



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

**ESTUDIO DE SISMICIDAD,  
TOMOGRAFÍA SÍSMICA  
Y MODELO DE FÍSICA DE ROCAS:  
POTENCIAL SISTEMA GEOTERMAL ASOCIADO  
AL COMPLEJO VOLCÁNICO TINGUIRIRICA**

*TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGISTER EN CIENCIAS, MENCIÓN GEOFÍSICA*

ELÍAS SEBASTIAN LIRA MARTÍNEZ

SANTIAGO DE CHILE  
AGOSTO 2011



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

**ESTUDIO DE SISMICIDAD,  
TOMOGRAFÍA SÍSMICA  
Y MODELO DE FÍSICA DE ROCAS:  
POTENCIAL SISTEMA GEOTERMAL ASOCIADO  
AL COMPLEJO VOLCÁNICO TINGUIRIRICA**

*TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGISTER EN CIENCIAS, MENCIÓN GEOFÍSICA*

ELÍAS SEBASTIAN LIRA MARTÍNEZ

PROFESOR GUÍA  
DIANA COMTE SELMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
GONZALO YAÑEZ CARRIZO  
EMILO VERA SOMMER  
JORGE CLAVERO RIBES

SANTIAGO DE CHILE  
AGOSTO 2011

## **ESTUDIO DE SISMICIDAD, TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y MODELO DE FÍSICA DE ROCAS: POTENCIAL SISTEMA GEOTERMAL ASOCIADO AL COMPLEJO VOLCÁNICO TINGUIRIRICA**

El presente trabajo de Tesis aborda el estudio de sismicidad cortical y estructura 3D y modelamiento de velocidades de ondas sísmicas, orientado a la definición de un potencial sistema geotermal asociado al Complejo Volcánico Tinguiririca (70°21'W, 35°48'S).

En términos de la sismicidad, dentro de la zona de estudio se evidenció muy baja sismicidad cortical que pueda ser asociada a la presencia evidente de fluidos geotermales y de estructuras activas que permitan su circulación. Sin embargo, al sureste de la zona de estudio se evidencia una prominente actividad sísmica asociada al borde oriental de la cuenca extensional de Abanico.

A partir de la inversión 3D de velocidades de ondas sísmicas, se identificaron tres potenciales dominios asociados a valores anómalos de velocidad. Una anomalía de bajos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p/V_s$  cercana a los volcanes Tinguiririca y Fray Carlos, estaría asociada a rocas altamente fracturadas, presencia de zonas afectadas por alteración hidrotermal y a fases combinadas de fluidos a alta temperatura. El piso de la anomalía se encontraría en torno a los 2.5 km de profundidad y podría asociarse a la presencia de un reservorio geotérmico. Una anomalía de bajos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p/V_s$  hacia el este de Termas del Flaco, se encuentra asociada a rocas sedimentarias clásticas de edad Mesozoica (Fm. Río Damas) y relacionada con una zona de alta actividad sísmica (borde oriental de la cuenca extensional). Por último, una pequeña anomalía de altos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p/V_s$ , al sur del Estero Los Humos podría asociarse a la presencia de una estructura en dirección NO-SE y a la presencia de un cuerpo magmático enfriado. Esta estructura podría estar contribuyendo a la dinámica del potencial reservorio geotérmico.

Finalmente, la anomalía de bajas velocidades asociadas al potencial reservorio geotérmico, fue comparada con los valores teóricos del modelo de medios efectivos de Kuster & Töksoz (1974) permitiendo inferir la presencia de una zona fluido-saturada cercana 200°C con 9-15% de porosidad en forma de fracturas.

Como información complementaria, antes de la ocurrencia del terremoto del 27 de Febrero de 2010, la sismicidad fue registrada principalmente en las cercanías del área de estudio. Posterior al terremoto, se evidencia ausencia de sismicidad local que puede deberse al período de rebote elástico en el cual la sismicidad mayoritariamente ocurre en el plano de Benioff. Después de 25 días, los esfuerzos regionales se transfieren a la zona de acomodación de la deformación permanente (estructuras cordilleranas).

## AGRADECIMIENTOS

Espero no olvidar a nadie en los agradecimientos.

Es difícil ordenar a las personas por cuán importantes han sido en tu vida y, en particular, en el desarrollo del presente trabajo, así que los nombraré a medida que los recuerdo.

Agradezco a mis padres por dejarme volar y jamás intentar cortarme las alas.

Agradezco a mi hermana Irene, por su apoyo y ánimo incondicional. A mi hermano Juan y su familia, por apoyarme a la distancia.

Agradezco a mi profesora guía Diana Comte, por su preocupación maternal y por darme la oportunidad de trabajar junto a ella.

Agradezco a los profesores de la comisión Gonzalo Yañez, Emilio Vera y Jorge Clavero, por sus importantes comentarios que ayudaron a mejorar en el presente trabajo.

Agradezco a Aldo Giavelli, por abrirme las puertas en Energía Andina, por su apoyo incondicional, por su amistad, y por sus consejos y revisiones del trabajo realizado.

Agradezco a mis compañeros y amigos de Energía Andina, Germán Pineda, Catalina Mayorga, Sebastian Martini, Jorge Parra, Marjorie Vasquez, Igor Aguirre, Rodrigo Arcos, Jose Manuel Soffia, Luciana Sanhueza, Sady Herrera, Luis Ortega y Julio Ríos por hacer más grato el día a día, por los asados, las pichangas y por sobre todo, por el espíritu de equipo que poseen.

Agradezco a mis compañeros del DGF Carolina Honores, Andrei Maksimovic, Paula Manriquez, Rodrigo Contreras, José Benado y Francisco Delgado por el tiempo compartido.

Finalmente, agradezco a Magdalena Reyes por su amor, apoyo y comprensión.



<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Principios Básicos en la Aplicación de Métodos Sismológicos para la Caracterización de Sistemas Geotermales</b>	<b>4</b>
2.1. Definición de un Sistema Geotermal . . . . .	4
2.2. Sismicidad en Sistemas Geotermales . . . . .	6
2.3. Tomografía Sísmica . . . . .	9
2.4. Propiedades Físicas de las Rocas . . . . .	10
2.4.1. Litología y Alteración Hidrotermal . . . . .	11
2.4.2. Fracturamiento . . . . .	12
2.4.3. Temperatura . . . . .	13
2.4.4. Fases de Fluidos y Saturación . . . . .	14
2.4.5. Presión . . . . .	16
2.4.6. Interpretaciones clásicas de anomalías en $V_p$ y $V_s$ en áreas volcánicas y/o sistemas geotermales . . . . .	17
<b>3. Complejo Volcánico Tinguiririca, Andes del Sur</b>	<b>20</b>
3.1. Marco Geológico . . . . .	22
3.1.1. Estratigrafía entre 34°45'S y 35°S . . . . .	22
3.1.2. Estructuras Geológicas . . . . .	26
3.2. Manifestaciones Termal . . . . .	27
<b>4. Sismicidad y Tomografía 3D de Velocidades de Ondas Sísmicas</b>	<b>29</b>
4.1. Adquisición y Procesamiento de Datos . . . . .	29
4.2. Localización de Sismos . . . . .	35
4.2.1. Problema de Inversión . . . . .	36

4.2.2. HYPOINVERSE . . . . .	39
4.3. Magnitudes . . . . .	42
4.4. Tomografía 3D de Velocidades de Ondas Sísmicas . . . . .	42
4.4.1. Teoría Básica . . . . .	43
4.4.2. SPHYPIT90/SPHREL3D . . . . .	47
4.4.3. Datos . . . . .	49
4.4.4. Modelo Inicial de Velocidad y Discretización del Espacio . . . . .	52
4.4.5. Inversión 3D y relocalización de sismicidad local . . . . .	55
4.4.6. Incertidumbre en el modelo de velocidades . . . . .	55
4.5. Resultados y Discusión . . . . .	56
4.5.1. Características de la Sismicidad . . . . .	56
4.5.2. Modelo 3D de velocidades . . . . .	65
<b>5. Modelamiento de Física de Rocas</b>	<b>78</b>
5.1. Física de Rocas . . . . .	78
5.2. Modelos de Medios Efectivos . . . . .	80
5.2.1. Modelo de Kuster & Toksöz (1974) . . . . .	81
5.3. Promedio de Voight-Reuss-Hill . . . . .	83
5.4. Límites de Voight y Reuss . . . . .	84
5.5. Límites de Hashin-Shtrikman . . . . .	85
5.6. Modelamiento de Propiedades Sísmicas del CV Tinguiririca . . . . .	86
<b>6. Conclusiones y Trabajos Futuros</b>	<b>101</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>105</b>
<b>Apéndices</b>	<b>120</b>
<b>A. Sismicidad</b>	<b>121</b>
<b>B. Modelo 3D de Velocidades</b>	<b>155</b>
<b>C. Código Matlab para generar modelos de Kuster &amp; Töksoz (1974)</b>	<b>159</b>
<b>D. Modelo de Física de Rocas de Kuster &amp; Töksoz (1974)</b>	<b>162</b>

## Índice de figuras

---

2.1. Modelo conceptual de un sistema geotermal hospedado en un estratovolcán andesítico [Goff & Janik (2000)]. La fuente de calor esta representada por un cuerpo magmático emplazado a baja profundidad ( $< 10$ km). El reservorio geotermal es volumen de roca a partir del cual los fluidos compuestos por agua caliente, vapor y gases en diferentes proporciones, pueden ser extraídos. La recarga del reservorio se puede llevar a cabo mediante la percolación de aguas meteóricas. Los fluidos dentro del reservorio se mueven por influencia de fuerzas de flotación hacia el área de descarga ( <i>outflow</i> ). . . . .	6
2.2. Proyección de hipocentros en el plano vertical $N80^{\circ}O - S80^{\circ}E$ que atraviesa el sistema geotermal Ahuachapan, El Salvador. Los rectangulos representan la localización aproximada de los sismos. Adaptado de Ward & Jacob (1971). . . . .	7
2.3. Velocidades de ondas $P$ y $S$ como función de la presión de poro para dos tipos de rocas (limonita y dolomita). Se comparan rocas secas y rocas saturadas. La roca seca presenta porosidad vacía mientras que la roca saturada presenta los poros rellenos de fluidos. A medida que aumenta la presión de poro se abren grietas delgadas en la matriz de la roca. También existe una variación en $V_p$ y $V_s$ debido a la inclusión de fluidos en la roca. Adaptado de Mavko et al.(1998). . . . .	12
2.4. Velocidades de onda $P$ y onda $S$ en areniscas secas, saturadas de agua y saturadas de petróleo, como función de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, las velocidades de onda $P$ y $S$ disminuyen. En rocas secas, los efectos de la temperatura en la velocidad son más pequeños que el efecto en rocas saturadas de fluidos. Adaptado de Wang & Nur (1986). . . . .	13

2.5. Variación de $V_p$ y $V_s$ como función de $T/T_m$ , la razón entre la temperatura y la temperatura de inicio de la fusión parcial. La roca está compuesta de Pb (37.7%), Bi (42.5%), Sn (11.5%) y Cd (8.5%) cuyo punto de inicio de la fusión parcial es cercano a los 72° C. A medida que la temperatura se acerca a la temperatura de inicio de la fusión parcial, $V_s$ disminuye más rápidamente que $V_p$ . Adaptado de Mizutani & Kanamori (1964). . . . .	14
2.6. Variación de las constantes elásticas como función de $T/T_m$ . $K$ , $\lambda$ , $\mu$ y $\sigma$ son el módulo de incompresibilidad, la constante de Lamé, el módulo de corte y la razón de Poisson, respectivamente. Adaptado de Mizutani & Kanamori (1964). . . . .	15
2.7. Velocidad de ondas $P$ y $S$ para una roca en estado líquido-saturado y en estado vapor-saturado. Al pasar de un estado líquido-saturado a un estado vapor-saturado, la velocidad de onda $P$ disminuye para una determinada porosidad, provocando un aumento en $V_p/V_s$ . $V_s$ no se ve afectada por un cambio en el estado de saturación. A medida que aumenta la porosidad tanto $V_p$ como $V_s$ disminuyen. Adaptado de De Matteis et al.(2008). . . . .	16
2.8. Velocidades de ondas $P$ y $S$ en como función de la presión efectiva. $V_p$ y $V_s$ tienden a aumentar con la presión efectiva. La presión efectiva actúa como un “endurecedor” de la matriz de la roca debido a la eliminación progresiva de los poros, cerrando microfisuras y endureciendo el contacto entre los granos. Adaptado de Mavko et al.(1998). . . . .	17
2.9. Velocidad de ondas $P$ y $S$ para una roca en estado líquido-saturado y en estado vapor-saturado como función de la presión de poro y de la presión efectiva. Un incremento en la presión de poro puede provocar la apertura de grietas y por lo tanto producir un aumento de $V_p/V_s$ debido a la disminución en $V_p$ y $V_s$ . La apertura de grietas inducida por el aumento en la presión de poro, conduce a un fuerte disminución de $V_p/V_s$ en rocas vapor-saturadas, con respecto a rocas líquido-saturada. Adaptado de De Matteis et al.(2008). . . . .	18

3.1. Localización del área de estudio en el marco regional de Sudamérica y la Cordillera de los Andes. Se muestran las 4 zonas volcánicamente activas en los Andes, la geometría de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana indicando la profundidad (km) de la zona de Benioff, dorsales oceánicas, las edades de las placas oceánicas cerca de la fosa, y las tasas de convergencia y las direcciones a lo largo de los Andes. En detalle, un mapa esquemático de la ubicación de algunos de los volcanes más grandes y los sistemas de caldera en la Zona Volcánica Sur. La zona achurada con rayas cruzadas indica el límite oriental del volcanismo Cenozoico de arco, que divide la zona de transición de los basaltos alcalinos de olivino de trasarco (al oeste) de las lavas de la meseta patagónica (al este) [Stern et al. (1990)]. El rectángulo en rojo representa la zona de estudio en torno al Volcán Tinguiririca. Modificado de [Stern et al.(2007)]. . . . .	21
3.2. Columna Estratigráfica generalizada del CV Tinguiririca. Modificado de [Pineda (2010a), Pineda (2010b)]. . . . .	23
3.3. Mapa geológico 1:50.000 del CV Tinguiririca. Tomado de [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].	24
3.4. Leyenda Fig. 33. Tomado de [Pineda (2010a), Pineda (2010b)]. . . . .	25
3.5. Perfil estructural del valle del Volcán Tinguiririca. Tomado de [Radick (2010)] . . . .	27
3.6. Manifestaciones termales dentro del área de estudio. . . . .	28
4.1. Valle del Tinguiririca. La localización de las estaciones sismológicas se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. La línea roja sólida representa el área de interés para este estudio. . . . .	31
4.2. Curva de respuesta del geófono SM-6 de frecuencia natural 4.5 Hz. . . . .	33
4.3. Sismogramas para un evento registrado el 23 de Febrero de 2010, a las 01 : 35 AM (GMT). Cada estación es capaz de registrar tres componentes: SH-Z, componente vertical; SH-N, componente norte-sur; y SH-E, componente este-oeste. . . . .	34
4.4. Distribución de sismos según la cantidad de estaciones que registraron un determinado evento. La distribución contempla sólo aquellos sismos en los cuales fue posible identificar fases <i>P</i> o <i>S</i> . Las barras azules representan la sismicidad total registrada y las barras rojas, representan la sismicidad local (ver detalle más adelante). . . . .	35
4.5. Modelo inicial de velocidad 1-D para onda <i>P</i> a partir del modelo de Thierer et al. (2005). . . . .	39

4.6. Esquema de una tomografía sísmica usando los rayos del frente de ondas generado en un sismo. Los rayos que no penetran en la anomalía de baja velocidad tienen desviaciones muy pequeñas y no contribuyen a cambiar significativamente el modelo de velocidad inicial. Los rayos que atraviesan la anomalía pueden presentar desviaciones positivas. . . . .	43
4.7. Trazado de rayos utilizando la sismicidad local. La red temporal local se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. Los sismos se muestran en círculos negros. . . . .	50
4.8. Trazado de rayos incluyendo además de la sismicidad local, aquellos sismos utilizados como fuentes fijas y atribuidos a réplicas del terremoto del 27 de Febrero de 2010. La red temporal local se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. Los sismos se muestran en círculos negros. . . . .	51
4.9. Modelo inicial de velocidad 1-D de onda $P$ (en azul) a partir del modelo de [Thierer et al. (2005)], y utilizado en la inversión 3-D de velocidades. Se compara con el modelo 1-D utilizado en la determinación hipocentral inicial (en rojo). . . . .	52
4.10. Complejo volcánico Tinguiririca. La red temporal local se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. Se muestran las principales estructuras geológicas observadas (en línea continua) e inferidas (en línea punteada), correspondientes a las Fallas La Gloria, Guanaco, Garcés y El Fierro. Se muestra la grilla utilizada para realizar la tomografía sísmica (verde) y los nodos utilizados en la parametrización del modelo de velocidades. . . . .	53
4.11. Distribución del número de rayos que atraviesan los bloques de las grillas a 2250 msnm, 750 msnm, 500 mbnm y 1500 mbnm. Desde $N = 0$ (blanco) a $N > 1000$ (negro). . . . .	54
4.12. Covarianza del modelo final de velocidades para las plantas 2250 msnm y 750 msnm. La cruces negras representan los nodos de la discretización del modelo de velocidades. . . . .	57
4.13. Covarianza del modelo final de velocidades para las plantas 500 mbnm y 1500 mbnm. La cruces negras representan los nodos de la discretización del modelo de velocidades. . . . .	58
4.14. $RMS$ (s) calculados utilizando el modelo de velocidad de Thierer et al.(2005) con una razón $V_p/V_s = 1.76$ . Las barras azules representan los sismos totales registrados. Las barras rojas representan los sismos locales. . . . .	59

4.15. Distribución de sismos según su magnitud <i>coda</i> . Las barras azules representan los sismos totales registrados. Las barras rojas representan los sismos locales. . . . .	60
4.16. Sismicidad registrada por las estaciones de la red Tinguiririca durante el periodo 16/Enero - 17/Abril. Los sismos están diferenciados según profundidad, esquematizado en colores, y según magnitud, esquematizado en tamaño. La estrella amarilla corresponde al terremoto del 27 de Febrero de 2010 con su respectivo mecanismo focal. El cuadro amarillo muestra el área de estudio en torno al CV Tinguiririca. Los triángulos azules invertidos corresponde a la ubicación de las estaciones sismológicas utilizadas en este estudio. . . . .	61
4.17. Idem Fig. 4.16, pero sólo para la sismicidad local. Se muestran las proyecciones hipocentrales de sismicidad en latitud y longitud, como así también dos potenciales estructuras activas asociadas: la principal en azul, y una secundaria en rojo. . . . .	62
4.18. Distribución de sismos durante el tiempo (en días) de registro. Las barras azules representan los sismos totales registrados. Las barras rojas representan los sismos locales. . . . .	65
4.19. Mapa 3D de la variación porcentual de $V_p$ , $V_s$ , la razón $V_p/V_s$ y el parámetro de porosidad $V_p * V_s$ para el intervalo 3000 - 1500 msnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sismológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. Las líneas segmentadas blancas delimitan aproximadamente las zonas anómalas 1 y 2. . . . .	67
4.20. Mapa 3D de la variación porcentual de $V_p$ , $V_s$ , la razón $V_p/V_s$ y el parámetro de porosidad $V_p * V_s$ para el intervalo 1500 - 0 msnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sismológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. Las líneas segmentadas blancas delimitan aproximadamente las zonas anómalas 1, 2 y 3. . . . .	68
4.21. Mapa 3D de la variación porcentual de $V_p$ , $V_s$ , la razón $V_p/V_s$ y el parámetro de porosidad $V_p * V_s$ para el intervalo 0 - 1000 msnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sismológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. Las líneas segmentadas blancas delimitan aproximadamente las zonas anómalas 2 y 3. . . . .	69

4.22. Mapa 3D de la variación porcentual de $V_p$ , $V_s$ , la razón $V_p/V_s$ y el parámetro de porosidad $V_p * V_s$ para el intervalo 1000 - 2000 mbnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sismológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. La línea segmentada blanca delimita aproximadamente la zona anómala 2. . . . .	70
4.23. Parte superior: histogramas de la variación porcentual de $V_p$ y $V_s$ para las plantas más someras. Parte inferior: histograma de $V_p/V_s$ y $V_p * V_s$ en el mismo dominio. . .	71
4.24. Perfil 1, en dirección NO-SE, atravesando la zona anómala 1 (bajas velocidades). La línea segmentada blanca delimita la anomalía. Las líneas segmentadas negras corresponden a las estructuras inferidas en dirección NE-SO. . . . .	74
4.25. Perfil 2, en dirección NO-SE, atravesando la zona anómala 3 (altas velocidades) y la anómala 2 (bajas velocidades). Las líneas segmentadas blancas delimitan las anomalías. La línea segmentada negra limitando a zona anómala 2, corresponde a la estructura NE-SO inferida. La línea segmentada negra sobre la zona anómala 3, corresponde a la estructura NO-SE inferida. . . . .	76
4.26. Perfil 3, en dirección NE-SO, atravesando la zona anómala 1 (bajas velocidades) y la zona anómala 3 (altas velocidades). Las líneas segmentadas blancas delimitan las anomalías. La línea segmentada corresponde a la estructuras NO-SE inferida. . . . .	76
4.27. Trazado de perfiles en NO-SE y NE-SO en rojo. Se muestran las estructuras inferidas en dirección NE-SO y NO-SE en línea negra segmentada. . . . .	77
5.1. a) Velocidad de onda $P$ y $S$ y b) Modulo de incompresibilidad y de corte, como función de la presión efectiva para roca seca( $d$ ) y roca líquido-saturada( $w$ ). Modificado de Han & Batzle (2004). . . . .	80
5.2. Grieta/fractura con forma elipsoidal. La razón de aspecto $\alpha = c/b$ . . . . .	83
5.3. Ilustración conceptual de los límites superior e inferior de los módulos de incompresibilidad y corte para una mezcla de dos componentes (uno de ellos es un líquido). Modificado de [Mavko et al. (1998)] . . . . .	86
5.4. Razón de aspecto $\alpha$ para fracturas elipsoidales. Desde grietas muy delgadas ( $\alpha = 0.005$ ) a grietas en forma de esfera ( $\alpha = 1$ ). . . . .	88



5.5. Módulos efectivos de Kuster & Toksöz para según la litología del área de estudio suponiendo la presencia de fracturas elipsoidales. Las propiedades elásticas varían desde roca no fracturada ( $\phi =0$ ) a roca con un 100 % de fracturamiento ( $\phi =1$ de volumen fraccional de inclusión). Las condiciones de saturación modeladas son: roca seca (negro), rocas líquido-saturada a T=200°C (azul) y roca vapor-saturada a T= 400°C (rojo). Los valores del límite inferior de Hashin-Shtrikman se grafican con líneas punteadas. El modelo de Kuster & Toksöz es válido para módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman. La razón de aspecto es $\alpha =0.005$ correspondiente a grietas muy delgadas (ver Fig. 5.4). . . . .	89
5.6. Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es $\alpha =0.02$ correspondiente a grietas delgadas (ver Fig. 5.4). . . . .	90
5.7. Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es $\alpha =0.05$ correspondiente a grietas delgadas (ver Fig. 5.4). . . . .	90
5.8. Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es $\alpha =0.1$ correspondiente a grietas gruesas (ver Fig. 5.4). . . . .	91
5.9. Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es $\alpha =0.2$ correspondiente a grietas gruesas (ver Fig. 5.4). . . . .	91
5.10. Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es $\alpha =0.5$ correspondiente a grietas muy gruesas (ver Fig. 5.4). . . . .	92
5.11. Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es $\alpha =1$ correspondiente a grietas esféricas (ver Fig. 5.4). . . . .	92
5.12. Velocidades de ondas sísmicas a partir del modelo de Kuster & Toksöz para según la litología del área de estudio suponiendo la presencia de fracturas elipsoidales. Las propiedades sísmicas varían desde roca no fracturada ( $\phi =0$ ) a roca con un 100 % de fracturamiento ( $\phi =1$ de volumen fraccional de inclusión). Las condiciones de saturación modeladas son: roca seca (negro), rocas líquido-saturada a T=200°C (azul) y roca vapor-saturada a T= 400°C (rojo). Los valores del límite inferior de Hashin-Shtrikman se grafican con líneas punteadas. El modelo de Kuster & Toksöz es válido para velocidades de ondas sísmicas con módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman. La razón de aspecto es $\alpha =0.005$ correspondiente a grietas muy delgadas. . . . .	94

5.13. Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es $\alpha = 0.02$ correspondiente a grietas delgadas. . .	94
5.14. Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es $\alpha = 0.05$ correspondiente a grietas delgada. . .	95
5.15. Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es $\alpha = 0.1$ correspondiente a grietas gruesas. . . .	95
5.16. Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es $\alpha = 0.2$ correspondiente a grietas gruesas. . . .	96
5.17. Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es $\alpha = 0.5$ correspondiente a grietas muy gruesas.	96
5.18. Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es $\alpha = 1$ correspondiente a grietas esféricas. . . .	97
5.19. Relación entre $V_p$ y $V_s$ con los modelos de Kuster & Toksöz, para rocas secas (negro), líquido-saturadas (azul) y vapor-saturadas (rojo). Se incluyen los valores observados de velocidades para zona anómala 1. El modelo de Kuster & Toksöz es válido para velocidades de ondas sísmicas con módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman. La razón de aspecto es $\alpha = 0.02$ correspondiente a grietas muy delgadas. . . . .	98
5.20. Idem Fig.5.19 con razón de aspecto es $\alpha = 0.05$ correspondiente a grietas delgada. . .	99
5.21. Idem Fig.5.19 con razón de aspecto es $\alpha = 0.1$ correspondiente a grietas gruesas. . . .	99
5.22. Modelos de Kuster & Toksöz como función del volumen fraccional de inclusión. Se muestran las observaciones de velocidades: $V_p$ , a la derecha y $V_s$ , a la izquierda. Las líneas negras continuas delimitan el dominio que mejor se ajusta a las observaciones de velocidades de ondas sísmicas observadas en la zona anómala 1. . . . .	100

## Índice de tablas

---

4.1. Red de estaciones sismológicas en Tinguiririca. . . . .	30
4.2. Número de rayos (N) atravesando los bloques de la grilla. . . . .	54
4.3. Índices de confiabilidad para las dos últimas iteraciones. . . . .	55
5.1. Coeficientes $P$ y $Q$ para algunas formas de inclusión específicas. Los subíndices $m$ e $i$ hacen referencia a la matriz y a la inclusión, respectivamente (de Berryman (1995)).	83
5.2. Propiedades elásticas de los minerales formadores de la litología “promedio” de la zona de estudio. Las inclusiones: agua y vapor, se encuentran a presiones de confinamiento de 30 MPa, equivalente a una columna de agua de 3 km o a una columna de roca de corteza continental de 1 km de espesor. . . . .	87
A.1. Sismicidad total registrada durante el período 16 de Enero - 17 de Abril de 2010. (1): Fecha del sismo en día/mes/año. (2): Hora del sismo en hora:minuto:segundo. (3): Longitud epicentral del sismo en grados. (4): Latitud epicentral del sismo en grados. (5): Profundidad del sismo en kilómetros. (6): <i>Root mean square</i> del tiempo origen del sismo en segundos. (7): Magnitud del sismo. . . . .	121
B.1. Modelo 3D de ondas sísmicas, y sus relaciones $V_p/V_s$ y $V_p * V_s$ . (1): Longitud del nodo en grados. (2): Latitud del nodo en grados. (3): Profundidad del nodo en kilómetros. (4): Velocidad de onda $P$ del modelo inicial en km/s. (5): Velocidad de onda $S$ del modelo inicial en km/s. (6): Velocidad de onda $P$ del modelo final en km/s. (7): Velocidad de onda $S$ del modelo final en km/s. (8): Covarianza de velocidad de onda $P$ del modelo final en km/s. (9): Covarianza de velocidad de onda $S$ del modelo final en km/s. (10): Variación porcentual de $V_p$ con respecto al modelo inicial en porcentaje. (11): Variación porcentual de $V_s$ con respecto al modelo inicial en porcentaje. (12): Relación $V_p/V_s$ del modelo final. (13): Relación $V_p * V_s$ del modelo final en $\text{km}^2/\text{s}^2$ . .	155

D.1. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto  $\alpha = 0.005$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en  $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km/s}$ . . . . . 162

D.2. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a  $200^\circ\text{C}$  a  $30\text{ MPa}$  de presión efectiva con razón de aspecto  $\alpha = 0.005$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en  $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda  $P$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda  $S$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km/s}$ . . . . . 163

D.3. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a  $400^\circ\text{C}$  a  $30\text{ MPa}$  de presión efectiva con razón de aspecto  $\alpha = 0.005$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en  $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda  $P$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda  $S$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km/s}$ . . . . . 164

D.4. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto  $\alpha = 0.02$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en  $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km/s}$ . . . . . 166

D.5. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 200°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.02$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	167
D.6. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 400°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.02$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	168
D.7. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto $\alpha = 0.05$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . . . . .	170
D.8. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 200°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.05$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	171

D.9. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 400°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.05$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	172
D.10. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto $\alpha = 0.1$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . . . . .	174
D.11. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 200°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.1$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	175
D.12. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 400°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.1$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	176

D.13. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto $\alpha = 0.2$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . . . . .	177
D.14. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a $200^\circ\text{C}$ a $30\text{ MPa}$ de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.2$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	179
D.15. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a $400^\circ\text{C}$ a $30\text{ MPa}$ de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.2$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	180
D.16. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto $\alpha = 0.5$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . . . . .	181

D.17. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 200°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.5$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	183
D.18. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 400°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 0.5$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	184
D.19. Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto $\alpha = 1$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . . . . .	185
D.20. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 200°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto $\alpha = 1$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda $P$ en $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda $S$ en $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda $P$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda $S$ a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en $\text{km/s}$ . . . . .	187



D.21. Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 400°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto  $\alpha = 1$ . (1): Volumen fraccional de inclusión. (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales. (3): Módulo de corte en gigapascales. (4): Densidad en  $\text{gr/cm}^3$ . (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km/s}$ . (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km/s}$ . (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales. (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales. (9): Velocidad de onda  $P$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km/s}$ . (10): Velocidad de onda  $S$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km/s}$ . . . . . 188

Los métodos geofísicos constituyen una herramienta fundamental en la exploración de recursos geotérmicos. Mediante mediciones geofísicas obtenidas, directa o indirectamente, desde la superficie o cercano a ella, es posible inferir parámetros físicos de un sistema geotermal en profundidad. Un sistema geotermal generalmente causa inhomogeneidades en las propiedades físicas de subsuperficie, las cuales pueden ser observadas como anomalías en la superficie [Zhdanov & Keller (1994), Keller (1981)]. Dentro de estos parámetros se incluyen la temperatura (muestreo de temperatura), resistividad eléctrica (métodos eléctricos y electromagnéticos), propiedades elásticas de la roca provocando variaciones en la velocidad de propagación de ondas sísmicas (estudios de sismicidad y tomografía sísmica), densidad (gravimetría) y susceptibilidad magnética (estudios de magnetismo). La aplicación de estos métodos pueden proporcionar información relevante relativa a la forma, tamaño y profundidad de las unidades geológicas que controlan la presencia de un reservorio geotérmico y el emplazamiento de una fuente de calor [Zhdanov & Keller (1994), Keller (1981)].

Por ejemplo, un incremento en la cantidad de sílice en rocas volcánicas provoca una disminución de la densidad, la cual puede ser caracterizada mediante estudios gravimétricos. Muestreos de temperatura se utilizan para delimitar las áreas de mayor gradiente térmico, y así definir la distribución de temperaturas en el sistema. Mediante métodos de prospección eléctricos y electromagnéticos, los cuales son más sensibles que otros métodos de prospección a la presencia de fluidos, especialmente si tienen alto contenido salino, y a variaciones de temperatura, es posible obtener información acerca de la existencia de sistemas hidrotermales en estructuras geológicas y en rocas con mayor fracturamiento [Spies & Frischknecht (1992), Vozzoff (1992)]. Es más, la resistividad es afectada fuertemente por la porosidad y la saturación, aumentando a medida que aumentan éstas. Distribuciones de alta-baja-alta resistividad (*U-shape*), señal típica en ambientes geotermales, puede ser caracterizada utilizando el método Magnetotelúrico. La alta resistividad está asociada a la precipitación de un tapón de roca, la alteración hidrotermal de carácter argílica está asociada a

bajas resistividades características, y la alta resistividad puede ser asociada a la componente propilítica de la alteración por fluidos termales [Anderson et al. (2000)]. La profundidad a la cual la roca se vuelve conductora debido a una anomalía termal también puede ser determinada mediante el método Magnetotelúrico. Existe una buena correlación entre la profundidad de un cuerpo conductor termalmente anómalo y una región con un mayor flujo de calor. Si una roca con anomalía termal se encuentra a profundidades de 10 a 20 km dentro de la corteza, entonces se tiene, con alto grado de certeza, un cuerpo intrusivo parcialmente fundido; dado que la profundidad típica de cuerpos rocosos conductores termalmente anómalos es del orden de cincuenta a cientos de kilómetros [Spies & Frischknecht (1992)].

En comparación con los métodos geofísicos mencionados anteriormente, los métodos de exploración sismológicos, los cuales utilizan la propagación de ondas sísmicas como elemento fundamental, proporcionan una imagen más detallada de la geología del subsuelo. Monitoreos de sismicidad se utilizan para confirmar la existencia de estructuras geológicas activas que permitan la circulación de fluidos y recarga de reservorios. Estudios de velocidades de onda sísmicas se utilizan para inferir la presencia de una fuente de calor, existencia de fluidos hidrotermales y zonas de alta permeabilidad. Complementando ambas herramientas sismológicas con estudios de física de rocas es posible confirmar la existencia de elementos que favorecen la presencia de un sistema geotermal.

El objetivo general de este trabajo de Tesis corresponde al estudio de sismicidad cortical y tomografía sísmica, orientado a la definición de un potencial sistema geotermal asociado al Complejo Volcánico Tinguiririca, ubicado en la VI Región de Chile.

Los objetivos específicos son:

- Determinar la sismicidad cortical en el contexto estructural del área de estudio.
- Realizar una tomografía sísmica orientada a la detección de anomalías de velocidad, como así también en sus relaciones  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$ , las cuales puedan ser asociadas a la presencia de los elementos que constituyen un potencial sistema geotermal.
- Determinar modelos teóricos de  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$  utilizando teoría de medio efectivos para rocas líquido-saturados y vapor-saturados, según la litología del área de estudio.

En el capítulo 2 se revisarán dos de las técnicas de exploración sismológicas más usadas en la caracterización de sistemas geotermales, y en particular, constituyen las herramientas fundamentales

de este estudio. En el capítulo 3 se presenta un resumen breve de la geología local, tanto unidades como estructuras, como además una breve descripción de las principales manifestaciones termales presentes en el área de estudio. En el capítulo 4 se presentan los resultados y análisis del estudio de sismicidad cortical y tomografía sísmica 3D. En el capítulo 5 se presenta un modelamiento de física de rocas de Kuster & Toksöz (1974) acorde a la geología local y relacionado con el estudio de velocidades de ondas sísmicas. Finalmente las principales conclusiones obtenidas en el presente trabajo de Tesis son expuestas en el capítulo 6.

## Principios Básicos en la Aplicación de Métodos Sismológicos para la Caracterización de Sistemas Geotermiales

---

### 2.1. Definición de un Sistema Geotermal

La tierra continuamente produce energía térmica en profundidad principalmente a través de la desintegración de elementos radiactivos. Este calor fluye desde el interior de la Tierra hacia superficie donde se disipa al contacto con la atmósfera. A pesar que esta energía térmica es enorme ( $\sim 1.3 \times 10^{27}$  J [White (1965)]), el calor es generalmente demasiado difuso para la explotación económica. Sólo en regiones con alta concentración de calor, como zonas con actividad ígnea reciente (2 Ma), existe la posibilidad de la explotación de este recurso a poca profundidad.

Un sistema geotermal está compuesto por cuatro elementos principales: una fuente de calor, un reservorio, un sistema hidrotermal, el cual es el portador del calor, y un área de recarga (Fig. 2.1). La fuente de calor es, frecuentemente, un cuerpo magmático emplazado a baja profundidad ( $< 10$  km), en proceso de enfriamiento pero aún parcialmente fundido. El volumen de roca a partir del cual los fluidos pueden ser extraídos es el reservorio geotermal, el cual contiene fluidos compuestos por agua caliente, vapor y gases en diferentes proporciones. Un reservorio geotermal se encuentra, usualmente, rodeado por roca más fría la cual podría estar hidráulicamente conectada con el reservorio, favoreciendo la recarga de éste mediante la percolación de aguas meteóricas. Así los fluidos puede moverse desde el volumen de roca más fría, fuera del reservorio (recarga), hacia el reservorio, dónde los fluidos calientes se mueven por influencia de fuerzas de flotación hacia el área de descarga (*outflow*, Fig. 2.1). Desde el punto de vista económico, un recurso geotérmico es una región con alta concentración de calor (anomalía termal) y que tiene la suficiente porosidad y permeabilidad para que los fluidos puedan ser extraídos de manera de ser aprovechados de forma rentable y sustentable. Un aspecto importante de un sistema geotérmico rentable y sustentable, es que debe contener grandes volúmenes de fluido a altas temperaturas o un reservorio que puede ser recargado con fluidos

que son calentados por contacto con la roca.

Los escenarios geológicos en los cuales se han encontrado sistemas geotermales, varían desde limonitas a pizarras, granitos y rocas volcánicas, siendo ésta última la litología más común donde se emplazan los sistemas geotermales. Es por esto que numerosas clasificaciones han sido propuestas para los sistemas geotermales. Las más importantes son: sistemas de alta y baja temperatura; sistemas líquido-dominante y vapor-dominante [White et al. (1971)]; y sistemas volcánicos y no volcánico [Goff & Janik (2000)]. Generalmente los sistemas de alta temperatura son volcánicos y los sistemas de baja temperatura son no volcánicos [Arnósson et al. (2007)].

Los sistemas geotermales están estrechamente asociados a sistemas con alto flujo de calor (o alto gradiente geotérmico  $> 50$  °C/km [Lin (2000)]). Muchos de los sistemas geotérmicos en explotación alrededor del mundo, se ubican en sistemas convectivos en los cuales los fluidos calientes provenientes de mayores profundidades, pueden ser atrapados por una trampa de roca formada por silicificación o precipitación de otros minerales (principalmente silicatos) o por elementos tectónicos. Por lo tanto los factores importantes en la identificación de un depósito geotérmico no son las unidades de roca en sí, sino más bien la existencia de elementos tectónicos como fracturamiento y la presencia de altos niveles de flujo de calor. En este sentido, las zonas de *rift*, ambientes de subducción y plumas mantélicas, constituyen las zonas donde es más común encontrar sistemas geotermales debido principalmente, a la gran cantidad de calor que aquí es transportado desde el manto a la corteza terrestre.

Por ejemplo, un elemento importante en modelos de sistemas geotérmicos en áreas volcánicas es la fuente de calor del sistema: la existencia de una masa de roca caliente intruyendo bajo el área donde se espera que se encuentre el reservorio. La fuente de calor del sistema podría ser un plutón o un complejo sistema de diques, dependiendo del tipo de roca inyectada (Fig. 2.1). La región sobre la fuente debe estar fracturada por actividad tectónica (alta permeabilidad), los fluidos deben estar disponibles para su circulación en una celda convectiva (fuente de calor) y debe haber ocurrido la precipitación de un tapón de roca (trampa tectónica y/o química). En los edificios volcánicos el agua meteórica percola a través de fracturas hasta alcanzar la fuente de calor, siendo la interacción del agua y el magma la causante de formar celdas convectivas que transportan el calor desde la base del sistema impulsando circulación de los fluidos geotérmicos a zonas permeables someras. Estos procesos y en gran manera aquellos ocurridos en las zonas más someras, determinaran las características químicas de las aguas en las manifestaciones termales superficiales (Fig. 2.1). Todos

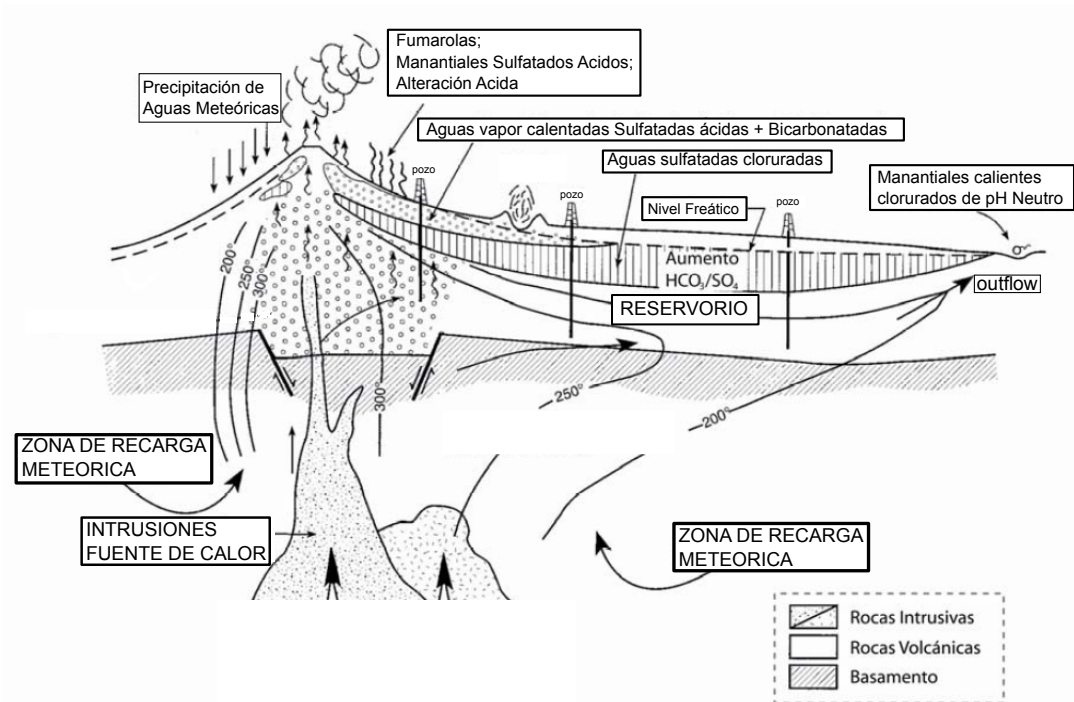


Figura 2.1: Modelo conceptual de un sistema geotermal hospedado en un estratovolcán andesítico [Goff & Janik (2000)]. La fuente de calor esta representada por un cuerpo magmático emplazado a baja profundidad ( $< 10\text{ km}$ ). El reservorio geotermal es volumen de roca a partir del cual los fluidos compuestos por agua caliente, vapor y gases en diferentes proporciones, pueden ser extraídos. La recarga del reservorio se puede llevar a cabo mediante la percolación de aguas meteoricas. Los fluidos dentro del reservorio se mueven por influencia de fuerzas de flotación hacia el área de descarga (*outflow*).

estos elementos representan el objetivo de la aplicación de técnicas de prospección geológica, geofísica y geoquímica.

## 2.2. Sismicidad en Sistemas Geotermiales

La caracterización de sismicidad ha sido ampliamente usado por la industria del gas y el petróleo como método para detectar y caracterizar fracturas asociadas a sus reservorios. Sin embargo, estos estudios han sido realizados en cuencas sedimentarias donde la estratigrafía, frecuentemente, corresponde a estratos horizontales o subhorizontales. Por el contrario, la industria geotérmica, que ha utilizado este método por más de 30 años, debe enfrentar un ambiente geológico muy diferente: anisotropías inducidas y heterogeneidades en la roca, microfracturas rellenas con fluidos hidrotermales.

Estudios de sismicidad en áreas volcánicas y tectónicamente activas, muestran que algunos

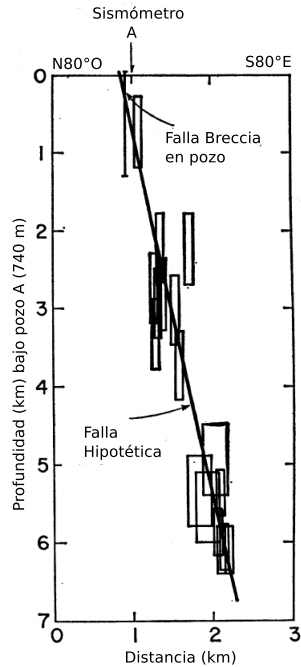


Figura 2.2: Proyección de hipocentros en el plano vertical  $N80^{\circ}O - S80^{\circ}E$  que atraviesa el sistema geotermal Ahuachapan, El Salvador. Los rectángulos representan la localización aproximada de los sismos. Adaptado de Ward & Jacob (1971).

sistemas geotermales están caracterizados por niveles de sismicidad superior a la sismicidad regional [Combs (1975), Conant (1972), Mark et al. (1978), Foulger et al. (1989), Foulger et al. (1997)], en cuanto otros pueden presentar una sismicidad similar a la regional [Evison (1976), Majer (1978)] o incluso hay algunos que están caracterizados por una baja actividad sísmica [Steeple & Pitt (1976), McEvilly et al. (1978), Sherburn et al. (1997)]. Por lo tanto, no existe una relación directa entre la localización de los sismos y la presencia de un sistema geotermal. Sin embargo los sismos se originan usualmente en fallas, y en muchos sistemas geotermales, las fallas son el principal canal a través del cual los fluidos asociados al reservorio pueden aflorar a superficie o muy cercano a ella. Por ejemplo, Ward & Jacob (1971), utilizaron la localización hipocentral de microsismos, en el sistema geotermal de Ahuachapan, El Salvador, para definir un plano de actividad el cual representa una falla que permite la circulación de fluidos calientes hacia la superficie (Fig. 2.2). Combs & Hadley (1977) infirieron la presencia de una falla que atraviesa el sistema geotermal *East Mesa*, California, mediante la localización de microsismos.

La actividad tectónica actual, la cual puede ser controlada por los mismos factores que controlan el emplazamiento de un sistema geotermal, puede ser caracterizada por medio de la identificación



de la actividad sísmica. En muchos casos la localización del sistema geotermal coincide con un área donde los esfuerzos regionales están siendo liberados a una tasa diferente de los esfuerzos locales. Por ejemplo, Majer & McEvilly (1979), realizaron un estudio sismológico en el área de *The Geysers*, California (E.E.U.U.), y concluyeron que la dirección de fallamiento es controlada por el esfuerzo regional, sin embargo, la tasa de fallamiento es controlada por los niveles locales de esfuerzo. Variaciones en la sismicidad dentro un mismo sistema geotermal pueden reflejar variaciones tectónicas en el sistema. Por ejemplo, Smith et al.(1974) observaron variaciones espaciales y temporales de la sismicidad en el sistema geotermal de *Yellowstone* (E.E.U.U.), interpretándolas en términos del contraste de la estructura cortical dentro y fuera de la caldera.

Las variaciones en la presión efectiva y en la temperatura de la corteza también pueden causar variaciones en la sismicidad. La distribución epicentral de la sismicidad local y su relación con rasgos superficiales, proporcionan una visión de la distribución geográfica de zonas de alta temperatura. Klein et al.(1977) relacionaron zonas de alta temperatura en la Península *Reykjanes*, con los epicentros de un conjunto de enjambres de sismicidad. Majer & McEvilly (1979) observaron que la máxima profundidad de los sismos bajo el sistema de *The Geysers*, era de 5 km comparado con los 11 – 12 km de profundidad de los sismos regionales. Esto fue interpretado como un indicador de elevadas temperaturas a 4 – 5 km de profundidad. También observaron que la actividad sísmica tiende a ocurrir en los bordes y no dentro de la zona de producción de un sistema geotérmico. Esto fue interpretado como un indicador de un alto gradiente de presión de poro hacia los bordes del sistema, y una baja presión y elevada temperatura dentro de él. Una elevada presión de poro reduce la fricción a lo largo de fracturas, permitiendo así la ocurrencia de muchos microsismos en lugar de un gran sismo que libere el esfuerzo tectónico acumulado, debido al menor nivel de esfuerzo necesario para reducir el fallamiento.

La sismicidad también puede ser usada para construir modelos de velocidades de ondas sísmicas los cuales, en conjunto con la caracterización de sistemas de fallas, pueden aportar antecedentes complementarios a otras técnicas geofísicas. Las velocidades de ondas sísmicas derivadas de estos modelos pueden ser afectadas por diversas condiciones físico-químicas que se manifiestan en los sistemas geotermales: un elevado fracturamiento, inclusión de fluidos en distintas fases, presiones y temperaturas elevadas, alteración hidrotermal. Así, mediante el estudio de modelos de velocidades de ondas sísmicas se puede inferir la presencia de elementos que contribuyen a la existencia de un sistema geotermal.

## 2.3. Tomografía Sísmica

Las velocidades de las ondas sísmicas varían a lo largo del rayo entre la fuente y el receptor según las propiedades físico-químicas de la roca a través de la cual viaja. Particularmente, la tomografía de fuente sísmica natural, la cual ha tenido un importante desarrollo en las últimas dos décadas, constituye una herramienta básica en el análisis de modelos de velocidad 3D en áreas volcánicas y sísmicamente activas [Thurber (1992)]. El rápido desarrollo de las técnicas de inversión tomográfica en las últimas décadas, han hecho posible la imagen de complejas estructuras geológicas en numerosos sistemas geotermales como *The Geysers* (E.E.U.U.), *Long Valley* (E.E.U.U.), *Parkfield* (E.E.U.U.), *Larderello* (Italia), *Campi Flegrei* (Italia), *Coso* (E.E.U.U.), produciendo modelos de velocidades de ondas sísmicas con resolución de pocos kilómetros. La determinación de hipocentros y modelos de velocidad en tres dimensiones, se basa en teorías de inversión cuyo fundamento es la minimización de residuos de tiempo entre los modelos teóricos y los datos experimentales. El desarrollo inicial de las técnicas de inversión simultánea en aplicaciones sísmicas se atribuye a Crosson (1976) y Aki & Lee (1976). Aplicaciones posteriores incluyeron parametrizaciones más sofisticadas de los modelos de velocidad, una elección que depende del tipo y velocidad de la técnica de trazado de rayos adoptada por el problema directo (*forward modeling*), y de la geometría específica impuesta por la distribución de estaciones sismológicas y el contexto geológico del área de estudio. Por ejemplo, Crosson (1976) utilizó modelos de capas homogéneas de velocidad. Aki & Lee (1976) parametrizaron su modelo subdividiendo el volumen de estudio en celdas de velocidad constante. Spenser & Gubbins (1980) aplicaron las técnicas de inversión en sismos de subducción, adoptando una función analítica de velocidad con coeficientes que son determinados en la inversión. Pavlis & Booker (1980) resolvieron un modelo unidimensional en velocidad siguiendo el formalismo de Backus & Gilbert (1967), abordando el problema como un problema indeterminado. Ellos introdujeron la técnica de separación de parámetros con la finalidad de reducir la inversión simultánea a un tamaño manejable, y propusieron el esquema de inversión progresiva desarrollado por Roecker (1982). O'Connell & Johnson (1991) extendieron el método de Pavlis-Booker a la inversión simultánea de la estructura de velocidades de ondas  $P$  y  $S$  y correcciones de estaciones. Thurber (1983) también adoptó este esquema de inversión simultánea, utilizando un trazado de rayos tridimensional en un modelo parametrizado en términos de funciones de interpolación lineal. Este método especifica velocidades en un número discreto de puntos de una grilla tridimensional. Este

esquema de inversión ha encontrado una amplia variedad de aplicaciones tales como: sistemas geotermales [Foulger et al. (2003), O’Connell & Johnson (1991), Eberhart-Phillips (1986)], zonas de fallas [Foxall (1992), Michelini & McEvelly (1991)], y regiones volcánicas [Nakajima & Hasegawa (2003), Less (1992), Toomey & Foulger (1989)], debido a su relativa simplicidad y practicidad. O’Connell & Johnson (1991) incorporaron en la inversión simultánea, la velocidad de onda  $S$ , que permitió estimar la estructura de la razón  $V_p/V_s$ , un parámetro crucial para determinar las propiedades mecánicas de las rocas y la posible existencia de fluidos en profundidad. Michelini & McEvelly (1991) modificaron el esquema de interpolación del método Thurber, usando funciones cúbicas y posteriormente emplearon este procedimiento para construir modelos relativamente suaves en la Falla de *San Andreas*, alrededor de *Parkfield*, California. Zhang & Thurber (2003) introdujeron la técnica de inversión basada en la doble-diferencia, que hace uso de los tiempos de llegada absolutos y relativos de las ondas  $P$  y  $S$ , mejorando notablemente los modelos de velocidad obtenidos al reducir los errores sistemáticos con los tiempos relativos de llegada.

