	47	0.998	0.39	0.54	2.42	-0.21
CH84		Lago	12.27	43	0.9978	0.34	0.65	0.16	-0.10
MT50		Lomas	11.75	38	0.9947	0.81	0.91	2.13	-0.55
DM12		Lago	1.56	43	0.8369	3.66	4.88	0.46	-1.78
CS78 (Lomas)		IM40	Lomas	3.48	12	0.9862	0.12	0.10	0.95
	CO47	Transición	6.18	26	0.9993	0.15	0.21	0.75	-0.02
	CE18	Lomas	15.8	16	0.9989	0.30	0.27	1.75	0.29
	TP13	Lomas	9.83	29	0.9988	0.15	0.28	1.16	-0.02
	JC54	Lago	12.21	32	0.9984	0.20	0.28	0.10	0.01
	UI21	Lomas	4.21	26	0.9924	0.39	0.73	0.94	-0.28
	CT64 (Lomas)	TE07	Lomas	13.48	7	0.9901	0.00	0.00	0.14
CA20		Transición	11.56	11	0.948	0.01	0.01	0.01	-0.01
LV17		Lago	1.62	17	0.852	0.01	0.01	0.00	-0.01
CP28		Lomas	6.11	16	0.8163	0.01	0.01	0.02	0.00
CE18		Lomas	15.84	15	0.8224	0.01	0.02	0.08	0.00
CH84		Lago	16.6	19	0.964	0.11	0.10	0.01	0.00

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CU80 (Lago)	LI33	Lago	15.52	36	0.9986	2.11	2.89	2.02	-0.79
	GC38	Lago	2.35	35	0.9967	2.98	4.66	1.59	1.47
	CO56	Lago	14.72	47	0.9879	5.10	7.67	2.09	-2.68
	ME52	Transición	17.45	28	0.9893	6.48	8.89	8.84	1.62
	SP51	Lago	7.72	44	0.9819	6.52	9.63	2.84	-3.86
	FJ74	Lomas	11.71	17	0.9911	7.91	9.78	8.08	0.51
	DM12 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Media	Desv.	a
AU11		Lago	4.25	50	0.9889	1.60	2.10	0.94	0.70
TL08		Lago	4.55	58	0.923	3.83	5.75	1.09	2.04
FJ74		Lomas	18.68	27	0.9271	6.27	5.81	2.26	4.17
JC54		Lago	12.87	60	0.8622	5.63	6.97	0.34	3.52
ME52		Transición	9.46	42	0.8916	6.07	7.05	2.59	3.89
CP28		Lomas	1.56	43	0.8369	7.69	8.02	1.53	5.32
DR16 (Transición)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Media	Desv.	a	b
	GR27	Transición	2.73	60	0.9943	0.32	0.53	0.31	0.16
	DX37	Transición	18.18	58	0.9758	0.63	1.13	0.19	0.42
	ME52	Transición	6.53	40	0.9907	0.41	0.86	0.96	0.03
	AL01	Lago	7.97	53	0.9917	0.33	0.72	0.34	-0.12
	ES57	Transición	10.39	45	0.9971	0.24	0.44	0.75	0.07
	MT50	Lomas	7.93	44	0.9985	0.20	0.32	1.28	0.10
DX37 (Transición)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Media	Desv.	a	b
	CP28	Lomas	12.97	43	0.9988	0.98	1.46	3.16	0.38
	M115	Lago	5.52	56	0.9981	1.13	1.53	0.67	-0.76
	CH84	Lago	2.05	57	0.9984	0.72	1.60	0.50	-0.15
	AO24	Transición	2.92	51	0.9955	1.48	2.71	1.88	-0.89
	GR27	Transición	15.47	81	0.9927	1.33	2.85	1.58	-0.78
	CO47	Transición	5.04	47	0.9943	1.55	3.27	4.91	-0.76
EO30 (Transición)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Media	Desv.	a	b
	AU46	Transición	1.15	28	0.9991	0.23	0.28	0.60	0.03
	GR27	Transición	9.06	29	0.9986	0.31	0.31	0.31	0.08
	FJ74	Lomas	10.07	25	0.9987	0.30	0.34	0.92	0.16
	ES57	Transición	1.39	28	0.9978	0.37	0.43	0.77	-0.24
	JC54	Lago	9.65	32	0.9962	0.49	0.49	0.13	0.27
	DR16	Transición	11.78	30	0.9963	0.48	0.51	1.02	-0.29

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						ES57 (Transición)	MT50	Lomas	2.83
AU46	Transición	2.2	39	0.9987	0.27		0.40	0.78	0.21
EO30	Transición	1.39	28	0.9978	0.48		0.55	1.29	0.32
DR16	Transición	10.39	45	0.9971	0.31		0.59	1.33	-0.08
GR27	Transición	7.67	50	0.9962	0.41		0.61	0.41	0.19
CI05	Lago	2.22	50	0.9955	0.34		0.72	0.25	-0.06
EX12 (Lago)	LI58	Lago	0.46	56	0.9964		0.26	0.44	0.96
	CI05	Lago	0.77	67	0.9797	0.45	1.04	0.93	-0.03
	TE07	Lomas	6.77	19	0.883	1.36	1.31	21.27	1.33
	C056	Lago	0.26	57	0.9674	0.58	1.42	0.64	-0.01
	A024	Transición	6.92	45	0.9317	1.36	1.99	2.28	0.50
	VM29	Lago	5.89	69	0.9005	1.03	2.20	0.48	0.18
	FJ74 (Lomas)	IM40	Lomas	4.66	17	0.9935	0.09	0.11	1.46
A024		Transición	8.74	23	0.9994	0.23	0.26	0.40	-0.08
PA34		Lomas	20.44	19	0.9994	0.26	0.28	0.97	0.20
TP13		Lomas	4.37	27	0.9993	0.15	0.31	1.63	0.02
CP28		Lomas	20.17	26	0.9984	0.32	0.43	0.67	0.23
AL01		Lago	16.01	22	0.9973	0.50	0.57	0.38	-0.43
GA62 (Lago)		LI58	Lago	2.25	47	0.998	0.58	0.87	0.73
	AL01	Lago	0.65	46	0.9959	0.99	1.16	0.87	0.53
	TL55	Lago	1.61	53	0.9936	1.11	1.40	1.30	0.67
	CI05	Lago	3.47	54	0.9882	1.58	1.80	0.48	0.97
	ME52	Transición	4.61	35	0.9869	2.36	1.95	2.45	1.72
	FJ74	Lomas	16.54	22	0.9898	2.41	2.23	2.21	1.63
	GC38 (Lago)	IB22	Lago	4.01	47	0.9985	0.95	1.76	1.16
A024		Transición	6.87	45	0.9958	1.99	2.86	2.06	0.96
CU80		Lago	2.35	35	0.9967	1.86	2.92	0.62	-0.84
JC54		Lago	2.37	55	0.9946	1.88	3.04	0.74	0.94
CS78		Lomas	14.22	26	0.9951	3.04	3.75	7.16	0.94
SP51		Lago	5.39	56	0.9617	5.30	7.71	1.69	-3.27

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						GR27 (Transición)	CS78	Lomas	12.55
JC54	Lago	17.93	67	0.9983	0.53		0.89	0.42	0.29
AU46	Transición	9.69	45	0.9987	0.55		0.93	1.90	-0.08
ES57	Transición	7.67	50	0.9962	0.99		1.49	2.43	-0.44
DR16	Transición	2.73	60	0.9943	1.02		1.72	3.22	-0.48
DX37	Transición	15.47	81	0.9927	0.84		1.78	0.62	0.53
HA41 (Lago)	MI15	Lago	15.07	17	0.4275		0.56	0.20	0.85
	NZ31	Lago	5.93	17	0.9854	0.49	0.84	0.65	0.17
	AR14	Lago	6.57	6	0.9967	1.07	0.87	1.23	0.41
	VM29	Lago	6.45	16	0.988	0.54	0.99	0.64	-0.09
	UI21	Lomas	21.04	14	0.2012	3.18	4.35	2.51	1.04
	CA20	Transición	9.29	4	1	26.65	46.15	11.00	0.00
	HJ72 (Lago)	RM48	Lago	1.16	47	0.9981	0.62	1.03	1.84
TL55		Lago	3.29	61	0.9932	1.13	1.68	1.52	0.63
XP06		Lago	0.8	36	0.9945	1.52	1.73	0.64	0.69
ME52		Transición	5.87	41	0.9865	2.29	2.50	2.85	1.47
JC54		Lago	11.77	62	0.969	2.64	3.33	0.38	1.79
FJ74		Lomas	15.89	26	0.9764	3.40	4.22	2.57	2.30
IB22 (Lago)		GC38	Lago	4.01	47	0.9985	1.12	4.56	0.86
	JC54	Lago	3.37	53	0.9959	2.78	10.77	0.63	0.91
	SP51	Lago	2.47	52	0.9553	4.54	12.52	1.44	-3.01
	CH84	Lago	1.64	51	0.9947	4.21	15.76	0.47	1.48
	A024	Transición	2.99	44	0.9966	7.36	25.33	1.77	0.87
	CS78	Lomas	10.83	27	0.9966	63.29	212.57	6.17	0.85
	IM40 (Lomas)	E030	Transición	5.59	17	0.9939	0.06	0.07	0.56
FJ74		Lomas	4.66	17	0.9935	0.07	0.08	0.67	0.03
MT50		Lomas	8.78	15	0.993	0.08	0.08	0.55	0.01
CS78		Lomas	3.48	12	0.9862	0.12	0.11	1.02	-0.01
CH84		Lago	8.66	20	0.9501	0.18	0.18	0.12	-0.08
TP13		Lomas	6.4	19	0.963	0.13	0.19	1.24	-0.04

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
JA43 (Lago)	RM48	Lago	3.23	44	0.995	1.05	1.28	1.52	0.62
	VM29	Lago	2.54	58	0.9938	0.79	1.43	0.47	0.14
	SP51	Lago	4.22	59	0.9894	1.03	1.86	0.76	0.03
	XP06	Lago	1.9	38	0.9881	1.91	1.93	0.53	1.22
	ME52	Transición	7.16	40	0.9687	3.11	2.96	2.31	2.10
	FJ74	Lomas	14.56	28	0.9615	3.79	3.93	2.07	2.60
	JC54 (Lago)	AO24	Transición	5.56	56	0.9994	0.87	1.38	2.79
MI15		Lago	3.12	59	0.999	0.77	1.81	0.99	-0.06
CH84		Lago	1.8	60	0.9986	1.30	1.97	0.75	0.79
PA34		Lomas	14.51	34	0.9986	2.00	2.38	6.78	1.27
VM29		Lago	7.15	75	0.9556	6.83	9.57	1.37	-3.93
SP51		Lago	5.6	75	0.9385	7.18	11.76	2.19	-4.07
LI33 (Lago)		BL45	Lago	23.87	64	0.9993	0.51	0.81	1.42
	TH35	Lago	5	56	0.9972	0.94	1.80	0.48	-0.20
	ME52	Transición	27.78	42	0.9955	1.83	2.28	4.35	0.54
	NZ31	Lago	13.42	76	0.9889	1.91	2.91	1.05	-0.95
	VM29	Lago	19.49	79	0.9891	1.60	2.99	0.85	-0.89
	MT50	Lomas	27.91	42	0.9864	2.61	4.39	5.74	0.81
	LI58 (Lago)	EX12	Lago	0.46	56	0.9964	0.28	0.46	1.04
AL01		Lago	1.61	51	0.9983	0.69	1.09	1.20	0.27
ME52		Transición	3.03	41	0.9889	2.29	2.82	3.37	1.32
BA49		Lago	2.18	62	0.986	1.75	2.82	0.58	-0.70
SP51		Lago	7.62	65	0.9855	1.58	2.97	1.07	-0.74
FJ74		Lomas	14.59	25	0.9864	3.20	3.76	3.06	2.32
LV17 (Lago)		AL01	Lago	6.35	86	0.9984	0.27	0.75	0.98
	VG09	Lago	4.15	101	0.9964	0.47	1.00	0.78	-0.11
	ME52	Transición	8.31	41	0.9949	1.16	1.67	2.79	0.69
	VM29	Lago	11.76	116	0.9819	1.02	2.10	0.53	-0.37
	CT64	Lomas	1.62	17	0.852	3.25	2.27	176.58	4.16
	MT50	Lomas	9.9	46	0.9891	1.61	2.31	3.70	0.85

