



DEPARTAMENTO DE GEOFISICA  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION, CHILE



---

VARIACIONES TEMPORALES EN LA SISMICIDAD PRECURSORA DE  
LA ZONA DE RUPTURA DEL TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE  
2010

**DANIELA PULGAR VERGARA**

Tesis de pregrado para optar al título profesional de Geofísico

**Profesor Supervisor:**  
Dr. ARTURO BELMONTE-POOL VILLANUEVA

Concepción, Chile. 13 de octubre de 2012





DEPARTAMENTO DE GEOFISICA  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION, CHILE



---

VARIACIONES TEMPORALES EN LA SISMICIDAD PRECURSORA DE  
LA ZONA DE RUPTURA DEL TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE  
2010

**DANIELA PULGAR VERGARA**

**Miembros del Comité:**

Dr. ARTURO BELMONTE-POOL VILLANUEVA  
Dr. MATTHEW MILLER  
Dr. KLAUS BATAILLE BOLLWEG

Tesis de pregrado para optar al título profesional de Geofísico  
Concepción, Chile. 13 de octubre de 2012



# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. Introducción y Motivación . . . . .	5
1.2. Hipótesis . . . . .	5
1.3. Objetivos . . . . .	6
<b>2. Descripción general de la región de estudio</b>	<b>7</b>
2.1. Laguna Sísmica Constitución - Concepción . . . . .	7
2.2. Descripción Geotectónica de la región de estudio . . . . .	10
<b>3. Parámetros Sísmicos</b>	<b>13</b>
3.1. Función Fuente dependiente del tiempo . . . . .	13
3.2. Momento Sísmico . . . . .	17
3.3. Patrón de Radiación . . . . .	18
3.4. Magnitud . . . . .	21
3.5. Caída de Stress o Caída de Tensión . . . . .	22
3.6. Energía Sísmica Radiada e Índice de Energía . . . . .	23
3.7. Volumen Aparente . . . . .	25
<b>4. Procesamiento de Señales y Análisis de Datos</b>	<b>27</b>
4.1. Red Instrumental del servicio sismológico, recepción de señales y traspaso a SAC . . . . .	27
4.2. Cálculo de Parámetros en Matlab . . . . .	30
4.3. Error asociado a la estimación de los parámetros . . . . .	35
4.4. Análisis de parámetros provenientes del catalogo de eventos seleccionados . . . . .	38
<b>5. Resultados</b>	<b>41</b>
5.1. Distribución Espacial de Eventos . . . . .	41
5.2. Relación entre Energía Sísmica Radiada y Momento Sísmico . . . . .	45
5.3. Variación Espacial y Temporal de Parámetros Sísmicos . . . . .	46
5.3.1. Número de estaciones y Frecuencia de eventos . . . . .	46
5.3.2. Índice de Energía . . . . .	48
5.3.3. Volumen Aparente . . . . .	48
5.3.4. Caída de Tensión . . . . .	49
5.3.5. Razón $E_S/E_P$ . . . . .	49
5.3.6. Magnitud de Momento . . . . .	49

5.3.7. Radio de Ruptura . . . . .	50
<b>6. Discusión</b>	<b>67</b>
<b>7. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>75</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>77</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>81</b>
<b>A. Estimación del Índice de Energía</b>	<b>83</b>
<b>B. Catálogo de eventos seleccionados</b>	<b>103</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>125</b>

# Agradecimientos

Se agradece al Servicio Sismológico de la Universidad de Chile por facilitar los datos que permitieron llevar a cabo este trabajo.

Agradezco a Arturo por su guía, buena disposición y apoyo, además de la confianza depositada en mí para el desarrollo de un tema tan relevante y complejo como este.

También extiendo mis agradecimientos a Marcelo Niedbalski por su colaboración y sus aportes a este trabajo en sus primeras etapas, y a Diego Romero por sus sugerencias, su amistad y por su ayuda cuando lo requerí.

Quiero agradecer de manera especial a mis padres, a mi hermano Fernando, a mis abuelos Luis y Raquel por su apoyo y cariño incondicional a lo largo de mi vida, y a mis amigos Paulina, Diego, Alejandro, Ivo, Carlos y Loida por su amistad y cariño.



# Resumen

En el presente trabajo, se analizaron formas de onda de sismos previos al terremoto del 27 de febrero de 2010, registradas por la red del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile. El objetivo principal fue analizar variaciones espaciales y temporales en parámetros sísmicos tales como Índice de Energía, Volumen Aparente, Frecuencia de Eventos, Caída de Tensión, Radio de Ruptura y Magnitud de Momento.

El área de estudio se ubica entre 34°S - 38°S y 71°W- 75°W, y se consideró una ventana de tiempo entre el 01 de marzo 2004 y 26 de febrero de 2010. Después de que las señales en formato SEISAN fueran revisadas, estas se traspasan a formato SAC y luego se analizaron en MATLAB para calcular los parámetros sísmicos mencionados anteriormente. En minería, estos parámetros son calculados para controlar la evolución de la sismicidad inducida por la actividad minera, por lo que el propósito de este trabajo es verificar si es posible describir la evolución de la sismicidad tectónica de la región de estudio a través del cálculo de estos parámetros para los eventos registrados en el periodo y en la región señalados.

Tras realizar el análisis de los eventos seleccionados, es posible ver cambios temporales incluso meses antes del terremoto principal en zonas donde se registraron desplazamientos importantes producto del evento sísmico. El análisis llevado a cabo debería ser aplicado en la región de estudio para las réplicas del terremoto del 27 de febrero, de modo de evaluar la influencia de la distribución de las estaciones en los parámetros a calcular. También sería interesante estudiar variaciones temporales de parámetros sísmicos en otros lugares como la laguna sísmica del norte de Chile, la zona de ruptura del terremoto de Valparaíso de 1985, o al norte de la zona de ruptura de terremoto de Valdivia de 1960, sin embargo, es necesario tener en cuenta la distribución espacial de las estaciones en esas regiones.



# Abstract

In the current work, waveforms of earthquakes recorded by network of seismological service of Universidad de Chile before February 27, 2010 earthquake were analized. The principal goal was analize spacial and temporal variations in seismic parameters such as Energy Index, Aparent Volume, Number of Earthquakes, Stress Drop, Rupture Radio and Moment Magnitude.

The studied area is located between 34°S-38°S and 71°W-75°W, and it was considered a time window between March 01, 2004 and February 26, 2010. After signals in SEISAN format were reviewed, they were written in SAC format and then were analized in MATLAB to calculate seismic parameters mentioned above. In mining, those parameters are calculated to control the evolution of induced seismicity by mining activity, so the purpose of this work is verify if is possible to describe evolution of tectonic seismicity of the studied region through calculating those parameters for earthquakes recorded in time and region described.

After completing the analysis of selected earthquakes is posible to see temporal changes even few months prior to the major earthquake in areas where important displacement produced by the earthquake were detected. The analysis carried out should be applied in the studied region for aftershocks of the February 27, in order to evaluate the influence of the distribution of stations in the parameters to be calculated. It would also be interesting to study temporal variations in seismic parameters in other places such as seismic gap of northern Chile, the rupture zone of Valparaiso 1985 earthquake, or north of the rupture zone of the 1960 Valdivia earthquake, however, is necessary to take into account the spatial distribution of stations in those regions.



# **Capítulo 1**

## **Introducción**

### **1.1. Introducción y Motivación**

Tras el terremoto del 27 de febrero de 2010, surge la necesidad de investigar que ocurre con la sismicidad de la región afectada y que procesos físicos pudieron haber llevado a este proceso de ruptura. Se sabe que en la región no ocurría un terremoto de subducción de magnitud superior a  $M_w = 8$  desde 1835, y varios autores habían identificado en esta región la denominada laguna Sísmica Constitución-Concepción ([Madariaga, 1998](#)), la cual ha sido objeto de estudios justamente por la escasa sismicidad que presenta y por la cantidad de eventos que históricamente han ocurrido en la región (ver figura 2.2).

Además, ningún otro terremoto que cerrara una laguna sísmica había sido tan bien documentado. La década previa al terremoto se habían realizado mediciones GPS en distintos puntos de la región ([Moreno et al., 2010](#)), se había instalado redes temporales de estaciones sísmicas portátiles en la región correspondiente a la laguna sísmica Constitución- Concepción ([Campos et al., 2002](#)), entre otras mediciones. El servicio sismológico de la Universidad de Chile instaló una red de sismogramas que fue complementando con nuevas estaciones durante el transcurso de estos años, de modo que existen registros de las señales recibidas producto de los eventos que han ocurrido en los últimos años.

En minería se ha desarrollado un criterio de alerta sísmica basado en parámetros sísmicos que permiten observar cambios en la sismicidad inducida producto del proceso de extracción, de modo de tener un control sobre la actividad minera. Dado que los métodos utilizados en minería con este fin han dado buenos resultados en ese contexto, se decide estimar estos parámetros a partir de las formas de onda registradas por la red de estaciones del servicio sismológico, de manera de verificar si es posible observar variaciones temporales en la sismicidad de los eventos precursores del terremoto del 27 de febrero de 2010 mediante esta metodología.

Para este trabajo, revisaremos los eventos registrados desde el 2 marzo de 2004 hasta el 26 de febrero 2010, de manera de visualizar si existen cambios en la sismicidad en la zona de ruptura del terremoto del 27 de febrero de 2010 que puedan ser observados mediante el cálculo de parámetros sísmicos y su variación temporal.

### **1.2. Hipótesis**

Se sabe que existe una disminución en la actividad sísmica en la laguna sísmica Constitución-Concepción en los últimos años ([Campos et al., 2002](#)), y dado que sabemos que ocurrió un terremoto en esa región, es lógico pensar se estuvo produciendo un proceso de acumulación de stress, y que el terremoto del 27 de febrero de 2010 habría liberado esa energía acumulada. No sabemos con certeza qué

duración tiene ese proceso, pero creemos que puede haber manifestaciones de su evolución durante los años previos al evento, y que estos cambios en la sismicidad se pueden observar en la ventana de tiempo para la cual disponemos de datos a través de los parámetros sísmicos que estimaremos para este trabajo.

Dado que en minería se ha podido observar la variación temporal de parámetros sísmicos con buenos resultados, creemos que es posible obtener buenos resultados aplicando la misma metodología para sismicidad tectónica, sabiendo que ocurrió un evento de magnitud importante en esta región. Esto nos permitiría comprobar si los parámetros sísmico-mineros de los eventos previos al terremoto evolucionarían de manera similar a la esperada para un evento que liberara gran cantidad de energía en una mina.

### **1.3. Objetivos**

- Identificar variaciones espaciales y temporales en parámetros sísmicos en la zona de ruptura del terremoto del 27 de febrero de 2010 para los eventos previos a este terremoto localizados entre los 34°S y los 38°S, y los 71°W y 75°W, que ocurrían entre el 01 de Marzo de 2004 y el 26 de Febrero de 2010.
- Verificar si los parámetros sísmico-mineros calculados para los eventos seleccionados permiten describir la evolución de la sismicidad precursora al terremoto del 27 de febrero de 2010.

#### **Objetivos Específicos**

- Calcular energía y momento sísmico para las señales registradas en cada estación.
- Calcular parámetros sísmicos basados en la energía y el momento sísmico para cada evento seleccionado.

## Capítulo 2

# Descripción general de la región de estudio

A continuación se describe algunas características propias de la región de estudio. Primero se relaciona la teoría de lagunas sísmicas con la región de estudio, la cual previo al terremoto era considerada una laguna sísmica (Madariaga, 1998), pues no ocurría un terremoto de subducción de magnitud mayor a 8 desde 1835. Luego, se describe la teoría de asperezas (Kanamori, 1986) que explica el comportamiento de la zona de subducción Chilena y se puntualizan las características importantes para la región de interés. Finalmente, se resumen las características más importantes de la zona de subducción en la región que nos interesa estudiar (Campos et al. (2002); Belmonte-Pool (1997)).

### 2.1. Laguna Sísmica Constitución - Concepción

De acuerdo a la teoría de lagunas sísmicas, podemos describir la sismicidad histórica de una región como ciclos que se inicián con un proceso lento de acumulación de stress, el cual es liberado de manera violenta en uno o varios terremotos de magnitud importante (Madariaga, 1998). Ya que la tasa de movimiento de la placa de Nazca respecto de la Sudamericana es conocida, y si además se conoce el área de ruptura de los terremotos que han afectado a la región de interés (a partir de la cual podemos estimar el Momento Sísmico y el deslizamiento), podemos estimar el tiempo de recurrencia de terremotos de cierta magnitud en una región determinada. La velocidad relativa entre las placas de Nazca y Sudamericana es del orden de los 8 cm/año, de modo que de acuerdo a esta teoría, debería ocurrir un sismo de magnitud  $M_w = 8$  cada 60 años, si se asume que el deslizamiento promedio de cada evento es de 5 m (Madariaga, 1998).

De la figura 2.1 podemos observar que en la región comprendida entre el sur de la zona de ruptura del terremoto de 1928 y el norte de la zona de ruptura del terremoto de 1960, no había ocurrido un terremoto de subducción de magnitud mayor a  $M_w = 8$  desde 1835. Varios autores ya habían determinado que esta región correspondía a una laguna sísmica (Campos et al. (2002); Madariaga (1998)), y si observamos las zonas de rupturas de terremotos históricos delimitadas en la figura 2.2, se observan tres cosas:

1. Ha ocurrido otros eventos de magnitud mayor a  $M_w = 8$  en la zona de ruptura del terremoto del 27 de febrero de 2010.
2. Estos eventos han ocurrido con una periodicidad que oscila entre los 80 y 90 años, y el terremoto de 1928 calza con ese tiempo de recurrencia.
3. El terremoto del 27 de febrero de 2010 parece cerrar la laguna sísmica Constitución- Concepción.

Mientras algunos estudios posteriores al terremoto afirman que este evento cerró completamente la laguna sísmica (Moreno et al., 2010), otros estudios proponen que la laguna sísmica no se ha cerrado

completamente y que podría ocurrir un evento importante en la zona sur de zona de ruptura del terremoto del 27 de febrero, entre los 36°S y 38.5°S (Lorito et al., 2011). Si se observa la sismicidad en la región de Valparaíso, se ve que la ruptura iniciada por el terremoto de 1971 finalizó en el terremoto de 1985, lo que no está considerado en la teoría de lagunas sísmicas (Madariaga, 1998). Sin embargo, esta teoría ha permitido definir regiones de estudio en las que existe un mayor riesgo sísmico, como es el caso de la zona de ruptura correspondiente al terremoto del 27 de febrero, donde si bien no se puede afirmar que la laguna se cierra completamente, sí es cierto que en esa región era muy probable que ocurriera un evento de gran magnitud.

La laguna sísmica estaría delimitada por las zonas de ruptura correspondientes a los terremotos de 1928 y de 1960, entre los 36°S y los 37.5°S. Si bien en la zona se produjo el terremoto de Chillán el año 1939, este tuvo origen al interior de la placa de Nazca (Campos et al. (2002); Madariaga (1998)), razón por la cual se establece que el terremoto más reciente que ocurrió en la región previo al 27 de febrero de 2010 es el terremoto de 1985, cuya zona de ruptura abarca desde los 35°S hasta los 37°S (Campos et al., 2002).

En la zona de subducción chilena, las placas de Nazca y Sudamericana están fuertemente acopladas entre sí (Kanamori, 1986), razón por la cual Chile es uno de los países más sísmicos del mundo. Si bien en Chile predominan las zonas de asperezas (zonas fuertemente acopladas), estas no están distribuidas de manera homogénea. De acuerdo a los resultados obtenidos por Moreno et al. (2010), existen dos zonas de asperezas bien definidas al norte y al sur del epicentro, las cuales estaban separadas por una zona de bajo deslizamiento de 50 a 100 km de ancho. Estas regiones coinciden con los sectores en los cuales existía un déficit importante del deslizamiento previo al terremoto del 27 de febrero de acuerdo a los resultados de Moreno et al. (2010), los cuales son consistentes con los resultados planteados por Lorito et al. (2011).

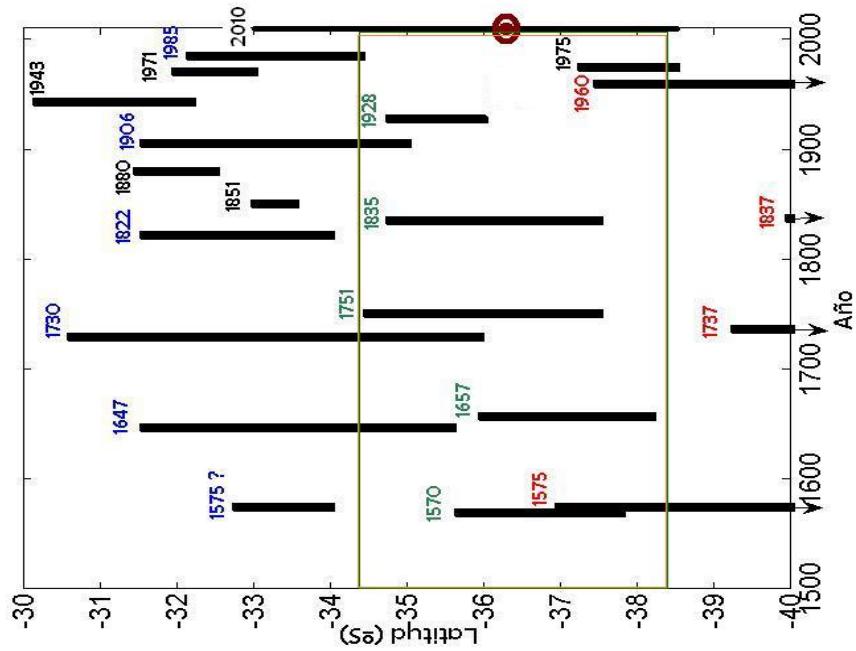


Figura 2.2: Zonas de Ruptura terremotos históricos.

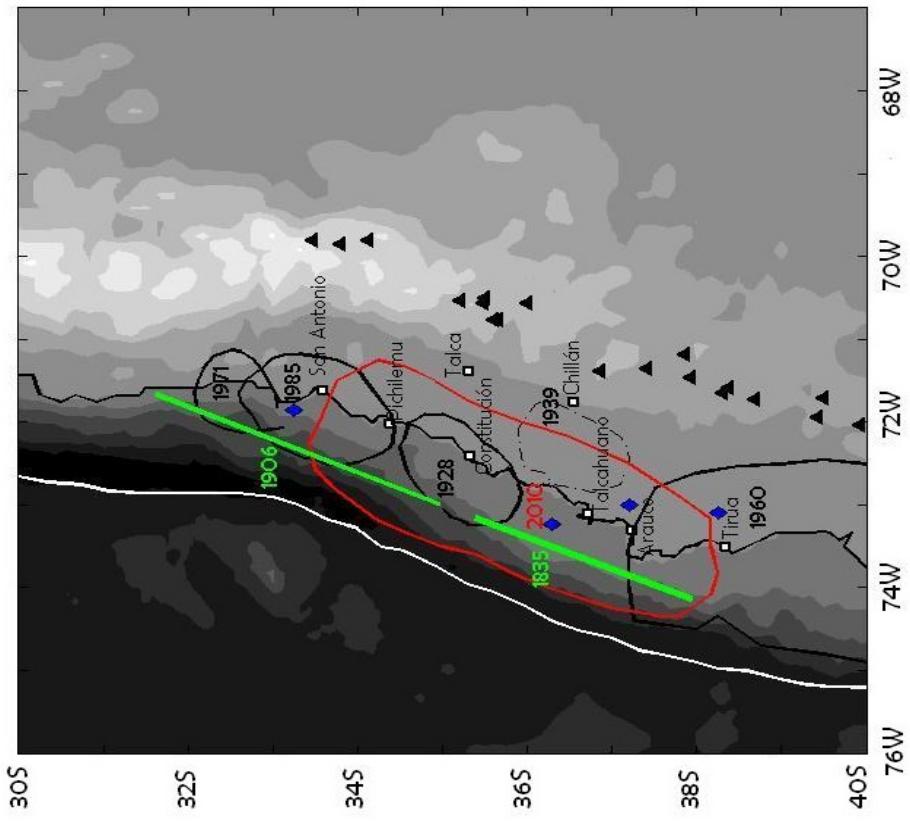


Figura 2.1: Zonas de Ruptura terremotos último siglo.

## 2.2. Descripción Geotectónica de la región de estudio

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas por Moreno et al. (2010), Lorito et al. (2011), Campos et al. (2002) y Madariaga (1998), delimitaremos nuestra zona de estudio entre los 34°S y los 38°S. La distribución espacial de los eventos precursores y las réplicas del terremoto del 27 de Febrero de 2010 para el catálogo de eventos del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile (catálogo GUC) se encuentra en las figuras 2.6 y 2.7 respectivamente. En la figura 2.6 se observa que la sismicidad disminuye hacia el sur, y que en general la magnitud de los eventos no supera los  $M_w = 5,5$ . Campos et al. (2002) también planteó que entre los 34.5°S y los 37.5°S se observa una falta de actividad sísmica previa al terremoto que no se observaba en otros lugares en Chile; Madariaga (1998) también menciona una clara ausencia de eventos sísmicos desde los 35°S hacia el sur.

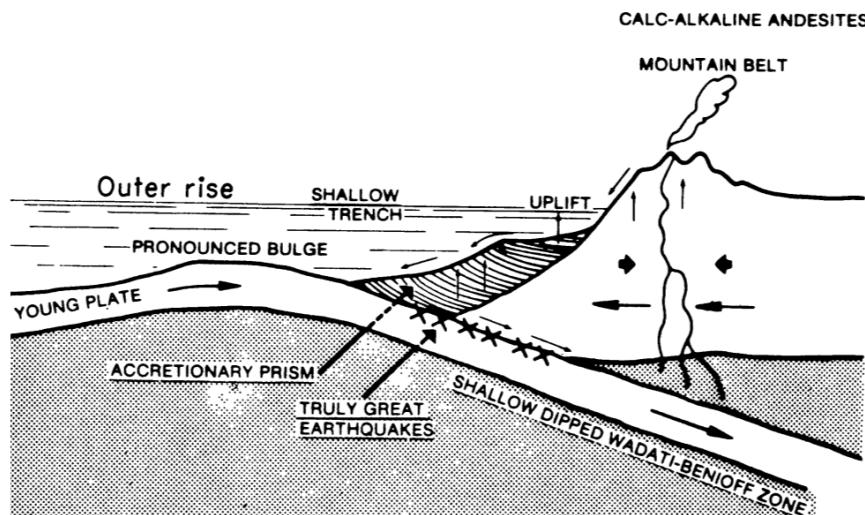
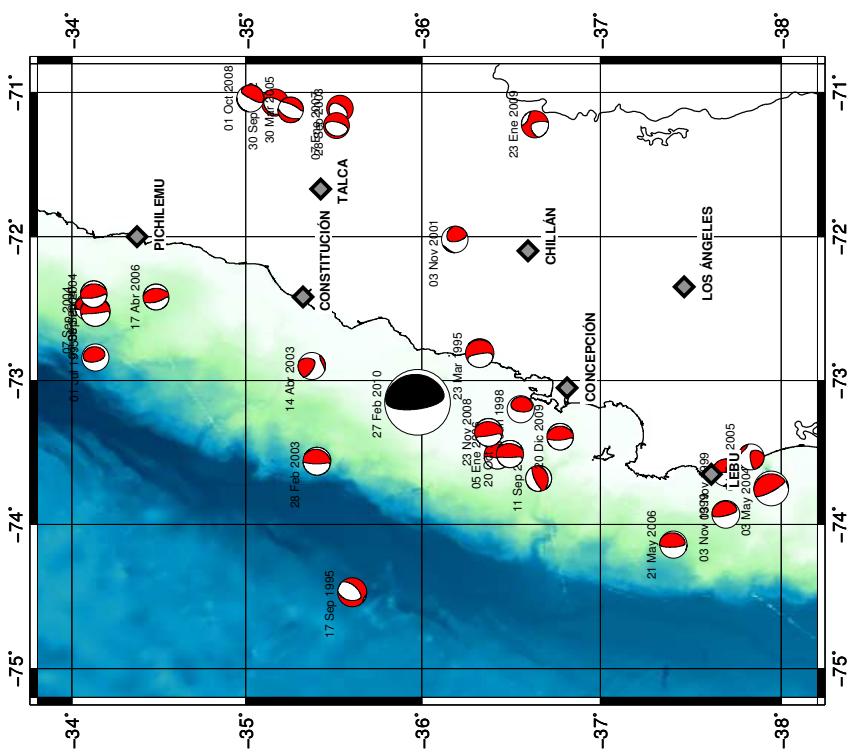


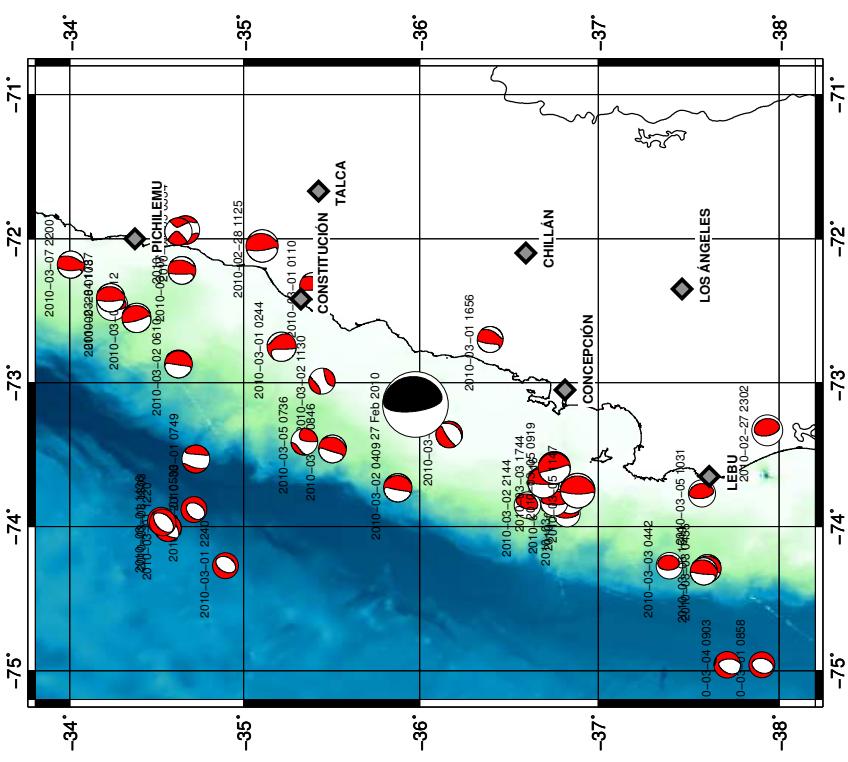
Figura 2.3: Esquema de la zona de Subducción Chilena (Kanamori, 1986).

La zona de subducción en Chile se debe a la interacción entre las placas de Nazca y la Sudamericana, las cuales comienzan a converger desde el borde costero de Chile hacia el interior del continente de acuerdo al esquema de la figura 2.3. La distribución en profundidad de los eventos en esta zona definen una zona de Wadati-Benioff cuyo dip varía entre los 30° y los 40° (Madariaga (1998); Campos et al. (2002)). A partir de los 33°S, la sismicidad no se extiende más allá de los 200 km de profundidad (Madariaga, 1998), y la gran mayoría de los eventos se alinean a lo largo de la zona de Wadati-Benioff de acuerdo a los estudios realizados por Campos et al. (2002), en el cual se establece que el 90% de los eventos analizados en esa investigación ocurren dentro de la placa de Nazca. La profundidad aumenta a medida que la placa de Nazca desciende bajo Chile (Campos et al., 2002), lo que puede observarse en la profundidad de los eventos mostrados en la figura 2.6.

Existen dos tipos de mecanismos focales predominantes asociados a la zona de subducción: los mecanismos de falla inversos asociados a la zona de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana cuyo ángulo de inclinación varía entre los 25° y 30° (Madariaga (1998); Belmonte-Pool (1997)), y los mecanismos de falla normales, asociados a eventos que ocurren al interior de la placa de Nazca (Madariaga, 1998). En las figuras 2.4 y 2.5 se observan los mecanismos focales de los precursores y las réplicas del terremoto del 27 de febrero.



**Figura 2.4:** Mecanismos Focales Precursores CMT Harvard:  
01 Enero 1995 - 26 Febrero 2010



**Figura 2.5:** Mecanismos Focales Réplicas CMT Harvard:  
27 Febrero 2010 - 08 Marzo 2010

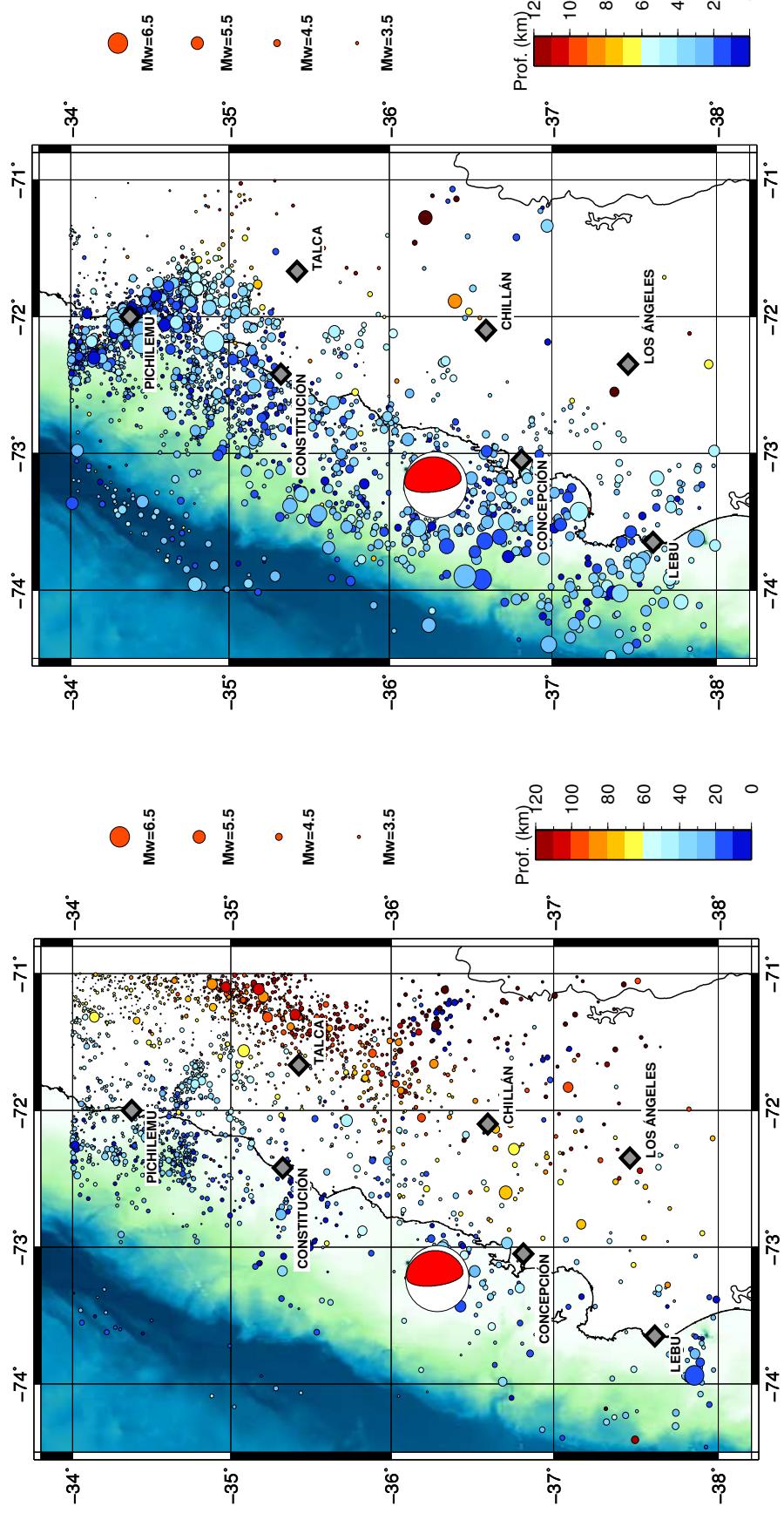


Figura 2.6: Precursores catálogo GUC: 01 Enero 2001 - 26 Febrero 2010

Figura 2.7: Réplicas catálogo GUC: 27 Febrero 2010 - 30 Noviembre 2010

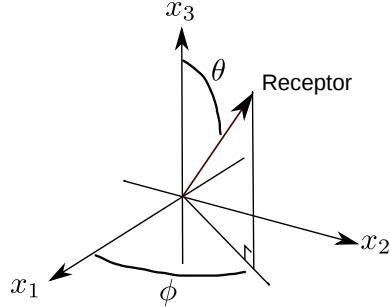
## Capítulo 3

# Parámetros Sísmicos

Los Parámetros Sísmicos son magnitudes que describen distintos aspectos de la fuente sísmica, y pueden ser calculados a partir de la señal registrada por un receptor. En este capítulo, se describirá algunos aspectos de la fuente sísmica que nos permitirán estudiar la señal que se genera desde el epicentro del evento sísmico. Una vez captada la señal, se aplicarán algunos procesos que permitirán definir y calcular los parámetros sísmicos que describirán al evento ocurrido en la fuente. También tendremos en consideración algunos aspectos relacionados con el trayecto que recorren las ondas desde el epicentro hacia el receptor y como la atenuación del medio puede influir en los parámetros de interés.

### 3.1. Función Fuente dependiente del tiempo

Consideremos el patrón de radiación de la fuente sísmica respecto a la dirección del receptor (Stein and Wysession, 2003) de acuerdo al esquema de la figura 3.1.



**Figura 3.1:** Patrón de radiación en coordenadas esféricas (Stein and Wysession, 2003)

Si ubicamos el receptor lejos de la fuente, según la teoría de fuente sísmica el desplazamiento debido a las ondas de compresión  $u_r$  en la componente radial del sistema de coordenadas esféricas elegido está dado por:

$$u_r = \frac{1}{4\pi\rho\alpha^3 r} \dot{M}(t - r/\alpha) \sin 2\theta \cos \phi \quad (3.1)$$

donde el primer término corresponde a la amplitud del desplazamiento y el tercer término depende del patrón de radiación de las ondas P con respecto al azimut entre la fuente y el receptor (Stein and

(Stein and Wysession, 2003). El segundo término  $\dot{M}(t)$  corresponde al pulso radiado desde la falla, el cual se propaga a la velocidad de la onda P dada por  $\alpha$ , alcanzando una distancia  $r$  en el instante  $(t - r/\alpha)$ . Este término se conoce como función fuente dependiente del tiempo y es la derivada con respecto al tiempo de la función de momento sísmico.

$$M(t) = \mu D(t)S(t) \quad (3.2)$$

La función de momento sísmico  $M(t)$  describe el proceso de falla a través del tiempo en términos de la rigidez del material  $\mu$ , la historia del deslizamiento  $D(t)$  y el área de falla en la cual ocurre el deslizamiento en cada instante  $S(t)$  durante el proceso de ruptura que genera un terremoto (Stein and Wysession, 2003). Para estimar el tamaño de un terremoto y tener una noción de la energía liberada por el evento, se calcula el momento sísmico estático (o escalar) del evento, para lo cual se calcula el deslizamiento promedio de la falla  $\bar{D}$  y el área total de ruptura  $S$ :

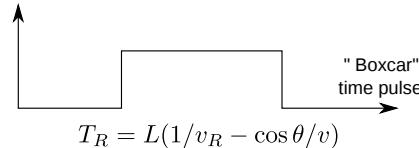
$$M_0 = \mu \bar{D} S \quad (3.3)$$

En sismología, se asume frecuentemente que la geometría de la fuente puede separarse de su variación temporal, por lo tanto, podemos representar la función de momento sísmico de la siguiente manera:

$$M(t) = M_0 x(t) \quad (3.4)$$

donde  $x(t)$  corresponde a la señal proveniente de la fuente del terremoto, y puede interpretarse como la función fuente (Stein and Wysession (2003); Madariaga (2007)).

Para simplificar el problema, se asume que la falla es rectangular y que el proceso de ruptura irradia un impulso desde cada punto de ruptura de la falla (Stein and Wysession, 2003). El proceso de ruptura comienza al inicio de la falla y termina en su punto más lejano, de manera que la señal radiada desde la fuente no es impulsiva, sino que se asemeja a una función *boxcar* como la mostrada en la figura 3.2.



**Figura 3.2:** Pulso irradiado desde la fuente (Stein and Wysession, 2003).

En el esquema,  $T_R$  es el tiempo de ruptura total de la falla,  $L$  su largo,  $v_R$  es la velocidad a la cual ocurre la ruptura y  $v$  es la velocidad de la onda irradiada (onda P u onda S). Supongamos ahora que el receptor se ubica a una distancia  $r_0$  del punto inicial de la falla y su azimut con respecto a la misma está dado por  $\theta$ , como se indica en la figura 3.3 (Stein and Wysession, 2003). La primera ruptura es detectada tras un tiempo  $r_0/v$ , mientras que la última ruptura se percibe en el instante  $(L/v_R - r/v)$ .

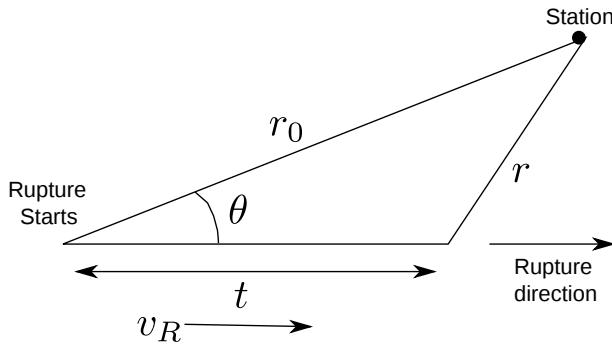
La ley de los cosenos indica que:

$$r^2 = r_0^2 + L^2 - 2r_0 L \cos \theta \quad (3.5)$$

asumiendo que el receptor se ubica lejos de la falla ( $r \gg L$ ), la siguiente aproximación es válida:

$$r \approx r_0 - L \cos \theta \quad (3.6)$$

De manera que el pulso de tiempo debido a la ruptura de la falla finita es una *boxcar* de duración:



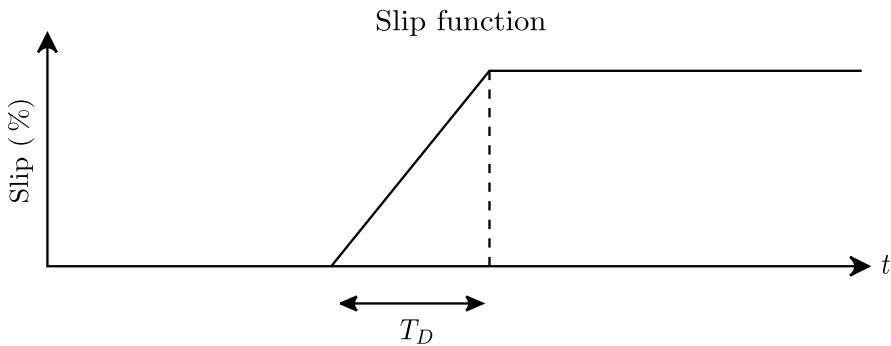
**Figura 3.3:** Esquema del proceso de ruptura (Stein and Wysession, 2003).

$$T_R = L(1/v_R - \cos \theta / v) \quad (3.7)$$

$$= L/v(v/v_R - \cos \theta) \quad (3.8)$$

donde  $T_R$  se conoce como *tiempo de ruptura* (Stein and Wysession, 2003).

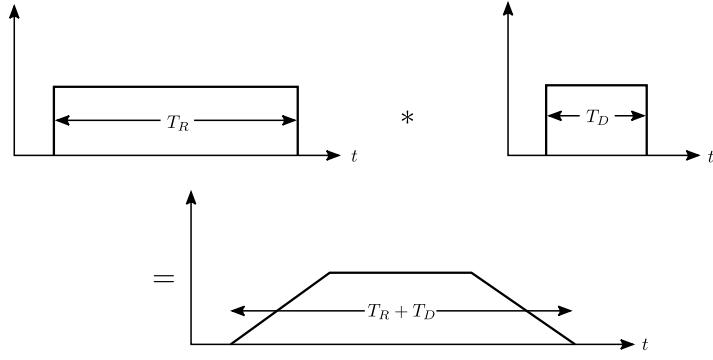
Por otro lado, la evolución temporal de  $x(t)$  también depende de la forma en que ocurre el deslizamiento, el cual no ocurre de manera instantánea en un punto de falla. El deslizamiento de un lugar determinado de la falla es modelado como una función rampa que comienza en el instante cero y termina en el instante  $T_D$  conocido como *rise time* (Stein and Wysession, 2003), tal como se observa en la figura 3.4.



**Figura 3.4:** Función de deslizamiento dependiente del tiempo. (Stein and Wysession, 2003)

La derivada de la función rampa mostrada en la figura 3.4 corresponde a una *boxcar* de longitud  $T_D$  similar a la indicada en la figura 3.2 para el tiempo de ruptura. Luego, como la función fuente  $x(t)$  depende del tiempo de ruptura y de como se desliza la falla, podemos definirla como la convolución entre ambas funciones *boxcar*, obteniéndose como resultado un trapezoide cuya longitud es la suma del tiempo de deslizamiento  $T_D$  (rise time) y el tiempo de ruptura  $T_R$ , lo cual se esquematiza en la figura 3.5.

Una vez registrado un evento sísmico, podemos calcular el espectro de frecuencias de la función fuente dependiente del tiempo (el registro obtenido), lo cual nos permitirá obtener el momento sísmico de



**Figura 3.5:** Función fuente dependiente del tiempo. (Stein and Wysession, 2003)

un terremoto, dado que las ondas radiadas dependen del producto entre el momento sísmico y la función fuente dependiente del tiempo. El modelo que utilizaremos consiste en suponer que la función fuente dependiente del tiempo es el resultado de la convolución de dos boxcar correspondientes al tiempo de falla (ruptura)  $T_R$  y el tiempo de deslizamiento  $T_D$ : la transformada de fourier de la función resultante es el producto de las transformadas de las dos funciones boxcar (Stein and Wysession, 2003). La transformada de fourier de una función boxcar de peso  $1/T$  y longitud  $T$  está dada por (Stein and Wysession, 2003):

$$F(\omega) = \int_{-T/2}^{T/2} \frac{1}{T} e^{i\omega t} dt = \frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2} = \text{sinc}(\omega T/2) \quad (3.9)$$

Anteriormente se mencionó que el momento sísmico se define de la siguiente manera:

$$M(t) = M_0 x(t) \quad (3.10)$$

y dado que la función fuente  $x(t)$  es el resultado de la convolución de las funciones boxcar dadas por  $T_D$  y  $T_R$  (figura 3.5), la transformada de fourier del momento sísmico está dada por (Stein and Wysession, 2003):

$$|A(\omega)| = M_0 |\text{sinc}(\omega T_R/2)| |\text{sinc}(\omega T_D/2)| \quad (3.11)$$

Aplicando logaritmo, se tiene:

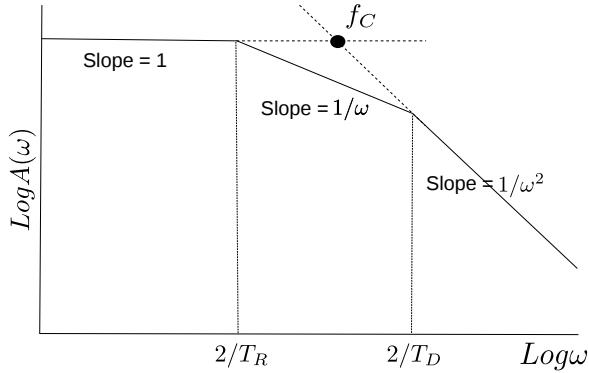
$$\log A(\omega) = \log M_0 \log \text{sinc}(\omega T_R/2) \log \text{sinc}(\omega T_D/2) \quad (3.12)$$

Asumiendo que  $T_R > T_D$ , el espectro de frecuencias se verá como el de la figura 3.6 y tomará los siguientes valores:

$$\log |A(\omega)| = \begin{cases} \log M_0 & \omega < 2/T_R \\ \log M_0 - \log(T_R/2) - \log(\omega) & 2/T_R < \omega < 2/T_D \\ \log M_0 - \log(T_R T_D/4) - 2\log(\omega) & \omega > 2/T_D \end{cases}$$

donde  $2/T_R$  y  $2/T_D$  son las frecuencias esquina. Vemos que el espectro está definido por el Momento Sísmico, el tiempo de llegada y el tiempo de ruptura. Existen otros modelos de espectro que consideran tres frecuencias esquina, y también existen modelos que consideran sólo una frecuencia de esquina, en este último se asume que la frecuencia de esquina combina los efectos del tiempo de llegada y el tiempo de ruptura.

Si asumimos un modelo de una frecuencia esquina, esta puede definirse por:



**Figura 3.6:** Modelo del espectro de frecuencias de la función fuente (Stein and Wysession, 2003)

$$f_C \approx \frac{1}{T_R} \quad (3.13)$$

Como  $L = T_R \cdot V_R$  y la velocidad de ruptura esta relacionada con la velocidad de la onda S mediante la relación  $V_R = 0,7\beta$ , podemos obtener mediante el espectro de la función fuente el largo de la falla. Para grandes sismos se suele asumir que la falla es rectangular, por lo que  $f$  representa la fracción del largo correspondiente al ancho de la falla. Para eventos sísmicos más pequeños, se puede asumir que la falla es circular, para la cual podemos estimar el radio de ruptura mediante la siguiente expresión (Mendecki, 1997):

$$r_0 = \frac{2,34v_s}{2\pi f_0} \quad (3.14)$$

donde  $v_s$  es la velocidad de la onda S en la fuente.

## 3.2. Momento Sísmico

El momento sísmico  $M_0$  es un parámetro que permite caracterizar las dimensiones de la zona de ruptura, asumiendo una geometría determinada para la falla. En otras palabras, “es una medida del tamaño que un sistema equivalente de fuerzas necesita para generar las ondas que la falla producto del terremoto generó” (Stein and Wysession, 2003). Al observar el espectro de frecuencias de las formas de onda registradas por un sismograma, vemos que en la zona de bajas frecuencias se da un valor aproximadamente constante, el cual corresponde al momento sísmico, también denominado momento estático. Este parámetro depende del deslizamiento promedio de la falla  $\bar{D}$  y su área  $S$ :

$$M_0 = \mu \bar{D} S \quad (3.15)$$

Este parámetro puede calcularse a través del espectro de la función fuente, que corresponde al sismograma registrado por la red instrumental. Como se observa en la figura 3.6, el espectro de la función fuente dependiente del tiempo está parametrizado por el tiempo de llegada, el tiempo de ruptura y el Momento Sísmico.

A partir del momento sísmico es posible obtener una aproximación del largo de la falla de un evento sísmico. Si definimos el área de falla como  $S = fL^2$ , donde  $f$  es un factor que describe la forma de la falla y  $L$  su dimensión característica, el Momento Sísmico se define por:

$$M_0 = \mu \bar{D} f L^2 \quad (3.16)$$

Tanto el espectro de frecuencias como la señal recibida dependen de la ubicación del receptor con respecto al hipocentro, la distancia que existe entre ellos, el medio por el cual se propagan las ondas (y sus correspondientes estratificaciones) y la componente del sismograma que registra la señal (Norte, Este o Vertical en el caso de un sismograma de tres componentes). Por lo tanto, la señal captada por el receptor puede ser distinta a la original, por lo que debemos hacer ciertas consideraciones de modo de recuperar la señal original de la fuente, que es la que realmente nos interesa estudiar. Recordemos que un sismograma  $u(t)$  se define como la convolución de las siguientes funciones (Stein and Wysession, 2003):

$$u(t) = x(t) * e(t) * q(t) * i(t) \quad (3.17)$$

donde  $x(t)$  representa la función proveniente de la fuente,  $i(t)$  describe las características del instrumento,  $e(t)$  el efecto de la propagación de la onda a través de las distintas interfaces del medio y  $q(t)$  el efecto de atenuación que sufre la onda al propagarse a través del medio. No consideraremos las características del instrumento en este trabajo, y dado que asumiremos un modelo de velocidades lineal y un medio homogéneo (ver Metodología de Trabajo), tampoco consideraremos el efecto de la propagación. Si realizamos la transformada de Fourier del sismograma, el resultado es la multiplicación de las transformadas de Fourier de cada uno de los factores mencionados aquí:

$$U(w) = X(w)E(w)Q(w)I(w) \quad (3.18)$$

y si descartamos el efecto de la propagación y la respuesta instrumental, el espectro de la función fuente puede definirse de la siguiente manera:

$$X(w) = U(w)/Q(w) \quad (3.19)$$

de manera que para obtener la función fuente, debemos dividir la señal registrada por el efecto de la atenuación de la señal. El efecto de atenuación se define por medio de la ecuación 3.20 (Stein and Wysession, 2003, pp. 195) (Stein and Wysession, 2003, pp. 195).

$$A(\omega) = e^{-\omega r / 2v_0 Q} \quad (3.20)$$

y como  $\omega = 2\pi f$ :

$$A(f) = e^{-\pi f r / 2v_0 Q} \quad (3.21)$$

donde  $r$  es la distancia hipocentral,  $v_0$  la velocidad de la fase escogida (P o S),  $f$  la frecuencia y  $Q$  un valor constante.

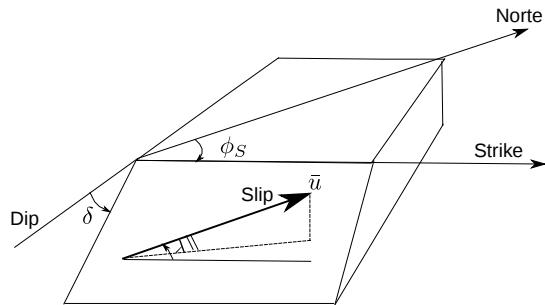
### 3.3. Patrón de Radiación

Supongamos que las ondas de cuerpo a partir de las cuales calcularemos el patrón de radiación se originan en el campo lejano y se deben a una falla de cizalle en un punto de orientación arbitraria ubicado en un medio esféricamente simétrico. “El plano de falla nos dará información acerca de la dirección del movimiento entre los bloques causados por la falla.” (Aki and Richards, 2002)

Para las ondas P, existen dos planos nodales perpendiculares entre sí: uno corresponde al plano de falla y el otro al plano auxiliar. La orientación de estos planos está definida por su “strike” y su “dip”, mientras que la dirección de deslizamiento está dada por el “slip” o “rake”.

La interacción entre dos placas tectónicas puede representarse por dos bloques cuyas superficies interactúan entre sí, y el plano sobre el cual interactúan ambos bloques corresponde al plano de falla. El bloque inferior suele denominarse “bloque de piso” (representado en la figura 3.7) y el superior “bloque

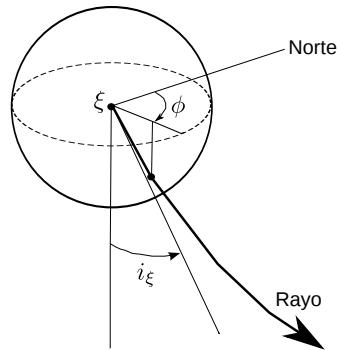
de techo”.



**Figura 3.7:** Representación del plano de falla: bloque de piso. (Aki and Richards, 2002)

El patrón de radiación puede ser estimado a partir de la primera llegada de las ondas P en el campo lejano, las cuales indican si el movimiento de la partícula ocurre desde el epicentro hacia el receptor (Dilatacional) o en sentido opuesto (Compresional).

Una manera sencilla de describir y entender la geometría del problema, es representando el rayo que viaja desde la fuente hacia el receptor en la “esfera focal” que aparece en la figura 3.8. Esta es una “esfera centrada en la fuente cuyo radio es arbitrariamente pequeño” (Aki and Richards, 2002), y en ella, se traza el rayo que representa el recorrido descrito por las ondas de cuerpo desde el epicentro hacia el receptor y sus correspondientes coordenadas (en el sistema de coordenadas esférico), de modo de visualizar donde el rayo intersecta a la esfera focal. De este modo, el rayo proveniente de la fuente queda descrito por dos parámetros: el Azimut  $\phi$ , que es el ángulo formado entre el norte geográfico y el rayo, y el ángulo de excedencia  $i_\xi$ , formado entre la vertical y el rayo. Ambos parámetros en conjunto con aquellos que describen al plano de falla (strike, dip y rake) definen el patrón de radiación. Una proyección de la parte inferior de la esfera focal dividida en cuatro cuadrantes puede ser utilizada para determinar el mecanismo de falla de un sismo en base a las primeras llegadas de la fase P, como explicaremos en detalle en una sección que aparece más adelante.



**Figura 3.8:** Esfera Focal (Aki and Richards, 2002)

“El desplazamiento de las ondas P y S en el campo lejano para una fuente puntual con tensor de momento  $M_{pq}$  tiene la siguiente representación vectorial:” (Aki and Richards, 2002, ver Capítulo 4).

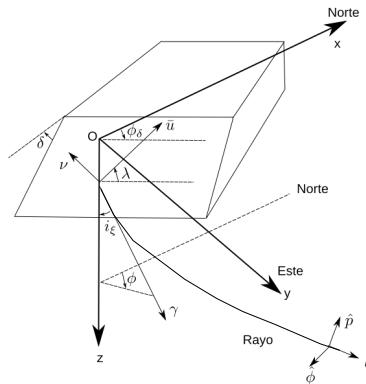
$$\text{Onda P: } u^P(\vec{x}, t) = \frac{2(\vec{\gamma} \cdot \vec{v})(\vec{\gamma} \cdot \vec{u})\mu A \gamma}{4\pi \rho \alpha^3 r} \quad (3.22)$$

$$\text{Onda S: } u^S(\vec{x}, t) = \frac{[(\vec{\gamma} \cdot \vec{v})\dot{\vec{u}} + (\gamma \cdot \dot{\vec{u}})\vec{v} - 2(\gamma \cdot \vec{v})(\gamma \cdot \vec{u})\gamma]\mu A}{4\pi \rho \beta^3 r} \quad (3.23)$$

“donde  $\gamma$  es la dirección longitudinal de la fuente al receptor,  $v$  es el vector normal a la falla,  $\vec{u}$  es la velocidad de la partícula en la fuente promediada sobre el área  $A$  y evaluada en el tiempo de retardo  $t - r/v_0$ , \* donde  $r$  es la distancia entre la fuente y el receptor ( $r = |\vec{x} - \vec{\xi}|$ )” (Aki and Richards, 2002). Dado que SV y SH estan en las direcciones  $\hat{p}$  y  $\hat{\phi}$  respectivamente:

$$u^{SV}(\vec{x}, t) = (u^S \cdot \hat{p})\hat{p} = \frac{[(\gamma \cdot v)(\vec{u} \cdot \hat{p}) + (\gamma \cdot \vec{u})(\vec{v} \cdot \hat{p})]\mu A \hat{p}}{4\pi \rho \beta^3 r} \quad (3.24)$$

$$u^{SH}(\vec{x}, t) = (u^S \cdot \hat{\phi})\hat{\phi} = \frac{[(\gamma \cdot v)(\vec{u} \cdot \hat{\phi}) + (\gamma \cdot \vec{u})(\vec{v} \cdot \hat{\phi})]\mu A \hat{\phi}}{4\pi \rho \beta^3 r} \quad (3.25)$$



**Figura 3.9:** Sistema de Coordenadas considerado para el cálculo del Patrón de Radiación (Aki and Richards, 2002)

Ahora, nuestro objetivo es representar  $u^P$ ,  $u^{SV}$  y  $u^{SH}$  en términos de un sistema de coordenadas cartesianas que permita describir el patrón de radiación de las ondas P y S en términos de  $(\phi_S, \delta, \lambda, i_\xi$  y  $\phi$ ). Si escogemos el sistema de coordenadas de la figura 3.9, donde  $\hat{x}$  apunta en dirección al Norte,  $\hat{y}$  en dirección Este y  $\hat{z}$  en dirección vertical hacia abajo, se tiene que el patrón de radiación para cada componente se define por las siguientes expresiones (Aki and Richards, 2002):

$$\begin{aligned} F^P &= \cos \lambda \sin \delta \sin^2 i_\xi \sin 2(\phi - \phi_S) - \cos \lambda \cos \delta \sin 2i_\xi \cos(\phi - \phi_S) \\ &+ \sin \lambda \sin 2\delta (\cos^2 i_\xi - \sin^2 i_\xi \sin^2(\phi - \phi_S)) + \sin \lambda \cos 2\delta \sin 2i_\xi \sin(\phi - \phi_S) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F^{SV} &= \sin \lambda \cos 2\delta \cos 2i_\xi \sin(\phi - \phi_S) - \cos \lambda \cos \delta \cos 2i_\xi \cos(\phi - \phi_S) \\ &+ \frac{1}{2} \cos \lambda \sin \delta \sin 2i_\xi \sin 2(\phi - \phi_S) - \frac{1}{2} \sin \lambda \sin 2\delta \sin 2i_\xi (1 + \sin^2(\phi - \phi_S)) \end{aligned}$$

\*  $v_0 = \alpha$  para la onda P y  $v_0 = \beta$  para la onda S

$$\begin{aligned}
F^{SH} = & \cos \lambda \cos \delta \cos i_\xi \sin(\phi - \phi_S) + \cos \lambda \sin \delta \sin i_\xi \cos 2(\phi - \phi_S) \\
& + \sin \lambda \cos 2\delta \cos i_\xi \cos(\phi - \phi_S) - \frac{1}{2} \sin \lambda \sin 2\delta \sin i_\xi \sin(\phi - \phi_S)
\end{aligned}$$

### 3.4. Magnitud

El momento sísmico es el parámetro que mejor describe a la fuente, sin embargo, dado que sus órdenes de magnitud se expresan en potencias de 10 no suele resultar una variable muy amigable para describir el *tamaño* del evento sísmico de interés. Recordemos que esto no sólo es de interés para la comunidad científica, sino también para la población en general que siente el evento y desea cuantificar el efecto de este. Para resolver este problema, se crean las escalas de magnitud. La gran ventaja en su uso es que se obtienen a partir de la amplitud del sismograma sin necesidad de efectuar un análisis complejo de la forma de onda registrada. Además, son fáciles de comprender al arrojar resultados del orden de la unidad.

Las mediciones de magnitud se basan en la amplitud de las ondas registradas en un sismograma, tras corregir los efectos de atenuación dados por la distancia al epicentro y otros factores geométricos. Estas escalas tienen la forma:

$$M = \log(A/T) + F(h, \Delta) + C \quad (3.26)$$

donde  $A$  es la amplitud,  $T$  el periodo dominante,  $F$  un factor de corrección que depende de la profundidad del sismo y su distancia al epicentro y  $C$  un factor de escala regional ([Stein and Wysession, 2003](#)). Dado que las escalas de magnitud son logarítmicas, un sismo de una magnitud determinada es 10 veces mayor que aquel de una unidad de magnitud inferior.

Existen distintos tipos de escala, las cuales utilizan distintos tipos de onda para estimar la magnitud de un terremoto. Estas son las escalas de magnitud local, ondas de cuerpo, ondas de superficie y magnitud de momento. La limitación de estas escalas a excepción de la ultima, es que para magnitudes superiores a cierto valor no representan la energía liberada por un terremoto de manera adecuada, arrojando valores similares para dos eventos sísmicos cuya cantidad de energía liberada puede ser muy diferente. Para corregir este problema, se creó la escala de magnitud de momento, que es la más adecuada para cuantificar (y comparar) la energía liberada por terremotos de gran magnitud.

**Magnitud Local ( $M_L$ )** Es la escala más antigua y fue creada por Charles Richter en 1935, y determina la magnitud comparando la amplitud media de una onda registrada por un sismógrafo de Wood – Anderson a 100 km distancia con la amplitud media de la onda de un terremoto de referencia de magnitud cero, cuya amplitud en el sismógrafo de Wood – Anderson sería del orden de  $10^{-6}$  m a 100 km de distancia ([Stein and Wysession, 2003](#)), esto es:

$$M_L = \log A - \log A_0 \quad (3.27)$$

La escala se satura para sismos de magnitud superior a 7, y no considera los efectos de la profundidad del evento ni su posición respecto a la estación. Además, si no existía una estación a 100 km del epicentro se debía aplicar factores de corrección adicionales ([Stein and Wysession, 2003](#)). Actualmente esta escala no es utilizada en su forma original, sin embargo, aun se sigue estimando la magnitud local para determinar el daño estructural que pueden sufrir las construcciones debido a que la frecuencia de resonancia de las construcciones es cercana a la frecuencia de resonancia del sismógrafo de Wood – Anderson.

**Magnitud Coda ( $M_C$ )** La magnitud coda depende del tiempo coda, el cual corresponde a la diferencia entre el tiempo de llegada de la onda coda y el tiempo de origen del sismograma. El tiempo de llegada de la onda coda se ubica en la parte del sismograma en la cual la onda se atenuó completamente y no se distingue la señal del ruido instrumental. Es un método sencillo que permite calcular la magnitud de eventos locales que no requiere un mayor análisis de la señal.

Dado el tiempo coda definido por  $t_C = t - t_0$ , la magnitud coda se define como:

$$M_C = A \log(t_C) + C \quad (3.28)$$

donde A y C son constantes que varían para cada región, y deben ser calibradas especialmente para cada zona de estudio.

Las desventajas de este método son que depende del nivel de ruido del instrumento utilizado y la lectura realizada por la persona encargada de analizar el sismograma, pues no existe una escala universal para el cálculo de magnitudes coda (a diferencia del resto de las escalas de magnitud). Sin embargo, si las constantes A y C han sido calibradas para la región de estudio, el método permite la obtención de una magnitud de manera sencilla, la cual no depende de la calibración del instrumento ni del patrón de radiación (Havskov and Ottemöller, 2010).