Aunque la estructura de velocidades resultante a partir del proceso de inversión de datos pasivos (sismicidad natural) tiene una menor resolución comparada a aquella resultante a partir de datos activos (fuente controlada), la tomografía sísmica utilizando sismicidad natural tiene la ventaja de proporcionar, a menor costo, la estructura de velocidades de la onda  $S$ , un parámetro crucial en el estudio de sistemas geotermales, que permite clarificar ambigüedades en la interpretación de anomalías derivadas exclusivamente de la estructura de velocidades de la onda  $P$ . Las anomalías en la estructura de velocidades de ondas  $P$  y  $S$  deben ser interpretadas en función de las propiedades físicas de la roca, las cuales juegan el rol de conectar los cambios en los parámetros sísmológicos inferidos, con las propiedades y condiciones que experimenta la roca en profundidad. Particularmente, el desarrollo de teorías de medios efectivos impulsada por la industria de hidrocarburos, se ha convertido en una herramienta fundamental en la interpretación de perfiles sísmicos y, en la última década, en tomografías sísmicas locales.

## 2.4. Propiedades Físicas de las Rocas

Muchos parámetros físicos de las rocas, contribuyen a producir cambios en las velocidades de las ondas sísmicas que se propagan a través de ella. Sin embargo, estas condiciones afectan de manera diferente a la velocidad de la onda  $P$  y a la velocidad de la onda  $S$ . Dentro de la complejidad de un

sistema geotermal, resulta difícil aislar una única relación que permita una interpretación carente de ambigüedades en la inferencia de parámetros geofísicos como la velocidad de onda compresional ( $V_p$ ) y de corte ( $V_s$ ), debido a alto grado de correlación entre los factores que influyen en los cambios en las velocidades sísmicas. Entre estos factores podemos considerar la composición mineralógica, la porosidad y el fracturamiento, y las condiciones de esfuerzo locales, como las propiedades del fluido en los poros, que a su vez dependen de la temperatura y la presión [Birch (1960), Spenser & Nur (1960), O'Connell & Budiansky (1974), Toksöz et al. (1976), Ito et al. (1979), Christensen (1985)] [Christensen & Mooney (1995), Wang & Nur (1986), Sanders et al. (1995), Dvorkin (1999a)]. A continuación se detalla el efecto que cada uno de estos factores tiene en la caracterización de las ondas  $P$  y  $S$ .

#### 2.4.1. Litología y Alteración Hidrotermal

En general, la litología es el principal factor que provoca cambios en las velocidades sísmicas de las rocas [Tatham (1982)]. Sin embargo, algunas de las condiciones físicas anteriormente mencionadas, juegan un papel primordial en la comprensión de las variaciones de velocidad inferidas a partir de las observaciones teóricas y experimentales. Normalmente, se han observado bajos valores de  $V_p$  en rocas con alta porosidad, como algunas tobas y depósitos piroclásticos. Por el contrario, rocas altamente consolidadas, como granitoides y rocas metamórficas, exhiben altos valores de  $V_p$  [Less & Wu (2000)]. Estadísticamente, las velocidades de ondas  $P$  y  $S$  disminuyen a medida que aumenta la porosidad. El producto de velocidades de onda compresional y de corte,  $V_p * V_s$  (parámetro de porosidad), ha sido usado para caracterizar porosidades de rocas sedimentarias [Iverson et al. (1989), Tatham (1982)]. Se han observado bajos valores del parámetro de porosidad indicando un aumento de la porosidad, mientras que el parámetro permanece constante, para una litología específica que no presenta cambios de porosidad [Pickett (1963), Tatham (1982)].

La alteración hidrotermal comúnmente observada en ambientes geotermales, también puede provocar cambios en las velocidades de ondas sísmicas. La disolución de minerales puede disminuir tanto el módulo de incompresibilidad ( $K$ ), como el módulo de corte ( $\mu$ ), y así provocar cambios tanto en  $V_p$  como en  $V_s$ . Estos efectos pueden reducir la capacidad de distinguir el origen principal de las variaciones observadas en velocidad.

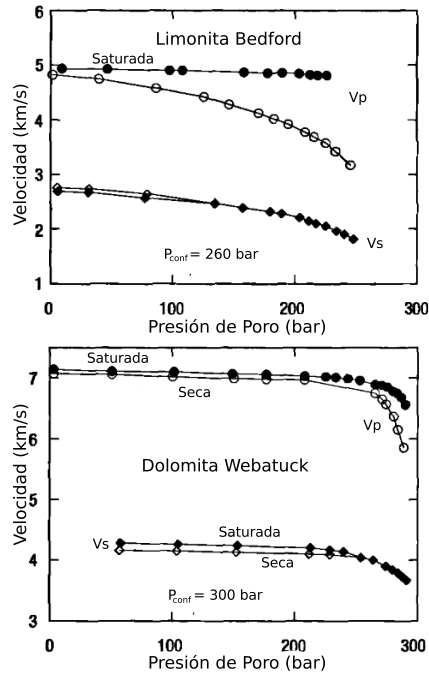


Figura 2.3: Velocidades de ondas  $P$  y  $S$  como función de la presión de poro para dos tipos de rocas (limonita y dolomita). Se comparan rocas secas y rocas saturadas. La roca seca presenta porosidad vacía mientras que la roca saturada presenta los poros rellenos de fluidos. A medida que aumenta la presión de poro se abren grietas delgadas en la matriz de la roca. También existe una variación en  $V_p$  y  $V_s$  debido a la inclusión de fluidos en la roca. Adaptado de Mavko et al.(1998).

#### 2.4.2. Fracturamiento

La presencia de grietas y fracturas provoca, en general, una disminución de los módulos efectivos de la roca. Estudios teóricos de O'Connell & Budiansky (1974), mostraron que un incremento en la densidad de fracturas en rocas secas<sup>1</sup> provoca una disminución en  $V_p$  y en  $V_s$ . Sin embargo, la disminución de la velocidad de onda  $P$  es más prominente que la disminución de la velocidad de onda  $S$ , por lo tanto, la razón  $V_p/V_s$  tiende a disminuir [O'Connell & Budiansky (1974), Toksöz et al. (1976)]. La geometría de las fracturas también tiene una gran influencia en las velocidades de las ondas sísmicas. Rocas con grietas delgadas tienen valores mucho más bajos de los módulos efectivos, que rocas con vacíos esféricos [Toksöz et al. (1976), Mavko et al. (1998)]. Dvorkin (1999a) simuló numéricamente la disminución de  $V_p$  y  $V_s$  debido a la apertura de grietas delgadas causada por un aumento en la presión de poro (Fig. 2.3). Además, grietas grandes provocan una disminución mayor de los módulos de elasticidad que un gran número de grietas pequeñas [O'Connell & Budiansky (1974)].

<sup>1</sup>Roca con poros vacíos

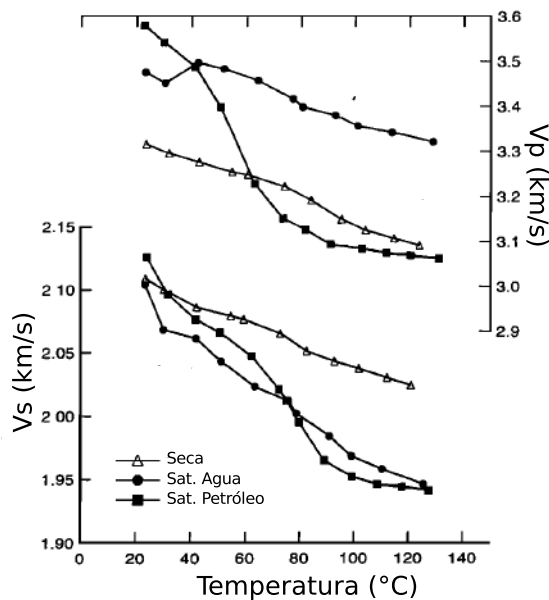


Figura 2.4: Velocidades de onda  $P$  y onda  $S$  en areniscas secas, saturadas de agua y saturadas de petróleo, como función de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, las velocidades de onda  $P$  y  $S$  disminuyen. En rocas secas, los efectos de la temperatura en la velocidad son más pequeños que el efecto en rocas saturadas de fluidos. Adaptado de Wang & Nur (1986).

### 2.4.3. Temperatura

En general,  $V_p$  y  $V_s$  disminuyen al aumentar la temperatura [Christensen (1985)], pero esta tendencia se acentúa a medida que la temperatura se acerca a la temperatura de fusión parcial de la roca. En rocas secas, los efectos de la temperatura en la velocidad son más pequeños que el efecto en rocas saturadas de fluidos (Fig. 2.4). La disminución en la velocidad se cree que es debido al “ablandamiento” de la matriz de la roca y al aumento en la porosidad, la cual es producto de la expansión termal de los minerales [Kern (1982), Wang & Nur (1986)]. Sin embargo, el efecto de la temperatura no es tan efectivo sino hasta que se alcanza la fusión parcial, que lleva a  $V_s$  a disminuir más rápidamente que  $V_p$  [Sanders et al. (1995), Mavko et al. (1998), Mizutani & Kanamori (1964)] (Fig. 2.5). Al aumentar la temperatura, el *Módulo de Corte*  $\mu$ , decrece (Fig. 2.6). Este fenómeno se conoce como “lubricación”: dado que la temperatura aumenta, la matriz de roca se ablanda y expande, disminuyendo el roce interno entre los granos [Wang (1988)]. Esto conduce, generalmente, a un incremento en  $V_p/V_s$  a medida que la temperatura aumenta, y, más específicamente, aumenta al infinito al ocurrir la fusión parcial o total [Mizutani & Kanamori (1964)]. Sin embargo, las variaciones de  $V_p/V_s$  con la temperatura aún son ambiguas [Christensen (1996)] y difíciles de evaluar [Nakajima & Hasegawa (2003)]. Muchos estudios teóricos y experimentales

[Sanders et al. (1995), Murase & McBirney (1973)] han reportado que los mayores cambios en  $V_p$  y  $V_s$  ( $\approx 80 - 90\%$ ), suceden en un estrecho rango de temperatura cerca de la temperatura de fusión parcial. En este rango,  $V_s$  disminuye más rápido que  $V_p$  provocando un aumento en  $V_p/V_s$ .

En rocas saturadas de fluidos, el efecto de la temperatura en las propiedades elásticas de la roca, se realiza exclusivamente por su dependencia con la velocidad de onda  $P$ , debido a cambios en la compresibilidad del fluido inducidas por transiciones de fase [Ito et al. (1979), Wang & Nur (1989)]. Esto no afecta al módulo de corte: la velocidad de la onda  $S$  es solamente afectada por cambios en la densidad de la roca.

#### 2.4.4. Fases de Fluidos y Saturación

La inclusión de fases líquidas en una roca seca, conduce a un aumento en la velocidad de onda  $P$ . Este aumento provoca un aumento de  $V_p/V_s$  [O'Connell & Budiansky (1974), Ito et al. (1979)] (Fig. 2.4). Esto es coherente con el efecto “Boit”, el cual predice que el módulo de incompresibilidad de los fluidos de poro actúa “endureciendo” los poros provocando un aumento en  $V_p$ . En cambio, no hay efecto similar en el módulo de corte [Biot (1956)]. Cuando se introduce gas o fases de vapor en

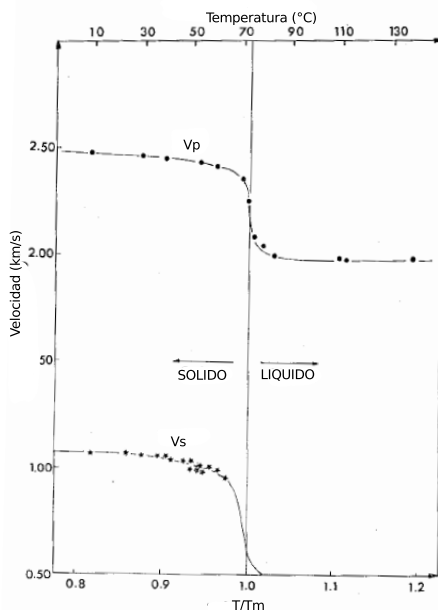


Figura 2.5: Variación de  $V_p$  y  $V_s$  como función de  $T/T_m$ , la razón entre la temperatura y la temperatura de inicio de la fusión parcial. La roca está compuesta de Pb (37.7%), Bi (42.5%), Sn (11.5%) y Cd (8.5%) cuyo punto de inicio de la fusión parcial es cercano a los  $72^\circ$  C. A medida que la temperatura se acerca a la temperatura de inicio de la fusión parcial,  $V_s$  disminuye más rápidamente que  $V_p$ . Adaptado de Mizutani & Kanamori (1964).

una roca (por ejemplo, fluidos a altas presiones), se produce una disminución en  $V_p$ , con respecto a un estado líquido-saturado (i.e., fluidos altamente compresibles), provocando una disminución de  $V_p/V_s$  (Fig. 2.7). El estado de saturación de fluidos también tiene otros efectos en las velocidades sísmicas. Entre ellos está el desarrollo de flujos de fluidos locales en los espacios porales, los cuales producen una dependencia en frecuencia en las medidas de velocidad, ablandamiento de la matriz de la rocas y cambios en la densidad [Boitnott & Bonner (1994)]. Además, fluidos a altas presiones inducen transiciones de fase debido a la apertura de grietas, lo cual provoca una disminución de  $V_p/V_s$ . Mediante pruebas de laboratorio en areniscas [Wang et al. (1998)] y granitos [Vanorio et al. (2005)] se ha modelado las variaciones de  $V_p/V_s$  como función de la temperatura de los fluidos de poro y la presión, para altas temperaturas y presiones. La razón  $V_p/V_s$  aumenta desde fases gaseosas a fases líquidas, pero, si ocurre la apertura de grietas finas, se produce un inesperado decrecimiento del valor  $V_p/V_s$  para condiciones vapor/gas-saturadas, mientras que esta razón aumenta si la roca mantiene su estado líquido-saturado.

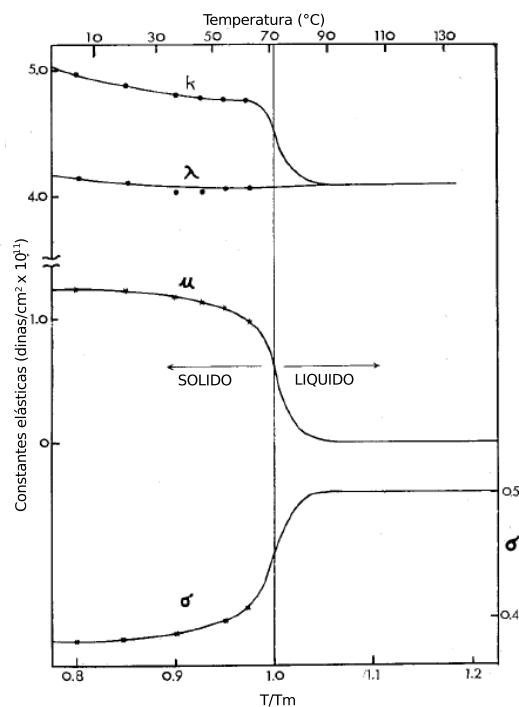


Figura 2.6: Variación de las constantes elásticas como función de  $T/T_m$ .  $K$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$  y  $\sigma$  son el módulo de incompresibilidad, la constante de Lamé, el módulo de corte y la razón de Poisson, respectivamente. Adaptado de Mizutani & Kanamori (1964).



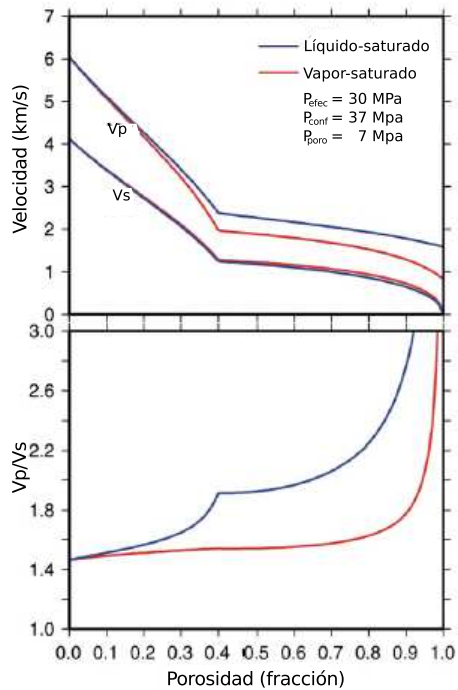


Figura 2.7: Velocidad de ondas  $P$  y  $S$  para una roca en estado líquido-saturado y en estado vapor-saturado. Al pasar de un estado líquido-saturado a un estado vapor-saturado, la velocidad de onda  $P$  disminuye para una determinada porosidad, provocando un aumento en  $V_p/V_s$ .  $V_s$  no se ve afectada por un cambio en el estado de saturación. A medida que aumenta la porosidad tanto  $V_p$  como  $V_s$  disminuyen. Adaptado de De Matteis et al.(2008).

### 2.4.5. Presión

Las velocidades sísmicas siempre tienden a aumentar con la presión efectiva ( $P_{efectiva} = P_{confinamiento} - P_{poro}$ ) (Fig. 2.8). La presión efectiva actúa como un “endurecedor” de la matriz de la roca debido a la eliminación progresiva de los poros, cerrando microfisuras y endureciendo el contacto entre los granos [Nur & Simmons (1969), Nur (1971), Sayers (1988), Mavko et al. (1995)]. En general,  $V_s$  se ve mayormente afectada por el incremento en la presión efectiva en rocas saturadas de líquidos, y es más grande el efecto, en rocas vapor/gas-saturadas. En reservorios geotermales, el efecto de la presión de confinamiento sólo puede ser percibida en regiones vapor-dominantes. La falta de fluidos en estado líquido en los poros puede provocar un aumento en el esfuerzo normal efectivo causando un incremento en la velocidad de onda  $P$ . Sin embargo, las altas porosidades y fracturamiento pueden compensar el aumento de la presión de confinamiento, resultando un cambio muy pequeño en  $V_p$ .

La presión de poro, como ya se mencionó, también influye en las propiedades sísmicas de las rocas. Un incremento en la presión de poro tiende, aproximadamente, a cancelar el efecto de la

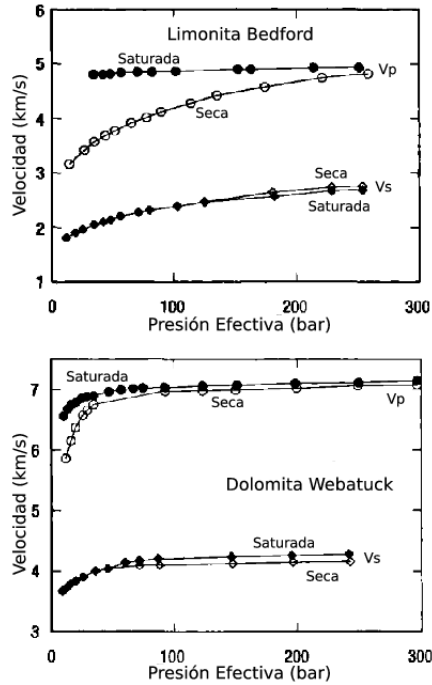


Figura 2.8: Velocidades de ondas  $P$  y  $S$  en como función de la presión efectiva.  $V_p$  y  $V_s$  tienden a aumentar con la presión efectiva. La presión efectiva actúa como un “endurecedor” de la matriz de la roca debido a la eliminación progresiva de los poros, cerrando microfisuras y endureciendo el contacto entre los granos. Adaptado de Mavko et al.(1998).

presión de confinamiento, provocando la apertura de grietas o manteniendo las existentes, y por lo tanto aumentando  $V_p/V_s$  debido a la disminución en  $V_p$  y  $V_s$ . Dvorkin (1999b) demostró con medidas de laboratorio y modelamiento de medios efectivos, que la apertura de grietas inducida por el aumento en la presión de poro, conduce a un fuerte disminución de  $V_p/V_s$  en rocas vapor-saturadas, con respecto a rocas líquido-saturadas (Fig. 2.9).

#### 2.4.6. Interpretaciones clásicas de anomalías en $V_p$ y $V_s$ en áreas volcánicas y/o sistemas geotermales

En casi todos los estudios de tomografías sísmicas en áreas volcánicas, se ha observado variaciones en las velocidades de ondas sísmicas las cuales han sido descritas en mayor o menor detalle. Muchos estudios en sistemas geotermales muestran que:

1. Los reservorios geotermales exhiben fuertes anomalías en la razón  $V_p/V_s$  [Julian et al. (1996)].
2. La explotación económica de los recursos puede causar cambios medibles en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, las cuales proporcionan información relevante en el

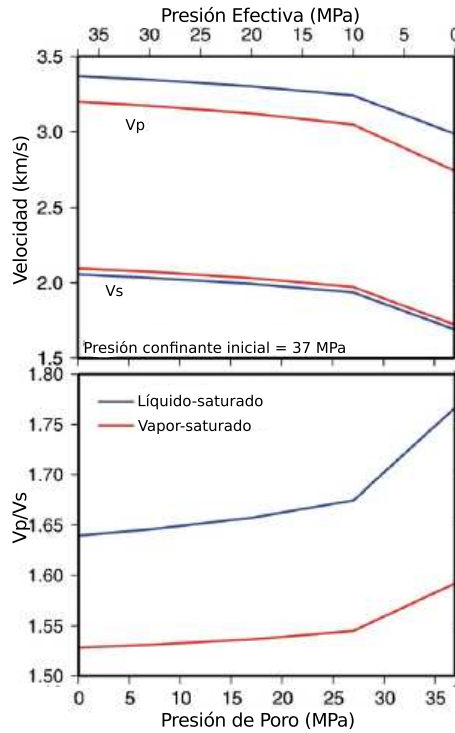


Figura 2.9: Velocidad de ondas  $P$  y  $S$  para una roca en estado líquido-saturado y en estado vapor-saturado como función de la presión de poro y de la presión efectiva. Un incremento en la presión de poro puede provocar la apertura de grietas y por lo tanto producir un aumento de  $V_p/V_s$  debido a la disminución en  $V_p$  y  $V_s$ . La apertura de grietas inducida por el aumento en la presión de poro, conduce a un fuerte disminución de  $V_p/V_s$  en rocas vapor-saturadas, con respecto a rocas líquido-saturada. Adaptado de De Matteis et al.(2008).

monitoreo de procesos críticos (reinyección de fluidos al reservorio) durante el proceso de producción [Foulger et al. (1997), Gunasekera (2003)].

Anomalías de alta velocidad han sido observadas en regiones superficiales de la corteza en numerosos complejos volcánicos activos [Less (1992), Benz et al. (1996), Okubo et al. (1997)]. Éstas han sido típicamente interpretadas como características estructurales asociadas a la geología local o como potenciales cuerpos magmáticos enfriados. En sistemas geotermales, anomalías de alto  $V_p/V_s$  pueden ser asociadas a zonas de condensación, zonas afectadas por la recarga de agua hacia el reservorio o zonas afectadas por la migración de  $CO_2$  hacia zonas distales del reservorio debido a un aumento en la presión efectiva [De Matteis et al.(2008), Simiyu (1999), Foulger et al. (2003)]. Este tipo de anomalías han sido reportadas en numerosos sistemas geotermales líquido-dominantes como por ejemplo, *Travale*, Italia [Hirn & Ferucci (1985)]. Anomalías de baja velocidad han sido observadas en centros de expansión oceánicos en el Pacífico Este, *Long Valley*, *Yellowstone*, y en volcanes como el *Rabaul*, *Krafla*, *St. Helens*, *Mt. Rainier*, *Newberry*, *Medicine Lake*, *Unzen*,

*Nikko-Shirane, Fuji, Klyuchevskoy, Campi Flegrei y Pinatubo*. Éstas han sido interpretadas como zonas de acumulación de roca fundida, tales como diques, *sills* o cámaras magmáticas. En sistemas geotermales asociados, anomalías de bajo  $V_p/V_s$  debido a bajos valores de  $V_p$  y  $V_s$  han sido interpretadas como formaciones vapor-saturadas, zonas de alta temperatura y zonas con gran fallamiento y presencia de alteración hidrotermal [Foulger et al. (2003), De Matteis et al.(2008), Simiyu (1999), Boitnott & Kirkpatrick (1997), Foulger (1995), Yoshikawa & Yasuaki (2004)]. Este tipo de anomalías han sido observadas en sistemas geotermales vapor-dominantes como *The Geysers* [Majer & McEvilly (1979), O'Connell & Johnson (1991)] y *Larderello* [De Matteis et al.(2008)].

## Complejo Volcánico Tinguiririca, Andes del Sur

---

En el arco oeste de América del Sur, existen más de 500 volcanes Andinos de edad Pleistoceno y Holoceno, los cuales se pueden agrupar en cuatro segmentos según su emplazamiento en la Cordillera de los Andes (Fig. 3.1): Zona Volcánica Norte ( $2^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$ ), Zona Volcánica Central ( $14^{\circ}\text{S} - 28^{\circ}\text{S}$ ), Zona Volcánica Sur ( $33^{\circ}\text{S} - 46^{\circ}\text{S}$ ) y Zona Volcánica Austral ( $49^{\circ}\text{S} - 55^{\circ}\text{S}$ ). En los Andes de Chile, existen más de 500 estratovolcanes de edad Pleistoceno y Holoceno, como así también una serie de extensos campos volcánicos y complejas calderas. De éstos, unos 60 han tenido actividad eruptiva histórica en Chile. Así, estos volcanes constituyen un laboratorio natural para el estudio del volcanismo, génesis de magmas, peligros volcánicos y sistemas geotermales, en el contexto de una zona de subducción [Stern et al.(2007)].

La actividad volcánica andina es producto de la subducción de las placas de Nazca y Antártica bajo la placa Sudamericana (Fig. 3.1). Los volcanes de la Zona Volcánica Central, en el norte de Chile, y de la Zona Volcánica Sur, en el centro-sur de Chile, se generan debido a un ángulo de subducción  $> 25^{\circ}$  a profundidades  $< 90$  km. Estos dos segmentos del arco volcánico están separados por un segmento de subducción plana cuyo ángulo es  $< 10^{\circ}$  a profundidades  $< 90$  km. El límite norte de la Zona Volcánica Sur coincide con la subducción de un conjunto de islas oceánicas: la dorsal de Juan Fernández (JFR). En el límite sur de la Zona Volcánica Sur, se asocia al punto triple de Taitao, que separa la placa de Nazca de la placa Antártica, la cual subduce bajo la placa Sudamericana a una tasa de convergencia de 2.1 cm/año, produciendo el *Gap* Volcánico de la Patagonia. Estas asociaciones sugieren una relación genética entre la subducción de las placas y el volcanismo. Estudios geoquímicos indican que la generación de los magmas andinos es producto de la deshidratación y/o fusión de la placa oceánica subductante, y la interacción de estos fluidos con la cuña astenosférica [Cembrano & Moreno (1994)]. La corteza continental se incorpora a los magmas andinos por una combinación de subducción de la corteza en el manto astenosférico y la asimilación de la corteza en los magmas manto-derivados [Stern et al.(2007)].

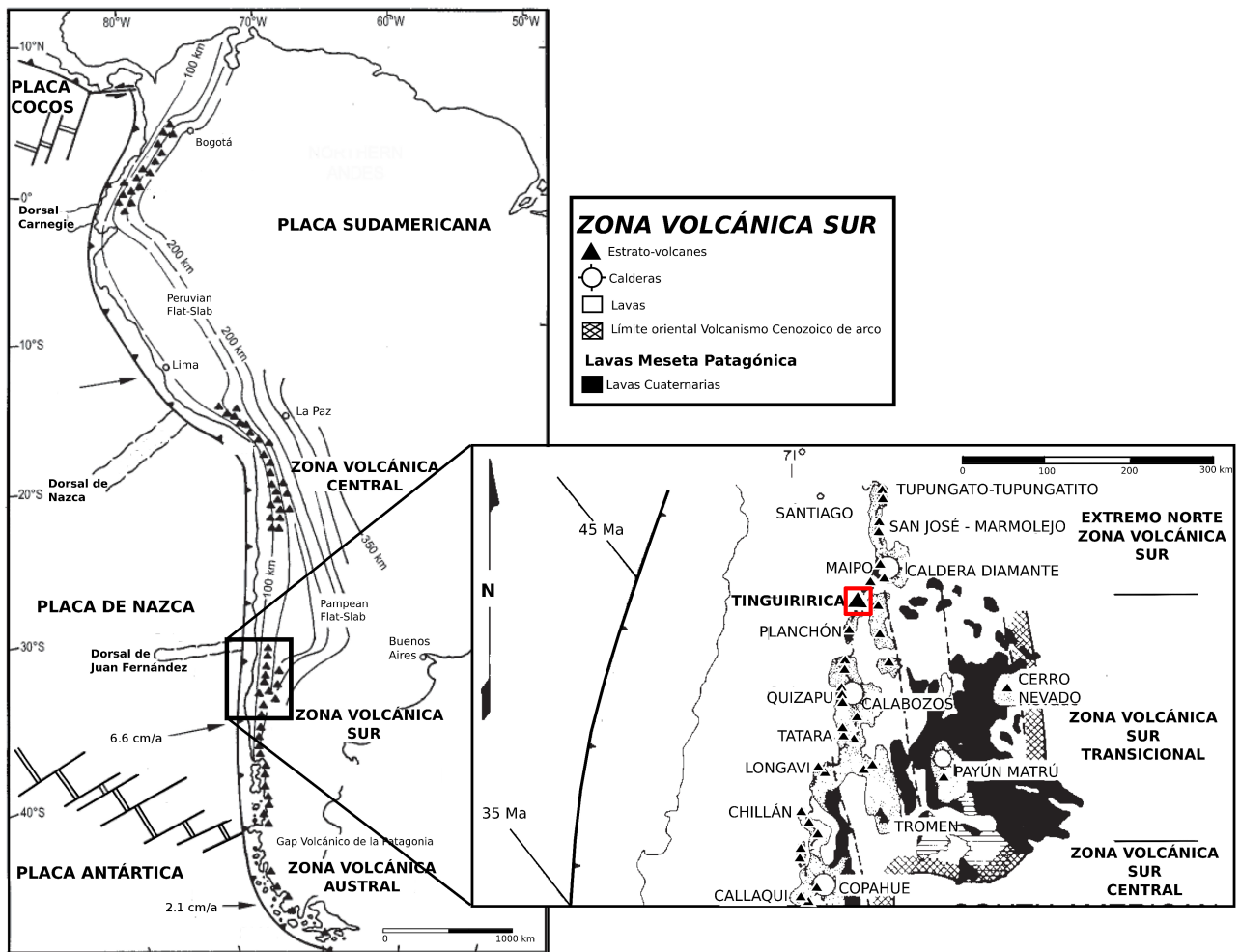


Figura 3.1: Localización del área de estudio en el marco regional de Sudamérica y la Cordillera de los Andes. Se muestran las 4 zonas volcánicamente activas en los Andes, la geometría de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana indicando la profundidad (km) de la zona de Benioff, dorsales oceánicas, las edades de las placas oceánicas cerca de la fosa, y las tasas de convergencia y las direcciones a lo largo de los Andes. En detalle, un mapa esquemático de la ubicación de algunos de los volcanes más grandes y los sistemas de caldera en la Zona Volcánica Sur. La zona achurada con rayas cruzadas indica el límite oriental del volcanismo Cenozoico de arco, que divide la zona de transición de los basaltos alcalinos de olivino de trasarco (al oeste) de las lavas de la meseta patagónica (al este) [Stern et al. (1990)]. El rectángulo en rojo representa la zona de estudio en torno al Volcán Tinguiririca. Modificado de [Stern et al.(2007)].

El área de estudio se encuentra en el Complejo Volcánico (CV) Tinguiririca ( $70^{\circ}21'W$ ,  $35^{\circ}48'S$ ), en la alta cordillera de los Andes del Sur cercano al límite internacional Chile - Argentina (Fig. 3.1). El CV Tinguiririca se encuentra emplazado hacia límite norte de la Zona Volcánica Sur, el cual en la zona de subducción, coincide con la irrupción de la dorsal de Juan Fernández en la fosa de Chile-Perú. La edad de la placa de Nazca en la fosa en Zona Volcánica Sur, disminuye de 45 Ma, en el extremo norte, a 0 Ma, en el extremo sur (punto triple). Por otro lado, el ángulo de sub-

ducción aumenta de  $20^\circ$  en el extremo norte, a  $>25^\circ$  en el extremo sur. Como consecuencia de esto, la distancia entre la fosa y el frente volcánico decrece de  $>290$  km en el norte a  $<270$  km en el sur. Así también, el espesor de la corteza continental bajo el arco disminuye de 55 a 60 km en el extremo norte de la Zona Volcánica Sur, a  $<35$  km al sur de los  $37^\circ$ S. La corteza bajo la Zona Volcánica Sur se compone de un basamento Paleozoico y Mesozoico pre-Andino y rocas ígneas del Mesozoico-Cenozoico.

El área de estudio se ubica en la Cordillera de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins entre las coordenadas UTM 357.000-377.000 E y 6.158.000-6.128.000 S. Los principales ríos que constituyen la hoya hidrográfica son: por el sur el río Tinguiririca, al este el río de Las Damas y por el norte los ríos San Andrés y Azufre (Fig. 3.3)[Arcos et al. (1988)].

## 3.1. Marco Geológico

### 3.1.1. Estratigrafía entre $34^\circ 45'S$ y $35^\circ S$

La geología del área del Proyecto Tinguiririca está representado por un registro geológico de casi 170 Ma que va desde el Jurásico al Holoceno. Las unidades expuestas en la región, desde la más antigua a la más joven son: Formación Río Damas, Formación Baños del Flaco, una Unidad Clástica Pardo-Rojiza, Intrusivos Hipabisales, Estratos en la Quebrada de Garcés, Formación Abanico (Coya-Machalí) y Volcanismo del Pleistoceno Inferior ( $\sim 1$  Ma) (Fig. 3.2) [Pineda (2010a), Pineda (2010b), Arcos(1987), Arcos et al. (1988), Charrier et al. (1990), Charrier et al. (1996), Klohn (1960)].

**Formación Río Damas:** Secuencia continental fuertemente inclinada ( $45^\circ - 50^\circ$  al oeste [Pineda (2010b)])

de edad Jurásica de 1000 a 3700 m de potencia compuesta por detritos volcánicos y rocas sedimentarias clásticas de grano grueso y fino [Pineda (2010b)]. La base de la formación no aflora en la zona de estudio, sin embargo al sur de ésta se apoya concordantemente sobre el yeso del miembro superior de la Formación Nacientes del Teno [Klohn (1960)].

**Formación Baños del Flaco:** Secuencia de rocas de origen marino[Klohn (1960)] del Jurásico Superior de hasta 400 m de potencia [Pineda (2010a), Pineda (2010b)]. Constituida principalmente por calizas y areniscas calcáreas de grano fino. Su base cubre concordantemente las secuencias sedimentarias clásticas y volcánicas Jurásicas de la Formación Río Damas. Su edad está dada por varias especies de amonites que indicarían una edad Titonia-

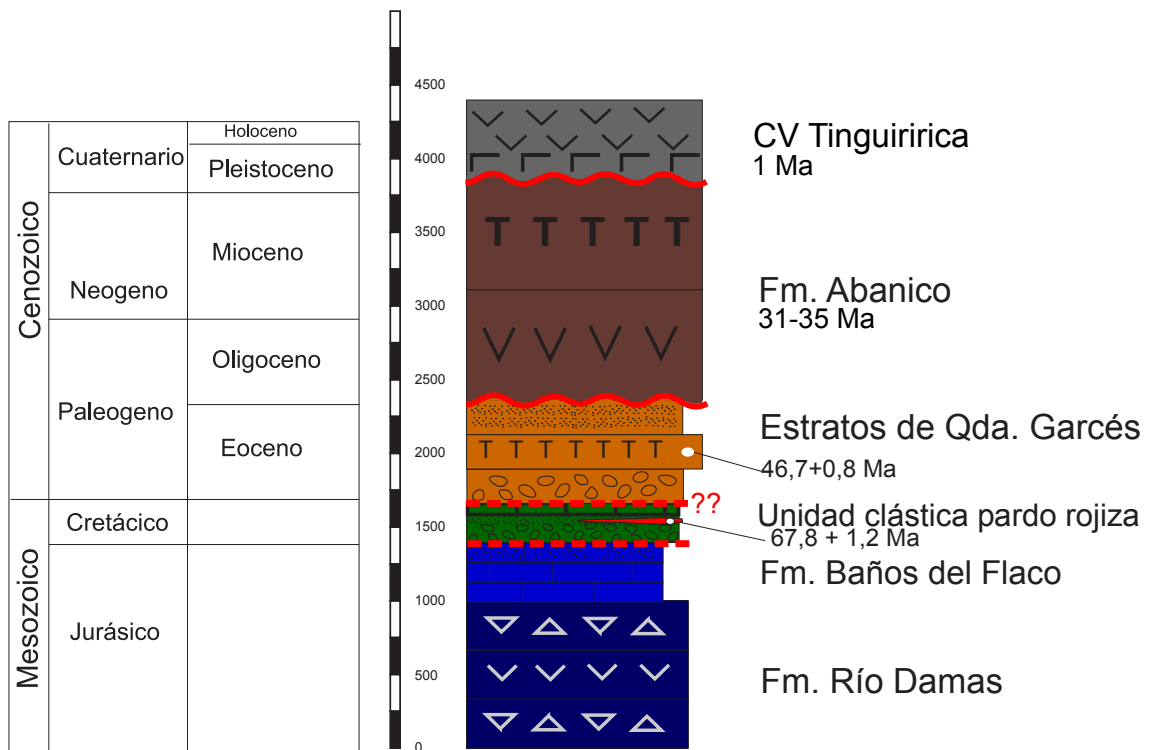


Figura 3.2: Columna Estratigráfica generalizada del CV Tinguiririca. Modificado de [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].

na [Covacevich et al. (1976), Biro-Bagoczky (1984)]. Además presenta en su base huellas de Dinosaurios bien expuestas [Casamiquela & Fasola(1968)].

**Unidad Clástica Pardo-Rojiza:** Secuencia sedimentaria continental pardo-rojiza del Cretácico, de 250 m de potencia. Constituida por conglomerados, areniscas y lutitas lacustres, y tobas [Pineda (2010a), Pineda (2010b)]. Sobreyace en aparente concordancia a la Formación Baños del Flaco y subyace en discordancia a la Formación Abanico. La intruyen cuerpos hipabisales de andesita datados en ca 68 Ma. Por lo tanto la edad más probable para la unidad es Cretácica [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].

**Intrusivos Hipabisales:** Cuerpos hipabisales que intruyen a la Unidad Clástica Pardo-Rojiza, tipo *stocks* y diques de composición andesítica de piroxeno-anfibola [Pineda (2010a), Pineda (2010b)]. Sus afloramientos alcanzan dimensiones mínimas de  $3 \times 0,2$  km. de superficie de exposición y, generalmente se encuentran emplazados concordantemente a las secuencias volcano-sedimentarias. Se obtuvo una edad U/Pb en circones de un pórfido de esta unidad de  $67,8 \pm 1,2$  Ma (Crétacico Superior) [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].

**Estratos en la Quebrada de Garcés:** Secuencia continental del Eoceno (U/Pb en circones  $46,7 \pm$



TINGUIRIRICA

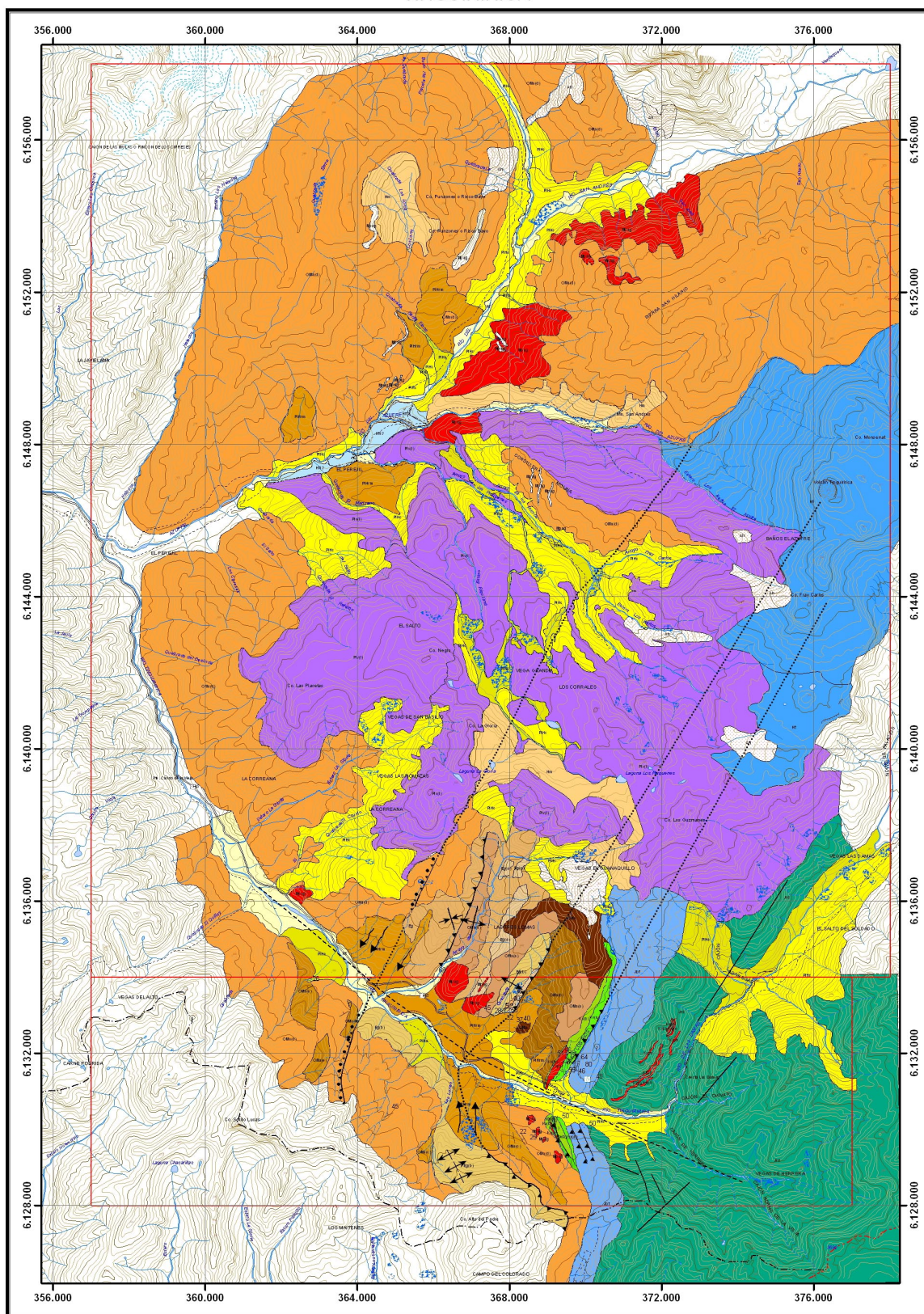


Figura 3.3: Mapa geológico 1:50.000 del CV Tinguiririca. Tomado de [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].



0,8 Ma), de hasta 700 m de potencia. Constituida por rocas sedimentarias clásticas con intercalaciones de rocas volcánicas piroclásticas [Pineda (2010a), Pineda (2010b)]. La intruyen cuerpos hipabisales andesíticos tipo stocks y diques de hasta 1 km<sup>2</sup> de superficie de exposición [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].

**Formación Abanico:** Secuencia volcánica del Oligoceno - Mioceno Inferior, de entre 1000 y 2000 m de potencia, definida por Aguirre (1960). Posterior al ciclo compresional Eoceno representado por los Estratos de la Quebrada de Garcés, se inicia un período extensional Eoceno representado por los Estratos de la Quebrada de Garcés, se inicia un período extensional cuya depositación sintectónica habría estado controlada por un sistema de fallas normales con orientación general NE y sentido bloque Oeste descendente. Los depósitos volcánicos y volcanoclásticos de la Formación Abanico, serían parte del relleno de esta cuenca extensional continental, que además indica el establecimiento de un período de intenso volcanismo de composición intermedia y básica en la región. La Formación Abanico presenta abundante fauna fósil mamífera. Dataciones Ar/Ar y K/Ar de  $31,37 \pm 0,08$  y  $34,5 \pm 1$  Ma dan una edad probable Oligocena para la formación.

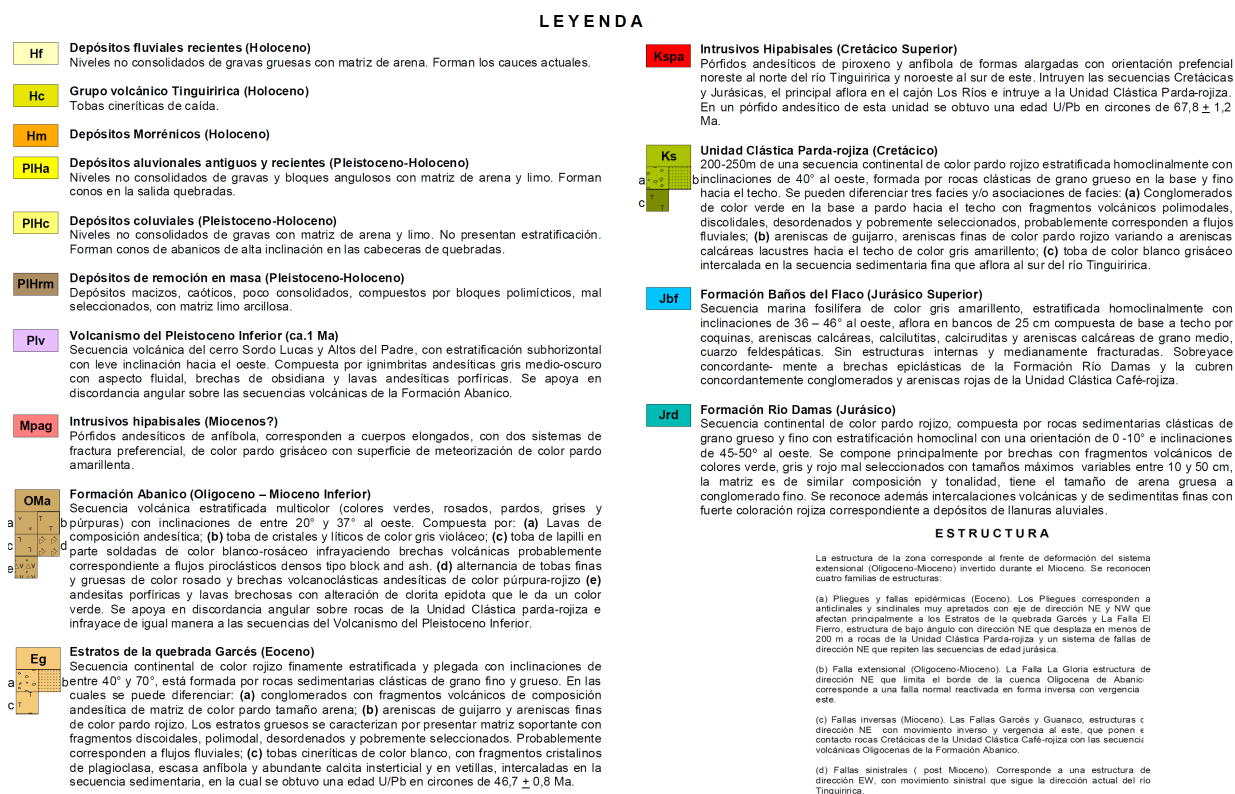


Figura 3.4: Leyenda Fig. 33. Tomado de [Pineda (2010a), Pineda (2010b)].

**Volcanismo del Pleistoceno Inferior:** El volcanismo expuesto en la región consiste en ignimbritas andesíticas, brechas de obsidiana, lavas andesíticas porfíricas, dacitas de piroxenas y andesitas-basálticas de olivina. Las principales unidades son el volcanismo Complejo Tinguiririca, incluyendo la unidad La Gloria, Laguna del Guanaquito ( $0,95 \pm 0,24$  Ma) y Alto del Padre ( $1,101 \pm 0,068$  Ma) [Arcos et al. (1988)], y el volcán Sordo Lucas. Se apoya en discordancia angular sobre las secuencias volcánicas de la Formación Abanico.

El CV Tinguiririca corresponde a un cráter activo localizado en el sector norte de una fisura volcánica de 20 km de longitud de rumbo  $N25^\circ W$  y compuesta de, por lo menos, 10 centros eruptivos que conforman una sucesión de estrato-conos [Arcos et al. (1988)]. Los efusivos lávicos y piroclásticos han cubierto un área de unos 160 km<sup>2</sup>. Arcos et al.(1998) reconocieron al menos tres ciclos de eventos volcánicos principales, caracterizados por:

1. Andesitas, andesitas-basálticas y en menor proporción dacitas de piroxenos, con edades que oscilan entre  $1,101 \pm 0,068$  a  $0,922 \pm 0,048$  Ma.
2. Andesitas-basálticas, andesitas-dacíticas y basaltos de olivina.
3. Andesitas a dacitas de piroxenos, con edades entre  $0,297 \pm 0,028$  a  $0,170 \pm 0,03$  Ma. Culminando con los conos y cráteres actuales del Tinguiririca y Fray Carlos, a los cuales se encontrarían asociados los depósitos de piroclastos, de pómez y flujos de detritos gruesos de Pleistoceno Superior - Holoceno.

Actualmente el CV Tinguiririca mantiene actividad fumarólica esporádica en el interior de su cráter. Otras manifestaciones termales en las cercanías del CVT son: suelo evaporantes, manantiales termales, pozas de barro, que han sido detectadas en su vertiente oeste y suroeste. La última actividad eruptiva habría ocurrido en 1917 [Sapper (1927)].

### 3.1.2. Estructuras Geológicas

La estructura de la zona corresponde al frente de deformación del sistema extensional (Oligoceno-Mioceno) invertido durante el Mioceno. Se reconocen cuatro familias de estructuras (Fig. 3.5) [Radick (2010)]:

**Pliegues y fallas epidérmicas (Eoceno):** Los Pliegues corresponden a anticlinales y sinclinales muy apretados con eje de dirección NE y NW que afectan principalmente a los Estratos de

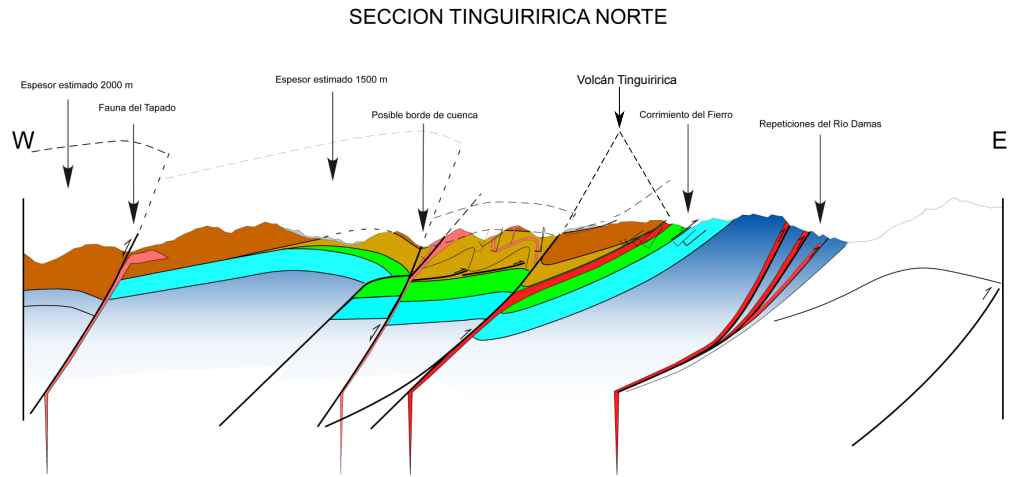


Figura 3.5: Perfil estructural del valle del Volcán Tinguiririca. Tomado de [Radick (2010)]

la quebrada Garcés y La Falla El Fierro, estructura de bajo ángulo con dirección NE que desplaza en menos de 200 m a rocas de la Unidad Clástica Pardo-rojiza y un sistema de fallas de dirección NE que repiten las secuencias de edad Jurásica.

**Falla extensional (Oligoceno-Mioceno):** La Falla La Gloria, estructura de dirección NE que limita el borde de la cuenca Oligocena de Abanico, corresponde a una falla normal reactivada en forma inversa con vergencia al este.

**Fallas inversas (Mioceno):** Las Fallas Garcés y Guanaco, estructuras de dirección NE con movimiento inverso y vergencia al este, que ponen en contacto rocas Eocenas de los Estratos de la Quebrada Garcés con las secuencias volcánicas Oligocenas de la Formación Abanico.

**Fallas sinestrales (post Mioceno):** Corresponde a una estructura de dirección EW, con movimiento sinistral que sigue la dirección actual del río Tinguiririca.

## 3.2. Manifestaciones Termales

Dentro de la zona de estudio existen diversas manifestaciones termales tales como manantiales calientes, pozas de barro, fumarolas y zonas de alteración hidrotermal [Pineda (2010a), Pineda (2010b)] (Fig. 3.6).

**Termas del Flaco:** Las aguas termales del sector de Termas del Flaco, tienen una temperatura aproximada de 64 °C. Otras vertientes termales que afloran en la ribera norte del río Tinguiri-

rica tienen una temperatura de  $\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mayor a la temperatura de escorrentías superficiales cercanas ( $\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [Pineda (2010b)].