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ME52 (Transición)	TE07	Lomas	4.53	17	0.9876	0.16	0.13	7.37	0.20
	UC44	Lago	1.89	35	0.9984	0.29	0.32	0.35	-0.03
	ES57	Transición	3.87	38	0.9953	0.31	0.65	0.77	0.10
	GR27	Transición	3.83	40	0.9912	0.51	0.81	0.32	0.29
	MT50	Lomas	1.62	35	0.9912	0.44	0.92	1.32	0.14
	DX37	Transición	11.9	41	0.9797	0.86	1.15	0.19	0.64
MI15 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	JC54	Lago	3.12	59	0.999	0.79	1.82	1.01	0.08
	CH84	Lago	4.89	51	0.9988	1.44	1.83	0.75	1.01
	AO24	Transición	8.44	46	0.9988	1.23	2.19	2.82	-0.19
	CE18	Lomas	7.42	22	0.9977	3.64	3.29	17.26	2.95
	CU80	Lago	2.61	35	0.9897	5.38	6.32	0.84	-3.25
VM29	Lago	10.26	62	0.9575	8.05	9.88	1.40	-4.82	
MT50 (Lomas)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	UI21	Lomas	10.02	42	0.999	0.11	0.20	0.93	0.02
	ES57	Transición	2.83	37	0.9989	0.15	0.22	0.58	-0.03
	JC54	Lago	13.67	49	0.993	0.32	0.49	0.10	0.17
	CS78	Lomas	7.43	26	0.9948	0.39	0.55	0.98	0.28
	TP13	Lomas	14.13	44	0.9924	0.32	0.55	1.13	0.18
ME52	Transición	1.62	35	0.9912	0.33	0.69	0.74	-0.08	
MY19 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	LI33	Lago	9.76	67	0.9974	0.70	1.22	0.79	0.31
	SP51	Lago	8.56	86	0.9878	1.20	2.58	1.13	-0.42
	CE32	Lago	4.32	40	0.9914	1.94	2.79	1.71	1.07
	CI05	Lago	15.43	87	0.969	1.84	4.10	0.69	0.84
	FJ74	Lomas	18.99	26	0.9722	4.01	5.82	3.08	2.36
ME52	Transición	18.07	42	0.9603	3.48	6.15	3.44	1.96	
NZ20 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	LI33	Lago	10.9	45	0.995	1.92	2.75	1.12	-0.83
	TP13	Lomas	22.08	42	0.9889	3.31	3.95	7.37	1.66
	MY19	Lago	7.62	46	0.9831	3.68	4.97	1.37	-1.81
	ES57	Transición	19.53	40	0.9873	2.74	5.04	3.82	0.74
	JC54	Lago	16.87	48	0.9813	3.58	5.27	0.66	2.09
NZ31	Lago	3.09	47	0.9645	4.87	7.37	1.10	-2.84	

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						NZ31 (Lago)	AU11	Lago	7.32
VM29	Lago	11.68	96	0.9658	1.76		5.23	0.83	0.31
VG09	Lago	11.45	87	0.9554	2.50		6.00	1.17	1.06
NZ20	Lago	3.09	47	0.9645	4.69		6.17	0.85	3.18
FJ74	Lomas	23.84	29	0.9584	6.40		7.21	3.58	4.16
ME52	Transición	17.45	42	0.9298	6.36		9.39	4.05	4.09
PA34 (Lomas)	CO47	Transición	22.26	26	0.9993		0.30	0.20	1.08
	FJ74	Lomas	20.44	19	0.9994	0.27	0.28	1.03	-0.20
	CP28	Lomas	25.17	28	0.9994	0.18	0.28	0.69	0.06
	TP13	Lomas	16.42	31	0.9988	0.28	0.33	1.67	-0.14
	CH84	Lago	15.88	30	0.9986	0.22	0.43	0.11	-0.02
	XO36	Lago	9.36	30	0.8561	2.98	3.64	0.14	-1.74
	PD42 (Lago)	AU11	Lago	2.01	27	0.9881	2.51	2.35	0.91
CE23		Lago	7.09	26	0.9868	2.45	3.41	1.93	0.81
FJ74		Lomas	16.5	18	0.94	6.83	5.53	2.15	5.91
CE32		Lago	5.47	29	0.9319	6.07	6.77	1.36	4.82
JA43		Lago	2.78	29	0.9171	5.59	8.28	1.17	3.20
ES57		Transición	8.57	25	0.8201	10.09	11.39	1.89	7.52
PE10 (Lago)		LI33	Lago	20.14	45	0.9984	0.84	1.24	0.88
	CO56	Lago	5.21	54	0.9911	1.85	2.67	0.90	-1.06
	ME52	Transición	8.17	37	0.9898	2.71	3.13	3.83	1.29
	VM29	Lago	0.72	53	0.9871	2.29	3.22	0.75	-1.06
	SP51	Lago	2.14	51	0.9805	2.81	4.05	1.21	-1.40
	CS78	Lomas	10.51	27	0.9791	4.96	4.62	4.91	3.22
	RI76 (Lago)	BA49	Lago	6.33	31	0.9943	0.94	1.20	0.30
DM12		Lago	1.74	32	0.986	1.14	2.12	0.62	-0.17
CA59		Lago	3.02	34	0.9803	1.51	2.35	0.61	0.43
TL08		Lago	3.71	33	0.9681	2.31	2.73	0.70	1.35
ME52		Transición	9.07	26	0.9369	4.03	3.72	1.67	2.53
FJ74		Lomas	19.72	14	0.951	4.44	4.05	1.47	2.84

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						RM48 (Lago)	LI33	Lago	22.67
HJ72	Lago	1.16	47	0.9981	0.34		0.56	0.54	-0.06
TL55	Lago	2.45	47	0.9933	0.82		0.90	0.82	0.36
ME52	Transición	5.95	39	0.984	1.44		1.44	1.54	0.76
JC54	Lago	12.9	48	0.9694	1.83		1.80	0.20	1.20
FJ74	Lomas	16.97	25	0.9787	1.84		2.15	1.39	1.08
SI53 (Lago)	CA20	Transición	1.67	48	0.9275		0.47	1.24	1.26
	MI15	Lago	9.98	52	0.9986	0.79	1.37	0.62	0.20
	TP13	Lomas	9.07	60	0.9972	0.94	1.85	7.11	0.24
	AO24	Transición	1.92	47	0.9973	0.86	2.17	1.75	0.10
	VM29	Lago	2.6	78	0.9702	3.25	5.01	0.88	-1.86
	SP51	Lago	3.39	73	0.9508	4.11	6.74	1.40	-2.25
	SP51 (Lago)	AP68	Lago	2.09	37	0.9977	0.94	1.23	0.96
VM29		Lago	1.77	90	0.9852	1.15	2.43	0.61	0.17
CJ03		Lago	6.22	84	0.9744	1.92	3.11	0.75	1.15
CI05		Lago	7.55	88	0.9688	2.08	3.34	0.61	1.18
ME52		Transición	10.32	44	0.9694	3.49	3.99	3.03	2.53
FJ74		Lomas	12.22	27	0.9561	4.92	5.84	2.66	3.77
TE07 (Lomas)		AU46	Transición	7.47	13	0.996	0.02	0.01	0.08
	MT50	Lomas	3.49	14	0.9952	0.02	0.01	0.12	-0.01
	JC54	Lago	15.85	20	0.9854	0.02	0.01	0.03	-0.03
	PA34	Lomas	30.33	13	0.9955	0.01	0.01	0.16	0.00
	TP13	Lomas	15.21	20	0.9794	0.02	0.02	0.30	-0.02
	CS78	Lomas	6.46	12	0.9559	0.04	0.05	0.22	-0.02
	TH35 (Lago)	LI33	Lago	5	56	0.9972	1.96	3.69	2.05
AE02		Lago	17.05	42	0.9963	3.40	4.35	2.24	-1.25
BO39		Lago	22.74	60	0.9918	2.92	6.39	2.03	-0.76
VM29		Lago	17.49	59	0.9874	3.62	8.00	1.77	-1.51
ME52		Transición	26.11	32	0.98	8.98	11.41	8.91	4.17
FJ74		Lomas	23.2	23	0.9745	10.78	15.25	8.05	4.61

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
TL08 (Lago)	LI58	Lago	3.57	57	0.9981	0.44	0.84	0.73	-0.14
	TL55	Lago	1.05	64	0.9952	0.62	1.28	1.31	0.22
	CI05	Lago	4.8	63	0.9908	1.02	1.71	0.49	0.47
	ME52	Transición	5.46	41	0.9871	1.79	2.22	2.46	0.83
	CS78	Lomas	13.5	29	0.9859	2.57	2.27	3.15	1.72
	JC54	Lago	14.4	64	0.9751	1.92	2.60	0.33	1.22
	TL55 (Lago)	AL01	Lago	1.91	72	0.9995	0.17	0.29	0.67
BL45		Lago	3.03	85	0.9974	0.32	0.63	0.61	-0.14
TL08		Lago	1.05	64	0.9952	0.46	0.98	0.76	-0.14
ES57		Transición	6.67	50	0.9939	0.73	1.16	1.47	0.34
VM29		Lago	7.84	101	0.9857	0.71	1.33	0.36	-0.34
CS78		Lomas	13.04	30	0.9923	1.29	1.44	2.46	0.93
TP13 (Lomas)		AO24	Transición	7.15	46	0.9995	0.09	0.10	0.25
	FJ74	Lomas	4.37	27	0.9993	0.09	0.19	0.61	-0.01
	PA34	Lomas	16.42	31	0.9988	0.17	0.20	0.60	0.09
	JC54	Lago	5.27	60	0.9978	0.11	0.23	0.09	0.00
	CS78	Lomas	9.83	29	0.9988	0.13	0.24	0.86	0.02
	UI21	Lomas	13.13	62	0.9908	0.20	0.48	0.81	-0.13
	UC44 (Lago)	EX12	Lago	1.2	36	0.9605	0.73	0.83	0.53
ME52		Transición	1.89	35	0.9984	0.83	0.92	2.84	0.10
CI05		Lago	1.59	38	0.9981	0.69	1.08	0.56	0.09
JC54		Lago	13.35	42	0.9914	1.53	2.15	0.38	1.28
MT50		Lomas	2.85	35	0.9908	1.44	2.60	3.75	0.52
C056		Lago	1.46	40	0.9804	2.66	3.07	0.66	-1.63
UI21 (Lomas)		TE07	Lomas	7.59	20	0.9905	0.19	0.14	10.33
	MT50	Lomas	10.02	42	0.999	0.12	0.22	1.07	-0.01
	DR16	Transición	16.36	54	0.997	0.19	0.34	0.83	-0.07
	TP13	Lomas	13.13	62	0.9908	0.25	0.59	1.22	0.17
	JC54	Lago	16.21	61	0.9904	0.29	0.59	0.11	0.16
	CS78	Lomas	4.21	26	0.9924	0.41	0.77	1.04	0.33