**Magnitud de Momento ( $M_w$ )** Las escalas que hemos visto hasta ahora, si bien permiten obtener una magnitud de manera práctica y sencilla, sus resultados no tienen una relación con la física de los terremotos, varían con respecto al azimut por lo que dependen fuertemente de la posición de la estación con respecto al evento y además, tienden a saturarse, por lo que no representan de manera adecuada los terremotos de gran magnitud, que suelen ser de gran interés debido a su gran impacto en varios ámbitos.

Para resolver gran parte de estos problemas, se creó una escala de magnitud basada en un parámetro físico llamado Momento Sísmico, el cual se denota por  $M_0$  y depende de procesos que ocurren en la fuente sísmica (Stein and Wysession, 2003). Se tiene que:

$$M_w = \log(M_0)/1,5 - 10,73 \quad (3.29)$$

La gran ventaja de esta escala es que sus resultados son compatibles con las demás escalas definidas anteriormente sin saturarse, por lo que es la escala de magnitud usada para terremotos de gran magnitud.

### 3.5. Caída de Stress o Caída de Tensión

La caída de Tensión o caída de stress se define como la magnitud del stress liberado tras un terremoto (Stein and Wysession, 2003). Dicho de otro modo, corresponde a la diferencia de tensión existente antes de un terremoto y después de que este ocurre.

$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma_1 \quad (3.30)$$

Una falla acumula strain alrededor de la falla con el paso del tiempo, el cual luego se libera cuando ocurre un evento sísmico. Esta liberación de strain genera radiación de ondas sísmicas a través de las cuales se puede estimar el cambio de stress. La variación de strain antes y después de un evento sísmico está dada por:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x} \approx \frac{\bar{D}}{L} \quad (3.31)$$

donde  $\bar{D}$  es el deslizamiento promedio y  $L$  la dimensión característica de la falla. Luego, la caída de stress promedio para la falla es:

$$\Delta\sigma \approx \mu \frac{\bar{D}}{L} \quad (3.32)$$

Dado que el Momento Sísmico es el parámetro sísmico mejor restringido (Stein and Wysession, 2003) se obtiene el deslizamiento promedio en función de dicho parámetro. Entonces, de la ecuación 3.16, se tiene:

$$\bar{D} \approx \frac{cM_0}{\mu L^2} \quad (3.33)$$

donde  $c$  es un factor de forma equivalente a  $1/f$ . Reemplazando el valor del deslizamiento promedio en la ecuación 3.32, La caída de tensión se define como:

$$\Delta\sigma = c \frac{M_0}{L^3} = c \frac{M_0}{S^{3/2}} \quad (3.34)$$

En general, la Caída de Tensión es un parámetro difícil de calcular directamente, pero si conocemos el Momento Sísmico de un terremoto y asumimos que la falla tiene una forma determinada y conocemos sus dimensiones, podemos hacer una estimación de la Caída de Tensión para ese evento sísmico. De no tener antecedentes previos acerca de la falla, se puede estimar la caída de tensión por medio de la estimación de la frecuencia de esquina  $f_C$  a partir del espectro de frecuencias de la función fuente, asumiendo un modelo de una frecuencia de esquina y que esta es igual a:

$$f_C \approx \frac{1}{T_R} \quad (3.35)$$

Como  $L = T_R \cdot V_R$  y la velocidad de ruptura esta relacionada con la velocidad de la onda S mediante la relación  $V_R = 0,7\beta$ , podemos obtener mediante el espectro de la función fuente el largo de la falla, y con ello, estimar la caída de tensión.

### 3.6. Energía Sísmica Radiada e Índice de Energía

En general, se puede calcular la energía radiada de dos maneras: una que depende del momento sísmico del evento, y otra basada en la integral de la señal registrada en velocidad. Para la primera, se asume que “la energía liberada por strain es el producto del stress promedio durante la falla  $\bar{\sigma}$ , el deslizamiento promedio  $\bar{D}$  y el área de falla  $S$  (Stein and Wysession, 2003):

$$W = \bar{\sigma} \bar{D} S \quad (3.36)$$

”Sean  $\sigma_0$  y  $\sigma_1$ , los stresses antes y después de la falla, entonces  $\Delta\sigma = \sigma_0$  y  $\bar{\sigma} = \sigma_1 + \Delta\sigma/2$ . Parte de esta energía ( $H$ ) se pierde por fricción, de modo que la energía sísmica radiada esta dada por:

$$E = W - H = \bar{\sigma} \bar{D} S - \bar{\sigma}_f \bar{D} S \quad (3.37)$$

donde  $\sigma_f$  es stress liberado por fricción. Luego:

$$E = \left( \frac{\Delta\sigma}{2} \right) \bar{D} S + (\sigma_1 - \sigma_f) \bar{D} S = E_0 + (\sigma_1 - \sigma_f) \bar{D} S \quad (3.38)$$

Como la falla se detiene cuando el stress por fricción es igual al stress final ( $\sigma_l = \sigma_f$ ), entonces  $E_0$  es el límite inferior de la energía sísmica radiada, la cual queda definida por:

$$E_0 = \left( \frac{\Delta\sigma}{2} \right) \bar{D}S = \frac{\Delta\sigma}{2\mu} M_0 \quad (3.39)$$

Otra manera de calcular la energía sísmica radiada es utilizando la función fuente en velocidad ( $\dot{x}$ ), la cual se puede extraer de la señal recibida (ver sección Momento Sísmico). El valor de la energía esta dado por (Mendecki, 1997) \*:

$$E = 4\pi\rho V_C S_{V2} \quad (3.40)$$

donde  $\rho$  es la densidad del medio,  $V_C$  es la velocidad de la partícula en la fuente y  $S_{V2}$  corresponde a la integral del espectro de fourier de la señal en velocidad al cuadrado:

$$S_{V2} = 2 \int_0^\infty V^2(f) df \quad (3.41)$$

De acuerdo al teorema de parseval, se tiene que la relación entre una señal en el tiempo  $x(t)$  y su transformada de fourier  $H(f)$  esta dada por (Mendecki, 1997):

$$\int_0^\infty [x(t)]^2 dt = \int_{-\infty}^\infty |H(f)|^2 df \quad (3.42)$$

por lo tanto, la Energía Sísmica radiada se puede calcular mediante la integral de la velocidad de la función fuente al cuadrado, de modo que:

$$S_{V2} = \frac{2}{N\Delta t} \int_0^\infty V^2(t) dt \quad (3.43)$$

o en su forma discreta:

$$S_{V2} = \frac{2}{N\Delta t} \sum_{k=0}^N V^2(t_k) \quad (3.44)$$

Otra manera de estimar la energía sísmica radiada del volumen que nos interesa estudiar, es mediante un parámetro denominado Índice de Energía, que es la razón entre la energía sísmica radiada calculada para un conjunto de eventos y la energía sísmica esperada para ese mismo grupo de eventos. La energía esperada se calcula mediante el ajuste de una linea recta entre el logaritmo del momento sísmico y el logaritmo de la energía calculada (Mendecki, 1997). Una vez obtenidos ambos valores, el Índice de Energía puede definirse por la ecuación 3.45.

$$IE = \log(E_{calculada}) - \log(E_{esperada}) \quad (3.45)$$

donde

$$E_{esperada} = 10^{c_3 \log_{10}(M_0) + c_4} \quad (3.46)$$

siendo  $c_3$  y  $c_4$  constantes que dependen del conjunto de eventos que se analizará.

---

\* Para obtener el valor de la energía en la fuente, debo multiplicar este valor por la distancia entre el hipocentro y el receptor al cuadrado

### 3.7. Volumen Aparente

La deformación permanente producto de un evento sísmico genera un cambio de volumen local, y puede asociarse a un volumen característico. Si definimos el volumen de la fuente por  $V = M_0/\Delta\sigma$ , y además consideramos que en general  $\Delta\sigma \geq 2\sigma_A$ , podemos definir el volumen aparente por medio de la ecuación 3.47 (Mendecki, 1997).

$$V_A = \frac{M_0}{2\sigma_A} \quad (3.47)$$

En la ecuación 3.47,  $\sigma_A$  corresponde al stress aparente, y se define el Volumen Aparente en función de este parámetros debido a que su estimación es menos dependiente del modelo utilizado que la caída de tensión (Mendecki, 1997). Dado que el stress aparente se define como:

$$\sigma_A = \mu \frac{E}{M_0} \quad (3.48)$$

el Volumen Aparente queda definido por la ecuación 3.49

$$VA = \frac{M_0^2}{2\mu E_r} \quad (3.49)$$



## Capítulo 4

# Procesamiento de Señales y Análisis de Datos

A partir de datos facilitados por el servicio sismológico de la Universidad de Chile que consisten en formas de onda registradas por esa red desde enero de 2001 hasta noviembre de 2010, obtendremos la variación temporal de algunos parámetros sísmicos de eventos previos al terremoto del 27 de febrero de 2010. A continuación describiremos cada una de las etapas que nos permitieron obtener los resultados señalados en esta investigación, desde la recepción de los datos por parte del servicio sismológico hasta la obtención de los resultados finales.

### 4.1. Red Instrumental del servicio sismológico, recepción de señales y traspaso a SAC

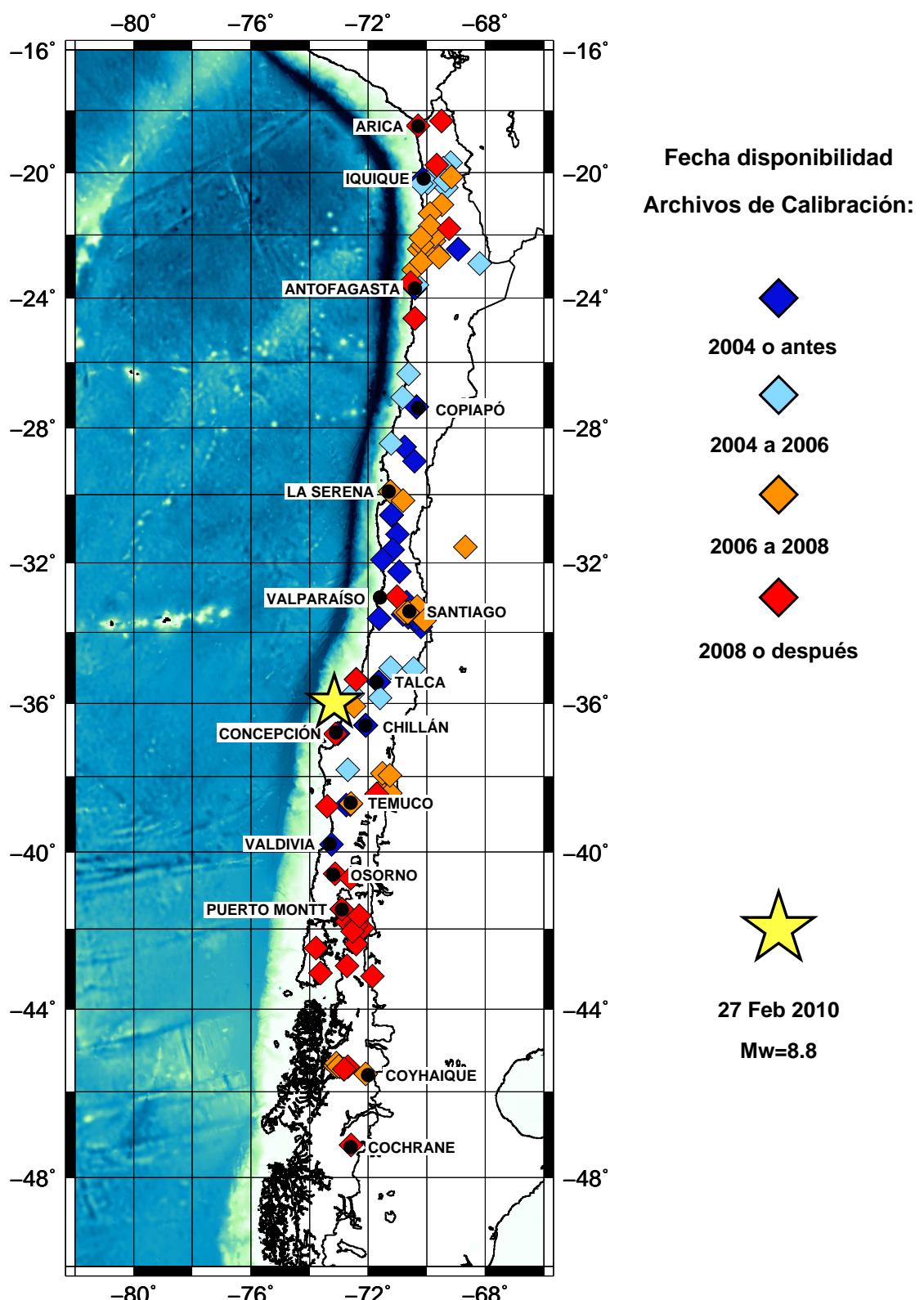
La Red del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile cuenta con una serie de instrumentos distribuidos a lo largo del territorio nacional desde los cuales se registran y almacenan las señales sísmicas correspondientes a cada evento. Contamos con formas de onda registradas entre el año 2001, y desde entonces se han incorporado nuevas estaciones a la red a lo largo de todo Chile. En el mapa de la figura 4.1 se muestra la distribución de las estaciones sismológicas que componen la red del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile. Se recibieron los siguientes tres archivos que se describen a continuación:

**concepcion.tar.bz2:** Contiene las formas de onda en formato SEISAN registradas para eventos localizados entre los 34°S y 38°S y entre los 71°W y los 76°W, entre el 01 de enero de 2001 y el 30 de noviembre de 2010.

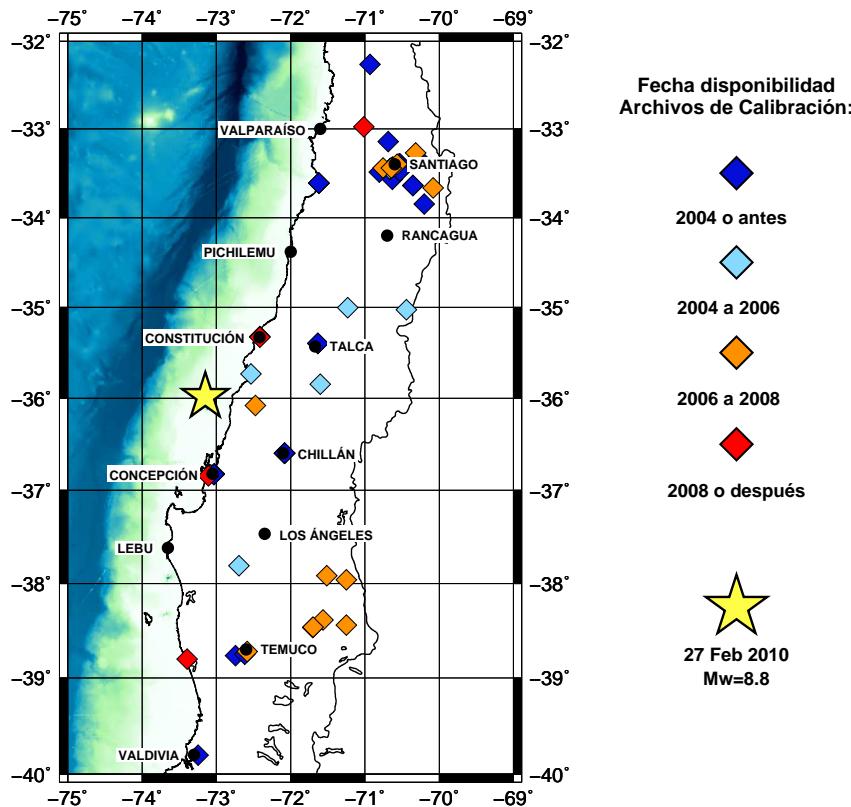
**CAL:** Es una carpeta que contiene los *archivos de calibración* de cada estación. Estos son archivos que contienen información relevante sobre el instrumento que recibe la señal en cada estación, y son requeridos por SEISAN para el análisis de la señal.

**select.out:** Contiene la información correspondiente a la estimación realizada por el Servicio Sismológico sobre del tiempo de llegada para las ondas P y S, la localización y la magnitud local para el evento.

Las señales se encuentran en formato SEISAN, que es un programa que permite visualizar y analizar sismogramas. Para el cálculo de parámetros que realizaremos en este trabajo, necesitamos que la señal recibida esté expresada en velocidad. SEISAN es capaz de hacer este traspaso siempre que cada una de las estaciones desde las cuales provienen las señales tengan sus archivos de calibración disponibles, los cuales contienen toda la información referente al instrumento que registra la señal. Algunas estaciones no cuentan con este archivo, por lo que no serán consideradas las señales provenientes de ellas. También



**Figura 4.1:** Red completa del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile.



**Figura 4.2:** Estaciones de la red SSUCH en la zona de estudio.

se da el caso de estaciones cuyos archivos de calibración no estan disponibles para toda la ventana de tiempo que consideraremos, por lo que no serán consideradas las señales provenientes de estas estaciones para fechas previas a la existencia del archivo de calibracion correspondiente.

Las formas de onda que se encuentran en la carpeta **concepcion.tar.bz2** deben ubicarse en la carpeta WOR de SEISAN. Posteriormente, debemos registrar los eventos en distintos directorios de trabajo, los cuales utilizaremos con distintos fines. Estos directorios se ubican en la carpeta REA y las formas de onda se exportan a la carpeta WAV. A partir del archivo **select.out** se reconstruirán los archivos con la información correspondiente a cada evento (S-files), los cuales serán clasificados en un directorio diferente. Para este trabajo se han generado los siguientes directorios:

**AUTO1:** Se creará este directorio para realizar una primera inspección de las formas de onda registradas automáticamente (comando autoreg en SEISAN), de manera de observar si tienen algún defecto o falta completar alguna etapa previa al manejo de los datos.

**D\_TS1:** En este directorio se ubicará las formas de onda ya corregidas desde AUTO1, por lo que estos serán las formas de onda que analizaremos. Las formas de onda corregidas correspondientes a este directorio serán identificadas con la abreviatura GUC\_M en sus nombres.

**D\_GUC:** En este directorio estan las formas de onda con los archivos REA extraidos del archivo **select.out** que contiene los tiempos de llegara para las ondas P y S de cada evento y la estimación de magnitud local de cada uno de ellos.

**DMGUC:** Respaldo del directorio D\_GUC.

Tras revisar los directorios descritos, notamos que muchas estaciones no tienen archivos de calibración disponibles para los primeros años de datos. A partir del año 2004 se observa una mayor cantidad de estaciones disponibles, por lo que se considerarán los eventos registrados desde ese año en adelante. La mayoría de las señales fueron almacenadas con una tasa de muestreo de 0.02 segundos. Las estaciones ubicadas en la región de estudio y las fechas para las cuales existen archivos de calibración para las estaciones instaladas en la zona de estudio se encuentran en la figura 4.2.

Para las señales provenientes de estaciones que tienen archivos de calibración, se hizo el traspaso de la señal en velocidad a formato SAC en nanometros por segundo, aplicando un filtro butterwood pasabanda de dos polos con frecuencias de corte de 1 Hz y 9 Hz, con el fin de eliminar el ruido y oscilaciones de baja frecuencia (cuyo periodo es de 10 segundos o más) que no tienen relación con los fenómenos sísmicos que estudiaremos aquí (las ondas P y S tienen periodos del orden de 1 segundo). Una vez que se revisa la señal obtenida en SAC, se procede a su lectura desde matlab por medio de una rutina disponible en internet programada por Peng (2006). Esta rutina permite obtener una variable que almacena información relevante de la estación y la señal, como la tasa de muestreo, la ubicación de la estación, el nombre y la componente de la estación, el tiempo de muestreo, entre otras variables. Las señales de cada evento se ordenan en carpetas según el año mes y día en que fueron registrados.

## 4.2. Cálculo de Parámetros en Matlab

Una vez guardadas y ordenadas las señales en formato SAC, se confecciona una rutina en matlab que permita la lectura de las señales sísmicas correspondientes a un evento en particular del catalogo \*. En las figuras 4.3 y 4.4 se explica el funcionamiento y la estructura del programa confeccionado a través de un diagrama de flujo. La rutina solicita como variable de entrada la fecha en la cual se registro el evento, con esta información busca las señales correspondientes al evento señalado, y en primer lugar procede a la determinación de los tiempos de llegada de las fases P y S para cada estación, como se puede ver en el ejemplo de la figura 4.5. Si se trata de un sismograma de 3 componentes, el usuario debe seleccionar en cual componente se observa mejor cada fase, y en el caso de ser un sismograma de una componente, determino si alguna de las dos fases se observa con claridad o si ambas se ven con claridad en el sismograma. Toda esta información se almacena en un archivo, de modo que si se quiere revisar el evento nuevamente, no es necesario realizar nuevamente este procedimiento. Una vez obtenidos los tiempos de llegada para las estaciones seleccionadas, se calculará los parámetros sísmicos de aquellos eventos registrados por más de dos estaciones a menos de 200 kilómetros cuyos archivos de calibración estén disponibles a la fecha del evento.

Una vez definidos los tiempos de llegada  $t_P$ ,  $t_S$  y considerando que  $\Delta t = t_S - t_P$ , la fase P corresponde a la señal registrada entre los instantes  $t_P$  y  $t_S$ , mientras que la fase S esta determinada por la señal registrada entre los tiempos  $t_S$  y  $(t_S + \Delta t)$ .

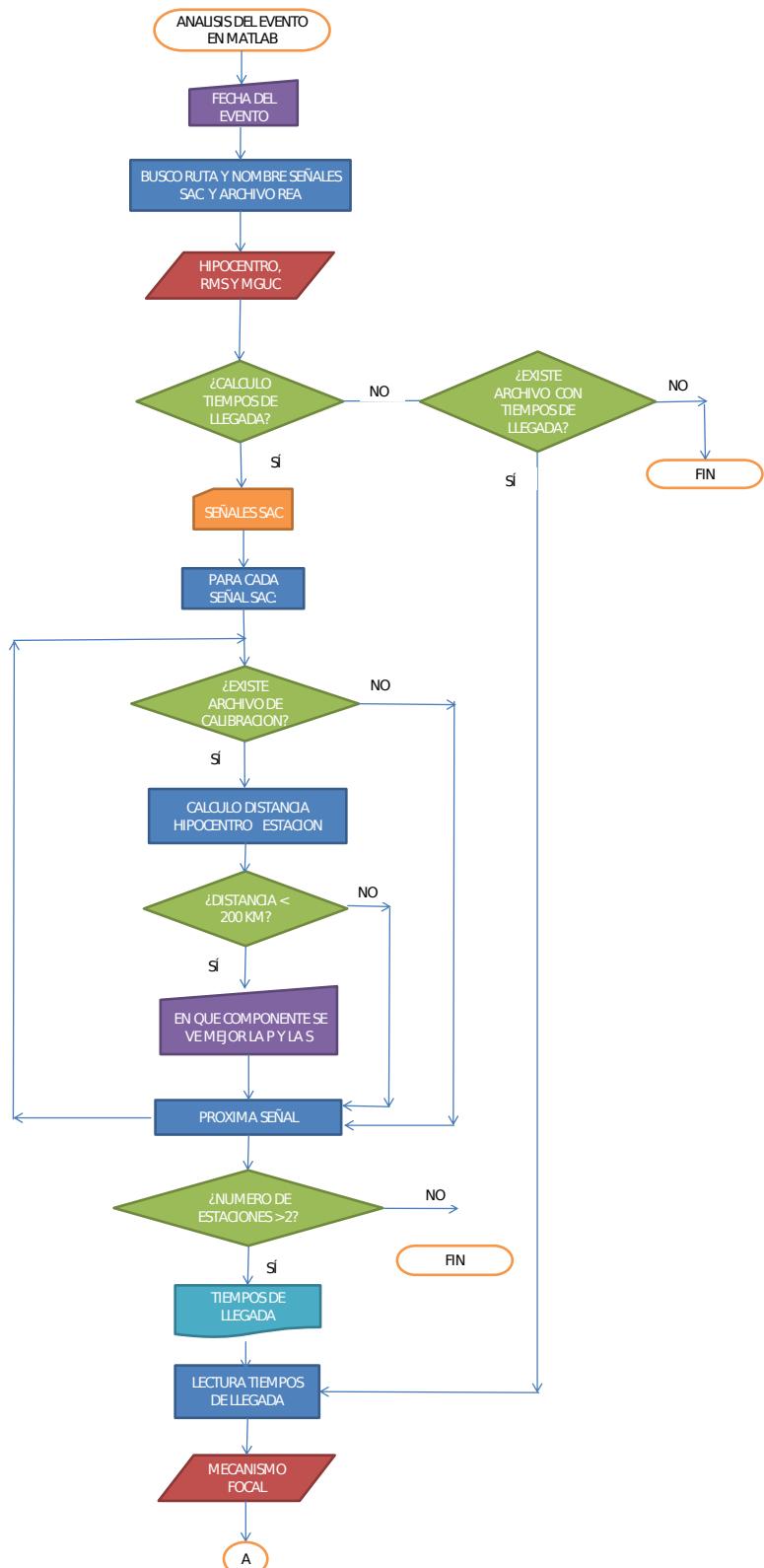
Sea  $(x_0, y_0, z_0)$  el hipocentro localizado en coordenadas  $(\lambda_0, \phi_0)$ , y  $(x_s, y_s, z_s)$  la estación ubicada en coordenadas  $(\lambda_s, \phi_s)$ , la distancia  $r$  se calculó del siguiente modo:

$$r = \sqrt{((x_0 - x_s)^2 + (y_0 - y_s)^2 + (z_0 - z_s)^2)} \quad (4.1)$$

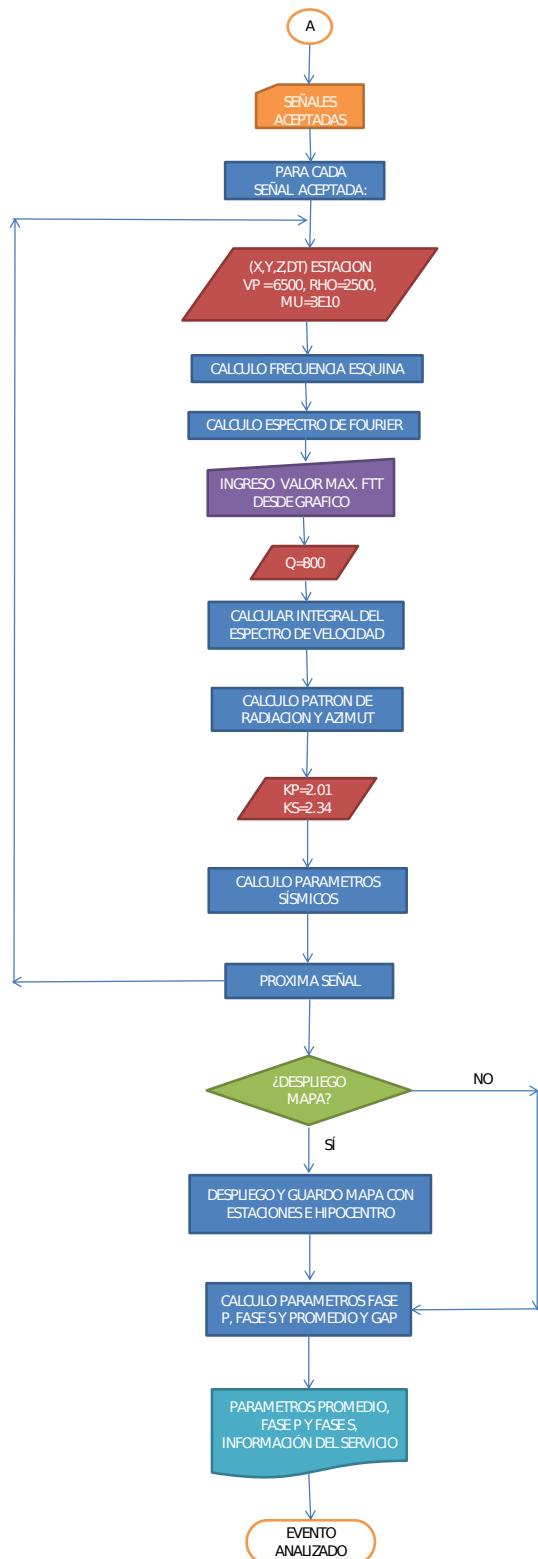
donde:

---

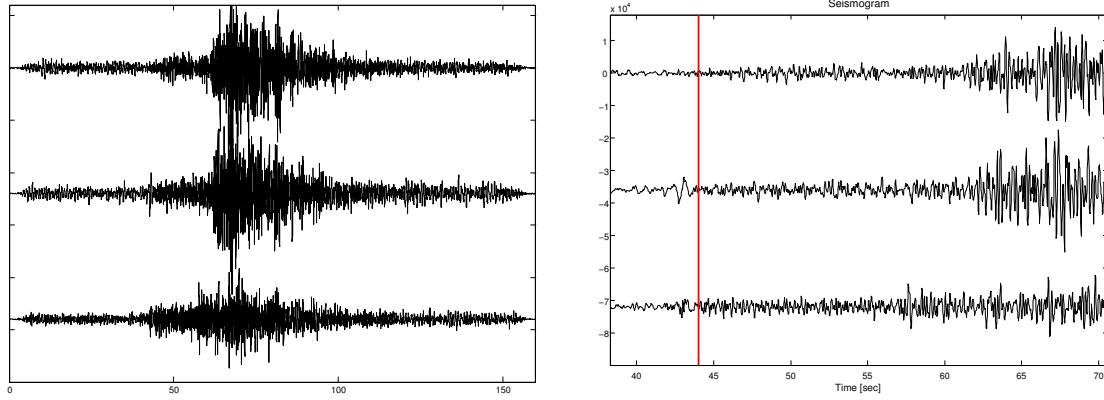
\* Las rutinas confeccionadas para este trabajo fueron elaboradas por Arturo Belmonte-Pool, Diego Romero y Daniela Pulgar



**Figura 4.3:** Primera parte del diagrama de flujo del programa de lectura de señales en matlab.



**Figura 4.4:** Segunda parte del diagrama de flujo del programa de lectura de señales en matlab.



(a) Sismograma de 3 componentes

(b) Zoom de las señales en (a)

**Figura 4.5:** Determinación de los tiempos de llegada desde Matlab.

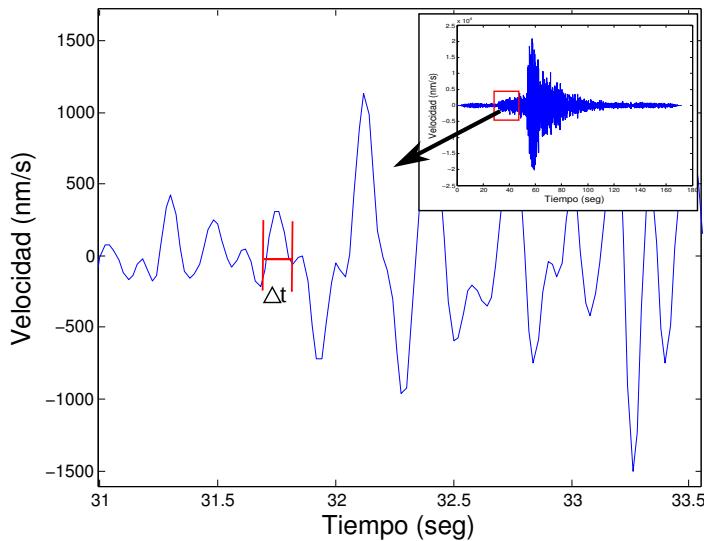
$$\begin{aligned}(x_0 - x_s) &= (\lambda_0 - \lambda_s) * 111 \\ (y_0 - y_s) &= (\phi_0 - \phi_s) * 111 * \cos((\lambda_0 + \lambda_s)/2)\end{aligned}$$

Para la estimación de los parámetros sísmicos se asume que la onda se propaga desde la fuente hacia el receptor en línea recta, a velocidad constante y a través de un medio homogéneo. Sabemos que esto no es cierto, pues existen discontinuidades en el medio, que producen cambios en la velocidad de la onda que se ven reflejados en su trayectoria. Normalmente se asume un modelo de capas en el que la velocidad de la onda P y la densidad del medio cambian en profundidad, sin embargo, esto dificulta el cálculo del patrón de radiación, necesario para la estimación del momento sísmico, y además, hace necesario diferenciar si se observa la fase P o S reflejada o refractada. Por esta razón se eligen estaciones cuya distancia al epicentro sea menor a 200 km, de manera de evitar esta etapa en el proceso, la cual deberá ser incorporada en correcciones posteriores a este trabajo. A pesar de que esto influye en la distancia estimada entre la estación y el epicentro, los momentos sísmicos estimados para pequeñas variaciones en la distancia hipocentral son de similar orden de magnitud, como podemos ver en la tabla 4.3.

Además, debido a que la mayoría de los eventos fue registrado por pocas estaciones a menos de 200 km, quedó pendiente la estimación del mecanismo focal para cada evento, lo que también influye en el cálculo del patrón de radiación y por ende, en el valor final del momento sísmico. Aun así, podemos ver en la tabla 4.7 que distintos mecanismos focales entregan momentos sísmicos de similar orden de magnitud. Como se revisó en el capítulo 2, los mecanismos focales típicos para la zona de subducción se conocen, por lo que el error que se comete al asumir un mecanismo focal arbitrario no es grave, sin embargo, es una corrección que se deberá realizar más adelante. Finalmente se asume un mecanismo focal tipo *thrust* con azimut=5°, dip=10° y rake=100°.

A continuación se determinan los parámetros para cada una de las señales seleccionadas. Como la señal está en [nm/s], debemos multiplicar su amplitud por  $10^{-9}$ , de manera de analizar señal en velocidad en [m/s]. Se extrae la tasa de muestreo y la ubicación de la estación para cada señal, y se asumen los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned}
\text{Velocidad Onda P: } v_P &= 6500[\text{m/s}] \\
\text{Velocidad Onda P: } v_S &= v_P/\sqrt{3}[\text{m/s}] \\
\text{Densidad: } \rho &= 2500[\text{kg/m}^3] \\
\text{Coef. de Rigidez: } \mu &= 3 \cdot 10^{10}[\text{N/m}^2]
\end{aligned}$$



**Figura 4.6:** Estimación de la frecuencia esquina.

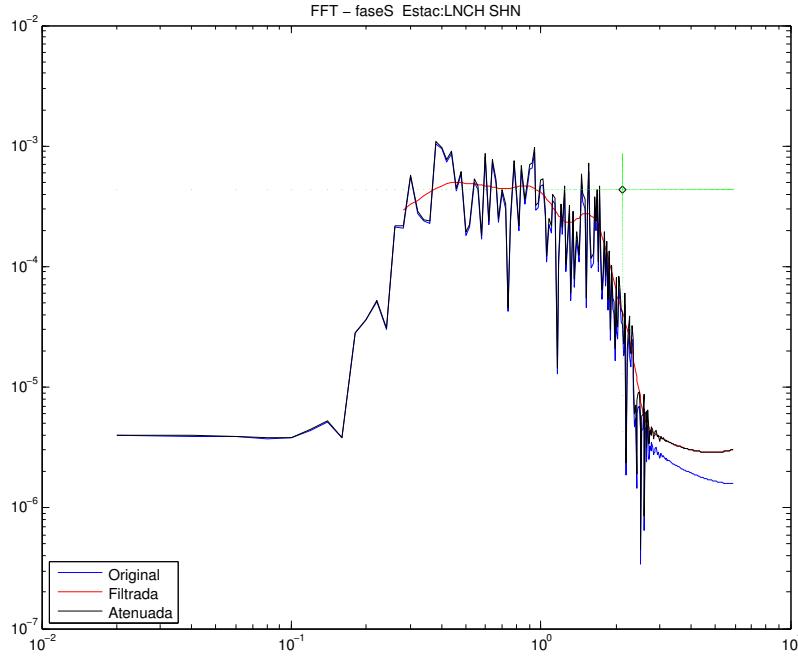
Primero, calculamos la frecuencia esquina de la señal a partir del periodo de la primera llegada de la fase a analizar, como se puede observar en el ejemplo de la figura 4.6. Si la señal es mayor que cero después del tiempo de llegada estimado, se busca en qué punto el gráfico de la señal corta al eje  $x$  en  $y = 0$ ; el procedimiento es análogo si la señal inicial es menor que cero. El tiempo de duración  $\Delta t$  entre estos puntos corresponde a medio periodo, luego,  $T = 2\Delta t$  y la frecuencia esquina esta dada por  $f_o = 1/T$ .

Luego, se calcula el espectro de fourier de la fase que nos interesa. En esta etapa, se determinan los coeficientes de fourier  $x_p$ , aplicando un factor de atenuación a la señal para  $Q=800$ . La amplitud espectral  $A_w$  de la señal a analizar esta dada por:

$$A_w = \sqrt{(Re(x_p)^2 + Im(x_p)^2)} \quad (4.2)$$

Luego, se aplica un filtro de medias móviles de 15 pesos a la amplitud espectral de la señal atenuada. Finalmente se grafican las 3 señales y el usuario ingresa el valor aproximado de la parte plana del espectro de potencias de la señal en bajas frecuencias, como se muestra en la figura 4.7. Se almacena este valor ( $U_r$ ) para el calculo del momento sísmico.

Para calcular la Energía Sísmica Radiada, debemos obtener la integral de la velocidad al cuadrado, como se mostró en la ecuación 3.44, para lo cual se realiza la convolución entre la señal en velocidad y el factor de atenuación (para  $Q=800$ ), y finalmente se calcula la integral de la velocidad de la señal al cuadrado  $I_w$  por teorema de parseval. En el siguiente paso, se calcula el patrón de radiación  $A_r$  para la señal. Como se explicó a partir de la figura 3.8, debemos calcular el azimut de la estación con respecto a



**Figura 4.7:** Ejemplo del espectro de frecuencias en matlab para una señal.

la fuente y el ángulo de excedencia. Una vez definidas estas variables, los parámetros sísmicos se definen mediante las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= \frac{4\pi\rho v_p^3 U_r r}{A_r} \\
 M_w &= \frac{2}{3} \log M_0 - 6 \\
 r_0 &= \frac{K_p \cdot v_{s0}}{2\pi \cdot 0,34 \cdot f_0} \\
 \Delta\sigma &= \frac{7}{16} \frac{M_0}{r_0^3} \cdot 10^{-6} \\
 E_r &= 4\pi\rho v_p I_w r^2
 \end{aligned}$$

Posteriormente se calculan los valores promedio de cada uno de los parámetros, además de los valores correspondientes para las fases P y S por separado, los cuales serán almacenados en archivos individuales. Una vez procesados todos los eventos seleccionados, se elaboran catálogos para los parámetros de cada evento, además de los valores promedio para las fases P y S.

### 4.3. Error asociado a la estimación de los parámetros

Para estimar el error asociado a los parámetros presentados en este trabajo, se tomó una muestra de 6 eventos: dos corticales, dos intraplaca y dos de la zona de acoplamiento, uno de ellos localizado en la zona norte y el otro en la zona sur. En la tabla 4.1 se muestran las fechas, localizaciones y parámetros obtenidos para los eventos de muestra.

Los parámetros más relevantes del catálogo de datos dependen principalmente del Momento Sísmico y la Energía Sísmica Radiada. La Energía Sísmica Radiada se obtiene a partir de la integral del cuadrado

Nº	Sector	Fecha	Hora	$M_{GUC}$	$M_w$	$M_0$ [Nm]	$E_r$ [J]
1	Acoplamiento Norte	2006/02/25	13:31	3.7	3.9	$1,79 \cdot 10^{15}$	$9,28 \cdot 10^9$
2	Acoplamiento Sur	2009/05/30	00:31	4.0	4.3	$6,70 \cdot 10^{15}$	$8,99 \cdot 10^{11}$
3	Cortical Norte	2006/02/17	08:47	3.0	3.2	$9,44 \cdot 10^{13}$	$9,53 \cdot 10^7$
4	Cortical Sur	2008/05/08	02:11	3.7	3.6	$1,11 \cdot 10^{15}$	$5,15 \cdot 10^9$
5	Intraplaca Norte	2008/07/03	19:33	4.2	4.0	$1,88 \cdot 10^{15}$	$1,36 \cdot 10^{11}$
6	Intraplaca Sur	2010/01/04	03:05	3.7	4.0	$1,30 \cdot 10^{15}$	$9,43 \cdot 10^{10}$

**Tabla 4.1:** Eventos de muestra para el análisis de errores

de la señal en velocidad, por lo tanto depende sólo de la señal y no tiene asociado un error aleatorio si se consideran las mismas condiciones iniciales para obtenerla (factor de atenuación  $Q$ , hipocentro y mecanismo focal). En cambio, el Momento Sísmico esta vinculado a la parte plana del espectro de frecuencias de la fase a calcular, el cual es estimado e ingresado por el usuario cada vez que se analiza el evento, por lo tanto, sí tiene asociado un error aleatorio. En la tabla 4.2 se muestra el valor obtenido para el Momento Sísmico tras realizar 5 estimaciones considerando las mismas condiciones iniciales (hipocentro, mecanismo focal y factor de atenuación).

Nº	Fecha	$M_0$ 1 [Nm]	$M_0$ 2 [Nm]	$M_0$ 3 [Nm]	$M_0$ 4 [Nm]	$M_0$ 5 [Nm]
1	2006/02/25	$1,79 \cdot 10^{15}$	$1,54 \cdot 10^{15}$	$1,62 \cdot 10^{15}$	$1,54 \cdot 10^{15}$	$1,44 \cdot 10^{15}$
2	2009/05/30	$6,70 \cdot 10^{15}$	$5,93 \cdot 10^{15}$	$6,34 \cdot 10^{15}$	$6,54 \cdot 10^{15}$	$6,12 \cdot 10^{15}$
3	2006/02/17	$9,44 \cdot 10^{13}$	$7,66 \cdot 10^{13}$	$1,03 \cdot 10^{14}$	$8,85 \cdot 10^{13}$	$9,29 \cdot 10^{13}$
4	2008/05/08	$1,11 \cdot 10^{15}$	$1,10 \cdot 10^{15}$	$1,73 \cdot 10^{15}$	$1,37 \cdot 10^{15}$	$1,82 \cdot 10^{15}$
5	2008/07/03	$1,88 \cdot 10^{15}$	$2,04 \cdot 10^{15}$	$2,17 \cdot 10^{15}$	$2,53 \cdot 10^{15}$	$2,54 \cdot 10^{15}$
6	2010/01/04	$1,30 \cdot 10^{15}$	$1,40 \cdot 10^{15}$	$1,37 \cdot 10^{15}$	$1,34 \cdot 10^{15}$	$1,39 \cdot 10^{15}$

**Tabla 4.2:** Error Aleatorio para el Momento Sísmico

Como vimos anteriormente, al asumir que la onda viaja de la fuente al receptor en línea recta a través de un medio homogéneo a velocidad constante, estamos asumiendo un error en la distancia entre el hipocentro y la fuente. Para cuantificar cual sería el error asociado, se desplaza el hipocentro en latitud, longitud y profundidad, y se calculan los valores de momento sísmico y energía sísmica radiada para estos nuevos hipocentros. Los nuevos valores de  $M_0$  y  $E_r$  se resumen en las tablas 4.3 y 4.4, y muestran que para variaciones importantes en latitud, longitud y profundidad los valores de energía y momento son aproximadamente del mismo orden para todos los casos.

Nº	Fecha	$\lambda_s - 0,5^\circ$	$\lambda_s + 0,5^\circ$	$\phi_s - 0,5^\circ$	$\phi_s + 0,5^\circ$	$z + 10$ [km]	$z - 10$ [km]
1	2006/02/25	$4,53 \cdot 10^{14}$	$5,04 \cdot 10^{15}$	$1,35 \cdot 10^{15}$	$1,13 \cdot 10^{15}$	$1,14 \cdot 10^{15}$	$2,74 \cdot 10^{15}$
2	2009/05/30	$2,73 \cdot 10^{16}$	$3,31 \cdot 10^{15}$	$1,09 \cdot 10^{16}$	$4,61 \cdot 10^{16}$	$4,98 \cdot 10^{15}$	$1,78 \cdot 10^{16}$
3	2006/02/17	$3,57 \cdot 10^{14}$	$6,46 \cdot 10^{13}$	$1,60 \cdot 10^{14}$	$2,96 \cdot 10^{14}$	$8,56 \cdot 10^{13}$	$1,42 \cdot 10^{14}$
4	2008/05/08	$9,35 \cdot 10^{15}$	$5,89 \cdot 10^{14}$	$1,29 \cdot 10^{15}$	$8,18 \cdot 10^{15}$	$1,59 \cdot 10^{15}$	$2,74 \cdot 10^{15}$
5	2008/07/03	$2,27 \cdot 10^{15}$	$4,54 \cdot 10^{15}$	$7,97 \cdot 10^{15}$	$3,77 \cdot 10^{15}$	$2,52 \cdot 10^{15}$	$2,41 \cdot 10^{15}$
6	2008/07/03	$3,25 \cdot 10^{15}$	$8,82 \cdot 10^{14}$	$4,78 \cdot 10^{15}$	$1,69 \cdot 10^{15}$	$1,34 \cdot 10^{15}$	$1,78 \cdot 10^{15}$

**Tabla 4.3:** Error asociado al Momento Sísmico al trasladar el hipocentro

Se determina la influencia en la elección del factor de atenuación en el resultado de la Energía Sísmica Radiada, y como podemos ver de la tabla 4.5, las variaciones en el factor  $Q$  asumido no influyen

Nº	Fecha	$\lambda_s - 0,5[\circ]$	$\lambda_s + 0,5[\circ]$	$\phi_s - 0,5[\circ]$	$\phi_s + 0,5[\circ]$	$z + 10[\text{km}]$	$z - 10[\text{km}]$
1	2006/02/25	$5,46 \cdot 10^9$	$1,71 \cdot 10^{10}$	$1,05 \cdot 10^{10}$	$1,08 \cdot 10^{10}$	$1,01 \cdot 10^{10}$	$8,61 \cdot 10^9$
2	2009/05/30	$1,65 \cdot 10^{12}$	$4,35 \cdot 10^{11}$	$1,27 \cdot 10^{12}$	$7,17 \cdot 10^{11}$	$9,24 \cdot 10^{11}$	$8,83 \cdot 10^{11}$
3	2006/02/17	$1,81 \cdot 10^8$	$5,69 \cdot 10^7$	$1,62 \cdot 10^8$	$6,13 \cdot 10^7$	$1,02 \cdot 10^8$	$8,99 \cdot 10^7$
4	2008/05/08	$9,03 \cdot 10^9$	$2,67 \cdot 10^9$	$6,70 \cdot 10^9$	$4,53 \cdot 10^9$	$5,37 \cdot 10^9$	$4,98 \cdot 10^9$
5	2008/07/03	$1,31 \cdot 10^{11}$	$2,05 \cdot 10^{11}$	$1,24 \cdot 10^{11}$	$1,90 \cdot 10^{11}$	$1,58 \cdot 10^{11}$	$1,16 \cdot 10^{11}$
6	2008/07/03	$1,46 \cdot 10^{11}$	$6,74 \cdot 10^{10}$	$7,34 \cdot 10^{10}$	$1,31 \cdot 10^{11}$	$1,01 \cdot 10^{11}$	$8,89 \cdot 10^{10}$

**Tabla 4.4:** Error asociado a la Energía Sísmica Radiada al trasladar el hipocentro

considerablemente en el resultado final del parámetro. En este trabajo, se fija  $Q = 800$ .

Nº	Fecha	$Q = 400$	$Q = 600$	$Q = 800$	$Q = 1000$	$Q = 1200$
1	2006/02/25	$9,24 \cdot 10^9$	$9,26 \cdot 10^9$	$9,28 \cdot 10^9$	$9,30 \cdot 10^9$	$9,31 \cdot 10^9$
2	2009/05/30	$9,01 \cdot 10^{11}$	$9,00 \cdot 10^{11}$	$8,99 \cdot 10^{11}$	$8,99 \cdot 10^{11}$	$8,98 \cdot 10^{11}$
3	2006/02/17	$9,35 \cdot 10^7$	$9,44 \cdot 10^7$	$9,53 \cdot 10^7$	$9,60 \cdot 10^7$	$9,67 \cdot 10^7$
4	2008/05/08	$5,15 \cdot 10^9$	$5,15 \cdot 10^9$	$5,15 \cdot 10^9$	$5,15 \cdot 10^9$	$5,16 \cdot 10^9$
5	2008/07/03	$1,36 \cdot 10^{11}$				
6	2010/01/04	$9,42 \cdot 10^{10}$	$9,42 \cdot 10^{10}$	$9,43 \cdot 10^{10}$	$9,44 \cdot 10^{10}$	$9,45 \cdot 10^{10}$

**Tabla 4.5:** Error asociado a la Energía Sísmica Radiada para distintos factores de atenuación  $Q$

Ya vimos en la sección anterior que estamos asumiendo un mecanismo focal arbitrario, que no necesariamente corresponderá al mecanismo focal real del evento a analizar. Para verificar el error en el momento sísmico al asumir un mecanismo focal determinado, se calculó este parámetro para los mecanismos focales de la tabla 4.6, donde el mecanismo focal 4 corresponde al mecanismo fijado para este trabajo y el mecanismo focal 5 es el mecanismo calculado para el terremoto del 27 de febrero de 2010 por CMT Harvard. Los valores de  $M_0$  obtenidos para esos mecanismos focales se resumen en la tabla 4.7, y podemos ver que el orden de magnitud del momento sísmico para cada evento no cambia al considerar distintos mecanismos focales.

Sector	Mecanismo	Mec. 1	Mec. 2	Mec. 3	Mec. 4	Mec. 5
Acoplamiento	Azimut	-5	0	5	5	19
	Dip	9	14	19	10	18
	Rake	90	100	110	100	116
Cortical	Azimut	30	45	0	5	19
	Dip	40	45	45	10	18
	Rake	-120	-100	95	100	116
Intraplaca	Azimut	-10	0	10	5	19
	Dip	0	10	20	10	18
	Rake	-110	-100	-90	100	116

**Tabla 4.6:** Mecanismos Focales de prueba.

Nº	Fecha	Mec. 1	Mec. 2	Mec. 3	Mec. 4	Mec. 5
1	2006/02/25	$1,23 \cdot 10^{15}$	$3,34 \cdot 10^{15}$	$1,79 \cdot 10^{15}$	$1,79 \cdot 10^{15}$	$2,87 \cdot 10^{15}$
2	2009/05/30	$8,73 \cdot 10^{15}$	$9,74 \cdot 10^{15}$	$6,70 \cdot 10^{15}$	$6,70 \cdot 10^{15}$	$1,97 \cdot 10^{15}$
3	2006/02/17	$9,89 \cdot 10^{13}$	$1,59 \cdot 10^{13}$	$2,29 \cdot 10^{14}$	$9,44 \cdot 10^{13}$	$9,54 \cdot 10^{13}$
4	2008/05/08	$4,67 \cdot 10^{14}$	$8,60 \cdot 10^{15}$	$5,20 \cdot 10^{15}$	$1,11 \cdot 10^{15}$	$4,43 \cdot 10^{15}$
5	2008/07/03	$4,44 \cdot 10^{15}$	$3,30 \cdot 10^{15}$	$3,24 \cdot 10^{15}$	$1,88 \cdot 10^{15}$	$2,35 \cdot 10^{15}$
6	2010/01/04	$3,07 \cdot 10^{15}$	$1,64 \cdot 10^{15}$	$2,09 \cdot 10^{15}$	$1,30 \cdot 10^{15}$	$1,53 \cdot 10^{15}$

**Tabla 4.7:** Error asociado al Momento Sísmico para distintos Mecanismos Focales

#### 4.4. Análisis de parámetros provenientes del catálogo de eventos seleccionados

Una vez calculados todos los parámetros para todos los eventos, se confeccionan tres catálogos principales: parámetros promedio, parámetros para la fase P y parámetros para la fase S. El catálogo de parámetros promedio se divide en distintos sectores de modo de calcular la variación temporal de los parámetros calculados en distintas regiones. Estas divisiones se resumen en la tabla 4.8.

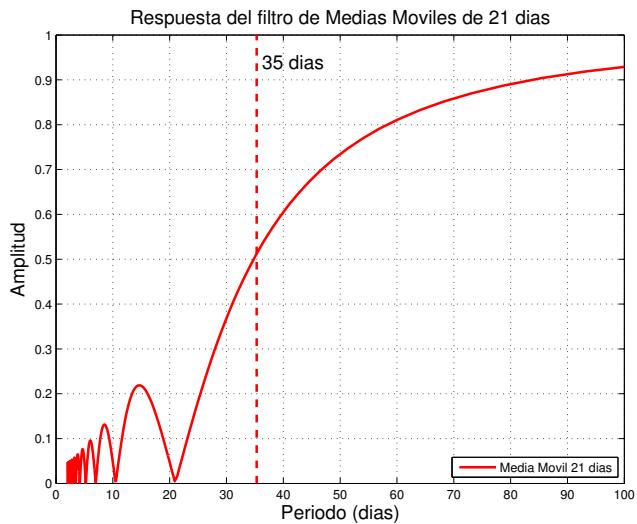
Sector	Zona	Latitud	Longitud	Profundidad
Total	Norte	34°S - 35.5°S	71°W-75°W	0-160 km
	Sur	35.5°S - 38°S	71°W-75°W	0-160 km
Acoplamiento	Norte	34°S - 35.5°S	71.6°W-75°W	0-60 km
	Sur	35.5°S - 38°S	72.2°W-75°W	0-60 km
Intraplaca	Norte	34°S - 35.5°S	71°W-71.6°W	60-160 km
	Sur	35.5°S - 38°S	71°W-72.2°W	60-160 km

**Tabla 4.8:** Subcatalogos considerados para el análisis de parámetros.

Para cada uno de estos catálogos se calcula Índice de Energía, Volumen Aparente, Frecuencia de Eventos y adicionalmente se calcula la razón  $E_S/E_P$  para el volumen total de estudio y para la zona de Acoplamiento. Adicionalmente, se confeccionan mapas para estudiar la distribución espacial de los parámetros para el catálogo promedio.

Para calcular el Índice de Energía, primero ajustamos una recta Energía Sísmica Radiada v/s Momento Sísmico para los datos correspondientes al catálogo respecto al cual calcularemos el Índice de Energía. Debemos recordar que este parámetro se calcula con respecto a un volumen que contenga al volumen a analizar: por ejemplo, si calculamos el Índice de Energía para la zona norte, debemos ajustar una recta para el volumen total de datos, el cual contiene a la zona norte, y luego estimar el Índice. Si denominamos la energía obtenida del ajuste lineal como Energía Esperada ( $E_{esperada}$ ) y la Energía Sísmica Radiada Obtenida para el catálogo que nos interesa analizar como Energía Calculada ( $E_{calculada}$ ), el Índice de Energía se calcula por medio de la ecuación 3.45.

El Volumen Aparente se obtiene mediante la ecuación 3.49, y los demás parámetros están calculados directamente en el catálogo. Posteriormente se calcula el promedio diario del catálogo de datos desde el 01 de Marzo de 2004 hasta el 26 de Febrero de 2010; para la Frecuencia de Eventos se suma la cantidad de eventos registrados en el catálogo para cada día. A continuación, se realiza una interpolación lineal de las brechas inferiores a 35 días y luego se calcula una media móvil de 21 días a la serie interpolada. La respuesta del filtro se muestra en la figura 4.8. Una vez interpoladas y filtradas las series, se grafican y se comparan entre sí. Los detalles referentes a la elección de la media móvil e interpolación se explican en



**Figura 4.8:** Respuesta del filtro de medias móviles de 21 días.

el Apéndice 1.

Junto a los mapas de parámetros y a las series de tiempo se trazan perfiles en profundidad de los eventos para las zonas norte y sur, identificando la distribución en profundidad y longitud de los eventos corticales, intraplaca y en la zona de acoplamiento. Esto se realiza tanto para el catálogo de eventos seleccionados como para los catálogos NEIC y GUC de la zona de estudio. Adicionalmente se estima la caída de tensión de la relación entre la energía sísmica radiada y el momento sísmico.



# Capítulo 5

## Resultados

### 5.1. Distribución Espacial de Eventos

Los eventos seleccionados para este trabajo están distribuidos espacialmente tal como se muestran en el mapa de la figura 5.1. Vemos que la distribución espacial de los eventos seleccionados es representativa del catálogo de precursores mostrado en la figura 2.6. En ambos mapas se observa que la cantidad de eventos es mayor en la zona norte, y disminuye al avanzar hacia el sur. Se observan pocos eventos entre los 37°S y los 38°S. Dada la distribución de eventos observada, se dividirá el catálogo en dos zonas:

- Zona Norte: Entre 34°S y 35.5°S
- Zona Sur: Entre 35.5°S y 38°S.

La Zona Norte esta asociada a la zona de ruptura de los terremotos de 1985 y de 1928, y en general tiene un comportamiento distinto a la zona sur. Debido a la baja sismicidad a partir de los 37°S, se decidió no incorporar una “zona centro” e incluir todos los eventos localizados desde los 35.5°S hacia el sur en un solo conjunto. También es posible ver de la distribución de la profundidad con respecto a la longitud de la figura 5.1 y de los perfiles en profundidad observados en las figuras 5.2 y 5.5, que existen pocos eventos corticales, que la mayoría de los eventos se encuentra en la zona de acoplamiento entre las placas o dentro de la placa subductante y se define claramente la zona de Wadati-Benioff, al igual que en los resultados planteados en [Campos et al. \(2002\)](#).

Sector	Zona	Latitud	Longitud	Profundidad
Acoplamiento	Norte	34°S - 35.5°S	71.6°W-75°W	0-60 km
	Sur	35.5°S - 38°S	72.2°W-75°W	0-60 km
Intraplaca	Norte	34°S - 35.5°S	71°W-71.6°W	60-160 km
	Sur	35.5°S - 38°S	71°W-72.2°W	60-160 km

**Tabla 5.1:** Descripción de los sectores.

Los perfiles en profundidad para el catálogo de eventos seleccionados se compararon con los perfiles confeccionados para el catálogo del servicio sismológico de la Universidad de Chile y para el catálogo NEIC. De los perfiles para la zona Norte de los tres catálogos mostrados en las figuras 5.2, 5.3 y 5.4, así como para los perfiles correspondientes a la zona Sur mostrados en las figuras 5.5, 5.6 y 5.7, podemos observar que la zona de contacto entre las placas se define claramente, y que la gran mayoría de los eventos ocurre en ese sector. De aquí podemos definir los dos sectores de interés: la zona de acoplamiento y la zona intraplaca, las cuales están descritas en la tabla 5.1. Dado que en general los eventos corticales en ambas zonas son pocos y no serán considerados en el análisis de variaciones temporales de los parámetros que se explicará más adelante.