**Los Humos:** En el sector de Los Humos existen varias fumarolas y zonas de alteración  $\sim 1\text{ km}^2$ , asociadas a manantiales de aguas calientes, turbias y barrosas (pozas de barro). Las aguas de estos manantiales son sulfatadas, ácidas ( $\text{pH} < 3$ ). Además, muestran un leve burbujeo que corresponde posiblemente a  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua [Pineda (2010a)].

**Los Azufres:** En el sector de Los Azufres, en las faldas del volcán Tinguiririca, existe una zona de alteración hidrotermal acompañada por un manantial de aguas a  $\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La zona de alteración presenta hedor a  $\text{H}_2\text{S}$  y alta conductividad eléctrica [Pineda (2010a)].

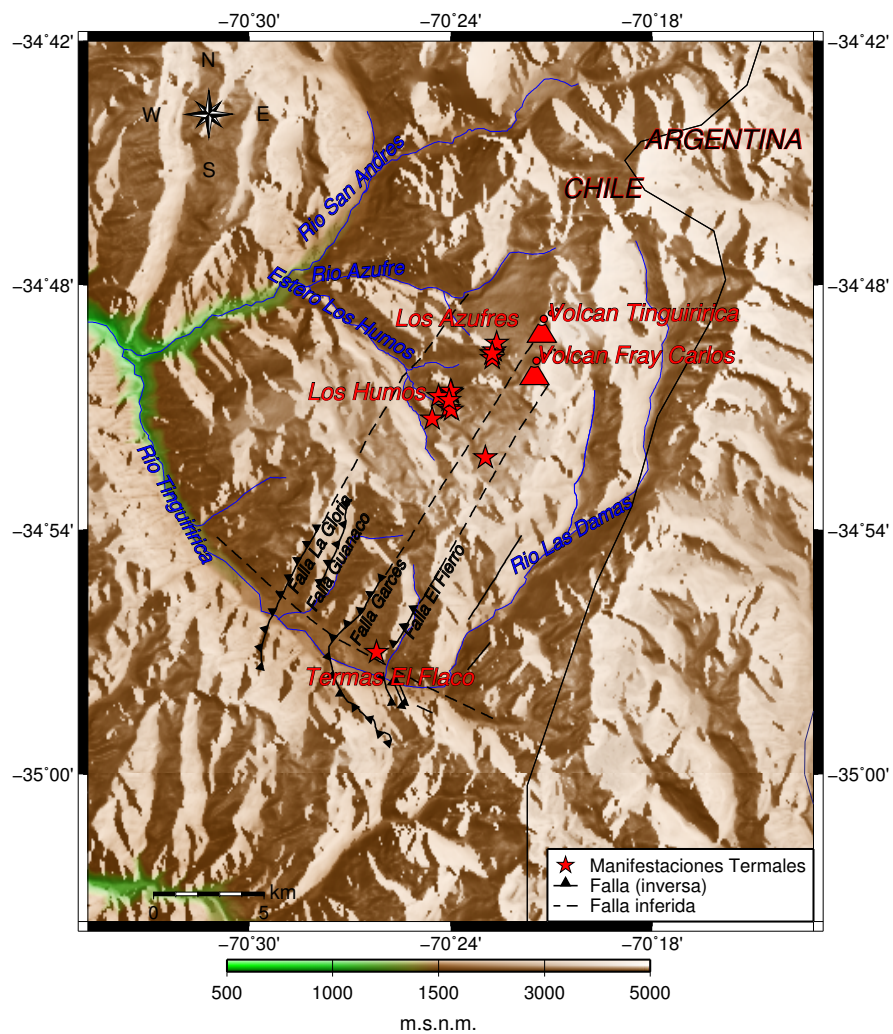


Figura 3.6: Manifestaciones termales dentro del área de estudio.

## Sismicidad y Tomografía 3D de Velocidades de Ondas Sísmicas

---

Con el objetivo de determinar la presencia de posibles estructuras activas que puedan controlar la permeabilidad y, a la vez, atrapar fluidos de un potencial sistema geotermal asociado al Complejo Volcánico Tinguiririca, se realizó un análisis de la sismicidad cortical del área de interés. Además, se analizaron anomalías en velocidad de ondas sísmicas y sus relaciones, con el objetivo de inferir propiedades físicas de las rocas en profundidad, y de esta forma, ubicar posibles niveles permeables o reservorios, y determinar la presencia de una potencial fuente de calor.

### 4.1. Adquisición y Procesamiento de Datos

Durante los meses de enero a abril de 2010 se realizó un registro de sismicidad natural con una red temporal emplazada en los alrededores del CV Tinguiririca. Esta red estuvo compuesta por 16 estaciones sismológicas que cubrieron un área de 20 km en sentido N-S y 11 km en sentido E-W. La separación promedio entre tres estaciones fue  $\sim 3$  km. La distribución de las estaciones se muestra en la Fig. 4.1 y en la Tabla 4.1. Cada estación de la red consistió en un sensor sísmico (geófono) de periodo corto (SH) de tres componentes modelo SM-6 (4.5 Hz de frecuencia natural), un registrador TS-7260, una antena GPS Garmin GA25, como instrumento de tiempo; y una batería de 12V y un panel solar Siemens de 50W, como fuentes de poder. El sistema de adquisición utilizado fue Seislog desarrollado por la Universidad de Bergen (Noruega), y configurado para un registro continuo a una tasa de 50 Hz (muestras por segundo). El *software* de adquisición (SEISLOG) genera archivos en formato MSEED con un *buffer* de 1 hora, el cual, posteriormente, fue grabado en memorias flash de 4-GB de alta velocidad (16 Mb/s de escritura). La zona de estudio fue registrada por la red con el propósito de detectar sismos de baja magnitud. Se realizaron 2 campañas de retiro de información (febrero y marzo) con un espaciamiento entre instalación, mantención y retiro, de aproximadamente un mes. Las campañas de mantención y retiro de información se realizaron

Estación	Registrador	Coordenadas (WGS84)	Elevación (msnm)
T01	ST01	34° 55' 52,1" S 70° 28' 51,1" W	1583
T02	ST08	34° 57' 07,2" S 70° 25' 54,1" W	1878
T03	SD03	34° 54' 57,2" S 70° 26' 20,4" W	2698
T04	SD04	34° 52' 32,0" S 70° 23' 13,5" W	3236
T05	SD06	34° 51' 42,9" S 70° 27' 12,6" W	2791
T06	SD08	34° 55' 06,9" S 70° 21' 31,8" W	2357
T07	ST09	34° 49' 44,2" S 70° 25' 53,9" W	2250
T08	ST05	34° 50' 01,8" S 70° 23' 02,9" W	3209
T09	SD09	34° 48' 34,8" S 70° 23' 47,2" W	2805
T10	ST10	34° 51' 00,1" S 70° 24' 30,2" W	2784
T11	SD12	34° 53' 23,0" S 70° 25' 44,0" W	3218
T12	ST07	34° 55' 41,7" S 70° 23' 17,0" W	2348
T13	SD10	34° 50' 26,5" S 70° 26' 39,2" W	2684
T14	ST04	34° 49' 54,5" S 70° 24' 26,3" W	2596
T15	SD07	34° 52' 15,3" S 70° 22' 34,0" W	3405
T16	ST06	34° 51' 51,6" S 70° 25' 53,2" W	3052

Tabla 4.1: Red de estaciones sismológicas en Tinguiririca.

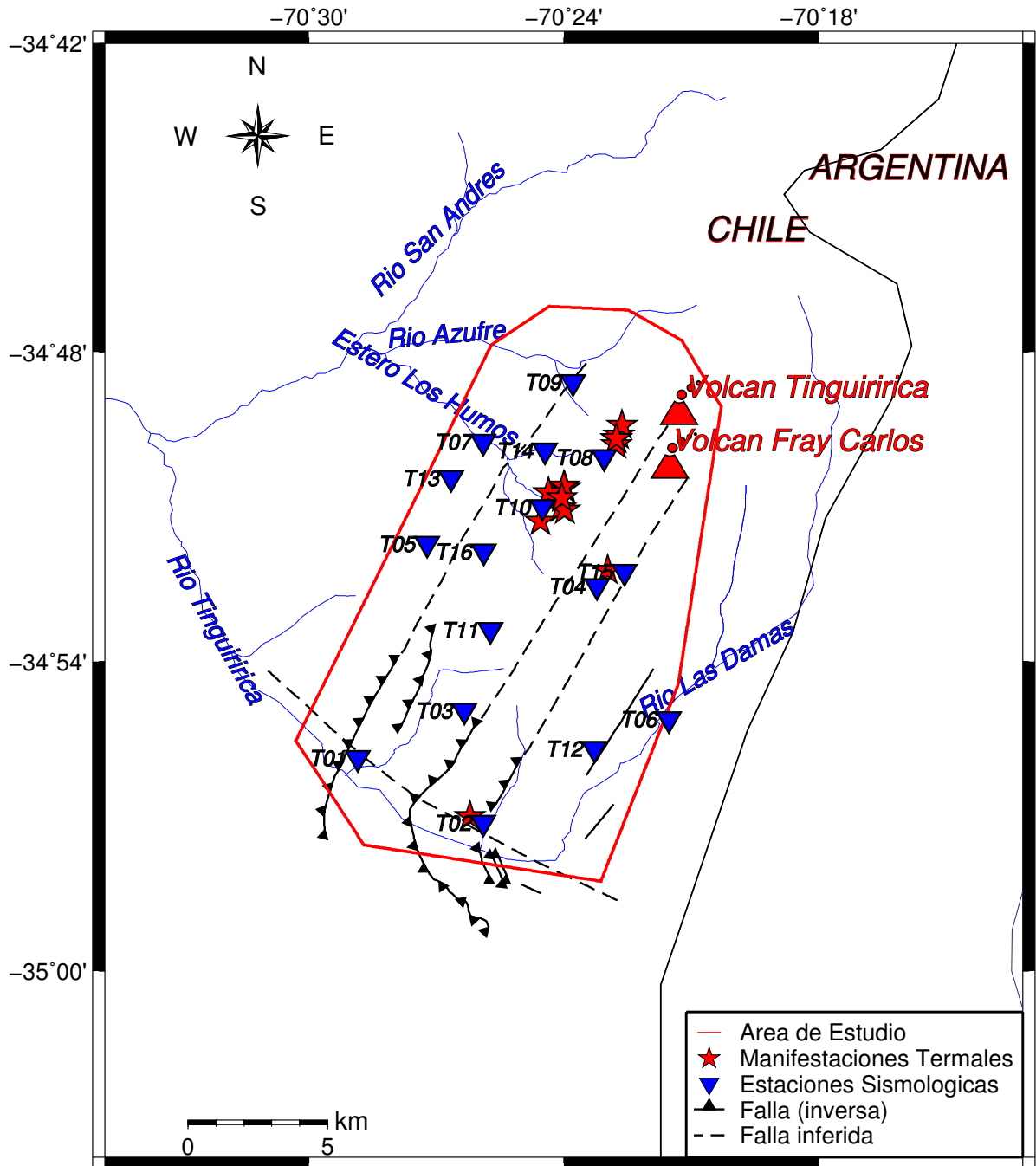


Figura 4.1: Valle del Tinguiririca. La localización de las estaciones sismológicas se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. La línea roja sólida representa el área de interés para este estudio.



roedores, volcamiento de panel solar.

A continuación se presenta un breve descripción del instrumental sismológico utilizado en el presente estudio.

**Sensor de Período Corto (SH) modelo SM-6 de tres componentes:** Un sensor sísmico o geófono como éste, convierte vibraciones en voltaje el cual puede ser medido con muy buena precisión. El instrumento en sí se basa en una bobina suspendida por resortes en un campo magnético constante, dentro de una caja de acero. Cuando una vibración de cualquier tipo mueve la caja, la bobina permanece estacionaria debido a su inercia. Este movimiento de la caja en relación a la bobina estacionaria, genera un voltaje proporcional a la velocidad de la bobina con respecto a la caja. La variación del voltaje generado, proporciona los datos para determinar la frecuencia y la intensidad de la vibración. La mayor parte de los geófonos modernos funcionan de esta forma. Ahora bien, existen distintos tipos de geófonos según el rango dinámico o ancho de banda de las señales que son capaces de detectar. Los sensores sísmicos de periodo corto (SH) están diseñados para detectar señales de altas frecuencias superiores a 1 Hz, que se propagan a pequeñas distancias. Tienen muy buenas prestaciones en el monitoreo de sismos volcánico-tectónicos de baja magnitud. Al tener tres componentes son capaces de detectar las tres dimensiones del movimiento del suelo. En particular, el geófono modelo SM-6 con frecuencia natural 4.5 Hz, es decir, la frecuencia para la cual la salida del geófono tiene la máxima amplitud, es una versión similar al SM-4 pero con una bobina más grande que permite detectar señales de mayor amplitud, por ejemplo, en el control de vibraciones industriales. Frecuentemente utilizado en exploración sísmica bidimensional y tridimensional con ancho de banda de 4.5 a 140 Hz (Ver curva de respuesta Fig. 4.2).

**Registrador TS-7260:** Robusto, estable y compacto registrador diseñado para la grabación de señales producidas por un amplio rango de sensores, desde geófonos hasta acelerómetros. Es un instrumento diseñado con todas las componentes electrónicas necesarias para digitalizar señales analógicas y convertirlas a señales digitales, las cuales pueden ser posteriormente grabadas en una computadora PC o *embedded*<sup>1</sup>. La adquisición de los datos provenientes del digitalizador (SADC20) se realiza por intermedio de SEISLOG-LINUX sobre un sistema operativo QNX en tiempo real (distribución unix comercial). La tasas de muestreo disponibles

---

<sup>1</sup>Conjunto de hardware y software, que permite desarrollar una función específica. Se caracterizan por su bajo consumo y pequeño tamaño.

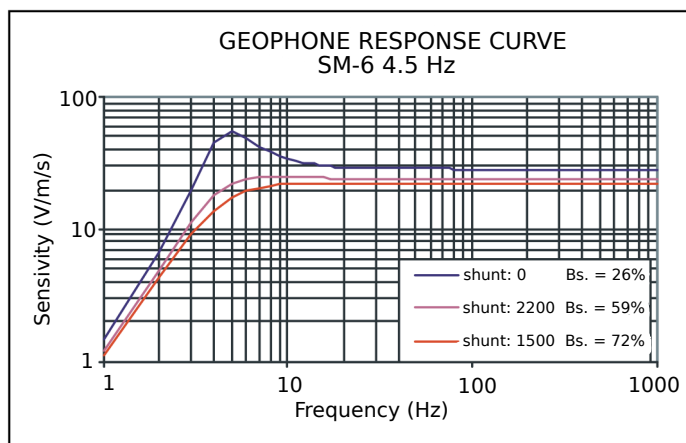


Figura 4.2: Curva de respuesta del geófono SM-6 de frecuencia natural 4.5 Hz.

son 25, 50, 100 y 200 Hz.

Se utilizó SEISAN<sup>2</sup> [Havskov & ottemoller (2000)] para construir la base de datos y posteriormente para identificar los tiempos de llegada de las ondas  $P$  y  $S$  en cada estación, de forma manual. El sistema de análisis sísmico SEISAN, es un conjunto de programas para analizar los datos analógicos y digitales de sismos locales, regionales y telesismos, y está diseñado para trabajar bajo diferentes sistemas operativos y consta de una serie de programas para análisis sismológicos, con una simple base de datos ordenada cronológicamente, permitiendo fácil acceso y manipulación de la información. Con SEISAN, cada sismograma fue leído cuidadosamente con el objetivo de identificar los tiempos de llegada de las ondas  $P$  y  $S$  ( $T_P$  y  $T_S$  respectivamente), como también la duración de un determinado evento registrado por una estación (*coda*). La Fig 4.3 muestra los sismogramas registrados por cuatro estaciones: T08 (ST05), T16 (ST06), T04 (SD04) y T11 (SD12), para un evento cuya señal sísmica fue registrada a las 01 : 35 AM (GMT) del día 23 de Febrero de 2010. Se muestra, para cada estación, las tres componentes: SH-Z, componente vertical; SH-N, componente norte-sur; y SH-E, componente este-oeste. La fase  $P$  es muy clara en la componente Z y la fase  $S$  es más fácil identificarla en las componentes N o E. La identificación de la duración del evento, permite posteriormente calcular su magnitud *coda*. Todos aquellos eventos que no fue posible calcular su magnitud *coda*, ya sea porque eran muy pequeños y por lo tanto difícil identificar el término del evento con respecto al nivel de ruido, o porque habían más sismos que interferían con dicha determinación, fueron eliminados de los análisis posteriores.

La red local temporal registró > 15.000 sismogramas, de los cuales 3.343, fueron reconocidos

<sup>2</sup>Software diseñado por J. Havskov (Department of Earth Science, University of Bergen) & L. Ottemoller (British Geological Survey, Murchison House, West Mains Road). Disponible: <http://www.geo.uib.no/seismo/SOFTWARE/>

TGRCA 2010-02-23-0134-56S.TGRCA\_012

Plot start time: 2010 2 23 1:35 11.671

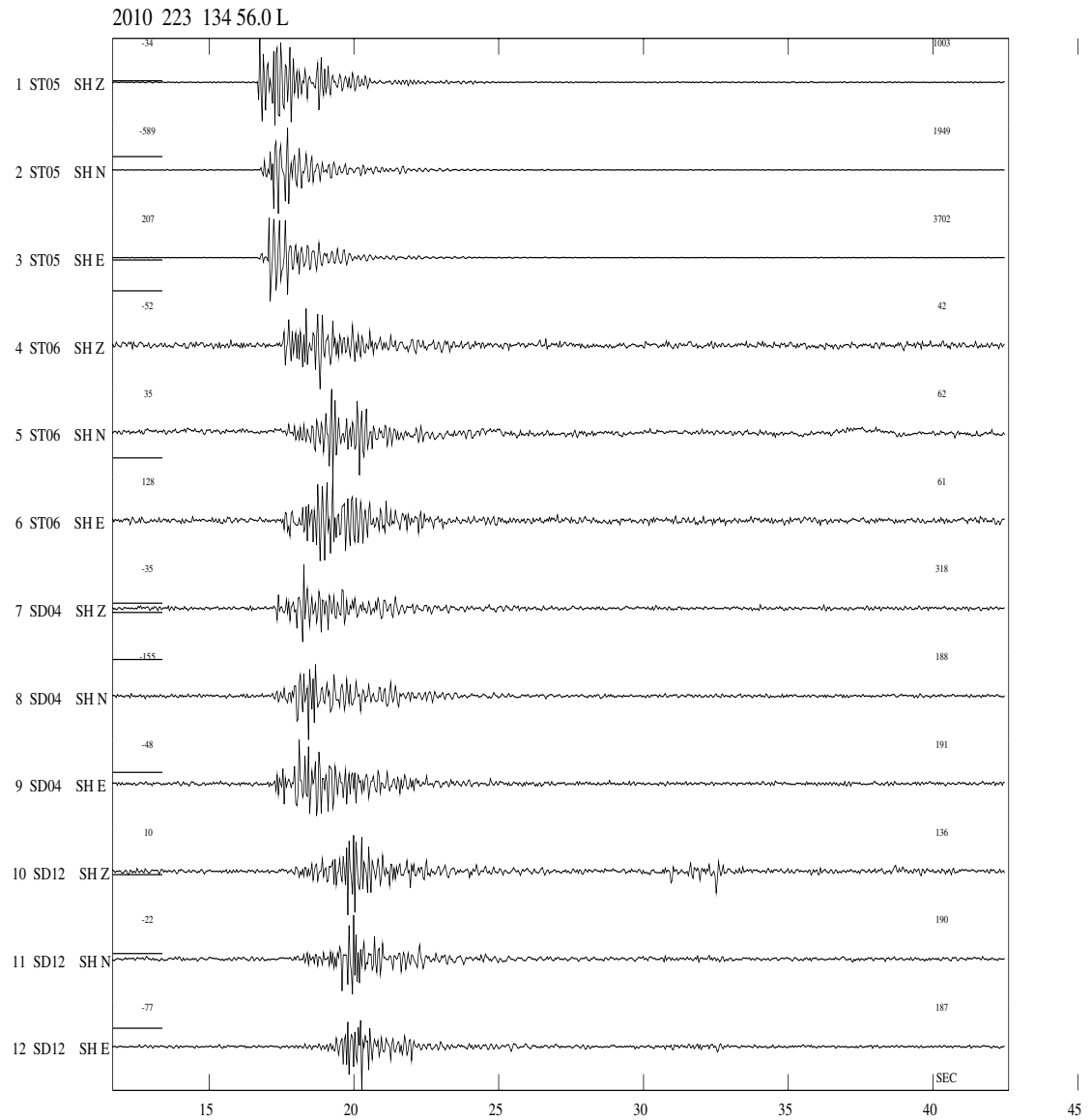


Figura 4.3: Sismogramas para un evento registrado el 23 de Febrero de 2010, a las 01 : 35 AM (GMT). Cada estación es capaz de registrar tres componentes: SH-Z, componente vertical; SH-N, componente norte-sur; y SH-E, componente este-oeste.

como sismos y además fueron registrados por más de tres estaciones (número de fases  $P$  o  $S$ ), lo cual permitió determinar su localización hipocentral minimizando el error en profundidad. La Fig. 4.4 muestra la distribución de sismos según la cantidad de estaciones que los registraron, donde se puede observar que  $\sim 70\%$  de los sismos fueron registrados por 5 - 9 estaciones. En la determinación del hipocentro de un sismo, es necesario la identificación de tres o más fases  $P$  o  $S$ , disminuyendo los residuales a medida que aumenta el número de fases.

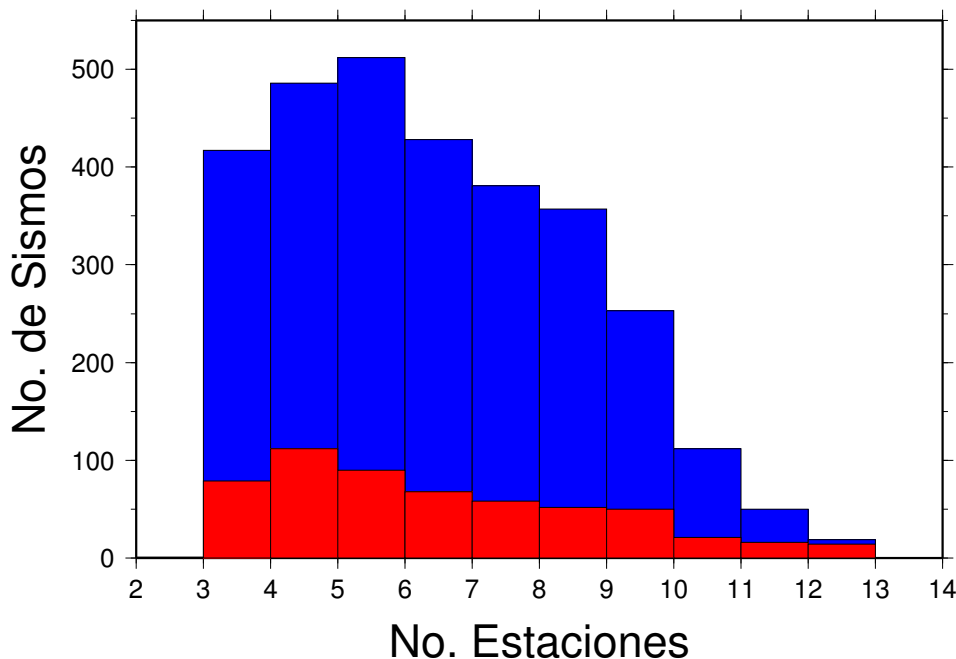


Figura 4.4: Distribución de sismos según la cantidad de estaciones que registraron un determinado evento. La distribución contempla sólo aquellos sismos en los cuales fue posible identificar fases  $P$  o  $S$ . Las barras azules representan la sismicidad total registrada y las barras rojas, representan la sismicidad local (ver detalle más adelante).

## 4.2. Localización de Sismos

La correcta localización del hipocentro de un sismo constituye un dato fundamental en muchos estudios de sismología aplicada. Por ejemplo, en la determinación de fallas activas, en el análisis de la sismicidad inducida por la industria minera o una explotación petrolífera, o en el cálculo del peligro sísmico de un emplazamiento, es necesario saber, con cierto grado de certeza, el origen espacio-temporal del fenómeno sísmico. La localización involucra la determinación de las coordenadas del hipocentro y del tiempo origen de la fuente. La solución de este problema, altamente no-lineal,

requiere identificar las fases sísmicas y sus tiempos de llegada, conocer la estructura de velocidades entre el hipocentro y la estación y tener un número adecuado de estaciones conformemente distribuidas.

La localización de un sismo se define por su hipocentro  $(x_0, y_0, z_0)$  y su tiempo origen  $t_0$ . El hipocentro es el lugar físico donde se inicia la ruptura, punto a partir del cual se liberan los frentes de ondas que son detectados por los instrumentos en superficie. Es usualmente caracterizado por su longitud  $(x_0)$ , latitud  $(y_0)$  y la profundidad bajo la superficie  $(z_0)$ . El cálculo del hipocentro corresponderá al punto donde se inició la ruptura y el tiempo origen es el tiempo inicial de la ruptura.

La localización de un sismo se resuelve a través de una *inversión formal*, donde se conocen los tiempos de llegada de las fases y se quiere obtener una solución para la localización de la fuente y su tiempo origen, que sea consistente con los datos. El problema fue introducido por Geiger [Geiger (1912)] y resuelto mediante la minimización de los tiempos residuales  $\Delta t$ , que corresponde a la diferencia entre los tiempos de llegada observados y los tiempos de llegada calculados a partir de un modelo de velocidad. La aproximación seguida por el Método de Geiger requiere tanto un modelo inicial de velocidad, como una aproximación a la localización hipocentral de los sismos.

#### 4.2.1. Problema de Inversión

El tiempo de llegada  $t_i^{\text{cal}}$  a la estación  $i$  puede escribirse como.

$$t_i^{\text{obs}} = t_i^{\text{cal}}(x_i, y_i, z_i, x_0, y_0, z_0) + t_0 \quad (4.1)$$

donde  $t_i^{\text{cal}}$  es el tiempo de llegada en función de la localización de la estación  $(x_i, y_i, z_i)$  y la localización del hipocentro  $(x_0, y_0, z_0)$ . Esta ecuación tiene 4 incógnitas y requiere por tanto, 4 observaciones de tiempos de llegada. Así, se requiere de por lo menos 3 estaciones para determinar el hipocentro y el tiempo origen. Si se tienen  $n$  observaciones, habrán  $n$  ecuaciones del tipo anterior y sistema estará sobre determinado. El sistema tiene que ser resuelto de manera tal, que el residuo  $r_i$  en cada estación sea mínimo.  $r_i$  se define como la diferencia entre el tiempo observado y el tiempo calculado:

$$r_i = t_i^{\text{obs}} - t_i^{\text{cal}} - t_0 \quad (4.2)$$

Así, el problema es bastante simple en principio. Sin embargo, la función  $t_i^{\text{cal}}$  es no-lineal de los parámetros del modelo. Por lo tanto, no es posible solucionar las cuatro ecuaciones de forma analítica. Así, aunque  $t_i^{\text{cal}}$  puede ser bastante simple de calcular, particularmente al usar un modelo de velocidad 1-D o tablas de tiempos de travesía, la no-linealidad de  $t_i^{\text{cal}}$  complica la tarea de invertir para obtener los mejores parámetros hipocentrales. La no-linealidad también es evidente en un modelo simple 2-D, donde los tiempos de travesía  $t_i^{\text{cal}}$  desde el punto  $(x, y)$  a la estación  $(x_i, y_i)$  pueden ser calculados como:

$$t_i^{\text{cal}} = \frac{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}}{v} \quad (4.3)$$

donde  $v$  es la velocidad. Es obvio que  $t_i$  no es escalable linealmente con  $x$  e  $y$ , por lo tanto, no es posible usar las técnicas estándares de solución de ecuaciones lineales. En lo siguiente se expondrá el Método de Geiger para resolver el problema de inversión y posteriormente se expondrá el método utilizado en este estudio para localizar los sismos registrados: método de Descomposición en Valores Singulares (SVD).

### Método de Geiger

Este método está basado en la linealización del problema. El primer paso, es suponer una solución  $(x_0, y_0, z_0, t_0)$  (modelo inicial). Esto se hace de forma simple, al suponer  $t_0$  como el tiempo de llegada de la señal a la primera estación que la registró. Para linealizar el problema se asume que el valor hipocentral propuesto inicialmente, es cercano al valor hipocentral real, de tal forma que los residuales de los hipocentros de ensayo, sean una función lineal de la corrección que se debe realizar en la distancia real hipocentral.

Se calcula el tiempo de llegada a la estación  $i$ ,  $t_i^{\text{obs}}$  desde el nuevo hipocentro. Esto es  $t_i^{\text{obs}} = t_i^{\text{cal}}(x_0, y_0, z_0, x_i, y_i, z_i) + t_0$ . Se asume que los residuos son debido a errores en la nueva solución y las correcciones que deben realizar para poner a cero los residuales son:  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  y  $\Delta t$ . Si estas correcciones son pequeñas, se pueden calcular las correspondientes correcciones en los tiempos de travesía mediante una aproximación a la función de tiempo de travesía por series de Taylor. Se utiliza sólo el primer término de la serie. Los residuales pueden escribirse como:

$$r_i = \frac{\partial t_i^{\text{cal}}}{\partial x_i} \Delta x + \frac{\partial t_i^{\text{cal}}}{\partial y_i} \Delta y + \frac{\partial t_i^{\text{cal}}}{\partial z_i} \Delta z + \Delta t \quad (4.4)$$

En términos matriciales:

$$\mathbf{r} = \mathbf{G}\mathbf{X} \quad (4.5)$$

donde  $\mathbf{r}$  es la matriz residual,  $\mathbf{G}$  es la matriz de derivadas (con un término en la última columna que corresponde a la corrección del tiempo) y  $\mathbf{X}$  es el vector de corrección desconocido en la localización y tiempo origen.

Es un sistema de 4 ecuaciones lineales con 4 incógnitas (correcciones del hipocentro y del tiempo origen). Hay una ecuación para cada fase de tiempo observada. La corrección al hipocentro y al tiempo origen se obtiene mediante el mejor ajuste a la ecuación (4.4), con técnicas de mínimos cuadrados. Se corrige la solución de ensayo y posteriormente se utiliza como una nueva solución de ensayo para la próxima iteración. Este método converge rápidamente a menos que los datos tengan un “mal comportamiento” o la solución inicial esté lejos de la solución real.

### Descomposición en Valores Singulares

Para solucionar la ec. 4.5, se efectúa la Descomposición en Valores Singulares (SVD). Con este método es posible obtener una solución del problema y evaluar el grado de singularidad [Press et al. (1992)]. La matriz de derivadas parciales se expresa de la siguiente forma:

$$\mathbf{G} = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T \quad (4.6)$$

donde  $\mathbf{U}$  es la matriz de autovectores de  $\mathbf{G}\mathbf{G}^T$ ;  $\mathbf{V}$  la matriz de autovectores de  $\mathbf{G}^\dagger\mathbf{G}$  y  $\mathbf{S}$  la matriz diagonal de los valores singulares de  $\mathbf{G}$  tal que  $\mathbf{S}^2$  son los valores comunes de los autovalores de  $\mathbf{G}\mathbf{G}^T$  y  $\mathbf{G}^\dagger\mathbf{G}$ .

Las matrices generadas originan los siguientes parámetros que permiten estimar los errores asociados a la determinación de los hipocentros.

- La matriz de Covarianza  $\mathbf{C}$ :

$$\mathbf{C} = \omega^2\mathbf{V}\mathbf{S}^{-2}\mathbf{V}^T \quad (4.7)$$

donde  $\omega^2$  es una constante igual a la varianza de los tiempos de llegada (cuadrado del error de lectura).

- El elipsoide de error, definido a partir de la diagonalización de la parte espacial de la matriz

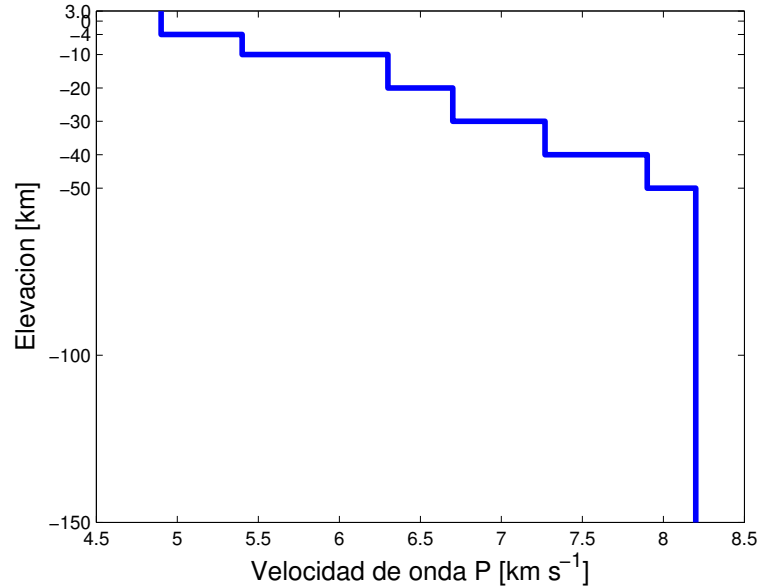


Figura 4.5: Modelo inicial de velocidad 1-D para onda  $P$  a partir del modelo de Thierer et al. (2005).

de covarianza, proporciona las longitudes y orientaciones (*azimuth* y ángulo con respecto al nadir) de los ejes principales que permiten estimar los errores verticales y horizontales.

- Los errores en el tiempo origen y en las tres coordenadas espaciales

$$\sigma_{ii} = \sqrt{\mathbf{C}_{ii}} = \sqrt{\mathbf{C}} \quad (4.8)$$

Las variables  $t$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  se corresponden, respectivamente, con 1, 2, 3 y 4.

- El error epicentral, es definido como:

$$\sigma_{xy} = \sqrt{\sigma_{22} + \sigma_{33}} \quad (4.9)$$

#### 4.2.2. HYPOINVERSE

La localización hipocentral fue estimada usando el programa HYPOINVERSE [Klein (1978)] con un modelo de velocidad 1-D de capas planas (Fig. 4.5). El modelo de velocidad utilizado está basado en la inversión simultánea de un conjunto completo de eventos sísmicos registrados en el año 2001 por estaciones terrestres y marítimas, y determinado por Thierer et al.(2005), utilizando el programa VELEST [Kissling et al. (1994)], de tal manera que la estructura promedio de velocidades es un dato conocido. El programa HYPOINVERSE utiliza la descomposición en valores singulares



para obtener por iteraciones sucesivas los parámetros hipocentrales. Los parámetros de entrada que utiliza HYPOINVERSE son:

- Localización espacial de las estaciones: latitud, longitud y elevación (Tab. 4.1).
- Estructura de velocidad de capas planas definida mediante el espesor de cada capa y la velocidad de onda  $P$  (Fig. 4.5).
- La razón  $V_p/V_s$ .
- Profundidad inicial de cada iteración. Por defecto considera las coordenadas de la estación más cercana al epicentro desfasada en  $0.1'$ .

Cada sismo fue localizado para diferentes profundidades de prueba de modo de reducir los efectos de las condiciones iniciales en la determinación de la solución del hipocentro, debido a que en la determinación hipocentral inicial (utilizando sólo el modelo de capas planas), HYPOINVERSE utiliza como ubicación epicentral inicial, aquella calculada a partir de la estación más cercana, y como profundidad inicial, la calculada de acuerdo a la zona que se está estudiando. Las profundidades de prueba variaron entre 0 y 50 km. con incrementos de 1 km., y entre 50 y 250 km, con incrementos de 10 km.

Los programa HYPOINVERSE proporciona los siguientes resultados:

- Tiempo de origen del sismo (ORIG), longitud (LONG), latitud (LAT) y profundidad de sismo (DEPTH).
- Numero de lecturas (P + S) usadas en la localización (NO).
- Distancia epicentral a la estación más cercana (DMIN).
- Máxima separación azimutal entre estaciones (GAP).
- Error medio en tiempo de origen (RMS):

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N - 1}} \quad (4.10)$$

donde  $r_i$  es el residuo de tiempo para un determinado sismo en la estación  $i$  (ec. 4.2).  $N$  es el número de estaciones que registró un determinado evento.

- Desviación estándar del epicentro (ERH):

$$ERH = \sqrt{SDX^2 + SDY^2} \quad (4.11)$$

donde  $SDX$  y  $SDY$  son las desviaciones estándar de la latitud y longitud.

- Desviación estándar de la profundidad (ERZ):

Para cada estación que registró el sismo, se proporciona la siguiente información:

- Nombre de la estación (STD).
- Distancia al epicentro del sismo en km (DIST).
- Angulo azimutal entre el epicentro y la estación (AZM).
- Angulos de incidencia de la fase P medida con respecto a la vertical (AIN).
- Tiempo de arribo (en hora y minuto) de las fases a la estación (HRMN).
- Tiempo de arribo de las onda  $P$  y de la onda  $S$  (en segundos) (P-SEC, S-SEC).
- Tiempo de travesía observado de la onda  $P$  y de la onda  $S$  (TPOBS, TSOBS).
- Tiempo de travesía calculado de la onda  $P$  y de la onda  $S$  a partir del modelo de velocidad 1-D (TPCAL, TSCAL).
- Residuo de tiempos de travesía de la onda  $P$  y de la onda  $S$  entre los tiempos observados y calculados utilizando la ec. 4.2 (P-RES, S-SEC):

$$t_P - r_i = t_i^{\text{obs}} - t_i^{\text{cal}} \quad (4.12)$$

La localización final es aquella que minimiza el error final e individual por estación. Posteriormente, se utilizaron dichas localizaciones como información inicial en la determinación conjunta del modelo 3D de velocidades de ondas  $P$  y  $S$ , y las relocalizaciones hipocentrales según el nuevo modelo de velocidades.

### 4.3. Magnitudes

Las magnitudes de los sismos registrados por la red local temporal fueron determinados a partir de su duración. El concepto de magnitud *coda* o Magnitud de Duración de Sismo fue introducido por primera vez por Bisztricsany en 1958[Bisztricsany (1958)] y se basa en la longitud total del frente de ondas registrado en un sismograma. La duración de un sismo se refiere al tiempo desde la primera llegada de la onda *P* hasta que la amplitud del frente de ondas decae hasta un 10 % de su valor máximo registrado. La magnitud *coda* tiene la siguiente forma:

$$M_c = A \log \tau - B + C \Delta \quad (4.13)$$

donde  $M_c$  es la magnitud *coda*,  $\tau$  es la duración del registro sísmico en segundos,  $\Delta$  es la distancia hipocentral en km ( $\lesssim 200$  km), calculada a partir de la distancia epicentral y la profundidad, y  $A$ ,  $B$  y  $C$  son constantes a determinar ajustadas a la magnitud  $M_L$  definida por Richter en el año 1935. Una relación muy utilizada es con  $A = 2.2$ ,  $B = 0.87$  y  $C = 0.0035$  [Lee et al. (1972)].

### 4.4. Tomografía 3D de Velocidades de Ondas Sísmicas

El término “tomografía sísmica” fue descrito por Clayton (1984) de la siguiente forma:

“Tomografía se puede definir como la reconstrucción de un campo a partir del conocimiento de las integrales lineales de camino a través del campo. En sismología, el análisis de las variaciones laterales de velocidad se ajusta a esta definición, si la ecuación de tiempo de travesía es perturbada con respecto a un modelo de velocidad de referencia. El campo en este caso son las perturbaciones en la *lentitud* (inverso de la velocidad) y las observaciones son las desviaciones en los tiempos de travesía”.

La idea básica se esquematiza en la Fig. 4.6. Los sismos emiten energía que atraviesa el medio por el cual se propaga y llega a la superficie donde es detectada por una red de estaciones sismológicas. Primero, se asume un modelo de velocidad del medio, típicamente unidimensional (variando la profundidad) y se usa este modelo para predecir los tiempos de travesía del frente de ondas a cada estación. Si el modelo es “correcto”, la diferencia entre los tiempos observados y calculados serán pequeños. Si el frente de ondas o rayo sísmico atraviesa un área donde existe una anomalía de velocidad, los tiempos de travesía serán perturbados y su desviación variará significativamente.

Frecuentemente, en las tomografías sísmicas, se utiliza las desviaciones o residuales de los tiempos de travesía para reconstruir la estructura de velocidad del medio.

#### 4.4.1. Teoría Básica

Los tiempos de travesía de ondas de cuerpo ( $V_p$  y  $V_s$ ) desde un sismo  $i$  hasta una estación  $j$  puede expresarse utilizando teoría de rayos:

$$T_{ij} = \int_{\text{fuente}}^{\text{receptor}} u \, ds \quad (4.14)$$

donde  $u$  es la lentitud y  $ds$  es el largo del elemento de rayo entre la fuente (sismo) y receptor (geófono). Por lo tanto, el tiempo de llegada a la estación es:

$$t_{ij} = \tau_{ij} + T_{ij} \quad (4.15)$$

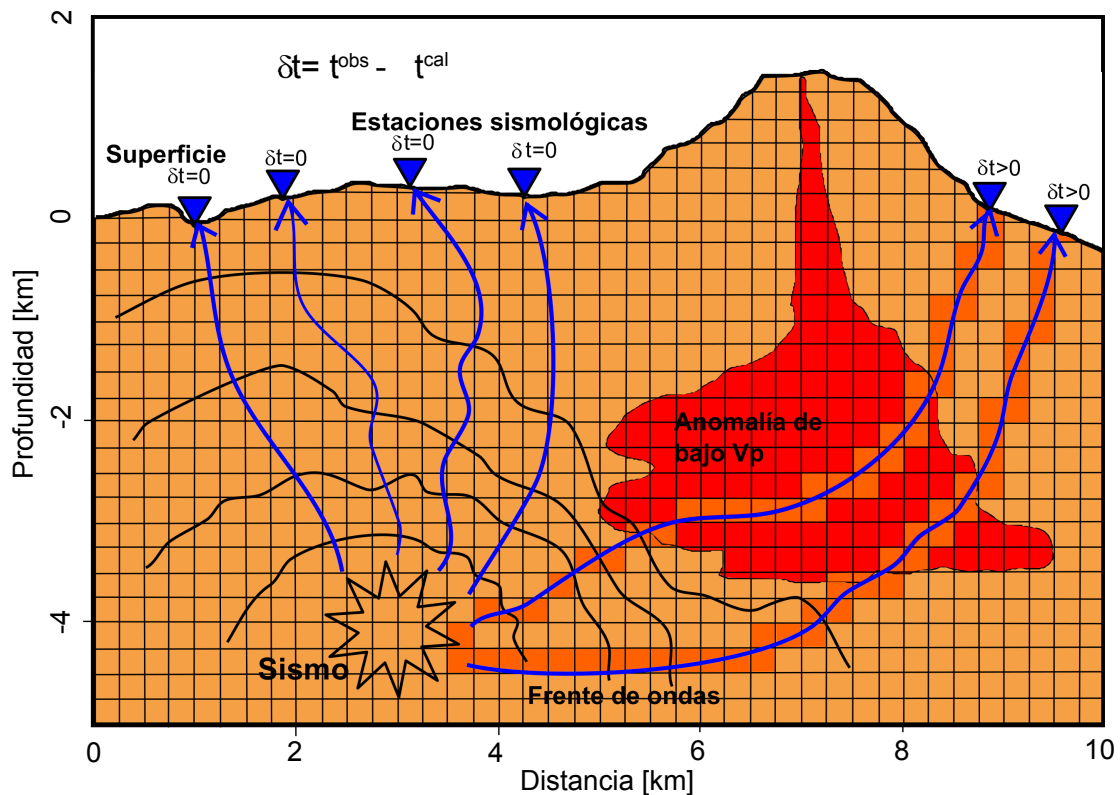


Figura 4.6: Esquema de una tomografía sísmica usando los rayos del frente de ondas generado en un sismo. Los rayos que no penetran en la anomalía de baja velocidad tienen desviaciones muy pequeñas y no contribuyen a cambiar significativamente el modelo de velocidad inicial. Los rayos que atraviesan la anomalía pueden presentar desviaciones positivas.

donde  $\tau_{ij}$  es el tiempo origen del sismo. En este sentido, las variables conocidas son la localización del receptor y el tiempo de llegada. Las coordenadas de la fuente, el tiempo origen, el camino del rayo y la lentitud, son desconocidas. La tomografía sísmica utilizando los tiempos de llegada, es inherentemente un problema no-lineal debido a que el camino de los rayos entre la fuente y el receptor varía dependiendo del modelo de velocidad adoptado.

Tomando un conjunto de tiempos de llegada observados  $t_{ij}^{\text{obs}}$  medidos en una red de estaciones (primeras llegadas de ondas  $P$  y/o  $S$ ), los tiempos de llegada calculados  $t_{ij}^{\text{cal}}$  son obtenidos a partir de las ecuaciones (4.14) y (4.15) usando hipocentros y tiempos de origen de ensayo y un modelo de velocidad inicial (información *a priori*). El residual entre los tiempos observados y los tiempos predichos (calculados) es:

$$r_{ij} = t_{ij}^{\text{obs}} - t_{ij}^{\text{cal}} \quad (4.16)$$

Los residuales se pueden relacionar a perturbaciones en el hipocentro y en el modelo de velocidad adoptado mediante una aproximación lineal:

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^3 \frac{\partial T_{ij}}{\partial x_k} \Delta x_k + \Delta \tau_i + \int_{\text{fuente}}^{\text{receptor}} \delta u \, ds \quad (4.17)$$

Las derivadas parciales de los hipocentros  $\partial T_{ij} / \partial x_k$  son proporcionales a las componentes del vector de rayos y a la lentitud en el punto origen [Thurber (1986)]:

$$\frac{\partial T_{ij}}{\partial x_k} = -\frac{1}{V} \left( \frac{dx_k}{ds} \right) \quad (4.18)$$

Además, si se adopta una parametrización finita de la estructura de velocidades, entonces la ecuación (4.17) puede escribirse como:

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^3 \frac{\partial T_{ij}}{\partial x_k} \Delta x_k + \Delta \tau_i + \sum_{l=1}^L \frac{\partial T_{ij}}{\partial m_l} \Delta m_l \quad (4.19)$$

donde  $m_l$  representa los  $L$  parámetros del modelo de velocidad. Las derivadas parciales del modelo de velocidad  $\partial T_{ij} / \partial m_l$  son esencialmente las integrales de línea del camino del rayo, reflejando la influencia relativa de cada parámetro del modelo en un tiempo de travesía dado.

Los análisis de tomografías de velocidad comienzan a partir de la localización de los sismos (fuentes), usualmente con un modelo de velocidad unidimensional. El camino de los rayos entre la

fuente y el receptor se calcula dividiendo la región o parametrizándola, en celdas o bloques. Para cada rayo, se determina una función “peso”, la cual cuantifica la influencia del dato en las celdas que ése rayo atraviesa. Los residuales de tiempo son proyectados a lo largo del rayo en las celdas correspondientes acorde a la función de peso. Dado que, tanto la localización hipocentral como el camino de rayos, dependen del modelo de velocidad adoptado, la inversión es no-lineal y la solución se logra mediante linealización de procesos que convergen en la solución final

### **Método de Inversión 3D: Tarantola & Valette (1982)**

Si se define un “parámetro” como un conjunto de cantidades físicas que describen un objeto de interés, y “datos” como un conjunto de observaciones que son sensibles a perturbaciones en estos parámetros, entonces un problema de inversión, puede ser pensado como la determinación de los estados de información que suceden cuando se adopta una función de densidad de probabilidad para los parámetros, los datos y su relación teórica entre ambos [Tarantola & Valette (1982)]. La relación teórica entre los parámetros y los datos se especifica por el trazado de rayos adoptado (Ec. 4.14). El estado de información se define como la elección particular de los parámetros (velocidad y coordenadas hipocentrales) o el modelo, que minimizan conjuntamente las funciones de densidad de probabilidad de los estados iniciales de información.

La relación entre las fases sísmicas y la estructura de velocidades, puede escribirse como:

$$\mathbf{d} = \mathbf{g}(\mathbf{p}) \quad (4.20)$$

donde  $d$  es el vector de tiempos de llegada observados,  $p$  es el vector del modelo de velocidad y  $g$  es una relación funcional consistente con las localizaciones hipocentrales y con el modelo de velocidad adoptado. La ecuación (4.20) es una relación no-lineal entre  $d$  y  $p$ . El método de inversión de velocidades se basa en fórmula de inversión mediante mínimos cuadrados no-lineales de Tarantola & Valette (1982). Utilizando una distribución de probabilidad Gaussiana:

$$\mathbf{P}(\mathbf{d}) = \alpha \exp\left[-\frac{1}{2}(\mathbf{d} - \mathbf{G}\mathbf{p})^T(\text{cov}(\mathbf{d}))^{-1}(\mathbf{d} - \mathbf{G}\mathbf{p})\right] \quad (4.21)$$

La solución de mínimos cuadrados puede obtenerse mediante un algoritmo de iteración para linealizar la fórmula a través de una expansión de Taylor. La idea es maximizar la probabilidad de que el dato observado, sea en efecto observado. Como es una función exponencial, esto se logra

cuando  $-1/2(d - Gp)^T(\text{cov}(d))^{-1}(d - Gp)$  es mínimo. El algoritmo soluciona la ecuación anterior para  $k + 1$  iteraciones del problema asociado, mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{p}_{k+1} = \mathbf{p}_k + (\mathbf{G}_k^T \mathbf{C}_{dd}^{-1} \mathbf{G}_k + \mathbf{C}_{pp}^{-1}) \{ \mathbf{G}_k^T \mathbf{C}_{dd}^{-1} \mathbf{G}_k [\mathbf{d} - \mathbf{g}(\mathbf{p}_k)] - \mathbf{C}_{pp}^{-1} (\mathbf{p}_k - \mathbf{p}_0) \} \quad (4.22)$$

donde  $\mathbf{p}_0$  es la estimación *a priori* del vector  $\mathbf{p}$ ,  $\mathbf{p}_k$  es la estimación de  $\mathbf{p}$  en la  $k$ -ésima iteración,  $\mathbf{G}_k$  es la matriz de derivadas parciales ( $dg/dp$ ) de dimensiones de  $m \times n$ ,  $\mathbf{C}_{dd}$  es la matriz de covarianzas de los datos *a priori*,  $\mathbf{C}_{pp}$  es la matriz de covarianzas del modelo *a priori* y  $\mathbf{g}_{\mathbf{p}_k}$  es el valor esperado del tiempo de llegada a partir del modelo  $\mathbf{p}_k$ . Esta ecuación asume que la teoría es perfecta; i.e. que la matriz de covarianza asociada  $\mathbf{C}_{gg}$ , es nula, pero estas incertidumbres podrían ser incluidas añadiendo una estimación de  $\mathbf{C}_{gg}$  a la matriz de covarianza de los datos [Tarantola & Valette (1982)].

El tiempo de llegada para un rayo desde el sismo  $i$  a la estación  $j$  en el problema lineal de hipocentro-velocidad:

$$\mathbf{T}_{ij} = \mathbf{T}(h_0, s_0) + \sum_{i=1}^4 \frac{\partial \mathbf{t}}{\partial \mathbf{h}_i} \Delta \mathbf{h}_i + \sum_{i=1}^M \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \mathbf{s}_i} \Delta \mathbf{s}_i \quad (4.23)$$

donde la matriz  $\mathbf{h}$  contiene las coordenadas hipocentrales y la matriz  $\mathbf{s}$  es la lentitud. Así los residuos de tiempo (ec. 4.19) pueden expresarse como:

$$\mathbf{res}_{ij} = \mathbf{T}_{ij} - \mathbf{T}(h_0, s_0) = \sum_{i=1}^4 \frac{\partial \mathbf{t}}{\partial \mathbf{h}_i} \Delta \mathbf{h}_i + \sum_{i=1}^M \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \mathbf{s}_i} \Delta \mathbf{s}_i = \mathbf{A}\mathbf{h} + \mathbf{B}\mathbf{s} \quad (4.24)$$

Si  $\mathbf{A}$  es una matriz de  $m \times 4$  que contiene las derivadas de los hipocentros, entonces se puede demostrar que:

$$\mathbf{A}_{m \times 4} = \mathbf{U}_{m \times m} \mathbf{\Lambda}_{m \times 4} \mathbf{V}_{4 \times 4}^T \quad (4.25)$$

Dado que las últimas  $m-4$  filas son cero, las primeras cuatro columnas de  $\mathbf{U}$  contribuyen a formar la matriz  $\mathbf{A}$ . Además, las columnas de  $\mathbf{U}$  son ortonormales, por lo tanto las últimas  $m-4$  columnas de la matriz  $\mathbf{A}$  son anuladas, ya que:

$$\mathbf{U}_{m \times m} = \mathbf{U}_{1(m \times 4)} \mathbf{2}(m \times (m - 4)) \quad (4.26)$$

Entonces,

$$\mathbf{U}_2^T \mathbf{A} = \mathbf{U}_2^T \mathbf{U} \mathbf{\Lambda} \mathbf{V}^T = 0 \quad (4.27)$$

Finalmente, el problema se reduce a resolver:

$$\mathbf{U}_2^T \mathbf{res}_{ij} = \mathbf{U}_2^T \mathbf{B} \mathbf{s} \quad (4.28)$$

#### 4.4.2. SPHYFIT90/SPHREL3D

Se utilizó el código computacional creado por Steve Roecker, SPHYFIT90/SPHREL3D90, para realizar la tomografía sísmica 3D en el área del CV Tinguiririca. SPHYFIT90 es un programa escrito en lenguaje FORTRAN diseñado para invertir tiempos de llegada de onda  $P$  y  $S$  provenientes de sismos locales y/o tiempos de llegada de onda  $P$  de eventos telesísmicos [Roecker (1982), Roecker et al. (1987), Roecker et al. (1993)]. La tomografía sísmica esta basada en el procedimiento de Aki & Lee (1976), pero tiene extensiones y modificaciones. El método de inversión de velocidades se basa en fórmula de inversión mediante mínimos cuadrados no-lineales de Tarantola & Valette (1982).