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
VG09 (Lago)	AL01	Lago	3.16	80	0.9978	0.47	1.15	1.26	0.06
	TL55	Lago	2.2	85	0.9963	0.79	1.34	1.88	0.37
	CI05	Lago	5.99	103	0.9948	0.78	1.49	0.70	0.36
	TL08	Lago	1.29	57	0.9962	0.82	1.73	1.45	0.22
	ES57	Transición	8.16	46	0.9923	2.10	2.14	2.76	1.20
	MT50	Lomas	8.01	45	0.9907	2.07	2.61	4.72	1.07
	VM29 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b
						Media	Desv.	a	b
RM48		Lago	5.76	48	0.9953	1.47	2.95	3.23	0.86
CJ03		Lago	4.58	115	0.9819	2.13	3.75	1.23	1.19
CI05		Lago	5.9	126	0.9788	2.11	3.93	1.00	1.11
PE10		Lago	0.72	53	0.9871	3.13	4.17	1.30	1.66
ME52		Transición	8.66	43	0.9695	5.93	6.41	4.93	3.73
CS78	Lomas	11.22	30	0.9675	7.87	6.81	6.30	5.56	
XO36 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	AU11	Lago	12.8	61	0.9866	3.16	5.34	2.20	1.62
	SP51	Lago	10.09	76	0.9517	4.52	10.55	2.09	1.73
	VM29	Lago	11.82	82	0.9443	4.51	11.01	1.28	1.97
	FJ74	Lomas	12.19	24	0.9578	10.69	11.76	5.36	8.18
	CU80	Lago	2.39	41	0.9233	10.45	15.28	0.70	6.71
ES57	Transición	16.01	45	0.9111	10.17	16.11	4.77	6.74	
XP06 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	BL45	Lago	1.52	37	0.9974	1.47	1.93	1.44	0.23
	HJ72	Lago	0.8	36	0.9945	2.35	2.69	1.54	-0.93
	CA59	Lago	1.97	40	0.987	3.75	3.61	1.52	-2.31
	JC54	Lago	11.25	41	0.9776	5.21	4.27	0.59	3.68
	ES57	Transición	5.02	33	0.9828	4.58	4.65	3.41	2.14
FJ74	Lomas	15.11	25	0.9797	5.58	5.69	4.02	2.91	

Tabla 6. Modelo Lineal para el Parámetro Sísmico D

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
						AE02 (Lago)	HA41	Lago	2.49
	TH35	Lago	17.05	42	0.9691	18.02	14.97	1.03	-10.25
	CA59	Lago	6.6	52	0.9463	22.14	19.31	1.24	-4.29
	ES57	Transición	13.41	39	0.9142	29.31	23.33	2.41	14.02
	UI21	Lomas	23.47	44	0.8949	32.86	25.51	3.02	18.91
	JC54	Lago	14.34	54	0.8826	31.07	28.70	1.80	-17.20
AL01 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	TL55	Lago	1.91	72	0.9831	6.29	5.15	1.08	3.39
	GA62	Lago	0.65	46	0.9867	5.83	5.74	0.85	2.65
	AO24	Transición	8.2	44	0.9575	11.80	7.79	1.26	11.08
	PA34	Lomas	26.75	28	0.9073	19.17	12.15	1.67	27.29
	VM29	Lago	6.13	92	0.9402	6.48	13.16	0.64	0.09
CI05	Lago	2.83	89	0.9251	7.72	14.57	0.86	1.04	
AO24 (Transición)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	ES57	Transición	5.27	42	0.9748	6.56	5.39	1.05	3.74
	AL01	Lago	8.2	44	0.9575	8.64	6.39	0.73	-5.64
	SI53	Lago	1.92	47	0.9595	8.00	6.94	0.80	-2.71
	CO47	Transición	2.29	39	0.9387	10.05	8.37	1.21	12.57
	MT50	Lomas	8.11	38	0.9522	8.83	8.38	1.09	8.11
DX37	Transición	2.92	51	0.8603	9.68	16.32	0.83	1.65	
AP68 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	HJ72	Lago	5.3	31	0.9699	13.19	9.44	1.13	4.46
	JA43	Lago	3.25	36	0.9225	18.03	17.67	0.98	20.36
	ME52	Transición	10.23	30	0.8945	22.27	19.23	1.78	36.44
	SP51	Lago	2.09	37	0.8848	20.72	22.03	0.99	8.85
	MT50	Lomas	10.27	27	0.7468	33.75	30.34	1.37	52.58
VM29	Lago	2.04	36	0.7631	26.95	32.90	0.69	11.55	

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
AR14 (Lago)	RI76	Lago	4.4	21	0.9861	11.83	7.41	1.07	-7.56
	CE23	Lago	2.37	31	0.9764	13.70	9.27	0.97	11.59
	MY19	Lago	14.59	35	0.969	14.08	12.02	1.05	-8.58
	CA59	Lago	7.42	33	0.9578	17.61	13.14	1.04	-13.57
	CA20	Transición	13.29	19	0.9478	18.76	13.86	1.83	-15.07
	PA34	Lomas	29.46	21	0.799	40.02	30.28	2.34	33.81
	AU11 (Lago)	HA41	Lago	2.92	13	0.9882	10.05	5.86	1.16
PD42		Lago	2.01	27	0.9375	25.58	17.84	1.00	6.19
CA20		Transición	7.81	43	0.8853	23.67	26.81	1.99	-2.79
SP51		Lago	4.47	68	0.891	24.52	28.01	1.28	-6.21
VM29		Lago	4.37	68	0.8366	26.12	36.72	0.95	-4.73
MT50		Lomas	11.87	42	0.7493	48.55	38.55	2.14	33.33
AU46 (Transición)		PA34	Lomas	23.13	29	0.9785	7.29	3.97	1.33
	CO47	Transición	1.26	35	0.9756	6.99	5.11	1.24	6.01
	EO30	Transición	1.15	28	0.9687	7.69	5.96	1.12	6.25
	DR16	Transición	12.42	46	0.9771	5.10	6.06	1.11	0.01
	AL01	Lago	6.05	43	0.9514	9.00	6.63	0.69	-6.71
	ES57	Transición	2.2	39	0.954	6.39	9.34	0.99	0.31
	BA49 (Lago)	GA62	Lago	3.07	51	0.9448	18.19	14.60	1.20
CA20		Transición	2.71	52	0.8634	21.06	17.69	1.68	12.46
VM29		Lago	3.7	87	0.9288	16.90	20.58	0.95	5.70
UI21		Lomas	13.76	65	0.8024	37.26	27.32	2.00	33.68
CJ03		Lago	1.29	80	0.8204	23.95	33.95	1.21	14.24
CJ04		Lago	1.28	61	0.8021	27.65	36.66	1.14	20.92
BL45 (Lago)		TL08	Lago	3.04	59	0.9855	7.21	6.80	1.02
	CJ03	Lago	1.89	84	0.9821	6.63	7.45	1.02	-1.26
	LI58	Lago	0.97	57	0.9731	9.27	9.94	1.00	-1.79
	CA20	Transición	4.09	53	0.9603	7.64	10.22	1.34	0.73
	VM29	Lago	5.28	93	0.9547	9.70	11.88	0.72	-3.92
	UI21	Lomas	14.03	66	0.8663	19.91	19.54	1.98	12.27

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
B039 (Lago)	CA59	Lago	4.41	70	0.9837	7.56	10.13	1.00	1.12
	RI76	Lago	1.96	31	0.954	18.14	14.05	0.99	12.66
	CA20	Transición	10.03	52	0.9271	14.73	14.09	1.54	4.38
	VG09	Lago	2.29	82	0.9575	11.33	15.51	1.09	-1.12
	CI05	Lago	8.28	90	0.9202	15.07	20.80	1.17	-0.94
	UI21	Lomas	20.2	67	0.8309	30.07	25.33	2.41	18.13
	CA20 (Transición)	HA41	Lago	9.29	4	1	0.00	0.00	0.48
AO24		Transición	3.15	36	0.9668	6.52	6.03	1.07	4.69
UI21		Lomas	11.85	49	0.8386	11.99	13.18	1.34	9.57
CO47		Transición	2.2	34	0.8149	14.49	13.89	1.25	18.98
AU46		Transición	1.23	31	0.8629	11.66	14.03	1.02	12.56
DX37		Transición	6.02	53	0.8819	6.40	14.09	1.01	1.71
CA59 (Lago)		HA41	Lago	4.44	10	0.9938	6.18	4.91	0.97
	HJ72	Lago	1.3	58	0.9826	8.77	9.78	1.15	0.79
	VM29	Lago	4.76	82	0.9587	13.00	13.70	0.90	-3.86
	CA20	Transición	5.91	53	0.9336	14.21	14.21	1.61	3.77
	BA49	Lago	3.39	78	0.9272	15.82	18.44	0.87	-5.00
	UI21	Lomas	17.09	63	0.8095	30.92	27.32	2.29	19.32
	CE18 (Lomas)	TE07	Lomas	17.63	7	0.998	0.65	0.69	0.95
CO47		Transición	9.98	22	0.9554	5.92	3.00	0.65	-5.55
CP28		Lomas	10.36	21	0.9642	4.71	3.56	0.73	-4.53
TP13		Lomas	10.71	21	0.9497	5.29	4.15	0.72	-3.20
UC44		Lago	13.27	20	0.8851	8.05	6.97	0.52	-20.53
GC38		Lago	3.41	21	0.7818	11.45	8.65	0.35	-13.01
CE23 (Lago)		AR14	Lago	2.37	31	0.9764	13.16	10.29	0.99
	RI76	Lago	4.23	31	0.97	15.87	10.54	1.05	-16.53
	MY19	Lago	12.37	60	0.9519	15.57	13.14	1.00	-9.92
	CA59	Lago	7.06	56	0.9357	19.74	13.74	0.94	-15.11
	ME52	Transición	13.19	38	0.8961	24.72	22.69	2.19	-4.28
	PA34	Lomas	27.38	27	0.7553	39.98	38.72	2.17	20.54