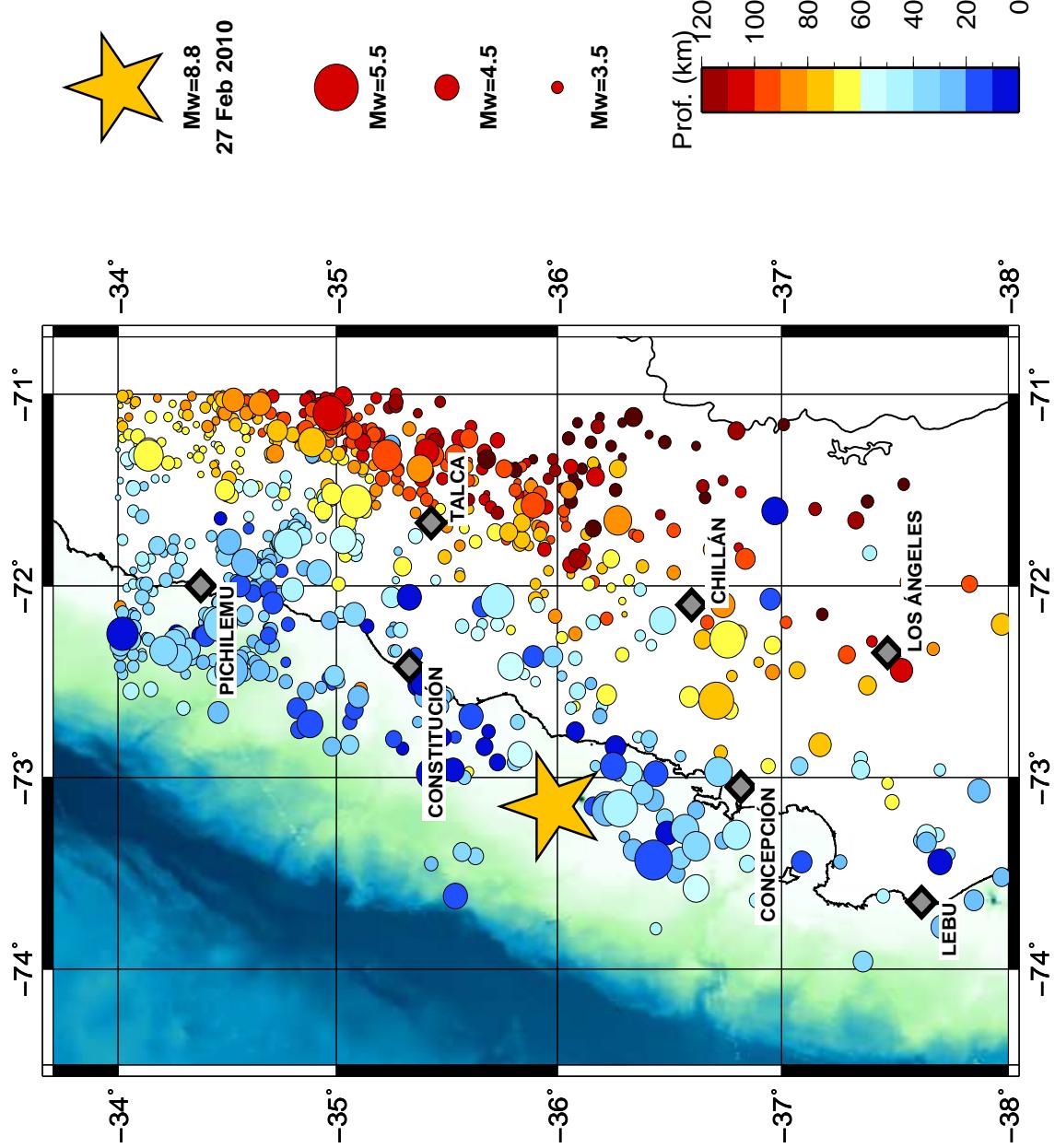
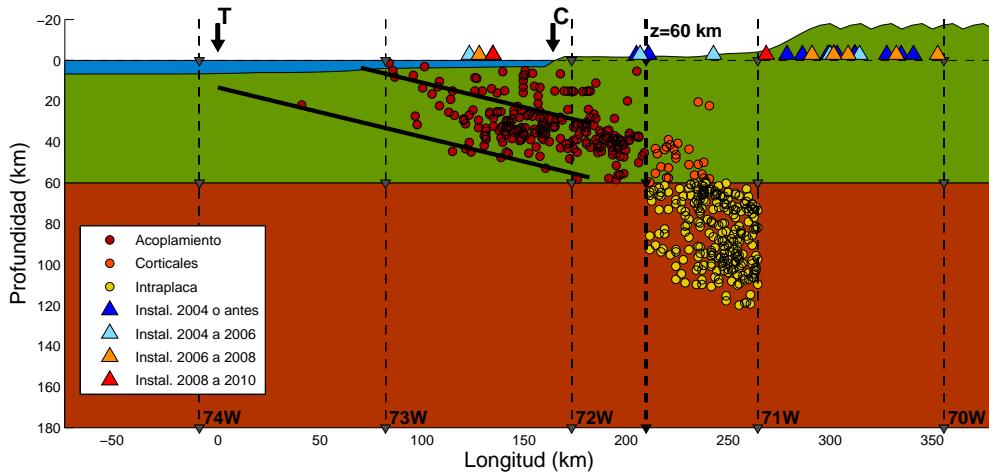
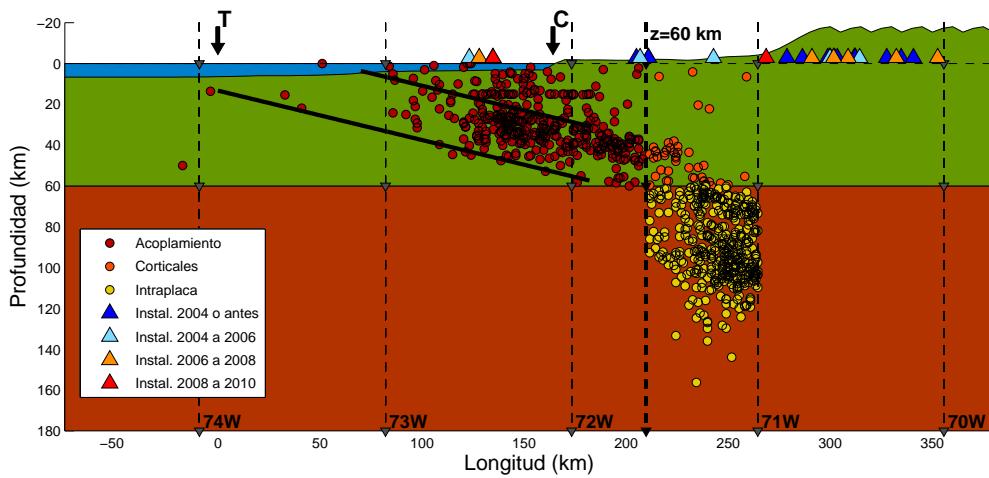


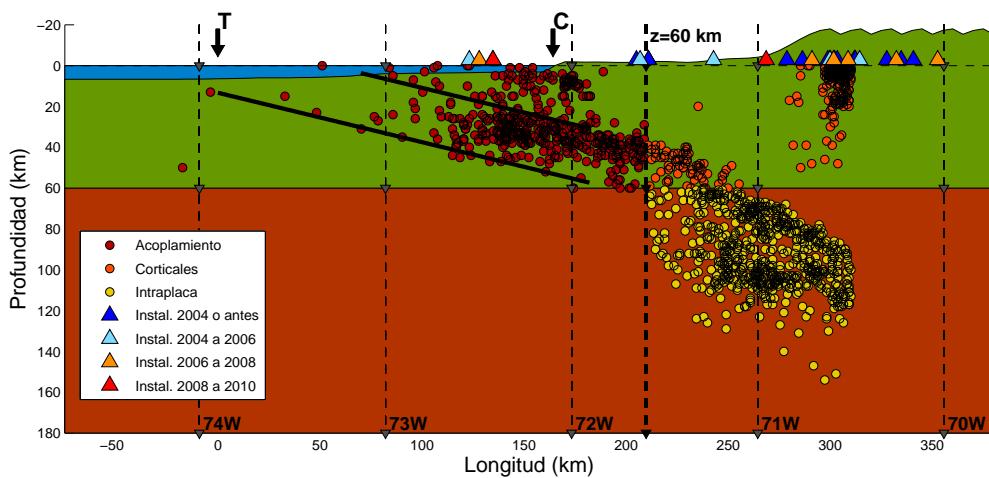
Figura 5.1: Distribución Espacial del Catálogo de Eventos Seleccionados



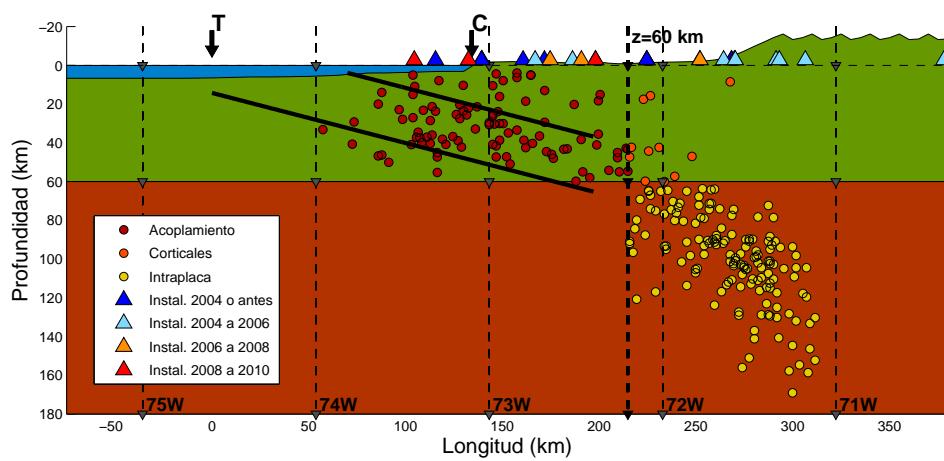
**Figura 5.2:** Perfil en Profundidad Zona Norte (34-35.5°S): Catalogo de Eventos Seleccionados.



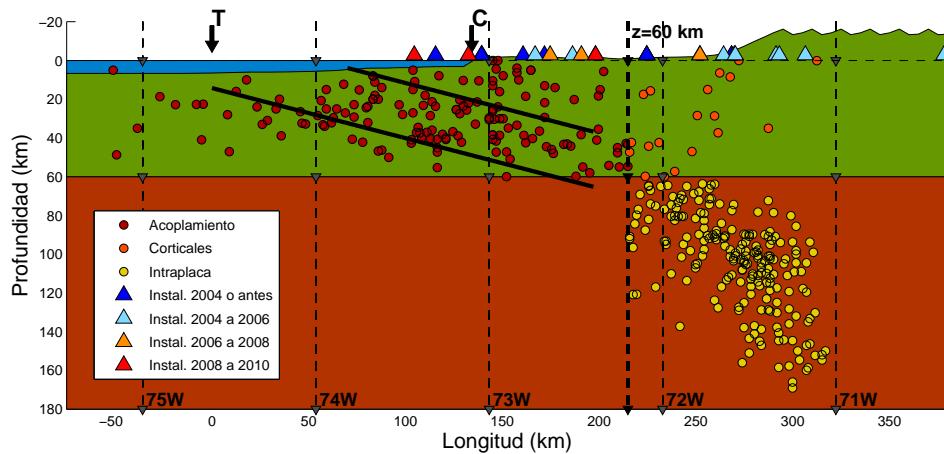
**Figura 5.3:** Perfil en Profundidad Zona Norte (34-35.5°S): Catalogo GUC.



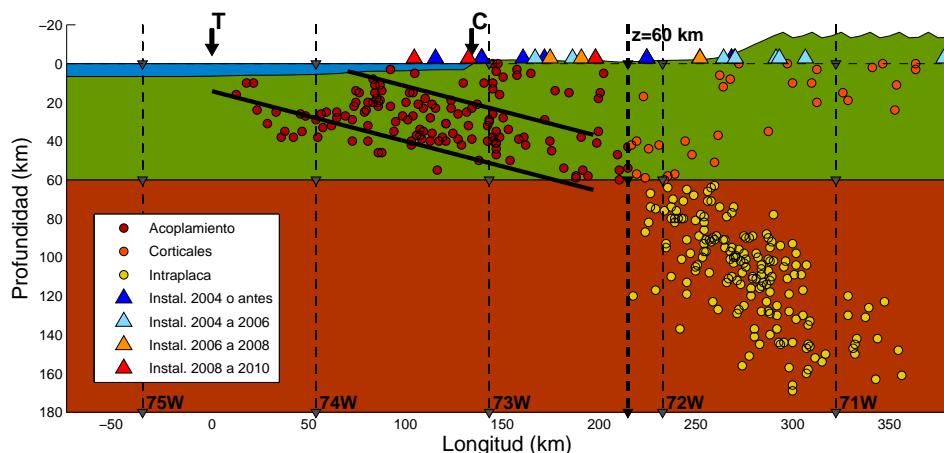
**Figura 5.4:** Perfil en Profundidad Zona Norte (34-35.5°S): Catalogo NEIC.



**Figura 5.5:** Perfil en Profundidad Zona Sur (35.5-38°S): Catalogo de Eventos Seleccionados.



**Figura 5.6:** Perfil en Profundidad Zona Sur (35.5-38°S): Catalogo GUC.



**Figura 5.7:** Perfil en Profundidad Zona Sur (35.5-38°S): Catalogo NEIC.

## 5.2. Relación entre Energía Sísmica Radiada y Momento Sísmico

Para calcular el Índice de Energía, debemos ajustar una recta entre el Momento Sísmico y la Energía Sísmica Radiada. En la figura 5.8 se muestra el ajuste entre Momento Sísmico y Energía cada dos años. Se puede ver que la energía esperada disminuye en el periodo 2006-2008 con respecto al periodo 2004-2006, y luego aumenta para el periodo 2008-2010.

En la figura 5.9 se ajustó el Momento Sísmico y la Energía para las zonas norte y sur. Podemos observar que la energía esperada para la zona sur es notoriamente mayor que la esperada para la zona norte y para el conjunto total de datos, y también es posible ver que las rectas correspondientes al total de los datos y a la zona sur son paralelas.

Si sepáramos del conjunto de datos total el sector correspondiente a la zona de acoplamiento y la zona intraplaca, se obtienen los resultados que se ven en la figura 5.10. La pendiente de la recta que representa a la zona de acoplamiento es mayor que las demás, sin embargo, las diferencias entre los tres sectores no se distinguen con claridad en este análisis.

Las rectas para las fases P y S se muestran en la figura 5.11, y es posible apreciar diferencias importantes entre las fases P y S. La pendiente de la recta asociada a la fase P es menor a la recta asociada al promedio, mientras que la recta asociada a la fase S es notoriamente mayor que el promedio.

Esta recta, además de dar una visión general de la relación entre ambos parámetros, también permite estimar la caída de tensión promedio para el ajuste realizado. Como vimos en el capítulo 3, el límite inferior teórico para la Energía Sísmica Radiada esta dado por la ecuación 3.39, por lo tanto:

$$E_0 = \frac{\Delta\sigma}{2\mu} M_0 \quad \text{si calculamos el logaritmo, se tiene:} \quad (5.1)$$

$$\Rightarrow \log E_0 = \log \frac{\Delta\sigma}{2\mu} + \log M_0 \quad (5.2)$$

Las rectas obtenidas para cada uno de los volúmenes de análisis son las siguientes:

Total:	$\log E_r = 1,28 \log M_0 - 9,20$
Norte:	$\log E_r = 1,20 \log M_0 - 8,24$
Sur:	$\log E_r = 1,26 \log M_0 - 8,57$
Acoplamiento:	$\log E_r = 1,33 \log M_0 - 10,23$
Intraplaca:	$\log E_r = 1,32 \log M_0 - 9,65$
Fase P:	$\log E_r = 1,09 \log M_0 - 6,67$
Fase S:	$\log E_r = 1,61 \log M_0 - 13,55$
2004-2006:	$\log E_r = 1,27 \log M_0 - 9,08$
2006-2008:	$\log E_r = 1,26 \log M_0 - 8,98$
2008-2010:	$\log E_r = 1,29 \log M_0 - 9,31$

Como teóricamente la pendiente de la recta se aproxima a 1, la caída de tensión para cada volumen de análisis corresponde al valor para el cual la recta corta al eje  $\log E_r$  en  $\log M_0 = 0$ , es decir, para una recta  $y = mx + n$ :

$$n = \log \frac{\Delta\sigma}{2\mu} \quad (5.3)$$

considerando que hemos asumido  $\mu = 3 \cdot 10^{10}$ , los valores para  $\Delta\sigma$  se resumen en la tabla 5.2. Los valores que más llaman la atención son los correspondientes a las fases P y S, lo que puede explicarse por la diferencia en las pendientes de las rectas, la cual influye en el valor de  $n$ , y por lo tanto, en el resultado de la caída de tensión.

Sector	$\Delta\sigma$ [MPa]	$\log \Delta\sigma$ [Bar]
Todo	37.63	2.58
Norte	342.34	3.53
Sur	163.17	3.21
Acoplamiento	3.50	1.54
Intraplaca	13.27	2.12
Fase P	12880.00	5.11
Fase S	0.0017	-1.77
2004-2006	50.17	2.70
2006-2008	62.86	2.80
2008-2010	29.06	2.46

**Tabla 5.2:** Valores para la caída de tensión

Podemos observar que las caídas de tensión para los períodos 2004-2006, 2006-2008 y 2008-2010 son del mismo orden; la caída de tensión del volumen total es de orden similar. La caída de tensión para la zona es mayor que para la zona sur, y en la zona de acoplamiento es menor que en la zona intraplaca.

### 5.3. Variación Espacial y Temporal de Parámetros Sísmicos

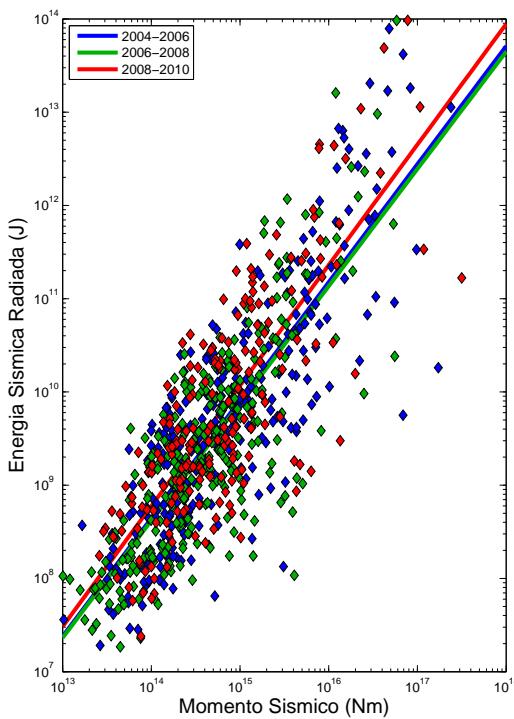
Para estudiar la variación espacial de los parámetros se generaron mapas donde se indica la localización de cada evento y el valor obtenido para el parámetro a analizar. Para las variaciones temporales se calculó Índice de Energía, Volumen Aparente y Frecuencia de Eventos, y además se revisa el número de estaciones con las cuales se estimará los parámetros de cada evento. En los gráficos se señalan cinco eventos de magnitud superior a  $M_w = 5,5$  que aparecen en el catálogo GUC para la ventana de tiempo considerada, cuya información se resume en la tabla 5.3.

Fecha	Hora	$M_w$	Latitud [°S]	Longitud [°W]	Profundidad [km]
03-May-2004	04:36:45	6.40	-37.86	-73.94	15.00
03-May-2004	06:37:50	5.50	-37.84	-73.95	34.00
17-Aug-2005	07:00:07	5.60	-36.71	-72.60	77.30
21-May-2006	05:11:25	5.80	-37.67	-75.03	35.00
21-Jan-2010	00:15:14	5.60	-36.28	-73.16	42.20

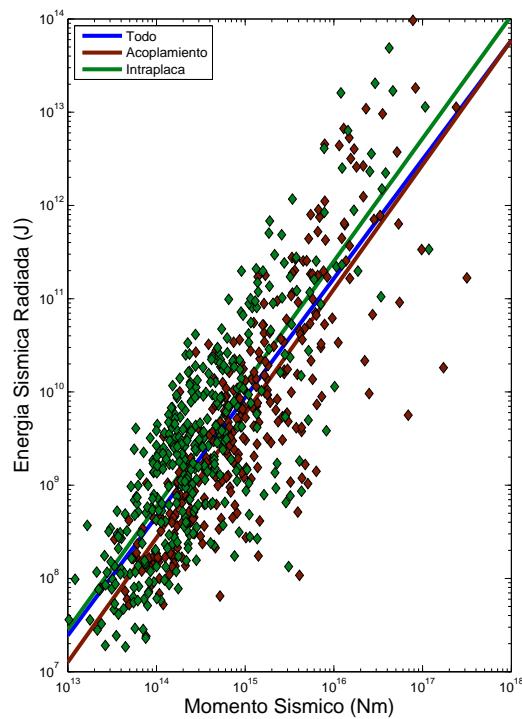
**Tabla 5.3:** Eventos  $M_w \geq 5,5$  del catálogo GUC entre el 01 de Marzo de 2004 y el 26 de Febrero de 2010

#### 5.3.1. Número de estaciones y Frecuencia de eventos

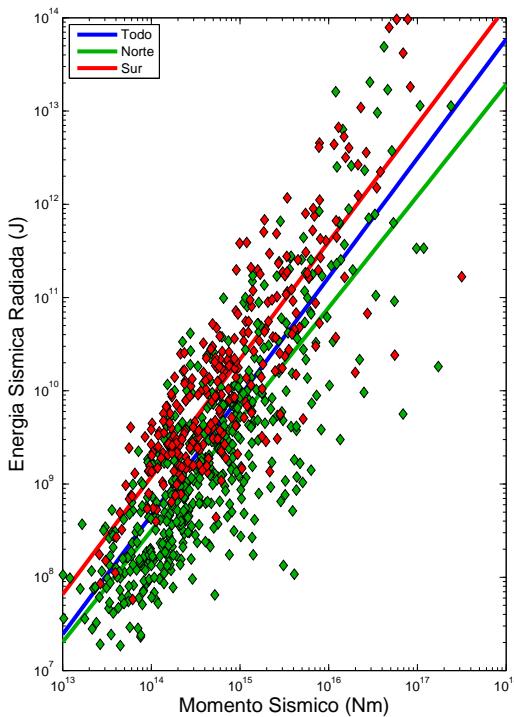
El Número de estaciones corresponde a la cantidad de estaciones que se utilizó para calcular los parámetros sísmicos para cada uno de los eventos seleccionados. En las figuras 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 y



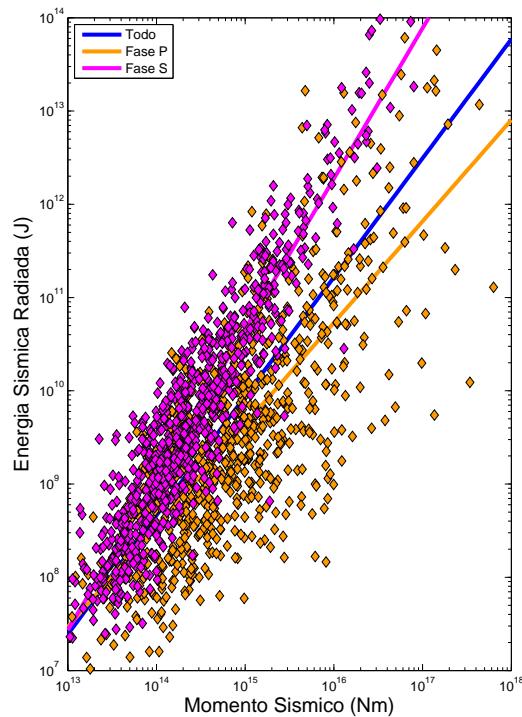
**Figura 5.8:** Energía v/s Momento Sísmico por año.



**Figura 5.10:** Energía v/s Momento Sísmico por sector.



**Figura 5.9:** Energía v/s Momento Sísmico por zona.



**Figura 5.11:** Energía v/s Momento Sísmico por fase.

5.16 se observa el número de estaciones para cada volumen de análisis. Vemos que hasta fines del año 2004 aproximadamente, los eventos de la zona sur son registrados por 3 estaciones o menos, y en general no son registrados por más de 6 estaciones. El número de estaciones en los otros volúmenes de análisis es considerablemente mayor que en la zona sur. Se observa una disminución en el número de estaciones de las zonas norte, acoplamiento e intraplaca antes del terremoto del 27 de febrero, que comienza cerca de Diciembre de 2009.

En los gráficos de las figuras 5.17 y 5.20 vemos que la frecuencia de eventos en la zona sur rara vez supera los 5 eventos cada 21 días. Si revisamos la frecuencia de eventos para los catálogos NEIC y GUC en las figuras 5.19, 5.22 5.18 y 5.21 respectivamente, vemos que la frecuencia de eventos es notoriamente menor al resto de los volúmenes. La frecuencia de eventos para la zona norte es aproximadamente el doble a la que se observa en la zona sur. En la zona de acoplamiento, la frecuencia de eventos es en ocasiones menor a la frecuencia de eventos intraplaca, sin embargo, la diferencia no es tan importante como la observada entre las zonas norte y sur.

En los tres catálogos se observa una disminución en la frecuencia de eventos a través del tiempo, especialmente hacia el final de la serie, entre uno y dos años antes del terremoto. Esto se observa con más claridad en los catálogos GUC y NEIC que en el catálogo de eventos seleccionados, sin embargo, es posible notar una leve tendencia que indica una disminución del número de eventos en el último año que se analiza.

### 5.3.2. Índice de Energía

Podemos observar de la figura 5.23 que el Índice de Energía en la zona sur es significativamente mayor. Recordemos que la zona sur corresponde a la región ubicada entre los 35.5°S y los 38°S, por lo tanto, el epicentro del terremoto del 27 de febrero de 2010 esta ubicado en esa región. Vemos que entre los eventos del 17 de Agosto de 2005 y el 21 de Mayo de 2006 el Índice de Energía se mantiene alto en esa zona. También se ve que el Índice de Energía de la zona Norte oscila levemente por debajo del promedio. Estas variaciones concuerdan con los valores de Energía Esperada que se observan en la figura 5.9.

En la figura 5.24, vemos que el Índice de Energía para la zona de acoplamiento es inferior al promedio, mientras que para los eventos intraplaca, el Índice de Energía es muy cercano al promedio. Al analizar el Índice de Energía por fase en la figura 5.25, vemos que las fluctuaciones con respecto al tiempo son similares en las tres series de tiempo.

En las tres figuras se observa un aumento en el Índice de Energía unos 2 o 3 meses antes del terremoto, el cual disminuye antes del evento. Esta fluctuación se observa en los volúmenes sur, acoplamiento y total, y también pueden distinguirse en el análisis por fase.

En el mapa de la figura 5.26, vemos que se observan Índices de Energía superiores al promedio al sur del epicentro del terremoto del 27 de febrero, en la región comprendida entre los 36°S- 37°S y los 72.5°W-73.5°W. También se observan valores altos entre las ciudades de Talca y Chillán y al sur de Pichilemu.

### 5.3.3. Volumen Aparente

Vemos en el gráfico de la figura 5.27 que el Volumen Aparente para la zona sur es inferior al promedio, mientras que el Volumen Aparente de la zona norte y el Volumen Aparente para el volumen total de eventos son muy similares. El Volumen Aparente en la zona de acoplamiento es menor que en el sector intraplaca de acuerdo a la figura 5.28. En el análisis por fase de la figura 5.29, vemos que el Volumen

Aparente para la fase S es menor que para la fase P.

Se observan aumentos en el Volumen Aparente para las fechas cercanas a los eventos del 03 de Marzo de 2004 y del 17 de Agosto de 2005 en los volúmenes norte y acoplamiento, y para el evento del 21 de Mayo de 2006 en el volumen sur. También se observan aumentos bruscos en el Volumen Aparente en la zona sur y en la zona de acoplamiento entre el evento del 21 de Enero de 2010 y el terremoto del 27 de Febrero de 2010.

Del mapa de la figura 5.30, el volumen aparente es menor al promedio al sur del epicentro, al suroeste de Chillán, al este de Talca y en algunos eventos localizados al sur de Pichilemu. Se ve que el Volumen Aparente disminuye hacia el sur, y que los valores bajo el promedio se distribuyen espacialmente en las zonas donde el Índice de Energía es superior al promedio. También se ven eventos cuyo Índice de Energía es mayor promedio al suroeste de Pichilemu.

#### 5.3.4. Caída de Tensión

Vemos en las figuras 5.31, 5.32 y 5.33 que la caída de tensión oscila entre los 10 y los 1000 bar. La media de la caída de tensión es de aproximadamente 100 bar, lo que coincide con los valores de caída de tensión señalados en la tabla 5.2. En la figura 5.31, se ven aumentos en la caída de tensión en fechas cercanas al 17 de Agosto de 2005 y 21 de Mayo de 2006 en la zona sur. Este parámetro tiende a aumentar en los meses previos al terremoto del 27 de febrero para la zona sur. Nuevamente se ven aumentos al final de la serie en fechas cercanas al terremoto del 27 de febrero. De hecho, el aumento se produce un poco antes del evento del 21 de Enero de 2010 en las zonas sur y de acoplamiento, y es del orden de 1000 bar. En la figura 5.33 se ve que la caída de tensión para la fase S es menor que la estimada para la fase P, sin embargo, las mismas tendencias se observan en las tres series.

En la figura 5.34 vemos que la caída de tensión promedio oscila entre  $10^2$  y  $10^{2.5}$  bar. Se ven caídas de tensión mayores al sur del epicentro del terremoto, cerca de Chillán, entre el norte de Talca y el sur de Pichilemu y frente a Constitución.

#### 5.3.5. Razón $E_S/E_P$

Se ven aumentos significativos de la razón  $E_S/E_P$  en la zona sur y en la zona de acoplamiento a partir del año 2009 y en fechas cercanas al 21 de Enero de 2010 en las zonas sur y acoplamiento. También se observa en la zona norte, pero de menor amplitud.

Al observar el mapa de la figura 5.37, se ven algunos valores altos para la razón  $E_S/E_P$  al sur del epicentro del terremoto, al sur de Chillán, y al suroeste de Pichilemu. Sin embargo, las variaciones espaciales observadas en los mapas de Índice de Energía, Volumen Aparente y Caída de Tensión no se observan aquí de manera tan evidente como para los parámetros mencionados.

#### 5.3.6. Magnitud de Momento

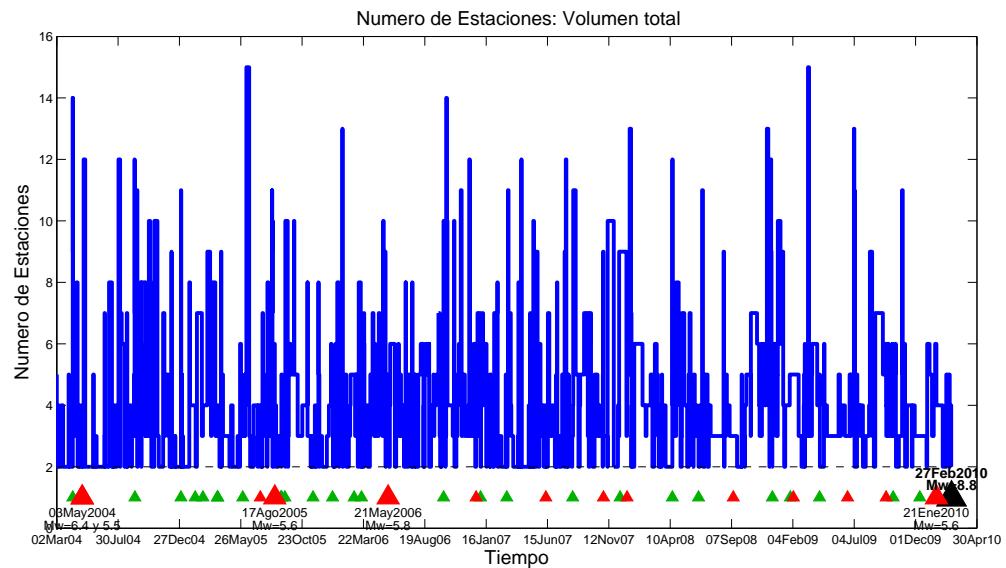
Vemos en la figura 5.38 que para los primeros dos años de análisis, la magnitud de momento en la zona sur es mayor que en la zona norte. De acuerdo a la figura 5.39, la magnitud de momento en la zona de acoplamiento es mayor que para los eventos intraplaca. En la figura 5.40, vemos que la magnitud de momento calculada para la fase S delimita una cota inferior en el valor final, mientras que la fase P delimita una cota superior.

Al revisar la distribución espacial de la magnitud de momento en la figura 5.41, se observa que los eventos de mayor magnitud se localizaron entre el sur del epicentro del terremoto y Chillán, entre el norte de Talca y el sur de Pichilemu, y al suroeste de Constitución, al igual que las variaciones vistas en los mapas de Índice de Energía, Volumen Aparente y Caída de Tensión.

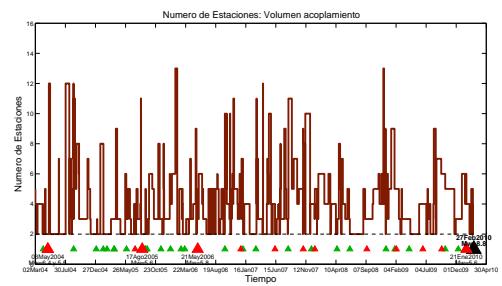
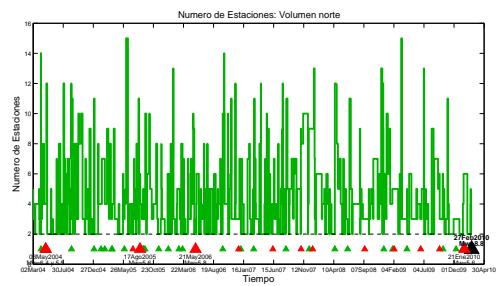
### 5.3.7. Radio de Ruptura

Como se puede observar en la figura 5.42, el radio de ruptura es mayor en la zona sur que en la zona norte, especialmente entre las fechas en que se registran los eventos del 17 de Agosto de 2005 y del 21 de Mayo de 2006. Vemos además que este tiende a disminuir para la zona sur después de Noviembre de 2007. En la figura 5.43 no se observan diferencias significativas en el radio de ruptura entre los eventos de la zona de acoplamiento y los intraplaca. Se ve una pequeña disminución en el radio de ruptura en la zona norte y en la zona de acoplamiento antes del evento del 21 de Enero de 2010. De acuerdo a la figura 5.44, los radios de ruptura calculados para la fase P son menores que los estimados para la fase S.

En el mapa de la figura 5.45, se observan algunos radios de ruptura superiores al promedio al sur del epicentro del terremoto, frente a Constitución y entre el sur de Pichilemu y el norte de Talca. Sin embargo, no es posible observar alguna tendencia general en la distribución espacial del radio de ruptura.

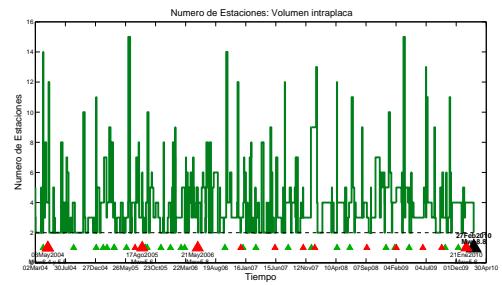
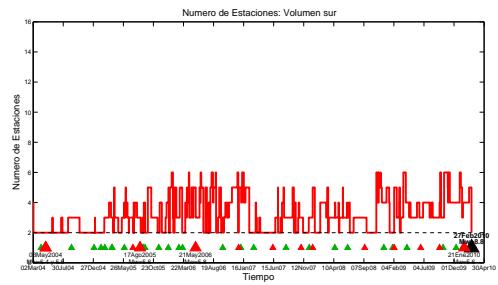


**Figura 5.12: Número de Estaciones Volumen Total: Catalogo Eventos Seleccionados.**

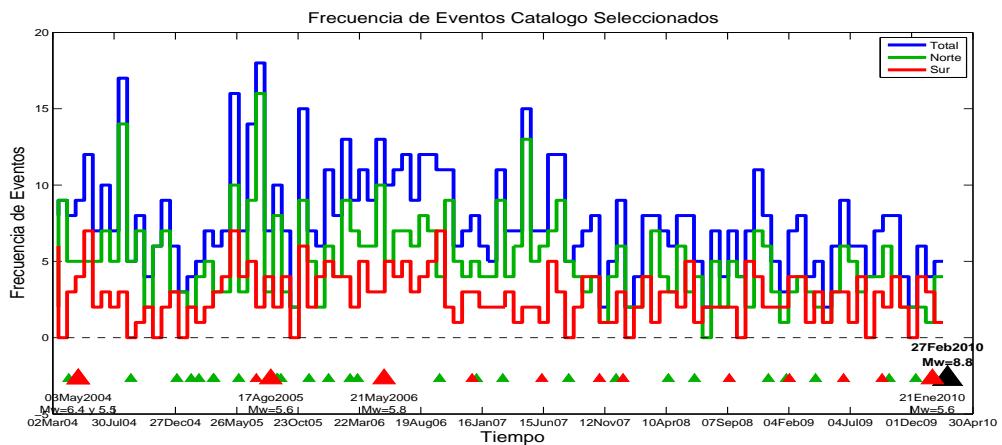


**Figura 5.13: Número de Estaciones Volumen Norte.**

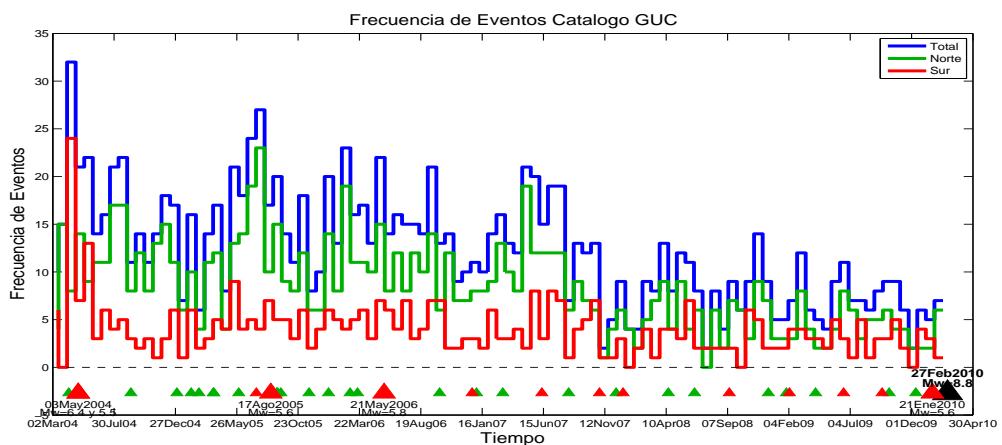
**Figura 5.15: Número de Estaciones Volumen Acoplamiento.**



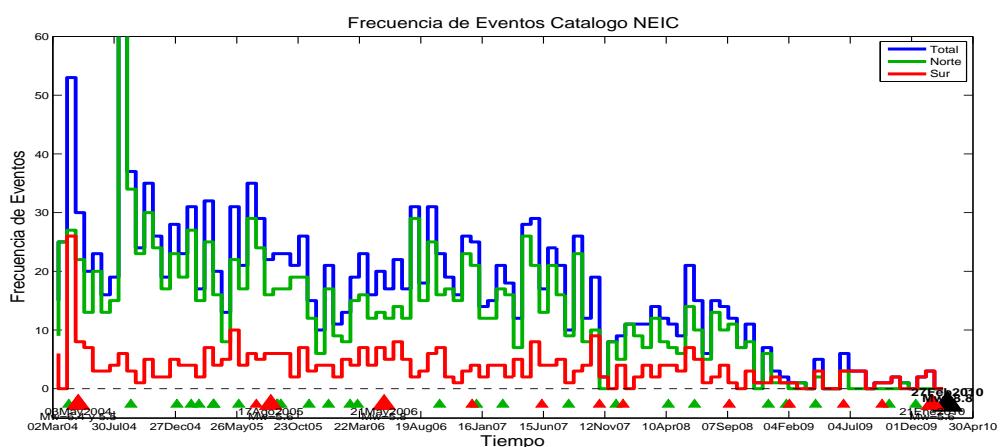
### Frecuencia de Eventos por Zona



**Figura 5.17:** Frecuencia de Eventos Catalogo Eventos Seleccionados.

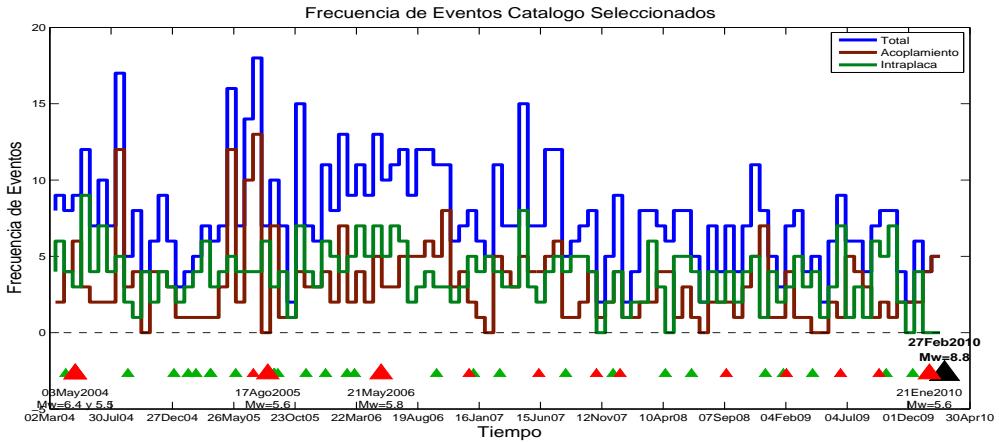


**Figura 5.18:** Frecuencia de Eventos Catalogo GUC.

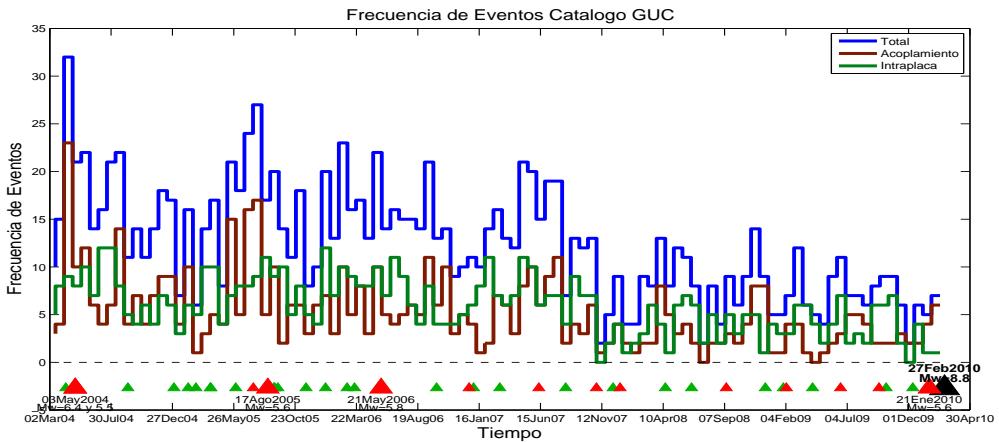


**Figura 5.19:** Frecuencia de Eventos Catalogo NEIC.

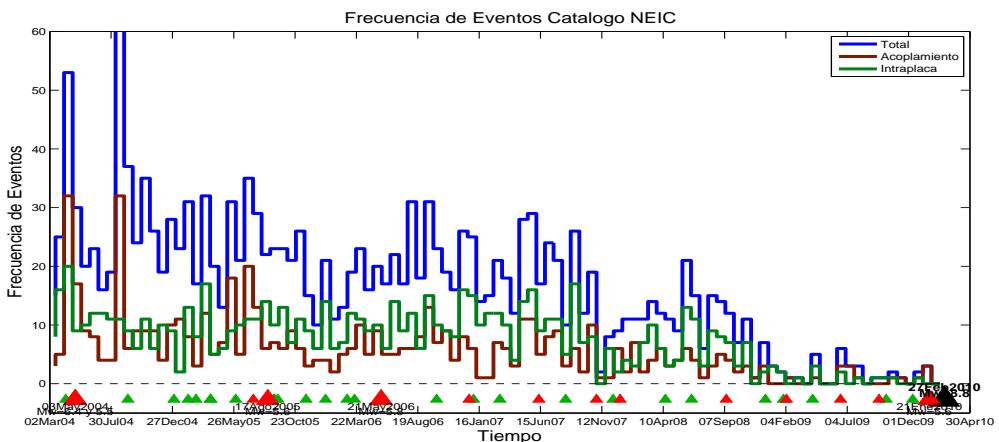
### Frecuencia de Eventos por Sector



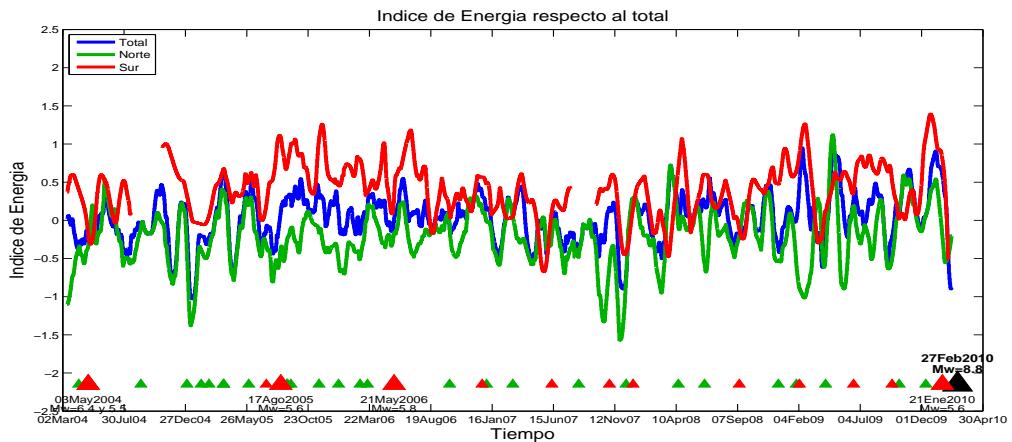
**Figura 5.20:** Frecuencia de Eventos Catalogo Eventos Seleccionados.



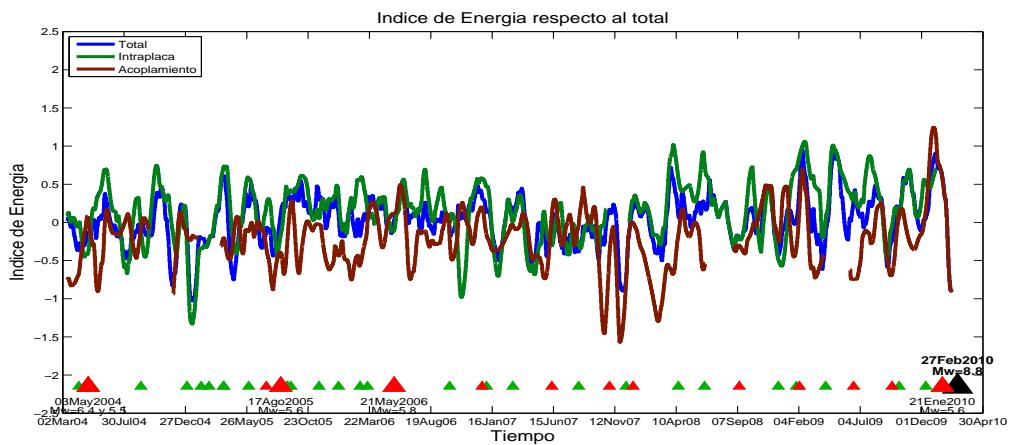
**Figura 5.21:** Frecuencia de Eventos Catalogo GUC.



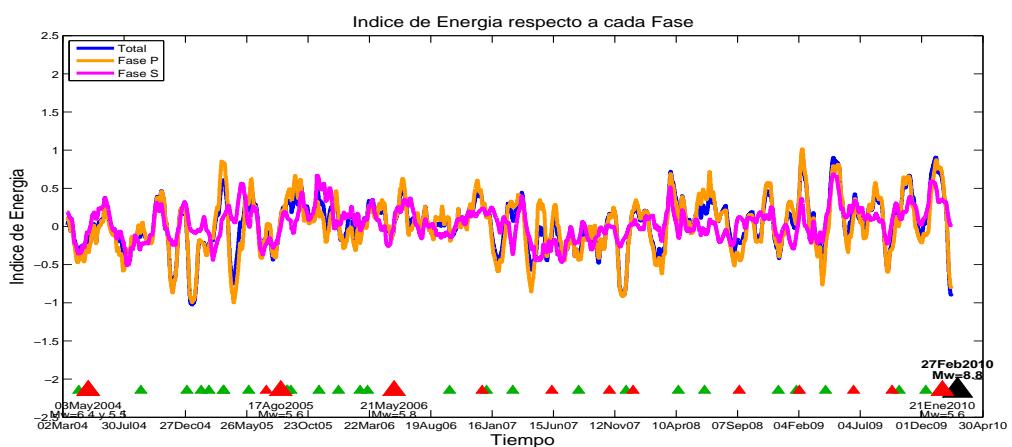
**Figura 5.22:** Frecuencia de Eventos Catalogo NEIC.



**Figura 5.23:** Índice de Energía por zona.



**Figura 5.24:** Índice de Energía por sector.



**Figura 5.25:** Índice de Energía por fase.

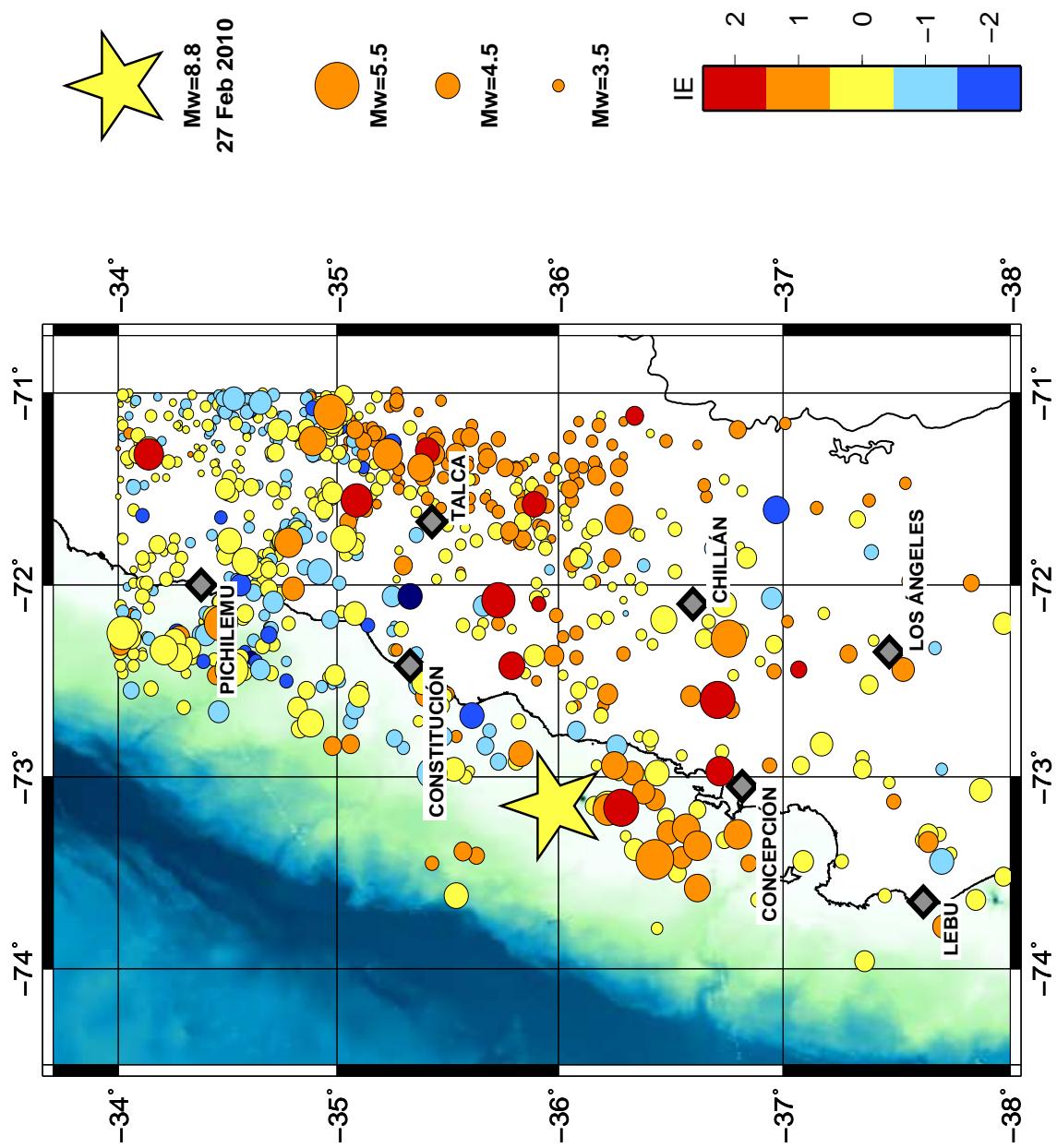
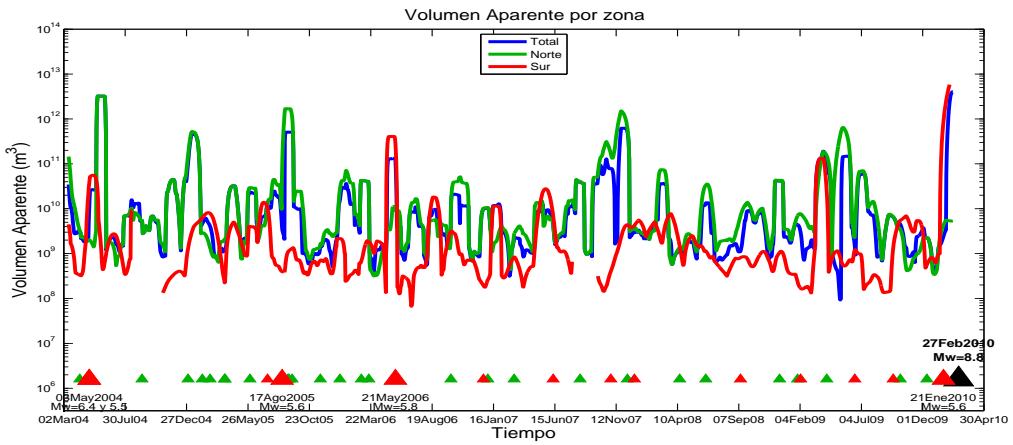
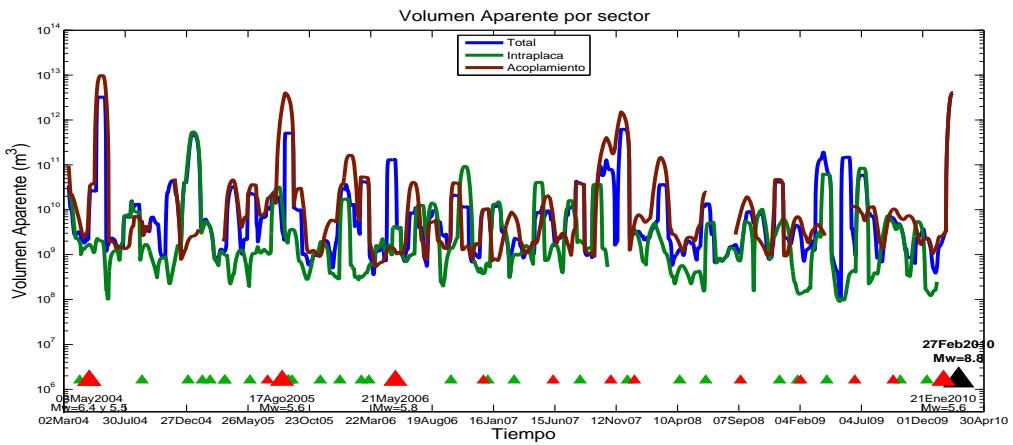


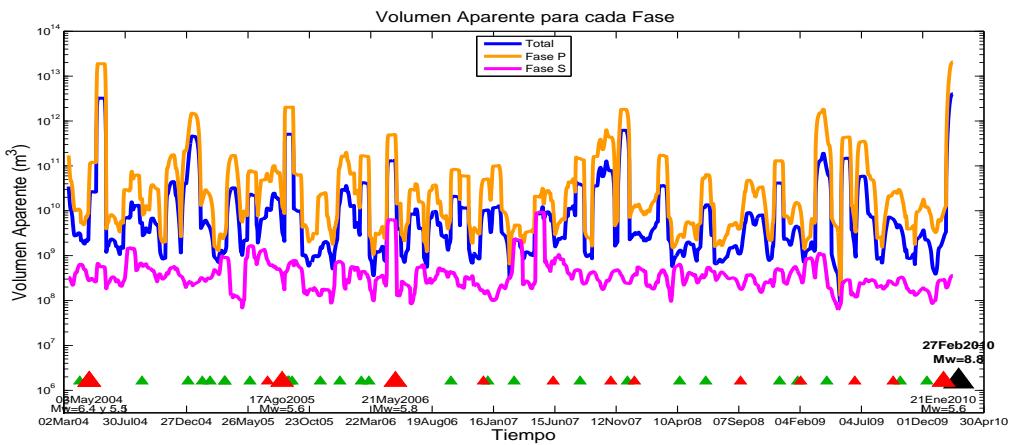
Figura 5.26: Distribución Espacial del Índice de Energía



**Figura 5.27:** Volumen Aparente por zona.



**Figura 5.28:** Volumen Aparente por sector.



**Figura 5.29:** Volumen Aparente por fase.

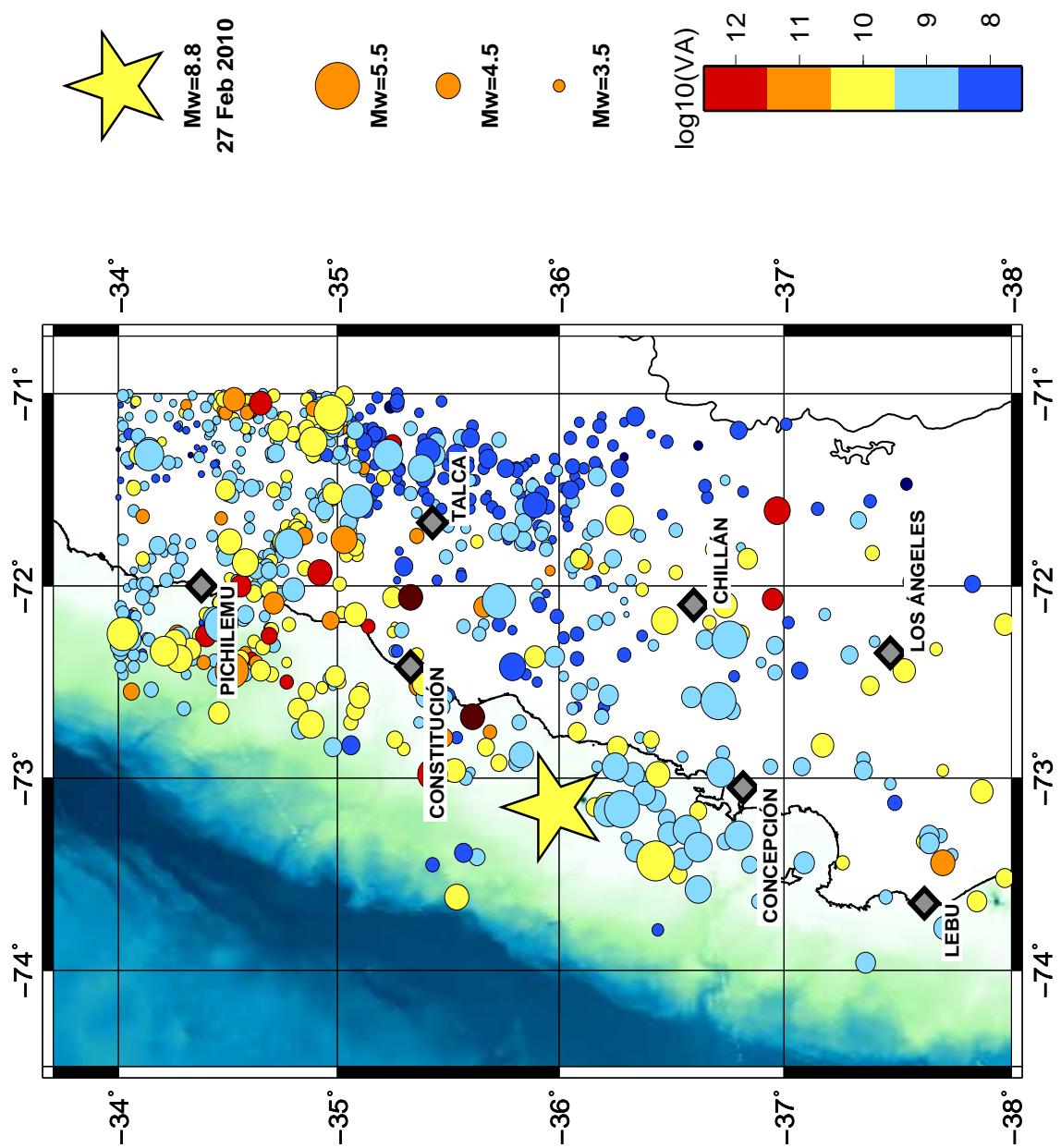
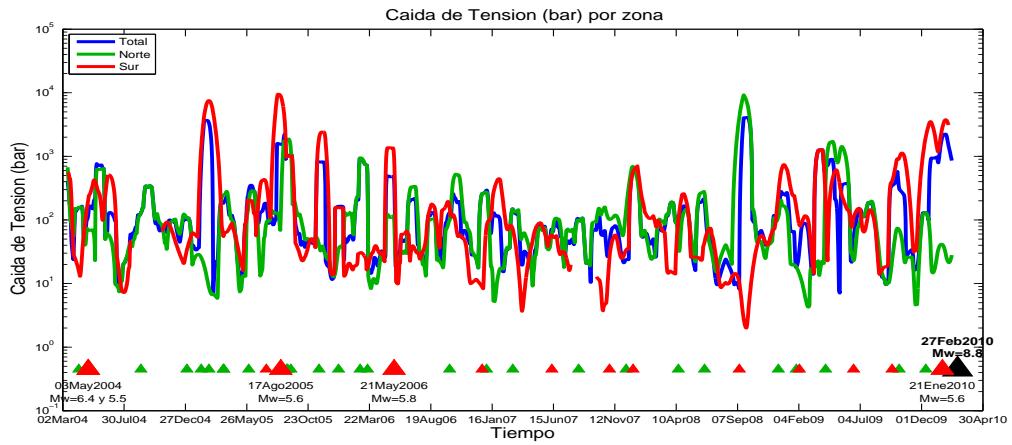
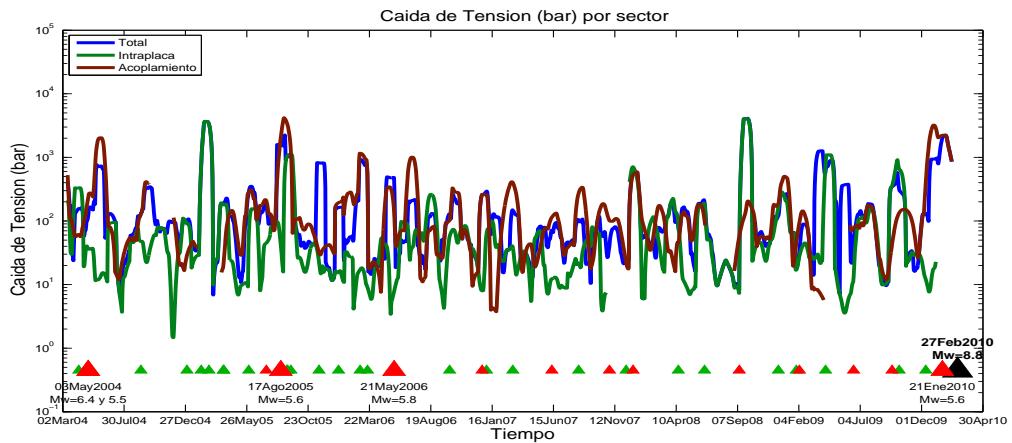


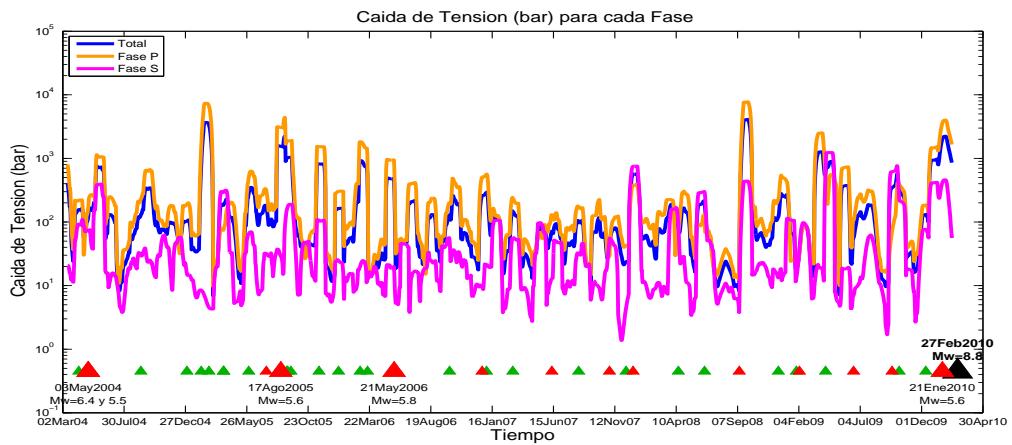
Figura 5.30. Distribución Espacial del Volumen Aparente