En cada iteración, SPHYFIT90 resuelve la ecuación (4.28) para la perturbación  $\mathbf{p}_{k+1} - \mathbf{p}_k$ , así como también obtiene un nuevo modelo  $\mathbf{p}_k$ . SPHYFIT90 trabaja en conjunto con una serie de subrutinas y programas. SPHREL3D90 calcula los nuevos hipocentros a partir del modelo 3D de velocidades generado por SPHYFIT90, basados en la noción de que los parámetros hipocentrales son los menos conocidos y por lo tanto, el programa debe permitir absorber los residuales tanto como sea posible. Además es posible revisar los parámetros hipocentrales en cada iteración y eliminar eventos atípicos: aquellos que tienen residuales muy altos o son demasiado sensibles al ruido introducido o al modelo.

La relocalización de los eventos utilizados puede obtenerse a partir de este nuevo modelo utilizando el programa SPHREL3D90. Estos cálculos pueden ser divididos en tres partes: correcciones elípticas, transformación de Tierra plana para variaciones radiales y cálculos de geometría esférica para determinar distancias horizontales. Los rayos son trazados en una estructura unidimensional a menos que se utilize una estructura tridimensional como modelo inicial. En este caso, la subrutina RSLOWPH, es el estimador unidimensional y la estructura resultante es usada para calcular el



trazado de rayos. El tiempo de travesía es acumulado a lo largo de la trayectoria del rayo mediante los programas TRACKSPH y MOVEITSPH. El trazado de rayos inicial es calculado por la subrutina SRTIMESPH utilizando el programa DIRECT para calcular los rayos directos. El programa SRTIMESPH usa los archivos de salida TTERMS para los tiempos de los rayos refractados.

El proceso de cálculo de la inversión del modelo y reagrupación de sismos se completa una vez que se clasifican los eventos relocalizados según su “calidad” y se eliminan los eventos con altos residuos. Los eventos relocalizados se utilizan como *input* al nuevo proceso de inversión del modelo. El proceso de iteración se repite hasta que los residuos satisfacen la condiciones de convergencia.

### Matriz de Resolución y Covarianza

La matriz de resolución refleja la relación entre la solución de mínimos cuadrados verdadera y la estimación que se tiene de ella. Generalmente la resolución se entiende como una medida de cuanta cantidad de información se esta obteniendo de las observaciones, relativo a cuanta cantidad se esta obteniendo de los parámetros. Cuando la diagonal de la matriz de resolución tiene valores mayores que 0.5, la mayor información viene de los datos obtenidos y en diagonales con valores menores a 0.5 la mayor información viene de los parámetros. Baja resolución significa que no se esta obteniendo información nueva de las observaciones.

El modelo de velocidad deducido depende fuertemente del tipo y calidad de la información que se tiene de los datos y del modelo inicial ( $\mathbf{p}_0$ ). Una característica interesante de la formulación de la ecuación (4.22), es que proporciona una forma de especificar diversos tipos de información *a priori* y más importante, permite estimar cuantitativamente los efectos que tiene esta información en los modelos resultantes. En particular, tanto la matriz de covarianza *a posteriori*:

$$\mathbf{C}_{\mathbf{pp}} = (\mathbf{G}^T \mathbf{C}_{\mathbf{dd}}^{-1} \mathbf{G}_{\mathbf{k}} + \mathbf{C}_{\mathbf{pp}}^{-1}) \quad (4.29)$$

como la matriz de resolución *a posteriori*:

$$\mathbf{R}_{\mathbf{pp}} = (\mathbf{G}^T \mathbf{C}_{\mathbf{dd}}^{-1} \mathbf{G}_{\mathbf{k}} + \mathbf{C}_{\mathbf{pp}}^{-1})^{-1} \mathbf{G}_{\mathbf{k}}^T \mathbf{C}_{\mathbf{dd}}^{-1} \mathbf{G}_{\mathbf{k}} \quad (4.30)$$

dependen en gran medida de los datos y el modelo inicial. La matriz de covarianza *a posteriori* representa el error total en el modelos 3D de velocidades.

En la matriz de covarianza *a priori*  $\mathbf{C}_{\mathbf{dd}}$  los elementos de la diagonal son una medida de

la varianza de la distribución del dato y los elementos fuera de la diagonal indican el grado de correlación entre un par de datos. Si asumimos que los errores de los datos no están correlacionados, entonces  $\mathbf{C}_{dd}$  es diagonal y los valores de esta son iguales a la varianza de los datos.

#### 4.4.3. Datos

Se utilizó la sismicidad registrada por la red temporal local para realizar la tomografía sísmica 3D, utilizando 23.161 tiempos de llegadas de ondas  $P$  y 22.961 tiempos de llegada de ondas  $S$ . Se invirtieron las velocidades de onda  $P$ ,  $S$  y la razón  $V_p/V_s$  de manera conjunta con la localización hipocentral de 1.068 sismos. La sismicidad asociada a la zona de ruptura del terremoto del 27 de Febrero se utilizó sólo para invertir la estructura de velocidad, utilizándolas como fuentes fijas (2.790). Se adoptó este criterio de manera de no introducir errores provenientes de las localizaciones hipocentrales obtenidas a partir del modelo 1D. Debido a la densa red de estaciones localizadas en torno del área de estudio, los errores hipocentrales asociados a la sismicidad de la zona de ruptura del terremoto son mucho mayores comparados a los errores hipocentrales de la sismicidad local. A todas las fases se les agregó un ruido aleatorio en el tiempo origen ( $\simeq 0.1$  s) con la finalidad de estimar la influencia de los hipocentros en la convergencia del modelo final de velocidades. La estimación de los hipocentros realizada con HYPOINVERSE, se utilizó como información inicial en el proceso conjunto de inversión 3D de velocidades y localizaciones hipocentrales.

La Fig. 4.7 muestra el trazado de rayos desde los sismos locales a las estaciones. La Fig. 4.8 muestra el trazado de rayos incluyendo aquellos sismos que se utilizaron como fuentes fijas. Se puede apreciar que las fuentes fijas sirvieron para aumentar la cobertura de rayos de la zona de estudio y así mejorar el modelo de velocidades obtenido. Además, dado que la sismicidad local es principalmente de índole superficial, las réplicas del terremoto del 27 de Febrero provenientes desde el oeste de la zona de estudio, contribuyeron a iluminar capas más profundas.

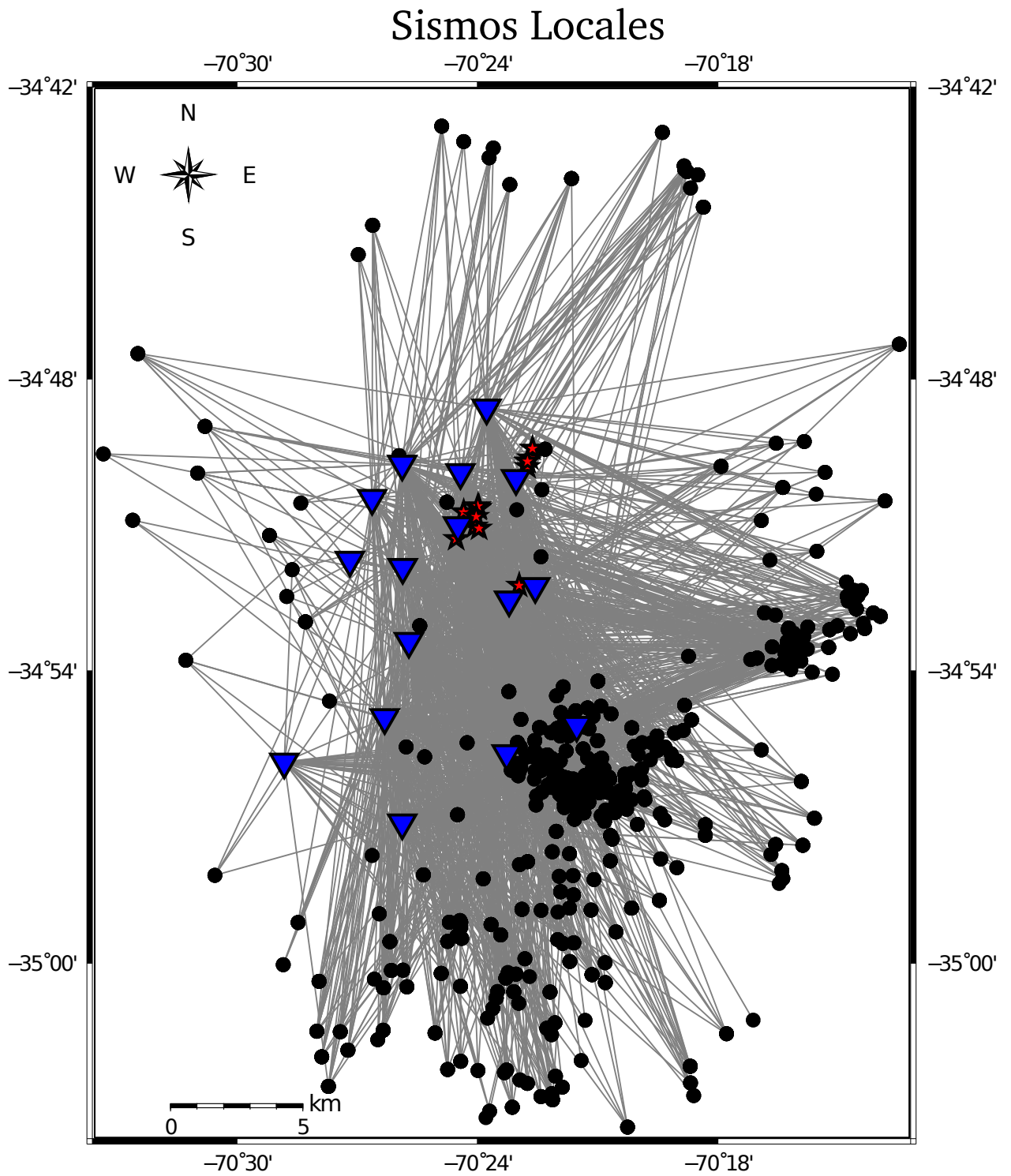


Figura 4.7: Trazado de rayos utilizando la sismicidad local. La red temporal local se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. Los sismos se muestran en círculos negros.

# Sismos Totales

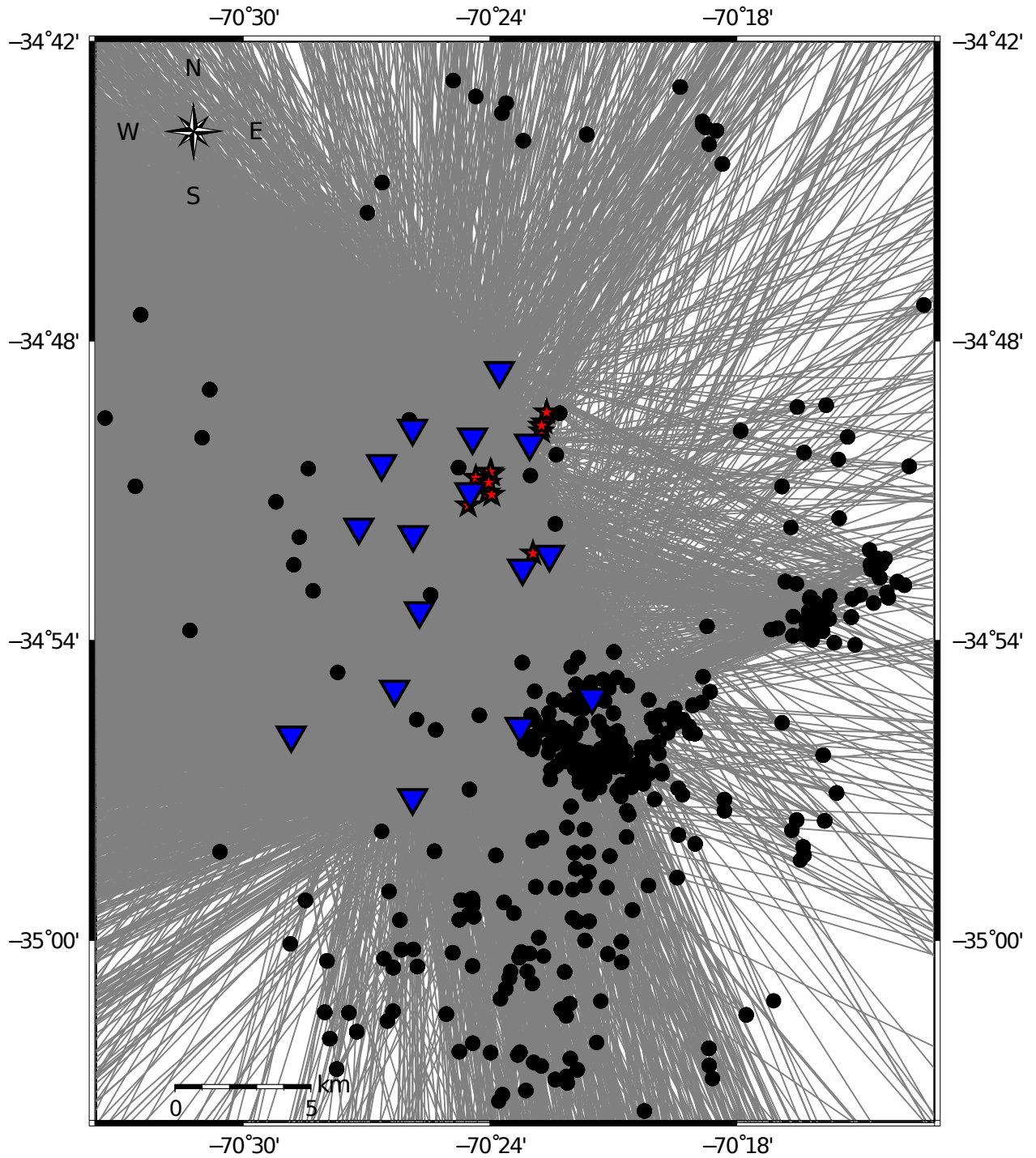


Figura 4.8: Trazado de rayos incluyendo además de la sismicidad local, aquellos sismos utilizados como fuentes fijas y atribuidos a réplicas del terremoto del 27 de Febrero de 2010. La red temporal local se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. Los sismos se muestran en círculos negros.

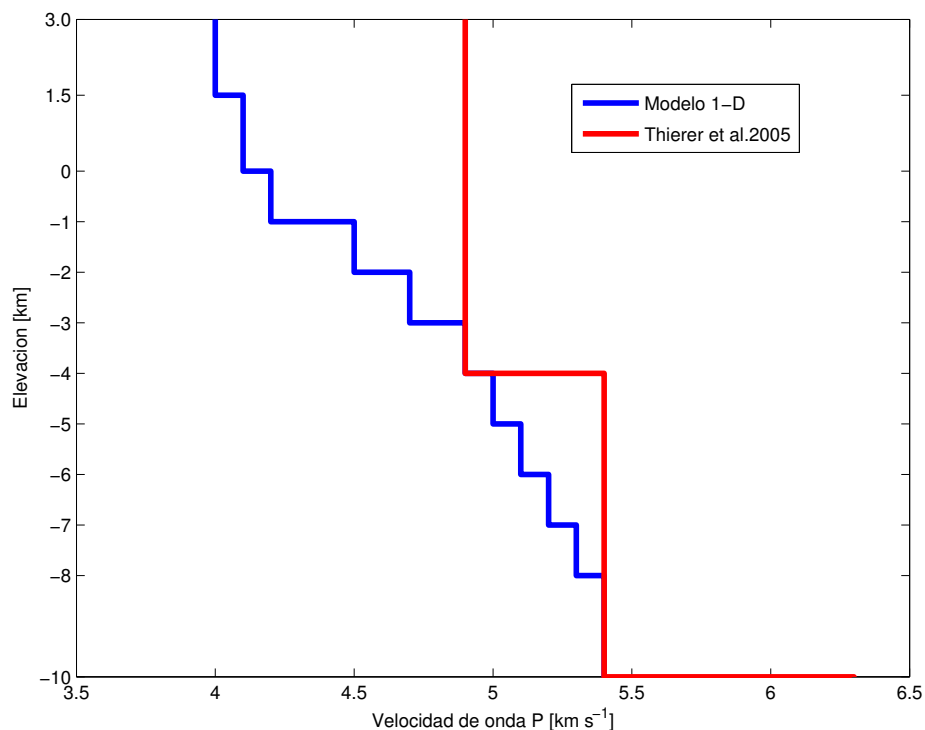


Figura 4.9: Modelo inicial de velocidad 1-D de onda  $P$  (en azul) a partir del modelo de [Thierer et al. (2005)], y utilizado en la inversión 3-D de velocidades. Se compara con el modelo 1-D utilizado en la determinación hipocentral inicial (en rojo).

#### 4.4.4. Modelo Inicial de Velocidad y Discretización del Espacio

A partir del modelo 1-D de velocidades obtenido por Thierer et al.(2005), el cual incluye el área de estudio, se estableció un modelo inicial unidimensional de velocidad de onda  $P$  y de velocidad de onda  $S$ , utilizando una razón de  $V_p/V_s = 1.76$  (Fig. 4.9).

La distribución de estaciones y sismos dentro del área de estudio, permiten estudiar un volumen de  $(15 \times 18 \times 18 \text{ km}^3)$ . Se construyó una grilla tridimensional subdividiendo el volumen de estudio en 390 bloques (Fig. 4.10). Las velocidades fueron parametrizadas por valores definidos en el nodo central de cada bloque, obteniendo 390 nodos distribuidos desde la superficie ( $\sim 3000 \text{ msnm}$ ) hasta los 15 km de profundidad en 13 capas. El espaciado horizontal entre los nodos es de 3 km y el espaciado vertical es de 1.5 km, entre los 3000 msnm y el nivel del mar, de 1.0 km, entre el nivel del mar y los 8 km de profundidad, de 2 km, entre los 8 y 10 km de profundidad, y de 5 km, entre 10 y los 15 km. de profundidad. Para efectos de este estudio, sólo se analizarán las 4 capas más superficiales: 2250 msnm, 750 msnm, 500 msnm y 1500 msnm, conformando un total de 120 bloques/nodos. Para este dominio de estudio, el número de rayos que atraviesa cada bloque fue de 0

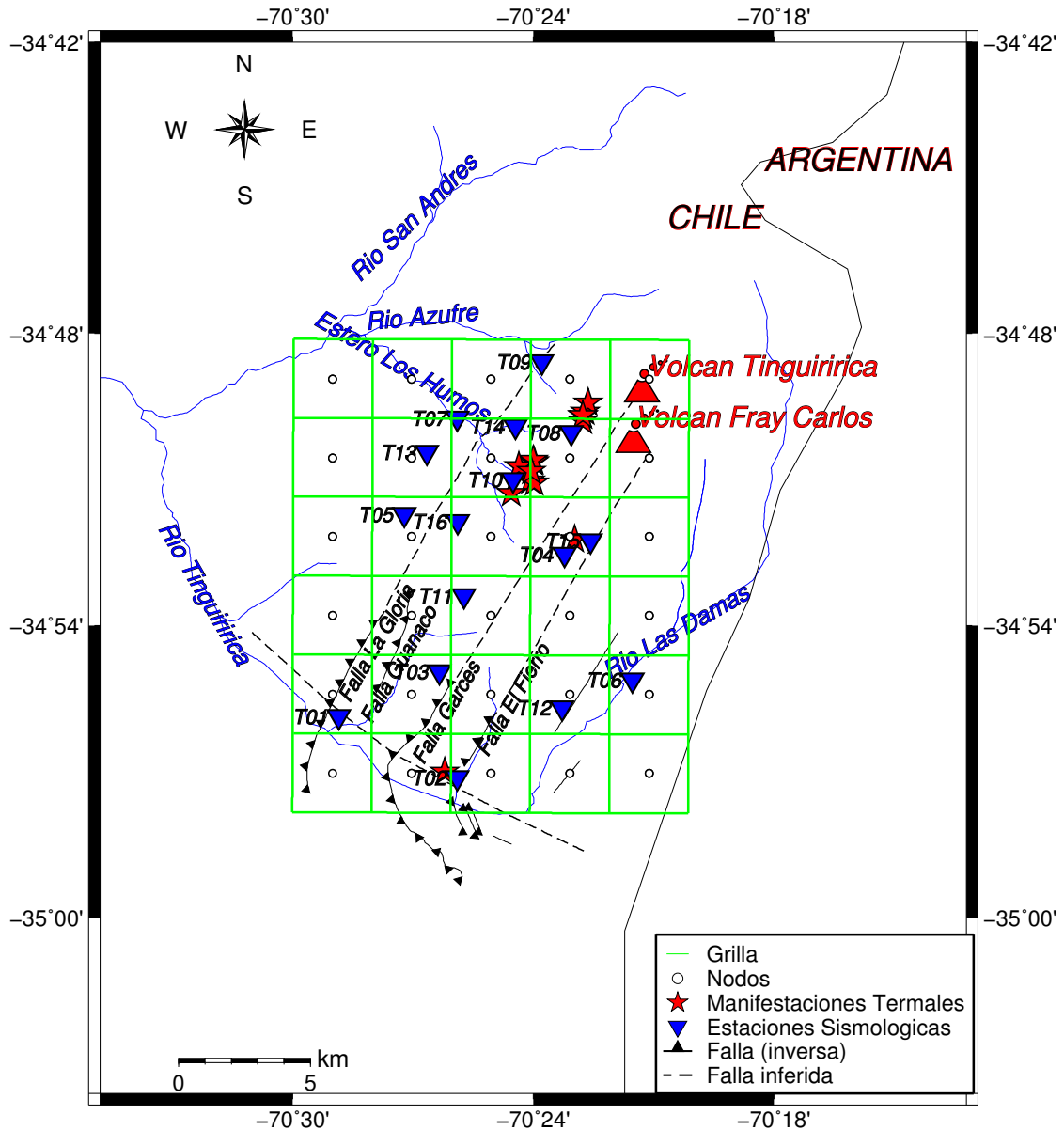


Figura 4.10: Complejo volcánico Tinguiririca. La red temporal local se muestra en triángulos azules. Las manifestaciones termales se muestran en estrellas rojas. Se muestran las principales estructuras geológicas observadas (en línea continua) e inferidas (en línea punteada), correspondientes a las Fallas La Gloria, Guanaco, Garcés y El Fierro. Se muestra la grilla utilizada para realizar la tomografía sísmica (verde) y los nodos utilizados en la parametrización del modelo de velocidades.

a 12.512 (rayos  $P$  + rayos  $S$ ). Para la inversión del modelo de velocidad, sólo se tomaron en cuenta los bloques con un número de rayos  $> 10$ , los cuales corresponden al 97% (116) del total de bloques considerados en el dominio de interés (Tabla 4.2). La Fig. 4.11 muestra la distribución del número de rayos para las capas más superficiales.

Elevación Capa	$N = 0$	$0 < N \leq 50$	$50 < N \leq 500$	$500 < N \leq 1000$	$N > 1000$
2250 msnm	1	7	8	0	14
750 msnm	0	3	5	4	18
500 mbnm	0	0	5	4	21
1500 mbnm	0	0	4	6	25

Tabla 4.2: Número de rayos ( $N$ ) atravesando los bloques de la grilla.

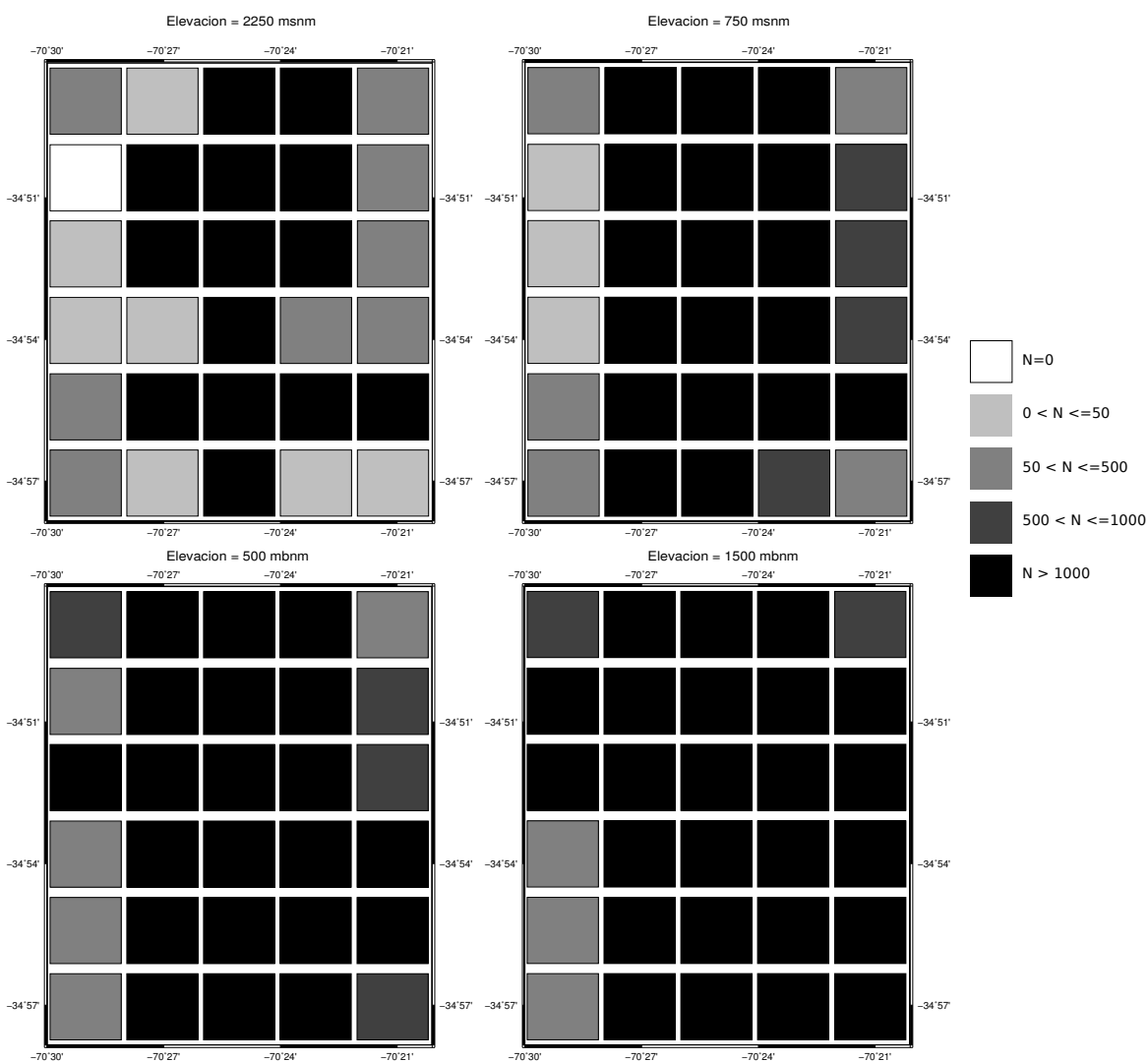


Figura 4.11: Distribución del número de rayos que atraviesan los bloques de las grillas a 2250 msnm, 750 msnm, 500 mbnm y 1500 mbnm. Desde  $N = 0$  (blanco) a  $N > 1000$  (negro).

	<b>Iteración 6</b>	<b>Iteración 7</b>
Módulo varianza estándar	1.42326	1.42054
Módulo porcentaje de confianza	2.10339	2.09530

Tabla 4.3: Índices de confiabilidad para las dos últimas iteraciones.

#### 4.4.5. Inversión 3D y relocalización de sismicidad local

El proceso de inversión 3D, es un proceso iterativo en el cual se invierten velocidades de onda  $P$  y  $S$ , el que se realiza de manera simultánea a la inversión de la relación  $V_p/V_s$  y de la relocalización hipocentral de la sismicidad. La relocalización de los sismos se basa en el modelo modificado de velocidades a partir de la última iteración.

A partir de los datos y el modelo inicial de velocidades se relocalizaron los sismos usando el programa SPHREL90. Luego de cada relocalización se utiliza el programa GRADLOC que aplica los criterios de convergencia para filtrar los eventos que no serán utilizados en la inversión. Los criterios de convergencia en el proceso de relocalización son los siguientes:

1. El máximo cambio en los residuales de tiempo sea menor al 1 %.
2. El máximo cambio en los residuales totales sea menor al 2 %
3. Se requiere un mínimo de 20 bloques para que sea incluido en la inversión del modelo de velocidades.
4. El número de iteraciones en el proceso de convergencia no debe superar las 10.

Posteriormente con los eventos seleccionados se realiza la inversión con el programa SPHYPT90. Se obtiene así un nuevo modelo de velocidades tridimensional. Con este nuevo modelo se relocaliza tantas veces como sea necesario. En total se iteraron 7 veces. Los criterios de convergencia permitieron utilizar 1.068 sismos que se relocalizaron de manera conjunta con la inversión del modelo de velocidades 3D, y 2.790 sismos fueron utilizados como fuentes fijas de manera tal que no fueron relocalizados sino sólo utilizados en la inversión. En la Tab. 4.3 se exponen los índices de confiabilidad para las dos últimas iteraciones.

#### 4.4.6. Incertidumbre en el modelo de velocidades

Como fue descrito anteriormente, muchos factores afectan al resultado final del proceso de inversión tomográfica, como el acoplamiento entre las localizaciones hipocentrales y el modelo de



velocidades [Thurber (1992)], el modelo inicial [Kissling et al. (1994)], el tamaño de la grilla utilizado en la discretización del espacio y la técnica adoptada en la inversión. La matriz de covarianza *a posteriori* (ec. 4.29) proporciona los errores totales en el modelo 3D de velocidades. La Fig. 4.12 y 4.13 muestran los errores totales en  $V_p$  y  $V_s$  para las capas más superficiales. El error promedio en el modelo de velocidades es  $\sim 0.08$  km/s que da cuenta de la robustez del modelo de velocidades obtenido. Las capas someras tienen errores asociados mayores que los errores resultantes en las capas más profundas. El uso de la sismicidad asociada al área de ruptura del terremoto del 27 de Febrero contribuyó a disminuir los errores en el modelo de velocidades, especialmente en capas más profundas debido a que el frente de ondas liberado en estos sismos, generados principalmente en el plano de Benioff, son mucho más profundos ( $\simeq 10$  -150 km) que los sismos locales detectados.

## 4.5. Resultados y Discusión

### 4.5.1. Características de la Sismicidad

Se registraron y relocalizaron 554 sismos en la cercanías del área de estudio ( $70.22^\circ$  W -  $70.56^\circ$  W  $\times$   $34.75^\circ$  S -  $35.06^\circ$  S), los cuales serán definidos como “locales”. Fuera del área de estudio, se registraron y localizaron 2.446 sismos correspondientes, principalmente, a réplicas del terremoto del 27 de Febrero de 2010. La localización de estos últimos eventos fue corregida por el registro de la red mundial permanente, utilizando la localización hipocentral determinada por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS/NEIC). La Fig. 4.14 muestra los RMS (s) calculados utilizando el modelo de velocidad de Thierer et al.(2005) con una razón  $V_p/V_s = 1.76$ . Todos aquellos sismos que presentaron errores en tiempo origen  $RMS > 0.2$  s, fueron eliminados de estudios posteriores.

Los errores promedio en la determinación de la localización hipocentral de los sismos locales, son los siguientes:

**Error epicentral:** 0,69 km.

**Error profundidad:** 3,30 km.

**Error RMS en tiempo origen:** 0,04 s.

Para los sismos fuera del área de estudio:

**Error epicentral:** 9,64 km.

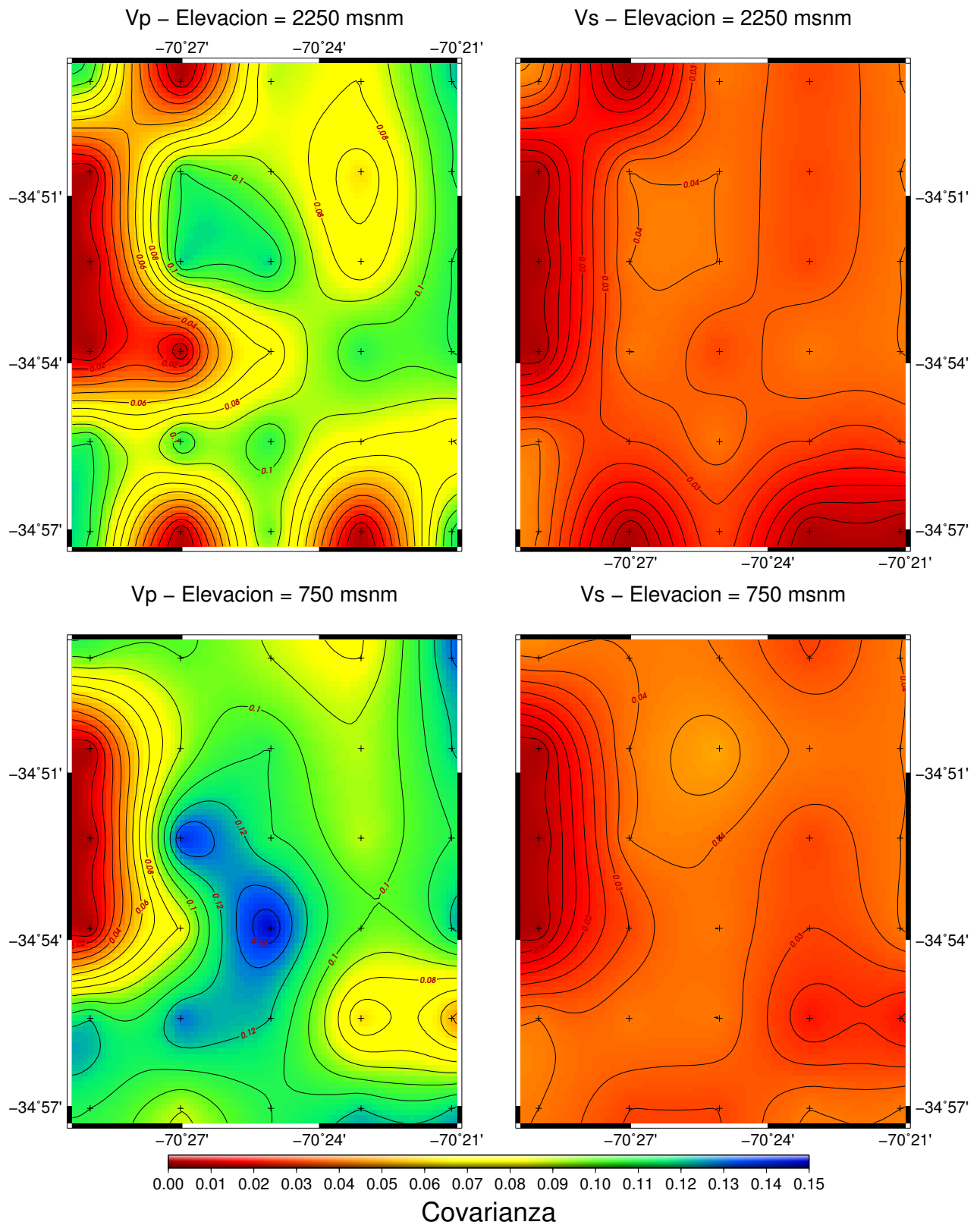


Figura 4.12: Covarianza del modelo final de velocidades para las plantas 2250 msnm y 750 msnm. La cruces negras represetan los nodos de la discretización del modelo de velocidades.

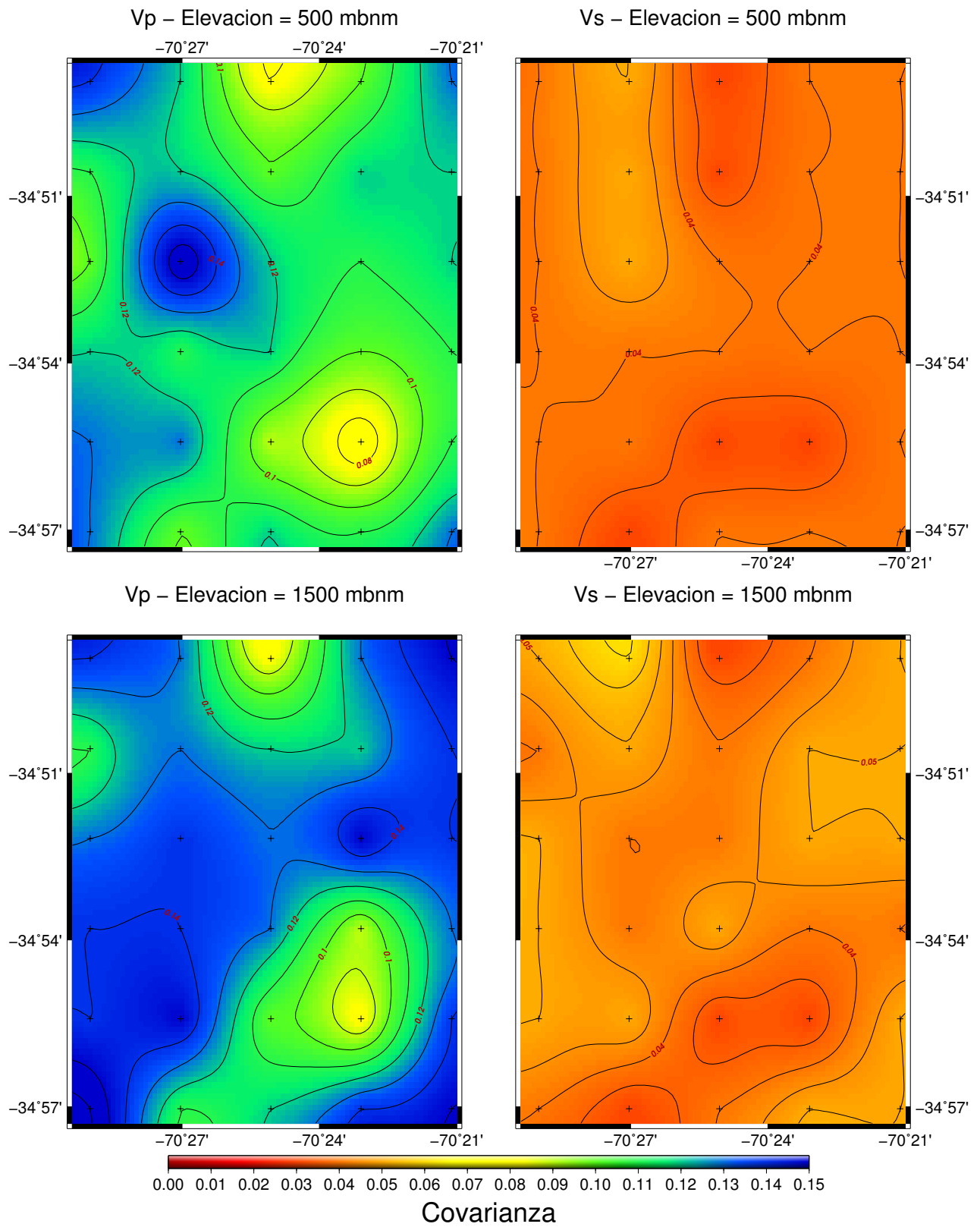


Figura 4.13: Covarianza del modelo final de velocidades para las plantas 500 m y 1500 m. Las cruces negras representan los nodos de la discretización del modelo de velocidades.

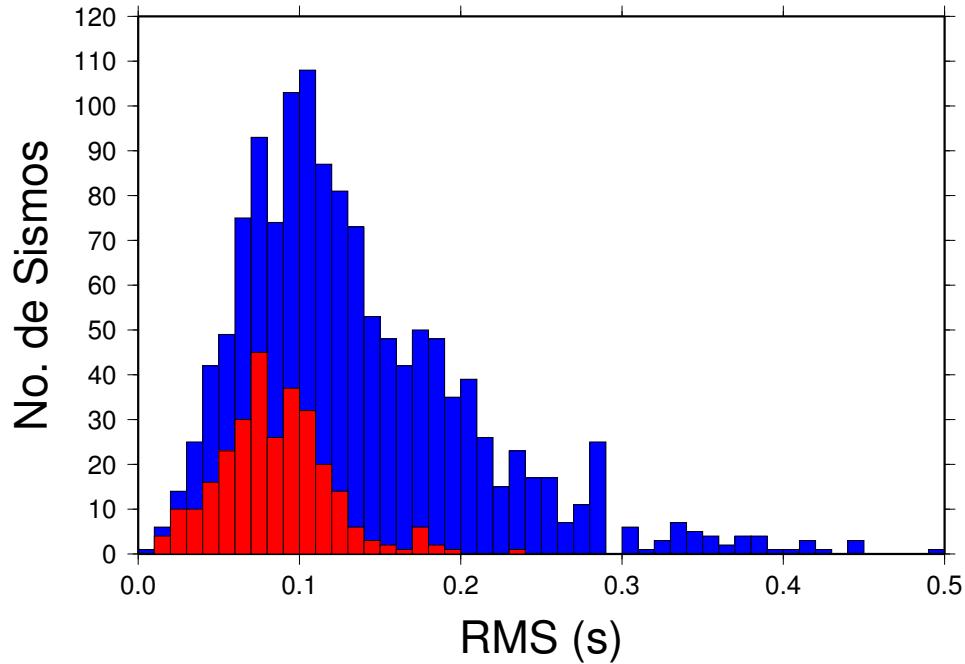


Figura 4.14:  $RMS$  (s) calculados utilizando el modelo de velocidad de Thierer et al.(2005) con una razón  $V_p/V_s = 1.76$ . Las barras azules representan los sismos totales registrados. Las barras rojas representan los sismos locales.

**Error profundidad:** 9,23 km.

**Error  $RMS$  en tiempo origen:** 0,06 s.

De los 3.000 sismos localizados, 910 no pudieron ser caracterizados según su magnitud *coda* debido a que no fue posible distinguir el “término del evento”, u otros sismos interferían en su determinación. Estos sismos fueron eliminados de cualquier análisis posterior, pero sin embargo fueron utilizados en la inversión del modelo de velocidades de ondas sísmicas realizado posteriormente. La Fig. 4.15 muestra la distribución de magnitudes para el registro total de sismos. La actividad sísmica local, principalmente, tiene magnitudes  $M_c = 0.33 - 2.5$ , mientras que la réplicas del terremoto presentan magnitudes  $M_c > 2.5$ . La ocurrencia de esta sismicidad en las cercanías del área de interés, nos proporciona una visión global del estado de esfuerzos locales, los cuales si bien son capaces de provocar sismicidad, las estructuras asociadas no muestran la capacidad de acumular grandes esfuerzos que tengan como resultados la liberación de grandes cantidades de energía en forma de sismos durante el período de registro.

Muchos estudios sismológicos en sistemas geotermales de alta temperatura han mostrado nive-

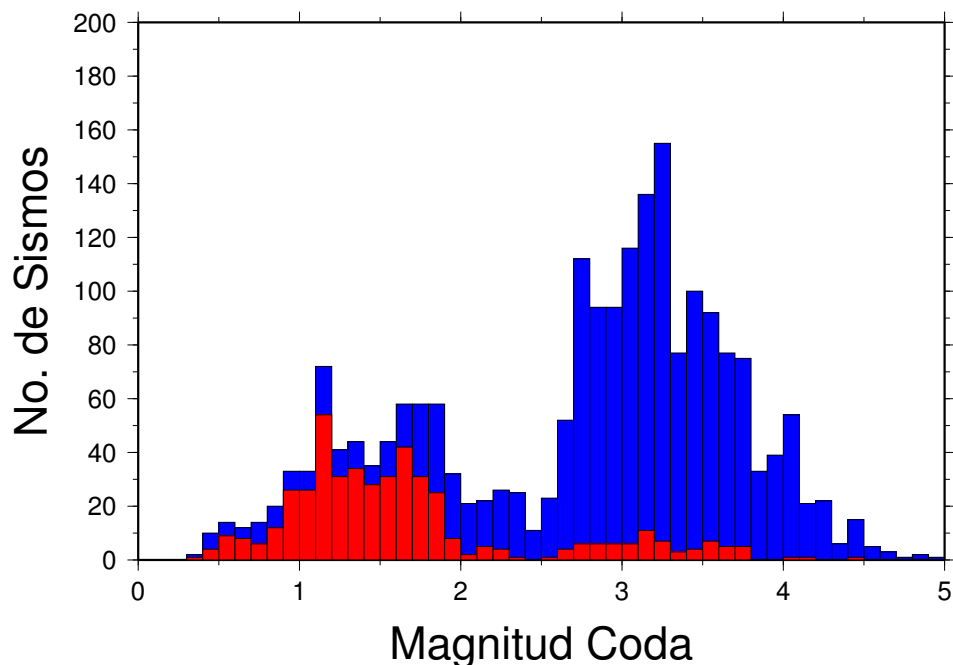


Figura 4.15: Distribución de sismos según su magnitud *coda*. Las barras azules representan los sismos totales registrados. Las barras rojas representan los sismos locales.

les relativamente altos de sismicidad [Combs (1975), Conant (1972), Mark et al. (1978), Foulger et al. (1989), Foulger et al. (1997)] debido a la intrusión reciente de cuerpos magmáticos lo que provocaría la apertura de grietas en la roca, y al movimiento de fluidos geotermales. También hay otros sistemas que están caracterizados por niveles relativamente bajos de sismicidad [Steeple & Pitt (1976), McEvilly et al. (1978), Sherburn et al. (1997)]. Los monitoreos de sismicidad ayudarían a identificar estructuras activas, las cuales podrían servir de vías de migración de fluidos y a la localización de pozos de producción. Es importante la confección de una línea base de sismicidad previa a la explotación de un recurso geotérmico, debido a la sismicidad inducida producto de la extracción y reinyección de fluidos desde y hacia el reservorio.

La Fig. 4.16 muestra la sismicidad total registrada por la red local temporal y la localización del terremoto del 27 de Febrero. En términos generales se evidencian dos dominios principales: la sismicidad asociada al área de ruptura del terremoto del 27 de Febrero y la sismicidad asociada al borde oriental de la cuenca extensional de Abanico. En detalle, la Fig. 4.17 muestra la sismicidad local y el área de estudio en torno al CV Tinguiririca.

Dentro del área de estudio, en las cercanías de los volcanes Tinguiririca y Fray Carlos (cuenca extensional continental de edad Oligoceno-Mioceno), se evidencia niveles bajos de actividad sísmica,

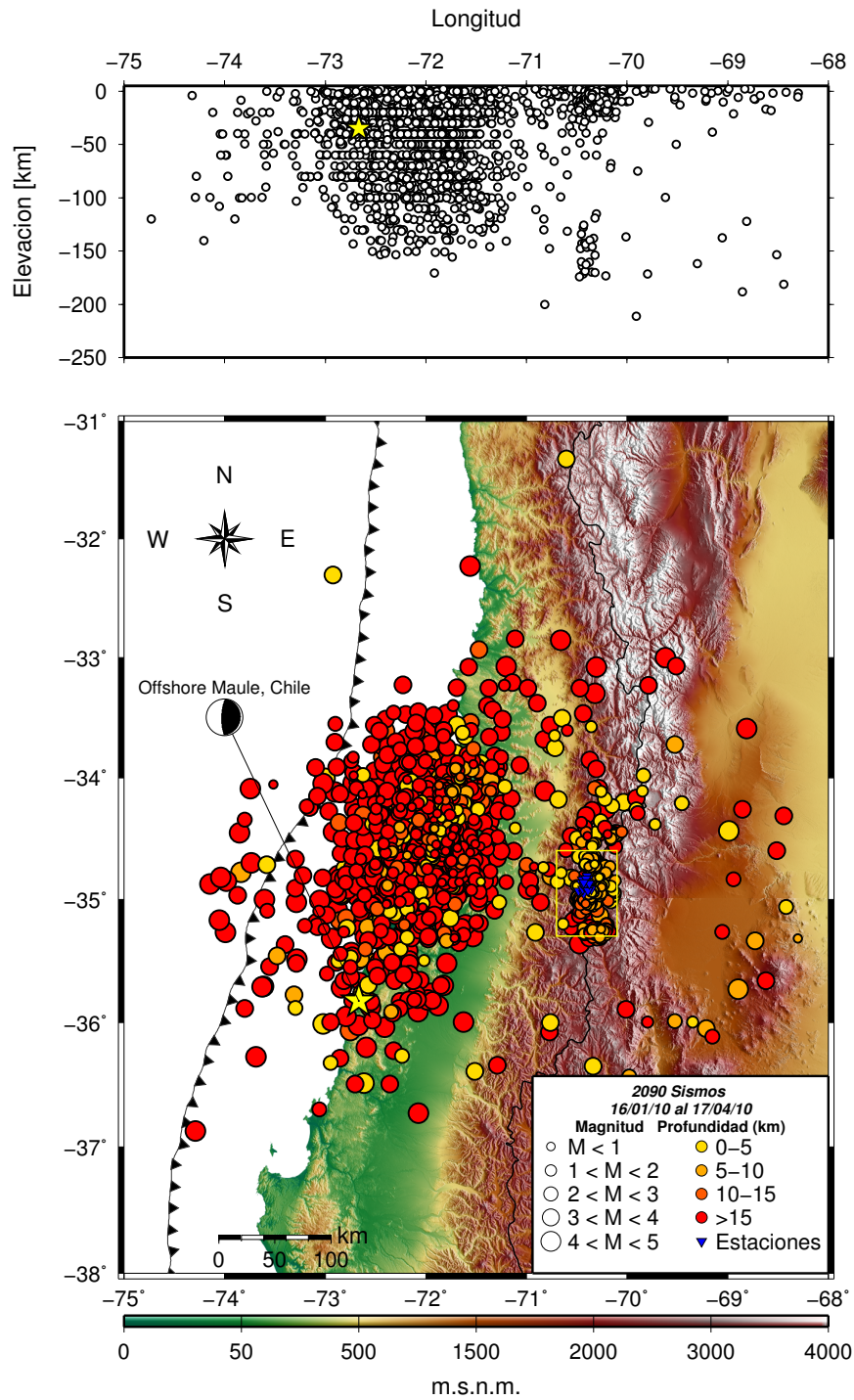


Figura 4.16: Sismicidad registrada por las estaciones de la red Tinguiririca durante el periodo 16/Enero - 17/Abril. Los sismos están diferenciados según profundidad, esquematizado en colores, y según magnitud, esquematizado en tamaño. La estrella amarilla corresponde al terremoto del 27 de Febrero de 2010 con su respectivo mecanismo focal. El cuadro amarillo muestra el área de estudio en torno al CV Tinguiririca. Los triángulos azules invertidos corresponde a la ubicación de las estaciones sismológicas utilizadas en este estudio.