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CE32 (Lago)	CE23	Lago	8.07	37	0.9689	14.02	11.50	0.94	-0.38
	DM12	Lago	6.68	42	0.9617	15.93	12.51	0.95	-25.68
	AU11	Lago	3.71	40	0.929	18.90	17.18	0.73	-15.40
	SP51	Lago	7.48	42	0.8872	27.37	20.18	1.17	-39.21
	ES57	Transición	13.72	36	0.8884	26.13	21.61	1.88	-8.70
	MT50	Lomas	15.56	31	0.7562	37.32	37.63	1.66	19.36
	CH84 (Lago)	CA20	Transición	7.03	39	0.9743	7.43	3.99	1.06
AL01		Lago	11.3	47	0.9712	7.73	5.88	0.82	5.05
JC54		Lago	1.8	60	0.9741	7.44	5.89	0.91	-1.38
IB22		Lago	1.64	51	0.9636	9.19	6.34	0.95	2.99
SP51		Lago	3.81	62	0.9566	9.01	8.37	0.68	3.00
MT50		Lomas	12.27	41	0.8349	17.39	15.78	1.04	28.70
CI05 (Lago)		CA20	Transición	3.35	67	0.9509	8.98	10.58	1.41
	TL55	Lago	4.45	98	0.9577	9.44	12.24	1.16	5.05
	VM29	Lago	5.9	126	0.958	7.27	12.44	0.74	-0.36
	CO56	Lago	0.76	69	0.9441	10.30	14.85	0.86	3.56
	UI21	Lomas	12.02	83	0.8423	21.72	21.11	1.58	16.53
	CJ03	Lago	1.33	113	0.8608	11.65	23.86	0.97	5.55
	CJ03 (Lago)	GA62	Lago	3.53	49	0.9828	7.51	7.43	0.94
CJ04		Lago	0.02	74	0.9826	4.63	8.76	0.95	1.01
CA20		Transición	2.31	62	0.9386	10.49	10.39	1.29	4.07
VM29		Lago	4.58	115	0.8961	8.79	18.65	0.62	0.41
CI05		Lago	1.33	113	0.8608	11.03	20.93	0.77	2.20
MT50		Lomas	4.01	44	0.8028	25.78	22.06	1.34	27.88
CJ04 (Lago)		CJ03	Lago	0.02	74	0.9826	4.11	9.35	1.01
	VM29	Lago	4.58	77	0.8812	13.24	22.13	0.64	1.82
	CI05	Lago	1.33	76	0.8317	16.44	25.43	0.78	4.31
	GA62	Lago	3.52	48	0.9832	7.39	7.91	0.97	1.83
	CA20	Transición	2.32	50	0.9409	11.17	10.62	1.30	5.54
	MT50	Lomas	4.02	44	0.8212	26.31	21.49	1.44	27.00

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
C047 (Transición)	EO30	Transición	1.95	29	0.9752	5.45	4.06	0.91	-0.84
	AU46	Transición	1.26	35	0.9756	5.39	4.16	0.77	-3.46
	PA34	Lomas	22.26	26	0.977	5.20	4.39	1.05	3.03
	MI15	Lago	10.48	45	0.9099	10.20	6.20	0.53	-14.23
	AO24	Transición	2.29	39	0.9387	7.97	6.23	0.73	-6.58
	GR27	Transición	10.9	48	0.8932	10.15	7.69	0.70	-11.15
	C056 (Lago)	GA62	Lago	2.74	49	0.9845	8.62	6.84	1.05
CA20		Transición	3.55	51	0.9542	11.97	9.25	1.47	6.25
EX12		Lago	0.26	57	0.9578	10.59	11.99	1.02	4.19
VM29		Lago	5.63	71	0.9607	10.21	13.03	0.80	-1.03
CI05		Lago	0.76	69	0.9441	9.80	17.19	1.03	1.70
UI21		Lomas	12.77	56	0.8376	25.01	22.97	2.02	22.88
CP28 (Lomas)		EO30	Transición	11.53	29	0.9635	5.70	4.21	0.82
	CE18	Lomas	10.36	21	0.9642	6.02	4.94	1.27	7.72
	TP13	Lomas	18.09	47	0.951	4.48	5.50	1.04	1.12
	MT50	Lomas	11.75	38	0.9553	4.91	5.70	0.76	-0.83
	UC44	Lago	8.98	35	0.8273	11.00	9.19	0.58	-11.36
	DM12	Lago	1.56	43	0.5985	12.88	14.64	0.20	0.81
	CS78 (Lomas)	CE18	Lomas	15.8	16	0.9832	4.55	3.19	1.30
UI21		Lomas	4.21	26	0.9561	6.49	4.24	0.90	-4.26
TP13		Lomas	9.83	29	0.9667	4.22	4.44	0.96	-1.03
IM40		Lomas	3.48	12	0.9368	4.46	4.71	0.88	-0.68
CO47		Transición	6.18	26	0.9624	5.57	4.93	0.84	-2.44
AL01		Lago	11.54	26	0.864	11.09	7.13	0.46	-10.29
CT64 (Lomas)		HA41	Lago	8.24	3	0.9831	0.00	0.00	0.00
	TE07	Lomas	13.48	7	0.9781	0.86	0.88	0.37	-0.52
	CA20	Transición	11.56	11	0.7784	2.66	2.17	0.13	-6.30
	CP28	Lomas	6.11	16	0.6703	2.09	2.52	0.12	-1.24
	LV17	Lago	1.62	17	0.5907	3.21	3.11	0.09	-5.28
	CE18	Lomas	15.84	15	0.6283	2.62	3.68	0.18	0.08

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
CU80 (Lago)	TH35	Lago	11.52	31	0.9364	20.59	19.77	0.85	10.29
	CO56	Lago	14.72	47	0.9037	24.15	24.36	1.19	9.19
	GC38	Lago	2.35	35	0.8619	29.23	25.38	1.43	14.10
	DX37	Transición	5.98	38	0.8699	31.97	26.01	1.83	19.95
	SP51	Lago	7.72	44	0.8693	28.11	28.59	1.25	6.10
	UI21	Lomas	19.38	36	0.7775	41.91	34.38	2.36	38.60
	DM12 (Lago)	HA41	Lago	2.37	11	0.9902	9.28	5.14	1.12
TL08		Lago	4.55	58	0.9711	12.91	12.30	1.30	4.72
JC54		Lago	12.87	60	0.9184	22.46	18.77	1.52	-11.27
CA20		Transición	8.16	39	0.9222	17.08	19.19	1.78	1.15
MT50		Lomas	10.33	41	0.7532	38.86	35.29	1.75	37.82
CP28		Lomas	1.56	43	0.5985	44.90	38.59	1.82	51.25
DR16 (Transición)		AU46	Transición	12.42	46	0.9771	4.81	5.01	0.86
	AL01	Lago	7.97	53	0.9468	7.65	5.31	0.57	-4.08
	UI21	Lomas	16.36	54	0.9705	4.74	5.44	1.11	1.84
	GR27	Transición	2.73	60	0.9437	7.69	6.27	0.78	-6.38
	ME52	Transición	6.53	40	0.8858	10.20	10.56	0.86	5.08
	DX37	Transición	18.18	58	0.8513	7.87	13.80	0.68	-0.05
	DX37 (Transición)	CA20	Transición	6.02	53	0.8819	7.31	11.42	0.77
LV17		Lago	16.99	94	0.9213	6.07	11.65	0.71	-0.13
CH84		Lago	2.05	57	0.9103	9.90	12.31	0.81	-1.84
GR27		Transición	15.47	81	0.8976	8.10	13.13	0.91	-0.62
CP28		Lomas	12.97	43	0.8042	18.10	14.53	1.28	22.28
AO24		Transición	2.92	51	0.8603	11.26	16.23	0.90	7.17
E030 (Transición)		PA34	Lomas	24.16	25	0.9864	4.69	2.90	1.13
	CO47	Transición	1.95	29	0.9752	5.93	4.24	1.05	2.62
	AU46	Transición	1.15	28	0.9687	6.72	5.08	0.84	-3.09
	DR16	Transición	11.78	30	0.9672	6.39	5.64	0.96	-2.64
	AL01	Lago	6.06	27	0.9082	11.42	7.66	0.59	-9.82
	ES57	Transición	1.39	28	0.9163	8.96	9.67	0.85	-4.28

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ES57 (Transición)	A024	Transición	5.27	42	0.9748	5.93	5.20	0.90	-1.90
	AL01	Lago	5.02	47	0.9506	8.27	6.15	0.65	-6.10
	GR27	Transición	7.67	50	0.9409	9.18	6.80	0.90	-9.64
	AU46	Transición	2.2	39	0.954	6.66	8.67	0.92	2.41
	MT50	Lomas	2.83	37	0.9319	9.30	9.65	0.98	6.65
	EO30	Transición	1.39	28	0.9163	10.37	9.71	0.99	11.39
	EX12 (Lago)	LI58	Lago	0.46	56	0.9687	8.47	9.88	0.98
CO56		Lago	0.26	57	0.9578	9.51	11.67	0.90	0.03
CA20		Transición	3.78	47	0.931	12.10	12.12	1.31	4.88
VM29		Lago	5.89	69	0.9133	11.45	17.20	0.70	0.28
CI05		Lago	0.77	67	0.8868	13.60	19.09	0.92	2.54
UI21		Lomas	12.75	54	0.8126	23.14	19.37	1.86	18.81
FJ74 (Lomas)		IM40	Lomas	4.66	17	0.9904	2.19	2.13	1.12
	CS78	Lomas	7.22	17	0.9738	5.29	3.77	1.04	4.44
	CP28	Lomas	20.17	26	0.9442	4.85	7.13	1.04	1.41
	CO47	Transición	8.77	25	0.9464	5.65	7.25	0.93	-0.55
	AL01	Lago	16.01	22	0.8534	12.14	7.63	0.52	-10.21
	TP13	Lomas	4.37	27	0.9402	5.35	7.84	1.09	2.69
	GA62 (Lago)	HJ72	Lago	1.79	46	0.9871	7.43	5.82	0.94
CA20		Transición	5.68	34	0.9784	7.72	6.78	1.33	3.20
AL01		Lago	0.65	46	0.9867	6.44	7.02	1.15	-1.76
TL55		Lago	1.61	53	0.9774	8.62	8.72	1.21	3.17
CI05		Lago	3.47	54	0.9258	12.98	17.80	0.96	-0.66
UI21		Lomas	15.43	45	0.8642	23.14	19.18	1.92	18.55
GC38 (Lago)		GA62	Lago	13.39	39	0.9751	8.80	6.39	0.81
	CA20	Transición	9.44	37	0.9488	10.32	6.95	1.09	8.26
	JC54	Lago	2.37	55	0.9421	12.03	10.18	1.02	-6.28
	SP51	Lago	5.39	56	0.9201	12.67	13.45	0.75	0.35
	CU80	Lago	2.35	35	0.8619	16.98	15.95	0.52	7.16
	MT50	Lomas	14.73	39	0.8479	19.55	18.14	1.23	24.51