**Figura 5.31:** Caída de Tensión por zona.



**Figura 5.32:** Caída de Tensión por sector.



**Figura 5.33:** Caída de Tensión por fase.

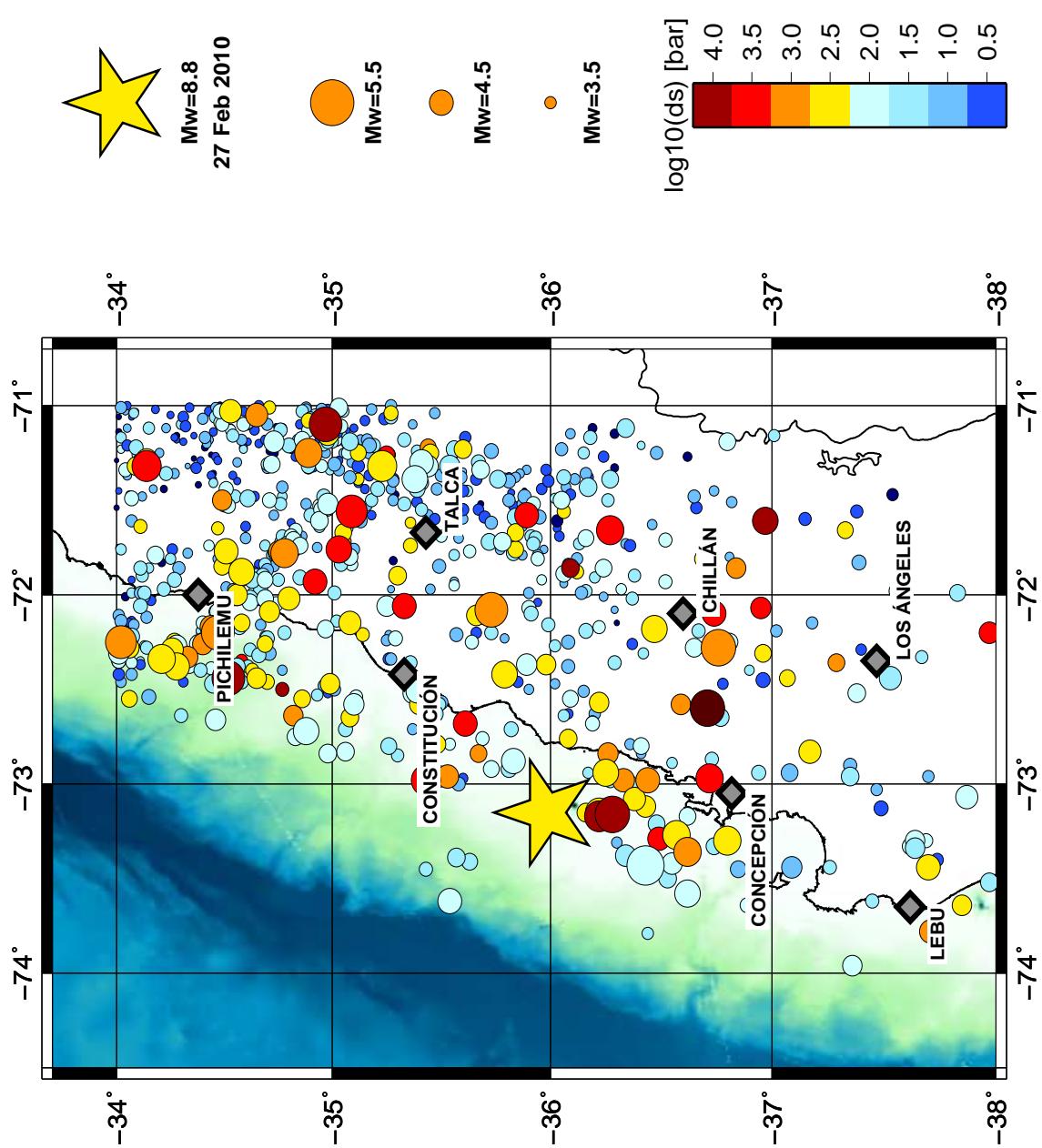
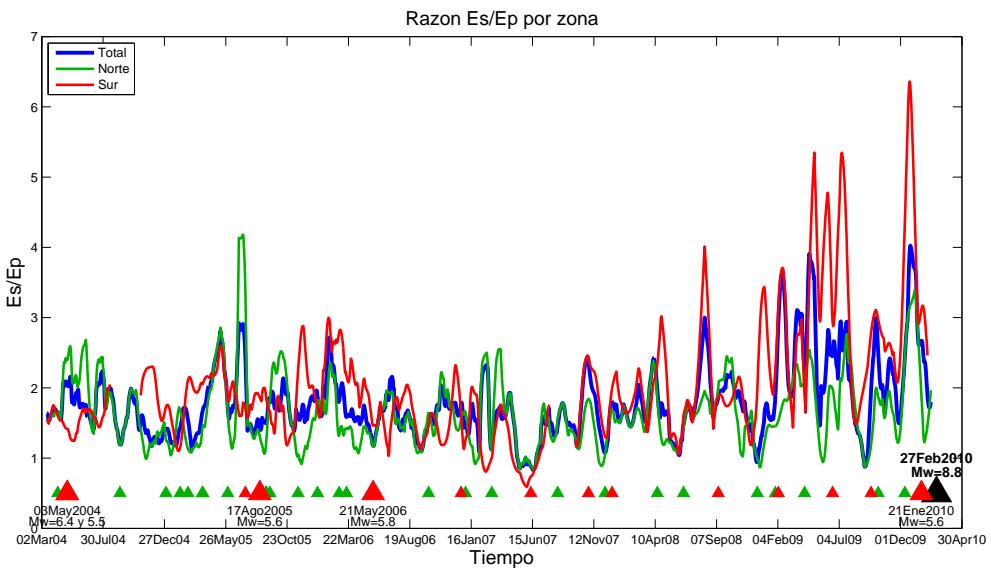
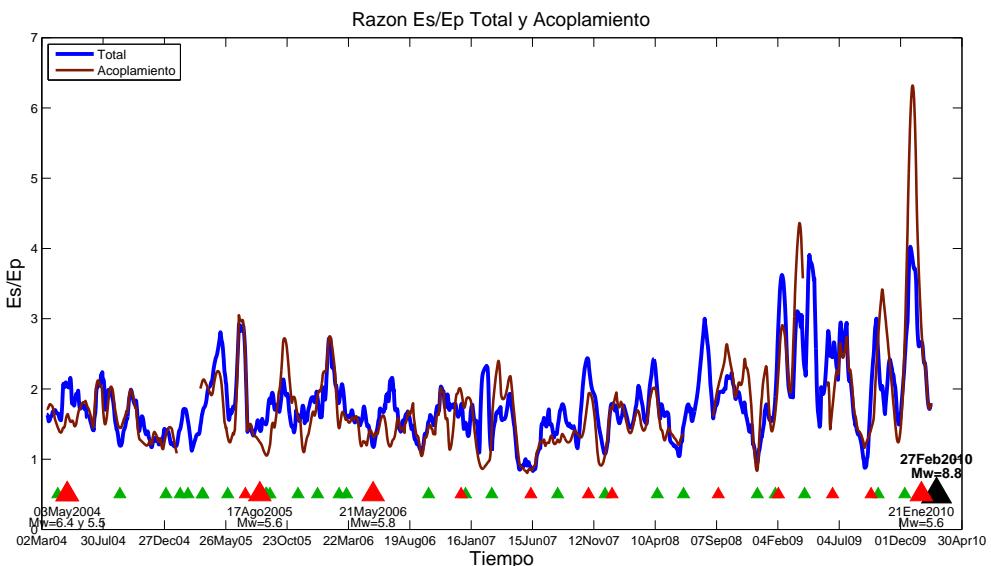


Figura 5.34. Distribución Espacial de la Caída de Tensión



**Figura 5.35:** Razón  $E_S/E_P$  por zona.



**Figura 5.36:** Razón  $E_S/E_P$  por sector.

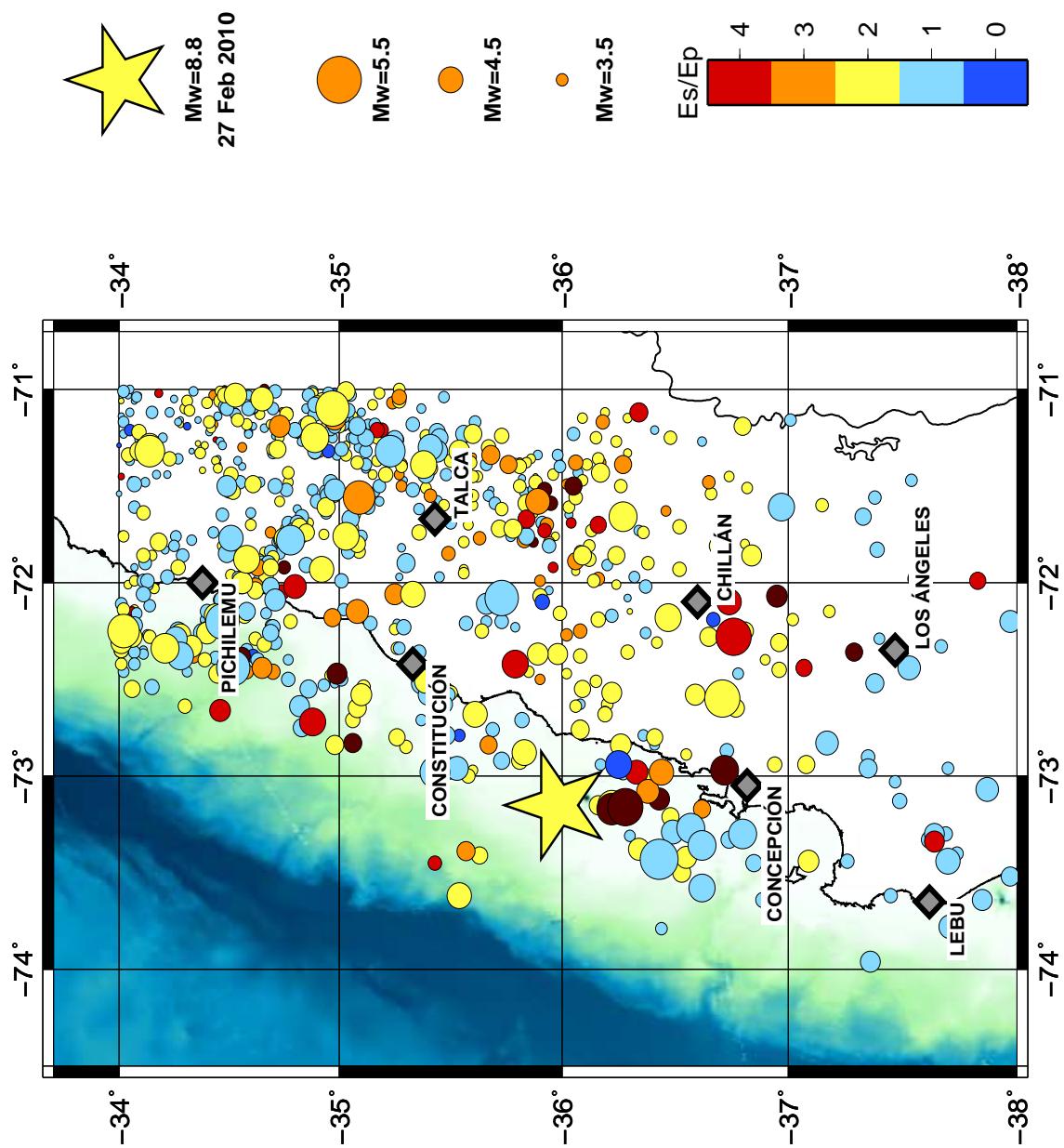
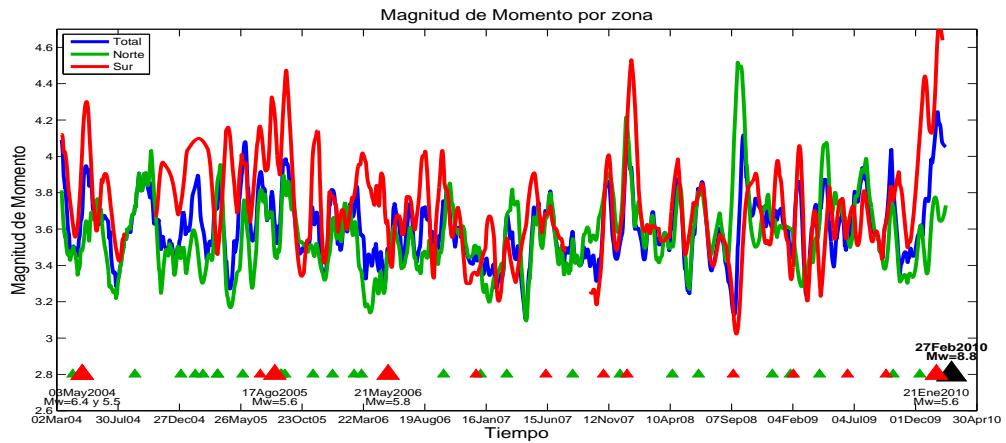
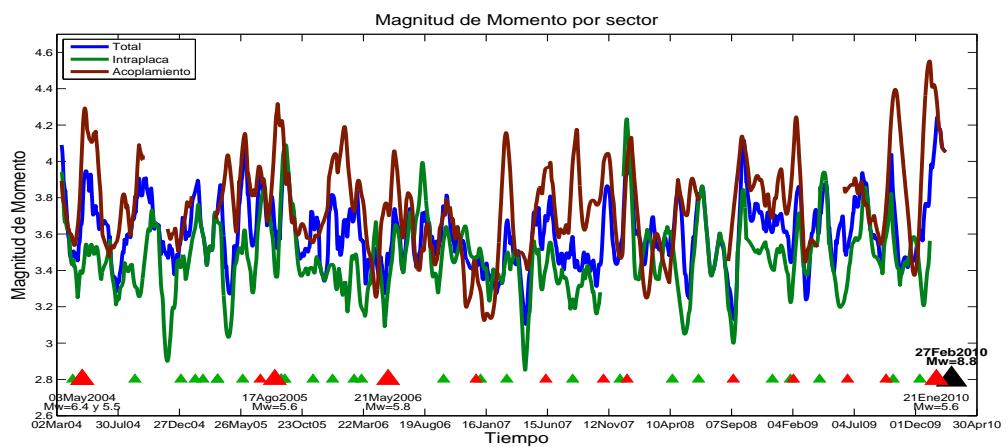


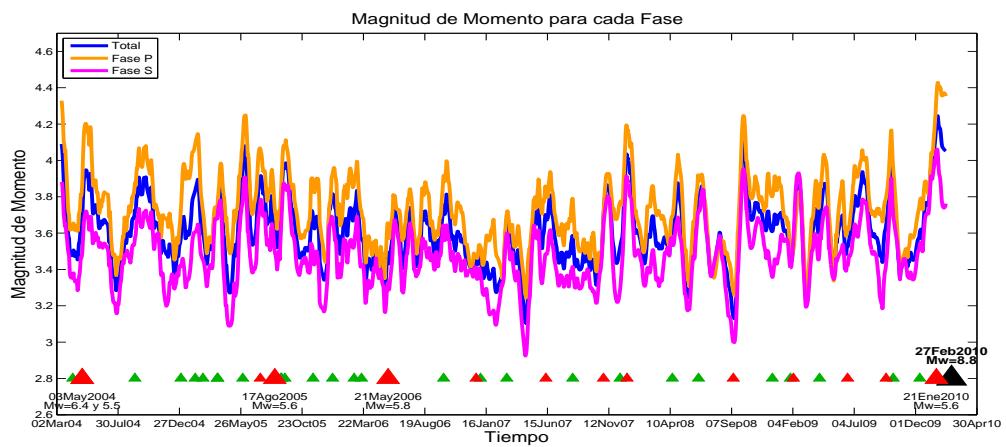
Figura 5.37: Distribución Espacial de la Razón Energía Onda S versus Energía Onda P ( $E_S/E_P$ )



**Figura 5.38:** Magnitud de Momento por zona.



**Figura 5.39:** Magnitud de Momento por sector.



**Figura 5.40:** Magnitud de Momento por fase.

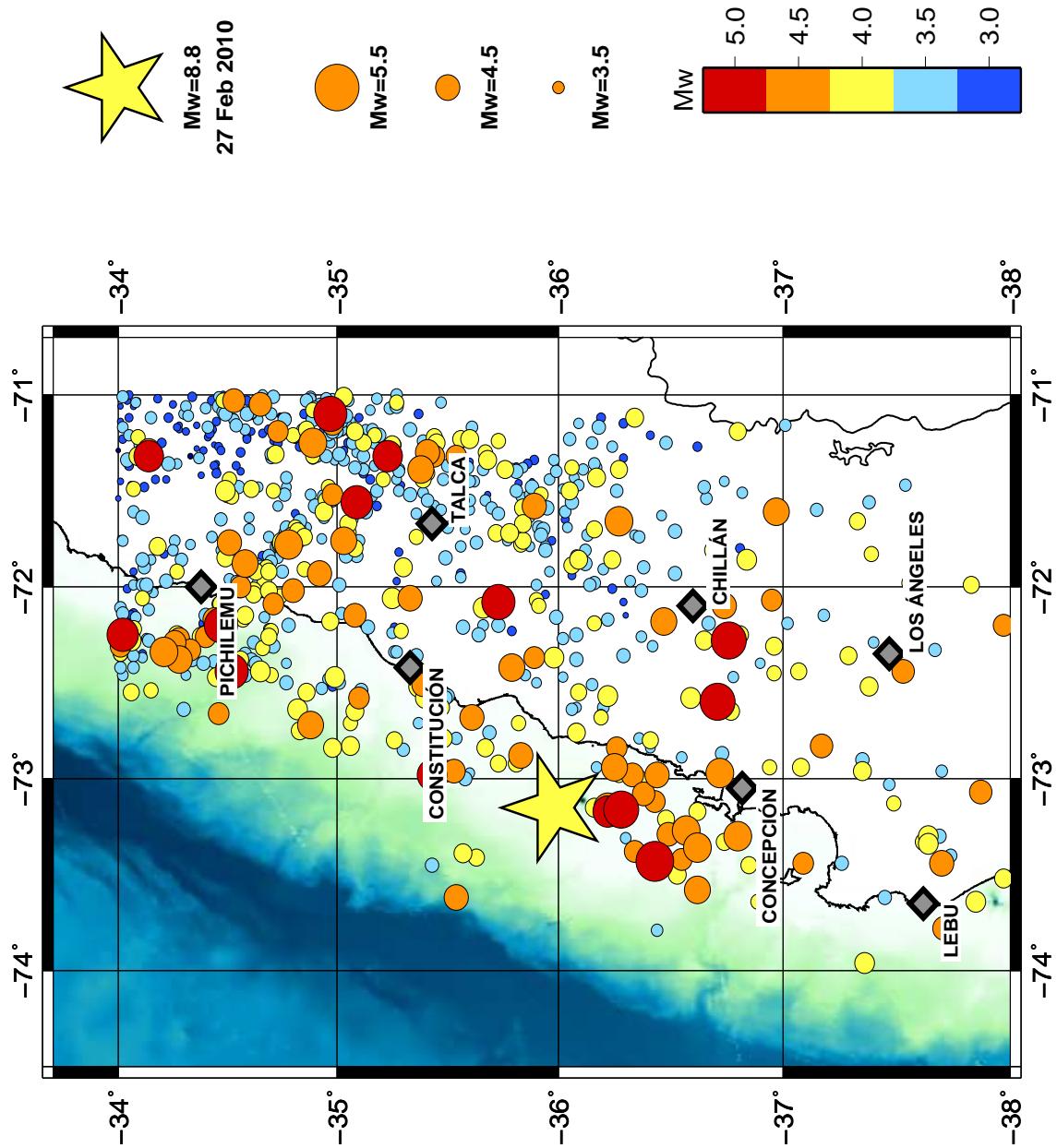
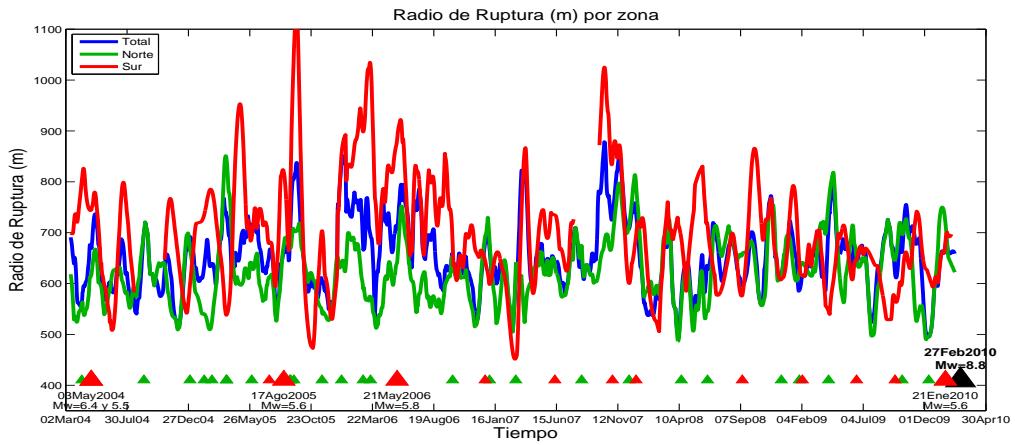
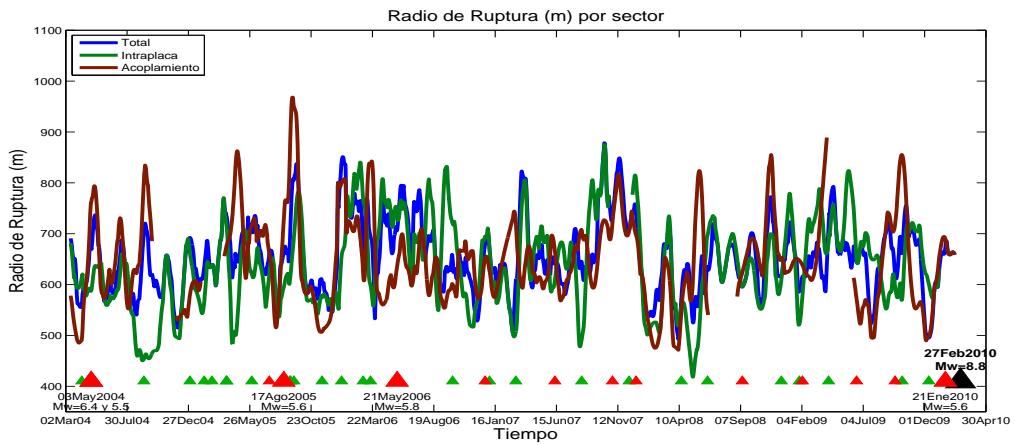


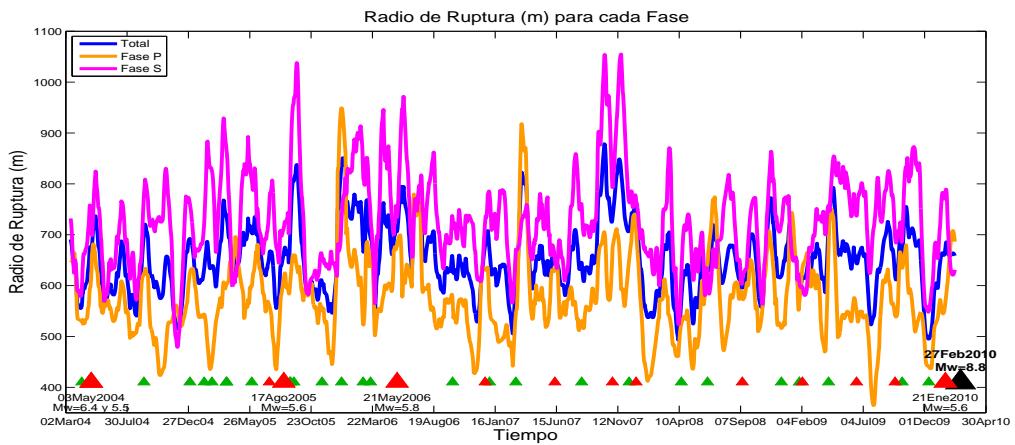
Figura 5.41: Distribución Espacial de la Magnitud de Momento



**Figura 5.42:** Radio de ruptura por zona.



**Figura 5.43:** Radio de ruptura por sector.



**Figura 5.44:** Radio de ruptura por fase.

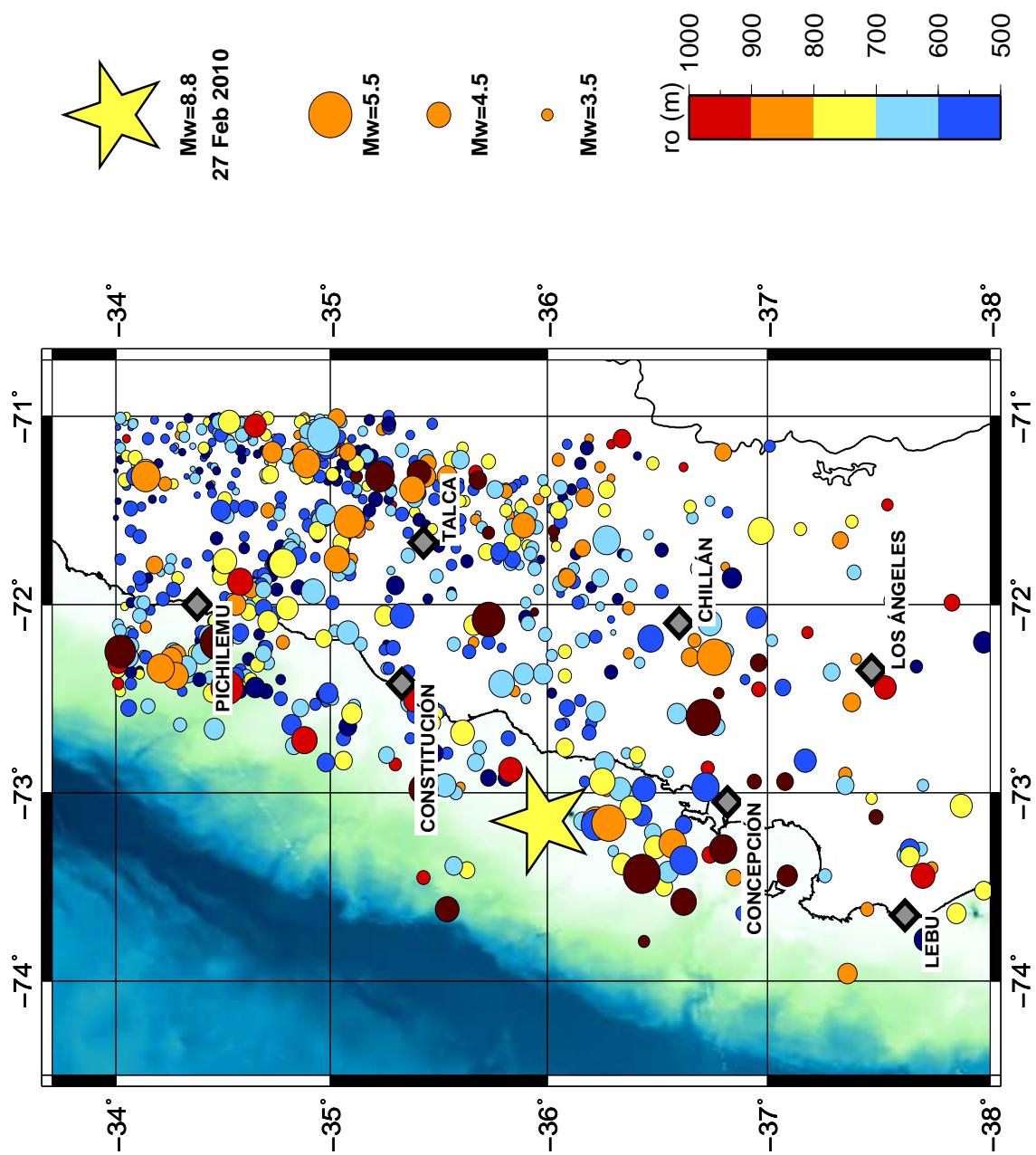


Figura 5.45: Distribución Espacial del Radio de Ruptura



# Capítulo 6

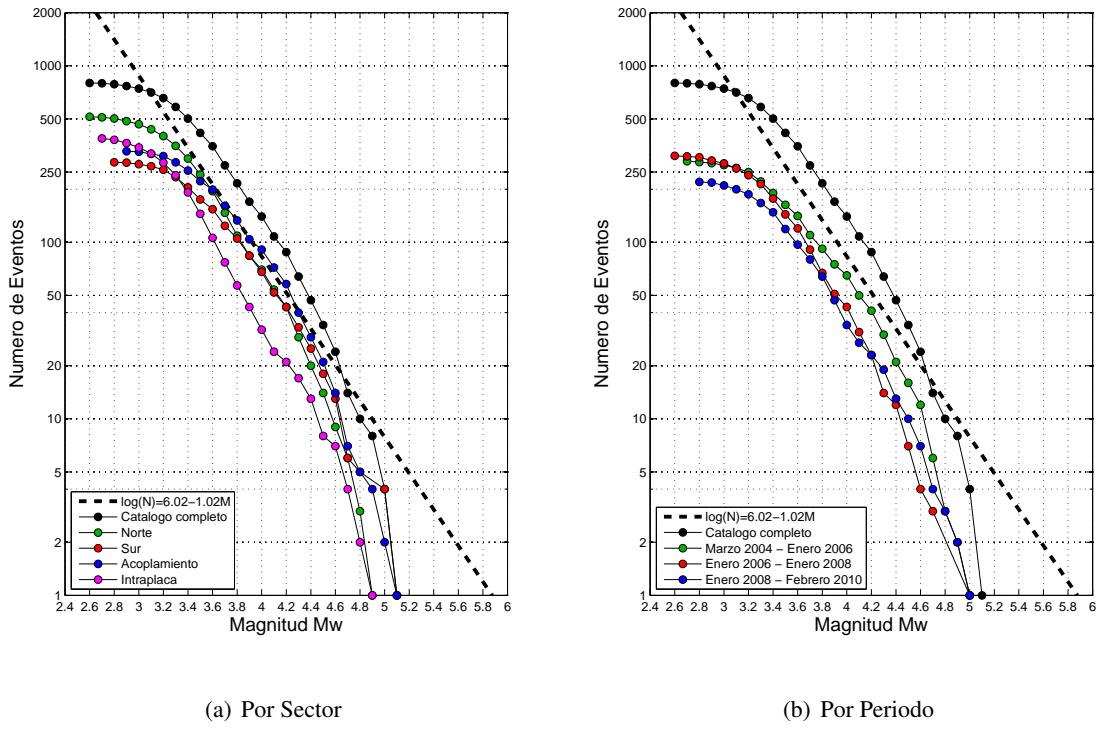
## Discusión

Vemos que la distribución espacial de eventos mostrada en las figuras 5.1, 5.2 y 5.5 es representativa de la zona de estudio. En la figura 6.2, donde se analizan perfiles en profundidad en zonas similares a las usadas en este trabajo, vemos que tanto los perfiles del catálogo de eventos seleccionados como los descritos por Campos et al. (2002) describen claramente la zona de Wadatti-Benioff, y que la gran mayoría de los eventos ocurren en la placa de Nazca (Intraplaca) o en la zona de acoplamiento entre las placas. También se observan pocos eventos de magnitud mayor a  $M_w = 5,2$  y una disminución de la sismicidad de norte a sur. Aunque se instalan nuevas estaciones en la zona sur a partir del año 2006 (ver figura 4.2), la frecuencia de eventos se mantiene relativamente constante. Lo lógico sería que al aumentar el número de estaciones aumentara el número de eventos, ya que la red sería capaz de detectar una mayor cantidad de eventos al ampliar su cobertura: esto es un indicio claro de la disminución en la sismicidad en la zona sur antes del terremoto, y confirma la baja sismicidad reportada por otros trabajos para esa zona (Campos et al. (2002); Madariaga (1998)).

Si ajustamos una recta entre el logaritmo del número de eventos y la magnitud de momento para el catálogo de eventos seleccionados, obtendremos la línea negra segmentada mostrada en la figura 6.1, para la cual se obtiene un b-value de aproximadamente 1. De la figura 6.1a vemos que la magnitud de corte es cercana a  $M_w = 3$  para las zonas norte, sur, acoplamiento e intraplaca. Debido a que hubo una cantidad importante de estaciones que fueron instaladas durante el periodo de estudio, especialmente a inicios de los años 2006 y 2008, se analiza la distribución del número de estaciones con respecto a la magnitud para tres intervalos de tiempo diferentes: 2004-2006, 2006-2008 y 2008-2010; obteniéndose el resultado de la figura 6.1b. Vemos que el número de eventos disminuye levemente en el periodo 2008-2010, sin embargo, la tendencia y magnitud de corte es similar a la obtenida para los periodos 2006-2008 y 2004-2006. De estos resultados se deduce que la distribución de las estaciones para cada uno de los sectores analizados es adecuada y que no se ve alterada por la instalación de nuevos instrumentos durante el periodo de análisis, por lo tanto, la disminución en el número de eventos y las variaciones temporales en los parámetros sísmicos no se puede atribuir a este factor.

El número de estaciones que registran eventos en los demás volúmenes de análisis (norte, acoplamiento e intraplaca) son notoriamente mayores al resultado mostrado en el volumen sur. Esto puede deberse a que la gran mayoría de los eventos clasificados en esos volúmenes corresponden a la zona norte. Como se observa en la figura A.16, la cantidad de eventos en los volúmenes de acoplamiento sur e intraplaca sur es muy escasa como para describir tendencias en la variación temporal de parámetros con ese nivel de detalle, sin embargo, los volúmenes de acoplamiento e intraplaca describen bien lo que ocurre en ambas zonas.

De la distribución del número de estaciones se puede afirmar que a pesar de que la cobertura de la red de estaciones es más completa en la zona norte que en la zona sur, sí se puede afirmar que existe una



(a) Por Sector

(b) Por Periodo

**Figura 6.1:** Frecuencia de eventos versus Magnitud de momento.

disminución en la sismicidad hacia el sur. Cabe destacar que la mayor parte de las estaciones instaladas en fechas posteriores al inicio del análisis presentado aquí fueron ubicadas en la zona sur de la región en estudio, por lo que si la sismicidad fuera similar en el norte y en el sur del área de análisis, se esperaría un aumento en el número de eventos, superando o equiparando la mostrada en la zona norte. Como esto no se observa, podemos deducir que hubo una disminución en la frecuencia de eventos en la zona sur los años previos al terremoto del 27 de febrero de 2010.

Si observamos la frecuencia de eventos de las figuras 5.17, 5.18 y 5.19, vemos claramente una disminución de la sismicidad en el tiempo para los catálogos GUC y NEIC, no así para el catálogo de eventos seleccionados, en el cual si bien se observa una disminución, no es tan notoria como en los otros catálogos. En las tres figuras se observa que existe una menor cantidad de eventos en la zona sur con respecto al volumen norte. También se observa que la disminución en la frecuencia de eventos en la zona norte es más notoria que en la zona sur, especialmente en la figura 5.17, donde vemos que la frecuencia de eventos en la zona sur es relativamente constante. Vemos que en general, en la figura 5.17 la frecuencia de eventos disminuye levemente a pesar de la instalación de nuevas estaciones mostrada en la figura 4.2, lo que se podría explicar si hubo una disminución de la cantidad de eventos en toda zona de estudio. Esta disminución se ve confirmada en las figuras 5.18 y 5.19 que muestran la frecuencia de eventos para los catálogos GUC y NEIC respectivamente. Esta disminución en la frecuencia de eventos es especialmente evidente en la zona norte del catálogo NEIC a partir del año 2009.

De la frecuencia de eventos por sector mostrada en las figuras 5.20, 5.21 y 5.22, vemos que los eventos en la zona de acoplamiento predominan con respecto a los intraplaca en fechas cercanas a los eventos de magnitud mayor a  $M_w = 5,5$  señalados en las figuras. También se observa un aumento de los eventos en la zona de acoplamiento hacia el final del registro, después del 21 de Enero de 2010, la cual va acompañada de una disminución de los eventos intraplaca. En el catálogo NEIC (figura 5.22) se observa

con mayor claridad una disminución de la cantidad de eventos en ambos volúmenes, sin embargo, esta disminución es más clara en el volumen correspondiente a la zona de acoplamiento que en el volumen intraplaca, ya que en este último la frecuencia de eventos se mantiene relativamente constante hasta inicios del 2009 en el catálogo NEIC. En el catálogo GUC se ve una disminución en la frecuencia de eventos a partir de noviembre de 2007, mientras que en catálogo de eventos seleccionados pareciera que la cantidad de eventos en el volumen intraplaca se mantiene relativamente constante en todo el registro.

Una de las características que inmediatamente llama la atención en el Índice de Energía, es un aumento del parámetro hasta alcanzar valores del orden de 1.5, seguido de un descenso que alcanza valores del orden de -0.5; entre el 21 de Enero y el 27 de Febrero de 2010. Esta fluctuación también se observa en las figuras A.6, A.7, A.8, A.9, A.10 y A.11 mostradas en el Apéndice 1. De las figuras 5.23 y 5.24, vemos que esta característica esta asociada a la zona sur y a la zona de acoplamiento. También llama la atención que el Índice de Energía sea mayor al promedio en la zona sur en todo el periodo de estudio, alcanzando valores cercanos a 1 en varias ocasiones. Entre el evento del 17 de agosto de 2005 y el 21 de Mayo de 2006 se observa que el Índice de Energía fluctúa entre 0.5 y 1. El parámetro alcanza valores cercanos alrededor de abril de 2008 y febrero de 2009, lo que tambien se puede observar en el volumen intraplaca y en el volumen de acoplamiento respectivamente. También se destaca una disminución en fechas cercanas a noviembre de 2007 en la zona norte y en la zona de acoplamiento, alcanzando valores del orden de -1.5. A pesar de la baja cantidad de eventos en la zona sur, es posible observar variaciones importantes en el Índice de Energía. La energía liberada en la zona sur con respecto a la zona norte es mayor a pesar de que el número de eventos registrados en la zona norte llega en ocasiones a duplicar a los eventos registrados en la zona sur, lo que refuerza aun más las tendencias mostradas por este y otros parámetros.

En las figuras 5.27 y 5.28, vemos un aumento brusco del Volumen Aparente después del 21 de Enero de 2010 en las zonas sur y de acoplamiento. En la zona sur, se observan aumentos del volumen apparente después de los eventos ocurridos el 03 de Mayo de 2004 y el 21 de Mayo de 2006, sin embargo, estos son dos y un órdenes de magnitud menor respectivamente. También llaman la atención los aumentos en el Volumen Aparente en fechas cercanas al 03 de Mayo de 2004, 17 de Agosto de 2005 y 12 de Noviembre de 2007 en los volúmenes norte y acoplamiento. En la zona sur, el Volumen Aparente tiende a ser inferior al promedio en todo el registro, a excepción de los aumentos descritos anteriormente.

De las figuras 5.31 y 5.32, vemos que las fluctuaciones en la caída de tensión en los volúmenes sur y acoplamiento son similares. En la zona sur, se observan aumentos en la caída de tensión en fechas posteriores a los eventos del 17 de Agosto de 2005, del 21 de Mayo de 2006 y del 21 de Enero de 2010. En este último caso, la caída de tensión se mantiene alta hasta antes del terremoto del 27 de febrero de 2010 en los volúmenes sur y acoplamiento.

De acuerdo a lo observado en las figuras 5.38 y 5.39, las magnitudes en las zonas sur y de acoplamiento son mayores a las magnitudes promedio. En la zona sur, esto podría deberse a que como la cobertura de estaciones es menor en ese lugar con respecto a la zona norte, en esta última la red sea más sensible a eventos de menor magnitud. Otra razón, es que efectivamente los eventos sean de mayor magnitud como para compensar el efecto de la reducida sismicidad que existe en el lugar. Hacia el final de las series, vemos un claro aumento en la magnitud de momento en las zonas sur y de acoplamiento, el cual claramente esta influenciado por el evento sísmico registrado el 21 de Enero de 2010. Cabe recalcar que el evento del 27 de febrero de 2010 no esta considerado en ningún análisis, por lo que ese evento en particular no tiene ninguna relación directa con el valor alcanzado por este parámetro al final de la serie.

De las figuras 5.42, 5.43 y 5.44, se observa un comportamiento extraño en el radio de ruptura en los volúmenes de análisis, haciendo difícil describir que tendencias se presentan para este parámetro. Deberíamos esperar cierta correlación entre el radio de ruptura y el volumen apparente, pues ambos

parámetros están asociados a las dimensiones de la ruptura, sin embargo, esto tampoco se observa en las figuras. Para este trabajo se calculó la frecuencia esquina a partir de la primera llegada para evitar el error aleatorio que se habría producido al calcularla desde el espectro junto con el momento sísmico. Es necesario revisar el cálculo de la frecuencia esquina para poder interpretar correctamente las variaciones del radio de ruptura, lo cual se realizará en una etapa posterior a este trabajo.

En los gráficos de variaciones temporales de los parámetros descritos anteriormente, podemos ver diferencias entre los parámetros estimados para las fases P y S. En las figuras 5.35 y 5.36 la variación de la razón entre las energías asociadas a las fases P y S en el tiempo, y lo primero que llama la atención es la tendencia al aumento en el parámetro a partir del año 2009 en la zona sur, lo que también se observa aunque en menor medida en la zona de acoplamiento. Esto puede deberse a que dominan los esfuerzos por cizalle, lo que es esperable antes de un terremoto, sin embargo, se debe tener en cuenta la distribución de las estaciones en el sector de análisis, especialmente en la zona sur donde se observan los aumentos más importantes, y que también corresponde a la zona donde se instalan estaciones más recientes. De la distribución de estaciones indicada en los perfiles en profundidad de las figuras 5.2 y 5.5, podemos observar que esta se mantiene relativamente regular a partir del año 2006 en ambas zonas, pues si bien se instalan nuevas estaciones en fechas posteriores, estas no afectan la cobertura ya existente en ese año. De este modo, podemos deducir que los valores elevados en la razón  $E_S/E_P$  sí pueden deberse a cambios en la energía asociada a las fases P y S debido al proceso de ruptura que desencadenó el terremoto del 27 de febrero. Dada la distribución de estaciones en la zona norte, la energía S detectada por las estaciones en ese volumen de análisis es menor en comparación a la recibida para esa fase en la zona sur, de modo que las variaciones en el parámetro observadas en la zona podrían ser importantes a pesar de ser de menor magnitud que las detectadas en la zona sur, predominando los esfuerzos por cizalle en todo el volumen de análisis.

De los perfiles en profundidad y la distribución de estaciones observados en la figura 5.2, vemos que las estaciones ubicadas en la zona norte registran el máximo de energía para la onda P. Sólo tres estaciones están ubicadas en longitudes donde se detectaría el máximo de energía para la onda S, de modo que aunque dominen los esfuerzos por cizalle en esa zona, esto puede que no se vea reflejado en la razón  $E_S/E_P$ . De la figura 5.5 vemos que las estaciones en la zona sur se distribuyen de modo tal que tenderán a registrar el máximo de energía para la onda S. A pesar de que se instalan tres estaciones en fechas posteriores al 2006 en lugares donde se detectaría el máximo de energía S, ya existían estaciones distribuidas en esa región, por lo tanto, las variaciones en la razón  $E_S/E_P$  no estarán mayormente influenciadas por la distribución de estaciones en la zona sur, ya que esta permanece constante durante todo el periodo de análisis.

De acuerdo a criterios de alerta utilizados en minería, valores altos del Índice de Energía combinados con descensos en el Volumen Aparente y viceversa dan cuenta de una condición de inestabilidad en el volumen de análisis. Esto se observa en las fechas cercanas a los eventos de magnitud mayor a  $M_w = 5,5$  de la tabla 5.3 en la zona sur y en la zona de acoplamiento, lo que se resume en la tabla 6.1. También es posible notar esta condición de inestabilidad en las fechas previas al terremoto del 27 de febrero de 2010, donde el Índice de Energía cae mientras el Volumen Aparente aumenta.

Las variaciones espaciales en el Índice de Energía, Volumen Aparente, Caída de Tensión y Magnitud de Momento mostradas en las figuras 5.26, 5.30, 5.34 y 5.41 respectivamente, ocurren en los mismos sectores: al sur del epicentro del terremoto del 27 de febrero de 2010, frente a Constitución, entre Talca y Chillán, y entre el norte de Talca y el sur de Pichilemu. También se observan variaciones en el radio de ruptura (figura 5.45) y en la razón  $E_S/E_P$  (figura 5.37), pero son menos evidentes. No se ven variaciones importantes desde los 37°S hacia el sur, además, llama la atención la poca sismicidad en esa zona. Esto puede deberse a que la red del servicio sismológico de la Universidad de Chile no es muy densa en esa región (ver figura 4.2), o bien, efectivamente la sismicidad es escasa alrededor de Lebu. Del comporta-

Evento	Volúmen de análisis	IE	VA
17 de agosto de 2005 $M_w = 5,6$	Norte	↓	↑
	Sur	↑	↓
	Acoplamiento	↓	↑
	Intraplaca	↓	↑
21 de mayo de 2006 $M_w = 5,8$	Norte	-	-
	Sur	↑	↑
	Acoplamiento	↑	↓
	Intraplaca	-	-
21 de enero de 2010 $M_w = 5,6$	Norte	↑	-
	Sur	↑	↓
	Acoplamiento	↑	↓
	Intraplaca	↑	↓
27 de febrero de 2010 $M_w = 8,8$	Norte	↓	↑
	Sur	↓	↑
	Acoplamiento	↓	↑
	Intraplaca	-	-

**Tabla 6.1:** Criterios de alerta utilizados en minería aplicados a eventos  $M_w > 5,5$ .

miento de la frecuencia de eventos descrito anteriormente, se puede inferir que la sismicidad en la zona sur efectivamente es escasa, aun teniendo en cuenta el efecto de la red de estaciones en la zona de estudio. De acuerdo a los resultados de Lorito et al. (2011), es posible que la ruptura no se halla completado en esa zona, lo que podría generar un terremoto de magnitud importante en ese sector. Sin embargo, en este trabajo no es posible afirmar ni descartar esta hipótesis sin al menos hacer un análisis del comportamiento de las réplicas del terremoto del 27 de febrero en la zona.

De las figuras 6.3 y 6.4, vemos que las variaciones espaciales detectadas en el Índice de Energía, Volumen Aparente, Caída de Tensión y Magnitud de Momento ocurren en zonas donde el déficit de deslizamiento previo al terremoto era alto (Moreno et al. (2010); Lorito et al. (2011)). A su vez, en estas regiones se produjeron deslizamientos importantes, por lo que los resultados de Moreno et al. (2010), Lorito et al. (2011) y los presentados en este trabajo son consistentes entre sí. Aun queda pendiente un análisis más detallado de la zona comprendida desde los 37°S hacia el sur, ya que queda poco claro si se completó la ruptura en este sector.

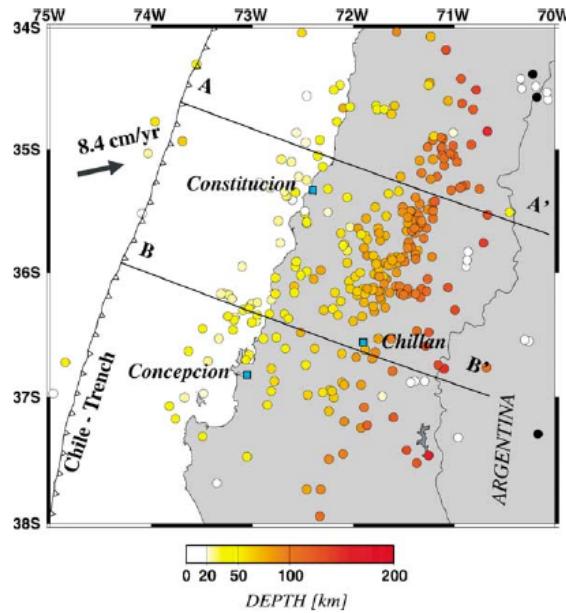
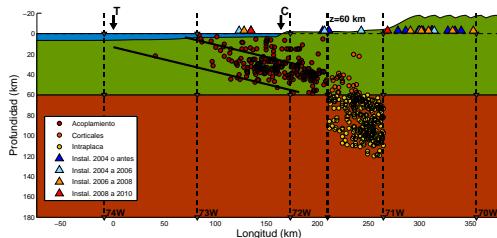
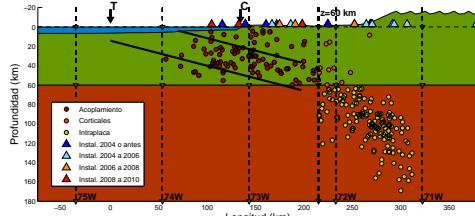


Fig. 6. Distribution of final selection of earthquakes obtained during our experiment in the Concepción–Constitución area. These events were very well located according to a set of different criteria. The two lines marked A–A' and B–B' are the orientation of the cross-sections plotted on Fig. 7.

(a) Región para la cual se trazaron los perfiles en Campos et al. (2002)

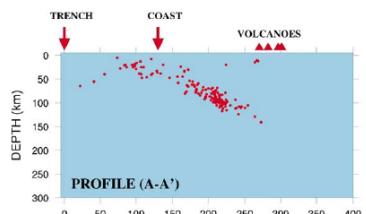


(b) Perfil Zona Norte: Eventos Seleccionados

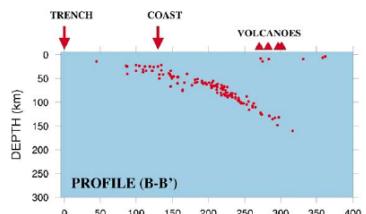


(c) Perfil Sur: Eventos Seleccionados

CROSS SECTIONS WITH ( RMS < 0.2 )



PROFILE (A-A')

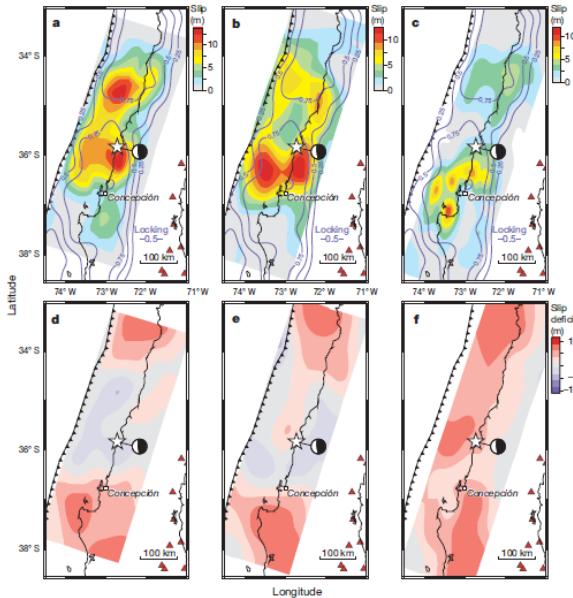


PROFILE (B-B')

Fig. 7. Distribution of the final selection of earthquakes located during our experiment in the Concepción–Constitución area plotted along two profiles indicated on Fig. 6.

(d) Perfiles obtenidos por Campos et al. (2002)

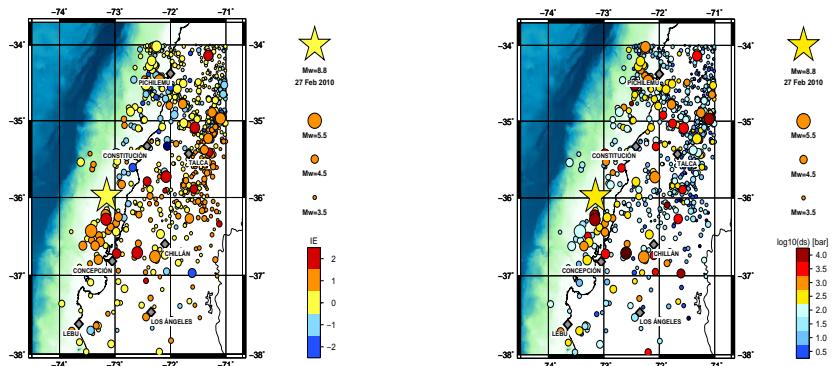
**Figura 6.2:** Comparación de los perfiles en profundidad obtenidos en este trabajo y los obtenidos por Campos et al. (2002)



**Figure 2 | Similarity between coseismic slip and interseismic locking.**  
a–c, Pre-seismic locking distribution in the study area (isolines) overlaid onto preliminary coseismic slip distributions of the 2010 Maule earthquake. a, USGS telesismic model (ref. 26); b, UCSB telesismic model (ref. 27); c, Caltech/JPL telesismic + GPS model (ref. 28). d–f, Postseismic slip deficit maps in dicing low residuals in the main rupture area present after the 2010 Maule earthquake. Postseismic slip deficit has been calculated as the

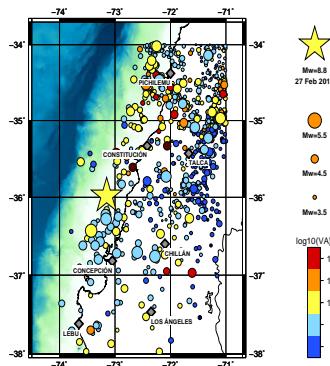
residuals between 2010 coseismic slip and slip deficit hypothetically accumulated since the last great event in 1835 for each sub-fault element of the coseismic slip distributions. In all panels, the white star and beach ball mark the epicentre (data from USGS NEIC) and focal mechanism (data from GCMT), respectively, and red triangles indicate volcanoes. Residuals in d–f are based on slip models in a–c, respectively.

### (a) Deslizamiento post-terremoto (arriba) y déficit en el deslizamiento previo (abajo)

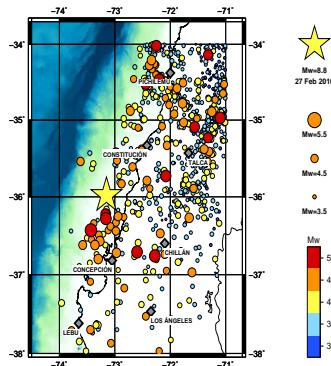


(b) Índice de Energía

(d) Caída de Tensión

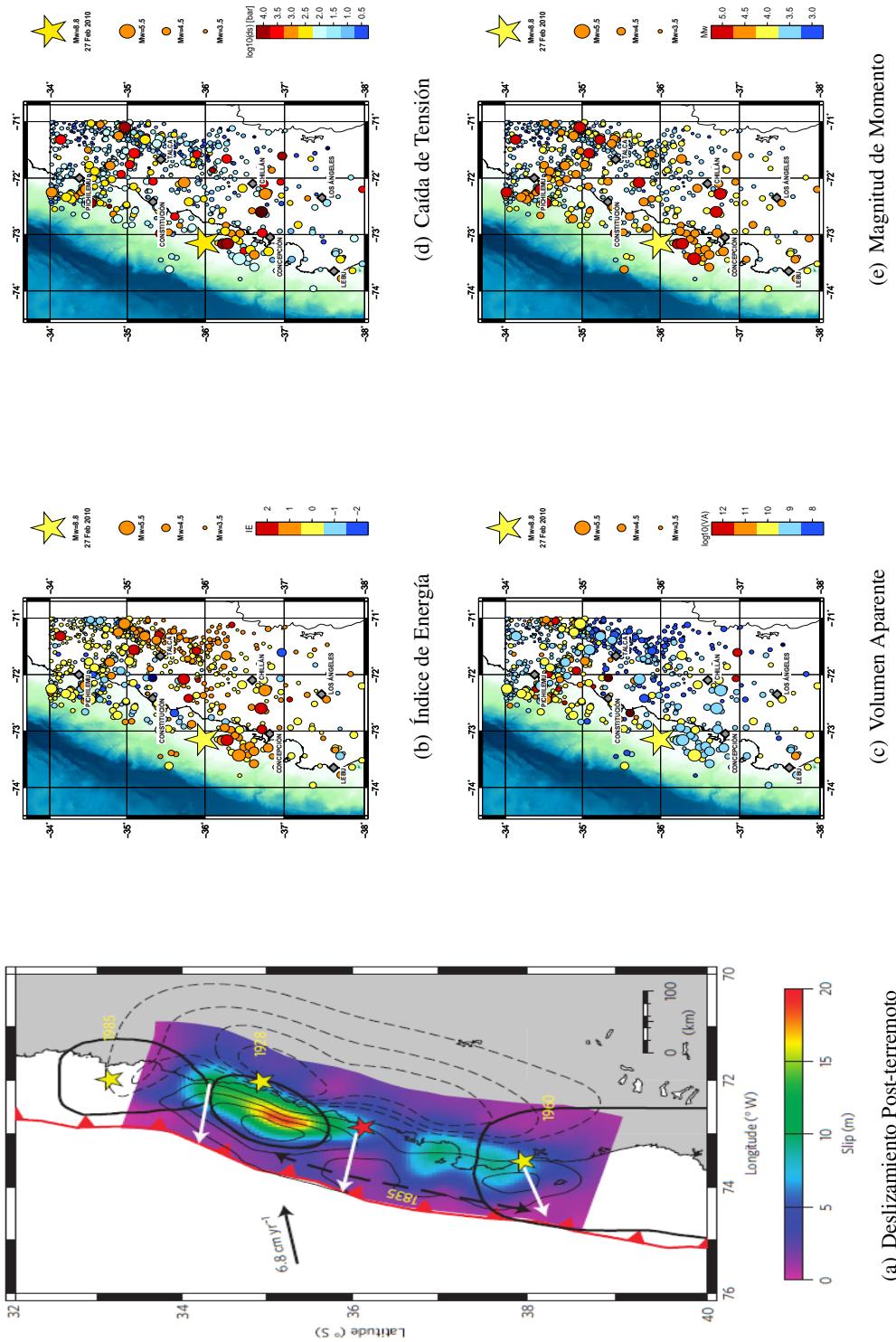


(c) Volumen Aparente



(e) Magnitud de Momento

**Figura 6.3:** (a) Resultados Obtenidos por Moreno et al. (2010) y distribución espacial de (b) Índice de Energía, (c) Volumen Aparente, (d) Caída de Tensión y (e) Magnitud de Momento



**Figura 6.4:** (a) Deslizamiento post-terremoto (Lorito et al., 2011) y distribución espacial de (b) Índice de Energía, (c) Volumen Aparente, (d) Caída de Tensión y (e) Magnitud de Momento

## Capítulo 7

# Conclusiones y Recomendaciones

Del análisis realizado en este trabajo, es posible detectar variaciones temporales en el Índice de Energía, Volumen Aparente, Caída de Tensión, Razón  $E_S/E_P$  y Magnitud de Momento de los eventos seleccionados. El cálculo de la frecuencia de esquina y, por lo tanto, el del radio de ruptura no muestran tendencias claras y deben ser revisados. Las variaciones temporales en los parámetros sísmicos son perceptibles incluso durante los meses previos al terremoto del 27 de febrero de 2010. También es posible visualizar fluctuaciones asociadas a algunos eventos de magnitud mayor a  $M_w = 5,5$ , lo que indicaría que el monitoreo del comportamiento de parámetros sísmicos en el tiempo podría ser utilizado para estudiar la evolución de la sismicidad previa a eventos de ese orden de magnitud, y no sólo para el estudio de terremotos de gran magnitud como el del 27 de febrero de 2010.

La distribución espacial y temporal de la red de estaciones también tiene cierta influencia en los parámetros registrados, especialmente en la razón  $E_S/E_P$ . A pesar de que su cobertura es más reducida en la zona sur, esta es lo suficientemente homogénea como para decir que las variaciones temporales observadas en los parámetros descritos están asociada a fenómenos físicos que ocurren en la zona de estudio, y no son una consecuencia de una mala recolección de datos. En la zona norte sin embargo, la ausencia de una mayor cantidad de estaciones al oeste de Santiago puede estar influyendo en los resultados obtenidos.

Se observan variaciones espaciales de parámetros sísmicos en zonas de alto déficit de desplazamiento y elevado desplazamiento posterior al terremoto reportadas por Moreno et al. (2010) y Lorito et al. (2011). Además, la distribución espacial de los eventos seleccionados para el análisis es consistente con otros estudios realizados en el área de análisis (Campos et al. (2002), Madariaga (1998)).

Quedan pendientes algunas correcciones para complementar este trabajo. En primer lugar, se recomienda incorporar el cálculo del mecanismo focal de cada evento en particular. Además, se sugiere incorporar un modelo de velocidad que considere los cambios de la velocidad en la onda P en profundidad y las refracciones que describe el rayo al viajar a través de un medio estratificado.

Debemos puntualizar que las variaciones temporales en los parámetros sísmicos muestran tendencias en el comportamiento de un volumen, por lo que es importante observar como evolucionan en el tiempo más allá del valor que alcancen. Dentro de este contexto, los parámetros sísmicos resultan útiles para observar cambios de la sismicidad en la zona de ruptura del terremoto en general, y en cada volumen de análisis en particular. A pesar del error que pudiera estar asociado a cada estimación, estos se compensan al comparar los valores obtenidos entre sí, y son atenuados al aplicar un filtro de medias móviles.