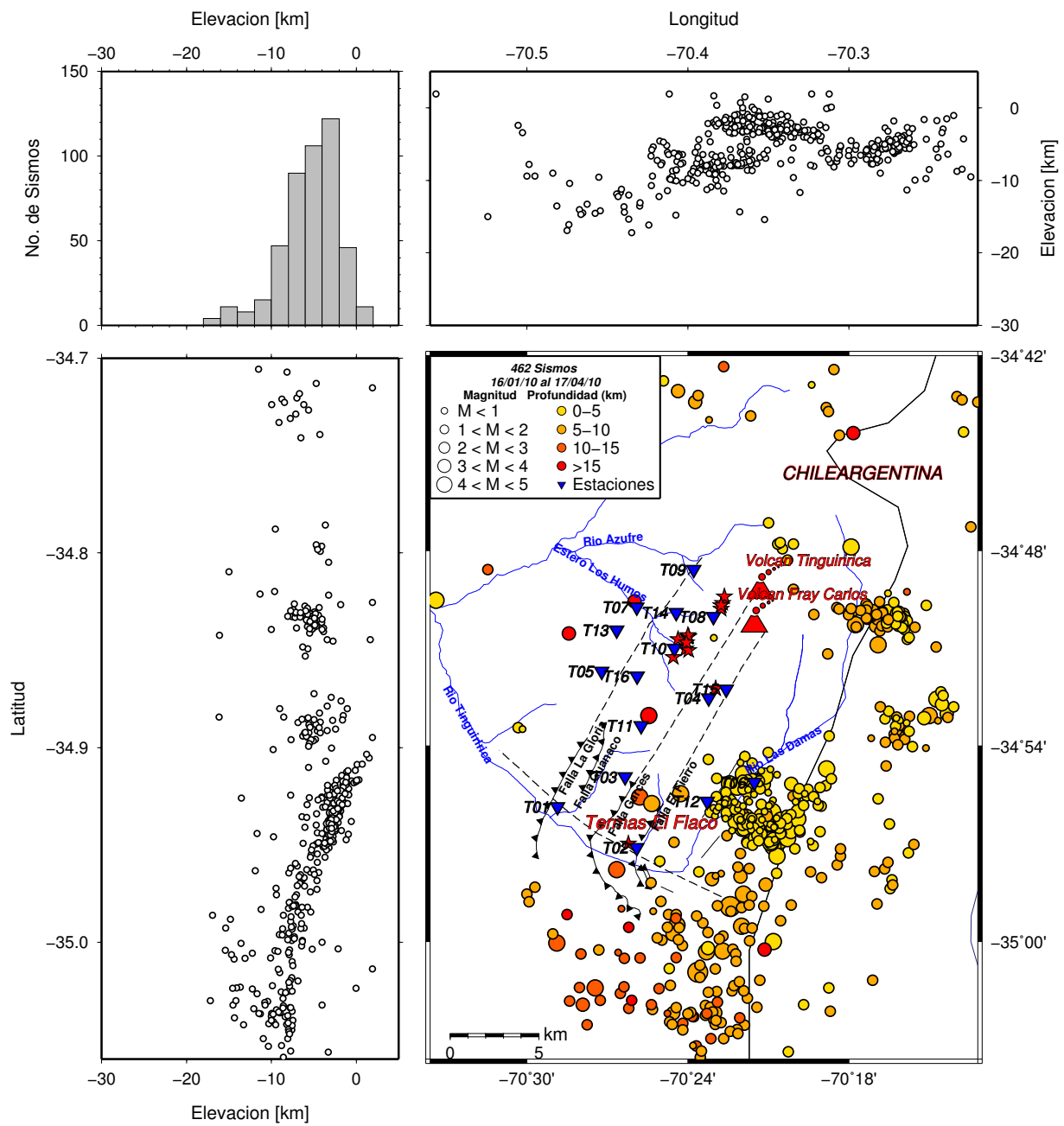


Figura 4.17: Idem Fig. 4.16, pero sólo para la sismicidad local. Se muestran las proyecciones hipocentrales de sismicidad en latitud y longitud, como así también dos potenciales estructuras activas asociadas: la principal en azul, y una secundaria en rojo.

excepto hacia el extremo sureste del área de interés, que presenta una alta actividad sísmica superficial ( $< 10$  km) (Fig. 4.17). Esta zona se encuentra relacionada, en superficie, a rocas sedimentarias del Mesozoico (Fm. Río Damas), y constituye el borde oriental de la cuenca extensional continental de Abanico. Cerca del 80 % de la sismicidad local está concentrada en esta zona de deformación.

La identificación de estructuras geológicas activas permite inferir la posible existencia de niveles permeables que contribuyan a la dinámica hidrológica de un sistema geotermal. Por otro lado, la identificación de zonas geográficas con niveles anómalos de temperatura (alta) también es posible mediante la localización epicentral de la sismicidad. Así, podemos plantear dos posibles hipótesis acerca de la naturaleza de esta alta actividad sísmica y su eventual contribución a la existencia de un potencial reservorio geotermal:

- La presencia de estructuras asociadas al frente de deformación extensional de Abanico podrían servir de conducto de aguas meteóricas hacia niveles más profundos y ayudar a la recarga de un potencial reservorio geotérmico. La migración de estos fluidos podría ser la causa de la elevada sismicidad registrada. No se descarta la localización de un reservorio geotérmico en la formación Río Damas, rocas sedimentarias altamente compactadas, pero que sin embargo, muestran una alta actividad sísmica asociada y por lo tanto, un alto grado de fracturamiento constituyendo así una unidad altamente permeable. La eventual interconexión con los sistemas de fallas asociados al frente de deformación Oligoceno-Mioceno, podría contribuir a la migración de estos fluidos que tienen su manifestación superficial en el sector de Los Humos, Los Azufres y Termas del Flaco.
- Intrusión de material magmático desde niveles más profundos lo que contribuiría a producir una anomalía termal y, eventualmente constituir la fuente de calor del sistema geotermal. Particularmente, la presencia de algunos diques en superficie (no datados) cercanos al afloramiento de la estructura secundaria, apoyarían esta última hipótesis.

Ambas hipótesis no son descartables y es necesario el uso de información complementaria que permita clarificar y definir mejor las hipótesis. Una imagen detallada de la estructura de velocidades de ondas sísmicas en la zona de estudio, proporcionaría la información complementaria.

La Fig. 4.18 muestra la distribución de sismos durante el período de registro. Un promedio de 6 sismos fueron detectados por día, excepto el 30/Enero y el 20/Febrero, en los cuales se detectaron más de 10 sismos en unas pocas horas (enjambres). Se observa un incremento general en la sismicidad



local hacia los días 15 - 20 (30/Enero - 05/Febrero) (Fig. 4.18), fecha en la cual se produce una gran actividad sísmica en forma de enjambre al este de los volcanes Tinguiririca y Fray Carlos. Esta actividad fue localizada entre los 3 y 8 km de profundidad con epicentro en torno a los ( $70^{\circ}16.5'W$ ,  $34^{\circ}49.5'S$ ). El continuo aumento de la sismicidad es un indicador de un aumento de la actividad tectónica local y asociado a una etapa de acumulación de energía. Se alcanza un máximo y posteriormente, la sismicidad disminuye (dilatancia). Esto evidencia distribuciones de esfuerzos muy concentrados. Otro enjambre al este del área de estudio, también posiblemente relacionado con la falla principal activa, ocurre entre los días 35 - 40 (19 - 24/Febrero) (Fig. 4.18). Aquí la actividad sísmica es levemente mayor, concentrada en torno a los ( $70^{\circ}16'W$ ,  $34^{\circ}52.5'S$ ) y entre 1 y 7 km. de profundidad.

En la Fig. 4.18 se aprecia un evidente “gap” de sismicidad local posterior a la ocurrencia del terremoto del 27 de Febrero de 2010. La falta de actividad sísmica local puede deberse al período de rebote elástico posterior al terremoto en el cual la sismicidad mayoritariamente ocurre en el plano de Benioff. Después de aproximadamente 25 días, los esfuerzos regionales se transfieren a la zona de acomodación de la deformación permanente (las estructuras cordilleranas). Antes de la ocurrencia del terremoto, la sismicidad fue registrada principalmente en las cercanías del área de estudio y asociada en un 90% a las dos potenciales estructuras activas reconocidas. Posterior al terremoto del 27 de febrero de 2010 se evidencia un leve aumento de la sismicidad local producto de una variación en el esfuerzo regional que tuvo como consecuencia la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud. La variación de esfuerzos regionales, habría provocado una variación en los esfuerzos locales, siendo el aumento de la actividad sísmica, el reflejo de esta variación. Si se observa la forma de la distribución de sismos totales registrados, es claro que la actividad sísmica aumentó después del terremoto, alcanzando el máximo de réplicas hacia los días 60 - 70 (12 - 22/Marzo). A partir de esa fechas, la actividad asociada a la zona de ruptura disminuyó reflejando la transferencia de los esfuerzos desde el plano de Benioff a la zona de deformación permanente. No se evidencia la activación de fallas producto del terremoto.

Dentro del área de estudio se evidencia niveles bajos de sismicidad, excepto por algunos sismos aislados de magnitudes relativas altas ( $4 < M_c < 5$ ) que podrían estar relacionados con las estructuras del frente de deformación extensional. La falta de actividad sísmica dentro del área de interés podría deberse a:

- Falta de capacidad de la zona de acumular esfuerzos.

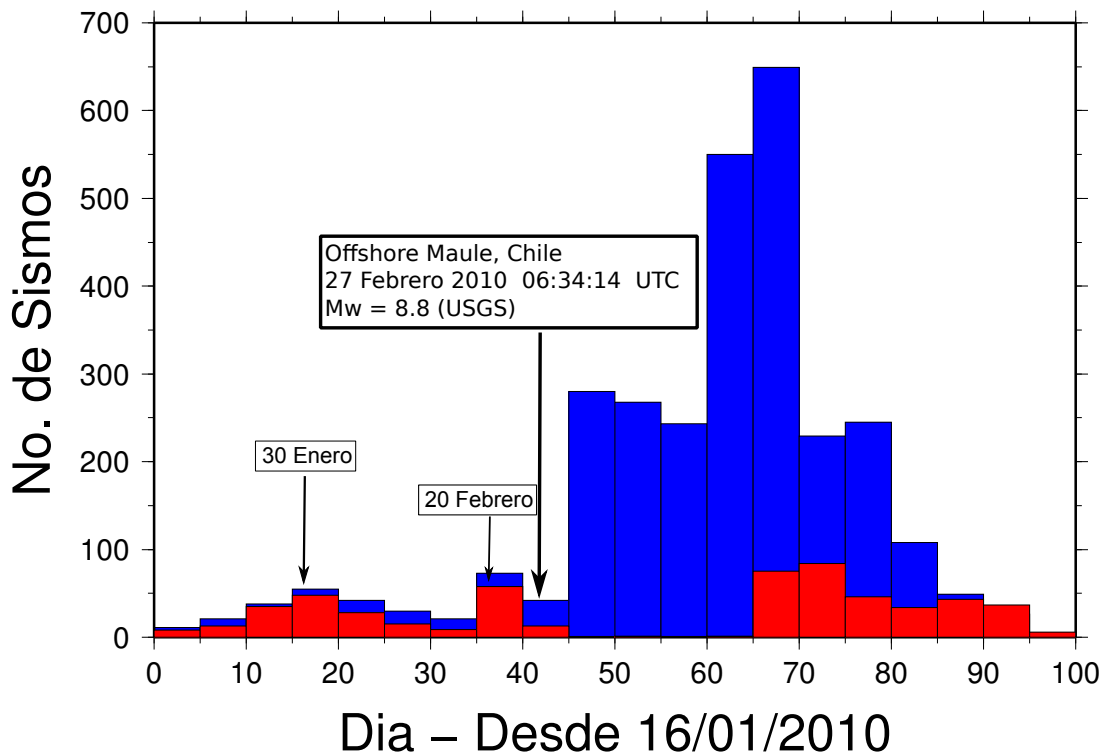


Figura 4.18: Distribución de sismos durante el tiempo (en días) de registro. Las barras azules representan los sismos totales registrados. Las barras rojas representan los sismos locales.

- De existir fluidos geotermales, estos no son suficientes como para aumentar significativamente la presión de poro y provocar la liberación de energía en forma de sismos.
- Atenuación de las señales sísmicas debido a los depósitos que constituyen el edificio volcánico actual que, por su naturaleza (depósitos jóvenes, heterogéneos y poco compactados), provocarían una gran dispersión de las señales.
- La red de estaciones en superficie puede no ser suficientemente sensible para registrar sismicidad asociada al movimiento de fluidos geotermales.

La baja sismicidad dentro del área de interés podría ser reflejo de la influencia de las cuatro causales mencionadas anteriormente o una combinación de éstas.

#### 4.5.2. Modelo 3D de velocidades

En las figuras 4.19, 4.20, 4.21 y 4.22 se muestran los modelos de variaciones porcentuales de  $V_p$  y  $V_s$ , como así también la razón  $V_p/V_s$  y el parámetro de porosidad  $V_p * V_s$  para plantas a 2250 msnm (-3 - 1.5 km), 750 msnm (-1.5 - 0 km), 500 msnm (0 - 1 km) y 1500 msnm (1 - 2 km), respectivamente.

Todas las plantas presentadas tienen una resolución espacial de  $3 \times 3$  km, conformando un total de 30 nodos para cada una de ellas. La interpolación de datos para toda el área de interés cubierta por estaciones sismológicas, fue realizada con dos técnicas de interpolación utilizadas en geoestadística: *krigeage* y mínima curvatura, según la características de los datos a utilizar. En el caso de éstos presentar orientaciones preferenciales de tendencia, analizadas previamente con variogramas, se utilizó *krigeage*, mientras que si no presentaban tendencias espaciales, sin perder generalidad, se utilizó el método de mínima curvatura. En general, el método de mínima curvatura presenta muy buenos resultados, sin embargo, cuando los datos presentaban tendencias espaciales en direcciones preferenciales, el método de *kriging* nos proporcionó mejores resultados, pues la presencia de una determinada estructura no evidenciada con mínima curvatura, se clarifica con este método.

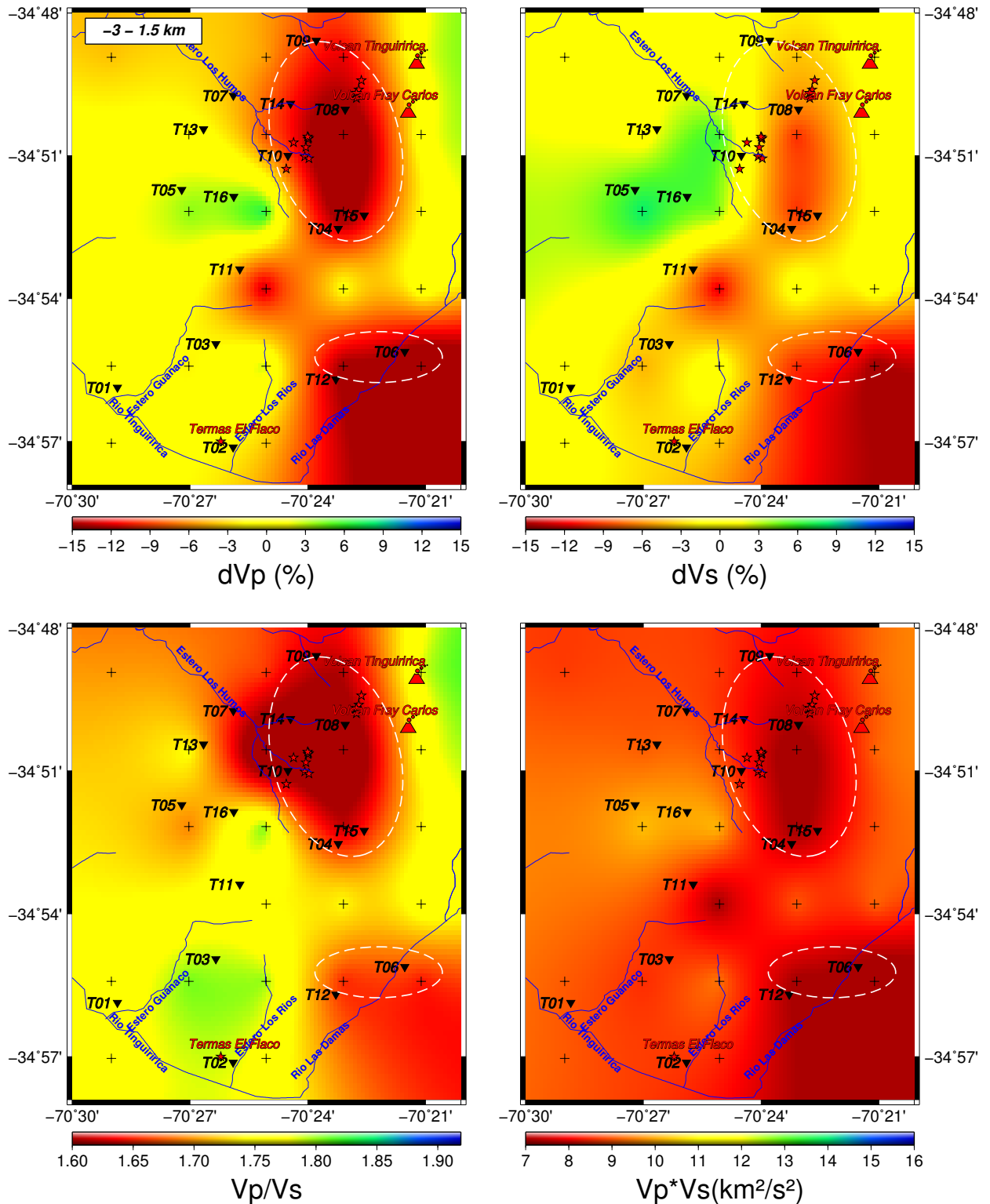


Figura 4.19: Mapa 3D de la variación porcentual de  $V_p$ ,  $V_s$ , la razón  $V_p/V_s$  y el parámetro de porosidad  $V_p * V_s$  para el intervalo 3000 - 1500 msnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sísmológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. Las líneas segmentadas blancas delimitan aproximadamente las zonas anómalas 1 y 2.

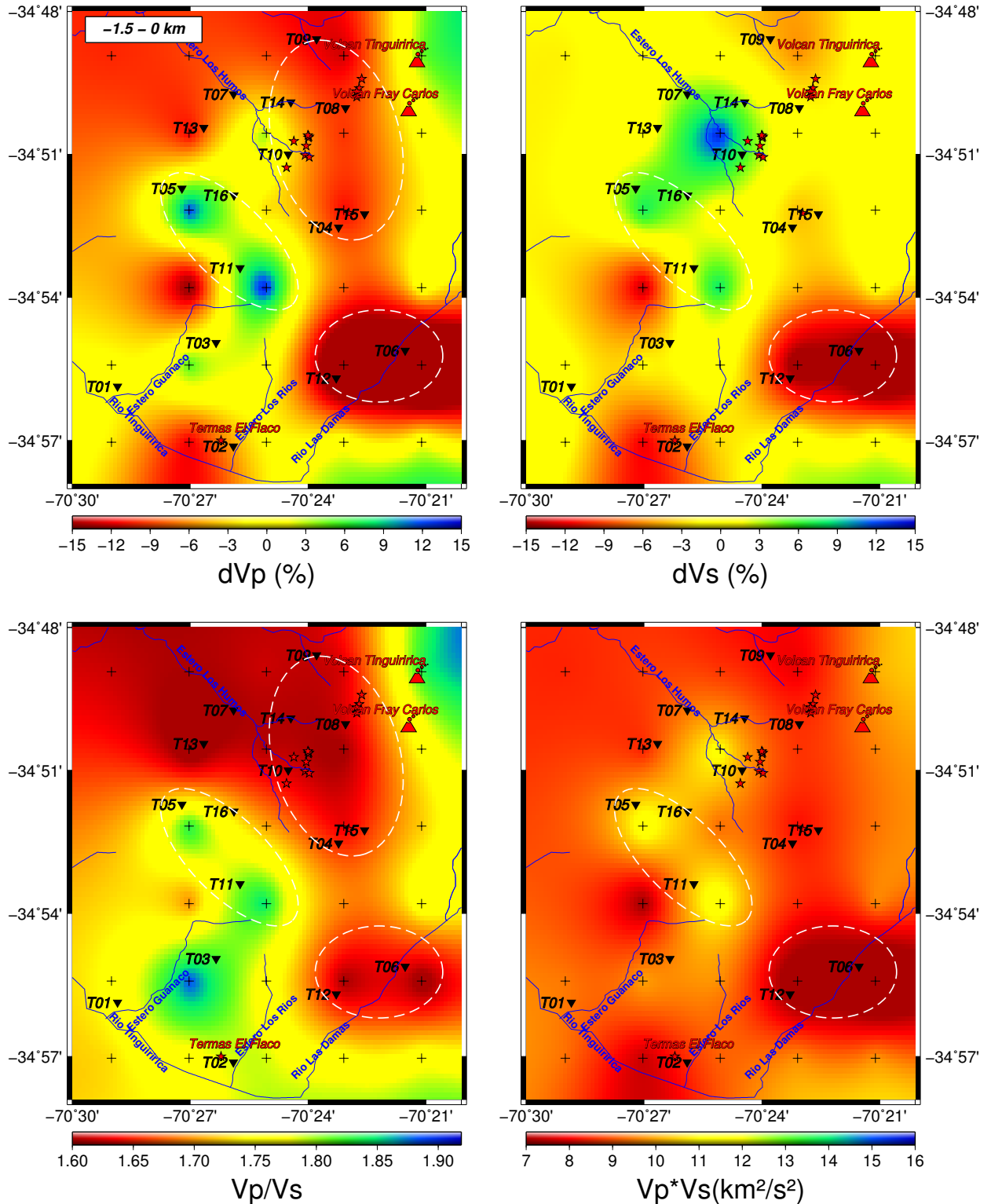


Figura 4.20: Mapa 3D de la variación porcentual de  $V_p$ ,  $V_s$ , la razón  $V_p/V_s$  y el parámetro de porosidad  $V_p * V_s$  para el intervalo 1500 - 0 msnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sismológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. Las líneas segmentadas blancas delimitan aproximadamente las zonas anómalas 1, 2 y 3.

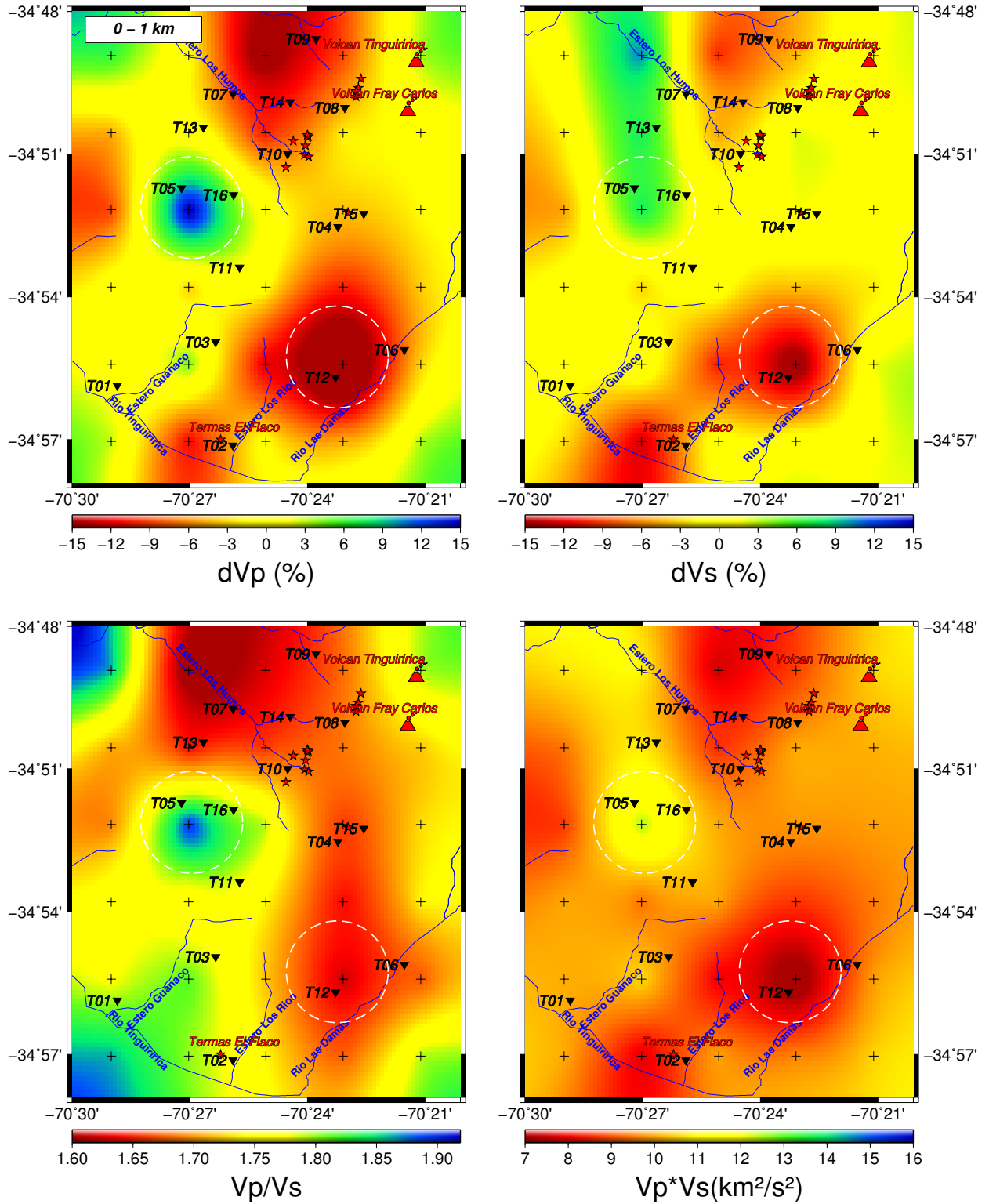


Figura 4.21: Mapa 3D de la variación porcentual de  $V_p$ ,  $V_s$ , la razón  $V_p/V_s$  y el parámetro de porosidad  $V_p * V_s$  para el intervalo 0 - 1000 mbnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sismológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. Las líneas segmentadas blancas delimitan aproximadamente las zonas anómalas 2 y 3.

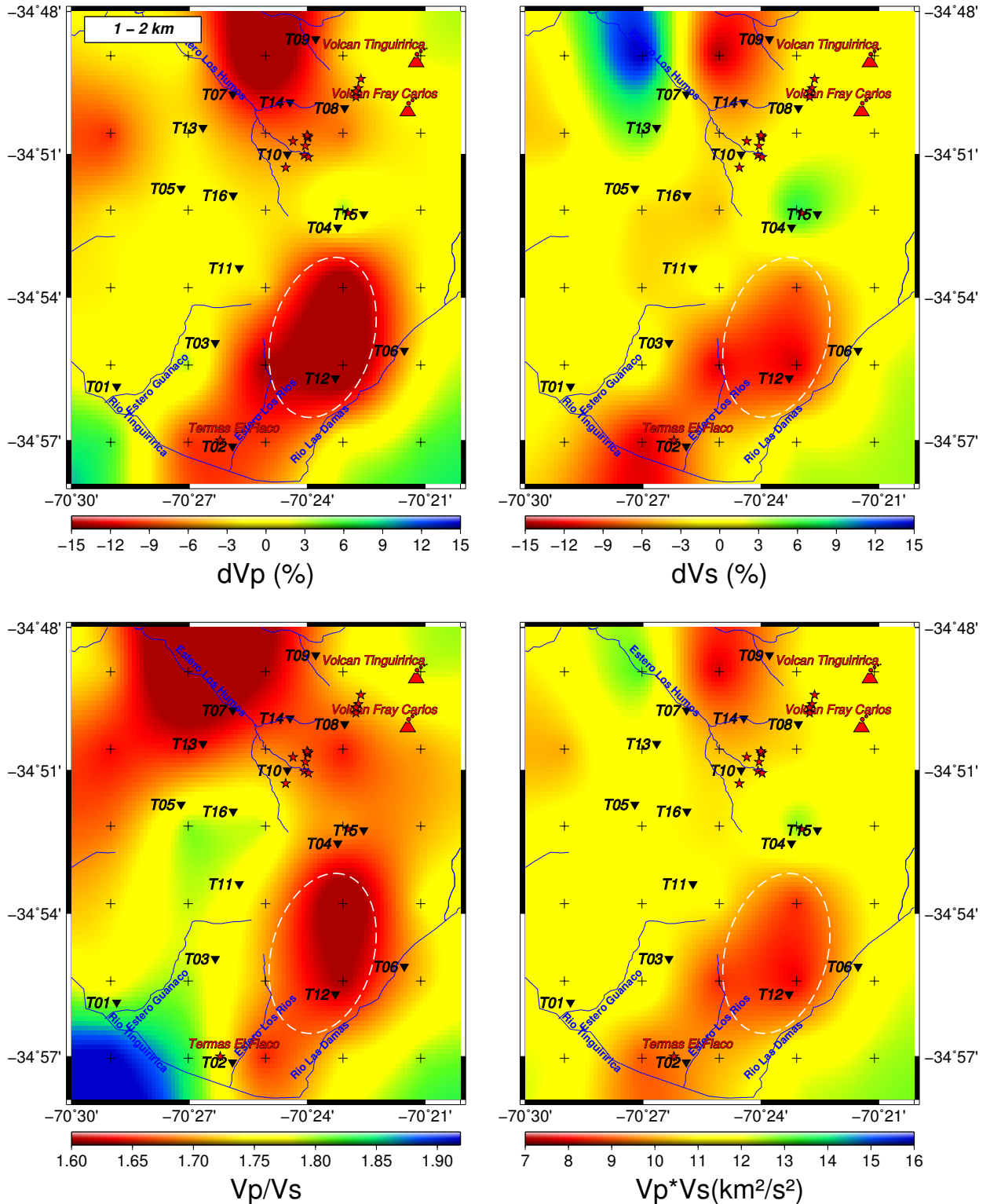


Figura 4.22: Mapa 3D de la variación porcentual de  $V_p$ ,  $V_s$ , la razón  $V_p/V_s$  y el parámetro de porosidad  $V_p * V_s$  para el intervalo 1000 - 2000 mbnm. Los triángulos invertidos negros representan las estaciones sísmológicas. Las estrellas rojas son las manifestaciones termales conocidas. Las cruces negras son los nodos de la grilla. La línea segmentada blanca delimita aproximadamente la zona anómala 2.

El promedio de variación porcentual de  $V_p$  es de  $-4.47\%$  con desviación estándar de  $9.37\%$ , que indicaría la tendencia del dominio de estudio a tener bajas velocidades de onda compresional.  $\delta V_s$  tiene un promedio de  $-1.92\%$  con desviación estándar de  $6.51\%$ . Lo anterior muestra que las anomalías de sus relaciones,  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$  estarían dominadas por perturbaciones en  $V_p$  y, en menor medida por perturbaciones en  $V_s$ . La distribución estadística de velocidades y sus relaciones se muestra en la Fig. 4.23.

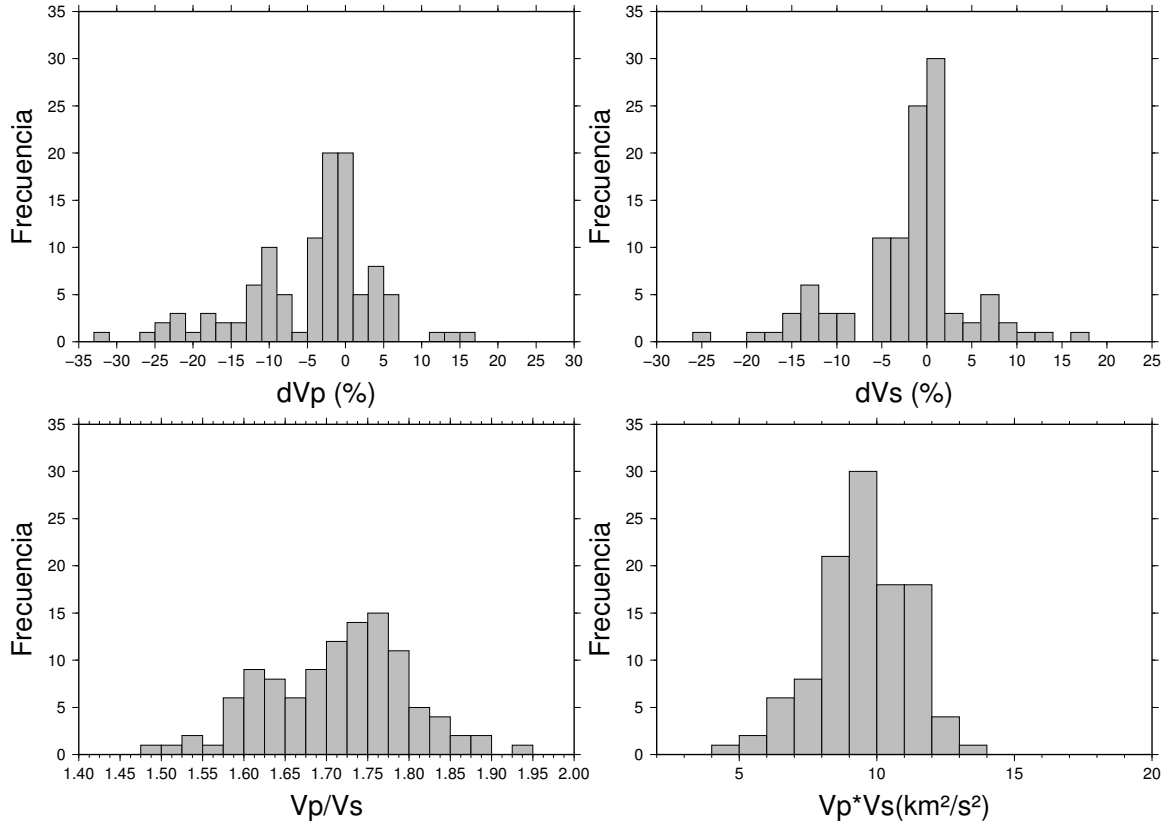


Figura 4.23: Parte superior: histogramas de la variación porcentual de  $V_p$  y  $V_s$  para las plantas más someras. Parte inferior: histograma de  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$  en el mismo dominio.

Las velocidades de ondas sísmicas varían ampliamente dependiendo de numerosas condiciones físicas [Birch (1960), Spenser & Nur (1960), O'Connell & Budiansky (1974), Toksöz et al. (1976)] [Ito et al. (1979), Christensen (1985), Christensen & Mooney (1995), Wang & Nur (1986)] [Sanders et al. (1995), Dvorkin (1999a)]. Es sabido que  $V_p$  y  $V_s$  disminuyen al aumentar la temperatura [Kern (1982)]. Sin embargo las variaciones de  $V_p/V_s$  con la temperatura aún son ambiguas [Christensen (1996)] y difíciles de evaluar [Nakajima & Hasegawa (2003)]. La inclusión de fluidos en la matriz de la roca, provoca un aumento en las velocidades con respecto a una matriz sin



fluidos [O'Connell & Budiansky (1974), Mavko et al. (1995)]. Las variaciones de  $V_p/V_s$  incluyendo fluidos dependen, no sólo del tipo o estado de los fluidos, sino también de la forma de los poros. Sin embargo, se tiene certeza que la inclusión de cuerpos parcialmente fundidos, presentan altos valores de  $V_p/V_s$  [Mizutani & Kanamori (1964)]. La presencia de fracturamiento, en general, provoca una disminución de las velocidades de ondas sísmicas. Sin embargo, la relación  $V_p/V_s$  depende de si las fracturas contienen o no fluidos.  $V_p/V_s$  es mayor para rocas con grietas rellenas de fluidos [O'Connell & Budiansky (1974), Toksöz et al. (1976), Moss & Zoback (1983)] en comparación a la misma litología pero con grietas vacías [O'Connell & Budiansky (1974), Toksöz et al. (1976)]. La alteración hidrotermal comúnmente observada en ambientes geotermales, también puede provocar cambios en las velocidades sísmicas. La disolución de minerales puede disminuir tanto el módulo de incompresibilidad ( $K$ ), como el módulo de corte ( $\mu$ ), y así provocar cambios tanto en  $V_p$  como en  $V_s$ .

Anomalías de alta velocidad, observadas en regiones superficiales de la corteza en numerosos complejos volcánicos activos, han sido típicamente interpretadas como características estructurales asociadas a la geología local o como potenciales cuerpos magmáticos enfriados. En sistemas geotermales, anomalías de alto  $V_p/V_s$  pueden ser asociadas a zonas de condensación, zonas afectadas por la recarga de agua hacia el reservorio o zonas afectadas por el influjo de  $CO_2$  debido a un aumento en la presión efectiva [De Matteis et al. (2008), Simiyu (1999), Foulger et al. (2003)]. Anomalías de baja velocidad observadas en centros de expansión oceánicos y en volcanes, han sido interpretadas como zonas de acumulación de roca fundida como diques, "sills" o cámaras magmáticas. En sistemas geotermales asociados, anomalías de bajo  $V_p/V_s$  debido a bajos valores de  $V_p$  y  $V_s$  han sido interpretadas como formaciones vapor-saturadas, zonas de altas temperaturas y zonas con gran fallamiento y presencia de alteración hidrotermal [Foulger et al. (2003), De Matteis et al. (2008), Simiyu (1999), Boitnott & Kirkpatrick (1997), Foulger (1995)].

Se identificaron tres potenciales dominios asociados a anomalías en la estructura de velocidades de ondas sísmicas, las cuales tienen buena correlación con características geológicas, manifestaciones termales en superficie y con zonas de alta actividad sísmica. Sin embargo la interpretación de ellas no está carente de ambigüedades producto de la gran cantidad de variables que provocan cambios en las propiedades sísmicas de las rocas.

**Zona anómala 1:** Al oeste del CV Tinguiririca y del volcán Fray Carlos, en la parte alta del complejo volcánico (Fig. 4.19 y 4.20), se evidencia una fuerte anomalía de bajos valores relativos

de  $V_p$  y  $V_s$ , y bajos valores de  $V_p/V_s$ , entre los 3000 y los 1000 msnm (Fig. 4.24 y 4.26). Además se ve acompañada, en la planta más somera (Fig. 4.19), por valores relativos muy bajos de  $V_p * V_s$  mientras que hacia las plantas más profundas (Fig. 4.20-4.22), se observa un ligero aumento del parámetro de porosidad. Los bajos valores de  $V_p * V_s$  observados en la planta -3 - 1.5 km, serían consecuentes con la geología local correspondiente, principalmente, a una cobertura superficial de secuencias volcánicas recientes poco consolidadas del CV Tinguiririca, como así también, en menor medida, de los depósitos volcánicos y volcanoclásticos de la Formación Abanico. Hacia las plantas más profundas, el aumento de  $V_p * V_s$ , y por lo tanto, la disminución de la porosidad, podría deberse a la predominancia de rocas de la Fm. Abanico y rocas sedimentarias de la Formación Río Damas.

Al igual que en numerosos sistemas geotermales alrededor del mundo (*Yellowstone, Coso, The Geysers*), los bajos valores relativos de  $V_p$  y  $V_s$ , se relaciona con la presencia en superficie de importantes manifestaciones termales. En Tinguiririca se relaciona con fumarolas, manantiales calientes y templados y zonas afectadas por alteración hidrotermal con en el sector de Los Humos y Los Azufres. La disminución de las velocidades de ondas sísmicas podría ser reflejo del fracturamiento de la roca que permite el ascenso de gases de origen magmático y debido a la presencia de alteración hidrotermal. Por otro lado, las elevadas temperaturas de eventuales fluidos geotermales, podrían contribuir a reducir los valores de las velocidades de ondas sísmicas. La presencia de fases de vapor y de fluidos supercríticos, también contribuirían a instaurar una anomalía de baja velocidad como la observada. La predominancia de fases de vapor y de fluidos super críticos explicaría los bajos valores de  $V_p$  y de  $V_p/V_s$ . La mayor disminución de  $V_p$  con respecto a  $V_s$  se explica en un estrecho rango de porosidades y/o fracturamiento (< 40 %)[De Matteis et al.(2008)]. Estas asociaciones permiten inferir la presencia de un reservorio geotérmico con predominancia de fases de vapor y/o fluidos supercríticos.

El reservorio podría estar controlado por dos estructuras en dirección NE-SO, concordantes con las inferidas y observadas en terreno, en particular toda la familia de estructuras asociadas al frente de deformación de la cuenca extensional de la Fm. Abanico. El perfil “Estero Los Humos” (Fig. 4.24), muestra ambas estructuras las cuales podrían estar contribuyendo al control y dinámica hidrológica (recarga y descarga) del potencial reservorio geotérmico inferido. Las estructuras podrían servir de conducto de fluidos a subsuperficie los cuales estarían interactuando con el ascenso vertical de gases de origen volcánico y a la vez podrían estar

atrapando los fluidos constituyendo así el potencial reservorio geotérmico vapor-dominante. Además, los bordes de la anomalía coinciden con zonas de baja resistividad ( $\leq 5 \Omega m$ ) asociadas a facies de alteración hidrotermal de carácter argílica, evidenciadas con estudios Magnetoteléuricos [Giavelli (2010c)] y que se presentan como firmas típicas en sistemas geotermiales. La presencia de aguas vapor-calentadas, alto fracturamiento y presencia de fases de vapor, llevan a plantear la hipótesis de una potencial zona de *upflow* de un reservorio geotérmico.

### Perfil 1: Estero Los Humos

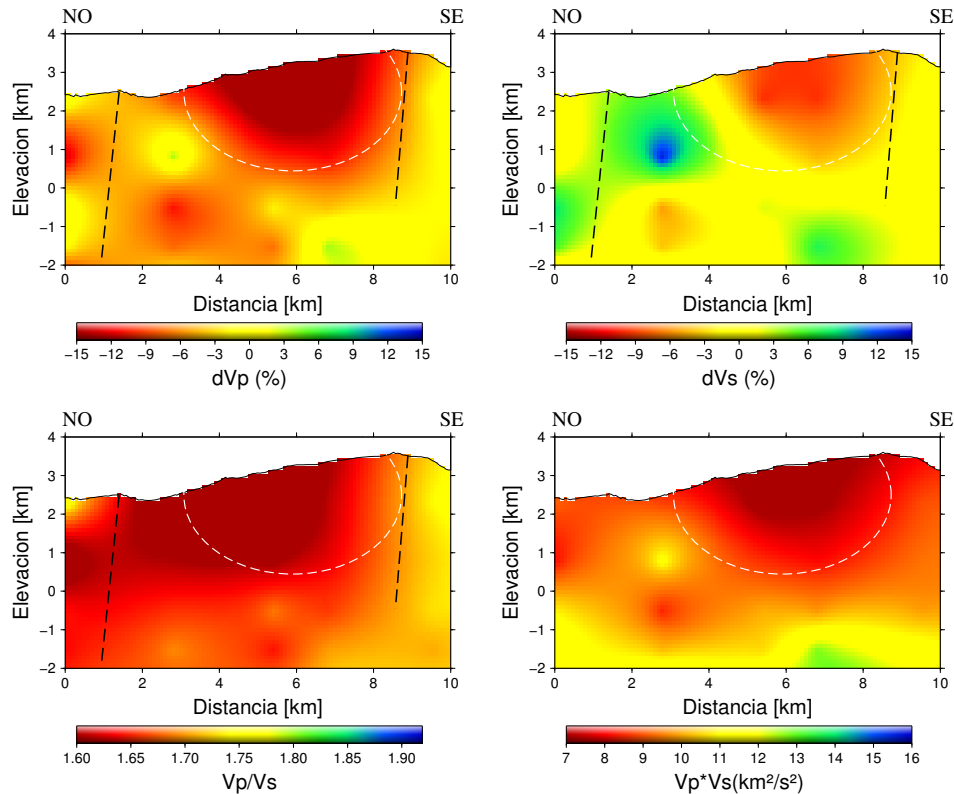


Figura 4.24: Perfil 1, en dirección NO-SE, atravesando la zona anómala 1 (bajas velocidades). La línea segmentada blanca delimita la anomalía. Las líneas segmentadas negras corresponden a las estructuras inferidas en dirección NE-SO.

**Zona anómala 2:** Hacia el este de Termas El Flaco y migrando al noroeste a medida que aumenta la profundidad (Fig. 4.19-4.22), se evidencia una gran anomalía de bajos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$ , y bajos valores de  $V_p/V_s$ . Su presencia es persistente hasta por lo menos los 9000 mbnm. Además, se ve acompañada por valores muy bajos de  $V_p * V_s$ , indicando una alta porosidad de la litología. La anomalía se relaciona estrechamente con rocas de la Formación Río Damas (Mesozoico), compuesta por rocas sedimentarias clásticas. Se esperarían altos valores en las velocidades de ondas debido a la edad de la formación que se traduce en una

mejor compactación y consolidación de los sedimentos. Sin embargo, la alta actividad sísmica asociada y los bajos valores de  $V_p * V_s$ , proporcionan evidencia del alto grado de fracturamiento actual que explicaría la disminución de  $V_p$  y  $V_s$ . Con el modelo de velocidades obtenido, la hipótesis planteada en la interpretación a partir únicamente de la sismicidad (sección anterior), en la cual se atribuía el aumento de ella a la inclusión de fluidos a profundidad (área de recarga) y constituyendo así, un potencial un reservorio geotérmico debido a la existencia de niveles permeables, podría ser descartada. Esto, dado que, si constituyese una eventual área de recarga, se esperaría un signatura típica de rocas con presencia de fluidos en estado líquido (altos valores de  $V_p/V_s$  asociados a bajos valores de  $V_s$ ). Esta anomalía tampoco es atribuible a la presencia de una potencial fuente de calor. Para este caso, se debería esperar zonas anómalas de bajo  $V_p$  y  $V_s$ , pero de alto  $V_p/V_s$  debido a que la temperatura de la roca debería estar cerca de la temperatura de fusión parcial [Mizutani & Kanamori (1964)].

Esta anomalía podría estar controlada por una aparente estructura que constituye el margen oriental de la cuenca extensional de Abanico, la zona de contacto entre el Cenozoico y el Mesozoico. En el perfil “Piuquenes” (Fig. 4.25), se evidencia esta estructura limitando la anomalía de bajas velocidades.

**Zona anómala 3:** En torno a las estaciones T05, T16 y T11, al sur del Estero Los Humos (Fig. 4.20 y 4.21) y con desarrollo entre los 2000 msnm y 1000 msnm (Fig. 4.26), se evidencia una anomalía de altos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y altos valores de  $V_p/V_s$ . La anomalía tiene una baja manifestación en la planta más superficial. Esta anomalía podría asociarse a la presencia de una estructura en dirección NO-SE (Fig. 4.26) inferida también mediante estudios aeromagnéticos [Giavelli (2010a)], y la cual también podría estar contribuyendo a dinámica del potencial reservorio geotérmico. Las altas velocidades observadas en conjunto a los altos valores de  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$  permiten inferir la presencia de un cuerpo magnético enfriado [Mizutani & Kanamori (1964)] que intruyó en el pasado a través de esta estructura. Dicho cuerpo podría estar relacionado con los hipabisales de composición andesítica de piroxeno-anfíbola del Cretácico Superior que afloran en las cercanías de la anomalía.

Las estructuras inferidas y el trazado de los perfiles expuestos con anterioridad se muestran en la Fig. 4.27.

### Perfil 2: Piuquenes

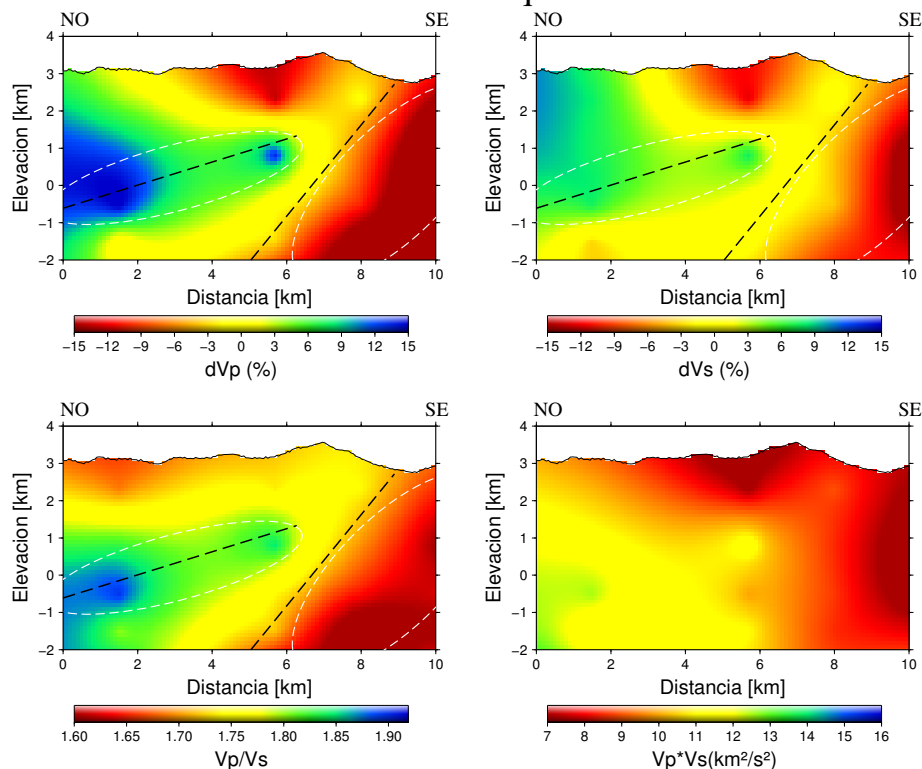


Figura 4.25: Perfil 2, en direcci3n NO-SE, atravesando la zona an3mala 3 (altas velocidades) y la an3mala 2 (bajas velocidades). Las l3neas segmentadas blancas delimitan las anomal3as. La l3nea segmentada negra limitando a zona an3mala 2, corresponde a la estructura NE-SO inferida. La l3nea segmentada negra sobre la zona an3mala 3, corresponde a la estructura NO-SE inferida.

### Perfil 3: NE-SO-1

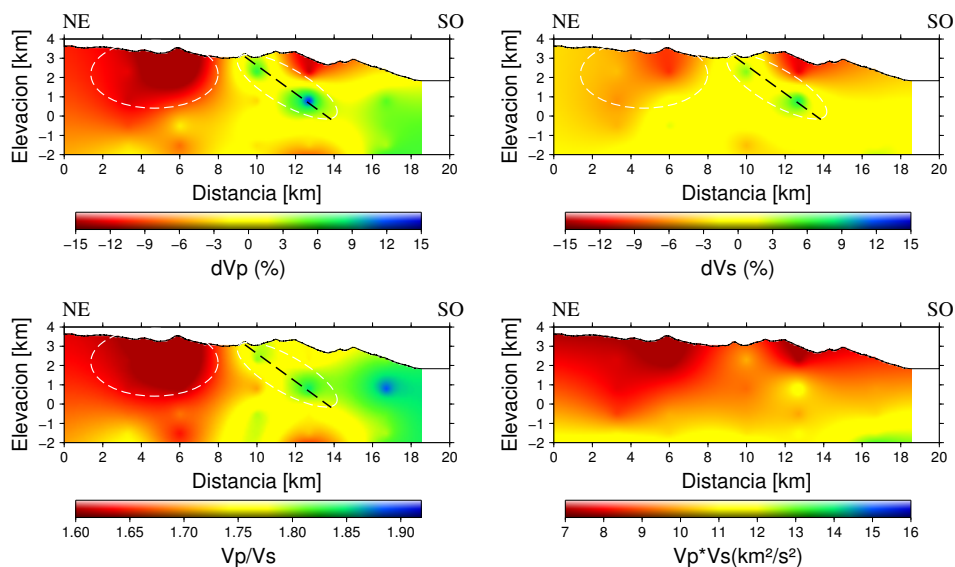


Figura 4.26: Perfil 3, en direcci3n NE-SO, atravesando la zona an3mala 1 (bajas velocidades) y la zona an3mala 3 (altas velocidades). Las l3neas segmentadas blancas delimitan las anomal3as. La l3nea segmentada corresponde a la estructuras NO-SE inferida.

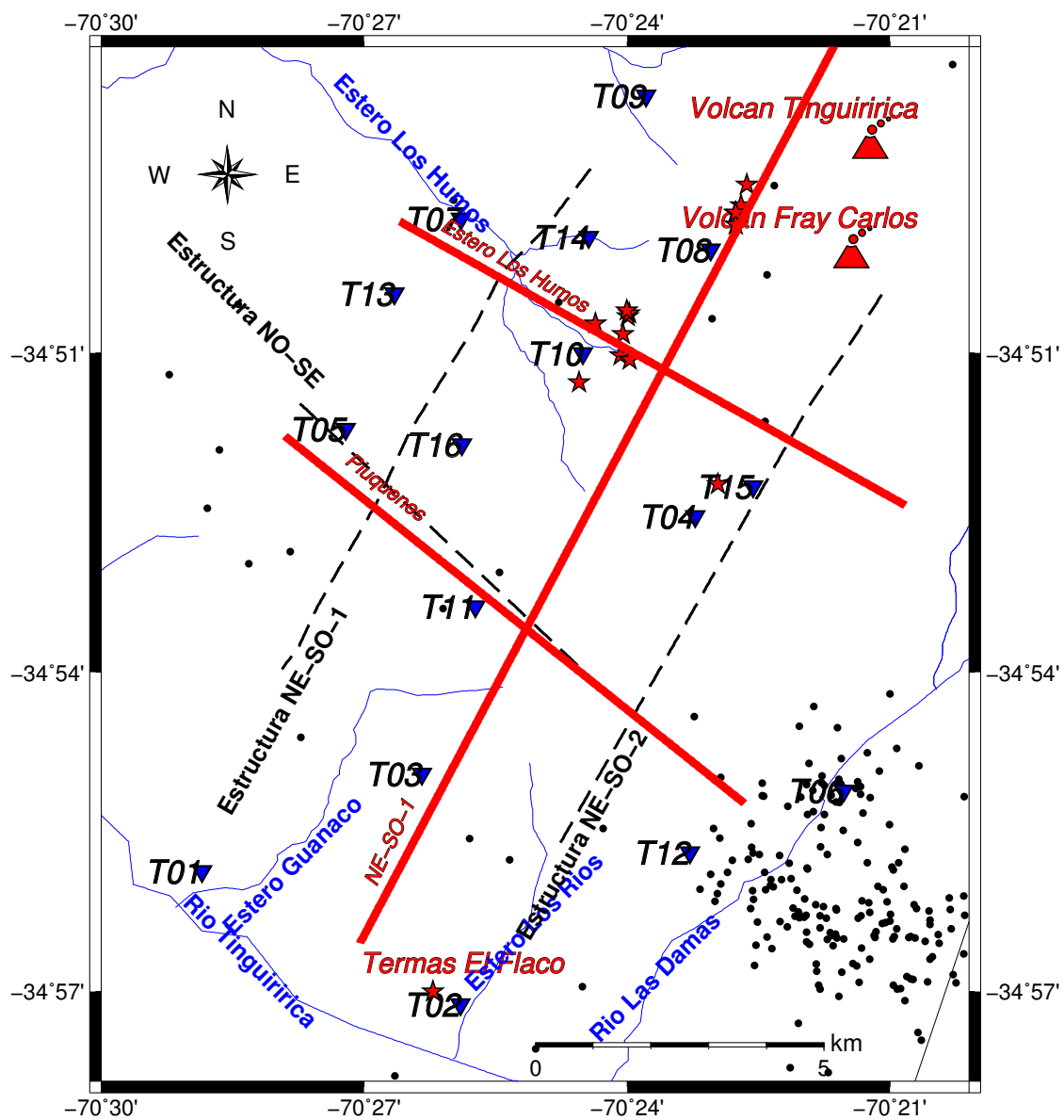


Figura 4.27: Trazado de perfiles en NO-SE y NE-SO en rojo. Se muestran las estructuras inferidas en dirección NE-SO y NO-SE en línea negra segmentada.