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
GR27 (Transición)	LV17	Lago	6.06	91	0.967	5.64	6.43	0.74	2.04
	ES57	Transición	7.67	50	0.9409	9.91	6.76	0.99	14.12
	AO24	Transición	12.58	49	0.9474	9.25	6.85	0.91	10.52
	DR16	Transición	2.73	60	0.9437	9.74	7.05	1.14	10.95
	PA34	Lomas	32.07	30	0.8918	15.73	8.45	1.19	24.05
	DX37	Transición	15.47	81	0.8976	9.09	12.24	0.89	5.31
	HA41 (Lago)	CA20	Transición	9.29	4	1	0.00	0.00	2.09
CA59		Lago	4.44	10	0.9938	6.04	5.37	1.02	-2.38
CT64		Lomas	8.24	3	0.9831	9.85	6.97	0.54	2.92
NZ31		Lago	5.93	17	0.9736	9.28	10.07	0.54	2.92
MI15		Lago	15.07	17	0.5959	26.32	40.37	1.15	11.70
CP28		Lomas	2.2	8	0.1839	51.36	41.41	1.46	67.87
HJ72 (Lago)		GA62	Lago	1.79	46	0.9871	7.41	6.58	1.04
	AP68	Lago	5.3	31	0.9699	11.68	7.56	0.83	0.58
	CA20	Transición	4.97	39	0.9567	10.48	10.00	1.37	3.91
	JC54	Lago	11.77	62	0.9522	14.31	10.99	1.26	-9.57
	XP06	Lago	0.8	36	0.9511	13.81	14.37	0.84	-4.69
	MT50	Lomas	6.59	43	0.8431	26.58	21.83	1.60	26.62
	TL55	Lago	3.29	61	0.8439	15.71	27.42	0.99	8.36
IB22 (Lago)	CA20	Transición	5.45	34	0.9577	9.07	6.26	1.07	6.80
	AL01	Lago	9.67	41	0.9658	8.31	6.70	0.86	1.66
	CH84	Lago	1.64	51	0.9636	9.01	6.90	0.98	0.57
	JC54	Lago	3.37	53	0.9541	9.78	8.03	0.92	-2.41
	SP51	Lago	2.47	52	0.9435	10.11	9.79	0.70	1.36
	MT50	Lomas	10.73	39	0.8585	17.06	14.69	1.08	26.61
	IM40 (Lomas)	FJ74	Lomas	4.66	17	0.9904	1.86	1.95	0.88
TP13		Lomas	6.4	19	0.9775	2.73	3.01	0.92	-0.44
EO30		Transición	5.59	17	0.9457	4.89	4.13	0.75	-3.13
CS78		Lomas	3.48	12	0.9368	5.32	4.36	0.99	3.55
PA34		Lomas	22.52	17	0.9394	4.22	5.26	0.84	0.98
MI15		Lago	10.6	21	0.7703	9.53	7.16	0.31	-6.02

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
JA43 (Lago)	HA41	Lago	5.28	11	0.9795	8.92	10.18	0.99	-3.15
	SP51	Lago	4.22	59	0.9567	13.95	11.31	0.99	-8.38
	CA20	Transición	4.05	36	0.9213	14.40	15.79	1.46	-2.83
	XP06	Lago	1.9	38	0.9168	19.33	17.57	0.83	-5.14
	VM29	Lago	2.54	58	0.847	18.37	27.49	0.68	-4.21
	MT50	Lomas	7.45	40	0.7682	31.47	28.27	1.46	26.99
JC54 (Lago)	CH84	Lago	1.8	60	0.9741	8.38	5.71	1.04	3.97
	LV17	Lago	18.91	70	0.9717	8.81	5.96	0.94	5.66
	GR27	Transición	17.93	67	0.9617	8.66	8.80	1.23	3.05
	SP51	Lago	5.6	75	0.9482	10.62	9.21	0.73	4.91
	MT50	Lomas	13.67	49	0.8489	18.38	15.60	1.19	27.18
	VM29	Lago	7.15	75	0.8763	13.75	16.47	0.52	6.48
LI33 (Lago)	HA41	Lago	17.31	14	0.9769	6.59	8.38	0.77	2.02
	CA20	Transición	23.06	46	0.9266	14.12	10.77	1.31	4.43
	NZ31	Lago	13.42	76	0.8504	17.59	21.48	0.46	8.68
	TH35	Lago	5	56	0.8684	15.32	22.66	0.61	2.55
	MT50	Lomas	27.91	42	0.7807	24.99	24.24	1.35	27.68
	VM29	Lago	19.49	79	0.8045	16.66	26.07	0.61	2.78
LI58 (Lago)	GA62	Lago	2.25	47	0.9851	6.87	7.53	0.97	1.71
	CA20	Transición	4.05	43	0.963	9.71	8.49	1.36	3.94
	EX12	Lago	0.46	56	0.9687	8.98	9.12	0.95	2.39
	SP51	Lago	7.62	65	0.9547	10.66	12.60	0.90	-0.53
	MT50	Lomas	3.64	41	0.8464	23.75	20.10	1.44	30.46
	BA49	Lago	2.18	62	0.8153	18.12	24.72	0.57	2.72
LV17 (Lago)	TL55	Lago	4.46	94	0.9817	5.71	6.03	1.04	3.08
	CA20	Transición	11.56	64	0.9715	5.63	6.16	1.11	2.39
	VG09	Lago	4.15	101	0.9685	5.94	8.36	0.73	1.19
	VM29	Lago	11.76	116	0.9544	5.97	10.62	0.60	0.16
	UI21	Lomas	19.83	80	0.8851	15.35	14.17	1.74	10.55
	CT64	Lomas	1.62	17	0.5907	25.09	18.31	4.10	82.95

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
ME52 (Transición)	ES57	Transición	3.87	38	0.9572	6.48	6.57	0.87	-0.46
	AR14	Lago	12.48	26	0.9393	7.44	7.12	0.36	2.86
	GR27	Transición	3.83	40	0.9081	11.16	7.91	0.86	-12.84
	MT50	Lomas	1.62	35	0.9019	10.88	10.35	0.87	7.33
	PA34	Lomas	28.83	27	0.887	11.52	11.42	1.06	8.70
	DX37	Transición	11.9	41	0.8239	12.78	13.29	0.69	-1.22
	MI15 (Lago)	AL01	Lago	16.13	52	0.9704	9.29	6.67	0.96
GR27		Transición	20.96	58	0.9459	11.84	11.36	1.33	1.97
CU80		Lago	2.61	35	0.9096	15.49	12.74	0.53	16.48
MT50		Lomas	16.51	43	0.8999	18.11	12.93	1.35	29.33
JC54		Lago	3.12	59	0.9253	10.72	15.48	1.02	1.88
VM29		Lago	10.26	62	0.8082	17.77	23.72	0.53	9.10
MT50 (Lomas)		TP13	Lomas	14.13	44	0.9687	6.34	4.87	1.34
	UI21	Lomas	10.02	42	0.9769	4.20	5.82	1.17	-0.43
	CO47	Transición	6.06	40	0.9652	6.41	6.44	1.13	2.95
	CS78	Lomas	7.43	26	0.9499	8.93	7.24	1.25	5.96
	AL01	Lago	5.03	42	0.9068	11.30	7.30	0.59	-9.14
	ME52	Transición	1.62	35	0.9019	9.87	11.97	0.93	-1.95
	MY19 (Lago)	BL45	Lago	14.21	75	0.9791	9.47	8.73	1.15
CA20		Transición	13.33	58	0.9499	10.99	12.68	1.61	-2.27
CE32		Lago	4.32	40	0.9319	21.02	13.66	0.87	27.64
SP51		Lago	8.56	86	0.9325	15.19	15.80	1.02	-4.56
MT50		Lomas	18.15	47	0.8395	28.20	27.00	1.82	19.34
CI05		Lago	15.43	87	0.8502	16.09	27.11	0.92	-0.13
NZ20 (Lago)		AR14	Lago	11.71	32	0.9676	15.89	16.63	1.16
	MY19	Lago	7.62	46	0.9413	21.20	22.24	1.22	-5.41
	ES57	Transición	19.53	40	0.8786	35.60	25.91	2.28	11.97
	JC54	Lago	16.87	48	0.8795	34.64	26.56	1.78	-24.32
	NZ31	Lago	3.09	47	0.9212	23.76	26.77	0.73	-3.69
	MT50	Lomas	21.03	35	0.7625	49.92	39.64	2.10	35.44

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
NZ31 (Lago)	HA41	Lago	5.93	17	0.9736	15.02	19.41	1.75	-1.90
	NZ20	Lago	3.09	47	0.9212	30.53	33.60	1.17	21.89
	DX37	Transición	15.83	86	0.8675	30.84	40.72	2.59	6.50
	VM29	Lago	11.68	96	0.8712	24.83	42.16	1.21	-2.63
	VG09	Lago	11.45	87	0.8529	25.86	45.02	1.48	0.89
	MT50	Lomas	18.21	47	0.6937	60.44	62.36	2.52	43.83
PA34 (Lomas)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	E030	Transición	24.16	25	0.9864	3.94	2.80	0.86	-3.18
	TP13	Lomas	16.42	31	0.9853	2.79	3.71	1.06	0.36
	UI21	Lomas	29.54	30	0.9642	6.32	4.60	0.93	-3.19
	AL01	Lago	26.75	28	0.9073	10.59	6.37	0.49	-9.42
	FJ74	Lomas	20.44	19	0.9461	5.44	6.71	0.86	0.09
XO36	Lago	9.36	30	0.7952	13.89	10.67	0.23	-7.25	
PD42 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	AE02	Lago	5.17	27	0.9633	18.94	14.35	0.90	6.91
	AU11	Lago	2.01	27	0.9375	23.28	17.56	0.88	9.12
	CE32	Lago	5.47	29	0.9298	23.84	22.69	1.07	37.73
	ME52	Transición	9.69	26	0.8814	34.39	24.59	2.39	29.75
	JA43	Lago	2.78	29	0.8593	32.96	31.69	1.21	13.66
MT50	Lomas	10.15	22	0.7854	49.63	32.52	1.97	59.45	
PE10 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	BL45	Lago	4.99	47	0.9636	13.54	11.45	1.05	7.03
	CA20	Transición	2.95	39	0.919	14.09	13.85	1.33	7.56
	CO56	Lago	5.21	54	0.953	13.35	14.41	0.99	-0.98
	VM29	Lago	0.72	53	0.9356	13.81	18.27	0.80	0.00
	SP51	Lago	2.14	51	0.9005	18.72	21.01	0.98	-0.70
UI21	Lomas	14.61	43	0.8206	31.35	21.27	1.95	30.36	
RI76 (Lago)	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
	AR14	Lago	4.4	21	0.9861	10.74	7.02	0.91	9.03
	CA59	Lago	3.02	34	0.9601	16.66	11.81	0.98	-10.46
	DM12	Lago	1.74	32	0.9653	14.62	12.70	0.93	-7.71
	TL08	Lago	3.71	33	0.9641	13.29	14.14	1.20	-1.55
	GR27	Transición	9.23	27	0.8906	27.58	19.79	1.75	-11.51
UI21	Lomas	19.8	26	0.8536	34.38	19.97	2.04	24.28	