Ya que se instalaron nuevas estaciones después del terremoto y la red amplió su cobertura en la zona a partir del año 2008, sería interesante estudiar el comportamiento de los parámetros para las réplicas del evento: en primer lugar, la cobertura en la región de estudio mejoraría, y en segundo lugar, como sabemos que los eventos que ocurren allí son réplicas de un gran terremoto, sabemos como deberían fluctuar los parámetros sísmicos en el tiempo, lo que permitiría evaluar cual es el grado de influencia de la distribución de estaciones y del número de eventos en una zona para la determinación de los parámetros sísmicos calculados en este trabajo, y además, permite corroborar si la metodología empleada puede ser usada para el análisis de la evolución de la sismicidad tectónica en una región dada que en esta ocasión tendría un comportamiento diferente al descrito antes del terremoto. Además, sería relevante analizar si se dan condiciones de inestabilidad para fechas cercanas a réplicas de magnitud importante.

Sería interesante aplicar este análisis en otros sectores, como la zona correspondiente a la laguna sísmica del Norte Grande, el sector norte de la zona de ruptura del terremoto de Valdivia de 1960, o el sector sur de la zona de ruptura del terremoto de Valparaíso de 1985. Para ello, será necesario revisar la distribución de la red de estaciones con respecto a la longitud. Por ejemplo, en la zona de ruptura del terremoto de 1985 sería necesario instalar una mayor cantidad de estaciones en el valle central y en la costa, de modo de compensar el efecto que puede tener la gran cantidad de estaciones instalada alrededor de Santiago en los parámetros a calcular.

# Índice de figuras

2.1. Zonas de Ruptura terremotos último siglo. . . . .	9
2.2. Zonas de Ruptura terremotos históricos. . . . .	9
2.3. Esquema de la zona de Subducción Chilena ( <a href="#">Kanamori, 1986</a> ). . . . .	10
2.4. Mecanismos Focales Precursores CMT Harvard: 01 Enero 1995 - 26 Febrero 2010 . . .	11
2.5. Mecanismos Focales Réplicas CMT Harvard: 27 Febrero 2010 - 08 Marzo 2010 . . . .	11
2.6. Precursores catalogo GUC: 01 Enero 2001 - 26 Febrero 2010 . . . . .	12
2.7. Réplicas catálogo GUC: 27 Febrero 2010 - 30 Noviembre 2010 . . . . .	12
3.1. Patrón de radiación en coordenadas esféricas ( <a href="#">Stein and Wysession, 2003</a> ) . . . . .	13
3.2. Pulso irradiado desde la fuente ( <a href="#">Stein and Wysession, 2003</a> ). . . . .	14
3.3. Esquema del proceso de ruptura ( <a href="#">Stein and Wysession, 2003</a> ). . . . .	15
3.4. Función de deslizamiento dependiente del tiempo. ( <a href="#">Stein and Wysession, 2003</a> ) . . . .	15
3.5. Función fuente dependiente del tiempo. ( <a href="#">Stein and Wysession, 2003</a> ) . . . . .	16
3.6. Modelo del espectro de frecuencias de la función fuente ( <a href="#">Stein and Wysession, 2003</a> ) . .	17
3.7. Representación del plano de falla: bloque de piso. ( <a href="#">Aki and Richards, 2002</a> ) . . . . .	19
3.8. Esfera Focal ( <a href="#">Aki and Richards, 2002</a> ) . . . . .	19
3.9. Sistema de Coordenadas considerado para el cálculo del Patrón de Radiación ( <a href="#">Aki and Richards, 2002</a> ) . . . . .	20
4.1. Red completa del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile. . . . .	28
4.2. Estaciones de la red SSUCh en la zona de estudio. . . . .	29
4.3. Primera parte del diagrama de flujo del programa de lectura de señales en matlab. . . .	31
4.4. Segunda parte del diagrama de flujo del programa de lectura de señales en matlab. . . .	32
4.5. Determinación de los tiempos de llegada desde Matlab. . . . .	33
4.6. Estimación de la frecuencia esquina. . . . .	34
4.7. Ejemplo del espectro de frecuencias en matlab para una señal. . . . .	35
4.8. Respuesta del filtro de medias móviles de 21 días. . . . .	39
5.1. Distribución Espacial del Catalogo de Eventos Seleccionados . . . . .	42
5.2. Perfil en Profundidad Zona Norte (34-35.5°S): Catalogo de Eventos Seleccionados. . . .	43
5.3. Perfil en Profundidad Zona Norte (34-35.5°S): Catalogo GUC. . . . .	43
5.4. Perfil en Profundidad Zona Norte (34-35.5°S): Catalogo NEIC. . . . .	43
5.5. Perfil en Profundidad Zona Sur (35.5-38°S): Catalogo de Eventos Seleccionados. . . .	44
5.6. Perfil en Profundidad Zona Sur (35.5-38°S): Catalogo GUC. . . . .	44
5.7. Perfil en Profundidad Zona Sur (35.5-38°S): Catalogo NEIC. . . . .	44
5.8. Energía v/s Momento Sísmico por año. . . . .	47
5.9. Energía v/s Momento Sísmico por zona. . . . .	47
5.10. Energía v/s Momento Sísmico por sector. . . . .	47
5.11. Energía v/s Momento Sísmico por fase. . . . .	47
5.12. Número de Estaciones Volumen Total: Catalogo Eventos Seleccionados. . . . .	51

5.13. Número de Estaciones Volumen Norte. . . . .	51
5.14. Número de Estaciones Volumen Sur. . . . .	51
5.15. Número de Estaciones Volumen Acoplamiento. . . . .	51
5.16. Número de Estaciones Volumen Intraplaca. . . . .	51
5.17. Frecuencia de Eventos Catalogo Eventos Seleccionados. . . . .	52
5.18. Frecuencia de Eventos Catalogo GUC. . . . .	52
5.19. Frecuencia de Eventos Catalogo NEIC. . . . .	52
5.20. Frecuencia de Eventos Catalogo Eventos Seleccionados. . . . .	53
5.21. Frecuencia de Eventos Catalogo GUC. . . . .	53
5.22. Frecuencia de Eventos Catalogo NEIC. . . . .	53
5.23. Índice de Energía por zona. . . . .	54
5.24. Índice de Energía por sector. . . . .	54
5.25. Índice de Energía por fase. . . . .	54
5.26. Distribución Espacial del Índice de Energía . . . . .	55
5.27. Volumen Aparente por zona. . . . .	56
5.28. Volumen Aparente por sector. . . . .	56
5.29. Volumen Aparente por fase. . . . .	56
5.30. Distribución Espacial del Volumen Aparente . . . . .	57
5.31. Caída de Tensión por zona. . . . .	58
5.32. Caída de Tensión por sector. . . . .	58
5.33. Caída de Tensión por fase. . . . .	58
5.34. Distribución Espacial de la Caída de Tensión . . . . .	59
5.35. Razón $E_S/E_P$ por zona. . . . .	60
5.36. Razón $E_S/E_P$ por sector. . . . .	60
5.37. Distribución Espacial de la Razón Energía Onda S versus Energía Onda P ( $E_S/E_P$ ) . . . . .	61
5.38. Magnitud de Momento por zona. . . . .	62
5.39. Magnitud de Momento por sector. . . . .	62
5.40. Magnitud de Momento por fase. . . . .	62
5.41. Distribución Espacial de la Magnitud de Momento . . . . .	63
5.42. Radio de ruptura por zona. . . . .	64
5.43. Radio de ruptura por sector. . . . .	64
5.44. Radio de ruptura por fase. . . . .	64
5.45. Distribución Espacial del Radio de Ruptura . . . . .	65
 6.1. Frecuencia de eventos versus Magnitud de momento. . . . .	68
6.2. Comparación de los perfiles en profundidad obtenidos en este trabajo y los obtenidos por <a href="#">Campos et al. (2002)</a> . . . . .	72
6.3. (a) Resultados Obtenidos por <a href="#">Moreno et al. (2010)</a> y distribución espacial de (b) Índice de Energía, (c) Volumen Aparente, (d) Caída de Tensión y (e) Magnitud de Momento . . . . .	73
6.4. (a) Deslizamiento post- terremoto ( <a href="#">Lorito et al., 2011</a> ) y distribución espacial de (b) Índice de Energía, (c) Volumen Aparente, (d) Caída de Tensión y (e) Magnitud de Momento	74
 A.1. Espectro de frecuencias Índice de energía. . . . .	83
A.2. Respuesta para filtros de medias móviles de 15, 21 y 31 pesos (días). . . . .	84
A.3. IE Volumen Total: series originales y filtradas. . . . .	87
A.4. IE Volumen Norte respecto a zona Norte: series originales y filtradas. . . . .	88
A.5. IE Volumen Norte respecto al Volumen Total: series originales y filtradas. . . . .	89
A.6. IE Volumen Sur respecto a zona sur: series originales y filtradas. . . . .	90
A.7. IE Volumen Sur respecto al Volumen Total: series originales y filtradas. . . . .	91

A.8. IE Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto a Volumen Acoplamiento 0-60 km: series originales y filtradas.	92
A.9. IE Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto al Volumen Total: series originales y filtradas.	93
A.10. IE Volumen Acoplamiento 15-60 km respecto a Volumen Acoplamiento 15-60 km: series originales y filtradas.	94
A.11. IE Volumen Acoplamiento 15-60 km respecto a Volumen Total: series originales y filtradas.	95
A.12. IE Volumen Intraplaca respecto a Zona Intraplaca: series originales y filtradas.	96
A.13. IE Volumen Intraplaca respecto a Volumen Total: series originales y filtradas.	97
A.14. IE Volumen Fase P: series originales y filtradas.	98
A.15. IE Volumen Fase S: series originales y filtradas.	99
A.16. IE Volumen Acoplamiento 0-60 km por zona y por fase.	100
A.17. IE Volumenes por zona.	101
A.18. IE Volumenes por fase.	101



# Índice de tablas

4.1.	Eventos de muestra para el análisis de errores . . . . .	36
4.2.	Error Aleatorio para el Momento Sísmico . . . . .	36
4.3.	Error asociado al Momento Sísmico al trasladar el epicentro . . . . .	36
4.4.	Error asociado a la Energía Sísmica Radiada al trasladar el epicentro . . . . .	37
4.5.	Error asociado a la Energía Sísmica Radiada para distintos factores de atenuación $Q$ . . . . .	37
4.6.	Mecanismos Focales de prueba. . . . .	37
4.7.	Error asociado al Momento Sísmico para distintos Mecanismos Focales . . . . .	38
4.8.	Subcatalogos considerados para el análisis de parámetros. . . . .	38
5.1.	Descripción de los sectores. . . . .	41
5.2.	Valores para la caída de tensión . . . . .	46
5.3.	Eventos $M_w \geq 5,5$ del catálogo GUC entre el 01 de Marzo de 2004 y el 26 de Febrero de 2010 . . . . .	46
6.1.	Criterios de alerta utilizados en minería aplicados a eventos $M_w > 5,5$ . . . . .	71
A.1.	Métodos empleados para calcular IE. . . . .	84
A.2.	Volúmenes para los cuales se calcula Índice de Energía. . . . .	86



## Apéndice A

# Estimación del Índice de Energía

Una vez obtenido el catálogo de eventos seleccionados con sus respectivos parámetros sísmicos calculados, se calculó Índice de Energía de varias maneras antes de decidir cual se presentaría en el documento final. En este anexo se revisarán los métodos empleados de modo de explicar porque se elige finalmente el método expuesto. También se revisará el Índice de Energía para distintos volúmenes de análisis, de modo de determinar cuales son los que reflejan mejor el comportamiento del Índice de Energía en todos los sectores.

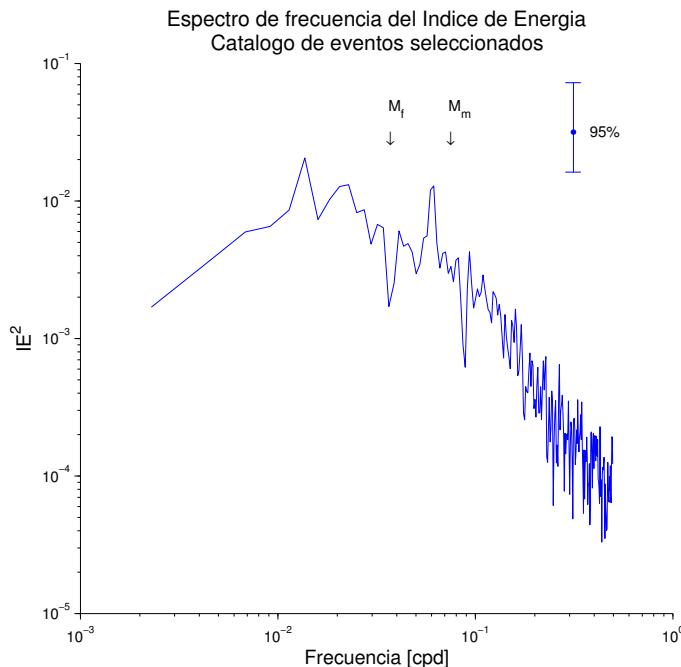
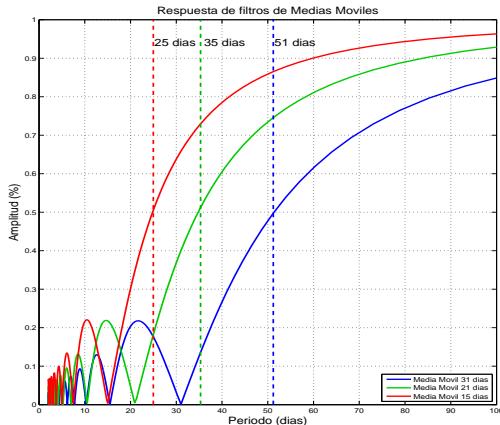


Figura A.1: Espectro de frecuencias Índice de energía.

En primer lugar, es necesario saber si existe alguna perturbación que contribuya de manera significativa a la varianza de la serie, para lo cual se estima el espectro de frecuencias del Índice de energía. En la figura A.1 se indican dos frecuencias asociadas a las componentes  $M_f$  y  $M_m$  de marea terrestre, cuyos períodos son de aproximadamente 13 y 27 días respectivamente. En el espectro se observa un pick asociado a la componente  $M_f$ , pero no es estadísticamente significativo. Como no se observan picks de energía para la componente  $M_m$ , se concluye que las mareas terrestres no influyen de manera importante en la varianza del Índice de Energía.

En la tabla A.2 se muestran todos los volúmenes para los cuales se calculo Índice de Energía, además de todos los métodos empleados y la referencia a cada figura. En la figura A.2, se muestra la respuesta de los filtros de medias móviles de 15, 21 y 31 pesos, y el periodo para el cual cada uno de esos filtros alcanza una amplitud del 50 %.



**Figura A.2:** Respuesta para filtros de medias móviles de 15, 21 y 31 pesos (días).

Los filtros que revisaremos aquí serán las medias móviles de 15, 21 y 31 días. Dado que según la figura A.2 las frecuencias de corte de las medias móviles son de 25, 35 y 51 días respectivamente, consideramos que podemos interpolar brechas de un máximo correspondiente a estas longitudes dependiendo del filtro a usar. Calcularemos el Índice de Energía de dos maneras distintas: calculando la media móvil desplazando la ventana cada día, o bien calculando la media móvil para ventanas independientes. Los métodos empleados se resumen en la tabla A.1.

Método	Ventana Móvil	$\Delta t$	Interpolación
1 / 2	15	1 / 15	25
3 / 4	21	1 / 21	35
5 / 6	31	1 / 31	51

**Tabla A.1:** Métodos empleados para calcular IE.

En las figuras A.3 a A.15 se muestra el Índice de Energía de la serie original y de cada filtro considerado en la tabla A.1 para los volúmenes más importantes. De las figuras podemos ver que los métodos 5 y 6 definen bien las fluctuaciones de IE, pero al interpolar brechas de 51 días agregan tendencias que no se observan en los gráficos anteriores que no deben interpretarse. Los métodos 1 y 2 son muy similares a los métodos 3 y 4. La desventaja de los métodos 1 y 2 es que se interpolan pocos datos y se pierde información que puede ser relevante. Los métodos 3 y 4 definen un término medio entre ambas situaciones. De ambos métodos, se elije el Método 3.

De las figuras, podemos ver que las principales tendencias no dependen del volumen de referencia considerado, pero la amplitud del índice de energía sí. Dado que este parámetro esta definido para comparar el comportamiento de un volumen pequeño con respecto a uno mayor, sólo consideraremos los volúmenes calculados respecto al volumen total. De los volúmenes y sectores considerados, vemos que la zona de Acoplamiento de 0-60 km y la de 15-60 km presentan un comportamiento muy similar. Ya que la

cantidad de datos es reducida, nos quedaremos con la zona de acoplamiento de 0-60 km, ya que incluye a una mayor cantidad de eventos.

Analizaremos por separado el Índice de Energía para la zona de acoplamiento para los volúmenes definidos en la figura A.16. Estos fueron calculados con una media móvil de 21 días,  $\Delta t = 1$  día y se interpolaron brechas de hasta 35 días. Vemos que el comportamiento de las fases P y S para la zona de acoplamiento es muy similar al comportamiento descrito para la zona de acoplamiento promedio, lo cual puede verse también en la figura A.18, por lo tanto, simplemente utilizaremos la zona de acoplamiento promedio en el análisis de parámetros para describir el comportamiento de este sector, y revisaremos las fases P y S por separado para el catálogo completo de datos. En el caso de las zonas norte y sur, podemos ver de las figuras A.16 y A.17 que las zonas de acoplamiento norte y sur se comportan de acuerdo a las tendencias descritas por su respectiva zona, por lo tanto, es suficiente si consideramos el Índice de Energía para los eventos norte y sur del catálogo sin subdividirlos en sectores. Además, la cantidad de eventos del volumen correspondiente a la zona de acoplamiento sur es muy limitada y no permite realizar un análisis muy confiable del comportamiento de ese sector. Resumiendo, nos quedaremos con 7 volúmenes de análisis para el Índice de Energía y demás parámetros.

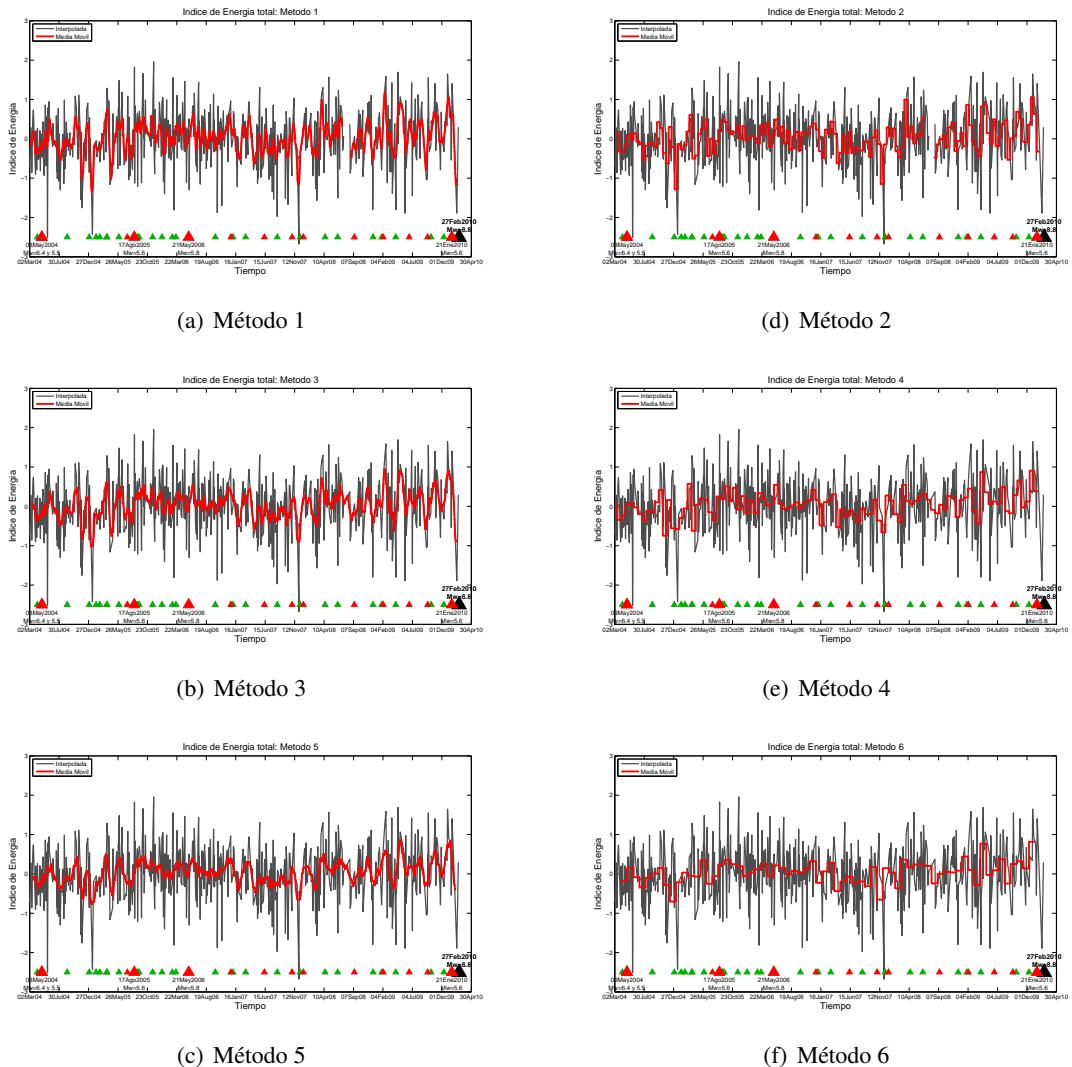
1. Volumen Total
2. Volumen Norte
3. Volumen Sur
4. Volumen Acoplamiento (0-60 km)
5. Volumen Intraplaca
6. Fase P Volumen Total
7. Fase S Volumen Total

Para los parámetros Frecuencia de Eventos, número de estaciones y razón  $E_S/E_P$  consideraremos los primeros 5 volúmenes de este listado.

Volumen Análisis	Volumen Referencia	Ventana Móvil	$\Delta t$	Interpolación	Figura
Total	1.-Total	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.3
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Norte	1.-Total	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.5
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
	2.-Norte	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.4
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Sur	1.-Total	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.7
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
	2.-Sur	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.6
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Acoplamiento 0 - 60 km	1.-Total	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.9
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
	2.- Acoplamiento 0 - 60 km	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.8
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Acoplamiento 15 - 60 km	1.-Total	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.11
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
	2.- Acoplamiento 15 - 60 km	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.10
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Intraplaca	1.-Total	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.13
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
	2.- Intraplaca	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.12
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Fase P	1.-Fase P	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.14
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	
Fase S	1.-Fase S	15 días	1 día / 15 días	25 días	A.15
		21 días	1 día / 21 días	35 días	
		31 días	1 día / 31 días	51 días	

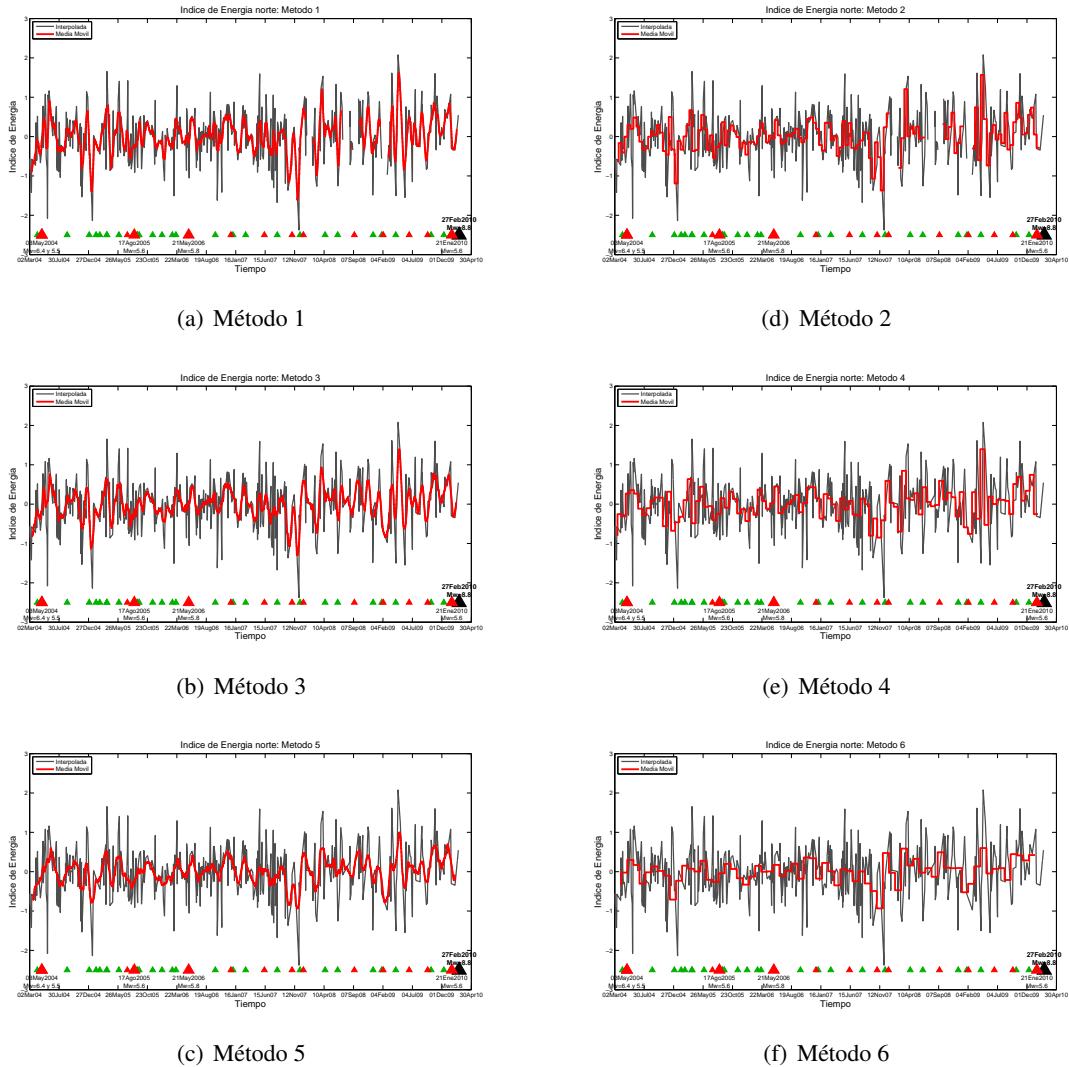
**Tabla A.2:** Volúmenes para los cuales se calcula Índice de Energía.

## Volumen Total



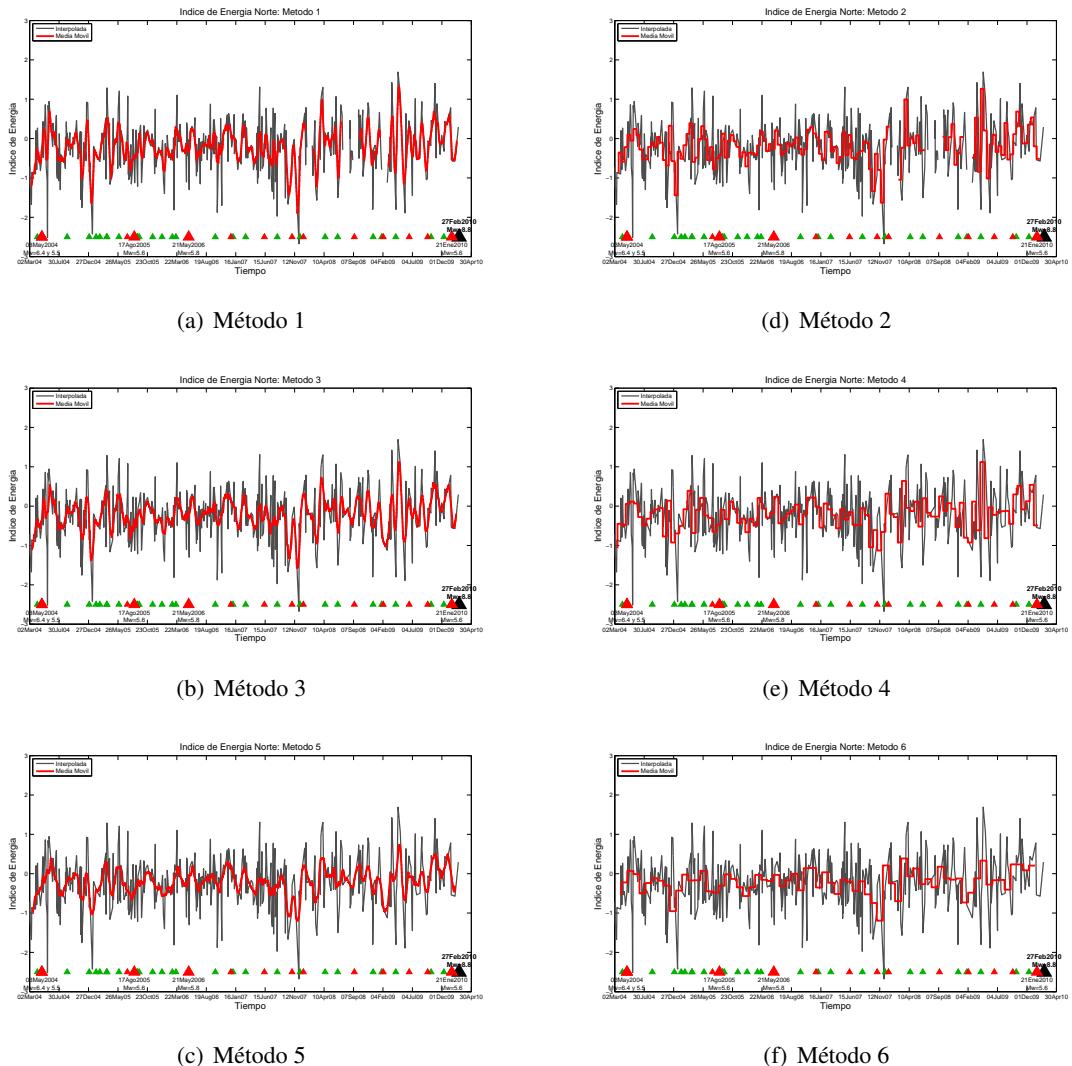
**Figura A.3:** IE Volumen Total: series originales y filtradas.

## Volumen Norte respecto a Zona Norte



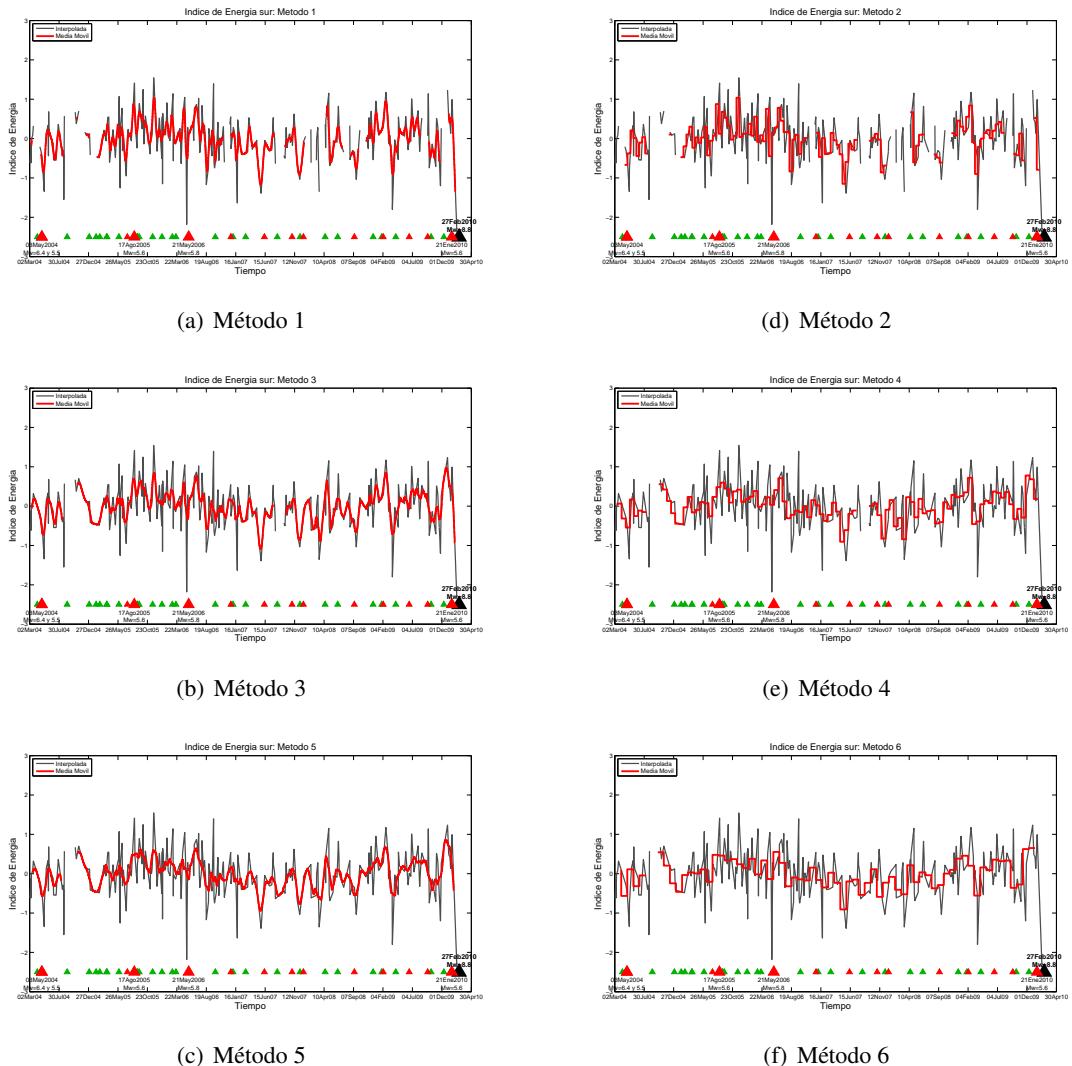
**Figura A.4:** IE Volumen Norte respecto a zona Norte: series originales y filtradas.

## Volumen Norte respecto al Total



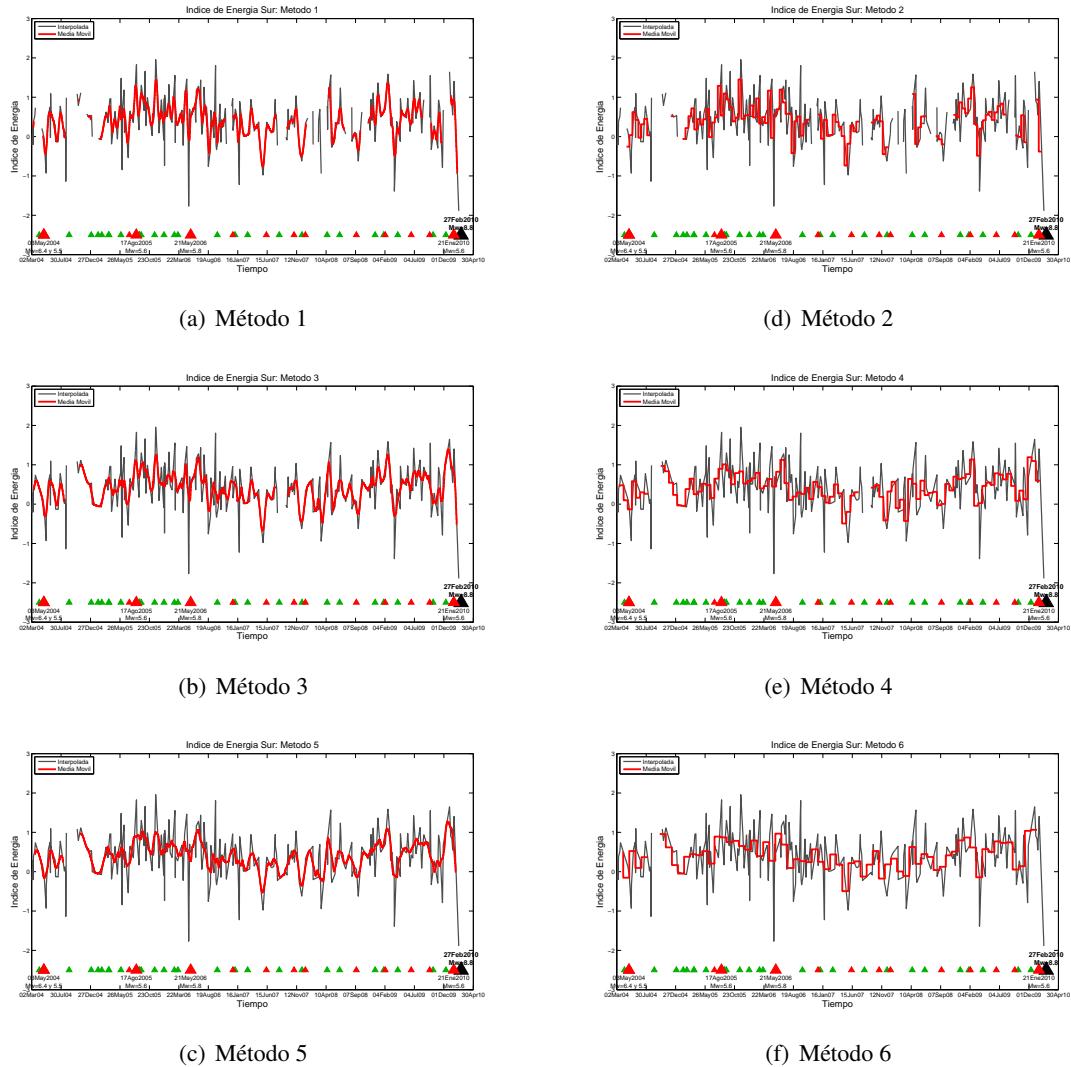
**Figura A.5:** IE Volumen Norte respecto al Volumen Total: series originales y filtradas.

## Volumen Sur respecto a Zona Sur



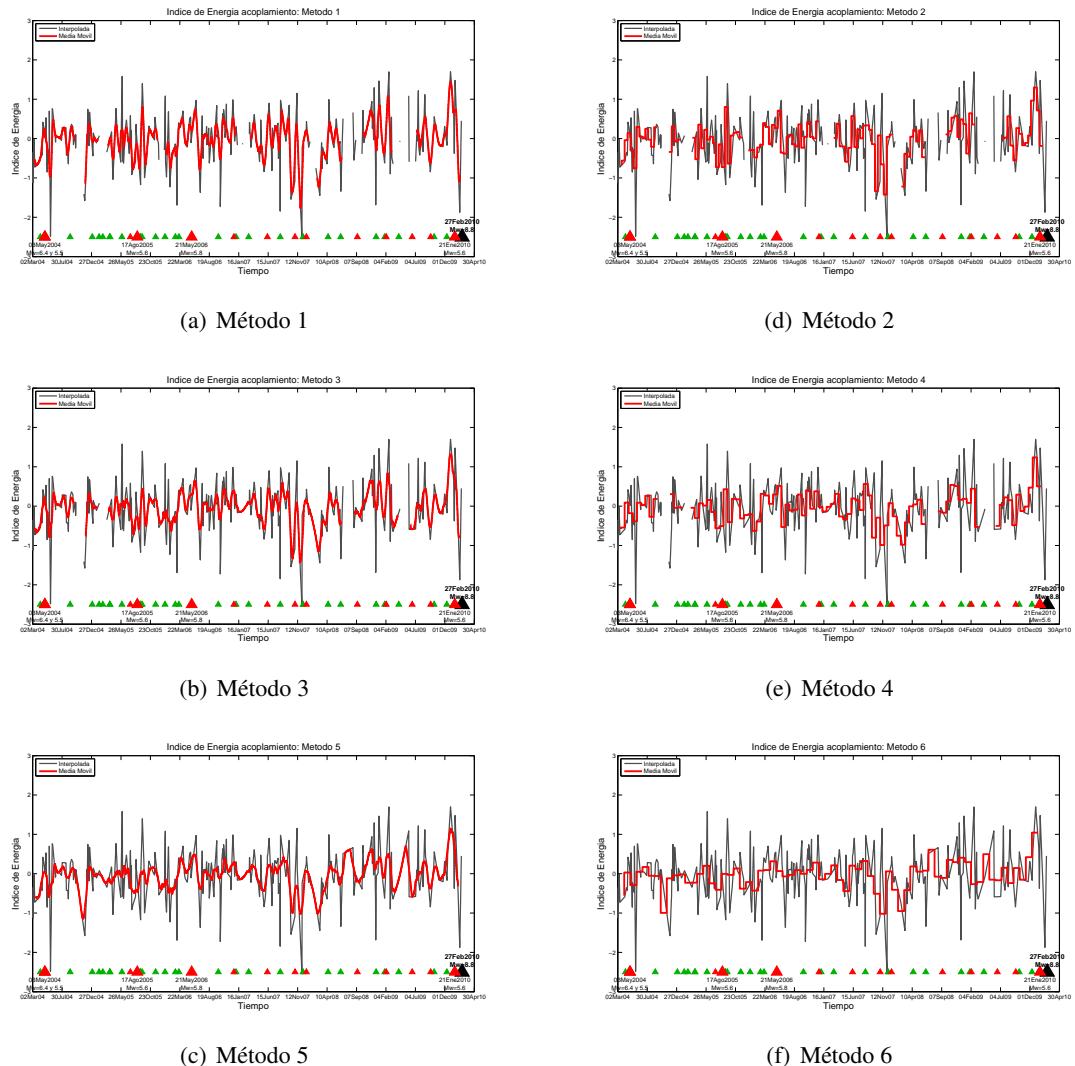
**Figura A.6:** IE Volumen Sur respecto a zona sur: series originales y filtradas.

## Volumen Sur respecto al Volumen Total



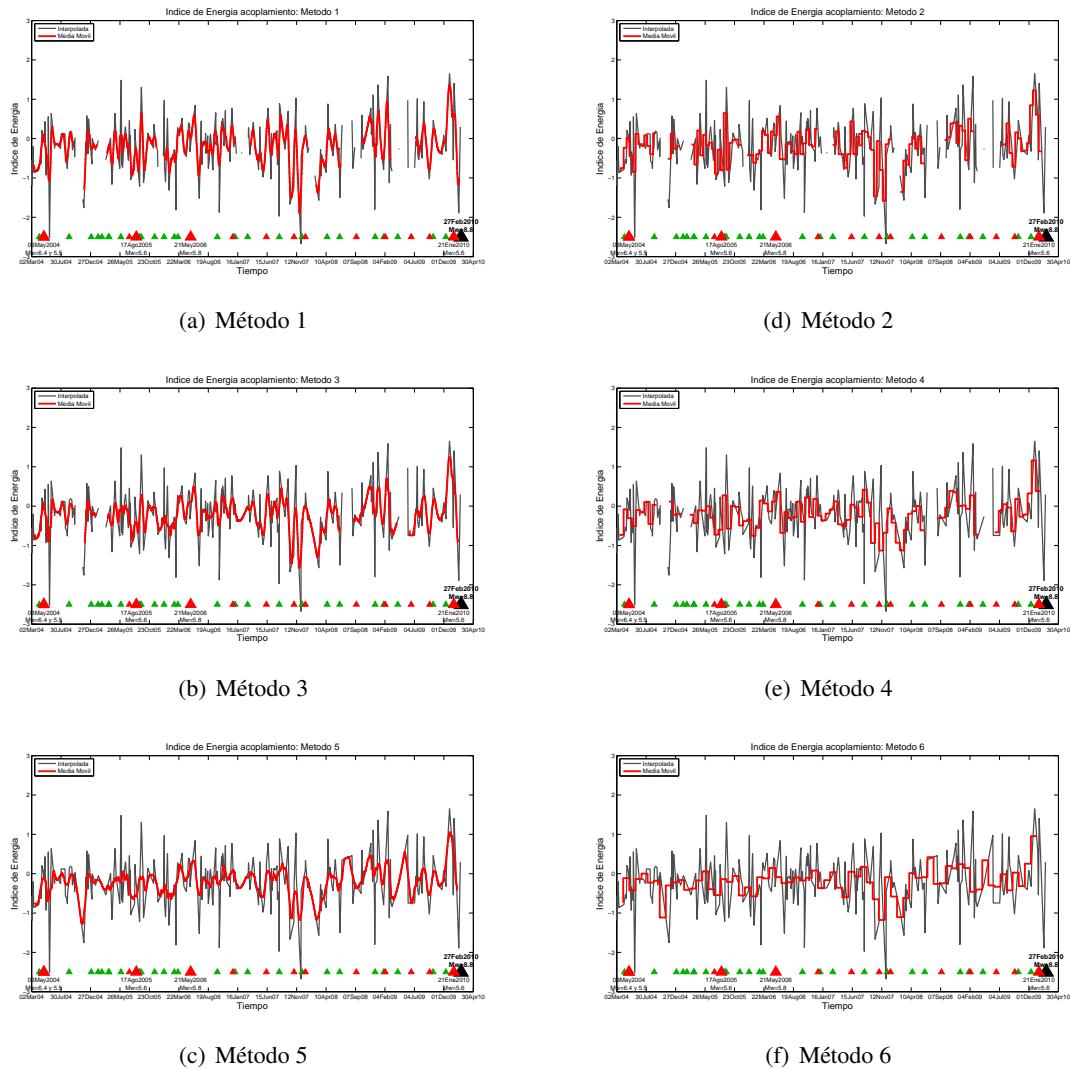
**Figura A.7:** IE Volumen Sur respecto al Volumen Total: series originales y filtradas.

### Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto a Zona de Acoplamiento 0-60 km



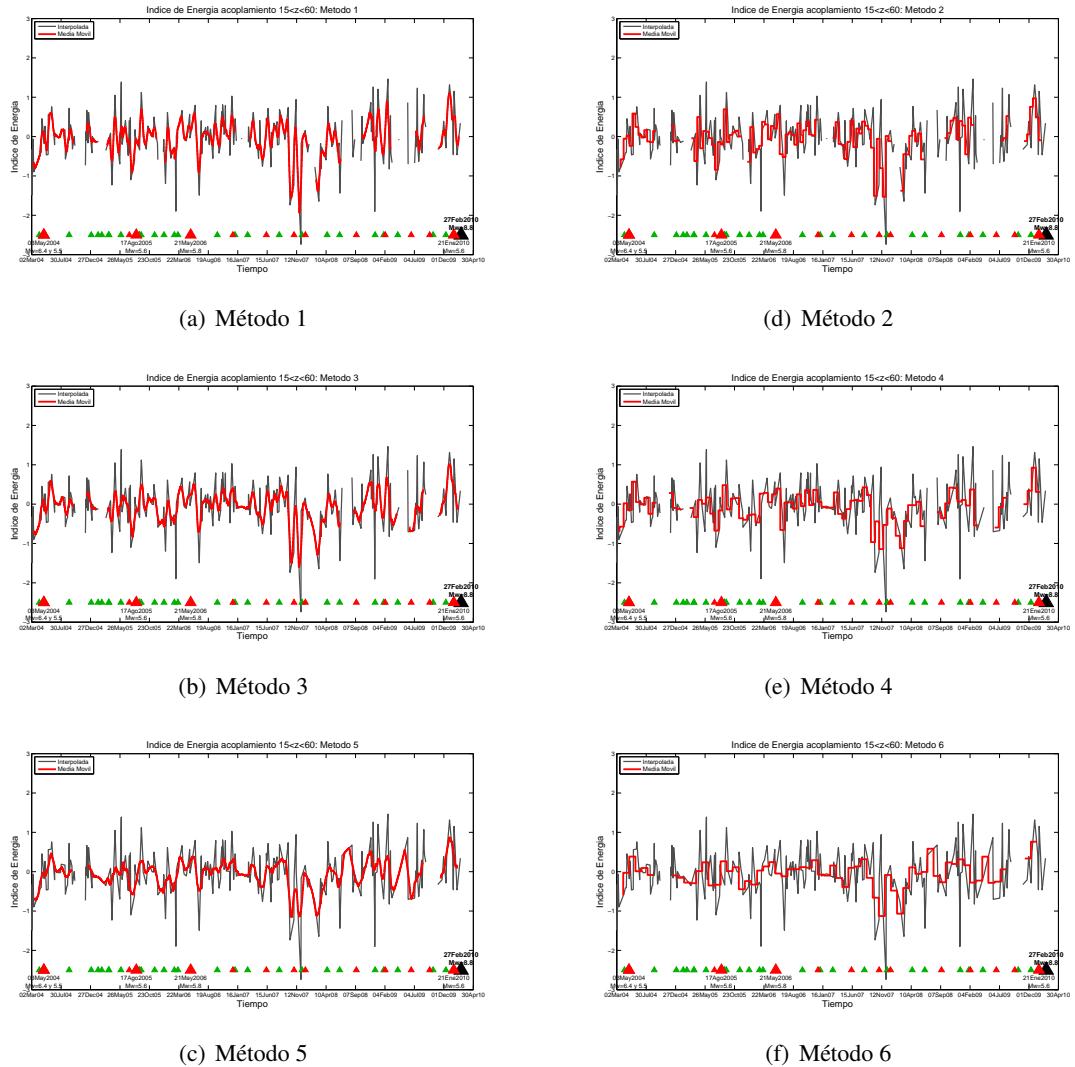
**Figura A.8:** IE Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto a Volumen Acoplamiento 0-60 km: series originales y filtradas.

## Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto al Total



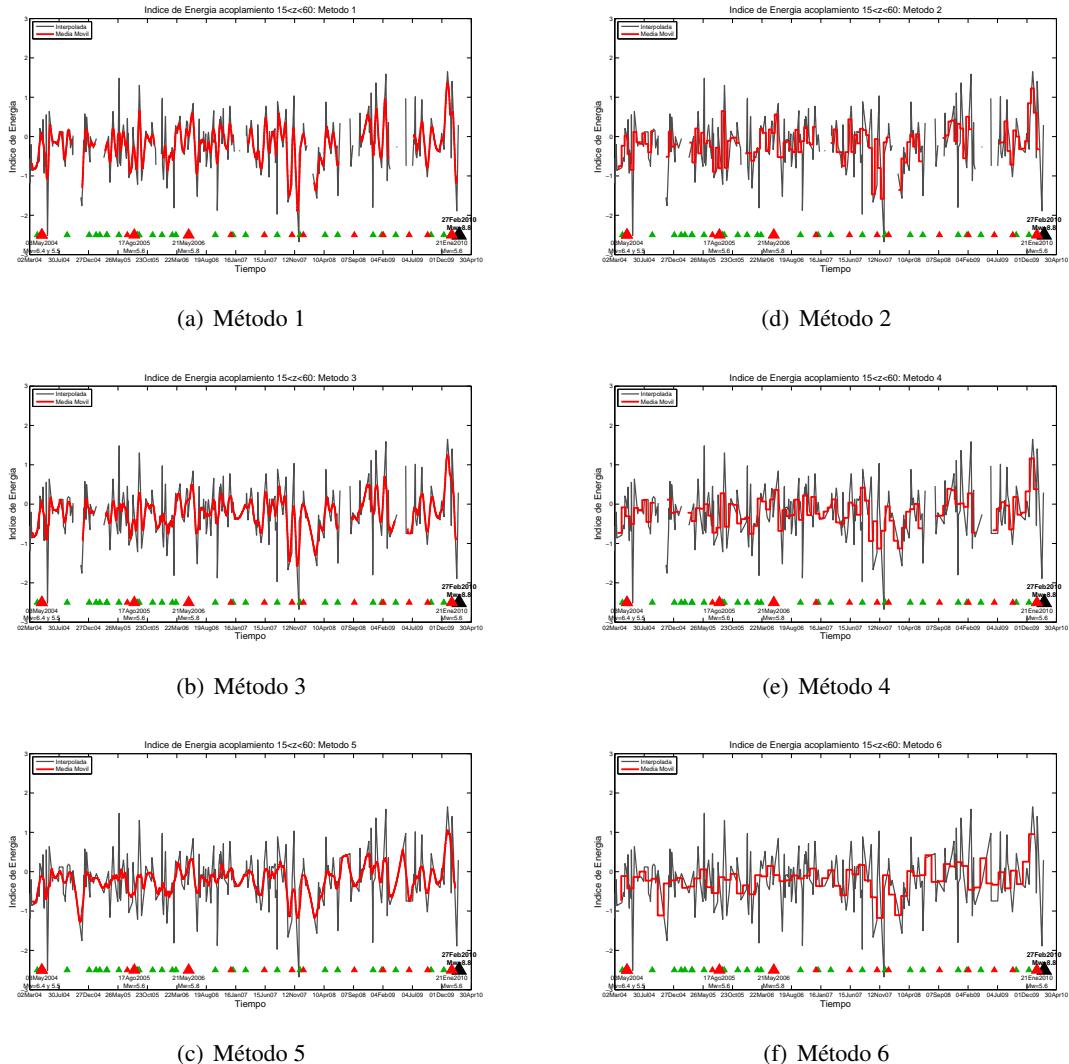
**Figura A.9:** IE Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto al Volumen Total: series originales y filtradas.

### Volumen Acoplamiento 15-60 km respecto a Zona de Acoplamiento 15-60 km



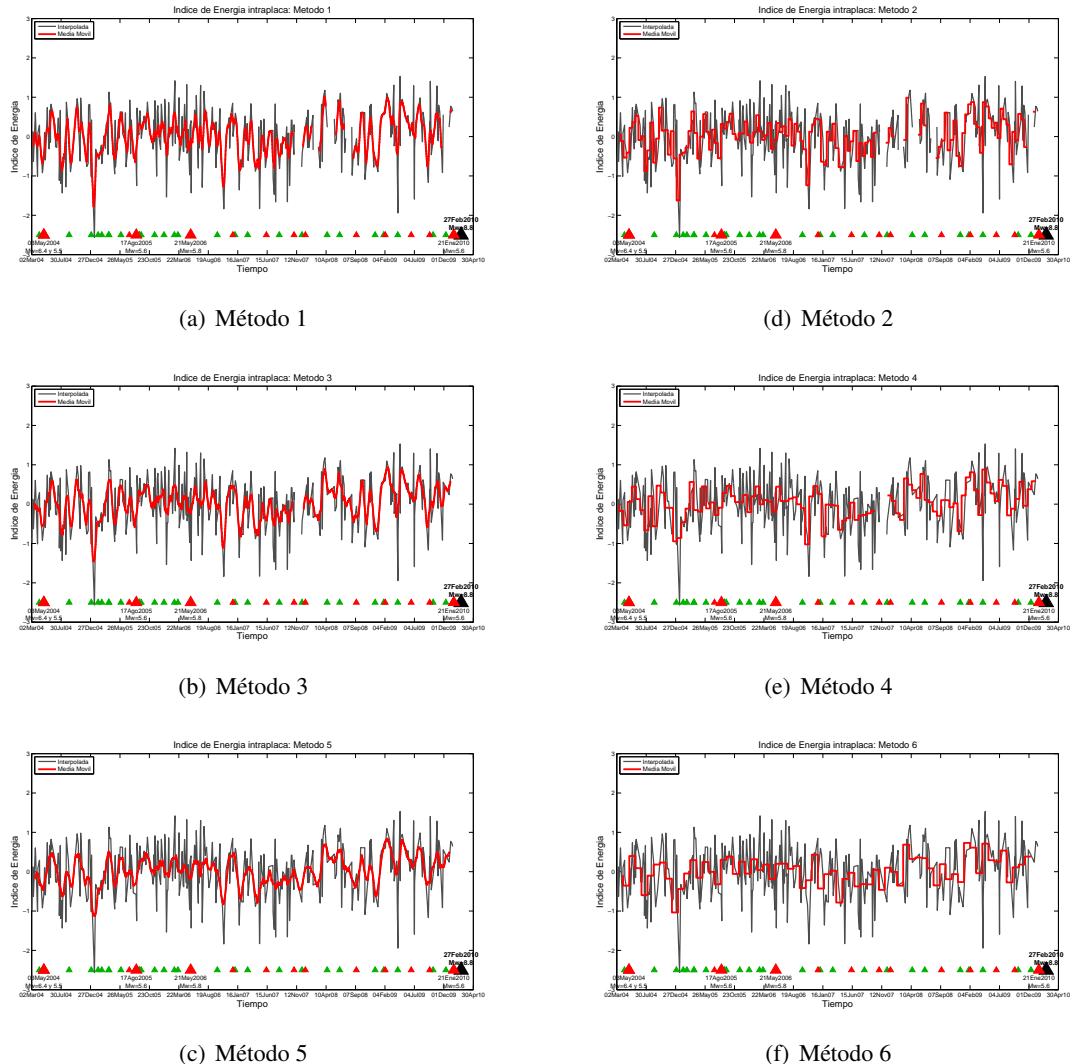
**Figura A.10:** IE Volumen Acoplamiento 15-60 km respecto a Volumen Acoplamiento 15-60 km: series originales y filtradas.

## Volumen Acoplamiento 15-60 km respecto al Total



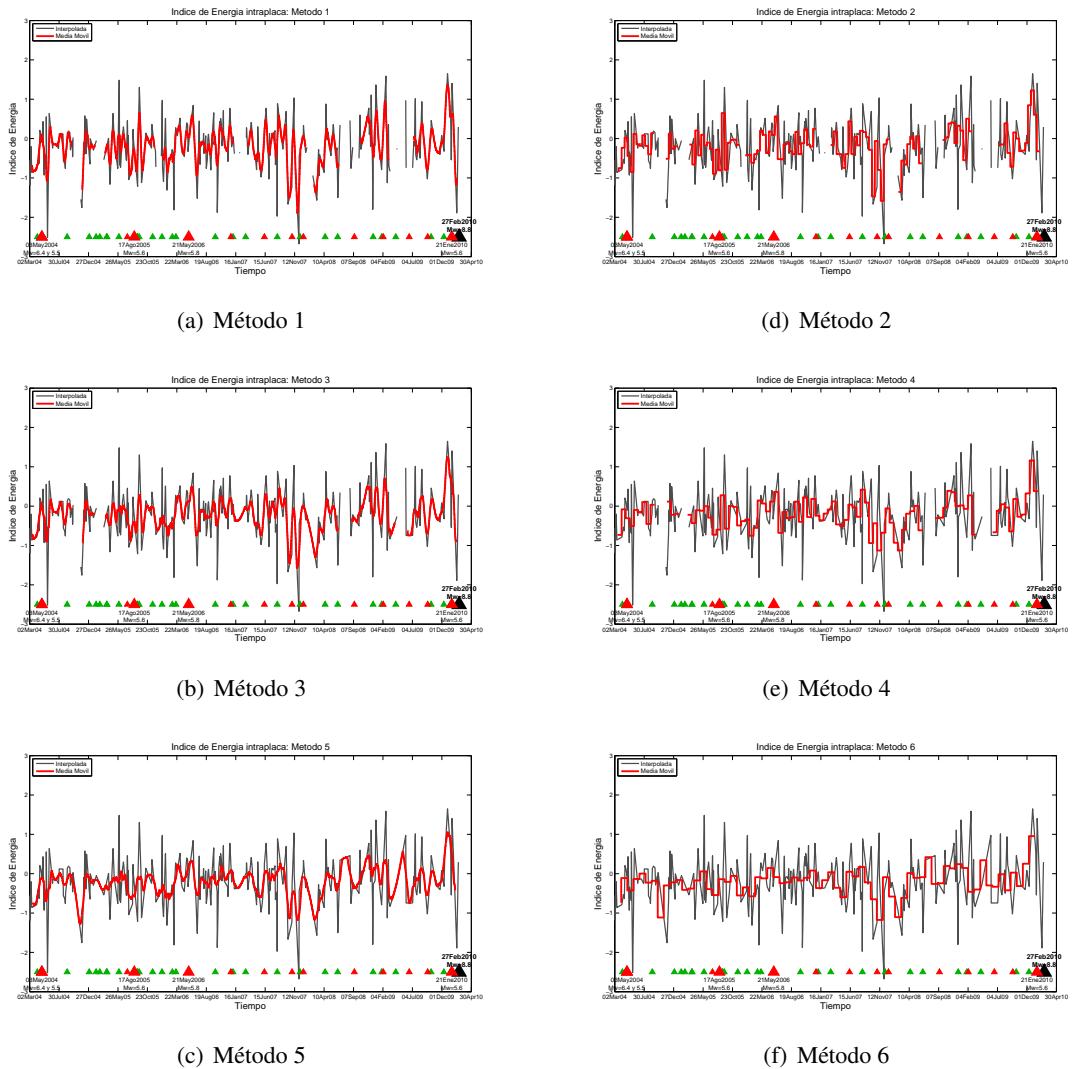
**Figura A.11:** IE Volumen Acoplamiento 15-60 km respecto a Volumen Total: series originales y filtradas.