## Modelamiento de Física de Rocas

---

En el presente capítulo se lleva a cabo un modelamiento de medios efectivos utilizando el modelo de de Kuster & Toksöz (1974) con propiedades mineralógicas acorde a la geología local. Con este modelo se pretende de cuantificar mediante modelos físico-matemáticos, las velocidades  $V_p$  y  $V_s$ , y las relaciones  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$ , y así confirmar o rechazar las hipótesis planteadas sobre la naturaleza e interpretación de las anomalías en el modelo de velocidades obtenido. Para ello se utiliza la composición mineralógica de las formaciones geológicas del área de interés y se busca la mejor solución a las anomalías de velocidad observadas.

### 5.1. Física de Rocas

Durante los últimos 60 años ha habido enormes progresos en el estudio de las propiedades físicas y mineralógicas de las rocas, en su relación con la sismología de exploración y de terremotos. En términos de la sismología de exploración, las ondas sísmicas provenientes de fuentes pasivas (sismos) o activas (disparos) traen consigo información relativa al medio a través del cual se propagan, es decir la estructura interna de la Tierra. Así, es posible estudiar las propiedades sísmicas del medio, las cuales son afectadas por muchos factores, como la presión, la temperatura, el contenido y el tipo de fluido, el fracturamiento, el tipo de fracturamiento, etc. Todos estos factores se relacionan y provocan cambios en los parámetros observados en superficie.

En particular, la sismología de exploración, durante los últimos años ha experimentado grandes avances gracias a la exploración de hidrocarburos. La sensibilidad de las ondas sísmicas a los parámetros críticos de reservorios, como son la litología, el tipo y saturación de fluidos y la presión de poro, han sido estudiadas extensivamente los últimos 30 años. Como resultado, numerosas teorías relativas a física de rocas han sido propuestas.

La física de rocas es la disciplina fundamental que se utiliza para relacionar las propiedades

sísmicas con la presencia de hidrocarburos y rocas características de reservorios. La respuesta sísmica a la presencia de un acuífero es controlada directamente por las velocidades de la onda compresional y de corte. El modelamiento de los efectos del fluido en la velocidad y densidad de la roca es un método básico que se utiliza para determinar la influencia de los fluidos en los datos sísmicos. La Figura 5.1a muestra medidas de  $V_p$  y  $V_s$  para rocas secas y rocas líquido-saturadas en areniscas, como función de la presión efectiva. Con saturación por líquidos,  $V_p$  aumenta levemente, mientras que  $V_s$  disminuye levemente. Sin embargo,  $V_p$  y  $V_s$  no son los mejores indicadores de los efectos de la saturación de fluidos debido a su acople con el *módulo de corte* y el *módulo de incompresibilidad*:

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (5.1)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (5.2)$$

donde  $K$  es el módulo de incompresibilidad,  $\mu$  es el módulo de corte y  $\rho$  es la densidad. Los módulos de elasticidad pueden ser determinados a partir de mediciones de velocidades de ondas  $P$  y  $S$  y la densidad de la roca, por ejemplo:

$$\mu = \rho V_s^2 \quad (5.3)$$

$$K = \rho \left[ V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right] \quad (5.4)$$

$$\nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]} \quad (5.5)$$

donde  $\nu$  es la *razón de Poisson*. La Figura 5.1b muestra los módulos de elasticidad como función de la presión efectiva, donde el efecto del fluido es evidente: el módulo de incompresibilidad aumenta del orden de 50 %, mientras que el módulo de corte permanece constante.

Para comprender el comportamiento de los módulos de elasticidad y su consecuente relación con las propiedades sísmicas de las rocas, es necesario considerar teorías de medios efectivos incluyendo la influencia de la saturación de fluidos en ella y la presencia de grietas/fracturas.



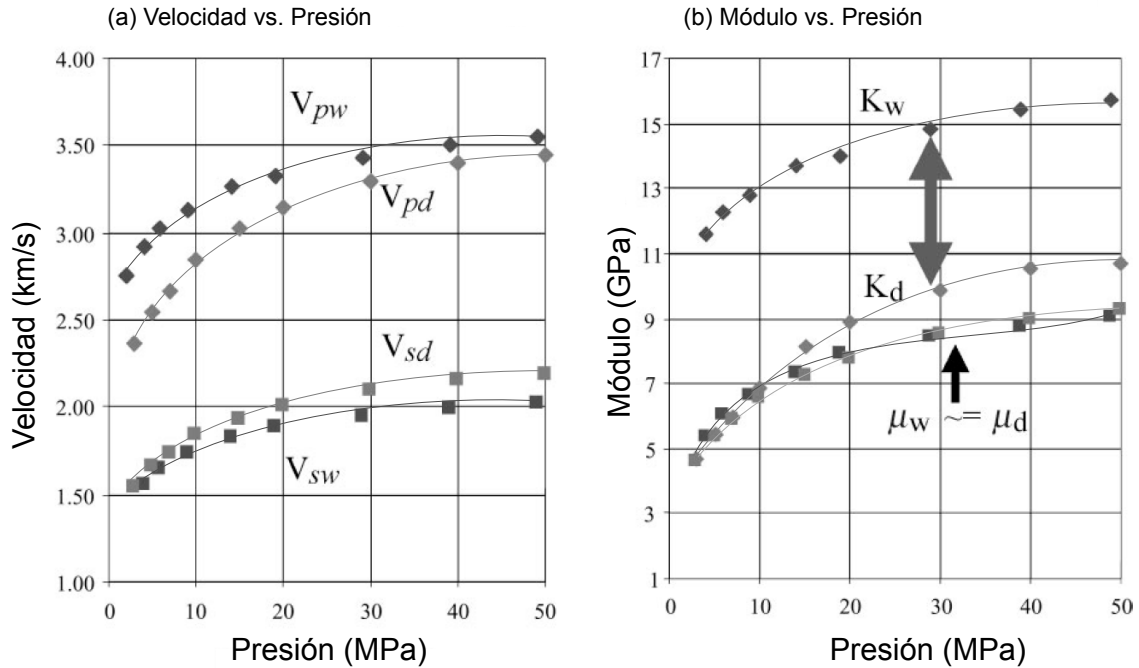


Figura 5.1: a) Velocidad de onda  $P$  y  $S$  y b) Módulo de incompresibilidad y de corte, como función de la presión efectiva para roca seca( $d$ ) y roca líquido-saturada( $w$ ). Modificado de Han & Batzle (2004).

## 5.2. Modelos de Medios Efectivos

Han sido publicados muchos modelos de medios efectivos con el propósito de describir teóricamente los módulos de elasticidad efectivos de las rocas y los sedimentos. Estos modelos pueden ser separados en dos grupos: modelos de granos y modelos de poro/fracturas.

**Modelos de Granos:** Consideran las rocas no consolidadas como paquetes porosos de dimensiones muy extensas, constituidos por pequeñas esferas elásticas y rugosas en contactos múltiples, que no deslizan unas respecto a las otras y que se encuentran bajo fuerzas de compresión y de corte, las cuales producen deformaciones normales y tangenciales. Las propiedades elásticas de la roca dependen de las propiedades elásticas de los granos, del contacto entre los granos y del área de contacto. Muchos de estos modelos [Mindlin & Deresiewicz (1953), Duffy & Mindlin (1957), Digby (1981), Schwart & Plona (1983), Winkler (1983)] están basados la solución de Hertz-Mindlin [Mindlin (1949)] al comportamiento elásticos de dos esferas en contacto. A estos modelos se les denomina *Modelos de Contacto de Granos* o *Modelos de Medios Granulares*.

**Modelos de Poro/Fracturas:** Consideran la roca como un sólido elástico de minerales perturba-

dos por cavidades (inclusiones), representadas por poros/fracturas. La mayoría de estos modelos consideran los poros como cavidades elipsoidales [Walsh (1965), Kuster & Toksöz (1974), O'Connell & Budiansky (1974), Mavko & Nur (1978), Berryman (1980), Hudson (1981)]. A estos modelos se les denomina *Modelos de Inclusión*.

Los modelos de grano representan algunas de las propiedades de areniscas y paquetes de esfera [Murphy (1982a)], pero Winkler (1983) encontró que la teoría de Hertz-Mindlin y la modificación de Digby (1981), no tienen en cuenta, completamente, la rigidez de los contactos. El otro problema con los modelos de grano es que no funcionan bien para las rocas consolidadas.

Los modelos de poros aislados en una matriz sólida no son más realistas, pero se han utilizado con mayor frecuencia debido a su flexibilidad. Mediante el uso de las distintas distribuciones de poros, estos modelos se han utilizado para invertir la velocidad de onda  $P$  y  $S$  [Cheng & Toksöz (1979)]. Una desventaja de todos los modelos de inclusión es que los poros muy delgados tienen un mayor efecto sobre la velocidad de una determinada concentración volumétrica. Los modelos, por lo tanto, funcionan bastante bien para las rocas ígneas con poros muy finos [Cheng & Toksöz (1979), Hadley (1976)], pero los resultados en rocas sedimentarias, en muchas ocasiones, requieren un número exageradamente grande de poros finos [Yale (1984)].

### 5.2.1. Modelo de Kuster & Toksöz (1974)

Las fracturas tienen un rol fundamental en la presencia de reservorios. Grietas y/o fracturas disminuyen la rigidez de la roca, y por lo tanto, provocan una disminución de las velocidades de ondas sísmicas. Además, la presencia de fluidos en las fracturas también tiene una consecuente influencia en las velocidades observadas. La presencia de fluidos, como agua, vapor,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  puede provocar importantes cambios en las velocidades de onda  $P$  y  $S$ , debido a cambios en los módulos elásticos de la roca. Las teorías de medios efectivos utilizan las propiedades mecánicas de la roca, para predecir las propiedades sísmicas, utilizando modelos de granos o modelos de poro/fracturas. En particular, la teoría de Kuster & Toksöz [Kuster & Toksöz (1974)] permite calcular los módulos efectivos para inclusiones distribuidas al azar sobre la base de la teoría de dispersión de onda larga a primer-orden. El efecto global de las inclusiones es isotrópica: no se considera anisotropía inducida por el fracturamiento. Si bien, el modelo de Kuster & Toksöz es el más simple de las teorías de medios efectivos en medios fracturados, entrega una primera aproximación a las propiedades sísmicas de rocas no sedimentarias fracturadas. La comparación del modelo teórico con observaciones

experimentales se basa en la teoría de dispersión de onda larga, es decir, es aplicables para señales sísmicas de baja frecuencia ( $< 100$  Hz) bajo el supuesto de fracturas cuyas dimensiones son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la señal.

En este modelo, la generalización de las expresiones para los módulos efectivos de incompresibilidad ( $K^*$ ), de corte ( $\mu^*$ ) y densidad efectiva ( $\rho^*$ ) pueden ser escritos como [Kuster & Toksöz (1974), Berryman (1980)]:

$$(K_m - K^*) \frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_m}{K^* + \frac{4}{3}\mu_m} = \sum_{i=2}^N c_i (K_m - K_i^*) P^{mi} \quad (5.6)$$

$$(\mu_m - \mu^*) \frac{\mu_m + \zeta_m}{\mu^* + \zeta_m} = \sum_{i=2}^N c_i (\mu_m - \mu_i^*) Q^{mi} \quad (5.7)$$

$$(5.8)$$

$$\rho_1 - \rho^* = \sum_{i=2}^N c_i (\rho_1 - \rho_i) \quad (5.9)$$

donde,

- $c_i = \Omega_i/\Omega$  es el volumen fraccional de cada tipo de inclusión y  $\sum_{i=1}^N c_i = 1$ .
- $K_i, \mu_i$ : módulos elásticos de la inclusión.
- $K_m, \mu_m$ : módulos elásticos de la matriz.
- $\zeta_m = (\mu_m/6)[(9K_m + 8\mu_m)/(K_m + 2\mu_m)]$ .
- $\rho_1, \rho_i$ : densidad de la matriz y densidad de la inclusión, respectivamente

Los coeficientes  $P^{mi}$  y  $Q^{mi}$  describen el efecto de la inclusión del material  $i$  en una matriz  $m$ . Por ejemplo, un material de dos fases ( $N = 2$ ) con sólo un tipo de inclusión incrustado dentro de la matriz tiene sólo un término en el lado derecho. Inclusiones con propiedades diferentes o formas diferentes requieren separar los términos de la suma. Cada conjunto de inclusiones deben estar distribuidos al azar y por lo tanto su efecto es isotrópico. La Tabla 5.1 contiene las expresiones para  $P$  y  $Q$  para algunas formas de inclusión simple. Cavidades secas puede ser modeladas con módulos de inclusión igual a cero. En este caso se trata de una roca seca fracturada. Cavidades fluido-saturadas

son simuladas con módulo de corte de inclusión igual a cero. La roca fluido-saturada puede tener presencia de agua, vapor, gas, etc.

Las expresiones para inclusiones en forma de esferas, agujas y discos fue derivada por Wu (1966) y Walpole (1969). La expresión para grietas/fracturas en forma de elipsoides fue derivada por Walsh (1992) y asume que  $K_i/K_m \ll 1$  y  $\mu_i/\mu_m \ll 1$ . Los coeficientes  $\beta$  y  $\gamma$  son:

$$\beta = \mu \left( \frac{3K + \mu}{3K + 4\mu} \right) \quad (5.10)$$

$$\gamma = \mu \left( \frac{3K + \mu}{3K + 7\mu} \right) \quad (5.11)$$

La Fig. 5.2 muestra la forma habitual de grietas/fracturas o poros en forma elipsoidal. La razón de aspecto entre el semi-eje mayor y el el semi-eje menor es  $\alpha$ .

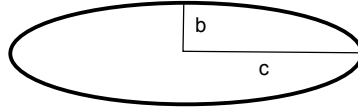


Figura 5.2: Grieta/fractura con forma elipsoidal. La razón de aspecto  $\alpha = c/b$ .

### 5.3. Promedio de Voigt-Reuss-Hill

Las constantes elásticas de la fase sólida (matriz) puede ser calculada a partir de los módulos elásticos de los minerales constituyentes utilizando la fórmula de Hills (1952):

Forma Inclusión	$P^{mi}$	$Q^{mi}$
Esferas	$\frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_m}{K_i + \frac{4}{3}\mu_m}$	$\frac{\mu_m + \zeta_m}{\mu_i + \zeta_m}$
Agujas	$\frac{K_m + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_i}{K_i + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_i}$	$\frac{1}{5} \left( \frac{4\mu_m}{\mu_m + \mu_i} + 2\frac{\mu_m + \gamma_m}{\mu_i + \gamma_m} + \frac{K_i + \frac{4}{3}\mu_m}{K_i + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_i} \right)$
Discos	$\frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_m}{K_i + \frac{4}{3}\mu_m}$	$\frac{\mu_m + \zeta_i}{\mu_i + \zeta_i}$
Elipsoidales	$\frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_i}{K_i + \frac{1}{3}\mu_i + \pi\alpha\beta_m}$	$\frac{1}{5} \left( 1 + \frac{8\mu_m}{4\mu_i + \pi\alpha(\mu_m + 2\beta_m)} + 2\frac{K_i + \frac{2}{3}\mu_i + \frac{2}{3}\mu_m}{K_i + \frac{4}{3}\mu_i + \pi\alpha\beta_m} \right)$

Tabla 5.1: Coeficientes  $P$  y  $Q$  para algunas formas de inclusión específicas. Los subíndices  $m$  e  $i$  hacen referencia a la matriz y a la inclusión, respectivamente (de Berryman (1995)).

$$K_m = \frac{1}{2} \left[ \sum_{j=1}^m f_j K_j + \left( \sum_{j=1}^m \frac{f_j}{K_j} \right)^{-1} \right] \quad (5.12)$$

$$\mu_m = \frac{1}{2} \left[ \sum_{j=1}^m f_j \mu_j + \left( \sum_{j=1}^m \frac{f_j}{\mu_j} \right)^{-1} \right] \quad (5.13)$$

donde,  $m$  es el número de constituyentes,  $f_j$  es el volumen fraccional del  $j$ -ésimo constituyente de la matriz y  $K_j$  y  $\mu_j$  son los módulos elásticos del  $j$ -ésimo constituyente.

## 5.4. Límites de Voight y Reuss

Antes de presentar la aplicación empírica de los modelos de medios efectivos, como el modelo de Kuster & Toksöz, es necesario describir el uso y el cálculo de los valores límites o valores extremos, entre los cuales se tiene la seguridad de que se encuentran los valores de los módulos de elasticidad de los medios formados por varios componentes o varias fases. Estos valores límites son, a veces los únicos datos absolutamente disponibles cuando no se conoce la topología del medio.

Los límites más simples de los valores de los módulos de elasticidad del medio multifásico, pero no los mejores, son el límite superior de Voight [Voight (1910)] y el límite inferior de Reuss [Reuss (1929)]. El límite superior de Voight para el módulo efectivo,  $M_V$ , de una mezcla de  $N$  fases de un material es:

$$M_V = \sum_{i=1}^N c_i M_i \quad (5.14)$$

donde  $c_i$  y  $M_i$  es el volumen fraccional y el módulo de elasticidad ( $K$  o  $\mu$ ) de la  $i$ -ésima fase. El límite Voight es también llamado la *iso-deformación promedio* dado que proporciona la razón entre el esfuerzo medio y la deformación media cuando se asume que todas las componentes tienen la misma deformación.

El límite inferior de Reuss para el módulo efectivo,  $M_R$ , es:

$$\frac{1}{M_R} = \sum_{i=1}^N \frac{c_i}{M_i} \quad (5.15)$$

El límite Reuss es también llamado el *iso-esfuerzo promedio* dado que proporciona la razón

entre el esfuerzo medio y la deformación media cuando se asume que todas las componentes tienen que estar sometidas al mismo esfuerzo.

Cuando una de las componentes es un líquido o un gas (con módulo de corte aproximadamente cero), los valores promedios de Reuss para el módulo de incompresibilidad y corte toman los mismos valores que el límite inferior de Hashin-Shtrikman.

## 5.5. Límites de Hashin-Shtrikman

Z. Hashin y S. Shtrikman calcularon los valores límites (superior e inferior) de los módulos de elasticidad de una mezcla de dos minerales en función de los módulos de éstos [Hashin & Shtrikman (1963)]. J.C. Berryman presentó la extensión del cálculo para la mezcla de más de dos minerales [Berryman (1995)]. Uno de ellos puede ser el fluido de los poros del medio: petróleo, gas, agua. Siguiendo la presentación de Berryman:

$$K_{HS+} = \Lambda(\mu_{\max}) \quad (5.16)$$

$$K_{HS-} = \Lambda(\mu_{\min}) \quad (5.17)$$

$$\mu_{HS+} = \Gamma(\zeta(K_{\max}, \mu_{\max})) \quad (5.18)$$

$$\mu_{HS-} = \Gamma(\zeta(K_{\min}, \mu_{\min})) \quad (5.19)$$

$$(5.20)$$

donde

$$\begin{aligned} \Lambda(z) &= \left\langle \frac{1}{K(r) + 4/3z} \right\rangle^{-1} - \frac{4}{3}z \\ \Gamma(z) &= \left\langle \frac{1}{\mu(r) + z} \right\rangle^{-1} - z \\ \zeta(K, \mu) &= \frac{\mu}{6} \left( \frac{9K + 8\mu}{K + 2\mu} \right) \end{aligned} \quad (5.21)$$

Donde los paréntesis  $\langle \cdot \rangle$  indica un promedio sobre el medio, el cual es el promedio sobre las componentes pesadas por el volumen fraccional.

La fig. 5.3, muestra el significado de los límites de Hashin-Shtrikman para la mezcla de dos

componentes.

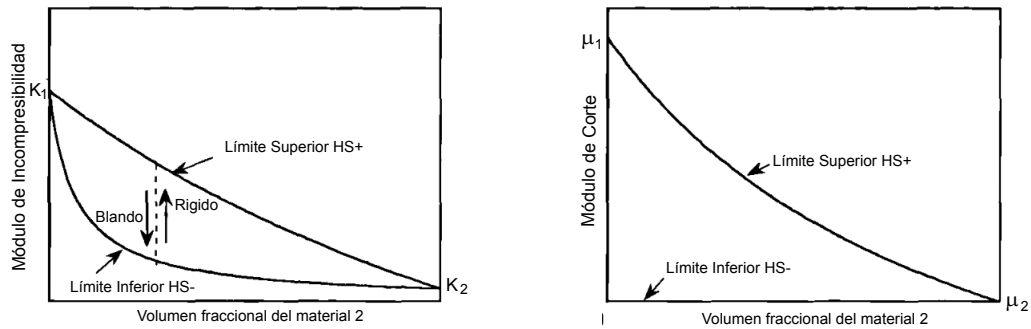


Figura 5.3: Ilustración conceptual de los límites superior e inferior de los módulos de incompresibilidad y corte para una mezcla de dos componentes (uno de ellos es un líquido). Modificado de [Mavko et al. (1998)]

## 5.6. Modelamiento de Propiedades Sísmicas del CV Tinguiririca

Dado que la interpretación de tomografías sísmicas es, a veces, ambigua debido a la gran cantidad de condiciones físicas que condicionan las variaciones observadas en las propiedades sísmicas, se realizará un modelamiento de medios efectivos de manera de limitar las posibles interpretaciones a las anomalías de velocidad observadas, en función del grado de fracturamiento y fases de los fluidos. Generalmente, cuando una roca es sometida al paso de una onda compresional, se induce en ella un aumento en la presión de poro que resiste esta compresión, y por lo tanto, la matriz de la roca se endurece. En el problema de la inclusión de fluidos en la roca, hay dos efectos que deben ser considerados: un cambio en la densidad volumétrica de la roca, y un cambio en la compresibilidad de la roca

Actualmente, no se cuenta con medidas de laboratorio para rocas de una litología similar a la del complejo volcánico de Tinguiririca, como tampoco para la Fm. Abanico. Por esto, se considerará una litología “promedio” entre las rocas volcánicas recientes del CV Tinguiririca y rocas volcánicas y volcano-clásticas de la Formación Abanico. La matriz de la roca está compuesta por [Clavero & Polanco (2010)]:

- Andesina (60 %)
- Augita (20 %)
- Feldespato K (10 %)

Mineral	$K$ (GPa)	$\mu$ (GPa)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Referencia
Andesina	50	20	2.67	[Christensen (1996)]
Augita	94.1	57	3.26	[Alexandrov et al.(1964)]
Feldespató K	55.4	28.1	2.56	[Yale (1985)]
Cuarzo	36.6	45	2.65	[Simmons (1965)]
Agua (T=200°C, P <sub>e</sub> =30 MPa)	2.2	-	0.93	[De Matteis et al.(2008)]
Vapor (T=400°C, P <sub>e</sub> =30 MPa)	0.5	-	0.73	[De Matteis et al.(2008)]

Tabla 5.2: Propiedades elásticas de los minerales formadores de la litología “promedio” de la zona de estudio. Las inclusiones: agua y vapor, se encuentran a presiones de confinamiento de 30 MPa, equivalente a una columna de agua de 3 km o a una columna de roca de corteza continental de 1 km de espesor.

- Cuarzo (10 %), para caracterizar la fase explosiva.

Para modelar las inclusiones se considerarán fracturas rellenas con fluidos en dos fases: una fase líquida a 200°C, y una fase de vapor a 400 °C. La Tab. 5.2 muestra las propiedades elásticas de los minerales formadores que se emplearán para generar los modelos [Mavko et al. (1998)].

Primero, se calculó los módulos elásticos de la matriz de la roca a partir de los módulos elásticos de los minerales formadores mediante la fórmula del promedio de Voight-Reuss-Hill (ec. 5.12 y 5.13). Los valores obtenidos para los módulos de incompresibilidad y corte son: 55.8 (GPa) y 28.08 (GPa), respectivamente. La densidad de la matriz de la roca es  $\rho_m = 2.775$  (gr/cm<sup>3</sup>). Estos valores corresponden a una matriz de roca no fracturada ( $\phi = 0$ ). A partir de los módulos elásticos de la matriz de la roca y la densidad se obtuvieron las siguientes velocidades de ondas sísmicas utilizando las ecuaciones 5.1 y 5.2:

- $V_p = 5.796$  km/s
- $V_s = 3.181$  km/s.
- $V_p/V_s = 1.822$
- $V_p * V_s = 18.439$  km<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>

Las propiedades sísmicas  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$ , fueron modeladas para volúmenes fraccionales de inclusión (líquido o vapor), entre 0 ( $\phi = 0$ , roca no fracturada) y 1 (100 % de fracturamiento). Se utilizaron fracturas elipsoidales variando su razón de aspecto ( $\alpha$ ) entre 0.005 (grietas muy delgadas) a 1 (grietas en forma de esfera). Algunos valores intermedios considerados son: 0.02 y 0.05 (grietas delgadas), 0.1 y 0.2 (grietas gruesas) y 0.5 (grietas muy gruesas)(Fig. 5.4).



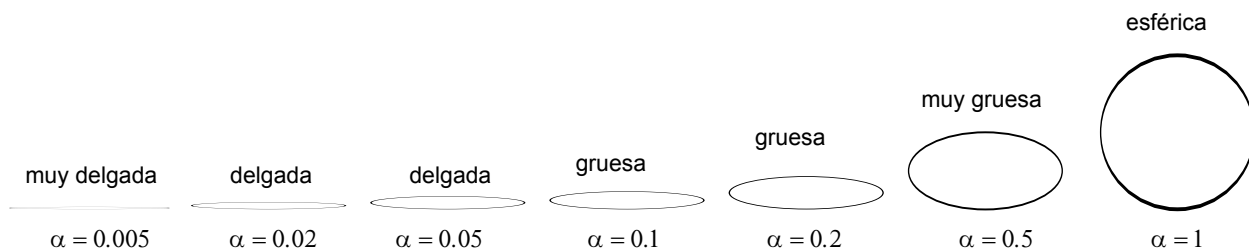


Figura 5.4: Razón de aspecto  $\alpha$  para fracturas elipsoidales. Desde grietas muy delgadas ( $\alpha = 0.005$ ) a grietas en forma de esfera ( $\alpha = 1$ ).

Posteriormente, se calculó los valores límites entre los cuales se tiene la seguridad de que se encuentran los valores de los módulos de elasticidad de la roca cuando uno de los componentes es un fluido (líquido o vapor). En este caso, los valores promedios de Reuss para el módulo de incompresibilidad y corte toman los mismos valores que el límite inferior de Hashin-Shtrikman. Así, se calculó el módulo de incompresibilidad y corte utilizando las ecuaciones 5.17 y 5.19, respectivamente. Para ello se consideró el mismo dominio de volúmenes fraccionales de inclusión (0-1). El modelo de Kuster & Toksöz es válido para módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman.

Los módulos efectivos del modelo de Kuster & Toksöz fueron calculados utilizando las ecuaciones 5.6 y 5.7. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 5.5-5.10. En general, se evidencia un aumento del módulo de incompresibilidad efectivo cuando se introduce un fluido en la roca. Esta tendencia se acentua para bajos valores de la razón de aspecto, mientras que a medida que las grietas son más gruesa, éstas se vuelven prácticamente incompresibles. La variación del módulo de corte efectivo según la razón de aspecto y la incorporación de fluidos en la roca es muy leve e imperceptible a partir de  $\alpha = 0.1$ . El módulo de incompresibilidad efectivo tiende al límite inferior de Hashin-Shtrikman a medida que la razón de aspecto es más pequeña. El valor límite del volumen fraccional de inclusión, donde se intersectan las curvas de los módulos efectivos con las curvas del límite inferior de Hashin-Shtrikman, disminuye con la razón de aspecto. Por ejemplo, para condiciones líquido-saturadas, el límite del módulo de incompresibilidad efectivo con  $\alpha = 0.005$  se encuentra a  $\phi = 0.021$ , mientras que para el modelo con  $\alpha = 0.05$  el límite del módulo de incompresibilidad se encuentra a  $\phi = 0.144$ . Para condiciones vapor-saturadas, el modelo con  $\alpha = 0.005$  tiene su límite a  $\phi = 0.0140$  y el modelo con  $\alpha = 0.05$  tiene su límite a  $\phi = 0.138$ . A pesar que los módulos de corte efectivos tengan su límite a valores del volumen fraccional de inclusión levemente mayores (para el modelo con  $\alpha = 0.005$ ,  $\phi = 0.040$  y  $\phi = 0.0350$  para condiciones líquido- y vapor-saturadas,

respectivamente y para el modelo con  $\alpha = 0.05$ ,  $\phi > 0.1$  para ambas condiciones de saturación) se debe escoger el mínimo de los módulos efectivos para validar el rango de aplicabilidad del modelo de Kuster & Toksöz.

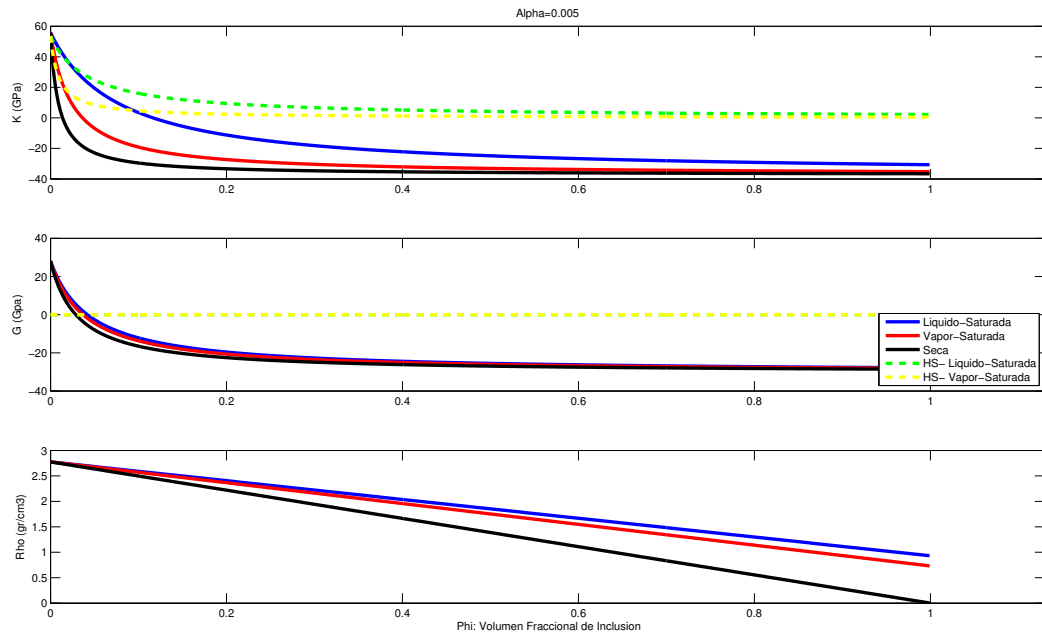


Figura 5.5: Módulos efectivos de Kuster & Toksöz para según la litología del área de estudio suponiendo la presencia de fracturas elipsoidales. Las propiedades elásticas varían desde roca no fracturada ( $\phi = 0$ ) a roca con un 100% de fracturamiento ( $\phi = 1$  de volumen fraccional de inclusión). Las condiciones de saturación modeladas son: roca seca (negro), rocas líquido-saturada a  $T=200^{\circ}\text{C}$  (azul) y roca vapor-saturada a  $T= 400^{\circ}\text{C}$  (rojo). Los valores del límite inferior de Hashin-Shtrikman se grafican con líneas punteadas. El modelo de Kuster & Toksöz es válido para módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman. La razón de aspecto es  $\alpha = 0.005$  correspondiente a grietas muy delgadas (ver Fig. 5.4).

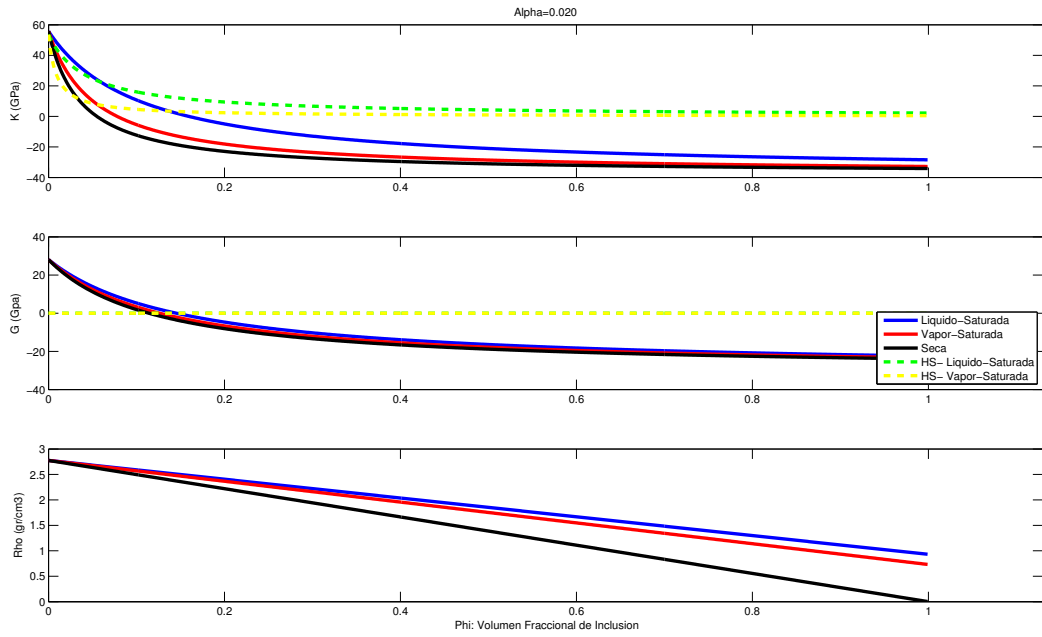


Figura 5.6: Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.02$  correspondiente a grietas delgadas (ver Fig. 5.4).

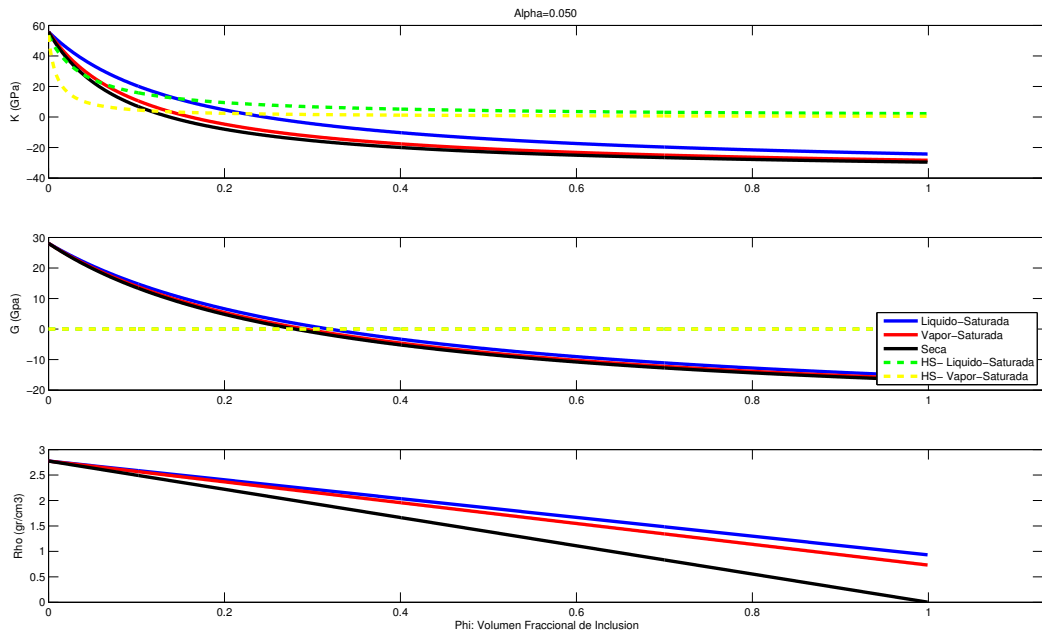


Figura 5.7: Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.05$  correspondiente a grietas delgadas (ver Fig. 5.4).

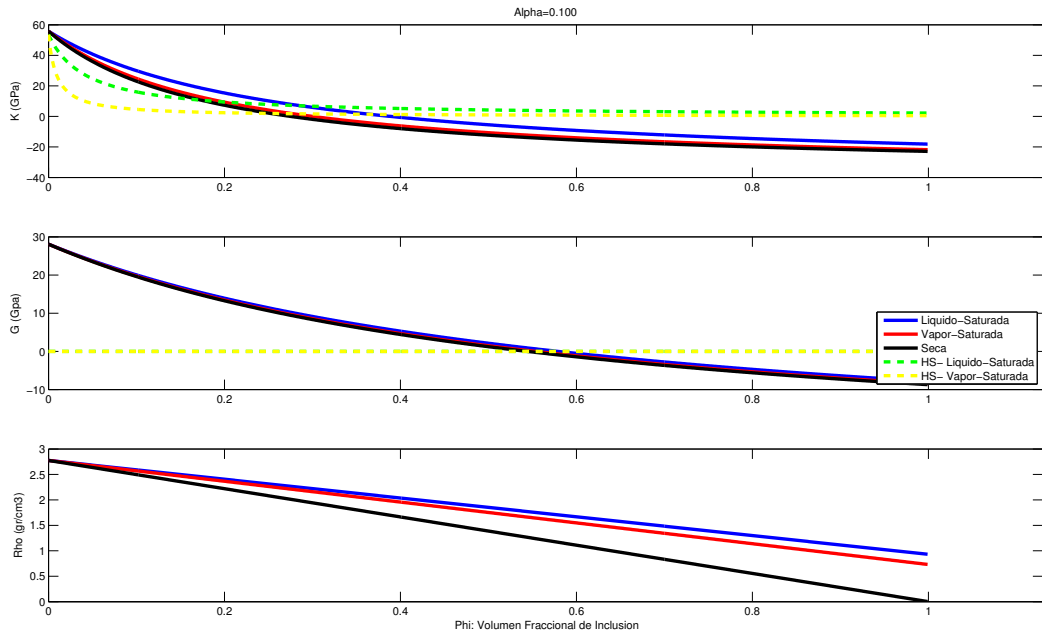


Figura 5.8: Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.1$  correspondiente a grietas gruesas (ver Fig. 5.4).

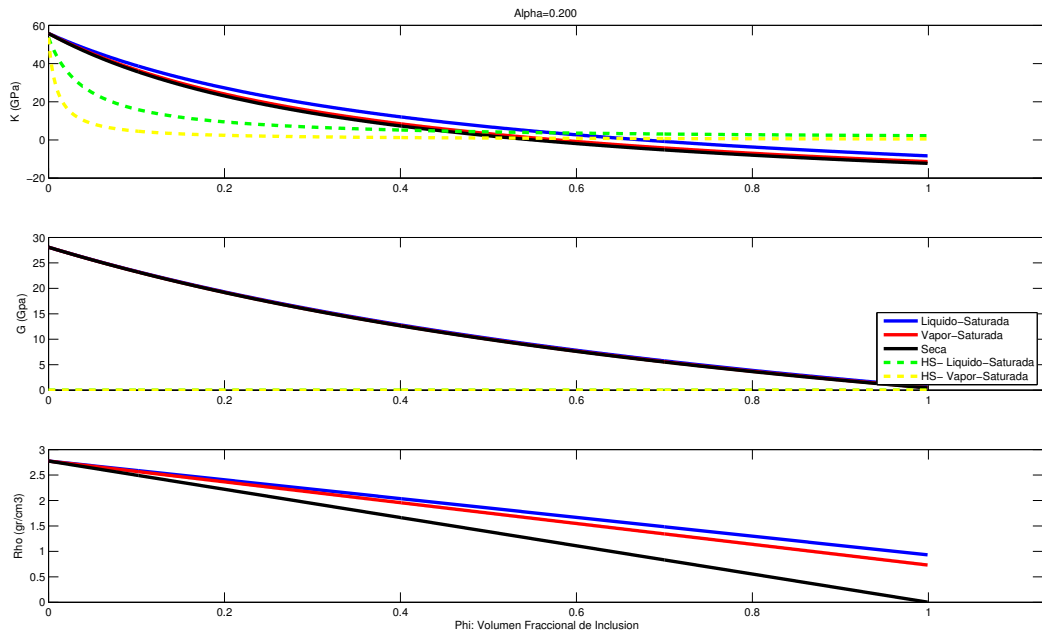


Figura 5.9: Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.2$  correspondiente a grietas gruesas (ver Fig. 5.4).

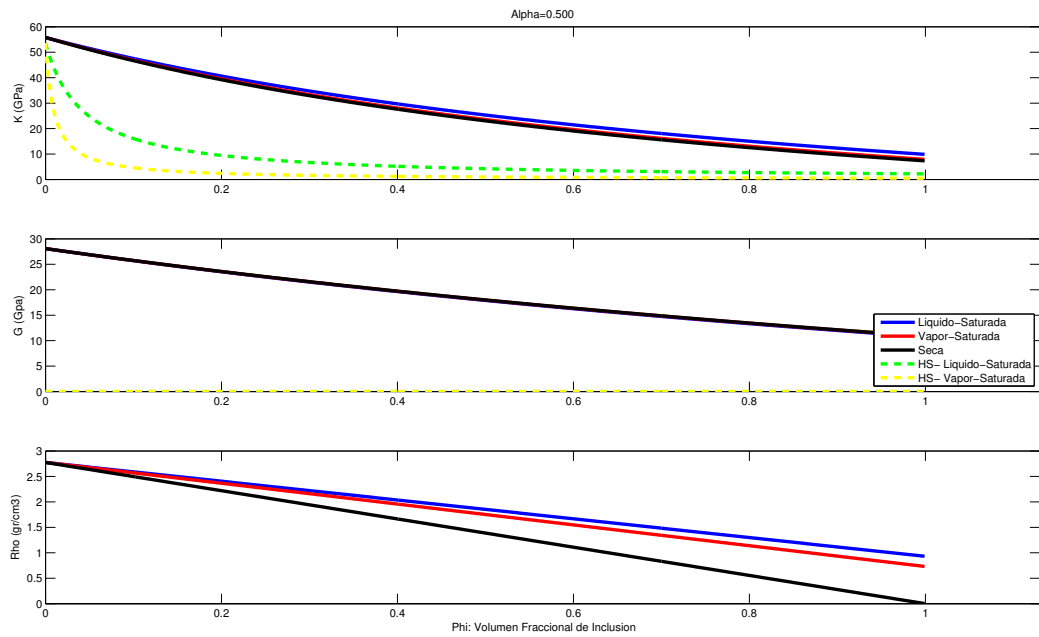


Figura 5.10: Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.5$  correspondiente a grietas muy gruesas (ver Fig. 5.4).

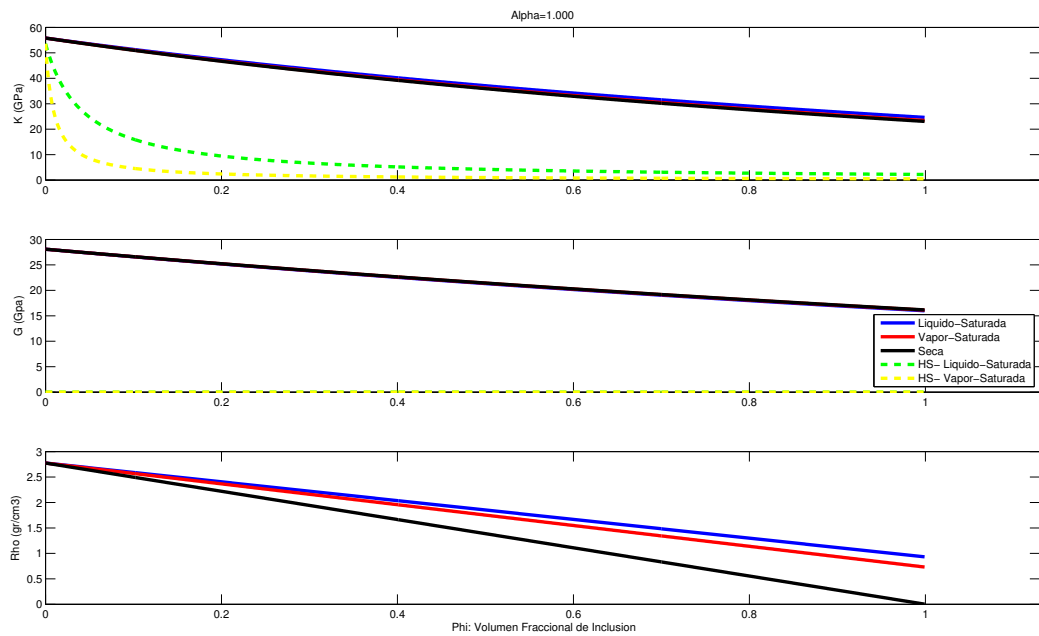


Figura 5.11: Idem Fig.5.5 con razón de aspecto es  $\alpha = 1$  correspondiente a grietas esféricas (ver Fig. 5.4).

A partir de los módulos efectivos del modelo de Kuster & Toksöz (ec. 5.6 y 5.7) se puede obtener las velocidades  $V_p$  y  $V_s$  como también sus relaciones  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$ , utilizando las ecuaciones (5.1) y (5.2). Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 5.5-5.11.

En todos los modelos sintéticos creados, las velocidades de onda  $P$  y  $S$  decaen a medida que aumenta el fracturamiento de la roca. El parámetro de porosidad ( $V_p * V_s$ ), estudiado fuertemente en rocas sedimentarias, también tiene el mismo comportamiento en rocas volcánicas fracturadas: disminuye a medida que aumenta la porosidad/fracturamiento.  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p * V_s$ , muestran una tendencia a disminuir más lento a medida que  $\alpha$  aumenta. Rocas con grietas delgadas tienen valores muchos más bajos de los módulos efectivos, que rocas con vacíos esféricos ( $\alpha = 1$ ) [Toksöz et al. (1976), Mavko et al. (1998)]. Considerando los estados de saturación, las velocidades sísmicas tienden a aumentar cuando se incorporan fluidos en las grietas [O'Connell & Budiansky (1974), Ito et al. (1979)]. Esta tendencia es más pronunciada en rocas líquido-saturadas que en rocas vapor-saturadas, y afectando principalmente a  $V_p$  [O'Connell & Budiansky (1974)]. El efecto de la temperatura del fluido se refleja en la disminución de las velocidades, principalmente  $V_p$ , al pasar de un estado líquido a un estado de vapor.

Para  $\alpha \leq 0.02$  la relación  $V_p/V_s$  cambia entre los distintos estados de saturación de la inclusión. En este rango, en condiciones líquido-saturadas  $V_p/V_s$  aumenta al aumentar el fracturamiento, mientras que para condiciones vapor-saturadas, la razón entre las velocidades de ondas sísmicas disminuye al aumentar el fracturamiento [O'Connell & Budiansky (1974), Toksöz et al. (1976), Moss & Zoback (1983)]. Esto se debe a la mayor disminución de  $V_s$  con respecto a  $V_p$  para  $\alpha \leq 0.02$ . Para  $\alpha \geq 0.05$ , la razón  $V_p/V_s$  aumenta con el fracturamiento y, en forma general, aumenta desde fases gaseosas a fases líquidas.

Para grietas gruesas ( $\alpha \geq 0.1$ ), los cambios en las velocidades (y sus relaciones) son muy leves entre los distintos estados de saturación, y casi imperceptibles a la inclusión de fluidos. Además, para  $\alpha > 0.1$  el efecto del fracturamiento también es secundario.

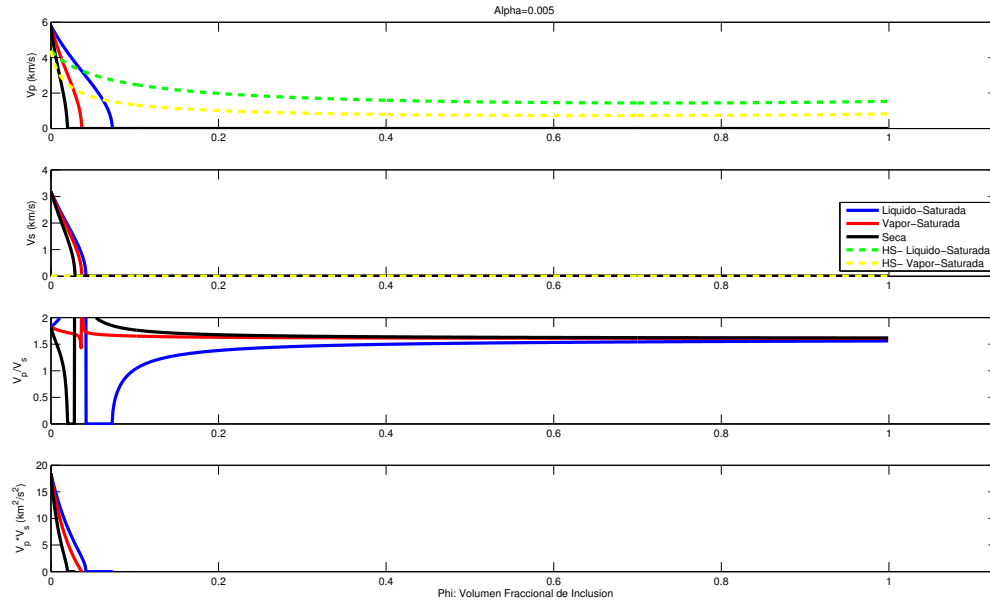


Figura 5.12: Velocidades de ondas sísmicas a partir del modelo de Kuster & Toksöz para según la litología del área de estudio suponiendo la presencia de fracturas elipsoidales. Las propiedades sísmicas varían desde roca no fracturada ( $\phi = 0$ ) a roca con un 100 % de fracturamiento ( $\phi = 1$  de volumen fraccional de inclusión). Las condiciones de saturación modeladas son: roca seca (negro), rocas líquido-saturada a  $T=200^\circ\text{C}$  (azul) y roca vapor-saturada a  $T= 400^\circ\text{C}$  (rojo). Los valores del límite inferior de Hashin-Shtrikman se grafican con líneas punteadas. El modelo de Kuster & Toksöz es válido para velocidades de ondas sísmicas con módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman. La razón de aspecto es  $\alpha = 0.005$  correspondiente a grietas muy delgadas.

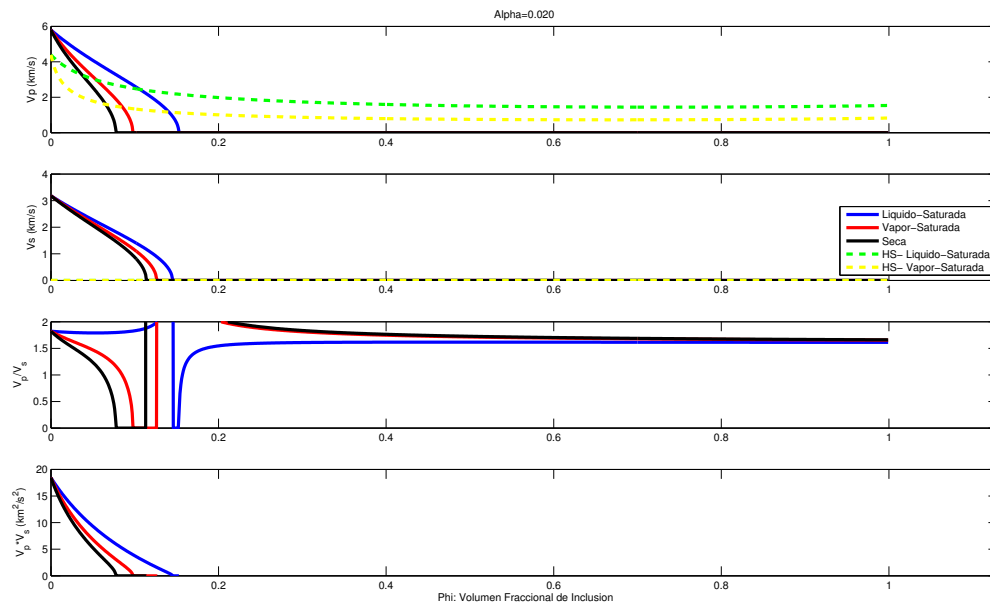


Figura 5.13: Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.02$  correspondiente a grietas delgadas.