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
RM48 (Lago)	TL08	Lago	1.6	46	0.9763	8.79	8.14	0.95	-4.41
	CA20	Transición	6.03	29	0.9382	13.39	10.26	1.29	-6.62
	HJ72	Lago	1.16	47	0.9525	12.43	11.12	0.86	-7.16
	JC54	Lago	12.9	48	0.9184	18.02	11.90	1.15	-20.80
	MT50	Lomas	6.91	38	0.8516	23.07	20.10	1.41	15.87
	TL55	Lago	2.45	47	0.8093	16.60	27.35	0.84	2.58
	SI53 (Lago)	CA20	Transición	1.67	48	0.9793	4.32	6.04	1.09
AL01		Lago	6.34	58	0.967	7.30	7.49	0.86	-1.35
A024		Transición	1.92	47	0.9595	9.84	7.93	1.14	6.26
SP51		Lago	3.39	73	0.933	8.97	11.53	0.68	-0.53
VM29		Lago	2.6	78	0.8932	8.66	15.62	0.48	0.14
PA34		Lomas	21.25	27	0.8779	16.65	16.65	1.44	24.50
SP51 (Lago)		CO56	Lago	7.34	68	0.9731	9.09	9.86	0.95
	CJ03	Lago	6.22	84	0.9689	9.55	10.07	1.05	3.41
	CA20	Transición	4.87	54	0.9251	14.38	12.35	1.43	6.45
	VM29	Lago	1.77	90	0.8798	13.18	22.71	0.67	3.28
	CI05	Lago	7.55	88	0.8201	18.26	25.75	0.80	7.97
	MT50	Lomas	10.02	47	0.7822	26.54	26.35	1.41	33.95
	TE07 (Lomas)	CE18	Lomas	17.63	7	0.998	0.68	0.73	1.04
MT50		Lomas	3.49	14	0.916	4.16	2.25	0.36	-2.62
EO30		Transición	6.34	11	0.8686	5.95	2.51	0.45	-7.06
TP13		Lomas	15.21	20	0.8928	3.43	2.99	0.50	-2.15
CS78		Lomas	6.46	12	0.8569	5.43	3.55	0.59	-3.25
RI76		Lago	13.56	5	0.7752	9.10	6.42	0.22	-7.02
TH35 (Lago)		NZ31	Lago	14.75	57	0.9713	16.11	12.84	0.79
	BO39	Lago	22.74	60	0.9546	17.72	18.39	1.16	6.88
	CA20	Transición	20.8	32	0.89	25.61	18.49	1.82	16.09
	VM29	Lago	17.49	59	0.9441	19.24	20.76	1.13	-3.37
	UI21	Lomas	30.61	45	0.8697	37.32	24.06	2.82	27.71
	LI33	Lago	5	56	0.8684	22.97	31.32	1.23	14.34

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
TL08 (Lago)	BL45	Lago	3.04	59	0.9855	6.71	6.86	0.95	-1.86
	RM48	Lago	1.6	46	0.9763	9.73	7.64	1.01	7.02
	CA20	Transición	7.06	40	0.9673	9.41	8.02	1.37	-2.26
	JC54	Lago	14.4	64	0.9442	14.93	10.06	1.15	-10.25
	MT50	Lomas	6.72	45	0.834	24.17	21.09	1.45	19.39
	TL55	Lago	1.05	64	0.8492	12.92	25.62	0.92	4.48
	CI05	Lago	4.8	63	0.8125	18.36	26.48	0.75	0.74
	TL55 (Lago)	AL01	Lago	1.91	72	0.9831	5.32	5.13	0.89
BL45		Lago	3.03	85	0.983	4.00	6.56	0.79	0.14
CA20		Transición	7.12	54	0.9721	4.88	6.92	1.10	0.21
VM29		Lago	7.84	101	0.9516	8.72	10.29	0.61	-3.55
UI21		Lomas	16.01	71	0.8743	17.24	16.09	1.34	11.97
TL08		Lago	1.05	64	0.8492	10.37	24.24	0.78	7.37
TP13 (Lomas)		EO30	Transición	10.14	29	0.9781	4.68	2.59	0.78
	PA34	Lomas	16.42	31	0.9853	2.62	3.44	0.92	0.22
	CS78	Lomas	9.83	29	0.9667	4.59	4.09	0.97	2.21
	FJ74	Lomas	4.37	27	0.9402	4.38	6.92	0.81	-0.02
	UC44	Lago	14.87	38	0.8568	10.51	7.01	0.56	-11.86
	UI21	Lomas	13.13	62	0.6874	7.52	12.60	0.43	2.44
	UC44 (Lago)	IB22	Lago	10.11	37	0.9577	9.01	6.82	0.91
JC54		Lago	13.35	42	0.9374	9.93	9.41	0.83	-2.20
EX12		Lago	1.2	36	0.9103	10.74	9.42	0.59	8.87
A024		Transición	8.05	36	0.946	8.88	9.47	0.98	12.43
CO56		Lago	1.46	40	0.915	11.98	10.91	0.59	4.67
MT50		Lomas	2.85	35	0.893	13.91	12.74	1.05	22.97
UI21 (Lomas)		EO30	Transición	9.77	28	0.9804	4.60	3.50	0.87
	CS78	Lomas	4.21	26	0.9561	7.17	4.02	1.01	6.58
	MT50	Lomas	10.02	42	0.9769	3.86	4.57	0.81	1.18
	AE02	Lago	23.47	44	0.8949	9.27	8.14	0.27	-1.08
	TP13	Lomas	13.13	62	0.6874	8.76	22.00	1.11	5.85
	TE07	Lomas	7.59	20	0.3109	22.32	34.67	1.33	21.27

	Estación	Tipo Suelo	Distancia	Concurr.	Correlación	Error		y = ax + b	
						Media	Desv.	a	b
VG09 (Lago)	TL55	Lago	2.2	85	0.9665	10.06	10.85	1.37	4.59
	LV17	Lago	4.15	101	0.9685	7.22	11.58	1.29	0.53
	CA20	Transición	7.96	55	0.9375	9.86	13.41	1.54	3.20
	TL08	Lago	1.29	57	0.947	12.84	15.14	1.08	11.03
	CI05	Lago	5.99	103	0.92	9.83	18.59	1.04	0.59
	UI21	Lomas	17.9	73	0.8355	23.45	22.73	2.36	15.25
	VM29 (Lago)	GA62	Lago	6.24	53	0.9635	14.49	13.44	1.22
CA20		Transición	3.64	68	0.9421	14.25	13.51	1.82	6.92
CI05		Lago	5.9	126	0.958	11.23	14.97	1.24	3.59
PE10		Lago	0.72	53	0.9356	18.37	19.51	1.09	9.82
CJ03		Lago	4.58	115	0.8961	14.56	26.06	1.30	7.39
MT50		Lomas	8.5	47	0.8074	34.41	28.76	1.86	43.69
X036 (Lago)		RI76	Lago	18.5	33	0.9471	22.86	18.68	1.18
	CA20	Transición	13.68	49	0.884	26.87	22.61	2.11	17.80
	VM29	Lago	11.82	82	0.941	19.00	23.45	1.16	6.93
	MT50	Lomas	18.84	44	0.7998	47.61	29.20	2.21	56.57
	CU80	Lago	2.39	41	0.8833	29.64	30.07	0.98	7.62
	SP51	Lago	10.09	76	0.8609	29.48	35.21	1.42	15.99
	XP06 (Lago)	GA62	Lago	2.03	31	0.9775	12.10	11.17	1.19
HJ72		Lago	0.8	36	0.9511	16.97	14.70	1.07	13.96
CA59		Lago	1.97	40	0.9418	18.41	16.23	0.92	10.92
ES57		Transición	5.02	33	0.9056	25.83	17.12	1.86	22.96
JC54		Lago	11.25	41	0.9179	20.18	20.34	1.42	-0.48
MT50		Lomas	6.04	27	0.7986	32.96	29.37	1.55	55.20

Anexo B Código

I. El siguiente fragmento de código escrito en C, contiene los métodos que se utilizaron para calcular los parámetros sísmicos PGA, PGH, I_A y D de cada archivo en formato ASA que contiene el registro de una estación dada.

```

/***** Rutina para calcular el parámetro sísmico PGA *****/
// orig_ch1,orig_ch2,orig_ch3 contienen los tres canales de aceleración de un registro
i=0;
pga=0,temporal=0;
for(i=0;i<N_lineas_datos;i++){
    temporal=maximo3(fabs(orig_ch1[i]),fabs(orig_ch2[i]),fabs(orig_ch3[i]));
    if(pga<temporal)
        pga=temporal;
}
/***** Rutina para calcular el parámetro sísmico PGH *****/
i=0;
pgh=0,temporal=0;
for(i=0;i<N_lineas_datos;i++){
    temporal=sqrt((orig_ch1[i]*orig_ch1[i])+(orig_ch3[i]*orig_ch3[i]));
    if(pgh<temporal)
        pgh=temporal;
}
/***** Rutina para calcular el parámetro sísmico Duración *****/
i=0;
duracion=0,temporal=0;
/**** El recorrido del vector es de la muestra cero a la muestra final ****/
for(i=0;i<N_lineas_datos;i++){
    temporal=maximo3(fabs(orig_ch1[i]),fabs(orig_ch2[i]),fabs(orig_ch3[i]));
    if(temporal>=3.5){ // La duración se define a partir de una aceleración de 3.5 gal
        muestra_inicial=i; // Primera muestra que encontró el valor mayor o igual a 3.5
        break; // es la muestra inicial y no tiene caso seguir recorriendo el vector
    }
}
    
```

```

    }
}

/***** El recorrido del vector es de la muestra final a la muestra cero *****/
for(i=N_lineas_datos-1;i>0;i--){
    temporal=maximo3(fabs(orig_ch1[i]),fabs(orig_ch2[i]),fabs(orig_ch3[i]));
    if(temporal>=3.5){ // La duración se define a partir de una aceleración de 3.5 gal
        muestra_final=i; // Primera muestra que encontró el valor mayor o igual a 3.5
        break; // Es la muestra final y no tiene caso seguir recorriendo el vector
    }
}

temporal=muestra_final-muestra_inicial; // Cast de int a double
duracion=temporal/vel_muestreo; // Definición de duración
/***** Rutina para calcular el parámetro Intensidad Instrumental *****/
i=0;
intInstr=0,temporal=0;
for(i=muestra_inicial;i<muestra_final;i++){
temporal=((orig_ch1[i]*orig_ch1[i])+(orig_ch2[i]*orig_ch2[i])+(orig_ch3[i]*orig_ch3[i]))*
tasa_muestreo;
    intInstr=intInstr+temporal;
}
temporal=(PI/(2*G))*intInstr;
intInstr=temporal;

```

II. Fragmento de código escrito en C, el cual contiene el mecanismo para obtener las 6 estaciones generadoras por estación con los criterios que se definieron. En este caso se muestra el procedimiento para la duración.

```

int posicion;
int pos_dist,más_concurren; //** Índice de la posición de la distancia **/
int tipo1,tipo2,tipo3; //** Variables para el Tipos de suelo **/
/** Buffer para almacenar las fórmulas de la regresión lineal de la Duración ***/
for(i=0;i<408;i++){

```

```

    for(j=0;j<9;j++)
        reglindur[i][j]=0;          /** buffer para el modelo lineal de la duración **/
}
printf("Modelo lineal para el parámetro Duración\n");
for(x1=0;x1<68;x1++){ /** Para cada estación de la RACM **/
    printf("%s (%d) [Tipo de suelo %.0f]\n",racm[x1],x1,matriz[x1][2]);
    /** Proceso para calcular la distancia más corta a la estación x1 *****/
    pos_dist=0;
    for(i=0;i<68;i++)
        valores[i]=distancia2(x1,i);
    max=50,posicion=0;
    for(i=0;i<68;i++){
        if(valores[i]<max && i!=x1)
            max=valores[i]; pos_dist=i;
    }
    /** proceso para calcular la estación con más concurrencias, que no sea la más cercana y
    que sean del mismo tipo de suelo **/
    mas_concurren=0; max=0;
    for(y1=0;y1<68;y1++){
        if(ocurrC_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1 && matriz[x1][2]==matriz[y1][2] &&
        y1!=pos_dist){
            max=ocurrC_duracion[x1][y1];
            mas_concurren=y1;
        }
    }
    max=0,posicion=0;
    for(c=1;c<=5;c++){
        lugares[c-1]=0;
        for(y1=0;y1<68;y1++){
            /**primera vuelta
            if(ocurrC_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1 && matriz[x1][2]==matriz[y1][2] &&
            y1!=pos_dist && y1!=mas_concurren){
                max=ocurrC_duracion[x1][y1];
            }
        }
    }
}