## Volumen Intraplaca a Volumen Intraplaca



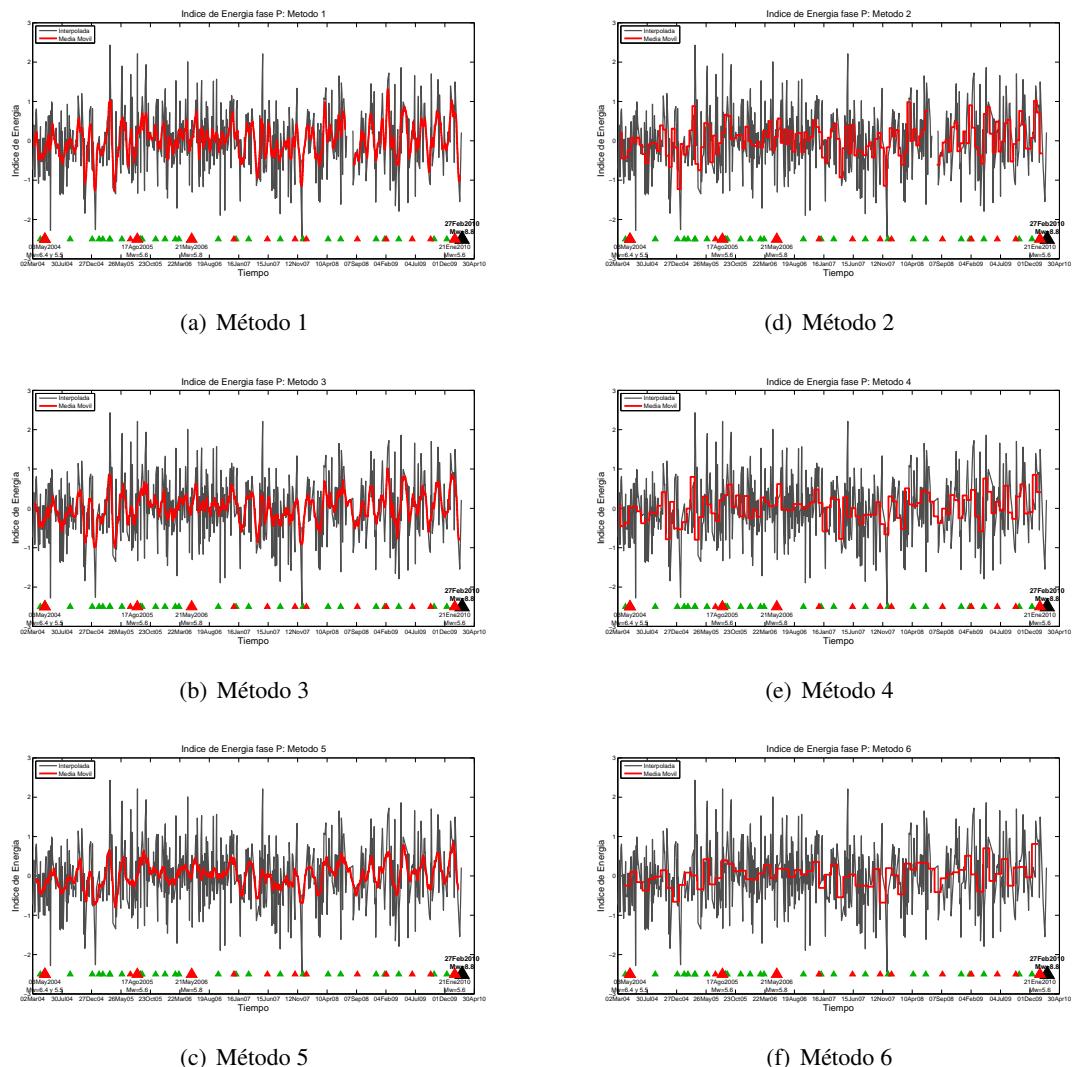
**Figura A.12:** IE Volumen Intraplaca respecto a Zona Intraplaca: series originales y filtradas.

## Volumen Intraplaca a Volumen Total



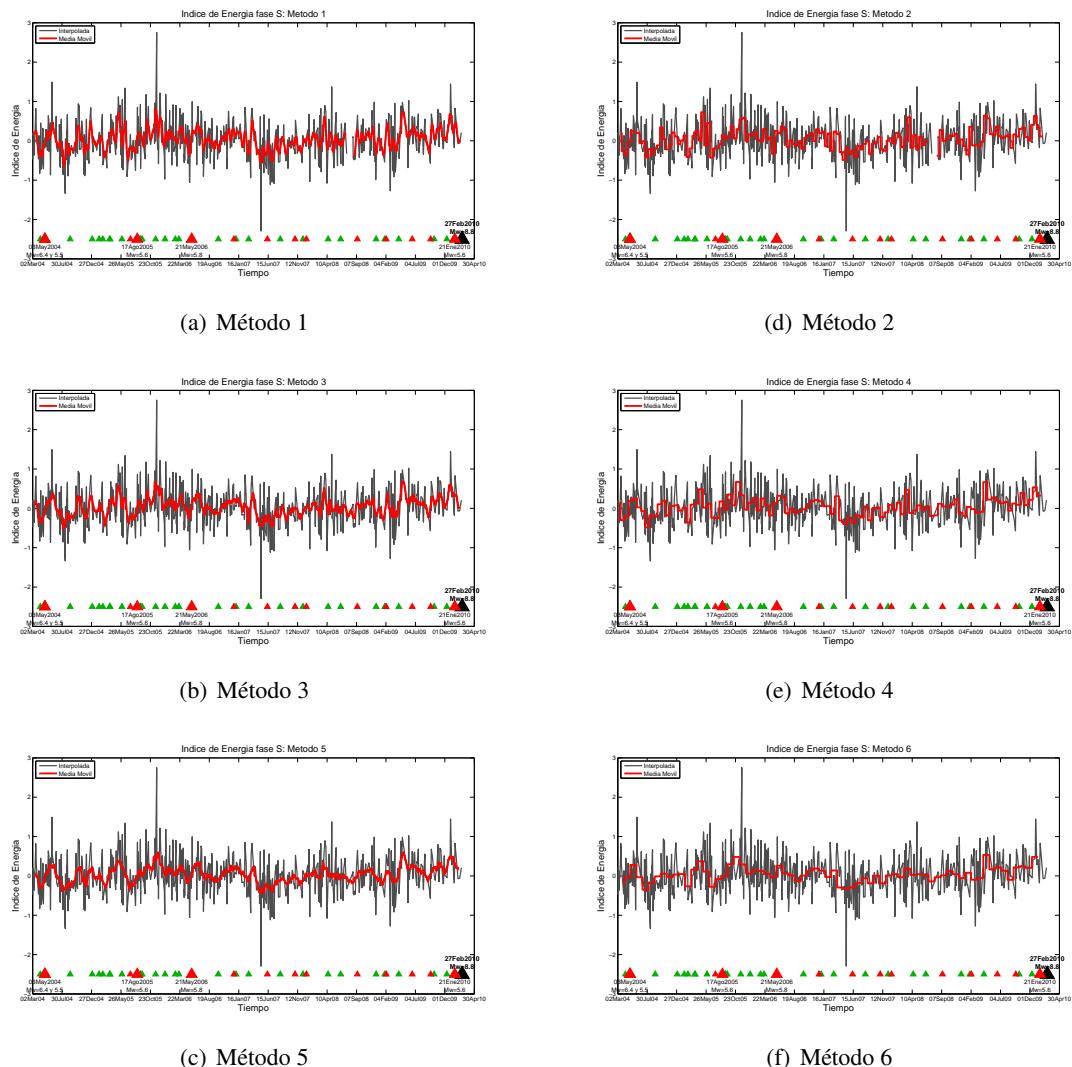
**Figura A.13:** IE Volumen Intraplaca respecto a Volumen Total: series originales y filtradas.

## Volumen Fase P



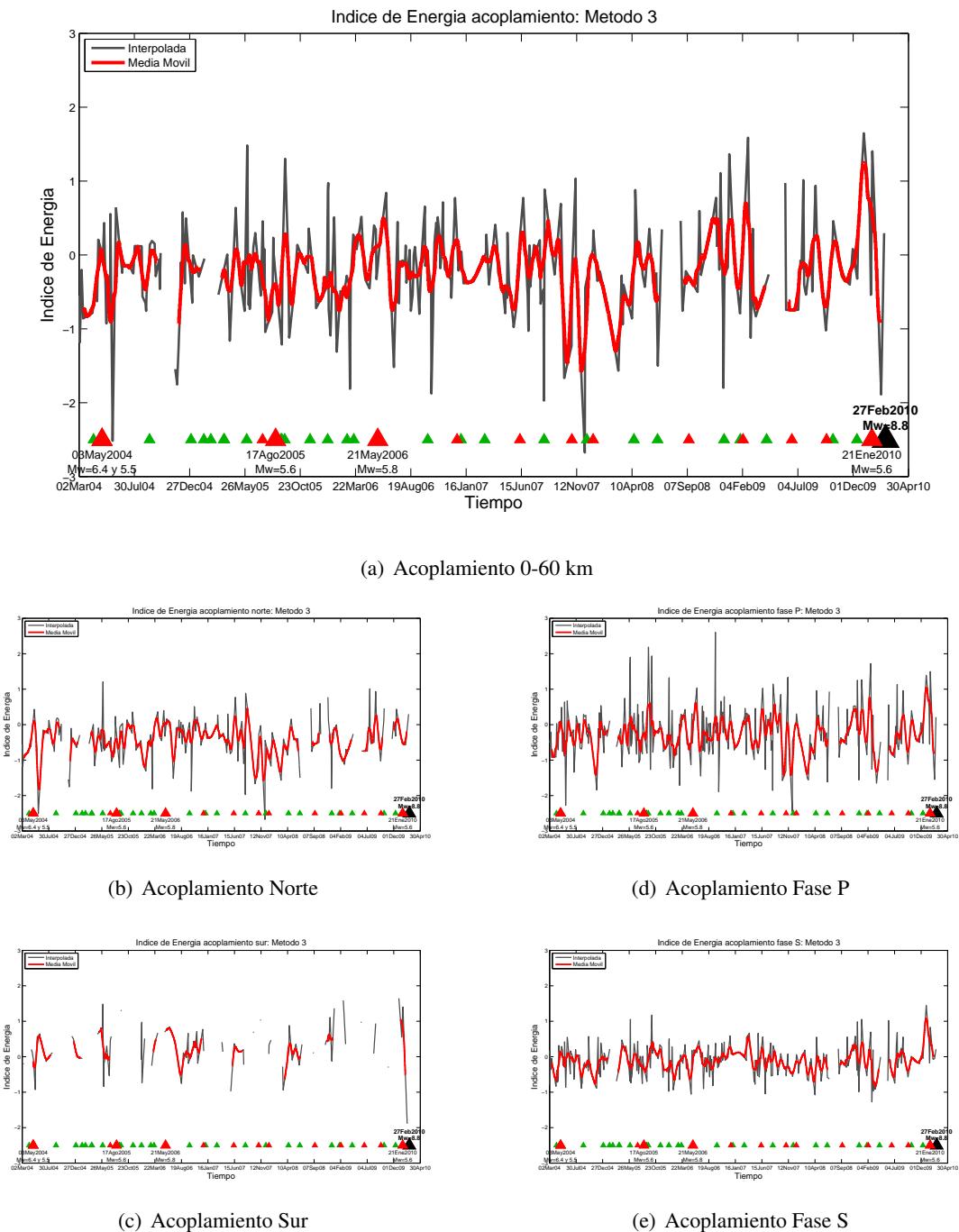
**Figura A.14:** IE Volumen Fase P: series originales y filtradas.

## Volumen Fase S



**Figura A.15:** IE Volumen Fase S: series originales y filtradas.

## Volumen Acoplamiento 0-60 km respecto al Total



**Figura A.16:** IE Volumen Acoplamiento 0-60 km por zona y por fase.

### Volumenes por zona respecto al Total

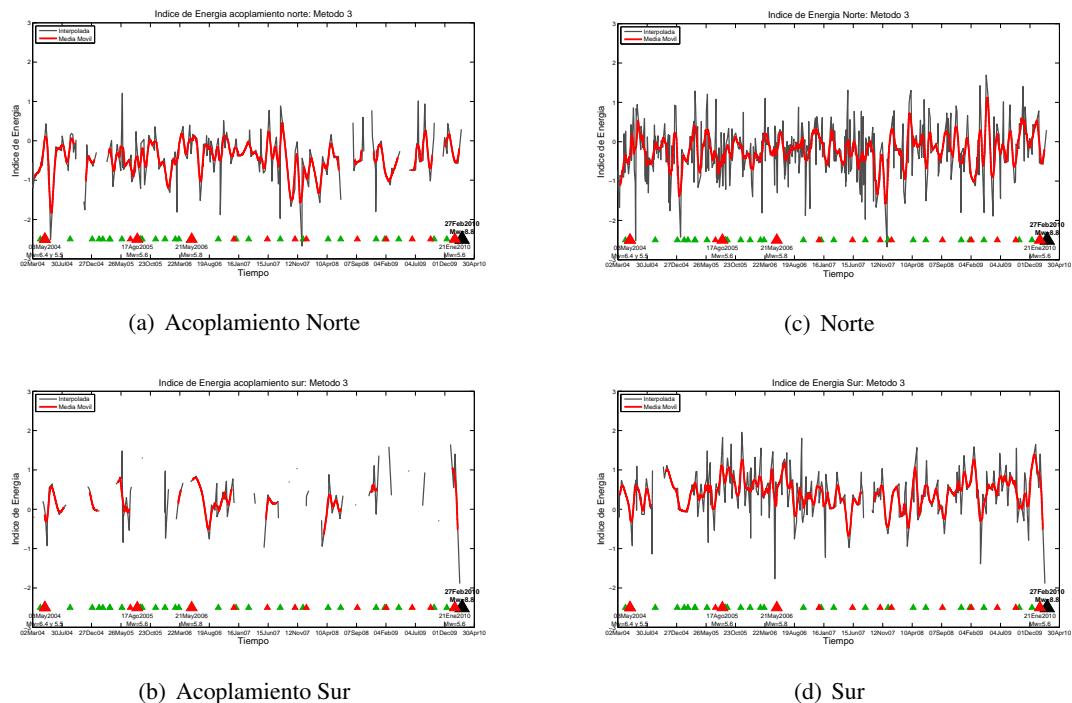


Figura A.17: IE Volumenes por zona.

### Volumenes por fase respecto al Total

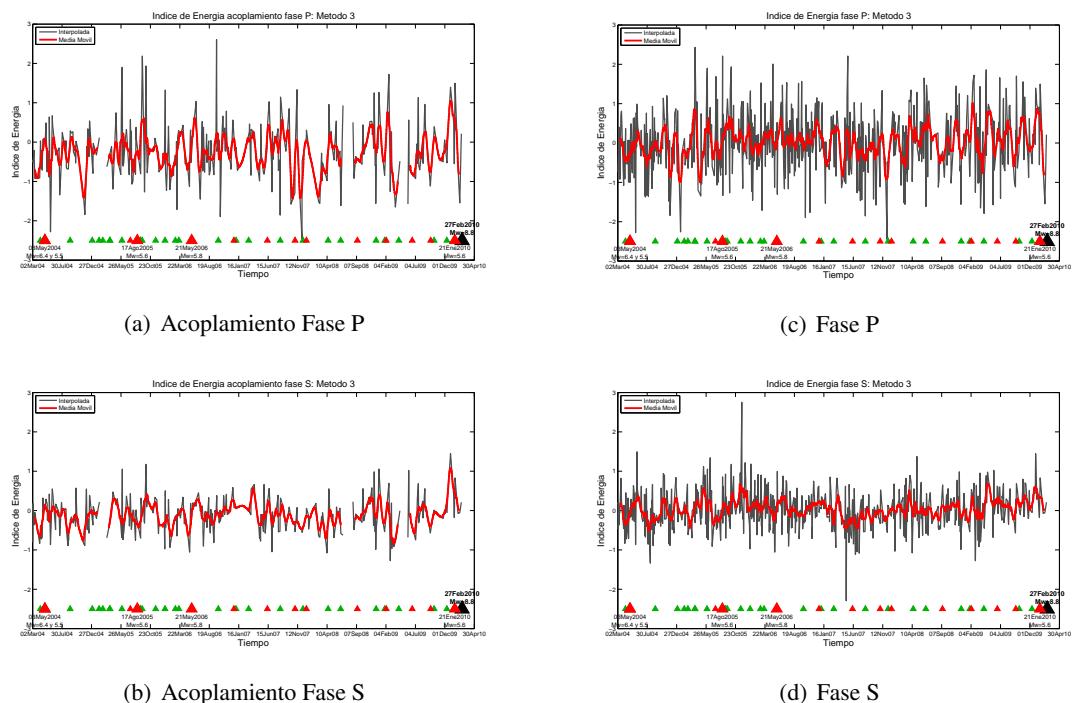


Figura A.18: IE Volumenes por fase.



## Apéndice B

# Catálogo de eventos seleccionados

En las siguientes páginas se muestra el catálogo de eventos seleccionados para este trabajo y sus respectivos parámetros. Los datos contenidos en el son:

- Fecha y hora en que se registra el evento.
- Magnitud calculada por el servicio sismológico de la Universidad de Chile ( $M_G$ ).
- Hipocentro y rms estimado por el servicio sismológico de la Universidad de Chile.
- Parámetros calculados en este trabajo: Momento Sísmico  $M_0$ , Magnitud de Momento  $M_w$ , Energía Sísmica Radiada  $E_r$ , Frecuencia Esquina  $f_0$ , Radio de ruptura  $r_0$ , Caída de Tensión  $\Delta\sigma$ , Índice de Energía, Volumen Aparente, Razón  $E_S/E_P$ , GAP de las estaciones utilizadas para calcular los parámetros y número de estaciones.

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
02/03/2004	02:38:24	2.10	-34.09	-71.03	73.00	0.30	5.73e+13	2.80	2.91e+07	7.10	564.20	0.30	-0.89	9.27e+00	0.62	306.50	3
02/03/2004	06:00:00	3.10	-34.54	-71.97	31.00	0.20	1.60e+14	3.40	2.29e+08	7.30	631.90	0.90	-0.57	9.27e+00	0.54	337.90	4
03/03/2004	12:00:00	3.40	-36.16	-72.19	47.30	0.20	7.62e+14	3.80	8.02e+09	6.50	676.10	2.40	0.11	9.08e+00	1.90	221.60	2
03/03/2004	16:48:00	3.50	-36.69	-71.81	81.60	0.40	4.28e+15	4.00	1.49e+10	6.10	699.30	23.50	-0.57	1.03e+01	1.55	285.50	2
03/03/2004	23:02:24	4.10	-34.92	-71.93	34.90	0.20	5.50e+16	4.50	9.12e+10	6.60	617.10	305.30	-1.20	1.17e+01	1.71	208.90	4
07/03/2004	11:02:24	4.30	-35.72	-72.08	65.00	0.20	3.48e+16	4.70	1.50e+12	7.00	705.10	94.10	0.27	1.01e+01	2.28	228.80	2
08/03/2004	16:33:36	3.20	-35.57	-72.21	42.80	0.30	4.41e+14	3.70	1.87e+09	5.90	652.40	0.90	-0.22	9.24e+00	1.37	255.90	2
10/03/2004	04:33:36	4.00	-37.97	-72.20	74.60	0.30	4.29e+15	4.30	6.83e+10	13.00	382.10	386.50	0.09	9.65e+00	1.18	203.80	2
10/03/2004	18:57:36	2.80	-35.02	-71.18	94.60	0.20	1.37e+15	3.50	2.67e+08	7.00	834.20	8.10	-1.69	1.11e+01	0.94	337.00	2
10/03/2004	20:52:48	3.00	-35.70	-71.59	103.40	0.30	1.68e+14	3.50	3.98e+09	6.50	611.30	0.50	0.65	8.07e+00	1.08	210.70	2
13/03/2004	00:00:00	3.40	-34.85	-71.74	47.00	0.30	3.05e+15	3.90	4.83e+09	7.50	567.30	16.80	-0.88	1.05e+01	1.84	218.90	4
17/03/2004	13:40:48	4.20	-37.53	-72.44	100.80	0.30	1.21e+16	4.40	6.66e+11	4.50	940.70	3.80	0.50	9.56e+00	1.15	186.50	2
20/03/2004	15:36:00	3.50	-35.84	-71.59	74.40	0.20	1.16e+15	4.00	5.54e+10	6.30	646.60	3.60	0.72	8.61e+00	1.89	212.10	2
31/03/2004	00:43:12	2.70	-34.20	-71.25	63.30	0.20	1.39e+14	3.20	8.59e+07	9.60	472.60	1.30	-0.91	9.57e+00	1.34	319.70	5
01/04/2004	03:36:00	3.90	-35.03	-71.01	102.60	0.20	5.19e+15	4.10	2.77e+10	6.20	842.50	5.80	-0.41	1.02e+01	2.22	204.50	3
02/04/2004	10:48:00	2.50	-35.15	-71.44	68.30	0.20	7.62e+13	3.20	5.05e+08	7.30	581.80	0.30	0.19	8.28e+00	1.88	186.10	2
06/04/2004	17:16:48	2.80	-34.49	-72.14	32.10	0.30	1.93e+14	3.50	1.69e+08	8.90	452.70	1.10	-0.80	9.57e+00	1.70	339.70	2
10/04/2004	02:24:00	5.10	-34.14	-71.32	66.40	0.30	2.91e+16	4.80	2.04e+13	7.40	806.20	294.40	1.50	8.84e+00	1.74	143.20	14
10/04/2004	02:38:24	3.00	-34.12	-71.28	59.30	0.20	1.99e+14	3.50	9.52e+08	7.20	658.30	3.40	-0.07	8.84e+00	0.95	313.90	9
10/04/2004	11:16:48	2.90	-34.58	-71.18	66.60	0.30	2.36e+14	3.40	2.93e+08	8.20	486.70	1.20	-0.67	9.50e+00	1.57	171.30	5
11/04/2004	07:40:48	2.30	-34.28	-71.18	66.60	0.20	3.20e+13	2.90	9.75e+07	8.90	634.90	0.40	-0.05	8.24e+00	2.47	343.60	3
14/04/2004	14:38:24	3.50	-34.40	-72.15	38.80	0.20	5.64e+14	3.70	1.19e+09	9.00	529.10	12.40	-0.55	9.65e+00	1.40	333.10	4
19/04/2004	02:24:00	3.20	-34.43	-71.74	39.80	0.20	1.73e+14	3.40	2.13e+08	9.30	507.80	5.80	-0.64	9.37e+00	1.41	334.00	5
19/04/2004	04:33:36	3.20	-34.50	-71.53	73.20	0.30	2.39e+14	3.50	7.06e+08	9.00	596.60	4.10	-0.30	9.13e+00	1.28	328.10	8
22/04/2004	03:21:36	2.80	-36.37	-72.26	47.70	0.20	1.34e+14	3.40	1.05e+09	5.30	899.10	0.30	0.19	8.45e+00	1.42	239.60	2
25/04/2004	02:52:48	2.50	-34.42	-71.20	66.10	0.30	7.93e+13	3.20	5.12e+07	10.20	461.40	1.30	-0.83	9.31e+00	1.54	324.00	4
27/04/2004	21:07:12	3.70	-36.19	-72.68	29.40	0.20	5.95e+14	3.80	5.74e+09	10.60	529.10	13.10	0.10	9.01e+00	1.66	276.20	2
02/05/2004	11:02:24	2.50	-34.66	-71.00	97.40	0.20	1.59e+14	3.30	2.77e+08	6.30	708.30	0.40	-0.48	9.18e+00	5.05	328.90	4
04/05/2004	13:40:48	3.60	-37.85	-73.64	20.00	0.20	4.68e+15	4.20	4.77e+10	5.70	758.40	21.70	-0.12	9.88e+00	1.22	262.80	2
06/05/2004	16:19:12	3.60	-34.14	-71.30	61.30	0.20	8.11e+14	3.80	1.09e+10	7.50	655.40	14.50	0.21	9.00e+00	1.13	141.10	12
08/05/2004	10:04:48	4.30	-34.58	-71.88	26.40	0.20	1.33e+16	4.60	6.19e+11	5.70	911.10	42.10	0.42	9.68e+00	2.26	205.90	12
10/05/2004	16:33:36	2.50	-34.97	-71.25	95.70	0.30	2.64e+14	3.30	5.17e+08	7.30	534.90	1.30	-0.49	9.35e+00	0.89	336.20	2
14/05/2004	12:57:36	3.70	-37.70	-73.44	5.00	0.10	2.73e+16	4.50	6.74e+10	5.10	940.70	45.10	-0.95	1.13e+01	1.46	251.70	2
15/05/2004	18:14:24	3.70	-37.87	-73.07	21.40	0.30	7.85e+15	4.40	5.30e+10	5.70	770.00	14.40	-0.36	1.03e+01	1.09	227.70	2
20/05/2004	09:36:00	3.90	-35.17	-71.21	96.90	0.30	5.06e+14	3.80	2.57e+10	6.10	699.30	1.50	0.85	8.22e+00	3.63	204.90	2
23/05/2004	18:28:48	2.70	-34.94	-71.18	92.70	0.30	6.22e+13	3.20	5.20e+08	6.50	705.10	0.30	0.31	8.09e+00	1.66	183.20	2
24/05/2004	09:36:00	2.80	-34.93	-71.75	56.10	0.20	1.56e+14	3.30	1.63e+08	7.30	534.90	0.80	-0.70	9.40e+00	1.53	241.50	2
25/05/2004	01:12:00	4.30	-37.71	-73.78	29.20	0.20	6.59e+15	4.40	5.24e+11	11.70	446.90	142.30	0.73	9.14e+00	1.04	268.70	2
25/05/2004	21:07:12	3.20	-37.69	-73.30	47.30	0.40	5.45e+14	3.70	8.92e+09	11.10	676.20	12.10	0.34	8.74e+00	1.40	243.90	2

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
29/05/2004	09:07:12	3.00	-35.98	-71.34	117.40	0.30	1.20e+14	3.40	2.52e+09	6.30	658.20	0.40	0.63	7.98e+00	1.27	246.00	2
29/05/2004	23:45:36	3.00	-34.76	-71.13	92.50	0.20	5.65e+14	3.70	3.73e+08	7.70	531.40	2.20	-1.05	1.02e+01	1.82	332.00	5
31/05/2004	17:02:24	3.70	-35.33	-72.06	6.60	0.30	1.72e+17	4.50	1.82e+10	10.90	534.90	512.40	-2.53	1.34e+01	1.96	279.90	2
03/06/2004	07:55:12	3.30	-35.59	-71.38	88.40	0.30	2.48e+14	3.60	8.00e+09	7.30	599.70	1.00	0.73	8.11e+00	2.21	256.90	2
03/06/2004	19:12:00	3.40	-35.41	-71.41	104.60	0.30	4.68e+14	3.80	2.23e+10	7.80	558.60	2.30	0.83	8.21e+00	1.62	289.70	2
05/06/2004	08:09:36	3.10	-35.87	-71.52	90.00	0.20	2.71e+14	3.40	1.51e+09	9.00	607.40	1.50	-0.04	8.91e+00	1.10	196.40	3
06/06/2004	10:04:48	2.90	-35.06	-71.16	97.80	0.30	9.10e+13	3.20	1.85e+09	8.20	583.80	0.90	0.65	7.87e+00	1.02	195.70	3
06/06/2004	15:36:00	3.60	-36.05	-71.23	132.00	0.60	2.35e+14	3.60	1.66e+10	6.50	818.50	1.20	1.08	7.74e+00	1.14	231.20	3
07/06/2004	11:16:48	2.90	-35.97	-71.76	97.60	0.10	1.05e+14	3.10	2.18e+09	9.90	423.20	1.70	0.65	7.93e+00	2.29	192.00	2
08/06/2004	05:31:12	3.50	-35.19	-71.21	109.00	0.30	4.87e+14	3.70	2.97e+10	7.80	493.60	2.10	0.93	8.12e+00	3.88	242.40	2
09/06/2004	04:04:48	4.30	-36.25	-73.19	25.40	0.20	4.51e+15	4.30	2.54e+11	7.60	658.20	25.10	0.63	9.13e+00	1.83	304.40	2
11/06/2004	15:36:00	2.90	-36.20	-72.63	48.00	0.20	1.71e+14	3.50	3.03e+09	7.50	529.10	0.70	0.52	8.21e+00	1.58	272.80	2
26/06/2004	11:45:36	3.50	-35.04	-71.84	68.80	0.20	1.27e+15	3.70	7.97e+09	6.70	658.20	3.40	-0.17	9.53e+00	1.19	258.10	3
26/06/2004	19:26:24	3.80	-34.02	-72.26	36.30	0.30	1.34e+15	3.90	7.02e+09	7.30	732.00	19.30	-0.26	9.63e+00	2.08	257.00	7
27/06/2004	20:52:48	3.00	-34.69	-72.28	27.90	0.30	1.42e+14	3.20	4.96e+08	9.60	452.50	2.10	-0.16	8.83e+00	1.48	326.60	2
28/06/2004	19:26:24	2.60	-34.99	-71.13	88.70	0.30	3.62e+13	3.00	3.01e+08	6.60	664.00	0.10	0.38	7.86e+00	1.08	191.60	2
29/06/2004	02:24:00	4.10	-36.84	-71.86	91.30	0.20	5.99e+15	4.20	1.61e+11	8.30	499.60	104.60	0.27	9.57e+00	1.71	316.20	2
01/07/2004	08:52:48	3.30	-35.90	-72.07	74.10	0.30	1.16e+15	3.80	7.60e+09	8.30	458.50	6.20	-0.14	9.47e+00	1.89	215.40	2
07/07/2004	22:19:12	3.10	-34.15	-71.12	65.70	0.20	2.53e+14	3.50	1.02e+09	8.30	589.30	1.90	-0.17	9.02e+00	1.13	194.20	8
14/07/2004	23:16:48	3.10	-37.35	-72.90	47.20	0.30	6.37e+14	3.70	3.50e+09	4.60	887.50	1.20	-0.15	9.29e+00	1.22	226.00	2
15/07/2004	19:40:48	3.30	-34.95	-71.11	90.90	0.20	1.61e+14	3.40	3.17e+09	6.40	685.50	0.70	0.57	8.13e+00	2.02	189.80	3
16/07/2004	08:38:24	2.50	-34.93	-71.12	99.20	0.30	5.70e+13	3.10	4.77e+08	6.70	611.30	0.20	0.32	8.06e+00	1.10	186.90	2
17/07/2004	00:00:00	2.00	-34.44	-71.26	58.00	0.10	1.54e+13	2.80	6.01e+06	6.80	576.00	0.00	-0.85	8.82e+00	3.99	339.90	2
19/07/2004	07:26:24	3.30	-35.88	-71.48	89.80	0.30	5.45e+14	3.70	8.67e+09	6.30	771.60	1.20	0.33	8.76e+00	1.82	200.30	3
20/07/2004	04:48:00	2.60	-34.43	-71.03	72.80	0.30	7.08e+13	3.20	2.83e+07	7.00	714.10	0.30	-1.02	9.47e+00	2.54	329.00	4
22/07/2004	12:00:00	2.50	-34.48	-71.00	81.90	0.10	3.73e+13	3.00	4.14e+07	7.00	570.20	0.10	-0.50	8.75e+00	4.96	341.00	2
25/07/2004	23:31:12	3.00	-35.83	-71.53	103.40	0.30	9.99e+13	3.30	2.66e+09	5.80	805.30	0.20	0.76	7.80e+00	1.22	221.40	2
26/07/2004	20:52:48	3.00	-34.77	-71.75	42.40	0.30	1.61e+14	3.30	4.62e+08	8.30	458.50	0.90	-0.27	8.97e+00	1.57	242.40	2
27/07/2004	02:24:00	2.50	-34.51	-71.07	70.30	0.20	1.76e+14	3.30	7.78e+07	7.60	570.20	0.40	-1.09	9.82e+00	1.75	324.90	4
30/07/2004	21:50:24	3.50	-34.22	-71.97	38.80	0.20	9.66e+14	3.70	1.07e+10	7.90	538.80	4.80	0.11	9.16e+00	0.80	218.90	12
03/08/2004	22:04:48	2.20	-34.13	-71.29	65.60	0.20	2.65e+13	2.90	1.91e+07	6.80	576.00	0.10	-0.65	8.79e+00	2.66	333.30	2
04/08/2004	06:00:00	3.10	-34.59	-71.10	81.20	0.20	1.63e+15	3.70	7.91e+08	7.90	656.50	9.80	-1.31	1.08e+01	1.45	164.80	7
07/08/2004	19:12:00	3.00	-34.40	-71.07	70.10	0.20	2.11e+14	3.40	4.53e+08	6.70	634.80	1.00	-0.42	9.21e+00	2.29	189.00	6
14/08/2004	08:38:24	2.80	-34.22	-71.28	94.60	0.30	2.75e+14	3.40	5.62e+08	12.70	422.90	2.40	-0.48	9.35e+00	1.42	227.80	2
15/08/2004	17:45:36	3.00	-36.14	-71.99	60.00	0.30	3.52e+14	3.60	2.33e+09	7.50	540.70	1.70	0.00	8.95e+00	2.38	192.60	2
18/08/2004	06:00:00	3.60	-36.36	-73.00	29.60	0.30	1.18e+15	3.90	1.37e+10	8.20	646.60	5.10	0.10	9.23e+00	2.12	300.90	2
20/08/2004	02:52:48	3.90	-34.62	-72.04	15.00	0.20	2.22e+15	3.90	6.40e+09	6.00	728.70	8.50	-0.58	1.01e+01	2.32	245.50	7
21/08/2004	14:38:24	2.90	-35.58	-71.70	63.90	0.30	1.15e+14	3.30	5.31e+08	9.20	546.10	1.70	-0.02	8.62e+00	1.60	343.40	2
23/08/2004	00:00:00	3.50	-36.12	-71.88	80.50	0.30	5.15e+15	3.70	4.99e+09	6.90	587.60	29.10	-1.15	1.09e+01	1.76	176.90	3

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.
25/08/2004	13:40:48	3.30	-36.15	-71.25	144.70	0.30	1.71e+14	3.50	8.64e+09	11.60	423.20	2.70	0.97	7.75e+00	2.22	235.50	3
28/08/2004	02:52:48	2.80	-34.16	-72.03	40.90	0.20	8.77e+13	3.30	8.50e+07	7.70	529.10	0.30	-0.66	9.18e+00	1.60	338.20	4
30/08/2004	23:6:48	3.60	-35.37	-72.52	8.50	0.30	5.75e+15	4.20	1.37e+10	8.00	607.30	15.90	-0.77	1.06e+01	1.37	267.00	3
31/08/2004	18:14:24	3.40	-34.14	-72.28	39.30	0.20	2.43e+14	3.60	4.02e+08	10.90	517.50	3.20	-0.55	9.39e+00	1.77	342.50	2
31/08/2004	19:26:24	2.80	-35.05	-71.25	99.80	0.20	6.22e+13	3.20	9.92e+08	10.90	387.90	1.00	0.59	7.81e+00	1.14	187.10	2
01/09/2004	02:52:48	3.10	-34.13	-72.27	38.90	0.30	8.87e+13	3.30	1.37e+08	9.30	717.10	2.50	-0.46	8.98e+00	1.17	341.50	3
04/09/2004	09:36:00	3.00	-34.95	-71.32	72.50	0.20	2.77e+14	3.60	4.38e+09	9.10	522.90	11.70	0.41	8.47e+00	0.33	255.90	4
07/09/2004	16:48:00	3.50	-34.07	-72.25	36.80	0.30	2.52e+14	3.50	7.93e+08	5.80	756.90	0.40	-0.28	9.13e+00	1.22	286.40	5
07/09/2004	17:16:48	3.20	-34.02	-72.46	34.70	0.20	1.93e+14	3.40	6.44e+08	6.90	731.60	0.60	-0.22	8.98e+00	1.13	294.50	4
08/09/2004	00:00:00	3.00	-34.07	-72.36	35.00	0.30	2.26e+14	3.50	1.02e+09	12.80	413.30	13.90	-0.11	8.92e+00	1.49	350.50	3
08/09/2004	09:21:36	4.20	-34.01	-72.31	35.10	0.20	5.20e+15	4.30	4.40e+11	5.10	943.00	6.80	0.79	9.01e+00	1.81	277.10	12
08/09/2004	13:40:48	3.30	-34.00	-72.26	7.50	0.20	2.63e+15	4.10	5.44e+09	5.60	827.80	5.60	-0.74	1.03e+01	1.62	287.30	7
09/09/2004	03:50:24	3.20	-34.47	-72.10	32.70	0.20	7.21e+14	3.80	3.65e+09	8.90	653.20	9.50	-0.20	9.38e+00	1.35	339.20	7
09/09/2004	08:52:48	4.80	-34.02	-72.25	7.10	0.30	5.15e+16	4.90	3.74e+12	4.70	1210.70	72.20	0.45	1.01e+01	1.68	327.90	11
15/09/2004	03:21:36	2.60	-34.50	-71.11	87.90	0.20	1.23e+14	3.10	9.61e+07	9.40	423.20	0.70	-0.80	9.42e+00	0.76	325.00	2
15/09/2004	22:48:00	3.70	-34.01	-72.35	33.10	0.30	6.19e+14	3.80	7.12e+09	6.40	1019.30	9.60	0.18	8.95e+00	1.55	350.40	5
22/09/2004	19:26:24	3.80	-34.06	-72.28	33.70	0.20	2.10e+15	4.20	3.08e+10	7.60	676.70	23.30	0.14	9.38e+00	1.56	342.00	8
24/09/2004	06:00:00	2.50	-34.99	-71.34	69.80	0.20	1.26e+14	3.30	2.32e+08	9.40	470.10	2.00	-0.43	9.06e+00	1.10	354.00	2
25/09/2004	12:00:00	3.90	-34.75	-71.77	38.40	0.30	2.75e+15	4.20	1.58e+10	10.20	459.80	108.40	-0.30	9.90e+00	1.57	222.00	8
04/10/2004	18:14:24	2.50	-34.73	-71.30	55.70	0.20	8.82e+13	3.20	1.87e+08	8.00	485.90	0.50	-0.32	8.84e+00	1.49	332.50	3
04/10/2004	19:40:48	3.60	-34.63	-71.92	41.00	0.30	9.65e+14	3.90	7.00e+09	5.90	826.70	3.90	-0.08	9.35e+00	2.71	236.20	6
05/10/2004	06:57:36	3.70	-34.01	-72.26	35.10	0.20	8.97e+14	3.80	5.65e+09	6.60	784.60	3.40	-0.13	9.38e+00	1.58	267.00	8
06/10/2004	03:50:24	3.20	-34.11	-72.37	32.20	0.30	9.58e+13	3.30	1.47e+08	5.50	775.80	0.20	-0.47	9.02e+00	0.96	359.50	3
08/10/2004	03:50:24	4.40	-35.08	-72.15	34.90	0.30	3.32e+16	4.40	7.79e+11	7.30	669.40	31.50	0.01	1.04e+01	2.94	266.60	3
13/10/2004	08:09:36	3.60	-34.61	-71.49	57.50	0.20	1.20e+15	3.90	9.94e+09	7.40	537.90	4.90	-0.05	9.38e+00	2.20	198.30	10
16/10/2004	06:00:00	3.20	-34.55	-71.48	52.70	0.20	3.21e+14	3.60	1.44e+09	7.40	576.70	2.00	-0.15	9.08e+00	1.34	331.40	8
19/10/2004	05:02:24	3.80	-37.60	-72.04	117.00	0.30	5.44e+14	3.80	4.73e+10	9.40	470.10	8.20	1.07	8.02e+00	0.99	207.10	2
25/10/2004	04:04:48	3.30	-35.60	-71.60	77.50	0.20	1.23e+14	3.30	3.63e+09	8.90	552.30	1.70	0.78	7.84e+00	1.88	210.00	2
26/10/2004	17:16:48	4.40	-34.14	-71.29	61.80	0.20	6.32e+15	4.40	2.53e+11	6.10	725.80	19.10	0.44	9.42e+00	2.03	199.30	10
03/11/2004	04:48:00	2.50	-34.61	-71.19	88.30	0.30	5.48e+13	3.00	6.32e+07	7.20	584.10	0.30	-0.53	8.90e+00	0.80	328.90	3
06/11/2004	12:14:24	3.90	-36.80	-71.19	117.80	0.30	1.59e+15	4.00	1.98e+11	7.30	821.90	11.40	1.10	8.33e+00	2.27	300.20	2
14/11/2004	04:04:48	2.70	-35.09	-71.57	68.90	0.20	8.82e+13	3.30	5.78e+08	7.80	493.80	0.40	0.17	8.35e+00	1.08	212.60	2
17/11/2004	05:31:12	3.30	-34.27	-72.25	5.00	0.20	3.25e+15	4.00	1.08e+09	7.00	678.50	17.60	-1.56	1.12e+01	1.16	260.90	7
20/11/2004	09:07:12	2.00	-34.03	-71.34	60.50	0.20	1.03e+13	2.70	3.61e+07	8.10	505.60	0.00	0.15	7.69e+00	0.91	348.20	3
22/11/2004	03:50:24	3.00	-34.47	-71.65	5.30	0.20	5.20e+14	3.60	6.47e+07	11.90	496.20	22.40	-1.77	1.08e+01	1.18	333.00	5
30/11/2004	12:14:24	3.60	-35.09	-71.84	42.10	0.30	2.35e+15	3.60	4.80e+09	7.60	528.90	5.90	-0.73	1.03e+01	1.60	253.00	3
02/12/2004	20:38:24	3.20	-34.07	-72.42	32.30	0.30	1.86e+14	3.50	7.84e+08	8.00	529.10	0.90	-0.12	8.87e+00	0.84	359.80	2
04/12/2004	04:33:36	2.70	-34.44	-72.17	33.80	0.30	7.75e+13	3.20	1.33e+08	9.60	446.90	0.50	-0.40	8.88e+00	0.73	340.00	2
07/12/2004	01:26:24	3.00	-34.66	-71.20	96.50	0.20	9.34e+13	3.10	9.16e+07	8.30	485.90	0.30	-0.67	9.20e+00	1.00	330.10	3

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	<b>IE</b>	<b>VA</b>	$E_S/E_P$	<b>GAP</b>	#Est.
07/12/2004	13:55:12	4.20	-34.09	-71.32	50.90	0.20	3.48e+15	4.10	4.18e+10	8.10	556.90	32.00	-0.01	9.68e+00	2.06	209.60	9
07/12/2004	21:21:36	3.10	-36.02	-73.18	38.90	0.30	7.57e+14	3.90	2.24e+10	6.70	611.30	2.90	0.56	8.63e+00	2.32	300.40	2
13/12/2004	22:04:48	3.00	-34.52	-72.15	32.10	0.20	1.71e+14	3.40	3.66e+08	8.00	540.70	1.60	-0.40	9.12e+00	0.99	339.80	2
14/12/2004	11:31:12	2.50	-34.63	-71.09	74.00	0.30	3.60e+14	3.30	6.28e+08	8.30	499.60	6.50	-0.58	9.54e+00	0.53	344.70	2
16/12/2004	16:19:12	3.40	-35.26	-71.26	84.70	0.30	4.21e+14	3.70	2.37e+10	9.00	744.40	8.30	0.91	8.10e+00	2.75	200.40	3
16/12/2004	18:28:48	3.30	-35.82	-72.71	36.50	0.10	5.58e+14	3.80	1.26e+10	7.50	540.70	2.80	0.48	8.61e+00	1.05	277.60	2
22/12/2004	22:33:36	2.10	-34.10	-71.30	65.40	0.10	1.66e+13	2.80	3.71e+08	7.00	728.80	0.20	0.90	7.09e+00	0.68	346.50	2
30/12/2004	15:07:12	4.00	-34.53	-71.03	85.70	0.20	3.40e+16	4.40	1.05e+11	6.00	757.00	38.10	-0.87	1.13e+01	1.90	160.70	11
31/12/2004	10:19:12	3.10	-36.16	-71.36	78.60	0.20	1.80e+14	3.50	3.27e+09	8.00	529.10	0.90	0.52	8.22e+00	2.07	249.10	2
02/01/2005	07:12:00	2.80	-34.93	-71.13	99.80	0.20	2.22e+14	3.30	3.26e+08	7.70	557.10	0.90	-0.59	9.40e+00	1.44	186.10	5
02/01/2005	10:19:12	3.00	-34.98	-72.52	15.00	0.20	1.55e+14	3.20	1.77e+08	7.80	528.90	0.40	-0.66	9.35e+00	1.29	331.30	2
04/01/2005	11:16:48	4.40	-35.89	-72.37	18.30	0.20	5.98e+15	4.30	1.64e+11	6.90	697.50	12.90	0.28	9.56e+00	2.13	244.40	3
04/01/2005	12:57:36	3.50	-35.90	-72.36	15.10	0.20	6.13e+14	3.70	2.24e+09	5.80	734.60	1.30	-0.32	9.45e+00	1.43	247.30	2
15/01/2005	09:36:00	2.50	-34.74	-71.17	117.80	0.10	3.09e+15	3.30	1.34e+08	6.30	646.60	2.30	-2.44	1.21e+01	0.61	331.60	2
20/01/2005	04:19:12	3.20	-34.69	-71.84	35.70	0.20	4.17e+14	3.60	1.41e+09	8.40	520.10	3.10	-0.31	9.31e+00	1.18	228.50	8
22/01/2005	00:00:00	3.10	-35.00	-71.19	98.70	0.30	5.59e+14	3.60	2.55e+09	8.10	522.10	3.30	-0.21	9.31e+00	1.77	188.00	4
04/02/2005	15:50:24	4.10	-37.97	-73.52	22.90	0.20	4.09e+15	4.10	4.54e+10	5.40	723.10	4.50	-0.06	9.79e+00	0.86	257.30	2
07/02/2005	18:43:12	3.30	-34.46	-71.06	69.10	0.20	5.20e+14	3.60	1.29e+09	7.50	557.60	2.40	-0.47	9.54e+00	1.71	322.90	7
19/02/2005	19:40:48	4.10	-36.09	-71.86	113.70	0.30	7.12e+15	4.10	8.72e+10	11.20	822.50	1024.60	-0.09	9.99e+00	2.34	157.80	3
22/02/2005	09:07:12	2.80	-34.47	-71.29	64.30	0.20	5.52e+13	3.10	5.50e+07	9.90	455.60	0.40	-0.60	8.97e+00	0.91	327.00	4
05/03/2005	03:50:24	3.00	-34.11	-71.28	60.40	0.20	2.84e+14	3.60	2.33e+09	6.20	687.00	0.80	0.12	8.76e+00	1.21	318.60	9
12/03/2005	00:14:24	2.80	-34.02	-71.01	71.80	0.20	2.40e+14	3.50	8.90e+08	7.10	608.80	0.80	-0.20	9.03e+00	1.07	302.40	7
14/03/2005	12:14:24	3.40	-34.02	-72.14	35.40	0.20	2.66e+14	3.60	4.52e+08	6.40	615.20	0.80	-0.55	9.42e+00	1.78	341.10	3
15/03/2005	06:57:36	4.00	-36.24	-71.86	65.00	0.20	2.06e+15	4.00	8.92e+10	7.20	640.50	13.90	0.61	8.90e+00	1.81	177.80	4
15/03/2005	08:09:36	3.00	-34.14	-71.31	73.80	0.20	1.02e+14	3.30	7.34e+08	6.00	703.20	0.20	0.19	8.37e+00	0.87	320.20	8
24/03/2005	14:09:36	3.10	-35.08	-71.21	80.80	0.20	1.07e+14	3.30	1.62e+09	7.30	795.10	0.50	0.51	8.07e+00	1.55	193.40	3
25/03/2005	01:55:12	2.90	-35.56	-71.95	74.60	0.30	2.10e+14	3.40	2.63e+09	12.50	610.90	8.40	0.34	8.45e+00	2.05	167.80	3
25/03/2005	12:14:24	2.80	-34.88	-71.01	103.10	0.20	2.82e+14	3.40	1.57e+08	7.50	705.10	1.60	-1.04	9.93e+00	0.84	340.50	3
30/03/2005	22:33:36	4.50	-35.23	-71.31	91.40	0.20	1.44e+16	4.50	6.34e+12	5.20	987.40	129.20	1.38	8.74e+00	0.92	183.90	4
30/03/2005	23:31:12	5.10	-35.23	-71.32	91.20	0.20	4.63e+16	4.80	1.69e+13	4.50	1225.00	22.60	1.16	9.33e+00	1.17	183.30	4
03/04/2005	19:12:00	3.30	-36.11	-71.39	128.80	0.30	1.51e+14	3.40	6.79e+09	10.40	382.10	1.40	0.94	7.75e+00	2.33	243.70	2
07/04/2005	22:04:48	3.50	-34.67	-71.97	31.50	0.30	8.41e+14	3.80	6.88e+09	6.20	712.50	2.60	-0.01	9.23e+00	2.32	239.80	9
08/04/2005	16:48:00	3.10	-36.09	-71.47	137.00	0.30	1.47e+14	3.40	6.75e+09	6.70	611.30	0.50	0.95	7.73e+00	1.55	234.40	2
09/04/2005	08:24:00	4.40	-36.22	-72.57	69.00	0.30	3.03e+15	4.20	1.87e+11	8.70	658.20	19.80	0.72	8.91e+00	2.17	230.40	5
12/04/2005	11:02:24	3.10	-35.10	-71.21	107.30	0.30	1.40e+14	3.40	1.68e+09	11.50	399.70	4.80	0.37	8.29e+00	0.99	195.60	3
12/04/2005	12:43:12	3.60	-36.81	-72.25	72.50	0.20	3.55e+15	4.00	2.76e+10	7.10	693.90	10.30	-0.20	9.88e+00	2.31	346.20	3
14/04/2005	01:40:48	3.40	-35.36	-71.74	56.10	0.20	4.33e+15	3.80	3.77e+09	6.20	681.90	23.50	-1.18	1.09e+01	1.73	281.70	3
28/04/2005	03:50:24	2.20	-34.74	-71.11	93.50	0.20	1.34e+13	2.70	4.81e+06	6.50	605.50	0.00	-0.87	8.79e+00	2.58	345.60	2
30/04/2005	08:52:48	4.00	-35.57	-73.39	39.90	0.30	1.69e+15	4.10	1.78e+11	2.80	693.50	5.60	1.02	8.43e+00	2.65	340.00	2

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
30/04/2005	09:21:36	4.20	-35.54	-73.62	14.00	0.40	7.65e+15	4.50	1.97e+11	3.90	1393.40	6.60	0.23	9.69e+00	1.51	342.60	2
01/05/2005	18:28:48	2.50	-35.03	-71.29	100.50	0.30	5.93e+13	3.10	7.56e+08	8.90	452.70	0.40	0.50	7.89e+00	1.88	181.00	2
02/05/2005	05:31:12	2.50	-34.43	-71.18	79.90	0.30	1.27e+14	3.20	1.33e+08	7.30	558.40	0.60	-0.67	9.31e+00	2.75	324.10	4
06/05/2005	00:43:12	3.00	-35.02	-71.78	44.30	0.20	2.31e+14	3.50	1.05e+09	7.50	611.20	1.20	-0.11	8.93e+00	2.63	245.20	2
12/05/2005	07:40:48	3.10	-36.08	-71.84	98.20	0.20	5.92e+14	3.50	3.76e+09	6.00	858.00	0.90	-0.08	9.19e+00	2.46	200.50	2
18/05/2005	04:48:00	3.40	-35.83	-71.78	78.60	0.20	7.23e+14	3.80	2.04e+10	6.40	638.70	1.90	0.55	8.63e+00	3.37	177.80	3
21/05/2005	02:24:00	2.40	-34.81	-71.23	91.80	0.20	1.15e+14	3.10	6.33e+08	7.60	664.00	0.40	0.06	8.54e+00	3.19	333.50	2
24/05/2005	03:36:00	3.10	-34.67	-71.91	15.00	0.20	1.03e+15	3.70	1.53e+09	7.30	601.60	5.20	-0.77	1.01e+01	1.49	236.00	6
26/05/2005	16:48:00	3.50	-35.50	-71.37	92.80	0.20	2.45e+14	3.60	7.82e+09	7.90	552.50	1.10	0.73	8.11e+00	2.42	194.30	3
29/05/2005	19:55:12	4.40	-36.57	-73.27	38.10	0.20	2.14e+16	4.70	2.65e+12	5.90	843.20	40.60	0.78	9.46e+00	0.86	303.30	4
31/05/2005	10:19:12	5.00	-36.80	-73.30	45.00	0.30	1.29e+16	4.70	6.69e+12	4.10	1140.10	32.40	1.47	8.62e+00	0.77	311.40	3
01/06/2005	05:45:36	3.00	-34.84	-71.75	38.20	0.20	2.78e+14	3.40	2.67e+10	7.20	555.50	0.90	1.19	7.68e+00	0.58	174.30	4
02/06/2005	14:09:36	3.70	-36.48	-73.21	36.80	0.30	1.33e+15	4.00	1.15e+10	6.80	619.10	3.60	-0.04	9.41e+00	1.90	311.90	3
04/06/2005	14:24:00	4.20	-35.43	-72.98	1.30	0.20	9.76e+16	4.80	3.36e+11	5.20	1130.50	216.50	-0.95	1.17e+01	0.97	285.30	5
04/06/2005	16:33:36	3.60	-34.78	-72.20	12.70	0.20	1.25e+15	3.70	4.29e+09	5.00	858.00	2.60	-0.43	9.78e+00	1.58	251.60	4
05/06/2005	02:09:36	3.40	-35.67	-72.84	3.90	0.30	1.96e+15	4.00	2.87e+09	11.20	602.30	70.00	-0.86	1.03e+01	3.07	323.00	3
05/06/2005	03:36:00	3.30	-35.08	-71.80	57.80	0.20	1.67e+15	3.90	9.91e+09	7.20	667.00	14.00	-0.23	9.67e+00	1.64	252.30	4
06/06/2005	05:16:48	4.10	-35.53	-72.96	4.40	0.30	1.51e+16	4.40	1.65e+11	7.60	623.00	95.20	-0.23	1.04e+01	1.07	283.20	5
07/06/2005	01:12:00	3.80	-35.49	-72.96	5.10	0.30	9.59e+15	4.30	6.18e+10	6.90	884.10	15.20	-0.40	1.04e+01	1.21	283.80	5
07/06/2005	04:33:36	3.50	-35.48	-72.79	3.10	0.30	7.30e+15	4.10	8.92e+09	10.80	423.20	36.50	-1.09	1.10e+01	1.01	276.60	5
07/06/2005	19:12:00	3.60	-35.79	-71.39	107.50	0.20	2.11e+14	3.50	6.35e+09	6.20	696.30	0.70	0.72	8.07e+00	1.85	204.90	4
08/06/2005	15:36:00	4.10	-34.49	-71.50	61.40	0.20	5.35e+15	4.20	1.17e+11	8.00	570.90	63.30	0.20	9.61e+00	1.28	167.20	15
15/06/2005	14:52:48	3.50	-36.08	-72.25	86.90	0.20	4.91e+14	3.70	5.22e+10	6.30	787.70	1.50	1.17	7.89e+00	3.06	231.20	3
17/06/2005	04:04:48	3.20	-35.58	-73.00	30.60	0.30	5.25e+14	3.70	4.77e+09	6.30	658.40	1.60	0.09	8.98e+00	1.54	296.90	3
17/06/2005	23:02:24	2.30	-34.02	-71.23	64.00	0.20	2.29e+13	2.90	7.49e+07	6.50	676.10	0.10	0.03	8.07e+00	1.04	355.20	2
22/06/2005	07:55:12	3.40	-37.45	-73.62	46.30	0.20	6.17e+14	3.70	9.06e+09	6.40	805.30	3.20	0.28	8.85e+00	0.99	263.30	2
22/06/2005	11:16:48	3.10	-35.96	-71.44	116.30	0.20	1.39e+14	3.40	3.54e+09	5.00	819.00	0.20	0.70	7.96e+00	1.54	233.90	3
25/06/2005	19:40:48	2.70	-34.69	-71.18	70.10	0.20	8.26e+13	3.20	9.15e+07	7.80	499.60	0.40	-0.60	9.09e+00	2.28	338.70	2
25/06/2005	21:50:24	2.90	-34.64	-71.48	64.50	0.30	1.77e+14	3.30	1.73e+08	7.30	549.50	0.50	-0.74	9.48e+00	0.99	241.50	4
06/07/2005	07:55:12	3.20	-34.56	-72.38	25.10	0.30	2.30e+15	3.90	8.33e+09	8.00	529.10	3.70	-0.48	1.00e+01	10.93	224.30	2
06/07/2005	23:16:48	3.80	-36.26	-72.84	6.30	0.30	7.13e+15	4.30	3.01e+10	7.10	619.10	84.30	-0.55	1.04e+01	2.01	266.40	3
07/07/2005	05:31:12	3.00	-34.83	-71.77	36.90	0.30	1.25e+14	3.30	1.68e+08	6.10	761.30	0.70	-0.56	9.19e+00	0.90	338.00	4
12/07/2005	04:48:00	3.40	-35.33	-71.52	93.80	0.20	5.00e+14	3.70	7.20e+09	8.00	546.30	2.50	0.30	8.76e+00	1.45	196.10	2
12/07/2005	19:40:48	4.10	-37.36	-73.96	33.20	0.20	3.41e+15	4.20	1.15e+11	6.80	816.90	7.70	0.44	9.23e+00	1.15	277.60	2
14/07/2005	22:19:12	4.70	-35.38	-71.39	81.20	0.30	1.24e+16	4.60	2.52e+12	5.20	817.00	16.60	1.06	9.01e+00	1.70	185.50	4
16/07/2005	13:26:24	3.90	-36.06	-71.89	101.50	0.30	1.09e+15	3.90	4.19e+10	7.10	687.50	13.40	0.63	8.67e+00	3.03	168.20	4
16/07/2005	13:40:48	3.90	-35.10	-72.58	28.70	0.30	5.39e+15	4.30	5.40e+10	6.10	716.80	13.30	-0.14	9.95e+00	2.35	268.60	4
16/07/2005	20:52:48	3.60	-35.08	-72.65	19.10	0.20	3.31e+15	4.10	9.92e+09	9.00	499.50	39.90	-0.61	1.03e+01	1.56	274.60	4
17/07/2005	06:14:24	3.20	-35.06	-72.71	10.30	0.20	1.38e+15	3.80	1.55e+09	7.80	529.00	5.00	-0.93	1.03e+01	1.82	279.20	3

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	#Est.
17/07/2005	12:43:12	4.40	-36.62	-73.36	37.10	0.30	1.69e+16	4.70	4.03e+12	7.00	581.80	56.60	1.10	9.07e+00	1.22	308.00	2
17/07/2005	14:09:36	3.50	-36.58	-73.25	40.80	0.30	1.81e+15	4.10	1.92e+10	9.70	438.80	22.10	0.01	9.45e+00	1.87	303.00	3
18/07/2005	00:43:12	3.00	-34.76	-71.52	66.60	0.30	4.45e+14	3.60	1.47e+09	6.50	695.30	2.40	-0.33	9.35e+00	1.41	196.70	7
19/07/2005	11:16:48	3.60	-34.06	-72.55	40.20	0.30	3.76e+15	3.90	4.13e+09	7.20	587.20	26.20	-1.06	1.08e+01	1.74	248.90	5
22/07/2005	16:48:00	3.60	-35.56	-71.23	104.50	0.30	1.10e+15	3.90	3.40e+10	6.30	722.60	2.20	0.54	8.77e+00	1.06	213.00	4
25/07/2005	09:07:12	3.20	-35.36	-72.36	14.90	0.10	1.17e+15	3.70	1.17e+09	8.00	513.30	3.70	-0.96	1.03e+01	1.31	253.10	3
29/07/2005	14:09:36	2.20	-34.06	-71.47	41.30	0.10	4.47e+13	3.00	9.84e+07	6.30	705.10	0.20	-0.23	8.53e+00	1.41	350.80	2
30/07/2005	04:04:48	3.20	-34.94	-71.53	66.00	0.30	5.83e+14	3.70	2.98e+09	8.70	520.10	6.40	-0.17	9.28e+00	1.17	191.50	8
01/08/2005	20:24:00	3.20	-34.98	-71.16	102.40	0.20	1.02e+16	3.90	1.14e+10	11.80	411.30	34.40	-1.17	1.12e+01	1.10	211.60	3
01/08/2005	22:48:00	3.40	-36.52	-71.71	90.10	0.30	5.40e+14	3.70	8.75e+09	9.50	458.50	7.40	0.34	8.74e+00	2.24	250.20	3
07/08/2005	04:19:12	2.90	-34.94	-71.64	37.70	0.20	3.45e+14	3.50	3.66e+08	8.30	476.10	2.20	-0.79	9.73e+00	1.25	205.40	4
10/08/2005	08:38:24	4.20	-34.28	-72.38	37.90	0.30	1.50e+16	4.60	3.69e+11	6.10	807.80	38.00	0.13	1.00e+01	0.77	234.00	7
10/08/2005	15:36:00	4.10	-34.26	-72.29	34.30	0.20	6.55e+15	4.40	1.77e+11	5.60	837.30	28.20	0.27	9.61e+00	1.02	230.20	11
10/08/2005	15:50:24	3.90	-34.27	-72.32	38.30	0.30	1.61e+15	4.10	5.23e+10	7.20	802.10	13.60	0.51	8.92e+00	0.88	289.00	8
10/08/2005	16:04:48	3.50	-34.28	-72.27	37.70	0.30	3.62e+15	4.30	2.01e+11	5.90	894.30	15.90	0.65	9.04e+00	1.54	262.00	9
10/08/2005	18:43:12	4.00	-34.33	-72.33	30.60	0.20	6.21e+15	4.30	7.03e+10	9.10	610.90	74.80	-0.11	9.96e+00	1.66	229.50	10
10/08/2005	22:33:36	3.50	-34.28	-72.30	34.00	0.20	8.86e+14	3.80	5.39e+09	7.10	608.00	3.30	-0.14	9.39e+00	1.66	263.30	7
11/08/2005	02:09:36	4.10	-34.26	-72.35	36.40	0.30	5.77e+15	4.30	9.90e+10	5.20	1038.50	12.90	0.08	9.75e+00	1.22	233.20	9
11/08/2005	08:38:24	4.00	-34.28	-72.36	35.00	0.30	6.34e+15	4.30	6.67e+10	6.60	764.40	18.70	-0.14	1.00e+01	1.46	232.70	9
11/08/2005	10:48:00	4.60	-34.21	-72.34	30.00	0.30	2.83e+16	4.70	7.07e+11	5.50	852.20	49.90	0.06	1.03e+01	1.88	234.40	10
11/08/2005	12:57:36	3.30	-34.31	-72.29	34.00	0.20	1.67e+14	3.40	8.25e+08	6.10	746.20	0.70	-0.03	8.75e+00	1.26	358.40	2
11/08/2005	19:12:00	3.00	-34.27	-72.37	40.10	0.20	1.74e+14	3.50	1.03e+09	9.40	458.50	1.90	0.04	8.69e+00	1.05	354.90	2
15/08/2005	05:02:24	3.00	-34.92	-71.05	104.20	0.30	2.95e+14	3.50	6.19e+08	7.70	623.20	1.80	-0.47	9.37e+00	1.72	201.10	6
17/08/2005	06:57:36	5.60	-36.71	-72.60	77.30	0.20	4.81e+16	5.10	7.88e+13	6.70	1222.30	2085.10	1.81	8.69e+00	1.58	287.70	3
18/08/2005	11:02:24	2.80	-34.30	-71.10	66.30	0.20	4.46e+14	3.30	2.26e+08	5.50	881.70	2.30	-1.14	1.02e+01	1.82	318.30	4
20/08/2005	12:14:24	3.40	-35.60	-71.55	114.40	0.30	1.62e+14	3.50	5.72e+09	7.30	534.90	0.50	0.82	7.88e+00	2.11	221.40	2
25/08/2005	01:12:00	2.40	-34.07	-71.06	72.50	0.30	3.71e+13	2.90	2.09e+08	8.60	533.00	0.40	0.20	8.04e+00	0.54	307.50	3
30/08/2005	23:02:24	3.50	-36.16	-71.98	95.00	0.20	5.57e+14	3.60	3.20e+09	6.30	634.70	0.70	0.16	8.78e+00	1.61	222.70	3
01/09/2005	02:09/2005	4.90	-34.52	-72.44	26.50	0.20	2.39e+17	5.00	1.13e+13	5.50	956.60	1289.70	0.08	1.09e+01	0.93	229.30	5
02/09/2005	10:04:48	3.60	-34.55	-72.43	13.90	0.20	6.89e+16	4.10	5.63e+09	7.30	561.90	174.20	-2.54	1.32e+01	1.05	227.70	5
04/09/2005	11:31:12	3.10	-34.39	-72.27	33.00	0.30	1.12e+14	3.30	4.51e+08	7.00	716.90	0.40	-0.07	8.67e+00	0.97	287.90	3
04/09/2005	22:19:12	4.90	-36.27	-71.66	84.10	0.20	2.65e+16	4.70	3.59e+12	8.30	637.90	410.30	0.80	9.51e+00	1.87	209.70	4
11/09/2005	18:28:48	4.70	-36.62	-73.58	50.10	0.30	1.49e+16	4.60	5.31e+12	3.80	1457.20	5.70	1.29	8.84e+00	1.06	314.60	2
11/09/2005	21:21:36	4.20	-34.98	-71.15	93.60	0.20	1.07e+16	4.40	2.20e+11	7.30	682.40	42.00	0.09	9.94e+00	2.90	168.40	10
17/09/2005	19:12:00	3.20	-35.39	-71.51	92.40	0.30	1.52e+14	3.40	1.67e+09	5.60	763.90	0.40	0.32	8.36e+00	2.08	232.20	2
19/09/2005	03:21:36	2.80	-34.64	-71.92	32.60	0.30	9.31e+13	3.20	4.43e+08	8.00	540.70	0.50	0.02	8.51e+00	1.76	236.20	3
20/09/2005	09:36:00	3.10	-34.25	-71.81	34.50	0.20	1.63e+14	3.40	4.88e+08	8.40	695.50	4.30	-0.25	8.96e+00	1.33	344.40	6
22/09/2005	19:55:12	3.30	-34.30	-72.37	5.50	0.20	4.33e+15	4.10	4.16e+09	6.50	717.00	24.60	-1.13	1.09e+01	2.71	267.00	6