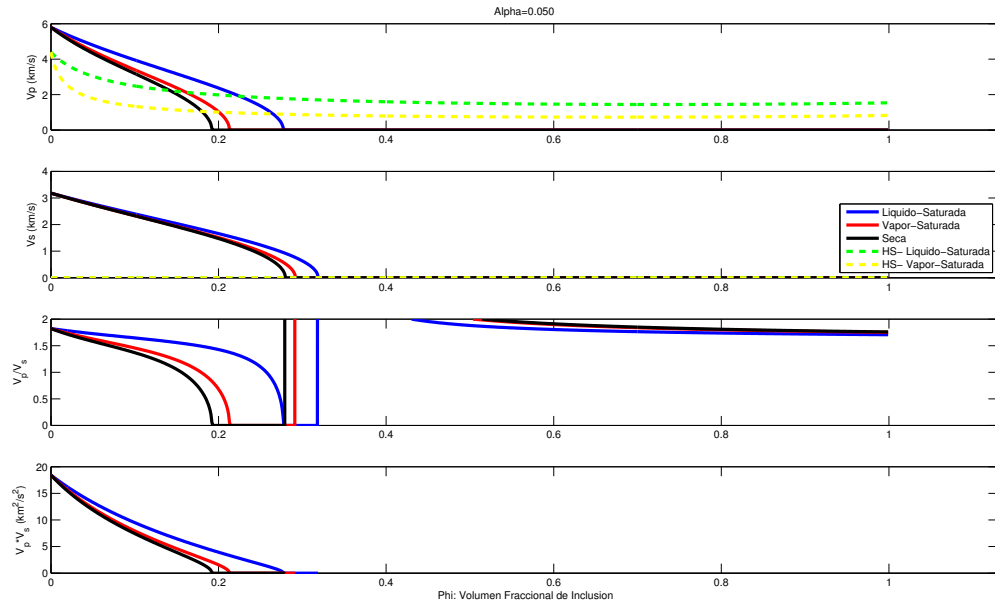


Figura 5.14: Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.05$  correspondiente a grietas delgadas.

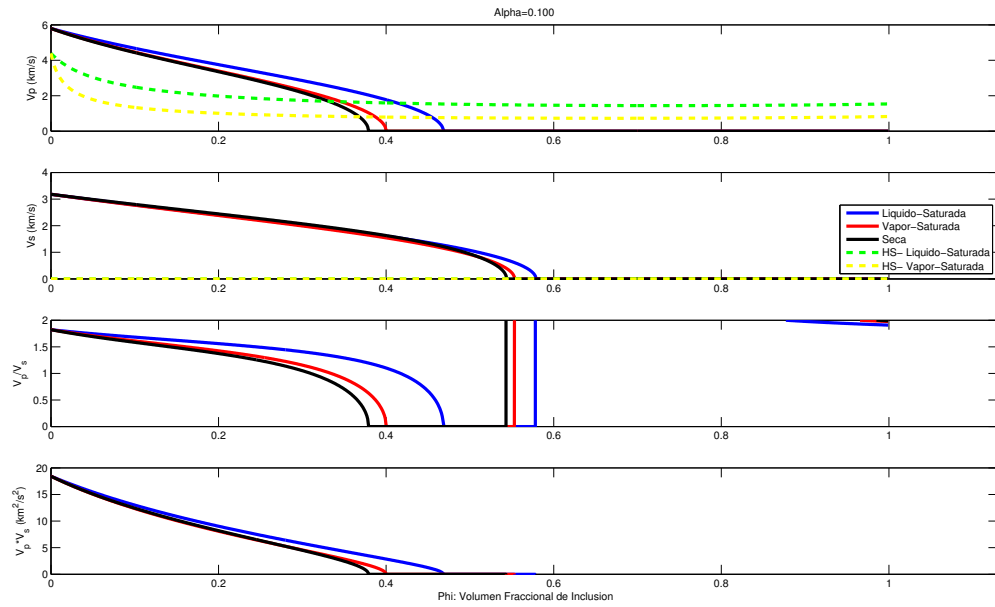


Figura 5.15: Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.1$  correspondiente a grietas gruesas.



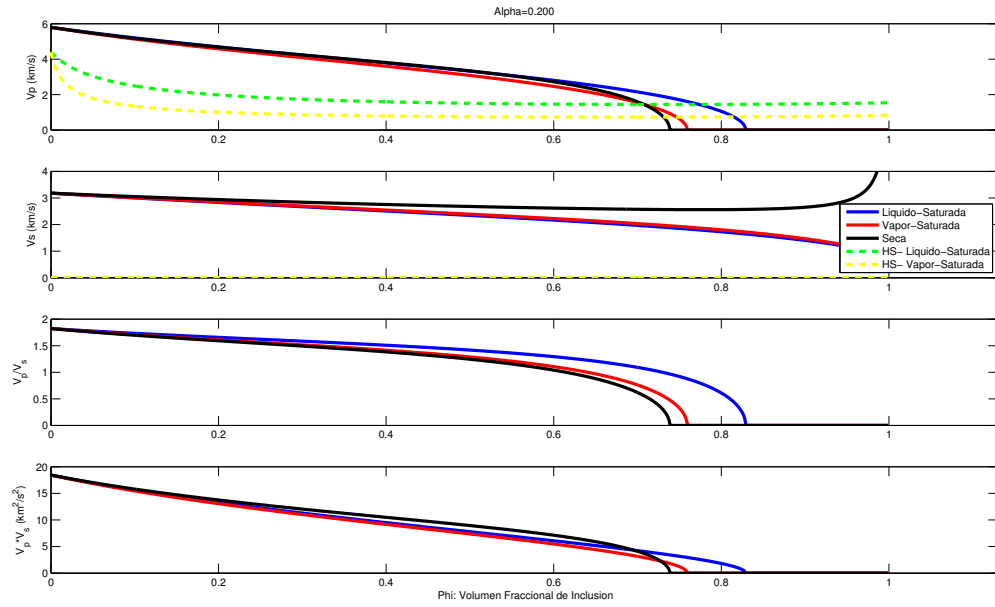


Figura 5.16: Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.2$  correspondiente a grietas gruesas.

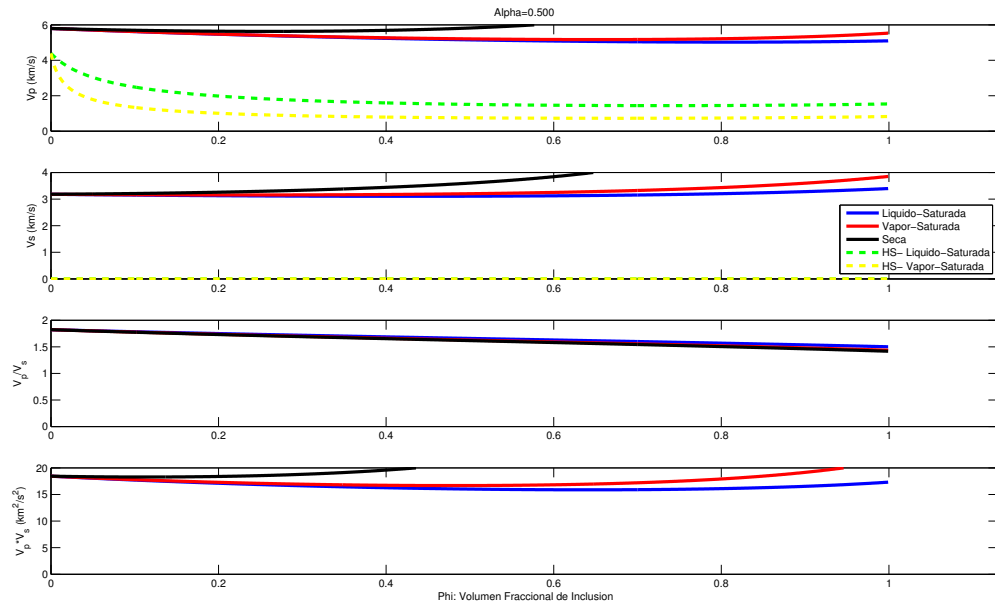


Figura 5.17: Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.5$  correspondiente a grietas muy gruesas.

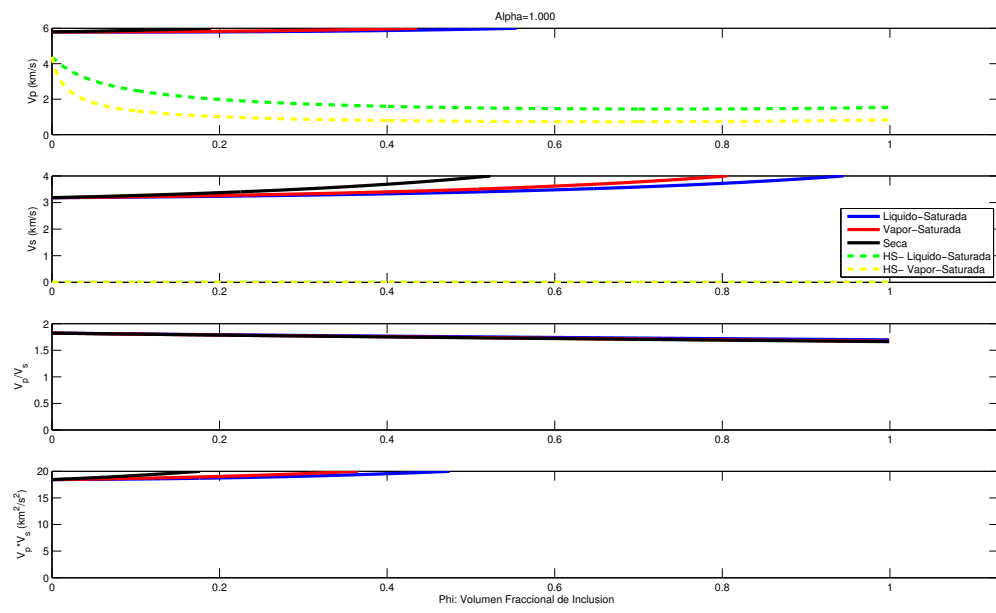


Figura 5.18: Idem Fig.5.12 con razón de aspecto es  $\alpha = 1$  correspondiente a grietas esféricas.

Las anomalías de bajas velocidades de ondas sísmicas observadas al oeste del CV Tinguiririca y volcán Fray Carlos (zona anómala 1) mediante la tomografía 3D, han sido explicadas en función del fracturamiento y las condiciones de saturación. Las figuras 5.19-5.21, muestran la relación entre  $V_p$  y  $V_s$  con los modelos de Kuster & Toksöz y se comparan con los datos de velocidad de la zona anómala 1, para distintas razones de aspecto. El rango graficado es para volúmenes fraccionales de inclusión entre 0 y 1. Además, se muestran los límites inferiores de Hashin-Shtrikman para validar el rango de aplicabilidad del modelo.

Se observa un muy ajuste entre los datos y la curva de Kuster & Toksöz con  $\alpha = 0.05$  para condiciones líquido-saturadas. Para el resto de los casos, el estimador de máxima verosimilitud ( $\chi^2$ ) no muestra buenos resultados. Los valores de  $V_p$  y  $V_s$  observados en las zona anómala 1,  $< 4.0$  (km/s) y  $< 2.5$  (km/s) (Fig. 5.22), respectivamente, son concordantes para rocas saturadas de fluidos en una fase líquida sobrecalentada. Para estas condiciones, las observaciones de  $V_p$  y  $V_s$  se ajustan conjuntamente, para un dominio de un 9-15 % de fracturamiento ( $\phi = 0.09 - 0.15$ ) (Fig. 5.22). En términos de un potencial sistema geotermal, un fracturamiento del orden de un 10 % sería suficiente para permitir la circulación de fluidos hidrotermales y la recarga de un potencial reservorio.

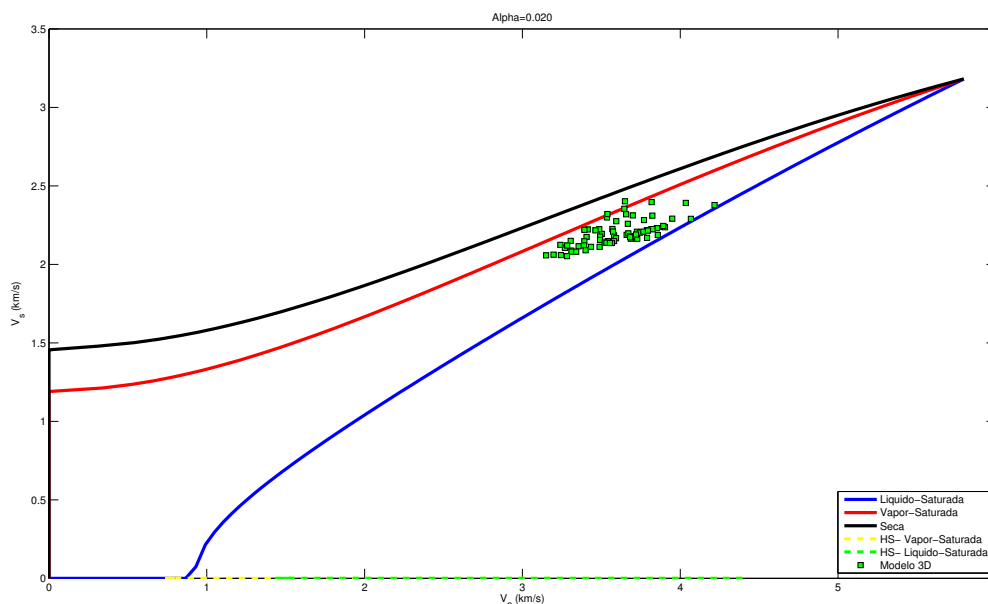


Figura 5.19: Relación entre  $V_p$  y  $V_s$  con los modelos de Kuster & Toksöz, para rocas secas (negro), líquido-saturadas (azul) y vapor-saturadas (rojo). Se incluyen los valores observados de velocidades para zona anómala 1. El modelo de Kuster & Toksöz es válido para velocidades de ondas sísmicas con módulos efectivos mayores o iguales a los valores del límites inferior de Hashin-Shtrikman. La razón de aspecto es  $\alpha = 0.02$  correspondiente a grietas muy delgadas.

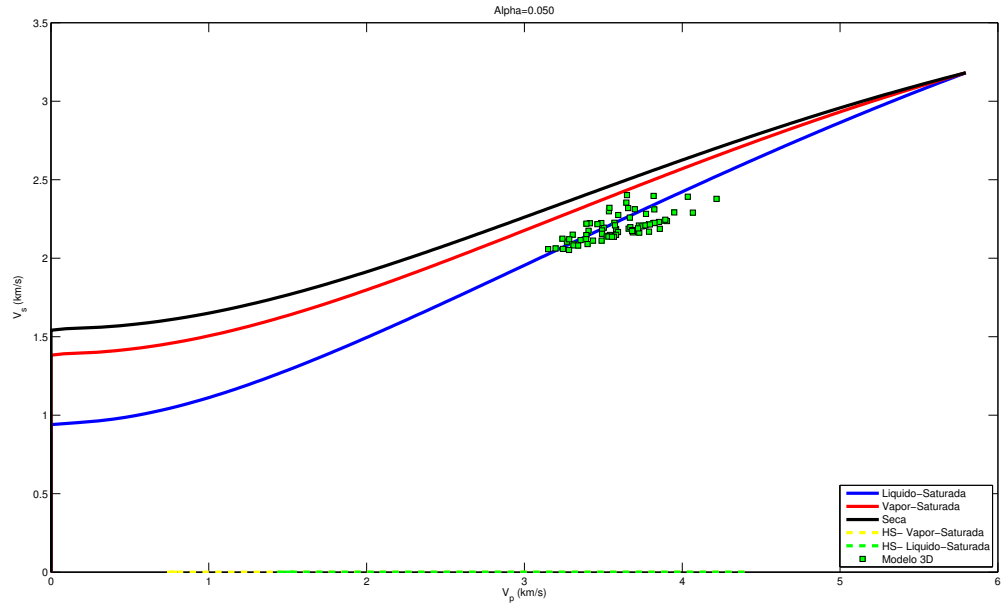


Figura 5.20: Idem Fig.5.19 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.05$  correspondiente a grietas delgadas.

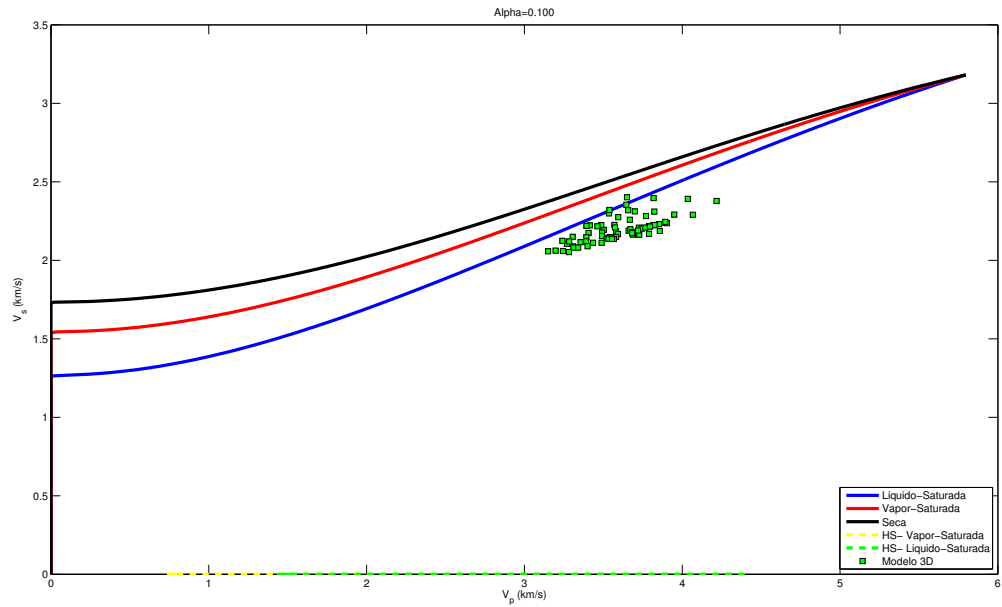


Figura 5.21: Idem Fig.5.19 con razón de aspecto es  $\alpha = 0.1$  correspondiente a grietas gruesas.

La anomalía de bajas velocidades al este de Termas del Flaco se relacionaría a rocas sedimentarias compactadas de la Formación Río Damas, y por lo tanto, mediante el modelo de Kuster & Toksöz es el posible explicarla. Esta anomalía no fue analizada, pues se debería considerar modelos de poro-elasticidad en rocas sedimentarias bien compactadas, por ejemplo, el modelo de Dvorkin & Nur (1996).

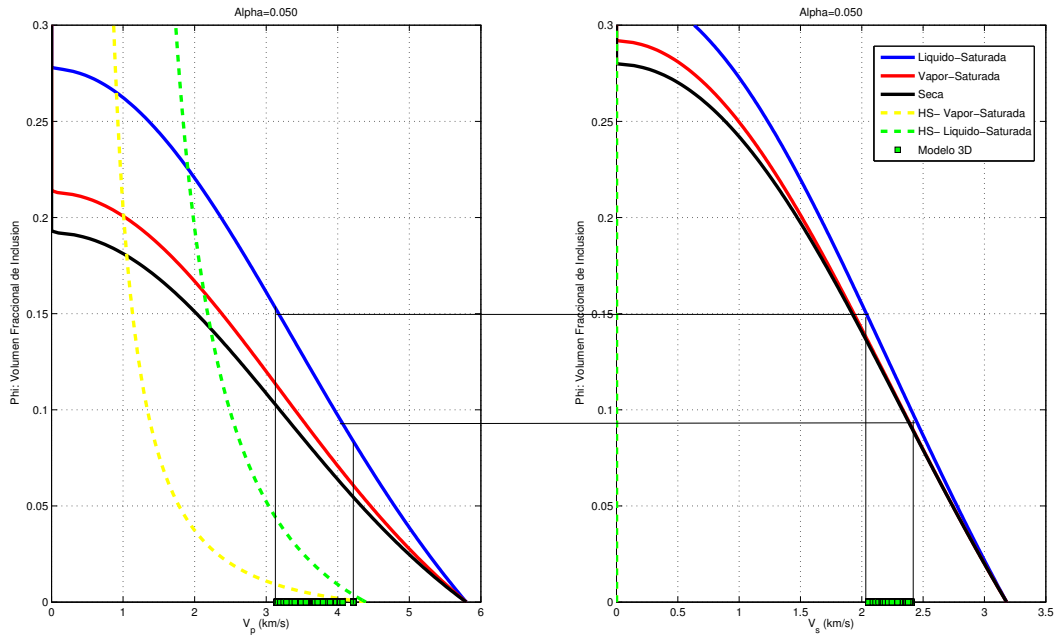


Figura 5.22: Modelos de Kuster & Toksöz como función del volumen fraccional de inclusión. Se muestran las observaciones de velocidades:  $V_p$ , a la derecha y  $V_s$ , a la izquierda. Las líneas negras continuas delimitan el dominio que mejor se ajusta a las observaciones de velocidades de ondas sísmicas observadas en la zona anómala 1.

Potenciales zonas de condensación o zonas de recarga del reservorio, no fueron observadas con ninguno de los modelos propuestos, pues las curvas de  $V_p$  vs.  $V_s$  se alejarían del dominio gráfico y  $V_p$  aumentaría considerablemente.

Los modelos determinados utilizando la teoría de medios fracturados de Kuster & Toksöz parecen ser consecuentes con las observaciones de velocidades observadas, sin embargo, la principal desventaja de esta teoría es que no considera las interacciones fracturas-fracturas para modelar los módulos elásticos. La incorporación de esta propiedad en modelos más sofisticados, toman en cuenta las anisotropías inducidas por el fracturamiento del material, propiedad que ha sido ampliamente estudiada en sistemas geotermales alrededor del mundo. Sin embargo, debido a la extensión temporal del presente trabajo de tesis, no fue posible incluir dichos modelos.

## Conclusiones y Trabajos Futuros

---

A partir del estudio de la sismicidad cortical, tomografía 3D de velocidades y modelamiento de medios fracturados con la teoría de Kuster & Toksöz [Kuster & Toksöz (1974)], podemos presentar las siguientes conclusiones:

- Dentro de la zona de estudio, el frente de deformación extensional de edad Oligoceno-Mioceno, se tiene muy baja sismicidad cortical que pueda ser asociada a la presencia evidente de fluidos geotermales y de estructuras activas que permitan su circulación. Esta baja sismicidad puede ser producto de una falta de capacidad de la zona a acumular esfuerzo o de una atenuación de las ondas sísmicas producto de la existencia depósitos volcánicos recientes y/o por carencia de sensibilidad suficiente de las estaciones sismológicas para registrar la microsismicidad asociada a movimientos de fluidos geotermales.
- Al sureste de la zona de estudio se evidencia una zona de alta actividad sísmica asociada al borde oriental de la cuenca extensional de Abanico.
- Antes de la ocurrencia del terremoto, la sismicidad fue registrada principalmente en las cercanías del área de estudio y asociada en un 90 % al borde oriental de la cuenca extensional de Abanico. Posterior a la ocurrencia del 27 de Febrero de 2010, se evidencia una ausencia de sismicidad local que puede deberse al período de rebote elástico posterior al terremoto en el cual la sismicidad mayoritariamente ocurre en el plano de Benioff. Después de aproximadamente 25 días, los esfuerzos regionales se transfieren a la zona de acomodación de la deformación permanente (las estructuras cordilleranas). Posteriormente, se evidencia un leve aumento de la sismicidad local producto de una variación en el esfuerzo regional que tuvo como consecuencia la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud. No se evidencia la activación de fallas producto del terremoto.
- Una anomalía de bajos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p/V_s$  cercana a los volcanes Tinguiririca

y Fray Carlos, podría estar asociada a rocas altamente fracturadas, a la presencia de zonas de alteración hidrotermal y a fases combinadas de fluidos a alta temperatura. Esta anomalía, que se relaciona espacialmente con zonas de baja resistividad interpretadas como la componente argílica de la alteración hidrotermal, es característica en algunos sistemas geotermales y podría asociarse a la presencia de un potencial reservorio geotérmico. El piso de la anomalía se encontraría en torno a los 1000 msnm (2.5 km de profundidad).

El potencial reservorio podría estar controlado por dos estructuras en dirección NE-SO, concordantes con las inferidas y observadas en terreno, en particular toda la familia de estructuras asociadas al frente de deformación de la cuenca extensional de Abanico. Ambas estructuras podrían estar contribuyendo al control y dinámica hidrológica (recarga y descarga) del potencial reservorio geotérmico inferido. Las estructuras podrían servir de conducto de fluidos a subsuperficie los cuales estarían interactuando con el ascenso vertical de gases de origen volcánico y a la vez podrían estar atrapando los fluidos constituyendo así el potencial reservorio geotérmico.

- Mediante un modelamiento de medios efectivos de Kuster & Töksoz (1974) se infirió una temperatura del potencial reservorio cercana a 200°C, considerando condiciones de presión efectiva de 30 MPa, y un porcentaje de porosidad en forma de fracturas cercano al 9-15 %, con grietas cuyo razón de aspecto es  $\alpha = 0.05$ . En términos de un potencial sistema geotermal, un fracturamiento del orden de un 10 % sería suficiente para permitir la circulación de fluidos hidrotermales y la recarga del reservorio.
- Una anomalía de bajos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p/V_s$  hacia el este de Termas del Flaco, se encuentra asociada a rocas sedimentarias clásticas de edad Mesozoica (Fm. Río Damas). Se relaciona con una zona de alta actividad sísmica (borde oriental de la cuenca extensional de Abanico) que estaría provocando gran fracturamiento en la Formación Río Damas y, por lo tanto, una disminución en los valores esperados en velocidades. Esta anomalía podría estar controlada por una aparente estructura que constituye el margen este de la cuenca extensional de Abanico, la zona de contacto entre el Cenozoico y el Mesozoico.
- Una pequeña anomalía de altos valores relativos de  $V_p$ ,  $V_s$  y  $V_p/V_s$ , al sur del Estero Los Humos podría asociarse a la presencia de una estructura en dirección NO-SE inferida también mediante estudios aeromagnéticos, y la cual podría estar contribuyendo a dinámica del poten-

cial reservorio geotérmico. Las altas velocidades observadas en conjunto a los altos valores de  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$  permiten inferir la presencia de un cuerpo magnético enfriado que intruyó en el pasado a través de esta estructura.

- Se infieren dos estructuras en dirección NE-SO, concordantes con las inferidas y observadas en terreno, en particular toda la familia de estructuras asociadas al frente de deformación extensional Oligoceno-Mioceno. Además se infiere la presencia de una estructura perpendicular a las anteriores (en dirección NO-SE), y paralela a la inferida sobre el río Tinguiririca, la cual mediante estudios aeromagnéticos también habría sido evidenciada.
- Con la resolución espacial de este estudio, no se evidencia la presencia de una potencial fuente de calor dentro del área de estudio y asociada al CV Tinguiririca, a profundidades menores de 9 km.

En el futuro se debe seguir haciendo estudios geofísicos en la zona, con la finalidad de acotar mayormente el área de interés para la explotación del recurso geotermal. Entre ellos, se puede considerar:

- Implementación de una red sismológica con mayor número de estaciones y, eficientemente distribuidas, de manera de mejorar la resolución espacial para definir las áreas de interés (potencial reservorio geotérmico).
- Implementación de una red de estaciones sismológicas que permitan detectar microsismicidad asociada a movimiento de fluidos geotermales, por ejemplo, las estaciones tipo *bore-hole*. Este tipo de redes, aísla las interacciones de las ondas sísmicas con la superficie (ondas superficiales) y evita la contaminación con ruido ambiente.
- Análisis de desfase en los tiempos de llegada de las diferentes componentes de la onda *S* o *Shear-wave Splitting* [Crampin (1981)], el cual se basa en las anisotropías inducidas por el fracturamiento en el material, y se utiliza como un método potencial en la determinación de la geometría, distribución y densidad de fracturas que controlan un sistema geotérmico. Este tipo de análisis se utiliza como *target* determinar la ubicación de pozos exploratorios y de producción.
- Implementación de modelos de medios efectivos que consideren anisotropías inducidas por el fracturamiento, por ejemplo, el modelo de Hudson (1981).



- Implementación del modelo de Dvorkin & Nur (1996) para estudiar la anomalía de baja velocidad asociada a sedimentos altamente compactados de la Formación Río Damas.

## Bibliografía

---

- [Aki & Lee (1976)] Aki, K. & Lee, H. K., 1976. Determination of three-dimensional velocity anomalies under a seismic array using first P arrival times from local earthquakes, Part. 1. A homogeneous initial model. *J. Geophys. Res.* 81, 4381-4399.
- [Alexandrov et al.(1964)] Alexandrov, K.S., Ryzhova, T.V. & Belikov, B.P., 1964. The elastic properties of pyroxenes. *Sov. Phys. Crystallog.* 8, 589-591.
- [Anderson et al. (2000)] Anderson, E., Crosby, D. & Ussher, G. 2000. Bulls-Eye - Simple Resistivity imaging to reliably locate the geothermal reservoir. *Proceeding World Geothermal Congress, Japan, 2000.*
- [Ando et al. (1980)] Ando, M., Ishikawa, Y., & Wada, H., 1980. S-wave anisotropy in the upper mantle under a volcanic area in Japan, *Nature* 286, 43-46.
- [Arnósson et al. (2007)] Arnósson, S., Stefánsson, A. & Bjarnason J., 2007. Fluid-Fluid Interactions in Geothermal Systems. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 65, 259-312.
- [Arcos(1987)] Arcos, R., 1987. *Geología del cuadrángulo Termas del Flaco, provincia de Colchagua. VI Región. Chile. Tesis, Depto. de Geología, Univ.de Chile, 279 p., Santiago.*
- [Arcos et al. (1988)] Arcos, R., Charrier. R. & Munizaga, F., 1988. Volcanitas cuaternarias en la hoya superior del río Tinguiririca (34°40' L.S.- 70°21' L.W.): Características geológicas, antecedentes geoquímicos y geocronológicos. *5th. Congreso Geológico, Santiago, v. 3, p. 1245-1260.*
- [Backus & Gilbert (1967)] Backus, G. E. & Gilbert, F., 1967. Numerical application of a formalism for geophysical inverse problems. *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* 13, 247-276.
- [Benz et al. (1996)] Benz, H., et al., 1996. Three-dimensional P and S-wave velocity structure of Redoubt Volcano, Alaska. *J. Geophys. Res.* 101, 8111-8128.

- [Berryman (1980)] Berryman, J.G., 1980. Long-wavelength propagation in composite elastic media. J. Acoust. Soc. Am., 68, 1809-1831.
- [Berryman (1995)] Berryman, J.G. 1995. Mixture theories for rock properties. In Rock Physics and Phase Relations: a Handbook of Physical Constants, ed. T.J. Ahrens. Washington, DC: American Geophysical Union, pp. 205-228.
- [Biro-Bagoczky (1984)] Biro-Bagoczky, L., 1984. New contributions to the Paleontology and Stratigraphy of some Tithonian-Neocomian outcrops in the Chilean Parto of the Andes Range between  $33^{\circ}45'$  and  $35^{\circ}$  Lat. S. Dept. Geociencias, Universidad de Concepcin, Chile. I.G.C.P. Project N 171: Circumpacific Jraaaic, Report N 2, Special paper N 3.
- [Birch (1960)] Birch, F., 1960. The velocity of compressional waves in rocks to 10 kilobars Part I. J. Geophys. Res. 65, 1083-110.
- [Biot (1956)] Biot, M. A., 1956, Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid: I. Low-frequency range, II. Higher frequency range. J. Acous. SOC. Amer. 28, 168-191.
- [Bisztricsany (1958)] Bisztricsany, E. A., 1958. A new method for the determination of the magnitude of earthquakes. Geofiz. Kozl., 69-76.
- [Boitnott & Bonner (1994)] Boitnott, G. N., & Bonner, B. P., 1994. Characterization of rock for constraining reservoir scale tomography at the Geysers geothermal field. 19th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, 231-236.
- [Boitnott & Kirkpatrick (1997)] Interpretation of Field Seismic Tomography at The Geysers Geothermal Field, California. 22th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 27-29, 1997.
- [Casamiquela & Fasola(1968)] Casamiquela, R. and Fasola. A., 1968. Sobre pisadas de Dinosaurios del Cretácico Inferior de Colchagua (Chile): Departamento de Geología. Universidad de Chile, Santiago, Publ., v. 30, p, 1-24.
- [Cembrano & Moreno (1994)] Cembrano, J. & Moreno, H., 1994. Geometría y naturaleza contrastante del volcanismo Cuaternario entre los  $38^{\circ}\text{S}$  y  $46^{\circ}\text{S}$ : Dominios compresionales y tensionales en un régimen transcurrente?. Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas, Vol. 1. Universidad de Concepcin, Chile, pp. 240-244.

- [Charrier et al. (1990)] Charrier, R., Wyss, A. R., Norell, M. A., Flynn, J. J., Novacek, M. J., McKenna, M. C., Swisher C. C. III, Frassinetti, D. & Salinas, P., 1990. Hallazgo de mamíferos fósiles del Terciario Inferior en el sector de Termas del Flaco, Cordillera Principal, Chile Central: Implicaciones paleontológicas, estratigráficas y tectónicas: 2nd. Simposio sobre el Terciario de Chile Central, Univ. de Concepción. p. 73-84.
- [Charrier et al. (1996)] Charrier, R., Wyss, A. R., Flynn, J. J., Swisher C.C. III, Norrel, M. A., Zapata, F., McKenna, M. C. & Novacek, M. J., 1996. New evidence for Late Mesozoic-Early Cenozoic evolution of the Chilean Andes in the Upper Tinguiririca Valley (35°S), Central Chile. *J. of South Amer. Earth Sciences* 9, 1-30.
- [Cheng & Toksöz (1979)] Cheng, I. & Toksöz, M.N. 1979. Inversion of seismic velocities for the pore aspect ratio spectrum of a rock. *J. Geophys. Res.*, 84, 7534-7543.
- [Christensen (1985)] Christensen, N.I., 1985. Measurements of dynamic properties of rocks at elevated temperatures and pressures. In: Pincus, H.J., Hoskins, E.R. (Eds.), *Measurements of Rock Properties at Elevated Pressures and Temperatures*. Spec. Tech. Publ. ASTM, 869, 93-107.
- [Christensen & Mooney (1995)] Christensen, N.I., & Mooney, W.D., 1995. Seismic velocity structure and composition of the continental crust: a global view. *J. Geophys. Res.* 100, 9761-9788.
- [Christensen (1996)] Christensen, N. I., 1996, Poissons ratio and crustal seismology. *J. Geophys. Res.* 101,3139-315
- [Clavero & Polanco (2010)] Clavero, J. & Polanco, E. 2010. Comunicación personal.
- [Combs (1975)] Combs, J. L., 1975. Geophysical techniques in geothermal exploration. *Proceedings of the 2nd Symposium Development and Use Geothermal Resources* 1, 95-99.
- [Combs & Hadley (1977)] Combs, J. & Hadley, D. 1977. Microearthquake investigations of the Mesa geothermal anomaly, Imperial Valley, California. *Geophys.* 42, 17-33.
- [Conant (1972)] Conant, D. A., 1972. A microearthquake survey of geothermal areas in Iceland, 1970. *Earthq. Notes* 43, 19-32.
- [Covacevich et al. (1976)] Covacevich, V., Varela, J. & Vergara, M., 1976. Estratigrafía y sedimentación de la Formación Baños del Flaco al sur del río Tinguiririca, Cordillera de los Andes, Provincia de Curicó, Chile: 1st Congreso Geológico Chileno, Santiago, v. I, p. A191-A211.

- [Crampin (1981)] Crampin, S., 1981. A review of wave motion in anisotropic and cracked elastic-media, *Wave Motion* 3, 343-391.
- [Crosson (1976)] Crosson, R. S., 1976. Crustal structure modeling of earthquake data, I, Simultaneous least squares estimation of hypocenter and velocity parameters. *J. Geophys. Res.* 81, 3036-3046.
- [De Matteis et al.(2008)] De Matteis, R., Vanorio, T., Zollo, A., Ciuffi, S., Fiordelisi, A., & Spinelli, E. 2008. Three-dimensional tomography and rock properties of the Larderello-Travale geothermal area, Italy. *Phs. of the Earth and Planet. Interiors* 168, 37-48.
- [Digby (1981)] Digby, P.J. 1981. The effective elastic moduli of porous granular rocks. *J. Appl. Mech.* 48, 803-808.
- [Duffield et al.(1994)] Duffield, W. A., Sass, J. H. & Sorey, M. L., 1994. Tapping the Earths natural heat. *USGS Circular* 1125.
- [Duffy & Mindlin (1957)] Duffy, J. & Mindlin, R.D. 1957. Stress-strain relations of a granular medium. *J. Appl. Mech.* 24, 585-593.
- [Dvorkin & Nur (1996)] Dvorkin, J. & Nur, A., 1996. Elasticity of high-porosity sandstones: theory for two North Sea datasets. *Geophys.*, 61, 1363-1370.
- [Dvorkin et al. (1999)] Dvorkin, J., Mavko, G. & Nur, A., 1999. Overpressure detection from compressional and shear-wave data, *Geophys. Res. Lett.* 26, 3417-3420.
- [Dvorkin (1999a)] Dvorkin, J., Prasad, M., Sakai, A., Lavoie, D., 1999a. Elasticity of marine sediments: rock physics modeling. *Geophys. Res. Lett.* 26, 1781-1784.
- [Earten et al. (2001)] Earten, D., Elkibbi, M., & Rial, J. A., 2001. Shear wave splitting and fracture patterns at The Geysers (California) geothermal field. 26th. Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Standford University, Standford, California, January 29-31.
- [Eberhart-Phillips (1986)] Eberhart-Phillips, D., 1986. Three-dimensional velocity structure in Northern California Coast Ranges from the inversion of local earthquakes. *BUZZ. Seismol.SOC. Am.* 76, 1025-1052.

- [Evison (1976)] Evison, F. F., Robinson, R. & Arabasz, W. J., 1976. Microearthquake, geothermal activity and structure, Central North Island, New Zealand, N.Z. Jl. Geol. Geophys. 19, 625-637.
- [Foulger (1982)] Foulger, G. R. 1982. Geothermal exploration and reservoir monitoring using earthquakes and the passive seismic method. *Geothermics* 11, 259-268.
- [Foulger et al. (1989)] Foulger, G. R., Long, R. E., Einarsson, P., 1989. Implosive earthquakes at the active plate boundaries in Iceland. *Nature* 337, 640-642.
- [Foulger (1995)] Foulger, G.R., Miller, D., Julian, B.R. & Evans, J.R. 1995. Three-dimensional vp and vs/vs structure of the Hengill Triple Junction and geothermal area, Iceland, and the repeatability of tomographic inversion.
- [Foulger et al. (1997)] Foulger, G. R., Grant, C. C., Ross, A., Julian, B. R., 1997. Industrially induced changes in Earth structure at the Geysers geothermal area, California. *Geophys. Res. Lett.* 24 (2), 135-137.
- [Foulger et al. (2003)] Foulger, G.R., Julian, B.R., Pitt, A.M., Hill, D.P., Malin, P.E., & Shalev, E. 2003. Three-dimensional crustal structure on Long Valley caldera, California, and evidence for the migration of  $CO_2$  under Mammoth Mountain. *J. Geophys. Res.* 108, 2147-2159.
- [Foxall (1992)] Foxall, W., 1992. Heterogeneous slip and rupture models of the San Andreas fault zone based upon three-dimensional earthquake tomography, Ph.D. Thesis, Dept. of Geol. and Geophys., Univ. of Calif., Berkeley.
- [Geiger (1912)] Geiger, L., 1912. Probability method for determination of earthquake epicenters from the arrival times only. *Bull. St. Louis Univ.* 8,60-71.
- [Giavelli (2010a)] Giavelli, A., 2010a. Estudio Aeromagnético, Análisis y Propuesta de interpretación: Proyecto Tinguiririca. *Energía Andina*. Informe Inédito.
- [Giavelli (2010b)] Giavelli, A., 2010b. Estudio Gravimétrico, Análisis y Propuesta de interpretación: Proyecto Tinguiririca. *Energía Andina*. Informe Inédito.
- [Giavelli (2010c)] Giavelli, A., 2010c. Levantamiento MT/TDEM, Análisis y Propuesta de interpretación: Proyecto Tinguiririca. *Energía Andina*. Informe Inédito.

- [Goff & Janik (2000)] Goff, F. & Janik, K. J., 2000. Geothermal Systems. En: Encyclopedia of Volcanoes, Ed. Academic Press, 817-834.
- [Gunasekera (2003)] Gunasekera, R.C., Foulger, G.R. & Julian, B.R., 2003. Reservoir depletion at The Geysers geothermal area, California, shown by four-dimensional seismic tomography. *J. Geophys. Res.* 108, 2134-2144.
- [Hadley (1976)] Hadley, K. 1976. Comparison of calculated and observed crack densities and seismic velocities in Westerly granite. *J. Geophys. Res.*, 81, 3484-3494.
- [Han & Batzle (2004)] Han, D. & Batzle, M., 2004. Gassmann's equation and fluid-saturation effects on seismic velocities. *Geophys.* 69, 398-405.
- [Hashin & Shtrikman (1963)] Hashin, Z. & Shtrikman, S. 1963. A variational approach to the elastic behavior of multiphase materials. *J. Mech. Phys. Solids.* 11, 127-140.
- [Havskov & ottemoller (2000)] Havskov, J. & Ottemoller, L. 2000. SEISAN earthquake analysis software. *Seismological Research letters* 70, 532-534.
- [Havskov & ottemoller (2008)] Havskov, J. & Ottemoller, L., 2008. Processing Earthquake Data.
- [Hill (1952)] Hill, R., 1952. The elastic behavior of crystalline aggregate. *Proc. Phys. Soc., London A*, 65, 349-354.
- [Hirn & Ferucci (1985)] Hirn, A. & Ferucci, F., 1985. P and S arrival time anomalies at a dense array: Marker of the Travale field, Geothermics, 14,713-722.
- [Hudson (1981)] Hudson, J.A., 1981. Wave speeds and attenuation of elastic waves in material containing cracks. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 64, 133-150.
- [Ito et al. (1979)] Ito, H., DeVibriss, J. & Nur, A., 1979. Compressional and Shear waves in saturated rock during water-steam transition, *J. Geophys. Res.* 84, 4731-4735.
- [Iverson et al. (1989)] Iverson, W.P., Fahmy, B.A., Smithson, S.B., 1989. VpVs from mode-converted P-S reflections. *Geophysics* 54, 843-852.
- [Julian et al. (1993)] Julian, B. R., Prisk, A., Foulger, G. R. & Evans, J. R., 1993. Three-dimensional images of geothermal systems: Local earthquake P-wave velocity tomography at the Hengill

- and Krafla geothermal areas, Iceland, and The Geysers, California. *Trans. Geother. Resour. Counc.* 17, 113-121.
- [Julian et al. (1996)] Julian, B.R., Ross, A., Foulger, G.R. & Evans, J.R., 1996. Three-dimensional seismic image of a geothermal reservoir: The Geysers, California. *Geophys. Res. Lett.* 23, 685-688.
- [Keller (1981)] Keller, G. V., 1981. Exploration for Geothermal Energy. In: Fitch, A.A (Ed.), *Developments in Geophysical Exploration. Methods - 2. Applied Science.* 107-150.
- [Kenedi et al. (2010)] Kenedi, C.L., Shalev, E., Lucas, A. & Malin, P. 2010. *Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.*
- [Kern (1982)] Kern, H. 1982. Elastic wave velocity in crustal and mantle rocks at high pressure and temperature: The role of the high-low quartz transition and of dehydration reactions, *Phys. Earth Planet. Inter.* 29, 12-23.
- [Kissling et al. (1994)] Kissling, E., Ellworth, W.L., Eberhart-Phillips, D. & Kradolfer, U. 1994. Initial reference models in local earthquake tomography. *J. Geophys. Res.* 99, 635-646.
- [Klein (1977)] Klein, F. W., Einarsson, P. & Wyss, M. 1977. The Reykjanes Peninsula, Iceland, earthquake swarm of September 1972 and its tectonic significance, *J. Geophys. Res.* 82, 865-888.
- [Klein (1978)] Klein, F.W., 1978. Hypocenter location program HYPOINVERSE. U.S. Geol. Surv., Open-File Rep. 78-694.
- [Klohn (1960)] Klohn, C., 1960. *Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central: Provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó: Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago de Chile, Bol., v. 8. 95 p.*
- [Kuster & Toksöz (1974)] Kuster, G.T. & Toksöz, M.N., 1974. Velocity and attenuation of seismic waves in two-phase media. *Geophys.*, 39, 587-618.
- [Lay & Wallace (1995)] Lay, T., & Wallace, T. C., 1995. *Modern global seismology.* ISBN 0-12-732870-X, Academic Press, 521 pp.



- [Lee et al. (1972)] Lee, W. H. K., Bennet, R. E. & Meaghu, K. L., 1972. A method of estimating magnitude of local earthquakes from signal duration. U.S. Geological Survey Open File Report, 28 pp.
- [Less (1992)] Lees, J.M., 1992. The magma system of Mount St. Helens: non-linear high resolution P-wave tomography. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 53, 103-116.
- [Less & Wu (1999)] Lees, J.M. & Wu, H., 1999. P-wave anisotropy, stress, and crack distribution at Coso Geothermal Field, California. *J. Geophys. Res.* 104, 17,955-17,973.
- [Less & Wu (2000)] Lees, J.M. & Wu, H., 2000. Poisson's ratio and porosity at Coso Geothermal Area, California. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 95, 157-173.
- [Levi et al. (1989)] Levi, B., Aguirre, L., Nystrom, J. O., Padilla, H. & Vergara, M. 1989. Low-grade regional metamorphism in the Mesozoic-Cenozoic volcanic sequences of the Central Andes. *Journal of Metamorphic Geology* 7, 487-495.
- [Lin (2000)] Lin, Cheng-Horng, 2000. Thermal modeling of continental subduction and exhumation constrained by heat flow and seismicity in Taiwan. *Tectonophysics* 324, 189-201.
- [Majer (1978)] Majer, E. L., 1978. Seismological investigations in geothermal regions. Ph. D. thesis. University of California, Berkeley.
- [Majer & McEvilly (1979)] Majer, E. L. & McEvilly, T. V., 1979. Seismological investigations at The Geysers geothermal field. *Geophysics* 44, 246-269.
- [Mark et al. (1978)] Marks, S. M., Louie, K. B. & Bufe, C. G., 1978. Seismic monitoring at the Geysers geothermal field. California. U.S.G.S. Open-file report 78-798.
- [Mason (1943)] Mason, W.P., 1943. Quartz crystal applications. *Bell Syst. Tech, J.*, 22, 178.
- [Mavko & Nur (1978)] Mavko, G. & Nur, A., 1978. The effect of nonelliptical cracks on the compressibility of rocks. *J. Geophys. Res.*, 83, 4459-4468.
- [Mavko et al. (1995)] Mavko, G., Mukerji, T. & Godfrey, N. 1995. Predicting stress-induced velocity anisotropy in rocks. *Geophysics* 60. 18081-1807.
- [Mavko et al. (1998)] Mavko, G., Mukerji, T., Dvorkin, J., 1998. *Rock Physics Handbook*. Cambridge University Press.

- [McEvelly et al. (1978)] McEvelly, T. V., Schechter, B. & Majer, E. L., 1978b. East Mesa seismic study. Annual Report, Earth Sciences Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, pp 26-28.
- [Michelini & McEvelly (1991)] Michelini, A. & McEvelly, T. V. 1991. Seismological studies at Parkfield: I. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters using cubic b-splines parameterization. *Bull. Seismol. SOC. Am.* 81, 524-552.
- [Mindlin (1949)] Mindlin, R. D. 1949. Compliance of elastic bodies in contact. *J. Appl. Mech.* 16, 259-268.
- [Mindlin & Deresiewicz (1953)] Mindlin, R.D. & Deresiewicz, H. 1953. Elastic sphere in contact under varying oblique force. *J. Appl. Mech.*, 20, 327-344.
- [Mizutani & Kanamori (1964)] Mizutani, H., & Kanamori, H. 1964. Variation of elastic wave velocity and attenuation property near the melting temperature, *J. Phys. Earth*, 12, 43-49.
- [Moss & Zoback (1983)] Moos, D. & Zoback, M. D., 1983. In situ studies of velocity in fractured crystalline rocks. *J. Geophys. Res.*, 88, 2345-2358.
- [Murase & McBirney (1973)] Murase, T. & McBirney, A.R., 1973. Properties of some common igneous rocks and their melts at high temperature. *Bull. Geol. Soc. Am.* 84, 3563-3592.
- [Murphy (1982a)] Murphy, W.F., III, 1982. Effects of Microstructure and Pore Fluids on the Acoustic Properties of Granular Sedimentary Materials. Ph.D. dissertation, Stanford University.
- [Nakajima & Hasegawa (2003)] Nakajima, J., & Hasegawa, A., 2003. Tomographic imaging of seismic velocity structure in and around the Onikobe volcanic area, northeastern Japan: implications for fluid distribution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research.* 127, 1-18.
- [Nur & Simmons (1969)] Nur, A. & Simmons, G. 1969. Stress-induced velocity in dry and saturated cracked solids. *J. Geophys. Res.* 79. 4226-4627.
- [Nur (1971)] Nur, A. 1971. Effects of stress on velocity anisotropy in rocks with cracks. *J. Geophys. Res.* 76. 2022-2034.

- [Nur et al.(1991)] Nur, A., Marion, D., & Yin, H., 1991. Wave velocities in sediments. In *Shear Waves in Marine Sediments*, ed. J.M. Hovem, M.D. Richardson, and R.D. Stoll. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 131-140.
- [Nur et al.(1998)] Nur, A., Mavko, G., Dvorkin, J. & Galmudi, D. 1998. Critical porosity: a key to relating physical properties to porosity in rocks. *The Leading Edge* 17, 357-362
- [O'Connell & Budiansky (1974)] O'Connell, R.J. & Budiansky, B., 1974. Seismic velocities in dry and saturated cracked solids. *J. Geophys. Res.* 79, 5412-5426.
- [O'Connell & Johnson (1991)] O'Connell, D. R. & Johnson, L. R., 1991. Progressive inversion for hypocenters and P-wave and S-wave velocity structure: Application to The Geysers, California, geothermal field. *J. Geophys. Res.* 96, 6223-6236.
- [Okubo et al. (1997)] Okubo, P.G., Benz, H.M. & Chouet, B.A., 1997. Imaging the crustal magma sources beneath Mauna Loa and Kilauea volcanoes, Hawaii. *Geology* 25, 867-870.
- [Pavlis & Booker (1980)] Pavlis, G . L. & Booker, J. R., 1980. The mixed discrete-continuous inverse problem: Application to the simultaneous determination of earthquake hypocenters and velocity structure. *J. Geophys. Res.* 85, 4801-4810.
- [Pickett (1963)] Pickett, G.R. 1963. Acoustic character logs and their applications in formation evaluation: *Journal of Petroleum Technology*, v.15, p. 650-667.
- [Pineda (2010a)] Pineda, G., 2010a. Informe Geológico Final, Concesión de Exploración Geotérmica Tinguiririca A. Energía Andina. Informe Inédito.
- [Pineda (2010b)] Pineda, G., 2010b. Informe Geológico Final, Concesión de Exploración Geotérmica Tinguiririca B. Energía Andina. Informe Inédito.
- [Press et al. (1992)] Press, W. H., eulokolsky, S. A., Vetterling, W. T., & Flannery. B. P., 1992. *Numnerical Recipes in Fortran. The Art of Science Computing* (2nd edition). Cambridge University Press, Cambridge.
- [Radick (2010)] Radick, J.P. 2010. Informe Geología Estructural Tinguiririca. Energía Andina. Informe Inédito.