```

```

        posicion=y1;
    }
}
lugares[0]=posicion;
max=0,posicion=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
    //segunda vuelta
    if(y1!=lugares[0]    &&    matriz[x1][2]==matriz[y1][2]    &&    y1!=pos_dist    &&
    y1!=mas_concurren){
        if(ocurrC_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1){
            max=ocurrC_duracion[x1][y1];
            posicion=y1;
        }
    }
}
lugares[1]=posicion;
max=0,posicion=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
    //Tercera vuelta
    if(y1!=lugares[0] && y1!=lugares[1] && matriz[x1][2]==matriz[y1][2] && y1!=pos_dist &&
    y1!=mas_concurren){
        if(ocurrC_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1){
            max=ocurrC_duracion[x1][y1];
            posicion=y1;
        }
    }
}
lugares[2]=posicion;
max=0,posicion=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
    //Cuarta vuelta
    if(y1!=lugares[0] && y1!=lugares[1] && y1!=lugares[2] && matriz[x1][2]==matriz[y1][2]
    && y1!=pos_dist && y1!=mas_concurren){
        if(ocurrC_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1){
            max=ocurrC_duracion[x1][y1];

```

```
        posicion=y1;
    }
}
lugares[3]=posicion;
max=0,posicion=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
    //Quinta vuelta
    if(y1!=lugares[0] && y1!=lugares[1] && y1!=lugares[2] && y1!=lugares[3] &&
matriz[x1][2]==matriz[y1][2] && y1!=pos_dist && y1!=mas_concurren){
        if(ocurrC_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1){
            max=ocurrC_duracion[x1][y1];
            posicion=y1;
        }
    }
}
lugares[4]=posicion;
distgan=ganador(lugares[0],lugares[1],lugares[2],lugares[3],lugares[4], x1,8);

/** Proceso para encontrar estaciones por correlación y tipo de suelo *****/
tipo1=0,max=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
    //Tipo de Suelo Lago
    if(corr_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1 && matriz[y1][2]==1.0 && y1!=pos_dist &&
y1!=mas_concurren && y1!=distgan){
        max=corr_duracion[x1][y1];
        tipo1=y1;
    }
}
tipo2=0,max=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
    //Tipo de Suelo Transición
    if(corr_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1 && matriz[y1][2]==2.0 && y1!=pos_dist &&
y1!=mas_concurren && y1!=distgan){
        max=corr_duracion[x1][y1];
    }
}
```

```

        tipo2=y1;
    }
}
tipo3=0,max=0;
for(y1=0;y1<68;y1++){
                                //Tipo de Suelo Lomas
    if(corr_duracion[x1][y1]>max && y1!=x1 && matriz[y1][2]==3.0 && y1!=pos_dist &&
y1!=mas_concurren && y1!=distgan){
        max=corr_duracion[x1][y1];
        tipo3=y1;
    }
}
}

```

III. Fragmento de código escrito en C que muestra cómo se obtienen las fórmulas de regresión lineal, para cada una de las estaciones generadoras que se obtuvieron por estación. En este fragmento de código se muestra el procedimiento para el parámetro I_A .

```

/***** Procedimiento para calcular las fórmulas de la regresión lineal *****/
/**** Ecuación de regresión lineal para la Intensidad Instrumental y la estación más
cercana ***/
    for(i=0;i<230;i++){
        bufferA[i]=-1;
        bufferB[i]=-1;
    }
    /***** Se almacenan los valores de las estaciones que tienen valores en
    ambas estaciones *****/
    iguales=0,j=0;
    for(i=0;i<=ind_sis;i++){
        if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][pos_dist]!=-1){
            bufferA[j]=matrizintarias[i][pos_dist];
            bufferB[j++]=matrizintarias[i][x1];
            iguales++;
        }
    }

```

```
}

/***** proceso para calcular los promedios *****/

promedioA=0,promedioB=0,sumaA=0,sumaB=0,varianzaA=0,varianzaB=0,covarianza=0;

for(i=0;i<iguales;i++){

    sumaA=sumaA+bufferA[i];

    sumaB=sumaB+bufferB[i];

}

promedioA=sumaA/iguales;

promedioB=sumaB/iguales;

/***** Proceso para calcular la fórmula de regresión lineal *****/

numerador=0, cuadradosA=0, cuadradosB=0;

for(i=0;i<iguales;i++){

    numerador=numerador+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferB[i]-promedioB));

    cuadradosA=cuadradosA+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferA[i]-promedioA));

    cuadradosB=cuadradosB+((bufferB[i]-promedioB)*(bufferB[i]-promedioB));

}

covarianza=numerador/iguales;

varianzaA=cuadradosA/iguales;

B=covarianza/varianzaA;

A=promedioB-(B*promedioA);

for(i=0;i<230;i++)

    bufferA[i]=-1;

estimado=0,error=0,sumaerror=0,j=0,media=0,sumatotal=0,cuadrado=0;

for(i=0;i<=ind_sis;i++){

    if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][pos_dist]!=-1){

        estimado=(B*matrizintarias[i][pos_dist])+A;
```

```
        error=fabs(matrizintarias[i][x1]-estimado);
        bufferA[j++]=error;
        sumaerror=sumaerror+error;
    }
}
media=sumaerror/iguales;
for(i=0;i<iguales;i++){
    cuadrado=pow((bufferA[i]-media),2);
    sumatotal=sumatotal+cadrado;
}
desvestandar=sqrt(sumatotal/iguales);
numero=x1*6;
reglinint[numero][0]=pos_dist;
reglinint[numero][1]=matriz[pos_dist][2];
reglinint[numero][2]=distancia2(x1,pos_dist);
reglinint[numero][3]=ocurrC_intinst[x1][pos_dist];
reglinint[numero][4]=corr_intinst[x1][pos_dist];
reglinint[numero][5]=media;
reglinint[numero][6]=desvestandar;
reglinint[numero][7]=B;
reglinint[numero][8]=A;

printf("Estación\tTipo\tDistancia\tConurrencias\tCorrelación\tMedia\tDesviación\ta\tb\n"
);

printf("%s\t%.0f\t%.2f\t%d\t",racm[pos_dist],matriz[pos_dist][2],distancia2(x1,pos_dist),
ocurrC_intinst[x1][pos_dist]);

printf("%.4f\t%.4f\t%.4f\t%.2f\t%.2f\n",corr_intinst[x1][pos_dist],media,desvestandar,B,A
);
```

```

/***** Ecuación de regresión lineal para la Intensidad
Instrumental y la estación con más concurrencias *****/
for(i=0;i<230;i++){    /**** Buffer en -1 ****/
    bufferA[i]=-1;
    bufferB[i]=-1;
}
/***** Se almacenan los valores de las estaciones que tienen valores en ambas
estaciones *****/
iguales=0,j=0;
for(i=0;i<=ind_sis;i++){
    if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][mas_concurren]!=-1){
        bufferA[j]=matrizintarias[i][mas_concurren];
        bufferB[j++]=matrizintarias[i][x1];
        iguales++;
    }
}
/***** proceso para calcular los promedios *****/
promedioA=0,promedioB=0,sumaA=0,sumaB=0,varianzaA=0,varianzaB=0,covarianza=0;
for(i=0;i<iguales;i++){
    sumaA=sumaA+bufferA[i];
    sumaB=sumaB+bufferB[i];
}
promedioA=sumaA/iguales;
promedioB=sumaB/iguales;

/***** Proceso para calcular la fórmula de regresión lineal *****/

numerador=0,cuadradosA=0,cuadradosB=0;
for(i=0;i<iguales;i++)
{
    numerador=numerador+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferB[i]-promedioB));
    cuadradosA=cuadradosA+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferA[i]-promedioA));

```

```
        cuadradosB=cuadradosB+((bufferB[i]-promedioB)*(bufferB[i]-promedioB));
    }

    covarianza=numerador/iguales;
    varianzaA=cuadradosA/iguales;
    B=covarianza/varianzaA;
    A=promedioB-(B*promedioA);

    for(i=0;i<230;i++)
        bufferA[i]=-1;

    estimado=0,error=0,sumaerror=0,j=0,media=0,sumatotal=0,cuadrado=0;

    for(i=0;i<=ind_sis;i++){
        if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][mas_concurren]!=-1){
            estimado=(B*matrizintarias[i][mas_concurren])+A;
            error=fabs(matrizintarias[i][x1]-estimado);
            bufferA[j++]=error;
            sumaerror=sumaerror+error;
        }
    }
    media=sumaerror/iguales;
    for(i=0;i<iguales;i++){
        cuadrado=pow((bufferA[i]-media),2);
        sumatotal=sumatotal+cadrado;
    }
    desvestandar=sqrt(sumatotal/iguales);

    numero=(x1*6)+1;
    reglinint[numero][0]=mas_concurren;
    reglinint[numero][1]=matriz[mas_concurren][2];
```

```

reglinint[numero][2]=distancia2(x1,mas_concurren);
reglinint[numero][3]=ocurrC_intinst[x1][mas_concurren];
reglinint[numero][4]=corr_intinst[x1][mas_concurren];
reglinint[numero][5]=media;
reglinint[numero][6]=desvestandar;
reglinint[numero][7]=B;
reglinint[numero][8]=A;

printf("%s\t%.0f\t%.2f\t%d\t",racm[mas_concurren],matriz[mas_concurren][2],distancia2(x1,
mas_concurren),ocurrC_intinst[x1][mas_concurren]);

printf("%.4f\t%.4f\t%.4f\t%.2f\t%.2f\n",corr_intinst[x1][mas_concurren],media,desvestanda
r,B,A);

/***** Ecuación de regresión lineal para el PGA y la
estación con más concurrencias y más cercana *****/
for(i=0;i<230;i++){    /**** Buffer en -1 ****/
    bufferA[i]=-1;
    bufferB[i]=-1;
}
/***** Se almacenan los valores de las estaciones que tienen valores en ambas
estaciones *****/
iguales=0,j=0;
for(i=0;i<=ind_sis;i++){
    if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][distgan]!=-1){
        bufferA[j]=matrizintarias[i][distgan];
        bufferB[j++]=matrizintarias[i][x1];
        iguales++;
    }
}
/***** proceso para calcular los promedios *****/
promedioA=0,promedioB=0,sumaA=0,sumaB=0,varianzaA=0,varianzaB=0,covarianza=0;