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
25/09/2005	02:24:00	4.40	-36.17	-71.43	104.50	0.20	3.22e+15	4.10	1.72e+11	5.40	890.70	4.20	0.65	9.00e+00	1.94	222.90	5
30/09/2005	10:33:36	3.40	-35.91	-72.10	59.80	0.10	9.93e+14	3.80	3.82e+11	6.20	671.70	2.10	1.64	7.63e+00	0.30	117.50	5
03/10/2005	00:28:48	3.40	-34.04	-71.34	56.20	0.20	9.98e+14	3.70	8.48e+09	6.90	753.10	11.50	-0.01	9.29e+00	2.09	208.70	10
04/10/2005	01:12:00	3.20	-35.08	-71.38	80.80	0.20	3.74e+14	3.60	5.13e+09	7.00	587.70	1.50	0.31	8.66e+00	1.71	147.10	6
04/10/2005	02:24:00	3.00	-35.92	-71.73	74.40	0.20	9.01e+14	3.70	1.40e+10	7.40	636.90	2.90	0.26	8.99e+00	3.56	147.60	5
06/10/2005	06:28:48	3.00	-34.69	-72.22	25.00	0.20	3.46e+14	3.40	7.25e+08	8.50	512.70	2.00	-0.49	9.44e+00	2.38	247.80	5
12/10/2005	05:16:48	3.70	-36.07	-71.43	128.80	0.30	1.02e+14	3.30	4.47e+09	9.20	488.90	1.40	0.97	7.59e+00	1.06	238.70	3
14/10/2005	13:26:24	3.50	-34.34	-72.38	33.10	0.30	4.68e+14	3.70	4.41e+09	9.30	627.10	9.60	0.12	8.92e+00	3.16	266.80	3
23/10/2005	12:00:00	3.00	-35.06	-71.19	100.80	0.20	2.07e+14	3.40	1.88e+09	7.70	646.50	1.30	0.21	8.58e+00	1.53	169.60	4
05/11/2005	04:19:12	3.20	-34.80	-71.75	41.60	0.20	4.10e+14	3.60	1.91e+09	8.50	547.10	8.20	-0.17	9.17e+00	1.55	217.60	8
05/11/2005	07:55:12	2.90	-36.32	-71.97	64.50	0.20	3.84e+14	3.40	2.64e+09	11.50	460.90	7.10	0.01	8.97e+00	1.36	180.80	3
07/11/2005	18:57:36	3.80	-36.77	-72.65	69.10	0.30	1.24e+15	4.00	4.24e+10	6.90	607.50	4.40	0.57	8.78e+00	1.66	320.80	3
10/11/2005	21:36:00	3.20	-35.05	-71.03	98.10	0.10	8.23e+14	3.50	4.24e+09	6.50	662.00	4.40	-0.21	9.43e+00	1.23	222.00	3
12/11/2005	02:09:36	2.80	-34.22	-71.44	47.90	0.20	3.43e+13	3.00	1.69e+08	6.90	556.50	0.10	0.15	8.06e+00	1.45	348.80	3
12/11/2005	07:55:12	3.00	-34.73	-71.85	34.50	0.30	1.55e+14	3.40	4.50e+08	8.00	485.90	0.80	-0.26	8.95e+00	1.13	229.30	3
12/11/2005	22:04:48	3.50	-36.73	-72.87	77.60	0.30	8.43e+14	3.70	1.79e+10	4.80	934.90	2.50	0.41	8.82e+00	1.28	330.60	2
14/11/2005	12:28:48	2.60	-34.59	-71.22	65.60	0.20	6.70e+13	3.10	3.04e+08	7.80	499.60	0.30	0.04	8.39e+00	0.46	345.90	2
14/11/2005	14:24:00	3.70	-34.58	-72.46	33.20	0.30	4.29e+14	3.70	6.55e+09	10.90	450.70	3.20	0.34	8.67e+00	3.15	271.00	3
14/11/2005	18:00:00	2.50	-34.39	-71.29	68.30	0.10	4.02e+13	3.00	1.26e+08	8.90	452.70	0.20	-0.06	8.33e+00	1.53	346.00	2
15/11/2005	16:19:12	3.30	-35.77	-71.76	93.10	0.20	1.52e+14	3.30	2.67e+09	7.30	534.90	0.70	0.53	8.16e+00	1.43	181.30	2
17/11/2005	15:50:24	3.00	-35.04	-71.11	96.30	0.30	5.45e+14	3.70	3.97e+09	8.00	544.00	8.10	-0.01	9.10e+00	0.52	221.20	2
19/11/2005	06:57:36	3.50	-36.66	-71.54	156.10	0.20	1.68e+14	3.50	9.23e+09	5.90	681.90	0.30	1.01	7.71e+00	1.91	281.30	2
23/11/2005	01:40:48	5.30	-36.76	-72.28	63.80	0.30	6.91e+16	5.10	4.18e+13	5.10	815.10	137.80	1.33	9.28e+00	3.70	335.00	3
24/11/2005	23:45:36	3.10	-34.83	-71.69	39.20	0.30	2.48e+14	3.50	1.05e+09	8.30	546.50	3.20	-0.15	8.99e+00	0.60	353.90	2
28/11/2005	15:21:36	2.80	-34.46	-71.01	82.80	0.10	2.17e+14	3.30	1.55e+08	10.10	478.20	0.90	-0.90	9.70e+00	1.91	322.50	3
01/12/2005	16:19:12	3.00	-34.05	-71.21	61.50	0.20	1.49e+14	3.40	4.17e+09	6.30	745.00	0.50	0.73	7.95e+00	0.15	309.40	8
02/12/2005	09:50:24	3.20	-34.11	-71.86	43.00	0.20	7.51e+14	3.70	2.41e+09	7.90	581.20	3.70	-0.40	9.59e+00	1.54	233.50	8
02/12/2005	10:04:48	3.20	-34.12	-71.90	42.60	0.10	2.99e+14	3.60	1.09e+09	8.40	505.50	2.20	-0.24	9.14e+00	1.38	326.90	5
04/12/2005	00:14:24	3.50	-36.18	-71.17	119.60	0.30	4.17e+14	3.70	2.23e+10	8.90	457.30	4.40	0.89	8.11e+00	2.75	265.70	2
04/12/2005	17:02:24	3.20	-34.77	-71.69	38.80	0.30	4.74e+14	3.60	6.21e+08	10.90	454.60	5.30	-0.73	9.78e+00	1.05	214.10	3
10/12/2005	18:57:36	3.20	-35.56	-71.79	89.90	0.30	3.31e+14	3.40	2.56e+09	7.00	581.80	1.80	0.08	8.85e+00	1.90	206.00	2
18/12/2005	16:19:12	2.60	-34.54	-71.37	62.60	0.20	5.02e+13	3.10	1.12e+08	7.30	581.80	0.20	-0.24	8.57e+00	1.29	347.50	2
22/12/2005	09:36:00	3.50	-36.09	-71.15	133.30	0.30	9.97e+13	3.30	3.84e+09	8.00	505.60	0.60	0.92	7.63e+00	1.82	264.90	3
27/12/2005	12:14:24	3.50	-35.93	-71.70	91.30	0.10	4.25e+14	3.70	9.36e+09	6.90	673.20	2.00	0.50	8.51e+00	2.58	160.10	4
01/01/2006	12:00:00	3.70	-34.66	-72.32	29.20	0.30	1.01e+15	3.80	3.05e+09	6.10	764.10	2.20	-0.46	9.75e+00	1.96	217.80	6
03/01/2006	01:40:48	3.60	-36.53	-73.50	27.90	0.20	1.74e+15	4.10	1.40e+10	5.50	770.20	1.80	-0.10	9.56e+00	1.67	310.80	4
05/01/2006	22:48:00	5.30	-36.43	-73.43	10.90	0.20	8.31e+16	5.20	1.82e+13	2.40	2155.20	5.90	0.87	9.80e+00	1.22	307.30	4
06/01/2006	13:40:48	3.70	-36.49	-73.29	7.90	0.30	7.91e+15	4.40	1.11e+12	7.60	773.40	281.50	0.96	8.97e+00	0.54	238.80	5
07/01/2006	03:36:00	2.80	-34.87	-71.03	99.60	0.30	1.38e+14	3.30	6.14e+08	12.70	410.40	2.50	-0.06	8.71e+00	0.90	215.60	2

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.
07/01/2006	17:45:36	3.10	-35.73	-72.92	7.90	0.20	1.77e+15	3.90	3.22e+09	8.30	496.70	16.90	-0.75	1.02e+01	1.34	290.40	4
08/01/2006	14:09:36	3.40	-36.29	-71.33	140.70	0.20	5.62e+13	3.10	2.43e+09	4.50	899.60	0.00	1.04	7.34e+00	1.54	269.40	2
12/01/2006	14:24:00	3.60	-34.97	-72.18	21.10	0.30	6.43e+15	4.00	7.35e+09	6.70	705.40	8.20	-1.11	1.10e+01	2.87	251.80	6
13/01/2006	07:40:48	3.20	-35.67	-71.55	102.80	0.20	1.36e+14	3.40	2.15e+09	6.00	809.40	0.30	0.50	8.16e+00	1.29	170.40	5
17/01/2006	00:00:00	3.00	-34.49	-71.05	74.00	0.20	2.22e+15	3.60	9.29e+08	6.30	726.70	3.20	-1.42	1.09e+01	1.55	323.90	8
21/01/2006	04:04:48	2.10	-34.28	-71.16	64.50	0.20	3.31e+13	2.90	4.64e+07	6.70	611.30	0.10	-0.39	8.59e+00	0.93	343.20	2
21/01/2006	19:12:00	3.40	-34.98	-71.55	55.30	0.30	4.41e+14	3.60	3.89e+09	7.80	575.90	3.00	0.10	8.92e+00	1.70	193.40	3
22/01/2006	01:12:00	3.60	-36.08	-72.75	40.30	0.20	6.62e+14	3.80	1.62e+10	5.70	775.60	2.30	0.50	8.65e+00	2.45	253.10	6
24/01/2006	12:57:36	2.80	-34.27	-71.36	60.60	0.20	1.39e+14	3.30	2.93e+08	6.30	745.60	0.70	-0.38	9.04e+00	1.20	320.10	7
28/01/2006	14:38:24	3.90	-37.83	-71.99	93.40	0.20	8.98e+14	3.90	7.19e+10	5.50	905.00	2.30	0.97	8.27e+00	4.35	275.10	3
29/01/2006	10:48:00	4.30	-34.98	-71.12	94.50	0.20	1.68e+16	4.50	8.87e+11	6.30	844.70	61.70	0.44	9.72e+00	3.01	170.80	9
29/01/2006	10:48:00	3.90	-34.40	-72.26	13.00	0.30	2.23e+16	4.30	2.16e+10	6.40	679.60	60.70	-1.33	1.16e+01	1.90	223.40	13
29/01/2006	17:16:48	3.80	-37.54	-71.47	141.20	0.30	2.14e+14	3.50	2.49e+10	4.20	963.90	0.10	1.31	7.49e+00	1.32	360.00	2
31/01/2006	04:04:48	2.20	-34.45	-71.36	60.90	0.20	3.37e+13	2.90	1.36e+08	6.30	631.00	0.10	0.07	8.14e+00	0.84	347.10	3
05/02/2006	18:43:12	3.30	-36.70	-72.58	71.20	0.30	6.36e+14	3.70	1.42e+10	6.70	740.50	3.30	0.46	8.68e+00	3.93	177.00	5
08/02/2006	01:55:12	3.80	-34.46	-72.66	25.40	0.20	3.88e+15	4.30	1.54e+10	5.60	687.70	7.80	-0.51	1.02e+01	3.87	332.70	2
14/02/2006	07:26:24	3.50	-37.18	-72.15	120.80	0.30	4.82e+14	3.50	7.68e+09	5.60	975.70	0.60	0.35	8.70e+00	1.59	347.40	3
17/02/2006	04:19:12	2.20	-34.36	-71.16	68.30	0.30	4.34e+13	2.90	1.14e+08	6.60	673.90	0.20	-0.15	8.44e+00	0.66	343.60	3
17/02/2006	08:52:48	3.00	-34.12	-71.48	38.90	0.20	9.44e+13	3.20	9.53e+07	8.10	555.50	0.60	-0.65	9.19e+00	1.46	342.20	4
18/02/2006	13:12:00	3.10	-34.59	-71.92	30.30	0.30	2.50e+14	3.50	4.16e+08	7.10	836.90	10.20	-0.55	9.40e+00	0.96	332.90	5
25/02/2006	13:26:24	3.70	-35.05	-71.72	55.50	0.30	1.79e+15	3.90	9.28e+09	8.90	542.90	65.20	-0.30	9.76e+00	1.86	219.60	5
01/03/2006	18:00:00	4.70	-36.34	-71.12	152.30	0.20	1.89e+15	4.10	6.81e+11	5.30	944.40	3.80	1.54	7.94e+00	3.98	274.80	3
03/03/2006	05:16:48	3.00	-34.67	-72.16	35.80	0.20	2.58e+14	3.40	4.36e+08	8.00	485.90	1.40	-0.55	9.41e+00	0.86	207.60	3
03/03/2006	06:57:36	3.50	-35.81	-71.50	90.80	0.20	4.95e+14	3.60	3.08e+09	5.80	726.40	0.60	-0.06	9.12e+00	1.58	224.80	5
03/03/2006	14:09:36	3.70	-36.16	-73.15	10.30	0.30	2.76e+15	4.10	1.71e+10	8.50	611.30	27.60	-0.27	9.87e+00	1.85	292.20	5
04/03/2006	13:55:12	3.20	-34.88	-71.52	52.10	0.20	1.45e+14	3.40	7.53e+08	8.30	517.20	1.60	0.00	8.67e+00	1.00	193.10	3
04/03/2006	18:14:24	3.10	-35.90	-71.99	76.80	0.30	3.10e+14	3.40	4.63e+09	6.70	667.60	1.50	0.37	8.54e+00	2.65	105.40	5
06/03/2006	23:02:24	3.50	-34.77	-72.50	29.30	0.20	5.10e+15	3.70	1.04e+09	10.50	569.80	752.10	-1.83	1.16e+01	1.11	281.00	4
08/03/2006	00:28:48	3.10	-35.41	-72.95	8.20	0.10	7.38e+14	3.80	1.77e+09	9.40	423.20	5.50	-0.53	9.71e+00	1.63	315.60	2
08/03/2006	10:19:12	3.50	-34.96	-72.48	15.00	0.30	3.43e+14	3.50	1.50e+09	8.30	487.80	1.30	-0.17	9.12e+00	1.93	330.00	2
10/03/2006	11:31:12	3.20	-34.13	-71.29	57.70	0.30	3.06e+14	3.60	3.13e+09	7.30	687.70	1.80	0.21	8.70e+00	1.88	314.50	8
15/03/2006	11:45:36	4.00	-37.09	-73.44	15.00	0.30	3.95e+15	4.30	9.18e+10	3.30	1363.90	1.20	0.26	9.45e+00	2.09	360.00	2
17/03/2006	05:16:48	2.90	-34.83	-71.27	78.00	0.30	9.79e+13	3.20	2.03e+08	6.80	694.00	0.50	-0.35	8.90e+00	0.90	334.10	3
17/03/2006	07:12:00	2.40	-34.33	-71.32	63.40	0.30	1.21e+13	2.70	9.80e+07	11.10	505.40	0.80	0.50	7.40e+00	0.84	350.00	2
22/03/2006	21:36:00	3.30	-35.17	-71.25	94.10	0.30	2.28e+14	3.50	1.63e+10	8.30	458.50	1.10	1.09	7.73e+00	2.28	200.90	2
23/03/2006	03:21:36	2.80	-34.23	-71.12	65.00	0.30	1.33e+14	3.20	2.11e+08	7.40	586.10	0.60	-0.50	9.15e+00	0.99	315.10	7
23/03/2006	21:50:24	2.80	-34.70	-71.33	61.70	0.30	2.05e+14	3.40	3.61e+08	6.60	707.40	0.70	-0.51	9.29e+00	1.18	331.40	6
24/03/2006	05:31:12	3.40	-35.37	-72.71	22.20	0.30	1.73e+14	3.40	1.08e+09	8.30	533.00	1.60	0.06	8.66e+00	0.86	293.50	3
30/03/2006	17:16:48	3.60	-36.29	-72.36	64.70	0.30	4.12e+14	3.70	1.04e+10	10.70	428.40	3.70	0.57	8.43e+00	1.97	202.80	4

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
01/04/2006	11:16:48	2.70	-34.44	-71.37	77.80	0.20	5.23e+13	3.10	1.64e+08	8.30	-0.09	8.44e+00	2.00	327.80	2		
03/04/2006	11:16:48	2.20	-34.36	-71.28	69.00	0.20	2.23e+13	2.80	7.62e+07	6.60	0.05	8.04e+00	1.69	345.80	2		
06/04/2006	05:16:48	3.00	-34.11	-72.35	44.90	0.30	4.89e+13	3.10	4.17e+08	12.50	0.35	7.98e+00	0.70	354.90	2		
06/04/2006	15:21:36	4.20	-37.64	-73.34	28.50	0.30	3.40e+15	4.20	1.88e+11	6.00	0.65	9.01e+00	4.12	296.00	3		
07/04/2006	18:57:36	3.50	-35.73	-71.62	111.90	0.20	3.61e+14	3.60	9.86e+09	5.50	1.135.10	1.60	0.62	8.34e+00	1.66	154.60	5
12/04/2006	13:12:00	3.70	-35.55	-71.58	100.90	0.20	2.49e+15	3.80	1.63e+10	7.20	564.30	6.90	-0.23	9.80e+00	1.01	173.20	4
13/04/2006	06:43:12	3.20	-34.60	-71.64	50.10	0.10	1.12e+14	3.30	3.23e+08	7.00	594.50	0.40	-0.22	8.81e+00	0.66	251.40	7
15/04/2006	08:24:00	2.50	-34.05	-71.00	73.40	0.30	5.78e+13	3.10	1.17e+08	6.10	736.60	0.20	-0.29	8.68e+00	0.69	303.20	6
17/04/2006	05:31:12	3.00	-34.27	-72.34	31.90	0.20	9.64e+13	3.30	1.96e+08	8.70	462.40	0.80	-0.35	8.90e+00	1.61	354.80	3
17/04/2006	13:55:12	3.70	-35.73	-71.24	109.20	0.20	7.27e+14	3.80	2.16e+10	6.10	728.70	1.20	0.57	8.61e+00	1.54	216.80	6
19/04/2006	18:57:36	3.60	-36.24	-71.27	128.30	0.20	1.37e+14	3.40	5.71e+09	6.20	810.90	0.40	0.92	7.74e+00	2.29	259.90	3
28/04/2006	05:45:36	2.70	-34.21	-71.83	38.80	0.20	4.66e+13	3.10	5.98e+07	6.70	637.90	0.10	-0.47	8.78e+00	0.99	334.70	4
28/04/2006	13:55:12	3.50	-34.86	-71.18	97.00	0.20	1.53e+15	3.90	1.03e+10	6.30	817.80	14.10	-0.16	9.58e+00	1.67	160.90	7
30/04/2006	12:14:24	4.50	-35.54	-71.32	94.00	0.20	3.41e+15	4.30	1.17e+12	5.30	825.30	4.60	1.45	8.22e+00	1.99	270.50	5
02/05/2006	01:55:12	2.20	-34.01	-71.14	71.00	0.20	3.38e+13	2.90	5.35e+07	7.00	593.70	0.10	-0.34	8.55e+00	1.27	309.90	4
06/05/2006	03:50:24	2.20	-34.13	-71.29	63.80	0.20	3.13e+13	2.90	7.72e+07	7.30	623.20	0.10	-0.13	8.33e+00	1.65	319.40	4
07/05/2006	08:38:24	2.70	-35.92	-71.61	101.30	0.20	4.03e+13	3.00	2.69e+08	5.60	889.20	0.10	0.27	8.00e+00	2.29	204.50	3
09/05/2006	07:26:24	3.40	-34.89	-71.32	20.40	0.30	1.04e+15	3.80	6.99e+08	6.50	761.60	4.20	-1.12	1.04e+01	1.45	147.20	10
10/05/2006	04:33:36	4.10	-36.97	-71.61	8.50	0.30	5.55e+16	4.60	2.41e+10	8.20	754.50	706.60	-1.78	1.23e+01	1.43	313.90	5
10/05/2006	16:19:12	4.20	-34.44	-72.17	47.00	0.30	5.45e+15	4.40	1.84e+11	8.30	611.30	82.80	0.38	9.43e+00	1.84	217.20	9
14/05/2006	23:16:48	2.60	-34.00	-71.54	45.70	0.20	1.58e+13	2.80	7.52e+07	8.30	478.20	0.10	0.23	7.74e+00	0.77	327.80	3
15/05/2006	00:14:24	2.70	-34.59	-71.03	90.50	0.30	1.67e+14	3.20	1.19e+08	6.80	634.90	0.30	-0.87	9.59e+00	1.37	327.10	5
15/05/2006	01:26:24	2.80	-34.39	-72.19	35.50	0.30	6.08e+13	3.20	2.34e+08	12.70	434.80	4.40	-0.02	8.42e+00	0.81	340.10	2
15/05/2006	17:16:48	4.10	-36.08	-72.38	41.10	0.20	5.28e+14	3.70	1.86e+10	5.20	794.60	1.30	0.68	8.40e+00	1.92	245.90	5
16/05/2006	23:16:48	2.80	-34.27	-71.17	60.20	0.20	3.44e+13	3.00	8.70e+07	8.30	529.10	0.20	-0.14	8.36e+00	0.99	318.70	3
17/05/2006	12:14:24	2.70	-34.15	-71.86	40.70	0.20	8.27e+13	3.30	1.66e+08	10.40	462.40	2.20	-0.34	8.84e+00	1.97	335.40	3
17/05/2006	13:26:24	2.20	-34.18	-71.29	63.10	0.20	2.12e+13	2.90	1.17e+08	7.80	529.10	0.10	0.26	7.81e+00	1.07	320.30	3
17/05/2006	22:33:36	4.00	-35.72	-71.72	64.30	0.20	7.54e+14	3.90	1.86e+10	5.90	773.50	2.40	0.48	8.71e+00	1.84	174.40	5
22/05/2006	04:33:36	2.50	-36.03	-71.65	91.90	0.20	5.63e+13	3.10	6.91e+08	5.10	1011.50	0.30	0.49	7.88e+00	1.03	198.60	3
23/05/2006	04:33:36	2.60	-35.00	-71.16	90.40	0.20	1.11e+15	3.40	4.83e+08	6.90	775.80	2.70	-1.32	1.06e+01	0.95	354.00	2
25/05/2006	11:16:48	3.40	-34.95	-71.02	102.80	0.30	4.82e+14	3.50	2.86e+09	6.10	643.60	0.70	-0.08	9.13e+00	0.90	197.30	4
26/05/2006	05:02:24	3.50	-35.49	-72.58	29.10	0.20	6.38e+14	3.70	3.75e+09	6.00	728.60	2.10	-0.12	9.26e+00	1.00	254.40	5
26/05/2006	05:16:48	3.90	-35.47	-72.63	26.90	0.30	1.63e+15	4.00	4.28e+10	5.80	797.30	4.90	0.42	9.01e+00	0.90	263.60	6
06/06/2006	11:02:24	3.30	-34.92	-71.11	95.90	0.20	5.61e+14	3.50	2.40e+09	5.20	1054.60	2.80	-0.24	9.34e+00	1.70	187.20	4
06/06/2006	20:09:36	3.50	-35.27	-71.00	109.70	0.30	2.50e+14	3.50	1.01e+10	7.30	534.70	0.70	0.83	8.01e+00	2.31	290.80	2
09/06/2006	21:36:00	3.60	-35.81	-71.40	123.10	0.30	3.88e+14	3.70	1.57e+10	6.20	824.90	1.70	0.78	8.20e+00	1.99	204.90	5
12/06/2006	01:12:00	4.20	-36.55	-73.42	37.20	0.30	3.37e+15	4.30	2.76e+11	6.40	637.70	10.00	0.83	8.84e+00	1.93	308.50	4
14/06/2006	09:36:00	3.00	-36.78	-72.47	70.70	0.20	1.69e+14	3.40	2.44e+09	4.60	1137.50	0.40	0.43	8.29e+00	0.88	297.30	4
15/06/2006	08:24:00	3.80	-35.84	-71.67	74.10	0.30	1.94e+15	4.00	4.57e+10	7.50	777.80	40.60	0.35	9.14e+00	3.62	106.80	6

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
16/06/2006	05:45:36	3.50	-34.69	-72.27	24.50	0.30	5.81e+14	3.70	2.40e+09	9.50	521.80	4.30	-0.26	9.37e+00	1.64	250.50	5
16/06/2006	22:19:12	3.40	-35.44	-72.57	31.10	0.20	4.63e+14	3.50	7.22e+09	8.00	540.50	6.50	0.34	8.69e+00	1.51	254.70	3
18/06/2006	16:33:36	3.10	-35.66	-71.39	101.10	0.30	1.83e+14	3.50	1.40e+10	6.50	597.40	0.40	1.15	7.60e+00	0.69	199.30	5
21/06/2006	21:50:24	3.50	-35.47	-71.60	61.90	0.20	2.25e+14	3.40	4.28e+09	6.30	718.30	0.50	0.52	8.29e+00	1.54	199.80	3
24/06/2006	10:04:48	3.40	-35.02	-72.14	52.80	0.30	9.51e+14	3.50	3.22e+09	6.40	697.30	5.10	-0.41	9.67e+00	1.44	270.20	3
28/06/2006	03:36:00	2.60	-34.54	-71.01	95.70	0.20	7.22e+13	3.10	5.97e+07	7.30	532.00	0.20	-0.71	9.16e+00	3.12	325.20	4
29/06/2006	00:14:24	4.10	-37.01	-71.16	158.70	0.20	2.36e+14	3.50	2.55e+10	10.90	552.30	4.20	1.26	7.56e+00	1.00	360.00	2
29/06/2006	06:43:12	2.80	-34.91	-71.08	107.10	0.30	1.12e+14	3.10	5.83e+07	6.60	775.80	0.60	-0.96	9.55e+00	0.79	334.80	3
30/06/2006	10:48:00	2.40	-34.01	-71.16	64.70	0.10	1.78e+13	2.80	3.59e+07	10.80	478.20	0.20	-0.15	8.17e+00	4.20	311.30	3
03/07/2006	07:26:24	3.50	-34.95	-71.05	107.30	0.20	6.15e+14	3.60	3.11e+09	7.80	582.00	4.70	-0.18	9.31e+00	2.42	173.90	8
03/07/2006	08:24:00	2.90	-34.58	-72.35	30.20	0.20	1.46e+15	3.60	4.14e+08	11.10	511.20	216.10	-1.53	1.09e+01	0.75	222.20	2
07/07/2006	13:12:00	4.00	-37.49	-73.13	69.30	0.20	5.92e+14	3.80	3.84e+10	4.20	1141.00	0.30	0.93	8.18e+00	1.40	360.00	2
10/07/2006	02:09:36	4.10	-35.68	-71.34	125.00	0.30	1.85e+15	4.10	5.05e+11	4.90	1213.20	10.10	1.42	8.05e+00	3.28	252.80	5
12/07/2006	23:02:24	3.40	-34.90	-71.58	64.50	0.20	5.11e+14	3.70	3.65e+09	7.70	533.60	2.50	-0.01	9.08e+00	1.42	168.00	5
13/07/2006	22:48:00	4.00	-36.34	-73.38	23.20	0.20	3.30e+15	4.30	1.08e+11	5.70	787.60	5.50	0.43	9.23e+00	1.69	304.60	5
16/07/2006	14:24:00	3.20	-35.56	-71.43	109.60	0.10	2.05e+14	3.50	1.29e+09	8.90	464.10	1.70	0.05	8.73e+00	1.87	297.50	2
16/07/2006	21:50:24	3.20	-34.62	-72.29	22.60	0.20	5.51e+14	3.60	1.11e+09	10.80	481.90	2.60	-0.57	9.66e+00	1.95	267.40	3
17/07/2006	15:50:24	3.50	-35.26	-72.80	13.50	0.20	1.36e+15	3.90	2.76e+09	6.50	656.00	3.30	-0.67	1.01e+01	1.56	301.80	5
18/07/2006	22:48:00	3.20	-34.49	-71.10	88.90	0.20	2.29e+15	3.70	1.71e+09	8.20	561.40	16.40	-1.17	1.07e+01	1.38	169.50	8
19/07/2006	22:33:36	3.40	-35.10	-71.76	51.50	0.20	3.47e+14	3.50	1.76e+09	5.40	804.90	0.80	-0.11	9.06e+00	1.18	212.80	2
25/07/2006	08:09:36	2.70	-34.77	-71.48	57.60	0.30	1.56e+14	3.30	2.20e+08	9.60	524.30	5.10	-0.57	9.27e+00	1.51	198.30	5
26/07/2006	09:36:00	3.20	-35.56	-71.25	93.70	0.30	1.62e+14	3.40	2.63e+09	8.30	646.90	1.00	0.49	8.22e+00	1.33	222.80	4
26/07/2006	11:16:48	3.80	-37.15	-71.60	110.80	0.30	3.37e+14	3.60	9.06e+09	5.80	717.10	0.50	0.62	8.32e+00	1.62	325.30	3
27/07/2006	09:21:36	3.20	-35.26	-72.34	45.60	0.20	3.65e+14	3.50	1.97e+09	6.00	698.30	0.40	-0.09	9.05e+00	2.15	236.30	5
27/07/2006	17:45:36	3.40	-36.62	-71.27	157.80	0.10	5.85e+13	3.20	4.06e+09	4.70	969.70	0.10	1.24	7.15e+00	1.25	360.00	2
02/08/2006	08:38:24	2.70	-34.39	-72.20	33.80	0.30	5.96e+13	3.10	1.69e+08	7.60	587.90	0.20	-0.15	8.54e+00	0.89	348.20	2
03/08/2006	01:40:48	4.00	-35.78	-71.72	71.30	0.20	2.61e+15	4.10	1.02e+11	8.50	590.10	8.10	0.54	9.05e+00	2.26	171.50	5
04/08/2006	01:40:48	3.30	-34.68	-71.90	28.00	0.20	6.32e+14	3.80	6.33e+09	9.40	552.40	4.80	0.11	9.02e+00	1.02	234.00	5
06/08/2006	02:52:48	3.20	-34.07	-71.99	43.20	0.30	9.39e+13	3.30	1.74e+08	10.90	453.90	1.90	-0.39	8.93e+00	1.70	343.50	5
09/08/2006	01:26:24	3.80	-35.67	-71.30	105.00	0.30	6.30e+14	3.80	2.63e+10	5.60	944.20	2.20	0.73	8.40e+00	2.21	209.40	6
15/08/2006	15:21:36	3.20	-34.69	-72.31	24.50	0.20	2.57e+14	3.50	1.75e+09	6.50	616.80	1.00	0.05	8.80e+00	0.92	327.50	2
16/08/2006	06:00:00	4.10	-36.65	-72.28	74.20	0.20	2.35e+15	4.10	3.77e+10	6.00	860.90	8.90	0.16	9.39e+00	1.70	308.00	4
16/08/2006	20:09:36	3.50	-34.01	-71.45	43.50	0.20	2.60e+13	2.90	6.12e+07	8.30	499.60	0.20	-0.13	8.27e+00	4.01	351.00	2
18/08/2006	17:16:48	3.40	-36.08	-72.76	5.00	0.20	2.84e+15	4.10	5.59e+09	6.70	747.50	30.60	-0.77	1.04e+01	2.00	254.90	5
21/08/2006	18:00:00	3.80	-34.97	-71.09	100.40	0.30	1.87e+16	4.20	1.98e+11	7.90	656.30	52.60	-0.27	1.05e+01	0.88	180.90	6
23/08/2006	07:26:24	2.80	-34.04	-72.01	40.60	0.30	4.92e+13	3.10	5.23e+07	5.60	747.70	0.10	-0.55	8.89e+00	1.73	343.30	5
26/08/2006	17:02:24	3.30	-34.49	-72.06	27.90	0.20	6.45e+14	3.80	4.76e+09	8.70	525.90	5.40	-0.02	9.16e+00	0.91	279.00	6
29/08/2006	03:50:24	3.50	-36.33	-72.98	25.00	0.20	8.26e+14	3.90	8.52e+09	8.00	658.30	5.90	0.09	9.13e+00	2.61	281.20	5
29/08/2006	13:40:48	3.90	-35.66	-72.11	17.50	0.30	1.20e+16	4.20	3.72e+10	6.50	714.80	33.60	-0.75	1.08e+01	0.99	149.90	6

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.
29/08/2006	14:52:48	2.40	-34.59	-71.23	65.70	0.10	6.90e+13	3.10	2.38e+08	13.00	393.70	2.10	-0.08	8.52e+00	0.62	345.90	2
31/08/2006	16:04:48	3.30	-36.08	-72.63	62.80	0.30	1.04e+14	3.30	2.19e+09	6.80	570.20	0.20	0.65	7.92e+00	1.14	360.00	2
03/09/2006	01:26:24	3.10	-34.77	-72.40	16.00	0.30	2.68e+14	3.30	3.03e+08	7.80	493.60	1.40	-0.73	9.60e+00	1.35	328.50	2
03/09/2006	03:36:00	3.70	-34.30	-72.64	44.60	0.30	6.10e+14	3.70	1.09e+10	6.50	646.30	2.70	0.37	8.76e+00	1.98	338.20	2
03/09/2006	05:02:24	2.80	-34.73	-71.58	59.60	0.30	1.34e+14	3.30	2.31e+08	8.40	505.30	0.80	-0.46	9.11e+00	1.56	209.40	4
08/09/2006	22:33:36	3.80	-35.39	-71.44	100.90	0.20	1.20e+15	3.90	8.04e+10	6.40	662.80	1.80	0.86	8.47e+00	1.12	172.80	5
10/09/2006	06:57:36	2.50	-35.94	-72.04	75.10	0.10	9.33e+13	3.10	7.90e+08	4.50	1019.40	0.30	0.27	8.26e+00	1.26	212.50	3
10/09/2006	10:48:00	3.00	-34.52	-72.17	28.00	0.20	1.40e+14	3.30	1.10e+08	8.10	548.60	1.20	-0.81	9.47e+00	0.95	340.10	3
11/09/2006	09:21:36	3.20	-35.01	-71.99	60.90	0.30	1.60e+15	3.70	2.96e+09	7.00	573.00	4.10	-0.73	1.02e+01	0.97	266.80	4
16/09/2006	08:38:24	3.00	-36.17	-72.94	30.10	0.10	2.19e+14	3.40	1.15e+09	9.10	531.40	4.10	-0.04	8.84e+00	1.13	275.70	5
21/09/2006	10:48:00	3.10	-34.05	-71.37	43.50	0.20	7.44e+13	3.20	3.16e+08	8.60	550.90	1.00	-0.00	8.47e+00	0.84	314.20	7
24/09/2006	02:38:24	3.00	-35.17	-71.37	86.70	0.20	1.17e+14	3.40	1.63e+09	6.40	763.90	0.40	0.46	8.15e+00	1.87	170.50	3
24/09/2006	21:50:24	5.40	-35.73	-72.08	44.30	0.30	5.84e+16	5.00	9.63e+13	4.30	1225.10	58.60	1.79	8.77e+00	0.90	161.40	4
25/09/2006	16:04:48	3.70	-35.73	-72.20	54.70	0.20	4.49e+14	3.70	1.38e+10	8.10	595.20	2.30	0.64	8.39e+00	1.16	215.50	3
26/09/2006	05:45:36	2.80	-35.28	-71.82	36.80	0.20	5.45e+13	3.10	1.63e+08	6.50	605.50	0.10	-0.12	8.48e+00	0.78	256.50	2
26/09/2006	09:21:36	3.60	-36.41	-72.80	38.70	0.30	1.20e+15	3.90	6.87e+09	6.20	746.20	6.10	-0.21	9.54e+00	1.91	334.70	2
26/09/2006	12:28:48	2.70	-34.45	-71.14	87.40	0.20	8.18e+13	3.10	7.25e+07	7.10	556.50	0.40	-0.69	9.19e+00	1.37	323.80	3
27/09/2006	06:28:48	3.20	-35.15	-71.08	95.00	0.20	1.06e+14	3.30	1.46e+09	6.50	699.30	0.30	0.47	8.11e+00	1.82	212.00	2
29/09/2006	08:52:48	3.60	-36.12	-71.81	107.10	0.10	4.29e+14	3.50	1.34e+09	6.00	662.10	0.90	-0.35	9.36e+00	1.57	280.80	3
03/10/2006	13:12:00	3.90	-34.40	-72.25	33.00	0.20	2.72e+15	4.10	3.46e+10	7.90	600.00	32.60	0.04	9.55e+00	2.19	222.90	10
05/10/2006	11:45:36	3.40	-34.72	-71.79	41.30	0.20	2.40e+14	3.40	9.38e+08	10.20	524.40	3.20	-0.18	9.01e+00	0.93	271.80	5
08/10/2006	12:43:12	3.40	-37.39	-71.83	47.00	0.10	9.37e+14	3.80	2.09e+09	6.50	611.30	1.60	-0.59	9.85e+00	0.96	222.90	2
08/10/2006	18:43:12	4.30	-36.47	-72.18	42.30	0.30	9.28e+15	4.60	4.07e+11	8.10	509.30	46.20	0.43	9.55e+00	1.71	310.90	3
10/10/2006	06:57:36	3.60	-34.51	-71.44	70.20	0.20	8.01e+14	3.80	7.14e+09	6.40	787.10	13.20	0.03	9.18e+00	1.81	168.60	14
12/10/2006	01:40:48	3.60	-34.82	-71.71	44.00	0.30	1.43e+15	3.90	4.72e+09	7.40	635.20	7.30	-0.47	9.86e+00	1.78	173.30	10
13/10/2006	09:36:00	2.90	-34.47	-72.17	13.20	0.20	1.41e+15	3.50	1.74e+08	7.80	540.90	4.20	-1.89	1.13e+01	1.13	247.90	4
16/10/2006	22:04:48	3.70	-36.26	-71.50	151.10	0.20	2.80e+14	3.60	1.12e+10	10.00	716.60	5.10	0.81	8.07e+00	2.07	240.90	4
20/10/2006	01:55:12	3.80	-34.82	-72.64	15.00	0.30	4.18e+15	4.20	4.16e+10	10.20	596.50	128.10	-0.11	9.85e+00	1.24	284.30	4
21/10/2006	07:12:00	3.20	-35.64	-72.25	55.00	0.20	5.84e+14	3.70	6.24e+09	8.60	511.50	8.40	0.15	8.96e+00	1.86	177.90	4
21/10/2006	12:14:24	3.30	-36.20	-71.91	73.30	0.00	6.93e+14	3.40	1.89e+09	9.10	440.80	4.10	-0.46	9.63e+00	1.38	177.70	4
26/10/2006	06:00:00	3.40	-36.44	-73.79	40.70	0.20	2.38e+14	3.50	3.71e+09	6.80	1030.80	1.90	0.42	8.41e+00	1.21	334.50	3
26/10/2006	09:07:12	3.00	-35.79	-72.23	65.40	0.20	1.54e+14	3.20	2.05e+09	7.10	560.20	0.70	0.41	8.29e+00	0.95	192.20	3
29/10/2006	04:19:12	2.80	-34.70	-71.32	79.20	0.30	2.28e+14	3.40	2.35e+08	6.40	709.10	0.70	-0.75	9.57e+00	1.60	178.30	6
29/10/2006	10:48:00	3.50	-34.11	-72.06	38.30	0.30	1.00e+15	3.80	1.33e+10	7.00	651.20	4.70	0.18	9.10e+00	1.03	244.90	10
30/10/2006	10:33:36	2.80	-34.06	-72.15	33.50	0.30	7.73e+13	3.20	1.05e+09	6.50	646.60	0.20	0.50	7.98e+00	3.73	340.40	2
04/11/2006	01:12:00	3.30	-36.89	-73.64	46.80	0.30	7.39e+14	3.80	1.04e+10	9.60	540.70	10.40	0.24	8.94e+00	1.20	320.60	4
05/11/2006	13:26:24	2.80	-34.98	-71.16	99.40	0.20	2.88e+15	3.50	6.51e+08	7.50	539.50	16.50	-1.71	1.13e+01	1.72	187.60	3
06/11/2006	04:19:12	3.00	-35.27	-71.97	45.00	0.30	3.37e+13	3.00	2.63e+08	10.20	583.90	1.20	0.36	7.86e+00	0.68	251.20	3
06/11/2006	13:40:48	3.50	-34.66	-71.94	15.30	0.20	6.73e+14	3.60	9.51e+08	8.40	578.10	8.50	-0.74	9.90e+00	1.29	237.20	5

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.
10/11/2006	02:38:24	3.50	-34.74	-72.05	29.20	0.30	1.33e+15	3.80	1.39e+10	8.00	577.90	9.70	0.04	9.33e+00	3.95	197.90	6
13/11/2006	06:00:00	3.60	-36.85	-73.45	40.90	0.20	8.64e+14	3.90	3.62e+10	5.00	846.40	1.00	0.70	8.54e+00	1.25	316.20	4
14/11/2006	21:21:36	3.80	-34.49	-71.85	37.90	0.30	1.46e+15	4.00	2.27e+10	8.60	777.90	23.50	0.20	9.19e+00	1.05	197.70	11
16/11/2006	21:07:12	3.20	-35.43	-71.33	109.80	0.20	6.57e+14	3.60	6.78e+09	7.60	508.80	2.90	0.12	9.03e+00	0.70	224.40	3
18/11/2006	22:33:36	2.90	-35.64	-72.26	45.00	0.10	2.16e+14	3.30	7.76e+08	6.80	681.20	0.90	-0.20	9.00e+00	1.08	178.10	5
24/11/2006	20:24:00	3.20	-35.07	-71.65	61.40	0.30	3.86e+14	3.40	4.30e+09	8.50	489.60	2.40	0.22	8.76e+00	2.33	224.40	3
03/12/2006	11:31:12	3.20	-35.27	-71.06	118.50	0.20	4.63e+14	3.70	1.27e+10	9.60	525.80	4.90	0.59	8.45e+00	1.94	263.30	4
05/12/2006	07:26:24	2.80	-34.07	-71.92	39.90	0.10	4.43e+13	3.00	7.30e+07	8.30	536.40	0.20	-0.35	8.65e+00	1.24	353.00	4
05/12/2006	21:36:00	3.20	-34.10	-71.26	63.10	0.30	4.48e+14	3.60	2.04e+09	6.30	754.10	3.20	-0.19	9.21e+00	1.47	193.50	12
06/12/2006	23:45:36	3.10	-34.93	-72.53	24.30	0.20	6.44e+14	3.50	1.27e+09	8.00	505.40	3.50	-0.59	9.74e+00	1.45	276.20	3
10/12/2006	20:52:48	3.00	-35.37	-71.10	119.90	0.20	1.41e+14	3.20	3.01e+09	7.80	532.80	0.90	0.62	8.04e+00	0.76	253.90	3
16/12/2006	04:04:48	2.70	-35.90	-72.50	59.80	0.20	1.20e+14	3.30	3.35e+09	7.90	634.90	1.30	0.76	7.86e+00	2.94	176.10	6
20/12/2006	07:12:00	4.00	-37.38	-71.56	127.40	0.30	2.41e+14	3.60	1.27e+10	5.80	782.10	0.50	0.95	7.88e+00	0.97	360.00	2
22/12/2006	08:24:00	3.20	-36.36	-72.79	42.50	0.20	1.80e+14	3.40	1.37e+09	6.60	648.80	0.70	0.15	8.60e+00	1.19	265.70	5
22/12/2006	15:50:24	3.60	-34.90	-71.07	107.60	0.20	6.13e+14	3.70	6.12e+09	5.70	803.20	1.00	0.12	9.01e+00	1.97	213.90	3
25/12/2006	09:50:24	3.00	-35.07	-72.15	28.00	0.20	5.95e+13	3.10	1.88e+08	7.60	564.10	0.60	-0.10	8.50e+00	1.69	294.80	3
25/12/2006	22:48:00	4.60	-35.03	-71.76	58.50	0.20	5.37e+16	4.60	6.33e+11	5.50	899.60	194.80	-0.35	1.09e+01	1.71	224.70	7
02/01/2007	05:31:12	2.90	-34.01	-71.75	43.20	0.20	2.34e+13	2.90	7.85e+07	7.20	617.10	0.10	0.03	8.07e+00	1.65	351.80	2
03/01/2007	13:55:12	3.00	-35.89	-71.34	130.20	0.20	6.53e+13	3.20	1.30e+09	10.10	549.50	0.80	0.68	7.74e+00	0.72	272.90	4
07/01/2007	10:48:00	5.20	-35.41	-71.30	109.80	0.30	1.20e+16	4.50	1.61e+13	5.00	1102.80	17.10	1.89	8.17e+00	0.95	199.60	6
07/01/2007	14:24:00	2.60	-34.08	-71.04	71.60	0.20	2.84e+14	3.30	3.54e+08	7.00	698.40	3.40	-0.70	9.58e+00	1.15	187.80	7
08/01/2007	08:38:24	3.10	-34.66	-71.84	44.60	0.20	1.00e+14	3.20	1.85e+08	7.80	540.60	0.50	-0.40	8.95e+00	2.22	271.60	4
08/01/2007	13:26:24	4.20	-36.06	-71.56	129.00	0.20	6.22e+14	3.70	1.74e+10	8.50	599.50	27.50	0.56	8.57e+00	2.19	202.80	6
16/01/2007	23:02:24	2.70	-34.34	-71.01	81.40	0.20	9.96e+13	3.20	4.22e+08	7.80	493.80	0.50	-0.04	8.59e+00	0.58	340.60	2
17/01/2007	03:36:00	2.90	-37.47	-73.03	61.10	0.30	3.31e+14	3.50	2.43e+09	7.10	717.00	1.10	0.06	8.88e+00	1.10	213.30	4
23/01/2007	04:48:00	2.90	-35.96	-71.92	76.20	0.10	2.17e+15	3.30	1.36e+09	7.70	661.10	12.30	-1.24	1.08e+01	3.59	127.30	4
25/01/2007	04:04:48	2.50	-35.09	-71.30	72.60	0.20	2.27e+14	3.30	2.11e+08	7.30	529.10	0.60	-0.80	9.61e+00	1.28	354.40	2
25/01/2007	10:48:00	4.00	-36.59	-72.58	69.40	0.20	2.71e+15	4.20	2.33e+11	11.40	632.60	86.50	0.87	8.72e+00	2.03	277.90	5
31/01/2007	06:00:00	2.70	-34.56	-71.40	66.50	0.20	6.32e+13	3.00	8.22e+07	7.70	608.20	0.40	-0.50	8.91e+00	0.77	356.60	2
04/02/2007	06:14:24	2.80	-34.81	-71.62	46.80	0.20	6.81e+13	3.10	1.20e+08	6.60	658.20	0.30	-0.37	8.81e+00	0.79	353.70	2
04/02/2007	10:48:00	3.00	-34.89	-71.13	85.30	0.30	8.30e+14	3.70	1.54e+09	8.30	618.80	5.90	-0.65	9.87e+00	0.90	188.80	7
12/02/2007	07:12:00	3.40	-34.86	-71.03	106.20	0.20	7.95e+14	3.60	1.42e+09	6.40	733.80	2.40	-0.66	9.87e+00	1.11	198.40	8
13/02/2007	05:45:36	3.10	-35.68	-71.52	105.40	0.30	2.67e+13	2.90	8.54e+07	6.50	617.10	0.10	-0.00	8.14e+00	0.68	323.40	2
16/02/2007	10:48:00	2.40	-34.53	-71.12	73.30	0.10	9.04e+13	3.10	7.17e+08	6.90	603.60	0.20	0.25	8.28e+00	6.53	329.30	3
22/02/2007	02:38:24	3.00	-35.13	-71.18	103.00	0.20	9.15e+13	3.30	1.71e+09	9.40	417.40	0.60	0.62	7.91e+00	1.45	353.40	2
25/02/2007	18:28:48	3.10	-35.50	-71.69	89.50	0.30	2.45e+14	3.50	1.47e+09	12.00	428.70	11.40	0.00	8.83e+00	1.15	348.00	2
04/03/2007	17:45:36	3.50	-35.33	-71.18	88.40	0.20	4.62e+14	3.70	8.97e+09	7.10	672.30	3.00	0.44	8.60e+00	1.21	217.40	5
05/03/2007	22:48:00	2.60	-34.31	-71.19	67.00	0.30	3.89e+13	3.00	3.09e+08	8.90	464.30	0.20	0.35	7.91e+00	0.48	343.90	2
09/03/2007	09:21:36	3.00	-35.03	-71.34	69.70	0.20	2.21e+14	3.50	3.96e+08	8.30	489.80	1.50	-0.51	9.31e+00	1.69	175.30	3

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
10/03/2007	07:40:48	4.30	-34.51	-71.77	28.50	0.30	1.37e+16	4.50	2.54e+11	6.00	764.20	53.60	0.01	1.01e+01	1.06	220.60	11
11/03/2007	13:12:00	5.00	-34.47	-72.20	35.30	0.30	3.54e+16	5.00	9.60e+12	5.20	1221.40	136.30	1.06	9.34e+00	1.16	257.90	8
11/03/2007	14:52:48	3.00	-34.47	-72.09	30.20	0.20	2.16e+14	3.50	3.67e+08	5.90	708.10	0.50	-0.53	9.33e+00	0.83	274.60	4
11/03/2007	17:45:36	3.90	-34.48	-72.16	31.40	0.20	2.92e+15	4.20	6.01e+10	8.30	609.60	23.80	0.24	9.37e+00	0.91	255.60	7
17/03/2007	06:28:48	3.10	-35.57	-71.55	97.40	0.20	4.91e+14	3.60	4.02e+09	8.70	478.90	2.50	0.06	9.00e+00	1.16	178.10	4
17/03/2007	06:43:12	3.30	-35.41	-71.67	89.60	0.20	1.58e+15	3.70	4.84e+09	5.20	849.10	0.90	-0.51	9.93e+00	1.25	177.90	4
18/03/2007	11:16:48	3.20	-34.75	-71.92	15.20	0.30	4.70e+14	3.60	1.28e+09	10.10	411.30	3.80	-0.42	9.46e+00	4.59	257.10	3
19/03/2007	06:43:12	2.70	-35.56	-71.93	57.30	0.20	9.57e+13	3.20	1.56e+09	10.20	488.50	0.80	0.55	7.99e+00	2.44	185.40	3
23/03/2007	07:40:48	2.90	-35.84	-71.38	129.40	0.20	8.51e+13	3.20	3.20e+09	5.20	1111.50	0.20	0.93	7.58e+00	1.78	321.40	2
04/04/2007	03:07:12	3.20	-35.85	-72.46	55.00	0.20	2.21e+14	3.40	3.17e+09	5.10	819.00	0.20	0.40	8.41e+00	1.53	335.20	3
04/04/2007	16:19:12	2.90	-34.96	-71.21	88.00	0.20	2.15e+14	3.40	4.00e+08	9.10	511.20	3.50	-0.49	9.28e+00	0.94	342.20	2
04/04/2007	17:45:36	4.00	-34.98	-71.52	64.70	0.20	3.33e+15	4.30	5.31e+10	6.50	698.00	8.60	0.12	9.54e+00	0.96	169.40	8
09/04/2007	01:12:00	3.50	-36.15	-72.51	20.20	0.20	2.45e+14	3.50	1.95e+09	7.30	540.70	1.20	0.13	8.71e+00	1.81	360.00	2
12/04/2007	04:19:12	3.50	-34.47	-72.09	32.20	0.20	1.01e+15	3.90	5.30e+09	7.20	709.20	14.50	-0.22	9.51e+00	1.15	210.50	12
12/04/2007	10:19:12	2.60	-34.69	-71.74	39.70	0.20	2.31e+14	3.40	7.03e+08	7.80	587.60	3.70	-0.28	9.10e+00	3.19	356.80	2
15/04/2007	00:28:48	2.10	-34.57	-71.03	75.10	0.30	1.19e+13	2.70	4.82e+06	10.80	558.60	0.20	-0.80	8.69e+00	1.54	342.80	2
26/04/2007	10:33:36	2.80	-34.86	-71.69	36.90	0.30	1.06e+14	3.30	1.50e+08	7.70	622.90	1.20	-0.52	9.10e+00	2.28	337.60	2
30/04/2007	02:38:24	2.20	-34.31	-71.09	84.40	0.20	4.26e+13	2.90	4.71e+07	5.30	841.00	0.10	-0.52	8.81e+00	1.67	318.10	4
01/05/2007	03:07:12	3.00	-34.51	-71.96	36.20	0.20	1.63e+14	3.40	1.36e+08	7.60	555.50	0.60	-0.80	9.51e+00	1.94	332.30	4
02/05/2007	07:55:12	3.60	-35.94	-71.81	105.40	0.20	5.24e+14	3.70	8.70e+09	8.60	634.30	6.30	0.36	8.72e+00	0.60	228.80	2
03/05/2007	07:40:48	3.00	-34.81	-71.73	41.50	0.20	1.93e+14	3.40	3.94e+08	7.50	570.10	0.80	-0.43	9.20e+00	0.99	274.80	7
03/05/2007	23:02:24	3.50	-35.13	-71.61	61.10	0.20	3.82e+14	3.70	1.20e+10	5.70	840.40	0.60	0.67	8.31e+00	0.59	211.30	2
05/05/2007	05:02:24	4.20	-37.38	-72.52	75.00	0.20	3.85e+15	4.10	4.06e+10	9.20	864.30	11.40	-0.08	9.78e+00	1.00	180.20	2
06/05/2007	06:00:00	3.00	-34.08	-72.16	37.90	0.20	1.43e+14	3.40	1.86e+08	7.80	550.60	0.70	-0.59	9.26e+00	0.84	282.10	6
06/05/2007	17:31:12	2.80	-35.12	-71.39	76.00	0.20	3.23e+15	3.50	7.68e+08	6.80	650.20	18.30	-1.71	1.13e+01	0.61	175.20	3
07/05/2007	20:52:48	3.80	-34.15	-72.54	44.90	0.20	5.99e+14	3.80	8.77e+09	6.00	684.70	1.40	0.29	8.83e+00	0.80	297.10	4
09/05/2007	13:26:24	2.90	-35.07	-71.25	93.20	0.20	1.02e+15	3.60	8.68e+08	8.90	452.50	12.00	-1.01	1.03e+01	0.61	338.70	2
11/05/2007	04:19:12	2.50	-34.13	-71.26	64.30	0.20	2.16e+13	2.90	2.79e+07	6.80	614.10	0.10	-0.37	8.45e+00	1.61	318.50	4
11/05/2007	06:00:00	3.40	-34.46	-72.09	32.60	0.20	6.34e+14	3.70	2.11e+09	7.00	679.40	5.30	-0.36	9.50e+00	1.03	210.60	10
12/05/2007	21:21:36	2.20	-34.25	-71.05	66.70	0.20	6.22e+13	3.00	1.37e+08	7.30	534.90	0.30	-0.27	8.67e+00	0.61	315.00	2
13/05/2007	04:33:36	4.20	-35.44	-71.32	96.30	0.10	7.80e+15	4.30	8.43e+11	5.30	857.50	13.70	0.85	9.08e+00	0.58	225.80	2
13/05/2007	12:57:36	3.20	-35.02	-71.14	102.70	0.20	3.03e+14	3.60	3.08e+09	4.90	980.90	0.40	0.21	8.70e+00	0.67	246.10	2
17/05/2007	12:14:24	4.00	-35.30	-71.90	61.90	0.20	2.86e+15	4.10	6.57e+11	8.90	452.60	29.60	1.29	8.32e+00	0.58	211.00	2
18/05/2007	07:12:00	3.30	-34.23	-71.36	66.10	0.20	6.49e+14	3.70	7.02e+09	5.50	871.10	2.50	0.14	9.00e+00	1.68	215.40	9
21/05/2007	20:24:00	3.60	-34.85	-71.91	24.00	0.30	9.66e+14	3.80	1.22e+09	8.70	477.50	5.00	-0.84	1.01e+01	0.97	206.20	4
23/05/2007	12:00:00	3.20	-35.46	-71.31	94.50	0.20	2.25e+14	3.30	1.25e+09	8.30	505.40	0.80	-0.02	8.83e+00	0.58	228.50	2
24/05/2007	07:40:48	3.60	-35.69	-72.76	5.00	0.30	2.63e+15	3.70	3.06e+09	6.30	611.00	6.40	-0.99	1.06e+01	0.58	271.60	2
26/05/2007	07:12:00	2.90	-34.32	-71.11	72.00	0.20	2.55e+14	3.40	8.22e+08	6.40	666.30	0.50	-0.27	9.12e+00	1.50	312.90	6
28/05/2007	22:33:36	3.30	-34.94	-71.08	105.50	0.20	2.24e+14	3.50	4.56e+09	7.20	597.30	0.90	0.55	8.26e+00	0.73	208.90	3