```

```
for(i=0;i<iguales;i++){
    sumaA=sumaA+bufferA[i];
    sumaB=sumaB+bufferB[i];
}
promedioA=sumaA/iguales;
promedioB=sumaB/iguales;

/***** Proceso para calcular la fórmula de regresión lineal *****/

numerador=0,cuadradosA=0,cuadradosB=0;
for(i=0;i<iguales;i++){
    numerador=numerador+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferB[i]-promedioB));
    cuadradosA=cuadradosA+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferA[i]-promedioA));
    cuadradosB=cuadradosB+((bufferB[i]-promedioB)*(bufferB[i]-promedioB));
}

covarianza=numerador/iguales;
varianzaA=cuadradosA/iguales;
B=covarianza/varianzaA;
A=promedioB-(B*promedioA);

for(i=0;i<230;i++)
    bufferA[i]=-1;

estimado=0,error=0,sumaerror=0,j=0,media=0,sumatotal=0,cuadrado=0;

for(i=0;i<=ind_sis;i++){
    if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][distgan]!=-1){
        estimado=(B*matrizintarias[i][distgan])+A;
        error=fabs(matrizintarias[i][x1]-estimado);
        bufferA[j++]=error;
        sumaerror=sumaerror+error;
    }
}
```

```
    }
}
media=sumaerror/iguales;
for(i=0;i<iguales;i++){
    cuadrado=pow((bufferA[i]-media),2);
    sumatotal=sumatotal+cadrado;
}
desvestandar=sqrt(sumatotal/iguales);

numero=(x1*6)+2;
reglinint[numero][0]=distgan;
reglinint[numero][1]=matriz[distgan][2];
reglinint[numero][2]=distancia2(x1,distgan);
reglinint[numero][3]=ocurrC_intinst[x1][distgan];
reglinint[numero][4]=corr_intinst[x1][distgan];
reglinint[numero][5]=media;
reglinint[numero][6]=desvestandar;
reglinint[numero][7]=B;
reglinint[numero][8]=A;

printf("%s\t%.0f\t%.2f\t%d\t",racm[distgan],matriz[distgan][2],distancia2(x1,distgan),ocurrC_intinst[x1][distgan]);

printf("%.4f\t%.4f\t%.4f\t%.2f\t%.2f\n",corr_intinst[x1][distgan],media,desvestandar,B,A)
;
/** Ecuación de regresión lineal para la Intensidad Instrumental la correlación por tipo
de suelo Lago  */
for(i=0;i<230;i++){    /** Buffer en -1 */
    bufferA[i]=-1;
    bufferB[i]=-1;
}
}
```

```

    /***** Se almacenan los valores de las estaciones que tienen valores en ambas
estaciones *****/
    iguales=0,j=0;
    for(i=0;i<=ind_sis;i++){
        if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][tipo1]!=-1){
            bufferA[j]=matrizintarias[i][tipo1];
            bufferB[j++]=matrizintarias[i][x1];
            iguales++;
        }
    }
    /***** proceso para calcular los promedios *****/
    promedioA=0,promedioB=0,sumaA=0,sumaB=0,varianzaA=0,varianzaB=0,covarianza=0;
    for(i=0;i<iguales;i++){
        sumaA=sumaA+bufferA[i];
        sumaB=sumaB+bufferB[i];
    }
    promedioA=sumaA/iguales;
    promedioB=sumaB/iguales;

    /***** Proceso para calcular la fórmula de regresión lineal *****/

    numerador=0,cuadradosA=0,cuadradosB=0;
    for(i=0;i<iguales;i++){
        numerador=numerador+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferB[i]-promedioB));
        cuadradosA=cuadradosA+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferA[i]-promedioA));
        cuadradosB=cuadradosB+((bufferB[i]-promedioB)*(bufferB[i]-promedioB));
    }
    covarianza=numerador/iguales;
    varianzaA=cuadradosA/iguales;
    B=covarianza/varianzaA;
    A=promedioB-(B*promedioA);

```

```
for(i=0;i<230;i++)
    bufferA[i]=-1;

estimado=0,error=0,sumaerror=0,j=0,media=0,sumatotal=0,cuadrado=0;
for(i=0;i<=ind_sis;i++){
    if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][tipo1]!=-1){
        estimado=(B*matrizintarias[i][tipo1])+A;
        error=fabs(matrizintarias[i][x1]-estimado);
        bufferA[j++]=error;
        sumaerror=sumaerror+error;
    }
}
media=sumaerror/iguales;
for(i=0;i<iguales;i++){
    cuadrado=pow((bufferA[i]-media),2);
    sumatotal=sumatotal+cuadrado;
}
desvestandar=sqrt(sumatotal/iguales);
numero=(x1*6)+3;
reglinint[numero][0]=tipo1;
reglinint[numero][1]=matriz[tipo1][2];
reglinint[numero][2]=distancia2(x1,tipo1);
reglinint[numero][3]=ocurrC_inst[x1][tipo1];
reglinint[numero][4]=corr_inst[x1][tipo1];
reglinint[numero][5]=media;
reglinint[numero][6]=desvestandar;
reglinint[numero][7]=B;
reglinint[numero][8]=A;

printf("%s\t%.0f\t%.2f\t%d\t",racm[tipo1],matriz[tipo1][2],distancia2(x1,tipo1),ocurrC_in
tinst[x1][tipo1]);
```

```
printf("%.4f\t%.4f\t%.4f\t%.2f\t%.2f\n", corr_intinst[x1][tipo1], media, desvestandar, B, A);

/** Ecuación de regresión lineal para la intensidad Instrumental y tipo de suelo de
transición ***/

    for(i=0;i<230;i++){        /*** Buffer en -1 ***/

        bufferA[i]=-1;

        bufferB[i]=-1;

    }

    /******* Se almacenan los valores de las estaciones que tienen valores en ambas
estaciones *****/

    iguales=0,j=0;

    for(i=0;i<=ind_sis;i++){

        if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][tipo2]!=-1){

            bufferA[j]=matrizintarias[i][tipo2];

            bufferB[j++]=matrizintarias[i][x1];

            iguales++;

        }

    }

    /***** proceso para calcular los promedios *****/

    promedioA=0,promedioB=0,sumaA=0,sumaB=0,varianzaA=0,varianzaB=0,covarianza=0;

    for(i=0;i<iguales;i++){

        sumaA=sumaA+bufferA[i];

        sumaB=sumaB+bufferB[i];

    }

    promedioA=sumaA/iguales;

    promedioB=sumaB/iguales;

    /******* Proceso para calcular la fórmula de regresión lineal *****/

    numerador=0,cuadradosA=0,cuadradosB=0;

    for(i=0;i<iguales;i++){
```

```
    numerador=numerador+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferB[i]-promedioB));
    cuadradosA=cuadradosA+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferA[i]-promedioA));
    cuadradosB=cuadradosB+((bufferB[i]-promedioB)*(bufferB[i]-promedioB));
}

covarianza=numerador/iguales;
varianzaA=cuadradosA/iguales;
B=covarianza/varianzaA;
A=promedioB-(B*promedioA);

for(i=0;i<230;i++)
    bufferA[i]=-1;

estimado=0,error=0,sumaerror=0,j=0,media=0,sumatotal=0,cuadrado=0;

for(i=0;i<=ind_sis;i++){
    if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][tipo2]!=-1){
        estimado=(B*matrizintarias[i][tipo2])+A;
        error=fabs(matrizintarias[i][x1]-estimado);
        bufferA[j++]=error;
        sumaerror=sumaerror+error;
    }
}

media=sumaerror/iguales;
for(i=0;i<iguales;i++){
    cuadrado=pow((bufferA[i]-media),2);
    sumatotal=sumatotal+cadrado;
}

desvestandar=sqrt(sumatotal/iguales);
numero=(x1*6)+4;
reglinint[numero][0]=tipo2;
reglinint[numero][1]=matriz[tipo2][2];
```

```

reglinint[numero][2]=distancia2(x1,tipo2);
reglinint[numero][3]=ocurrC_intinst[x1][tipo2];
reglinint[numero][4]=corr_intinst[x1][tipo2];
reglinint[numero][5]=media;
reglinint[numero][6]=desvestandar;
reglinint[numero][7]=B;
reglinint[numero][8]=A;

printf("%s\t%.0f\t%.2f\t%d\t",racm[tipo2],matriz[tipo2][2],distancia2(x1,tipo2),ocurrC_in
tinst[x1][tipo2]);

printf("%.4f\t%.4f\t%.4f\t%.2f\t%.2f\n",corr_intinst[x1][tipo2],media,desvestandar,B,A);
    /***** Ecuación de regresión lineal para la
intensidad de Arias y tipo de suelo lomas *****/
    for(i=0;i<230;i++){    /**** Buffer en -1 ****/
        bufferA[i]=-1;
        bufferB[i]=-1;
    }
    /***** Se almacenan los valores de las estaciones que tienen valores en ambas
estaciones *****/
    iguales=0,j=0;
    for(i=0;i<=ind_sis;i++){
        if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][tipo3]!=-1){
            bufferA[j]=matrizintarias[i][tipo3];
            bufferB[j++]=matrizintarias[i][x1];
            iguales++;
        }
    }
    /***** proceso para calcular los promedios *****/
    promedioA=0,promedioB=0,sumaA=0,sumaB=0,varianzaA=0,varianzaB=0,covarianza=0;
    for(i=0;i<iguales;i++){
        sumaA=sumaA+bufferA[i];
    }

```

```
        sumaB=sumaB+bufferB[i];
    }
    promedioA=sumaA/iguales;
    promedioB=sumaB/iguales;

    /***** Proceso para calcular la fórmula de regresión lineal *****/

    numerador=0,cuadradosA=0,cuadradosB=0;
    for(i=0;i<iguales;i++)
    {
        numerador=numerador+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferB[i]-promedioB));
        cuadradosA=cuadradosA+((bufferA[i]-promedioA)*(bufferA[i]-promedioA));
        cuadradosB=cuadradosB+((bufferB[i]-promedioB)*(bufferB[i]-promedioB));
    }

    covarianza=numerador/iguales;
    varianzaA=cuadradosA/iguales;
    B=covarianza/varianzaA;
    A=promedioB-(B*promedioA);

    for(i=0;i<230;i++)
        bufferA[i]=-1;

    estimado=0,error=0,sumaerror=0,j=0,media=0,sumatotal=0,cuadrado=0;
    for(i=0;i<=ind_sis;i++){
        if(matrizintarias[i][x1]!=-1 && matrizintarias[i][tipo3]!=-1){
            estimado=(B*matrizintarias[i][tipo3])+A;
            error=fabs(matrizintarias[i][x1]-estimado);
            bufferA[j++]=error;
            sumaerror=sumaerror+error;
        }
    }
}
```

```
media=sumaerror/iguales;
for(i=0;i<iguales;i++){
    cuadrado=pow((bufferA[i]-media),2);
    sumatotal=sumatotal+cadrado;
}
desvestandar=sqrt(sumatotal/iguales);
numero=(x1*6)+5;
reglinint[numero][0]=tipo3;
reglinint[numero][1]=matriz[tipo3][2];
reglinint[numero][2]=distancia2(x1,tipo3);
reglinint[numero][3]=ocurrC_intinst[x1][tipo3];
reglinint[numero][4]=corr_intinst[x1][tipo3];
reglinint[numero][5]=media;
reglinint[numero][6]=desvestandar;
reglinint[numero][7]=B;
reglinint[numero][8]=A;

printf("%s\t%.0f\t%.2f\t%d\t",racm[tipo3],matriz[tipo3][2],distancia2(x1,tipo3),ocurrC_in
tinst[x1][tipo3]);

printf("%.4f\t%.4f\t%.4f\t%.2f\t%.2f\n",corr_intinst[x1][tipo3],media,desvestandar,B,A);
printf("\n");
}
/*****Fin del Proceso para la Intensidad de Arias*****/
```