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
30/05/2007	14:24:00	3.50	-34.38	-72.26	9.90	0.20	2.97e+15	4.10	5.93e+09	6.30	716.80	-0.77	1.04e+01	0.84	280.30	4	
05/06/2007	17:45:36	2.50	-34.41	-71.22	69.50	0.20	3.53e+13	3.00	2.43e+07	7.00	564.40	0.10	-0.70	8.93e+00	1.05	339.30	2
09/06/2007	22:48:00	3.10	-34.74	-71.77	39.30	0.20	3.66e+14	3.60	1.75e+09	8.50	723.10	2.70	-0.14	9.11e+00	0.94	276.60	4
10/06/2007	21:36:00	3.20	-35.66	-72.20	43.30	0.20	2.07e+14	3.40	2.05e+09	6.70	893.20	0.20	0.24	8.54e+00	0.59	202.60	2
12/06/2007	10:33:36	4.60	-37.64	-73.30	55.30	0.20	5.74e+15	4.20	1.83e+11	7.50	581.80	16.50	0.35	9.48e+00	1.07	230.70	2
15/06/2007	23:45:36	3.30	-34.80	-71.21	72.10	0.20	9.14e+14	3.80	4.26e+09	7.80	623.00	2.70	-0.26	9.51e+00	0.91	152.00	7
19/06/2007	06:00:00	4.10	-35.40	-72.58	29.40	0.20	3.70e+15	4.20	2.65e+11	7.30	568.00	18.80	0.76	8.94e+00	0.61	256.40	3
22/06/2007	23:45:36	3.10	-35.99	-71.40	11.40	0.20	3.30e+14	3.50	3.65e+09	5.60	732.60	0.40	0.23	8.70e+00	0.67	213.70	3
25/06/2007	08:38:24	2.80	-35.36	-71.62	85.00	0.30	3.36e+14	3.40	9.94e+08	9.30	576.10	20.70	-0.34	9.28e+00	0.81	177.60	3
26/06/2007	02:38:24	3.60	-35.29	-72.23	45.50	0.10	9.35e+14	3.80	6.53e+09	9.50	525.80	11.30	-0.09	9.35e+00	1.23	237.00	4
01/07/2007	10:19:12	3.30	-34.65	-71.90	15.00	0.20	4.92e+14	3.70	9.89e+08	6.90	669.90	1.90	-0.55	9.61e+00	0.87	279.20	4
03/07/2007	00:43:12	3.00	-34.64	-71.88	31.90	0.30	1.19e+14	3.30	5.26e+07	7.80	499.60	0.50	-1.04	9.65e+00	2.46	341.70	2
06/07/2007	11:31:12	4.00	-37.35	-72.96	41.60	0.10	2.52e+15	4.10	3.70e+10	7.10	618.50	5.00	0.11	9.46e+00	1.07	209.10	5
06/07/2007	16:04:48	3.40	-36.90	-72.40	74.80	0.20	1.05e+14	3.30	5.51e+08	11.70	564.40	4.40	0.05	8.52e+00	1.52	315.00	2
08/07/2007	07:26:24	3.60	-34.07	-72.22	38.90	0.20	8.06e+14	3.90	7.55e+09	6.40	671.50	2.30	0.06	9.16e+00	1.15	275.50	8
08/07/2007	22:19:12	3.20	-34.76	-71.80	34.20	0.20	2.12e+14	3.40	1.37e+08	9.90	517.20	6.60	-0.95	9.74e+00	1.19	342.20	3
13/07/2007	12:00:00	2.90	-35.16	-71.53	85.00	0.20	1.81e+14	3.30	1.79e+09	8.10	593.80	1.50	0.26	8.48e+00	0.58	197.30	2
14/07/2007	19:40:48	2.40	-34.18	-71.02	82.70	0.20	4.48e+13	3.10	1.85e+07	7.30	534.90	0.20	-0.95	9.26e+00	3.71	331.60	2
18/07/2007	18:14:24	3.80	-36.30	-73.31	23.70	0.10	2.08e+14	3.40	1.56e+09	6.70	642.60	1.50	0.12	8.66e+00	1.05	300.80	3
20/07/2007	23:31:12	2.80	-34.31	-71.06	86.10	0.30	8.55e+14	3.40	3.14e+08	6.10	701.80	0.50	-1.36	1.06e+01	1.50	333.90	5
25/07/2007	07:12:00	4.20	-35.05	-71.67	62.80	0.20	2.60e+15	4.00	1.70e+11	7.90	740.40	37.00	0.76	8.82e+00	0.60	215.90	4
25/07/2007	14:09:36	3.30	-36.48	-71.25	169.10	0.30	2.37e+14	3.60	1.19e+10	6.50	787.30	1.30	0.93	7.90e+00	2.47	283.40	2
26/07/2007	13:55:12	3.80	-36.94	-72.94	63.50	0.20	7.53e+14	3.80	2.60e+10	4.70	1043.70	1.80	0.63	8.56e+00	1.76	311.10	4
26/07/2007	21:07:12	3.50	-34.69	-71.92	31.10	0.30	8.39e+14	3.90	8.42e+09	8.20	619.70	6.50	0.08	9.14e+00	1.53	199.70	9
27/07/2007	13:40:48	3.00	-34.52	-71.05	79.10	0.20	7.60e+14	3.40	1.74e+08	5.60	866.90	0.70	-1.55	1.07e+01	0.49	324.80	4
29/07/2007	17:02:24	3.80	-34.72	-71.31	81.50	0.20	1.86e+15	4.00	2.88e+10	7.00	733.60	10.40	0.17	9.30e+00	1.68	158.30	12
30/07/2007	23:31:12	2.20	-34.38	-71.42	62.80	0.20	2.77e+13	2.90	1.16e+08	7.00	576.00	0.10	0.11	8.04e+00	1.75	327.70	2
01/08/2007	03:07:12	3.30	-35.86	-71.36	102.80	0.20	1.18e+14	3.20	1.49e+09	8.20	549.70	0.60	0.42	8.19e+00	2.31	244.20	4
03/08/2007	00:57:36	3.50	-36.55	-72.89	34.90	0.20	2.92e+14	3.40	2.79e+09	9.90	686.40	4.30	0.19	8.71e+00	1.70	284.60	5
03/08/2007	23:02:24	2.70	-34.00	-71.29	49.90	0.10	1.01e+13	2.60	1.06e+08	8.90	458.50	0.10	0.63	7.21e+00	0.32	317.80	2
05/08/2007	10:04:48	3.40	-35.30	-72.85	7.30	0.30	7.23e+14	3.60	4.47e+08	7.30	958.90	2.90	-1.11	1.03e+01	2.26	297.30	5
05/08/2007	19:26:24	3.80	-37.62	-73.33	36.00	0.30	1.78e+15	3.90	1.05e+10	5.80	689.70	6.10	-0.24	9.70e+00	1.23	232.40	3
13/08/2007	07:12:00	3.00	-34.31	-72.46	37.10	0.30	1.05e+14	3.30	1.64e+08	7.50	540.70	0.50	-0.48	9.05e+00	0.68	355.20	2
14/08/2007	09:50:24	3.10	-35.14	-72.21	6.30	0.20	3.92e+15	3.70	5.15e+08	7.40	622.80	22.50	-1.99	1.17e+01	0.89	236.10	3
16/08/2007	06:43:12	2.50	-35.02	-71.19	84.40	0.30	2.59e+14	3.20	3.04e+08	11.20	393.90	3.70	-0.71	9.57e+00	1.08	189.10	4
16/08/2007	20:38:24	4.70	-34.78	-71.78	40.90	0.20	1.80e+16	4.70	2.59e+12	6.20	771.00	66.30	0.87	9.32e+00	1.41	179.30	11
23/08/2007	00:28:48	3.00	-34.37	-71.33	68.50	0.20	1.70e+14	3.40	7.56e+08	6.40	634.90	0.50	-0.08	8.80e+00	2.19	335.50	5
29/08/2007	18:28:48	2.20	-34.01	-71.06	63.00	0.10	2.40e+13	2.80	3.26e+07	7.00	581.80	0.10	-0.36	8.47e+00	2.47	338.80	2
01/09/2007	14:09:36	2.50	-34.77	-71.12	77.00	0.20	4.10e+14	3.20	6.24e+08	5.40	788.20	0.10	-0.65	9.65e+00	0.77	345.90	2

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.
01/09/2007	22:33:36	3.90	-35.45	-71.25	110.80	0.20	2.76e+15	4.00	2.42e+11	6.60	899.00	21.90	0.88	8.72e+00	1.24	207.20	4
03/09/2007	00:57:36	3.50	-34.71	-72.31	26.50	0.20	3.97e+14	3.70	3.46e+09	6.80	630.00	1.60	0.11	8.88e+00	1.33	215.30	5
12/09/2007	06:57:36	3.20	-34.07	-71.61	45.30	0.30	2.34e+14	3.50	7.20e+08	7.90	540.90	1.00	-0.28	9.10e+00	1.10	238.40	7
17/09/2007	05:31:12	3.10	-36.81	-71.80	104.90	0.30	1.93e+14	3.20	9.86e+08	7.90	801.70	0.70	-0.04	8.80e+00	2.26	304.40	5
21/09/2007	11:31:12	3.00	-35.28	-71.50	85.00	0.20	1.85e+14	3.40	5.38e+09	6.80	603.50	0.70	0.72	8.03e+00	2.73	185.10	3
21/09/2007	22:33:36	3.20	-35.01	-71.31	79.70	0.20	5.45e+14	3.70	3.84e+09	6.60	704.30	1.50	-0.02	9.11e+00	1.07	159.30	7
23/09/2007	22:33:36	2.70	-35.82	-71.46	98.90	0.20	3.92e+13	3.00	1.12e+08	7.60	658.20	0.30	-0.10	8.36e+00	0.58	320.10	2
25/09/2007	19:26:24	3.30	-34.89	-71.08	99.60	0.20	8.23e+15	3.80	3.83e+09	7.20	675.90	47.50	-1.53	1.15e+01	1.36	187.60	6
28/09/2007	05:02:24	3.30	-34.96	-71.48	73.00	0.20	8.76e+14	3.80	1.15e+10	7.80	550.00	3.50	0.19	9.05e+00	0.97	165.20	7
29/09/2007	10:48:00	4.20	-35.63	-73.41	34.50	0.20	1.25e+15	3.90	5.53e+10	6.00	711.20	4.40	0.68	8.67e+00	1.62	308.70	4
03/10/2007	02:52:48	3.00	-35.84	-71.54	108.00	0.10	3.06e+13	3.00	1.51e+08	4.60	1269.60	0.10	0.17	8.01e+00	0.84	317.00	2
06/10/2007	16:48:00	2.20	-34.71	-71.24	73.00	0.20	7.58e+13	3.00	2.29e+07	6.80	676.10	0.10	-1.15	9.62e+00	1.00	331.60	2
08/10/2007	03:36:00	3.20	-34.63	-72.40	25.10	0.20	4.36e+15	3.70	1.19e+09	6.70	24.50	-1.68	1.14e+01	1.07	285.40	5	
15/10/2007	02:24:00	3.30	-36.29	-71.15	146.40	0.20	9.25e+13	3.20	1.37e+09	5.20	967.60	0.10	0.51	8.02e+00	2.06	287.10	3
18/10/2007	03:36:00	3.50	-36.17	-71.38	112.50	0.20	1.57e+14	3.40	2.70e+09	6.90	796.30	0.40	0.52	8.18e+00	3.15	262.10	4
21/10/2007	00:00:00	3.40	-36.46	-71.63	113.30	0.20	1.94e+14	3.30	2.17e+09	9.40	697.40	1.40	0.30	8.46e+00	2.88	247.20	3
28/10/2007	01:26:24	2.70	-34.60	-71.70	19.90	0.30	1.57e+14	3.40	1.46e+08	8.30	499.60	1.70	-0.75	9.45e+00	1.74	335.00	2
28/10/2007	04:04:48	2.50	-34.56	-71.30	66.20	0.20	7.65e+13	3.20	1.44e+08	8.90	561.80	1.40	-0.36	8.83e+00	2.83	329.10	5
28/10/2007	18:28:48	3.50	-34.56	-72.00	15.00	0.20	2.50e+16	4.30	9.59e+09	6.60	847.10	18.00	-1.74	1.20e+01	1.87	203.20	9
29/10/2007	21:07:12	3.40	-34.27	-71.92	35.20	0.30	6.16e+14	3.80	2.38e+09	8.60	571.30	4.40	-0.30	9.42e+00	1.91	328.90	8
29/10/2007	21:36:00	3.50	-36.03	-71.61	97.80	0.30	2.34e+14	3.50	3.45e+09	4.10	1101.10	0.10	0.40	8.42e+00	2.14	209.40	3
31/10/2007	15:07:12	3.50	-36.36	-71.74	90.50	0.20	3.41e+14	3.50	3.74e+09	6.30	634.90	0.40	0.23	8.71e+00	2.05	214.90	3
08/11/2007	11:55:36	5.00	-35.83	-72.88	50.90	0.20	5.47e+15	4.50	7.96e+11	4.70	940.70	9.90	1.02	8.80e+00	2.49	311.10	2
09/11/2007	02:38:24	4.00	-34.18	-71.79	39.90	0.20	1.65e+15	4.00	1.51e+10	6.80	869.80	15.50	-0.04	9.48e+00	1.63	227.00	10
24/11/2007	00:28:48	4.00	-35.60	-72.97	63.50	0.20	4.22e+14	3.30	1.56e+09	5.60	816.90	0.50	-0.27	9.28e+00	1.84	326.00	2
03/12/2007	01:40:48	3.10	-34.61	-72.38	47.60	0.30	4.10e+15	3.60	1.08e+08	6.30	646.60	3.10	-2.69	1.24e+01	0.48	356.60	2
04/12/2007	08:38:24	2.60	-34.43	-72.17	33.90	0.10	1.03e+14	3.20	1.68e+08	7.30	666.70	0.90	-0.46	9.02e+00	1.11	286.00	4
07/12/2007	03:07:12	3.00	-37.67	-72.33	88.60	0.10	6.15e+14	3.60	1.09e+09	9.00	489.80	4.20	-0.63	9.76e+00	1.15	180.20	3
07/12/2007	06:57:36	2.90	-34.53	-71.13	73.20	0.20	4.31e+14	3.40	6.48e+08	7.20	646.50	7.10	-0.66	9.68e+00	1.06	326.00	9
09/12/2007	11:02:24	3.00	-34.70	-71.10	95.50	0.20	4.60e+14	3.50	1.51e+09	7.10	732.40	1.50	-0.33	9.37e+00	1.08	166.80	9
25/12/2007	00:28:48	3.60	-36.27	-72.98	26.10	0.30	8.71e+14	3.80	8.50e+09	5.50	815.10	2.70	0.06	9.17e+00	1.47	342.20	3
26/12/2007	12:57:36	4.20	-36.44	-72.98	10.50	0.20	1.23e+16	4.50	4.45e+11	9.70	543.20	168.60	0.32	9.75e+00	3.10	284.50	5
01/01/2008	23:02:24	4.70	-34.89	-71.25	79.30	0.20	2.54e+16	4.70	2.31e+12	6.90	874.50	112.70	0.63	9.67e+00	2.09	154.50	13
05/01/2008	05:45:36	2.50	-34.17	-71.44	46.20	0.20	4.76e+13	3.10	1.58e+08	11.20	483.60	1.60	-0.06	8.38e+00	0.92	319.00	7
06/01/2008	09:50:24	5.00	-36.22	-73.15	23.50	0.30	2.15e+16	4.70	1.24e+12	5.90	811.10	35.40	0.45	9.79e+00	1.92	302.40	2
06/01/2008	10:48:00	3.10	-35.25	-72.24	27.10	0.20	4.62e+14	3.40	2.13e+08	7.80	595.40	1.20	-1.19	1.02e+01	1.63	258.90	3
06/01/2008	11:31:12	3.10	-35.12	-71.41	69.30	0.20	1.26e+14	3.20	4.12e+08	8.00	534.80	0.50	-0.18	8.81e+00	1.27	169.00	4
08/01/2008	23:16:48	3.20	-35.47	-71.04	119.30	0.30	1.52e+14	3.40	4.70e+09	7.80	575.70	0.90	0.77	7.91e+00	1.27	296.80	2
10/01/2008	23:02:24	2.50	-34.98	-71.02	104.20	0.20	2.01e+14	3.30	1.59e+09	6.50	611.30	0.50	0.15	8.63e+00	0.37	335.90	2

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	HE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.
12/01/2008	21:50:24	2.90	-35.44	-71.58	92.70	0.30	2.83e+14	3.40	1.16e+09	7.80	499.40	0.60	-0.18	9.06e+00	1.25	278.50	2
13/01/2008	02:52:48	3.60	-34.74	-71.78	38.30	0.20	1.38e+15	3.90	7.62e+09	7.90	574.00	10.50	-0.24	9.62e+00	1.97	222.70	6
02/02/2008	10:19:12	3.20	-35.84	-71.38	95.00	0.20	1.01e+14	3.30	2.02e+09	8.90	502.40	0.60	0.63	7.93e+00	1.56	208.10	4
03/02/2008	23:31:12	4.10	-36.52	-71.93	80.10	0.20	3.21e+15	3.70	2.35e+10	7.80	555.30	17.20	-0.22	9.86e+00	1.55	215.50	4
09/02/2008	21:21:36	3.10	-34.01	-72.11	80.80	0.20	1.71e+14	3.50	5.96e+08	7.00	622.90	0.80	-0.19	8.91e+00	1.38	329.70	3
12/02/2008	03:07:12	3.40	-35.26	-72.21	27.40	0.20	3.30e+14	3.10	2.37e+08	10.50	449.80	0.70	-0.95	9.88e+00	1.18	223.30	4
22/02/2008	04:33:36	3.80	-34.94	-71.61	65.00	0.20	1.74e+15	4.10	4.89e+10	6.60	721.70	6.00	0.44	9.01e+00	1.82	201.70	5
26/02/2008	13:12:00	3.20	-34.77	-71.43	40.70	0.20	2.91e+14	3.50	9.58e+07	7.90	537.80	0.80	-1.28	1.02e+01	2.02	347.60	2
01/03/2008	15:36:00	3.20	-36.13	-71.73	71.40	0.20	3.49e+14	3.50	1.61e+09	8.30	476.10	2.20	-0.15	9.10e+00	2.16	190.30	4
02/03/2008	15:36:00	3.50	-36.96	-72.31	67.90	0.20	2.09e+15	4.00	5.55e+10	5.60	1023.10	29.60	0.39	9.12e+00	2.43	323.90	3
03/03/2008	10:04:48	3.50	-34.11	-71.64	37.10	0.20	4.75e+15	3.70	1.67e+09	7.20	564.10	27.20	-1.58	1.13e+01	1.62	219.30	6
08/03/2008	01:12:00	3.40	-36.02	-72.27	62.00	0.20	6.00e+14	3.50	2.17e+10	7.00	679.30	3.00	0.68	8.44e+00	2.95	125.10	5
10/03/2008	22:19:12	2.80	-34.05	-71.12	82.80	0.20	8.12e+13	3.10	7.02e+07	6.30	966.90	0.80	-0.70	9.19e+00	1.33	306.80	4
12/03/2008	23:31:12	3.30	-37.74	-73.40	37.40	0.10	6.70e+14	3.60	2.67e+09	5.60	875.90	0.30	-0.29	9.45e+00	1.13	255.90	2
15/03/2008	19:40:48	2.90	-37.70	-72.96	47.30	0.30	5.37e+14	3.50	4.39e+08	6.50	646.50	1.70	-0.95	1.00e+01	0.99	209.70	3
17/03/2008	03:07:12	3.30	-34.68	-71.94	31.90	0.20	4.60e+14	3.50	1.24e+09	10.40	483.50	5.30	-0.42	9.45e+00	1.56	243.60	4
17/03/2008	22:19:12	3.60	-35.48	-71.44	107.30	0.20	3.35e+14	3.50	1.83e+10	7.50	540.70	1.50	0.93	8.01e+00	1.36	296.00	2
20/03/2008	11:16:48	3.30	-34.98	-71.19	88.30	0.20	7.46e+14	3.70	7.87e+09	8.00	500.90	3.70	0.12	9.07e+00	1.40	184.90	5
21/03/2008	11:02:24	2.50	-34.85	-71.10	101.70	0.20	1.00e+14	3.20	1.34e+08	5.90	810.90	0.40	-0.54	9.09e+00	0.97	340.30	3
24/03/2008	07:26:24	3.60	-35.12	-71.25	100.90	0.30	1.10e+15	3.90	8.85e+10	8.00	761.00	54.00	0.95	8.36e+00	1.30	192.00	4
29/03/2008	20:24:00	3.30	-35.27	-71.44	93.80	0.20	1.52e+14	3.30	1.17e+10	8.30	458.50	0.70	1.17	7.52e+00	2.87	356.20	2
03/04/2008	18:00:00	3.80	-35.27	-71.04	114.80	0.20	6.53e+14	3.80	9.86e+10	11.70	446.90	31.40	1.29	7.86e+00	2.71	339.60	2
09/04/2008	19:12:00	3.10	-34.47	-71.81	37.90	0.20	1.08e+14	3.30	6.84e+07	8.70	472.10	0.70	-0.87	9.45e+00	2.22	342.90	2
15/04/2008	06:00:00	3.00	-35.18	-71.02	106.60	0.30	1.58e+14	3.40	2.52e+09	8.90	451.80	0.70	0.48	8.22e+00	1.98	219.20	2
15/04/2008	06:57:36	3.00	-34.54	-71.16	73.50	0.20	4.48e+14	3.60	1.88e+09	7.80	628.60	2.60	-0.22	9.25e+00	1.69	152.70	12
15/04/2008	17:02:24	3.50	-36.65	-71.48	110.30	0.30	5.27e+14	3.60	2.24e+10	6.20	770.00	1.30	0.76	8.32e+00	2.61	280.90	4
17/04/2008	08:09:36	3.50	-36.02	-72.47	38.30	0.20	2.72e+14	3.30	2.45e+09	8.70	458.50	1.40	0.17	8.70e+00	1.73	198.50	3
18/04/2008	02:09:36	4.70	-35.98	-72.37	35.50	0.10	6.90e+15	4.20	7.50e+11	6.40	654.50	22.30	0.86	9.02e+00	1.96	172.30	3
24/04/2008	14:24:00	3.10	-34.29	-71.86	45.20	0.20	2.77e+14	3.60	1.56e+09	5.70	734.30	0.60	-0.04	8.91e+00	1.05	256.50	8
30/04/2008	17:45:36	3.50	-34.58	-72.15	30.20	0.20	1.26e+15	4.00	1.63e+10	8.40	592.20	31.80	0.14	9.21e+00	0.99	258.80	5
03/05/2008	11:45:36	3.40	-37.07	-72.44	70.90	0.20	1.19e+15	3.90	3.89e+11	11.60	540.70	40.90	1.55	7.78e+00	4.43	161.40	4
05/05/2008	06:43:12	3.50	-35.81	-72.92	30.10	0.20	8.06e+14	3.90	5.15e+09	7.80	499.60	4.00	-0.11	9.32e+00	1.93	289.10	2
08/05/2008	02:09:36	3.70	-36.37	-72.02	42.40	0.20	1.11e+15	3.60	5.15e+09	5.00	885.70	3.20	-0.29	9.60e+00	0.77	185.80	3
08/05/2008	15:36:00	3.40	-34.69	-72.02	15.10	0.30	1.77e+15	4.00	9.43e+09	7.00	582.60	10.80	-0.28	9.74e+00	1.42	243.90	7
14/05/2008	12:14:24	3.10	-34.02	-71.76	45.60	0.10	1.59e+14	3.40	3.00e+08	9.30	515.10	2.70	-0.45	9.15e+00	1.53	323.30	4
21/05/2008	12:00:00	3.00	-35.42	-71.30	107.60	0.20	3.03e+13	2.90	3.45e+08	11.50	346.80	0.40	0.53	7.65e+00	0.69	267.70	2
25/05/2008	01:40:48	3.10	-36.24	-72.01	65.00	0.30	2.97e+14	3.20	1.58e+09	6.50	641.70	1.60	-0.07	8.97e+00	1.80	160.80	5
26/05/2008	03:07:12	4.10	-36.74	-73.33	21.30	0.20	1.89e+15	3.90	4.31e+10	4.40	995.30	3.80	0.34	9.14e+00	1.31	310.30	3
27/05/2008	05:02:24	3.30	-34.71	-71.50	43.70	0.30	8.26e+14	3.80	2.65e+09	7.00	825.10	8.00	-0.41	9.63e+00	1.45	173.80	7

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
29/05/2008	19:55:12	2.60	-34.14	-71.28	59.90	0.10	4.13e+13	3.00	1.01e+08	6.30	786.60	0.20	-0.17	8.45e+00	0.98	341.00	3
01/06/2008	02:52:48	3.20	-34.84	-71.18	91.10	0.30	1.89e+14	3.40	1.12e+09	7.60	517.30	0.70	0.03	8.73e+00	1.20	175.90	3
02/06/2008	13:12:00	3.20	-35.18	-71.50	82.60	0.30	2.48e+14	3.60	3.79e+09	9.90	411.60	1.80	0.41	8.43e+00	1.13	203.50	2
05/06/2008	07:55:12	3.00	-35.10	-71.12	98.50	0.30	6.03e+13	3.10	6.33e+08	6.80	576.00	0.20	0.42	7.98e+00	1.46	276.50	2
06/06/2008	03:50:24	3.60	-34.86	-72.55	26.80	0.30	1.91e+15	4.00	7.76e+09	8.90	688.70	36.60	-0.41	9.89e+00	1.39	278.20	5
09/06/2008	00:43:12	3.60	-35.44	-71.22	103.10	0.30	1.38e+15	3.90	1.49e+11	9.20	631.00	74.20	1.05	8.33e+00	0.59	212.00	3
14/06/2008	07:40:48	3.50	-35.61	-71.17	104.50	0.20	2.89e+14	3.50	1.34e+10	5.70	758.40	0.40	0.87	8.02e+00	0.57	221.60	4
14/06/2008	13:26:24	3.90	-37.26	-73.44	27.00	0.20	8.94e+14	3.70	4.23e+09	7.00	603.60	2.30	-0.25	9.50e+00	1.03	230.20	3
18/06/2008	05:16:48	3.30	-34.39	-72.40	25.70	0.10	1.02e+15	3.70	2.74e+08	9.90	417.40	5.50	-1.51	1.08e+01	1.61	236.20	2
21/06/2008	07:40:48	4.40	-35.76	-71.39	90.90	0.20	1.33e+15	4.00	2.09e+11	6.30	690.90	3.60	1.22	8.15e+00	2.61	203.10	4
24/06/2008	20:52:48	4.60	-35.84	-71.76	79.00	0.30	1.35e+15	3.90	8.06e+10	9.00	596.60	17.90	0.80	8.58e+00	0.65	171.10	4
25/06/2008	05:31:12	4.10	-36.16	-71.70	123.80	0.20	3.82e+15	3.90	1.22e+11	6.10	890.60	5.80	0.40	9.30e+00	3.82	195.40	4
27/06/2008	01:40:48	3.30	-34.48	-71.03	70.30	0.20	2.83e+15	3.80	5.42e+09	7.10	644.00	5.80	-0.78	1.04e+01	2.04	161.90	11
29/06/2008	02:38:24	3.60	-36.64	-73.34	40.40	0.10	9.56e+14	3.90	1.77e+10	8.30	588.10	9.20	0.33	8.93e+00	1.31	323.30	2
03/07/2008	19:26:24	4.20	-35.08	-71.19	99.40	0.10	1.88e+15	4.00	1.36e+11	6.40	801.90	4.10	0.84	8.64e+00	1.41	170.00	5
10/07/2008	09:50:24	2.90	-35.06	-71.14	108.20	0.20	1.18e+14	3.30	2.19e+09	6.00	758.40	0.30	0.58	8.03e+00	1.74	197.90	2
13/07/2008	10:19:12	3.00	-35.07	-71.24	79.70	0.20	3.52e+14	3.40	1.15e+09	7.20	617.20	0.90	-0.30	9.25e+00	1.49	189.90	4
18/07/2008	01:12:00	3.10	-36.34	-71.73	91.80	0.10	1.37e+14	3.30	9.75e+08	9.20	462.40	0.80	0.15	8.51e+00	1.44	221.10	3
18/07/2008	01:40:48	3.00	-36.74	-71.45	111.00	0.30	2.21e+14	3.30	1.16e+09	7.40	673.90	0.60	-0.04	8.85e+00	1.92	291.60	3
18/08/2008	08:38:24	3.60	-35.95	-71.59	102.40	0.20	5.20e+14	3.70	2.04e+10	6.30	697.40	1.20	0.73	8.34e+00	5.12	214.10	3
18/08/2008	11:02:24	3.40	-34.09	-71.22	65.00	0.10	1.09e+15	3.80	9.38e+09	6.40	750.90	5.30	-0.02	9.32e+00	2.14	190.50	9
19/08/2008	16:48:00	3.30	-37.40	-72.29	101.30	0.10	1.87e+14	3.40	7.56e+08	5.80	811.20	0.40	-0.13	8.89e+00	0.87	177.90	3
19/08/2008	22:48:00	3.00	-35.45	-71.97	58.20	0.10	1.89e+14	3.30	2.92e+09	8.90	452.70	0.90	0.45	8.31e+00	0.96	226.60	2
20/08/2008	20:24:00	2.60	-34.73	-71.25	78.80	0.20	1.01e+14	3.20	6.09e+07	6.50	702.00	0.10	-0.89	9.45e+00	1.68	332.00	3
24/08/2008	11:45:36	3.00	-34.33	-71.78	46.30	0.20	1.51e+14	3.30	1.33e+08	6.80	589.20	0.60	-0.77	9.46e+00	1.43	234.00	5
26/08/2008	16:33:36	2.80	-34.41	-71.17	83.80	0.20	1.97e+14	3.50	5.22e+08	6.50	711.70	0.90	-0.32	9.09e+00	1.96	332.50	4
31/08/2008	06:28:48	2.30	-34.04	-71.03	70.60	0.30	7.40e+13	3.00	1.45e+08	8.40	602.20	1.30	-0.34	8.80e+00	0.67	195.10	4
02/09/2008	07:26:24	3.10	-34.70	-71.87	28.50	0.20	3.47e+14	3.60	6.21e+08	6.20	658.40	0.90	-0.56	9.51e+00	2.07	237.90	3
02/09/2008	18:57:36	3.30	-36.06	-72.64	45.90	0.20	4.36e+14	3.50	3.78e+09	7.40	533.00	2.20	0.10	8.92e+00	1.63	235.20	3
11/09/2008	06:00:00	3.50	-36.06	-71.94	70.30	0.20	2.58e+14	3.10	1.73e+09	7.20	583.90	0.70	0.05	8.81e+00	2.14	170.60	3
20/09/2008	10:33:36	2.40	-36.30	-72.15	79.90	0.30	6.16e+13	2.80	5.78e+07	6.70	611.30	0.10	-0.64	9.04e+00	1.78	197.20	2
01/10/2008	17:02:24	5.10	-34.97	-71.10	109.50	0.20	1.07e+17	5.00	1.14e+13	7.80	665.50	1411.40	0.53	1.02e+01	2.14	171.90	5
02/10/2008	04:48:00	2.80	-34.98	-71.17	115.40	0.30	8.06e+13	3.20	9.97e+08	6.80	576.00	0.30	0.45	8.04e+00	1.82	187.00	2
02/10/2008	07:40:48	4.20	-35.22	-71.30	102.70	0.30	1.15e+15	3.90	9.98e+10	5.70	850.20	3.30	0.98	8.34e+00	1.88	324.20	3
04/10/2008	06:43:12	4.10	-35.25	-72.06	42.90	0.20	7.18e+15	4.20	3.28e+10	6.40	701.30	17.50	-0.52	1.04e+01	2.58	292.70	3
08/10/2008	17:45:36	3.90	-36.96	-72.45	88.00	0.30	5.85e+14	3.80	1.81e+10	4.20	940.70	0.30	0.61	8.50e+00	1.70	351.40	2
09/10/2008	12:43:12	4.20	-34.80	-72.02	43.10	0.20	4.94e+15	4.40	2.55e+11	7.00	714.10	45.90	0.58	9.20e+00	3.52	238.10	4
13/10/2008	02:09:36	3.40	-34.57	-72.17	25.00	0.20	7.23e+14	3.80	2.99e+09	6.00	678.10	1.80	-0.29	9.46e+00	1.85	251.70	5
13/10/2008	16:19:12	3.20	-34.95	-71.55	43.20	0.20	8.23e+14	3.90	3.68e+09	7.30	613.60	5.70	-0.27	9.49e+00	1.34	194.70	5

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	IE	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
23/10/2008	16:33:36	3.20	-35.41	-71.55	90.50	0.30	2.92e+14	3.60	9.37e+09	9.00	489.80	2.90	0.71	8.18e+00	2.53	265.40	3
24/10/2008	05:16:48	3.20	-34.90	-71.11	110.10	0.10	1.10e+15	3.50	1.05e+09	8.40	559.30	7.00	-0.97	1.03e+01	1.31	167.60	7
08/11/2008	05:02:24	3.60	-36.09	-72.55	43.10	0.30	1.65e+15	3.90	3.44e+10	7.40	578.10	7.40	0.32	9.12e+00	2.36	224.70	6
13/11/2008	04:33:36	4.10	-37.08	-72.94	38.70	0.10	1.43e+15	4.00	2.66e+10	3.90	1043.20	1.10	0.29	9.11e+00	1.59	210.60	4
13/11/2008	20:24:00	4.00	-36.26	-73.13	25.60	0.30	2.30e+15	4.10	9.45e+10	5.90	916.70	8.00	0.57	8.97e+00	1.40	302.50	4
14/11/2008	16:19:12	3.00	-35.04	-71.16	103.90	0.20	2.69e+14	3.50	2.70e+09	7.40	583.90	1.80	0.22	8.65e+00	0.87	194.00	3
19/11/2008	19:55:12	3.20	-35.12	-71.32	101.10	0.20	6.26e+14	3.60	3.78e+10	4.50	1046.30	0.50	0.90	8.24e+00	1.11	189.40	3
20/11/2008	07:55:12	2.90	-35.53	-71.60	87.40	0.30	1.69e+14	3.20	6.41e+08	7.00	621.20	0.80	-0.15	8.87e+00	1.23	150.00	6
20/11/2008	09:07:12	3.00	-35.54	-71.47	99.20	0.20	1.93e+14	3.30	3.00e+09	6.90	660.70	1.30	0.45	8.32e+00	0.98	178.90	5
23/11/2008	03:21:36	3.10	-35.43	-73.45	21.90	0.30	7.41e+14	3.70	3.42e+10	5.00	923.00	3.30	0.76	8.43e+00	3.78	306.80	6
24/11/2008	18:57:36	3.40	-35.91	-71.69	87.90	0.20	4.89e+14	3.60	2.98e+10	6.80	792.40	3.00	0.93	8.13e+00	1.27	157.10	5
26/11/2008	20:38:24	3.50	-34.83	-72.75	16.50	0.20	1.69e+15	4.00	2.12e+10	6.70	637.70	11.60	0.09	9.35e+00	1.01	288.10	4
29/11/2008	00:57:36	3.30	-36.22	-72.17	96.60	0.10	8.76e+14	3.60	1.74e+10	7.80	579.30	10.70	0.37	8.87e+00	1.40	132.00	6
29/11/2008	22:48:00	3.50	-36.23	-72.95	23.90	0.10	9.04e+14	3.70	2.06e+10	7.50	751.00	5.60	0.43	8.82e+00	2.40	276.40	5
02/12/2008	07:40:48	3.50	-34.13	-71.99	32.70	0.20	6.81e+14	3.70	3.26e+09	7.30	608.30	3.00	-0.22	9.37e+00	1.18	211.90	13
05/12/2008	18:00:00	2.90	-35.54	-72.79	18.50	0.20	3.87e+14	3.50	3.24e+10	9.50	580.20	10.50	1.09	7.89e+00	0.40	261.10	4
08/12/2008	06:28:48	2.90	-34.94	-71.11	105.00	0.20	5.91e+14	3.40	6.53e+08	8.50	599.50	1.50	-0.84	9.95e+00	0.87	188.60	4
08/12/2008	18:14:24	3.10	-35.21	-71.44	92.70	0.20	1.36e+15	3.80	4.17e+09	8.90	452.70	4.20	-0.49	9.87e+00	1.89	182.40	2
09/12/2008	16:19:12	2.60	-34.45	-71.41	73.00	0.20	7.34e+13	3.20	1.55e+08	8.90	570.00	2.30	-0.30	8.76e+00	2.47	325.80	5
10/12/2008	23:45:36	3.50	-34.07	-71.49	42.40	0.10	1.91e+15	3.80	4.49e+09	8.50	570.00	6.70	-0.65	1.01e+01	1.31	210.50	12
12/12/2008	22:04:48	3.70	-34.71	-72.09	15.00	0.30	1.12e+16	4.30	3.38e+10	6.90	795.80	54.80	-0.75	1.08e+01	1.17	210.60	9
13/12/2008	14:38:24	3.20	-34.69	-72.26	15.80	0.20	6.33e+15	3.90	1.41e+09	10.00	622.90	31.30	-1.81	1.17e+01	0.59	283.50	2
15/12/2008	17:55:36	3.10	-36.42	-72.31	54.20	0.20	5.61e+14	3.40	3.04e+09	7.50	623.20	2.90	-0.14	9.24e+00	2.14	206.40	4
15/12/2008	20:24:00	3.20	-34.70	-72.23	26.60	0.20	8.11e+14	3.80	5.04e+08	8.00	513.30	4.20	-1.12	1.03e+01	0.91	216.30	3
16/12/2008	15:50:24	3.10	-34.26	-71.76	39.20	0.10	1.49e+14	3.40	3.99e+08	6.70	654.70	0.40	-0.29	8.97e+00	0.58	326.40	6
25/12/2008	08:09:36	3.30	-34.44	-72.39	34.40	0.20	3.54e+14	3.60	1.53e+09	9.30	622.90	16.00	-0.18	9.14e+00	0.82	272.00	3
29/12/2008	01:26:24	4.80	-36.33	-72.98	40.80	0.30	1.15e+16	4.40	4.39e+12	9.00	601.80	119.90	1.35	8.70e+00	3.93	274.00	5
29/12/2008	04:19:12	3.00	-34.71	-71.01	101.30	0.20	8.10e+14	3.60	1.11e+09	7.40	716.70	46.30	-0.78	9.99e+00	1.16	165.50	10
04/01/2009	17:02:24	3.10	-34.70	-71.31	74.80	0.20	4.51e+14	3.60	1.68e+09	7.70	780.60	2.50	-0.28	9.30e+00	1.51	177.80	6
10/01/2009	20:52:48	3.50	-34.53	-71.85	42.30	0.20	4.43e+14	3.70	2.96e+09	6.60	647.90	1.40	-0.02	9.04e+00	1.41	226.70	9
11/01/2009	06:00:00	3.40	-35.81	-71.38	101.10	0.20	9.36e+13	3.20	1.39e+09	6.20	875.60	0.50	0.51	8.02e+00	2.95	242.20	4
13/01/2009	17:45:36	4.10	-37.33	-71.66	116.90	0.30	8.64e+14	3.90	2.21e+10	10.60	864.80	41.00	0.48	8.75e+00	1.29	357.00	2
16/01/2009	04:19:12	3.20	-35.39	-71.24	86.40	0.20	5.73e+14	3.50	1.93e+10	7.70	534.90	2.30	0.65	8.45e+00	1.56	299.90	4
27/01/2009	04:33:36	3.00	-34.64	-71.99	15.30	0.20	6.88e+14	3.70	8.46e+08	6.30	654.80	1.90	-0.81	9.97e+00	1.34	245.40	5
05/02/2009	07:40:48	2.70	-35.60	-71.35	90.90	0.30	5.16e+13	3.00	9.69e+08	10.60	505.70	1.10	0.69	7.66e+00	2.75	258.60	5
12/02/2009	08:24:00	4.50	-36.05	-71.50	89.70	0.10	2.58e+15	4.00	4.84e+11	6.00	729.00	6.30	1.22	8.36e+00	4.98	229.20	5
18/02/2009	00:28:48	4.60	-35.79	-72.42	58.00	0.00	7.88e+15	4.60	4.54e+12	6.50	611.30	21.70	1.57	8.36e+00	3.68	200.40	3
25/02/2009	04:19:12	2.80	-34.07	-72.14	36.40	0.20	7.63e+13	3.20	2.40e+07	6.60	613.30	0.20	-1.14	9.61e+00	2.01	342.10	2
02/03/2009	13:40:48	3.40	-35.62	-71.45	78.30	0.20	1.37e+14	3.40	4.73e+09	8.30	740.40	2.30	0.83	7.82e+00	1.88	240.60	4

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
03/03/2009	02:09:36	3.40	-36.19	-72.67	44.50	0.20	2.97e+14	3.50	4.07e+09	7.30	616.00	1.70	0.34	8.56e+00	1.89	243.30	5
05/03/2009	03:07:12	3.10	-34.64	-71.13	75.60	0.20	2.13e+14	3.30	9.47e+08	7.50	632.60	0.50	-0.11	8.90e+00	1.68	329.80	6
05/03/2009	16:19:12	3.50	-36.41	-71.21	154.70	0.20	4.65e+13	3.10	3.24e+08	13.80	393.70	2.50	0.27	8.05e+00	0.81	326.60	2
05/03/2009	19:26:24	3.00	-34.04	-72.19	42.40	0.10	1.08e+14	3.30	9.97e+07	7.00	572.10	0.30	-0.71	9.29e+00	1.40	341.10	3
10/03/2009	08:52:48	2.80	-35.51	-71.36	110.40	0.20	6.07e+13	3.10	7.43e+08	5.90	854.50	0.20	0.48	7.92e+00	1.55	274.30	3
11/03/2009	16:48:00	3.20	-34.51	-72.12	28.60	0.30	3.14e+14	3.60	2.84e+08	6.80	642.60	1.00	-0.85	9.76e+00	2.15	339.50	3
12/03/2009	04:04:48	2.70	-35.88	-71.45	102.00	0.20	2.60e+13	2.80	1.75e+08	6.30	697.40	0.00	0.32	7.81e+00	2.42	331.10	3
12/03/2009	21:07:12	4.20	-34.73	-71.19	79.90	0.20	1.23e+16	4.30	2.30e+11	6.30	851.00	13.80	0.03	1.00e+01	2.74	154.50	15
15/03/2009	10:19:12	2.30	-34.04	-71.37	51.10	0.20	1.55e+13	2.80	5.98e+06	8.30	485.50	0.10	-0.86	8.83e+00	2.08	328.40	3
20/03/2009	02:09:36	3.60	-35.28	-71.39	109.00	0.20	2.25e+14	3.50	3.35e+10	5.80	822.80	0.50	1.41	7.40e+00	2.64	317.40	3
22/03/2009	11:45:36	3.60	-36.67	-72.19	90.90	0.20	2.81e+15	3.70	2.52e+10	5.30	829.10	2.90	-0.11	9.72e+00	0.48	149.60	5
23/03/2009	05:02:24	4.00	-36.95	-72.07	15.70	0.10	1.99e+16	4.30	1.57e+10	8.80	554.40	405.00	-1.40	1.16e+01	5.53	190.90	6
04/04/2009	10:33:36	3.10	-36.82	-71.51	105.00	0.20	1.71e+14	3.40	2.14e+09	9.30	564.20	1.70	0.37	8.36e+00	1.93	299.80	4
10/04/2009	07:12:00	3.00	-34.61	-71.09	83.50	0.20	4.31e+15	3.60	8.61e+08	7.40	587.80	3.80	-1.82	1.16e+01	1.46	165.10	5
11/04/2009	00:14:24	3.00	-34.91	-71.32	70.00	0.20	1.72e+14	3.50	2.44e+08	5.50	752.60	0.20	-0.58	9.31e+00	2.96	342.30	2
15/04/2009	21:50:24	3.20	-34.01	-72.42	28.30	0.20	2.69e+14	3.50	8.65e+08	5.50	987.60	0.40	-0.28	9.14e+00	2.07	350.40	2
21/04/2009	00:28:48	5.40	-35.09	-71.56	63.80	0.20	4.20e+16	4.90	4.88e+13	7.40	858.50	412.90	1.68	8.78e+00	2.96	148.00	6
22/04/2009	07:55:12	2.80	-36.29	-72.08	64.60	0.10	1.13e+14	3.00	3.98e+08	7.60	509.40	0.60	-0.13	8.73e+00	1.21	157.60	3
23/04/2009	02:09:36	4.20	-37.56	-71.98	93.30	0.10	1.40e+15	3.90	1.19e+11	6.00	816.90	4.20	0.95	8.44e+00	6.88	207.00	4
28/04/2009	10:48:00	4.10	-37.29	-72.36	99.30	0.20	5.53e+15	4.00	3.06e+11	7.70	654.20	92.50	0.60	9.22e+00	6.45	171.50	3
02/05/2009	04:19:12	3.50	-35.28	-71.40	97.70	0.10	2.75e+14	3.50	1.90e+10	7.00	615.20	1.20	1.05	7.82e+00	2.09	324.50	3
24/05/2009	21:21:36	3.50	-35.75	-71.38	115.00	0.10	1.01e+14	3.30	1.36e+09	6.30	748.30	0.30	0.46	8.10e+00	1.17	243.80	3
26/05/2009	18:57:36	3.50	-35.25	-71.26	22.20	0.20	1.35e+16	4.00	3.00e+09	8.50	524.30	223.30	-1.91	1.20e+01	0.52	174.00	5
30/05/2009	00:28:48	4.00	-36.43	-73.12	22.10	0.30	6.70e+15	4.30	8.99e+11	7.20	585.00	31.90	0.96	8.92e+00	7.42	285.80	4
31/05/2009	05:45:36	2.60	-35.29	-71.47	95.30	0.20	3.60e+13	3.00	5.27e+08	5.60	998.90	0.10	0.62	7.61e+00	1.30	330.30	3
01/06/2009	12:28:48	3.00	-34.81	-71.69	35.70	0.30	1.26e+15	3.80	2.04e+09	6.40	670.10	5.80	-0.76	1.01e+01	0.85	218.60	4
11/06/2009	03:07:12	3.50	-35.94	-71.79	67.90	0.20	4.68e+14	3.40	4.36e+09	6.90	591.70	1.20	0.12	8.92e+00	3.35	186.50	3
15/06/2009	02:52:48	3.30	-35.49	-71.85	77.40	0.20	4.86e+14	3.70	9.53e+09	6.20	693.50	1.50	0.44	8.62e+00	3.20	201.40	3
17/06/2009	18:43:12	3.30	-35.87	-71.64	90.60	0.20	1.92e+14	3.30	2.75e+09	6.00	681.90	0.80	0.41	8.35e+00	1.92	205.40	3
20/06/2009	08:52:48	3.20	-36.04	-71.69	92.50	0.30	2.22e+14	3.30	3.01e+09	5.60	791.60	0.40	0.37	8.44e+00	4.02	204.70	3
22/06/2009	16:48:00	2.60	-34.15	-71.31	68.20	0.20	7.90e+13	3.20	5.81e+08	8.20	644.20	2.30	0.23	8.25e+00	0.84	315.60	5
25/06/2009	03:50:24	5.00	-37.17	-72.83	71.90	0.30	8.08e+15	4.40	2.69e+11	7.20	568.10	43.20	0.33	9.61e+00	1.09	202.10	3
26/06/2009	00:14:24	3.00	-34.89	-71.33	102.80	0.20	2.74e+14	3.50	2.42e+09	7.90	505.50	1.20	0.16	8.71e+00	1.33	172.90	5
29/06/2009	15:21:36	3.20	-35.92	-71.52	93.70	0.20	9.09e+14	3.80	1.98e+11	10.40	672.70	15.20	1.41	7.84e+00	4.64	223.30	4
03/07/2009	07:26:24	3.10	-34.48	-71.09	85.00	0.20	4.10e+15	3.60	1.82e+09	7.80	699.50	16.60	-1.46	1.12e+01	1.30	168.10	13
04/07/2009	08:24:00	3.00	-34.88	-71.02	105.00	0.10	1.62e+14	3.40	5.19e+09	7.30	718.80	0.90	0.78	7.93e+00	1.65	182.10	3
04/07/2009	12:57:36	4.20	-34.65	-71.05	87.80	0.10	1.18e+17	4.40	3.38e+11	5.10	934.60	58.30	-1.06	1.18e+01	2.40	170.70	11
04/07/2009	19:26:24	3.20	-34.51	-72.18	17.40	0.20	9.15e+14	3.90	1.36e+09	8.90	464.30	9.70	-0.76	1.00e+01	2.74	274.60	2
10/07/2009	18:00:00	3.50	-34.01	-72.35	29.40	0.20	6.61e+14	3.80	4.18e+09	5.60	761.80	1.10	-0.09	9.24e+00	1.25	345.20	5

Fecha	Hora	$M_G$	Lat	Lon	z	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	VA	$E_S/E_P$	GAP	# Est.	
11/07/2009	13:12:00	3.20	-35.87	-71.79	72.20	0.10	1.72e+14	3.30	2.58e+09	6.30	673.00	0.60	0.45	8.28e+00	6.17	126.10	4
13/07/2009	02:09:36	3.60	-34.99	-72.47	36.90	0.30	4.41e+15	4.20	3.64e+10	7.70	552.60	-0.20	0.95e+00	5.22	300.60	4	
18/07/2009	15:36:00	3.00	-35.27	-72.34	32.60	0.20	1.83e+14	3.50	1.00e+10	7.00	594.10	0.80	1.00	7.75e+00	0.63	239.50	3
20/07/2009	07:55:12	3.00	-34.69	-71.87	38.70	0.10	2.45e+14	3.50	5.51e+08	10.90	454.00	6.00	-0.42	9.26e+00	1.98	237.60	4
25/07/2009	03:21:36	3.50	-34.65	-72.44	25.40	0.20	5.52e+15	4.20	2.16e+10	9.40	417.40	32.90	-0.55	1.04e+01	3.25	317.60	2
01/08/2009	01:26:24	4.20	-35.60	-71.23	98.20	0.20	2.15e+15	4.10	2.96e+11	9.40	634.50	22.30	1.11	8.42e+00	1.89	273.30	3
09/08/2009	06:57:36	3.00	-36.41	-72.84	33.40	0.30	2.21e+14	3.30	1.52e+09	7.30	621.50	1.10	0.08	8.73e+00	1.16	195.20	4
11/08/2009	08:38:24	3.50	-34.79	-71.73	39.40	0.20	8.41e+14	3.80	2.16e+09	7.00	663.60	5.10	-0.51	9.74e+00	1.32	188.40	9
13/08/2009	22:19:12	3.20	-34.02	-71.17	70.60	0.20	2.09e+14	3.40	1.10e+09	8.10	690.60	2.70	-0.03	8.82e+00	1.49	307.10	9
16/08/2009	19:26:24	3.70	-37.02	-72.19	92.00	0.30	2.72e+14	3.50	8.74e+09	6.60	658.20	0.90	0.72	8.15e+00	1.53	270.90	3
20/08/2009	22:48:00	3.70	-35.50	-72.57	43.30	0.20	4.70e+14	3.70	2.79e+10	7.80	529.10	1.70	0.92	8.12e+00	1.75	238.40	3
21/08/2009	01:12:00	3.20	-35.16	-71.18	98.20	0.30	1.99e+14	3.50	3.96e+09	7.80	499.60	1.00	0.55	8.22e+00	0.73	206.00	2
22/08/2009	10:19:12	3.80	-34.45	-72.47	41.80	0.10	1.57e+15	4.10	5.22e+10	6.00	711.50	3.40	0.53	8.90e+00	2.15	334.40	2
24/08/2009	12:57:36	3.40	-34.11	-71.99	39.10	0.20	2.86e+14	3.60	2.88e+09	6.50	690.20	1.60	0.21	8.68e+00	0.90	263.60	7
30/08/2009	12:43:12	3.20	-34.14	-72.12	39.80	0.10	2.47e+14	3.50	1.60e+09	5.70	804.30	0.70	0.04	8.80e+00	1.15	247.70	7
12/09/2009	00:43:12	2.70	-34.61	-71.10	97.50	0.20	4.07e+14	3.40	2.41e+08	6.60	629.90	1.00	-1.06	1.01e+01	0.53	328.00	5
17/09/2009	08:24:00	3.00	-34.60	-71.87	11.10	0.10	5.07e+14	3.60	3.38e+08	6.70	642.60	1.90	-1.04	1.01e+01	1.35	228.00	6
19/09/2009	20:52:48	3.00	-36.02	-71.49	112.90	0.10	1.29e+14	3.30	1.90e+09	11.20	528.90	2.00	0.47	8.16e+00	2.55	207.30	4
20/09/2009	08:09:36	2.50	-34.46	-71.27	63.60	0.20	5.59e+13	3.10	8.01e+07	8.50	614.20	0.40	-0.44	8.81e+00	1.37	212.80	4
20/09/2009	12:00:00	2.70	-35.10	-71.24	95.00	0.30	3.84e+13	3.00	2.73e+08	7.10	587.80	0.10	0.30	7.95e+00	1.28	192.90	3
22/09/2009	10:19:12	4.80	-35.89	-71.58	99.50	0.20	7.76e+15	4.50	4.10e+12	7.40	834.60	190.20	1.54	8.39e+00	3.25	191.20	6
27/09/2009	02:38:24	3.50	-35.63	-71.77	63.70	0.20	1.35e+15	3.60	5.81e+09	9.90	427.20	8.60	-0.34	9.72e+00	3.35	191.40	3
05/10/2009	19:12:00	4.20	-35.39	-72.51	8.80	0.20	8.43e+15	4.40	1.71e+11	7.10	936.70	14.40	0.11	9.84e+00	1.83	236.90	6
05/10/2009	22:19:12	3.30	-35.11	-72.54	87.60	0.10	1.33e+15	3.70	4.06e+09	7.50	626.80	7.60	-0.49	9.86e+00	1.96	294.50	3
07/10/2009	02:38:24	4.00	-34.88	-72.72	13.00	0.20	1.31e+16	4.60	6.44e+11	5.30	912.60	15.20	0.44	9.65e+00	3.98	285.60	5
12/10/2009	09:21:36	2.90	-36.19	-71.12	130.30	0.10	8.98e+13	3.20	5.43e+08	5.20	834.60	0.10	0.13	8.39e+00	1.54	245.90	5
12/10/2009	11:02:24	4.60	-36.74	-72.10	87.60	0.20	3.83e+16	4.50	2.23e+12	8.30	638.20	318.50	0.39	1.00e+01	3.88	238.40	6
13/10/2009	21:36:00	2.80	-34.91	-71.58	66.10	0.20	1.06e+14	3.30	5.35e+08	9.40	427.40	0.70	0.03	8.54e+00	1.08	276.90	3
13/10/2009	22:33:36	2.20	-34.45	-71.39	74.10	0.20	2.89e+13	2.90	3.18e+08	8.50	505.40	0.30	0.52	7.64e+00	0.48	328.30	2
21/10/2009	00:14:24	3.10	-35.18	-71.58	86.00	0.30	1.02e+14	3.20	1.62e+09	6.10	850.20	0.30	0.53	8.03e+00	1.27	200.20	3
26/10/2009	11:45:36	3.50	-35.24	-71.07	118.90	0.20	2.75e+14	3.50	4.13e+10	5.30	815.10	0.50	1.39	7.48e+00	2.73	262.40	3
29/10/2009	00:57:36	3.60	-34.52	-71.53	62.60	0.10	9.53e+14	3.80	1.09e+10	8.30	697.70	7.50	0.12	9.14e+00	2.02	201.40	11
30/10/2009	12:57:36	3.60	-36.62	-73.17	20.40	0.20	3.00e+15	4.00	1.75e+10	7.80	542.10	15.20	-0.31	9.93e+00	2.68	238.90	5
01/11/2009	04:33:36	2.70	-35.59	-71.46	95.90	0.20	4.44e+13	3.00	4.91e+08	7.10	655.30	0.10	0.47	7.83e+00	0.77	185.90	4
01/11/2009	11:02:24	2.50	-34.02	-71.23	66.30	0.20	8.58e+13	3.10	1.19e+08	9.50	496.70	7.60	-0.51	9.01e+00	1.45	223.20	4
03/11/2009	07:55:12	4.10	-36.06	-71.38	102.40	0.30	9.46e+14	3.80	6.65e+10	7.90	652.40	4.80	0.91	8.35e+00	2.98	219.20	6
05/11/2009	10:33:36	3.10	-35.17	-71.23	106.20	0.20	7.16e+13	3.20	2.25e+09	7.80	499.60	0.30	0.87	7.58e+00	2.05	235.50	2
10/11/2009	00:00:00	3.20	-35.57	-71.53	104.40	0.10	1.61e+14	3.40	4.54e+09	7.00	866.70	1.90	0.73	7.98e+00	3.04	167.50	4
21/11/2009	23:16:48	2.70	-34.13	-72.01	48.20	0.10	2.31e+14	3.50	5.17e+08	7.30	564.40	0.60	-0.42	9.24e+00	1.24	344.40	2

<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	$M_G$	Lat	Lon	<b>z</b>	rms	$M_0$	$M_w$	$E_r$	$f_0$	$r_0$	$\Delta\sigma$	<b>VA</b>	$E_S/E_P$	<b>GAP</b>	# Est.	
23/11/2009	07:40:48	3.60	-36.38	-71.90	71.20	0.10	1.05e+15	3.60	1.47e+09	6.70	608.40	4.90	-0.80	1.01e+01	1.56	187.80	4
27/11/2009	11:45:36	3.20	-35.99	-72.16	84.40	0.20	4.08e+14	3.70	1.28e+10	7.50	649.40	2.00	0.66	8.34e+00	1.68	173.70	4
29/11/2009	00:14:24	2.80	-34.77	-71.72	41.30	0.20	6.98e+13	3.10	3.42e+08	6.60	588.90	0.30	0.07	8.38e+00	0.79	271.00	3
11/12/2009	06:28:48	3.50	-34.70	-72.46	38.70	0.20	1.37e+15	3.80	6.01e+09	13.20	329.20	31.60	-0.34	9.72e+00	2.78	286.50	3
15/12/2009	09:50:24	3.30	-34.62	-72.02	24.10	0.20	1.15e+15	3.90	2.76e+10	6.70	615.20	3.30	0.42	8.90e+00	3.18	285.40	3
27/12/2009	21:36:00	2.60	-34.94	-71.13	102.40	0.20	3.72e+13	3.00	2.80e+08	7.50	540.70	0.20	0.33	7.92e+00	3.12	195.30	2
29/12/2009	11:45:36	5.30	-36.72	-72.97	30.30	0.20	7.78e+16	4.70	9.65e+13	8.10	569.10	483.90	1.63	9.02e+00	8.08	156.70	6
04/01/2010	03:07:12	3.70	-36.27	-71.39	72.40	0.10	1.30e+15	4.00	9.43e+10	6.30	726.40	4.50	0.89	8.48e+00	2.66	241.70	5
10/01/2010	03:36:00	3.10	-35.70	-72.13	69.20	0.10	1.92e+14	3.40	7.10e+09	8.50	478.20	0.80	0.82	7.94e+00	2.10	191.20	3
14/01/2010	08:24:00	3.90	-35.39	-71.39	84.10	0.10	3.76e+15	4.10	2.77e+11	4.90	905.20	4.30	0.77	8.93e+00	3.73	212.80	4
14/01/2010	18:43:12	4.20	-36.38	-73.08	32.90	0.10	8.03e+15	4.40	4.26e+11	6.20	760.50	36.20	0.53	9.40e+00	2.94	204.80	4
17/01/2010	16:19:12	3.20	-34.83	-71.66	37.20	0.10	8.30e+14	3.70	1.92e+09	7.10	670.00	5.80	-0.56	9.78e+00	1.12	184.90	6
21/01/2010	00:14:24	5.60	-36.28	-73.16	42.20	0.20	9.16e+16	5.10	1.60e+14	6.90	804.80	575.50	1.76	8.94e+00	6.10	216.70	4
21/01/2010	00:43:12	5.20	-36.22	-73.17	27.50	0.20	2.30e+16	4.80	1.09e+13	11.00	508.90	840.40	1.36	8.91e+00	4.53	219.30	4
21/01/2010	06:00:00	4.70	-36.25	-72.94	16.10	0.00	1.55e+16	4.60	3.18e+12	6.10	730.30	45.40	1.04	9.10e+00	0.42	191.90	4
05/02/2010	10:33:36	3.50	-35.01	-72.50	33.00	0.10	6.16e+14	3.60	1.22e+09	7.00	635.00	0.70	-0.59	9.71e+00	1.31	299.90	2
14/02/2010	03:50:24	3.90	-35.61	-72.68	13.00	0.10	3.16e+17	4.50	1.67e+11	6.30	707.80	185.30	-1.91	1.30e+01	1.59	202.80	5
22/02/2010	04:04:48	3.00	-34.76	-71.72	47.30	0.20	7.65e+14	3.50	6.10e+08	7.30	571.30	4.00	-1.01	1.02e+01	1.77	222.10	5
22/02/2010	13:55:12	3.80	-34.98	-72.84	27.30	0.10	1.63e+15	4.10	8.88e+10	7.30	534.90	5.70	0.74	8.70e+00	2.13	338.00	2
22/02/2010	16:48:00	3.80	-35.06	-72.83	31.50	0.10	1.39e+15	4.10	1.72e+11	6.80	705.40	6.60	1.11	8.27e+00	4.62	283.40	4
26/02/2010	03:50:24	3.00	-35.60	-71.45	97.90	0.20	3.76e+14	3.50	1.40e+09	6.00	770.00	0.40	-0.25	9.23e+00	1.57	307.20	2

# Bibliografía

- Agnew, D. C. (2007). Geodesy: Earth Tides. In *Treatise on Geophysics*, volume 3, pages 163–191. Elsevier.
- Aki, K. and Richards, P. G. (2002). *Quantitative Seismology*. University Science Books, second edition.
- Belmonte-Pool, A. (1997). Análisis del contacto sismogénico interplaca a lo largo de Chile. *Universidad de Chile*.
- Beroza, G. C. and Kanamori, H. (2007). Earthquake Seismology: Comprehensive Overview. In *Treatise on Geophysics*, volume 4, chapter 1, pages 1–58. Elsevier.
- Campos, J., Hatzfeld, D., Madariaga, R., Lopez, G., Kausel, E., Zollo, A., Iannaccone, G., Fromm, R., Barrientos, S., and Lyon-Caen, H. (2002). A seismological study of the 1835 seismic gap in south-central Chile. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 132:177–195.
- Havskov, J. and Ottemöller, L. (2010). *Routine Data Processing in Earthquake Seismology*. Springer.
- Kanamori, H. (1977). The Energy Release in Great Earthquakes. *American Geophysical Union*, (20):2981–2987.
- Kanamori, H. (1986). Rupture Process of Subduction-Zone Earthquakes. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, (14):293–322.
- Lorito, S., Romano, F., Atzori, S., Tong, X., Avallone, A., Closkey, J. M., Cocco, M., Boschi, E., and Piatanesi, A. (2011). Limited overlap between the seismic gap and coseismic slip of the great 2010 Chile earthquake. *Nature Geoscience*, 4:173–177.
- Madariaga, R. (1998). Sismicidad de Chile. *Física de la Tierra*, (10):221–258.
- Madariaga, R. (2007). Earthquake Seismology: Seismic Source Theory. In *Treatise on Geophysics*, volume 4, chapter 2, pages 59–82. Elsevier.
- Mendecki, A. (1997). *Seismic Monitoring in mines*. Chapman & Hall.
- Moreno, M., Rosenau, M., and Oncken, O. (2010). 2010 Maule earthquake slip correlates with pre-seismic locking of Andean subduction zone. *Nature*, (467):198–204.
- Peng, Z. (2006). Introduction to Seismic Analysis Code (SAC). [http://geophysics.eas.gatech.edu/people/zpeng/Teaching/Sac\\_Tutorial\\_2006/](http://geophysics.eas.gatech.edu/people/zpeng/Teaching/Sac_Tutorial_2006/).
- Stein, S. and Wysession, M. (2003). *An Introducción to Seismology, Earthquakes and Earth Structure*. Blackwell Publishing Ltd.