- [Raymer et al.(1980)] Raymer, L.L., Hunt, E.R. & Gardner, J.S. 1980. An improved sonic transit time-to-porosity transform. Trans. Soc. Prof. Well Log Analysts, 21st Annual Logging Symposium, Paper P.
- [Reuss (1929)] Reuss, A. 1929. Berechnung der Flierssgrenzen von Mischkristallen. Z. Angew. Math. Mech. 9, 49-58.
- [Rial et al. (2005)] Rial, J. A., Elkibbi, M., & Yang, M., 2005. Shear-wave splitting as a tool for the characterization of geothermal fractured reservoirs: Lessons learned, Geothermics 34, 365-385.
- [Roecker (1982)] Roecker, S. W., 1982. Velocity structure of the Pamir-Hindu Kush region: Possible evidence of subducted crust. J. Geophys. Res. 87. 945-959.
- [Roecker et al. (1987)] Roecker, S. W., Yen, Y. H. & Tsai, Y. B. 1987. Three-Dimensional P and S wave velocity structure beneath Taiwan: Deep structure beneath an arc-continent collision. J. Geophys. Res. 92. 547-570.
- [Roecker et al. (1993)] Roecker, S. W., Sabitova, T. M., Vinnick, L. P., Burmakov, Y. A., Golvanov, M. I., Mamatkanova, R. & Murinova, L. 1997. Three-dimensional elastic wave velocity structure of the western and central Tien Shan. J. Geophys. Res. 98. 779-796.
- [Sanders et al. (1995)] Sanders, C.O., Ponko, S.C., Nixon, L.D., & Schwartz, E.A., 1995. Seismological evidence for magmatic and hydrothermal structure in Long Valley caldera from local earthquake attenuation and velocity tomography. J. Geophys. Res. 100, 8311-8326.
- [Sayers (1988)] Sayers. S. L. 1988. Stress-induced ultrasonic wave velocity anisotropy in fractured rock. Ultrasonics 26-311-317.
- [Schwart & Plona (1983)] Schawartz, L. & Plona, T.J. 1983. Multiple scattering effects in water saturated beads. J. Acoust. Soc. Am. 73.
- [SERNAGEOMIN(1982)] Servicio Nacional de Geología y Minería. 1982. Mapa geológico de Chile, escala 1 : 1,000,000, Hoja 2, Santiago.
- [Sherburn et al. (1997)] Sherburn, S., Clotworthy, A., Hunt, T., 1993. No induced seismic activity at Ohaaki geothermal field. In: Proceedings of the 15th NZ Geothermal Workshop. pp. 201-205.

- [Simiyu (1999)] Simiyu, S.M. 1999. Seismic velocity analysis in the Olkaria Geothermal Field. 24th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 25-27, 1999.
- [Simiyu & Keller (2000)] Simiyu, S. M.& Keller, G. R., 2000. Seismic monitoring of the Olkaria Geothermal area, Kenya Rift valley. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 95, 197-208.
- [Simkin & Siebert (1994)] Simkin, T. & Siebert, L. 1994. *Volcanoes of the World*. Geoscience Press, Smithsonian Institute, Tucson, Arizona.
- [Simmons (1965)] Simmons, G., 1965. Single crystal elastic constant and calculated aggregate properties. *J. Grad. Res. Center, SMU*, 34, 1-269.
- [Smith et al. (1974)] Smith, R. B., Rinehart, E. J., Freidline, R. O., Otis, R. M., & Alley, L. B. 1974. Yellowstone hospot: new magnetic ans seismic evidence. *Geology* 2, 451-455.
- [Spenser & Nur (1960)] Spenser Jr., J.W. & Nur, A.M., 1976. The effects of pressure, temperature, and pore water on velocities in Westerly Granite. *J. Geophys. Res.* 81, 899-904.
- [Spenser & Gubbins (1980)] Spenser, C. & Gubbins, D., 1980. Travel time inversion for simultaneous earthquake location and velocity structure determination in laterally-vaying media. *Geophys. J. Roy. Astron. SOC.* 63, 95-116.
- [Spies & Frischknecht (1992)] Spies, B.R. & Frischknecht F.C., 1992. Electromagnetic sounding. In: Nabighiam, M.N. (Ed.) *Electromagnetic methods in applied geophysics*, vol. 2. SEG, pp. 285-426.
- [Steeple & Pitt (1976)] Steeples, D. W. & Pitt, A. M., 1976. Microearthquake in a near Long Valley, California. *J. Geophys. Res.* 81, 849-860.
- [Stein & Wyssession (2003)] Stein, S. & Wyssession, M., 2003. *Introduction to seismology, earthquakes and earth structure*. Blackwell Publishing, 498 pp.
- [Stern et al.(2007)] Stern, C.R., Moreno, H., López-Escobar, L., Clavero, J.E., Lara, P., Luis, E., Naranjo, J.A.S., Parada, M.A. & Skewes, M.A., 2007. Chilean Volcanoes. In: Moreno, T., Gibbons, W. (Eds.), *The Geology of Chile*, pp.147-178.

- [Tang et al. (2005)] Tang, C., Rial, J. A., & Less, J. M., 2005. Shear-wave splitting: A diagnostic tool to monitor fluid pressure in geothermal fields.
- [Tarantola & Valette (1982)] Tarantola, A. & Valette, B. 1982. Generalized nonlinear inverse problems solved using the least squared criterion. *Rev. Geophys. Space Phys.* 20. 219-232.
- [Tatham (1982)] Tatham, R.H., 1982. Vp/Vs and Lithology. In: *Proceedings of the 50th Annual International Meeting, R35, Society of Exploration Geophysicists*, pp. 2401-2414.
- [Thierer et al. (2005)] Thierer, P.O., Flueh, E.R., Kopp, H., Tilmann, F., Comte, D. & Contreras, S. 2005. Local earthquake monitoring offshore Valparaiso, Chile. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.* 236, 173-183.
- [Thurber (1983)] Thurber, C .H., 1983. Earthquake locations and three-dimensional crustal structure in the Coyote Lake area, Central California. *J. Geophys. Res.* 88, 8226-8236.
- [Thurber (1986)] Thurber, C.H. 1986. Analysis methods for kinematics data from local earthquakes. *Rev. Geophys.*, 24, 793-805.
- [Thurber (1992)] Thurber, C. H., 1992. Hypocenter-velocity structure coupling in local earthquake tomography. *Phys. Earth Planet. Inter.* 75, 55-62.
- [Toksöz et al. (1976)] Toksöz, M.N., Cheng, C.H., Timur, A., 1976. Velocities of seismicwaves in porous rocks. *Geophysics* 41, 621-645.
- [Toomey & Foulger (1989)] Toomey, D. R., & Foulger, G. R., 1989. Tomographic inversion of local earthquake data from the Hengill-Grensdalur Central Volcano Complex, Iceland. *J. Geophys. Res.* 94, 497-17.
- [Vanorio et al. (2005)] Vanorio, T., Virieux, J., Capuano, P., & Russo, G., 2005. Three dimensional seismic tomography from P wave and S wave microearthquake travel times and rock physics characterization of the Campi Flegrei Caldera. *J. Geophys. Res.* 110.
- [Vergara et al. (1993)] Vergara, M., Levi, B. & Villarroel, R. 1993. Geothermal-type alteration in a burial metamorphosed volcanic pile, Central Chile, *Journal of Metamorphic Geology* 11, 449-454.
- [Voight (1910)] Voight, W. 1910. *Lehrbuch der Kristallphysik*. Leipzig: Teubner.

- [Vozzoff (1992)] Vozzoff K., 1992. The magnetotelluric method. In: Nabighian, M.N. (Ed.) Electromagnetic methods in applied geophysics, vol. 2. SEG, pp. 641-712.
- [Walsh (1965)] Walsh, J.B., 1965. The effect of cracks on the compressibility of rock. *J. Geophys. Res.*, 70, 381-389.
- [Walsh (1969)] Walsh, J.B., 1969. New analysis of attenuation in partially melted rock. *J. Geophys. Res.*, 74, 4333-4337.
- [Wang (1988)] Wang, Z. W. 1988. Wave velocities in hydrocarbons and hydrocarbon saturated rocks-With applications to EOR monitoring, Ph.D. thesis, Stanford Univ., Stanford, Calif.
- [Wang & Nur (1986)] Wang, Z. W., & Nur, A., 1986. Effect of temperature on wave velocities in sandstones and sand with heavy hydrocarbons, paper presented at 56th Annual Meeting and Exposition, Soc. of Explor. Geophys., Houston, Tex.
- [Wang & Nur (1989)] Wang, Z. W. & Nur, A. 1989. Effect of CO<sub>2</sub> flooding on wave velocities in rocks and hydrocarbons, *Soc. Pet. Eng. Res. Eng.*, 3, 423-439.
- [Wang et al. (1998)] Wang, Z., Cates, M. E., & Langan, R. T., 1998. Seismic monitoring of a CO<sub>2</sub> flood in a carbonate reservoir: A rock physics study. *Geophysics*, 63, 1604-1617.
- [Ward & Jacob (1971)] Ward, P. L. & Jacob, K. H., 1971. Microearthquake in the Ahuachapan geothermal field, El Salvador, Central America. *Science* 173, 328-330.
- [Ward (1972)] Ward, P. L., 1972. Microearthquakes: prospecting tool and possible hazard in the development of geothermal resources. *Geothermics* 1, 3-4.
- [Wilkens et al. (1984b)] Wilkens, R., Chen, C.H., Simmons, G. & Caruso, L.T. 1984b. Modeling sandstone velocities using direct observations of pore geometry.
- [Winkler (1983)] Winkler, K.W. 1983. Contact stiffness in granular porous materials: comparison between theory and experiment. *Geophys. Res. Lett.*, 10, 1073-1076.
- [White (1965)] White, D. E., 1965. Geothermal Energy. U.S. Geol. Surv. Circ. 519.
- [White et al. (1971)] White, D. E., Muffler, L. J. P., & Truesdell, A. H., 1971, Vapor-dominated hydrothermal systems compared with hot water systems: *Econ. Geol.*, 66, 75-97.

- [Yale (1984)] Yale, D.P. 1984. Network modeling of flow, storage, and deformation in porous rocks. PhD, thesis. Stanford Univ.
- [Yale (1985)] Yale, D., 1985. Recent advances in rock physics. *Geophysics*, 12, 248-2491.
- [Yang(2003)] Yang, M., 2003. Inversion of Shear-wave Splitting Data in Geothermal Reservoirs. MSc. Thesis, University of North Carolina at Chapel Hill, March 2003.
- [Yang et al. (2003)] Yang, M., ElKibbi, M., Rial, J.A., 2003. Modeling of 3D crack attributes and crack densities in geothermal reservoirs. In: *Proceedings 28th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, pp. 321-327.
- [Yang et al. (2005)] Yang, M., ElKibbi, M., Rial, J.A., 2005. An inversion scheme to model subsurface fracture systems using shear-wave splitting polarization and delay time observations simultaneously. *Geophys. J. Int.* 160, 939-947.
- [Yoshikawa & Yasuaki (2004)] Yoshikawa, M. & Yasuaki, Y. 2004. Three dimensional seismic velocity structure beneath the Otake-Hatchobaru geothermal area at Kuju Volcano in central Kyushu, Japan. *Annals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.*, No 47 B, 2004.
- [Zhang & Thurber (2003)] Zhang, H & Thurber, C. 2003. Double-Difference Tomography: The Method and Its Application to the Hayward Fault, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93, 875-1889.
- [Zhdanov & Keller (1994)] Zhdanov, M.S. & Keller, G.V., 1994. *The geoelectrical methods in geophysical exploration*. Elsevier, 873 p.



# Apéndices

Tabla A.1: Sismicidad total registrada durante el período 16 de Enero - 17 de Abril de 2010.

- (1): Fecha del sismo en día/mes/año.  
 (2): Hora del sismo en hora:minuto:segundo.  
 (3): Longitud epicentral del sismo en grados.  
 (4): Latitud epicentral del sismo en grados.  
 (5): Profundidad del sismo en kilómetros.  
 (6): *Root mean square* del tiempo origen del sismo en segundos.  
 (7): Magnitud del sismo.

Fecha [DD/MM/YY] (1)	Hora [HH : MM : SS] (2)	Longitud [°] (3)	Latitud [°] (4)	Prof [km] (5)	RMS [s] (6)	Magnitud (7)
16/01/10	22:31:1.47	-70.41312	-35.0035	5.19	0.27	1.87
17/01/10	11:5:19.50	-70.45535	-35.0043	9.59	0.23	1.80
17/01/10	16:27:40.81	-71.57397	-34.5140	10.00	0.66	2.88
18/01/10	1:42:20.58	-70.37827	-34.9972	7.27	0.11	1.38
18/01/10	11:27:50.73	-70.29700	-34.6990	10.00	0.26	1.83
18/01/10	17:27:43.20	-70.27679	-34.9102	5.62	0.07	1.30
18/01/10	19:44:16.37	-70.29599	-34.6960	10.00	0.24	2.20
18/01/10	22:23:22.18	-70.41150	-35.0137	-1.90	0.11	1.05
19/01/10	15:25:47.42	-70.36005	-34.9087	-0.09	0.04	1.20
19/01/10	20:51:12.00	-70.39246	-35.0182	7.58	0.11	1.20
19/01/10	21:28:22.89	-70.39389	-34.9741	5.40	0.08	0.77
20/01/10	0:31:47.51	-70.37247	-34.9433	3.54	0.13	0.75
20/01/10	12:54:58.12	-70.40311	-35.0418	10.31	0.13	1.09
21/01/10	0:38:7.86	-73.57098	-36.3900	50.00	0.76	4.48
21/01/10	3:17:3.63	-70.44995	-34.5324	9.24	0.45	1.70
21/01/10	15:30:29.32	-70.50000	-34.9757	9.41	0.25	1.22
21/01/10	16:36:4.50	-70.34717	-34.9277	2.01	0.07	0.96
21/01/10	22:31:54.46	-70.40329	-35.0020	6.44	0.23	1.64
22/01/10	2:9:26.91	-70.43735	-35.0944	14.99	0.12	1.57
22/01/10	16:36:51.84	-70.37210	-35.0039	7.83	0.10	1.45
23/01/10	6:16:47.41	-70.29950	-35.0869	12.99	0.12	2.08
23/01/10	19:5:25.29	-71.62299	-34.6320	50.00	0.64	3.10
23/01/10	22:30:41.41	-70.19623	-34.8597	2.95	0.05	1.76
24/01/10	0:13:37.98	-70.40305	-35.0451	7.61	0.27	1.67
24/01/10	4:36:38.63	-70.16269	-35.0184	4.34	0.55	2.20
24/01/10	5:12:34.30	-70.27490	-34.9398	4.71	0.08	1.60
24/01/10	10:2:32.73	-70.35132	-34.9341	2.00	0.10	1.73
24/01/10	10:10:54.93	-70.11951	-34.5722	24.87	0.41	2.37
24/01/10	10:51:29.95	-70.52423	-34.8097	14.98	0.09	1.94
24/01/10	15:14:4.14	-70.42203	-35.0347	9.41	0.02	1.73
24/01/10	16:32:24.38	-70.49490	-34.9722	9.43	0.29	1.74
24/01/10	20:16:20.36	-70.41135	-35.0409	9.76	0.09	1.84
25/01/10	1:8:23.32	-70.32999	-34.6860	10.01	0.10	1.65
25/01/10	4:50:22.26	-70.41742	-34.9589	4.60	0.19	1.62
25/01/10	21:34:4.82	-70.24588	-34.8493	5.70	0.12	1.93
26/01/10	12:15:34.11	-70.39633	-35.0383	8.37	0.11	1.80
26/01/10	12:37:36.87	-70.26398	-34.4600	20.00	0.29	2.12
26/01/10	14:0:22.71	-71.25497	-34.2150	79.22	0.81	3.24
26/01/10	17:10:45.51	-70.35513	-34.9220	1.03	0.05	1.20
26/01/10	18:13:9.69	-70.32806	-35.0322	4.02	0.14	1.73
26/01/10	18:27:3.04	-70.40900	-35.0365	9.96	0.13	2.26
26/01/10	18:35:21.78	-70.31253	-35.0237	0.03	0.26	1.70
26/01/10	19:57:10.72	-70.40976	-35.0423	9.47	0.14	1.50
26/01/10	20:19:58.24	-70.39716	-35.0381	10.00	0.12	1.72
26/01/10	22:27:57.05	-70.40579	-34.9991	6.36	0.15	1.51
26/01/10	22:38:43.47	-70.47345	-35.0304	10.41	0.45	1.26
27/01/10	11:31:27.56	-70.39819	-35.0362	9.05	0.08	1.29
27/01/10	11:35:22.34	-70.38214	-35.0255	8.86	0.07	1.24
27/01/10	13:33:4.73	-70.39487	-35.0534	10.36	0.06	1.10
27/01/10	19:11:8.19	-70.29596	-34.8379	5.74	0.36	3.12
27/01/10	19:14:48.56	-70.26489	-34.8341	5.57	0.19	1.33
27/01/10	19:17:1.75	-70.28793	-34.8324	6.63	0.04	1.17
27/01/10	19:40:44.22	-70.28073	-34.8412	5.47	0.21	1.29
27/01/10	20:16:16.96	-70.28265	-34.8353	5.38	0.12	1.00
27/01/10	22:54:23.61	-70.28934	-34.8273	6.05	0.32	1.87

27/01/10	22:58:12.74	-70.27682	-34.8315	5.17	0.15	1.61
28/01/10	0:14:15.79	-70.27359	-34.8332	4.92	0.13	1.31
28/01/10	1:37:32.58	-70.26367	-34.8454	2.74	0.10	1.46
28/01/10	2:53:58.46	-70.27609	-34.8302	4.94	0.14	1.62
29/01/10	3:53:34.30	-70.37259	-35.0251	8.00	0.09	1.28
29/01/10	13:26:29.55	-70.41086	-35.0223	9.86	0.09	1.44
29/01/10	15:21:22.35	-70.26306	-34.9547	4.60	0.03	1.08
29/01/10	16:52:29.33	-70.43668	-35.0341	12.06	0.12	1.10
29/01/10	17:7:2.23	-70.35614	-34.9171	0.52	0.11	1.24
29/01/10	22:43:28.58	-70.27203	-34.8326	5.07	0.14	2.51
29/01/10	22:46:2.46	-70.29996	-34.8317	5.90	0.29	1.19
29/01/10	22:46:50.30	-70.30753	-34.8292	7.41	0.30	1.45
29/01/10	22:54:57.99	-70.27960	-34.8384	5.00	0.20	1.62
29/01/10	22:55:49.87	-70.28326	-34.8385	7.04	0.24	2.18
29/01/10	22:58:15.76	-70.27069	-34.8367	4.94	0.17	1.88
30/01/10	0:2:54.66	-70.28253	-34.8328	7.54	0.24	2.22
30/01/10	0:4:55.28	-70.28476	-34.8302	5.91	0.17	1.57
30/01/10	0:18:5.31	-70.26974	-34.8307	5.54	0.22	1.54
30/01/10	0:27:21.96	-70.28851	-34.8284	5.73	0.20	1.56
30/01/10	0:33:49.40	-70.34116	-34.7991	4.23	0.19	1.53
30/01/10	1:6:34.10	-70.26578	-34.8321	4.44	0.15	1.51
30/01/10	1:40:12.41	-70.27927	-34.8311	5.66	0.13	1.47
30/01/10	2:7:32.73	-70.26849	-34.8312	5.43	0.11	1.22
30/01/10	2:35:6.41	-70.26523	-34.8336	4.88	0.07	1.22
30/01/10	2:37:43.27	-70.28571	-34.8337	4.93	0.25	1.48
30/01/10	5:24:20.69	-70.27106	-34.8319	4.91	0.17	1.52
30/01/10	6:4:1.54	-70.33456	-34.7966	4.06	0.19	1.82
30/01/10	6:18:4.86	-70.34418	-34.7967	4.64	0.17	1.50
30/01/10	8:13:38.56	-70.34268	-34.7958	4.71	0.23	1.64
30/01/10	9:43:6.96	-70.28088	-34.8261	7.29	0.17	1.32
30/01/10	16:9:21.12	-70.38724	-35.0259	8.31	0.07	1.47
30/01/10	16:43:58.95	-70.34991	-34.7858	3.63	0.09	1.28
30/01/10	19:38:37.40	-70.26379	-34.8358	4.05	0.13	1.63
30/01/10	19:53:51.50	-70.32599	-34.9254	4.08	0.10	1.27
30/01/10	21:55:14.89	-70.29541	-34.8391	5.20	0.59	1.50
31/01/10	2:11:14.43	-70.32169	-34.8326	8.05	0.15	1.44
31/01/10	3:50:4.95	-70.28632	-34.8332	7.20	0.28	1.88
31/01/10	5:46:42.28	-70.37018	-35.0063	7.91	0.07	1.43
31/01/10	5:50:19.41	-70.27698	-34.8346	4.94	0.11	1.70
31/01/10	6:37:50.65	-70.26559	-34.8404	3.84	0.16	1.52
31/01/10	8:19:36.32	-70.40634	-34.4496	10.61	0.47	1.98
31/01/10	20:18:7.28	-70.27921	-34.8317	5.70	0.18	1.69
31/01/10	23:29:37.70	-70.32178	-34.9260	4.05	0.11	1.65
01/02/10	0:42:2.27	-71.35999	-34.7720	30.00	0.25	2.48
01/02/10	1:13:31.19	-70.30621	-34.8298	5.94	0.27	1.64
01/02/10	7:5:29.01	-70.27600	-34.8390	5.47	0.20	1.75
01/02/10	8:2:59.65	-70.36307	-35.0288	8.62	0.07	1.47
01/02/10	11:51:47.03	-70.37317	-34.9845	6.86	0.41	1.66
01/02/10	17:39:29.53	-70.29688	-34.8309	7.21	0.07	1.77
01/02/10	19:33:28.51	-70.35977	-34.9167	2.34	0.13	1.64
01/02/10	19:57:24.12	-70.38834	-34.6912	10.50	0.16	1.86
01/02/10	22:20:7.63	-70.31198	-34.4600	0.00	0.55	2.03
02/02/10	1:8:0.39	-70.38501	-34.6850	6.44	0.08	1.65
02/02/10	5:12:45.07	-70.38904	-35.0326	8.56	0.08	1.69
02/02/10	6:56:59.44	-70.36465	-34.9218	1.16	0.14	1.38
02/02/10	7:16:17.97	-70.25198	-34.8280	4.35	0.26	1.60
02/02/10	8:6:8.77	-70.26950	-34.8387	3.85	0.21	1.68
02/02/10	9:43:23.51	-70.41602	-34.9991	7.59	0.13	1.70
02/02/10	10:6:41.11	-70.28250	-34.9807	7.10	0.08	1.67
02/02/10	12:45:14.98	-70.39319	-34.9643	4.39	0.41	1.73
02/02/10	15:56:29.36	-70.49866	-34.9796	7.82	0.14	1.80
02/02/10	18:12:39.08	-70.48389	-34.9960	9.04	0.18	1.78
02/02/10	20:19:47.12	-70.43484	-35.0299	17.20	0.41	1.72
02/02/10	21:55:51.27	-70.38492	-34.9680	6.44	0.09	2.00
02/02/10	22:38:49.94	-70.38293	-35.0363	8.95	0.17	2.18
02/02/10	23:43:55.34	-70.28870	-34.8351	5.68	0.15	1.71
03/02/10	1:33:16.06	-71.50870	-34.8390	23.41	0.22	2.81
03/02/10	2:20:46.26	-70.39236	-35.0591	8.60	0.09	1.85
03/02/10	7:51:51.30	-70.26254	-34.8445	3.43	0.20	1.80
03/02/10	21:44:43.08	-71.48398	-34.8150	50.00	0.21	2.84
04/02/10	1:16:31.17	-70.26993	-34.8363	5.00	0.11	1.68
04/02/10	2:15:28.03	-70.27618	-34.8357	4.94	0.12	1.60
04/02/10	4:33:44.83	-70.29553	-34.8356	6.80	0.05	0.00
04/02/10	6:12:17.76	-70.28275	-34.8327	5.16	0.17	1.79
04/02/10	8:9:49.69	-71.78998	-34.5750	30.00	0.44	2.75
04/02/10	8:43:9.99	-70.26639	-34.8374	4.89	0.16	1.84
04/02/10	8:46:17.06	-70.30020	-34.8329	6.59	0.19	1.57
04/02/10	10:48:25.79	-70.26691	-34.8394	4.02	0.12	1.79
04/02/10	14:8:47.60	-70.50540	-34.8906	2.44	0.13	1.42
04/02/10	15:10:33.68	-70.27103	-34.8376	4.69	0.14	1.92
04/02/10	17:58:48.84	-71.56000	-32.2320	89.63	0.69	4.49
05/02/10	6:50:37.16	-71.55399	-34.4570	20.00	0.35	2.62
05/02/10	9:16:54.41	-70.66098	-32.8560	99.20	0.76	4.38
05/02/10	12:10:40.47	-70.41681	-34.9795	7.88	0.13	1.17
05/02/10	18:15:28.61	-70.50269	-34.8913	3.42	0.08	0.55
05/02/10	20:42:57.37	-70.34818	-34.6901	6.99	0.16	2.37
05/02/10	20:45:18.13	-70.37039	-34.6926	7.36	0.13	1.37
06/02/10	2:7:3.77	-70.36990	-34.6906	7.68	0.12	1.91
06/02/10	2:45:32.50	-70.42151	-34.9844	5.37	0.54	0.65
06/02/10	9:48:13.21	-70.28909	-34.8305	7.12	0.11	1.28

06/02/10	11:14:4.19	-71.46899	-34.9390	20.00	0.39	2.58
06/02/10	14:13:15.89	-70.27670	-34.8371	4.89	0.21	1.74
06/02/10	16:3:43.26	-70.38605	-34.5663	7.00	0.17	2.01
06/02/10	18:4:12.27	-70.38968	-34.6878	5.73	0.02	1.28
06/02/10	20:56:4.52	-70.34998	-34.5460	10.27	0.31	1.73
07/02/10	5:42:12.58	-70.38382	-35.0400	7.48	0.12	1.30
07/02/10	7:22:32.28	-70.27203	-34.8266	1.84	0.15	1.32
07/02/10	7:30:54.61	-70.37769	-35.0496	8.05	0.10	1.21
07/02/10	8:17:18.87	-70.38617	-35.0336	7.81	0.12	1.54
07/02/10	8:39:50.26	-70.38290	-35.0422	8.18	0.10	1.67
07/02/10	18:48:11.38	-70.30734	-34.9608	6.94	0.04	1.13
08/02/10	1:16:39.47	-70.38455	-35.0359	9.16	0.11	1.87
08/02/10	1:19:33.66	-70.27756	-34.8861	2.77	0.08	1.65
08/02/10	4:43:57.51	-70.16306	-34.4562	21.44	0.19	2.30
08/02/10	4:55:50.97	-70.36310	-34.9243	0.90	0.06	1.57
08/02/10	5:31:17.02	-70.26715	-34.8340	4.02	0.15	1.74
08/02/10	12:23:49.69	-70.36533	-35.0251	7.55	0.09	1.73
08/02/10	13:7:5.24	-71.75497	-34.5640	19.04	0.76	3.39
08/02/10	13:58:29.48	-70.28906	-34.8345	5.86	0.08	1.62
08/02/10	14:3:4.24	-70.38150	-35.0309	10.76	0.12	1.96
08/02/10	22:12:45.35	-70.36359	-34.9490	4.32	0.12	1.27
08/02/10	23:37:27.10	-71.29099	-34.6620	74.67	0.51	3.19
09/02/10	7:48:12.69	-70.60498	-31.3230	2.00	0.88	3.69
09/02/10	8:2:47.40	-70.75800	-33.7310	9.84	0.58	3.15
09/02/10	17:47:8.96	-72.45499	-34.5050	50.00	0.46	3.49
09/02/10	19:13:27.24	-72.44299	-34.5370	80.01	0.66	3.99
09/02/10	22:46:28.42	-70.41910	-34.9981	7.28	0.37	1.87
10/02/10	2:49:58.03	-70.29739	-34.7398	45.87	0.81	2.13
10/02/10	19:47:54.74	-70.30933	-34.7071	8.16	0.10	1.55
10/02/10	21:46:48.47	-70.37784	-34.7056	11.50	0.09	1.77
10/02/10	23:6:14.87	-70.32199	-34.6870	8.46	0.30	1.89
11/02/10	1:24:37.23	-70.35629	-34.6891	7.87	0.12	1.73
11/02/10	2:47:4.36	-70.23300	-34.7210	8.77	0.27	1.84
11/02/10	2:56:41.95	-71.79199	-35.0720	30.00	0.65	3.10
11/02/10	6:36:27.69	-72.45300	-35.5960	153.49	1.01	4.71
11/02/10	14:10:5.47	-71.50598	-34.6790	40.00	0.29	2.85
11/02/10	15:9:32.17	-70.34897	-34.6427	9.73	0.13	1.72
11/02/10	17:32:43.10	-70.27542	-34.8822	4.34	0.05	1.65
12/02/10	4:35:29.38	-71.62598	-35.2890	50.00	0.79	2.94
12/02/10	10:5:19.11	-70.22885	-34.7392	4.27	0.09	1.75
12/02/10	17:35:47.18	-70.26807	-34.8338	5.22	0.26	1.69
12/02/10	20:18:23.40	-70.26981	-34.8313	4.80	0.18	1.89
12/02/10	22:20:40.72	-70.39163	-35.0559	7.70	0.10	1.80
12/02/10	22:27:17.08	-70.38760	-34.9954	7.95	0.15	1.48
13/02/10	5:31:20.48	-70.22977	-34.7227	8.44	0.12	1.78
13/02/10	11:44:19.46	-71.37000	-34.8440	69.77	0.47	3.03
13/02/10	12:33:48.60	-70.32098	-35.1540	153.89	0.68	3.36
13/02/10	14:24:51.03	-70.27545	-34.8353	5.46	0.19	1.81
13/02/10	16:1:14.85	-70.29272	-34.8306	6.57	0.15	1.56
13/02/10	22:43:45.52	-70.41510	-35.0999	14.92	0.09	1.90
13/02/10	22:49:47.17	-70.42267	-35.0323	10.72	0.20	1.78
13/02/10	23:38:28.73	-72.01797	-35.5000	4.21	0.72	1.97
14/02/10	1:45:21.16	-71.76199	-35.1090	66.64	0.65	3.33
14/02/10	3:53:37.70	-70.26962	-34.8336	4.93	0.10	1.80
14/02/10	3:53:58.44	-72.67899	-35.5080	11.57	0.94	3.63
14/02/10	6:44:24.45	-70.50815	-35.1385	17.22	0.16	2.20
14/02/10	7:17:19.69	-70.37225	-34.9336	2.17	0.07	1.35
14/02/10	23:8:3.42	-70.22000	-34.7237	9.97	0.19	1.17
15/02/10	1:8:45.88	-70.36328	-34.9496	4.69	0.17	1.30
15/02/10	7:47:0.42	-70.37265	-34.9325	1.83	0.07	1.36
15/02/10	19:23:53.61	-71.84207	-34.5395	-1.90	0.29	2.95
16/02/10	1:41:1.81	-70.26984	-34.8915	4.60	0.08	1.52
16/02/10	3:43:7.08	-70.49292	-34.5772	10.82	0.40	2.04
16/02/10	23:2:26.62	-70.40399	-34.5690	20.00	0.51	2.30
17/02/10	8:24:45.05	-70.68347	-34.1811	-1.90	0.56	3.09
17/02/10	10:56:12.74	-71.37799	-34.4780	20.00	0.40	2.63
17/02/10	19:53:23.88	-70.25699	-34.1150	2.00	0.31	1.35
17/02/10	20:12:44.15	-70.33810	-34.8048	3.26	0.03	1.47
17/02/10	20:47:55.38	-70.14578	-34.2343	-0.41	0.40	2.58
17/02/10	23:27:21.36	-71.18698	-34.2890	40.00	0.14	2.80
18/02/10	5:53:43.55	-70.33456	-34.8198	9.62	0.12	1.70
18/02/10	10:4:69.46	-70.65317	-34.7842	-0.39	1.06	1.36
18/02/10	17:57:57.58	-70.39523	-35.0509	7.80	0.03	0.00
19/02/10	21:4:7.56	-70.31702	-34.9674	6.25	0.13	1.41
20/02/10	1:8:21.00	-70.37579	-34.9459	9.75	0.08	1.10
20/02/10	1:37:45.83	-70.27188	-34.8940	6.31	0.16	1.85
20/02/10	1:39:18.79	-70.27301	-34.8974	4.91	0.16	0.00
20/02/10	1:39:46.27	-70.26608	-34.8915	5.90	0.14	0.00
20/02/10	1:49:31.20	-70.26807	-34.8920	5.16	0.14	0.00
20/02/10	2:8:44.53	-70.26849	-34.8924	5.55	0.12	1.49
20/02/10	2:22:18.43	-70.27036	-34.8958	4.81	0.13	1.00
20/02/10	2:23:44.50	-70.27002	-34.8948	5.68	0.16	1.10
20/02/10	3:9:49.59	-70.28622	-34.8960	7.69	0.12	0.90
20/02/10	3:12:37.03	-70.26697	-34.8936	5.33	0.12	0.00
20/02/10	3:13:6.25	-70.27173	-34.8925	6.10	0.11	0.78
20/02/10	3:55:41.63	-70.20053	-34.8069	6.89	0.16	1.28
20/02/10	4:4:36.85	-70.28357	-34.8955	5.80	0.25	0.00
20/02/10	4:4:46.75	-70.26941	-34.8882	5.57	0.13	1.07
20/02/10	4:43:29.82	-70.41791	-35.0241	12.24	0.21	1.98
20/02/10	5:57:5.72	-70.26062	-34.9003	2.89	0.17	1.43

20/02/10	6:3:22.00	-70.38574	-35.0495	10.94	0.09	1.26
20/02/10	6:49:56.78	-70.26898	-34.8943	5.88	0.16	1.42
20/02/10	6:50:38.39	-70.27029	-34.8921	6.02	0.09	1.17
20/02/10	6:53:44.55	-70.27039	-34.8852	5.84	0.16	1.50
20/02/10	6:55:24.71	-70.26535	-34.8965	5.04	0.15	1.17
20/02/10	7:10:3.29	-70.27170	-34.8960	5.30	0.19	1.74
20/02/10	7:31:4.07	-70.26819	-34.8869	4.22	0.04	0.70
20/02/10	7:34:41.06	-70.27740	-34.8981	5.52	0.10	1.10
20/02/10	7:39:24.95	-70.27005	-34.8910	5.73	0.12	0.00
20/02/10	7:59:34.80	-70.25375	-34.8918	5.13	0.12	0.00
20/02/10	8:0:20.34	-70.26660	-34.8895	4.53	0.13	1.30
20/02/10	8:0:44.15	-70.26666	-34.8920	5.51	0.13	0.00
20/02/10	8:9:10.24	-70.26956	-34.8993	5.63	0.14	1.20
20/02/10	8:11:53.36	-70.27725	-34.8916	5.69	0.13	0.00
20/02/10	8:18:10.15	-70.27597	-34.8807	7.38	0.04	0.00
20/02/10	8:53:59.33	-70.26413	-34.8881	4.75	0.13	0.90
20/02/10	8:57:14.76	-70.26263	-34.8924	4.25	0.12	1.10
20/02/10	9:54:6.55	-70.26871	-34.8895	5.43	0.10	1.10
20/02/10	13:33:2.49	-70.28522	-35.0196	7.76	0.21	1.57
20/02/10	19:45:30.69	-70.37341	-34.8377	-0.81	0.05	0.00
20/02/10	20:55:34.27	-69.82800	-34.3850	2.00	0.39	0.00
20/02/10	21:13:39.57	-70.05298	-32.6030	0.02	0.71	0.00
20/02/10	23:12:57.78	-70.41269	-34.9927	6.13	0.19	1.08
20/02/10	23:36:12.95	-70.26245	-34.8848	5.67	0.20	1.72
21/02/10	0:24:48.07	-70.27060	-34.8857	4.96	0.13	0.87
21/02/10	0:38:47.72	-70.40002	-35.0370	9.77	0.08	1.00
21/02/10	0:42:13.31	-70.27103	-34.8898	4.36	0.09	1.22
21/02/10	1:55:39.25	-70.29633	-35.0243	2.89	0.15	0.00
21/02/10	11:33:12.72	-70.44400	-34.7470	164.16	2.05	0.00
21/02/10	14:31:42.89	-70.28043	-34.8799	9.03	0.21	1.30
21/02/10	15:38:52.32	-72.07898	-34.2540	9.64	0.39	0.00
21/02/10	18:42:28.04	-70.39600	-35.0190	14.10	0.23	0.00
21/02/10	19:29:59.66	-69.34900	-35.9970	2.00	0.54	1.80
21/02/10	19:46:47.38	-70.25861	-34.8588	5.68	0.08	0.00
21/02/10	21:59:20.53	-70.33047	-34.9441	11.69	0.18	1.07
21/02/10	22:22:3.58	-70.40546	-34.9928	6.52	0.20	1.62
21/02/10	22:24:48.22	-70.30798	-34.0700	10.00	0.49	0.00
21/02/10	23:28:45.62	-70.29858	-34.8297	7.71	0.24	1.20
21/02/10	23:55:48.72	-70.44186	-35.0264	11.66	0.08	1.20
22/02/10	0:33:39.87	-71.54199	-35.9580	80.08	0.90	0.00
22/02/10	0:52:13.97	-70.32379	-34.9643	7.93	0.16	1.43
22/02/10	2:43:22.03	-70.31406	-34.5397	9.85	0.27	1.50
22/02/10	4:1:51.52	-71.72256	-34.6964	49.41	0.48	3.35
22/02/10	6:35:50.06	-70.37131	-35.0225	7.87	0.07	1.20
22/02/10	14:0:12.74	-72.84311	-34.9615	6.17	0.53	3.65
22/02/10	16:5:30.26	-70.25525	-34.8317	9.41	0.10	0.00
22/02/10	16:5:44.73	-70.26389	-34.8212	11.32	0.17	0.85
22/02/10	16:55:41.57	-72.88300	-35.3980	115.22	0.66	0.00
22/02/10	17:20:5.12	-70.38901	-35.0377	8.07	0.10	1.10
23/02/10	1:35:16.16	-70.38388	-34.8446	-1.66	0.11	0.50
23/02/10	2:3:8.36	-71.28400	-34.4900	20.00	0.25	2.30
23/02/10	7:34:58.14	-70.95099	-34.9330	27.27	0.39	1.87
23/02/10	10:59:18.26	-70.34000	-34.5450	8.12	0.30	1.97
23/02/10	11:0:37.79	-70.22421	-34.7878	9.54	0.10	1.07
23/02/10	21:28:19.82	-71.30298	-34.5540	50.00	0.57	0.00
23/02/10	22:47:57.00	-70.41196	-34.9861	6.46	0.21	1.55
24/02/10	1:30:46.97	-70.47983	-34.8743	20.58	0.36	0.00
24/02/10	4:7:49.10	-70.33478	-34.9257	5.52	0.16	1.10
24/02/10	5:16:16.41	-70.43961	-35.0231	13.65	0.15	1.90
24/02/10	5:43:27.95	-71.87198	-33.3610	68.63	0.84	0.00
24/02/10	13:6:28.82	-70.36996	-35.0100	7.54	0.10	1.13
24/02/10	13:11:7.50	-70.33768	-35.0564	3.27	0.15	1.05
25/02/10	5:35:11.40	-70.42279	-34.9699	6.65	0.18	1.50
25/02/10	6:23:34.03	-71.68198	-35.0090	40.00	0.44	0.00
25/02/10	8:12:11.16	-70.36484	-35.0427	7.55	0.15	1.20
25/02/10	9:9:24.13	-70.36929	-35.0449	7.96	0.14	1.05
25/02/10	14:43:21.55	-70.00198	-34.3880	10.00	0.21	0.00
25/02/10	16:3:30.23	-70.27567	-34.8218	3.23	0.12	0.93
26/02/10	3:32:11.07	-70.35535	-35.0198	6.87	0.18	1.10
26/02/10	3:45:31.57	-71.36697	-35.4660	145.78	0.88	0.00
26/02/10	9:40:45.69	-70.43948	-35.0086	14.40	0.17	1.23
26/02/10	12:42:50.28	-70.37375	-35.0459	7.95	0.12	1.60
26/02/10	12:59:29.47	-70.36792	-35.0206	7.94	0.10	1.05
26/02/10	14:40:6.97	-72.14600	-34.0230	2.56	0.47	2.04
26/02/10	15:12:2.91	-71.71698	-35.1850	30.00	0.40	0.00
26/02/10	18:51:47.46	-71.96899	-33.6630	10.46	0.80	0.00
27/02/10	0:42:29.91	-72.43399	-33.9300	59.99	0.66	0.00
27/02/10	4:51:10.24	-70.22000	-34.1760	2.00	0.35	2.45
27/02/10	6:33:55.56	-74.32397	-36.4640	4.01	0.31	0.00
28/02/10	16:37:58.58	-72.07999	-35.9160	58.71	0.53	4.13
28/02/10	16:52:56.38	-71.16000	-33.9840	69.72	0.43	0.00
28/02/10	17:4:11.11	-71.69000	-35.0140	80.00	0.58	0.00
28/02/10	17:19:10.11	-70.34598	-35.5160	0.41	0.24	0.00
28/02/10	17:53:8.74	-71.28699	-34.6170	89.82	0.43	0.00
28/02/10	19:41:13.14	-72.14999	-34.8780	40.00	0.35	0.00
28/02/10	19:44:30.94	-72.32300	-35.1240	20.06	1.05	0.00
28/02/10	19:58:55.02	-72.04599	-34.4600	20.07	0.78	0.00
28/02/10	20:0:48.21	-72.85498	-34.8960	50.00	0.70	0.00
28/02/10	21:7:29.34	-71.69498	-33.3530	89.59	0.66	0.00
28/02/10	21:11:46.32	-72.20999	-35.2090	0.57	0.66	3.10

28/02/10	21:13:31.30	-72.91498	-34.8760	30.40	0.62	0.00
28/02/10	21:26:55.94	-72.04700	-34.2950	40.00	0.42	0.00
28/02/10	21:56:4.99	-72.11798	-34.7400	9.91	0.39	0.00
28/02/10	21:56:58.16	-72.41199	-36.0410	81.29	0.64	4.30
28/02/10	22:15:49.31	-71.92599	-35.1130	11.44	1.10	0.00
28/02/10	22:30:47.13	-72.33798	-33.8740	70.50	1.05	4.00
28/02/10	22:33:12.83	-71.82599	-33.7280	50.00	0.82	0.00
28/02/10	23:14:48.82	-72.35098	-35.4660	29.56	0.65	3.20
01/03/10	0:37:8.81	-72.29300	-34.6640	40.00	0.30	0.00
01/03/10	1:16:10.72	-70.63599	-35.2000	2.39	1.39	1.80
01/03/10	2:19:46.16	-72.86398	-34.7500	60.01	1.37	0.00
01/03/10	2:53:44.95	-71.94400	-34.3250	0.00	0.63	3.40
01/03/10	2:59:35.91	-72.10800	-34.6310	59.98	1.11	3.20
01/03/10	3:2:26.42	-72.42297	-34.7050	2.32	0.49	0.00
01/03/10	3:13:32.57	-72.86200	-34.8250	39.47	0.55	3.50
01/03/10	3:31:28.68	-72.54398	-34.6700	91.48	0.79	0.00
01/03/10	3:43:58.84	-72.57498	-35.7690	93.78	0.80	0.00
01/03/10	5:11:26.01	-68.77460	-35.1979	-1.90	0.77	0.00
01/03/10	7:17:56.70	-71.47598	-33.5040	2.00	0.34	0.00
01/03/10	7:45:30.82	-72.11298	-34.0460	91.27	1.09	4.20
01/03/10	8:51:31.96	-72.28320	-34.1535	44.33	1.21	0.00
01/03/10	8:54:57.79	-71.64297	-33.8500	40.00	0.11	0.00
01/03/10	9:1:52.15	-72.29700	-35.4240	88.79	0.69	0.00
01/03/10	9:4:22.43	-72.64398	-34.5870	9.89	0.62	0.00
01/03/10	9:26:42.38	-72.96600	-34.2750	39.45	0.50	3.55
01/03/10	10:23:58.23	-72.24347	-34.5529	17.60	0.51	0.00
01/03/10	11:20:14.12	-72.22000	-34.5880	40.00	0.30	0.00
01/03/10	11:27:58.09	-72.80899	-35.1570	9.90	0.67	0.00
01/03/10	11:42:2.66	-72.06097	-35.1860	98.21	0.89	0.00
01/03/10	11:52:12.24	-72.18298	-35.2200	150.21	0.69	0.00
01/03/10	11:58:21.94	-72.79498	-34.5830	9.93	0.89	0.00
01/03/10	12:6:3.05	-72.09299	-34.4230	9.77	0.44	0.00
01/03/10	12:8:41.99	-72.00497	-34.7010	9.98	0.44	0.00
01/03/10	12:16:8.09	-71.94598	-34.1720	9.91	0.46	2.80
01/03/10	12:39:56.04	-72.72498	-36.7280	2.00	0.29	0.00
01/03/10	12:54:22.79	-71.31198	-34.0200	11.35	1.32	3.30
01/03/10	13:19:47.31	-71.82498	-34.2330	0.44	1.09	0.00
01/03/10	13:25:25.82	-71.11072	-34.4166	4.97	0.25	1.52
01/03/10	13:29:33.79	-73.02798	-34.8240	60.03	1.51	3.70
01/03/10	13:38:32.73	-72.13098	-34.4750	22.60	0.69	0.00
01/03/10	13:47:24.62	-72.03198	-35.2700	59.81	0.67	3.23
01/03/10	14:57:11.86	-72.81799	-34.5000	20.03	0.55	0.00
01/03/10	15:21:49.23	-70.55667	-35.2344	15.63	0.59	2.33
01/03/10	15:48:50.37	-71.77200	-33.8420	50.00	0.18	0.00
01/03/10	16:12:43.42	-72.92297	-35.0950	79.82	1.20	0.00
01/03/10	16:13:10.03	-71.71722	-34.2352	5.34	0.47	0.00
01/03/10	16:24:46.03	-73.77298	-35.3930	21.24	0.44	0.00
01/03/10	16:31:44.94	-72.05469	-35.4464	18.58	1.08	0.00
01/03/10	16:42:41.57	-71.48599	-34.1060	10.27	0.67	2.80
01/03/10	17:4:44.49	-72.57800	-34.6640	110.80	0.56	0.00
01/03/10	17:17:36.08	-72.20200	-35.0220	40.00	0.89	0.00
01/03/10	17:43:5.21	-72.09598	-34.1020	150.44	0.45	0.00
01/03/10	18:6:42.87	-71.48099	-34.1530	9.43	0.82	0.00
01/03/10	18:25:26.43	-72.05698	-35.1670	128.88	0.64	0.00
01/03/10	18:40:33.08	-72.64398	-34.9480	30.04	0.91	0.00
01/03/10	18:47:42.95	-71.74698	-34.5910	9.97	0.56	0.00
01/03/10	18:55:29.00	-72.54498	-35.8360	28.39	0.33	3.40
01/03/10	19:1:42.78	-72.12799	-33.8120	10.35	1.12	0.00
01/03/10	19:3:36.36	-72.33157	-35.6243	-1.90	0.53	0.00
01/03/10	19:5:21.88	-71.57498	-34.5710	50.00	0.21	3.30
01/03/10	19:44:7.20	-72.27399	-34.0310	2.00	0.71	0.00
01/03/10	19:50:59.50	-72.40598	-34.6000	50.00	0.42	0.00
01/03/10	19:55:9.25	-71.48999	-33.5100	109.86	0.78	0.00
01/03/10	19:58:3.57	-72.91998	-35.6090	39.35	1.10	0.00
01/03/10	20:13:35.73	-71.60599	-35.0812	10.43	0.55	0.00
01/03/10	20:15:4.39	-72.56735	-35.4773	22.09	0.29	0.00
01/03/10	20:33:29.50	-71.84299	-33.9770	91.31	0.74	0.00
01/03/10	20:56:4.38	-72.39679	-35.4900	20.70	1.03	0.00
01/03/10	20:57:0.05	-73.59000	-35.7480	89.98	0.70	0.00
01/03/10	21:6:49.39	-72.40500	-37.2030	2.00	0.69	0.00
01/03/10	21:12:1.51	-71.89899	-34.3430	9.83	0.88	0.00
01/03/10	21:19:32.73	-72.09698	-33.2520	139.28	0.38	0.00
01/03/10	21:29:27.50	-72.43900	-34.4880	19.75	0.84	3.13
01/03/10	21:32:20.77	-71.98398	-34.1280	29.99	0.67	0.00
01/03/10	21:53:53.48	-71.64899	-33.6890	30.04	0.63	0.00
01/03/10	21:54:53.74	-72.13300	-35.3780	60.37	0.87	0.00
01/03/10	22:1:23.96	-71.65399	-34.8260	10.00	0.42	0.00
01/03/10	22:1:59.68	-71.63599	-34.7740	30.00	0.28	0.00
01/03/10	22:34:15.23	-71.39398	-34.0650	19.89	0.24	0.00
01/03/10	22:37:54.35	-73.00299	-34.4920	50.00	0.94	0.00
01/03/10	23:14:56.22	-72.03299	-34.7570	10.59	0.66	2.93
01/03/10	23:32:3.76	-73.09799	-35.2960	7.04	0.65	0.00
01/03/10	23:38:7.01	-72.87000	-34.8060	18.75	1.07	4.00
01/03/10	23:43:56.90	-72.03500	-34.2630	10.14	1.02	0.00
01/03/10	23:46:40.97	-73.32559	-35.4274	60.66	0.54	0.00
02/03/10	0:2:21.54	-71.52100	-34.2540	10.00	0.38	0.00
02/03/10	0:19:54.48	-72.67798	-34.9780	129.96	0.50	4.10
02/03/10	0:31:35.26	-72.60800	-34.4870	9.92	0.80	0.00
02/03/10	0:39:26.17	-72.59698	-34.2910	19.72	0.47	0.00
02/03/10	0:46:48.39	-71.86792	-34.4839	5.53	0.71	0.00

02/03/10	0:48:44.74	-72.31900	-34.4280	20.98	0.23	3.53
02/03/10	0:54:7.97	-71.88199	-35.0990	30.00	0.85	0.00
02/03/10	1:2:5.44	-71.91098	-34.3320	0.34	0.65	2.70
02/03/10	1:8:50.21	-71.95798	-34.4640	5.12	0.37	0.00
02/03/10	1:26:37.25	-71.77899	-34.8800	50.00	0.40	0.00
02/03/10	1:32:53.83	-71.82300	-34.9920	21.55	0.69	0.00
02/03/10	1:40:37.72	-72.71100	-34.5720	98.35	0.59	3.90
02/03/10	1:56:7.11	-71.61798	-35.0810	50.00	0.79	0.00
02/03/10	2:15:28.27	-71.60800	-34.2960	19.91	0.37	2.85
02/03/10	2:22:23.50	-71.87265	-34.2772	8.61	0.64	2.64
02/03/10	2:26:50.83	-72.02200	-34.2460	20.45	0.61	0.00
02/03/10	2:44:34.70	-72.31000	-34.6370	107.63	0.89	0.00
02/03/10	2:48:1.90	-72.01828	-34.3924	15.97	0.66	3.10
02/03/10	3:1:29.56	-72.53699	-35.2400	79.97	0.40	0.00
02/03/10	3:18:26.53	-69.00998	-33.4080	1.00	0.55	0.00
02/03/10	4:1:24.60	-72.55099	-35.1160	79.88	1.24	0.00
02/03/10	4:5:37.97	-71.91583	-35.3751	19.72	0.66	0.00
02/03/10	4:16:31.16	-68.29700	-32.5860	2.00	0.59	0.00
02/03/10	4:18:29.39	-72.76599	-35.9420	2.00	0.37	0.00
02/03/10	4:22:14.99	-72.70599	-34.5950	19.85	0.52	0.00
02/03/10	4:24:9.04	-69.04388	-34.1023	10.29	1.01	0.00
02/03/10	4:32:14.22	-72.01700	-35.0320	0.50	1.05	1.76
02/03/10	4:37:23.08	-70.11899	-33.5300	1.00	0.35	0.00
02/03/10	4:45:33.46	-71.72000	-34.0470	20.04	1.05	0.00
02/03/10	4:51:44.00	-72.75198	-36.0670	12.32	0.97	4.10
02/03/10	4:59:22.38	-72.25998	-34.9780	50.00	1.17	0.00
02/03/10	5:1:39.46	-73.46844	-35.3201	38.11	0.57	0.00
02/03/10	5:6:38.24	-71.88199	-35.0000	10.60	0.38	0.00
02/03/10	5:12:51.22	-72.92899	-34.4080	9.95	0.68	0.00
02/03/10	5:15:58.55	-70.35699	-33.5770	0.10	0.91	1.89
02/03/10	5:20:18.29	-72.91199	-34.8840	20.06	1.52	0.00
02/03/10	5:26:44.66	-71.72897	-34.8460	80.03	1.23	0.00
02/03/10	5:42:13.98	-72.03500	-34.1020	5.75	0.51	0.00
02/03/10	5:44:13.87	-70.73306	-34.8211	-1.90	0.55	0.00
02/03/10	5:48:48.79	-74.20599	-34.9720	140.22	0.56	0.00
02/03/10	5:55:4.80	-72.08798	-34.3710	29.81	0.97	0.00
02/03/10	6:0:41.11	-72.98798	-35.6260	10.20	0.67	0.00
02/03/10	6:47:21.21	-71.76126	-35.2869	11.72	0.82	0.00
02/03/10	6:51:2.32	-71.74399	-34.4110	86.13	0.76	0.00
02/03/10	7:14:49.47	-69.09729	-34.1980	-0.49	0.71	0.00
02/03/10	7:20:12.18	-72.09698	-34.8950	2.00	0.32	0.00
02/03/10	7:30:37.94	-71.99197	-34.2550	9.71	0.68	3.20
02/03/10	7:32:11.81	-72.52100	-34.8870	40.00	0.55	0.00
02/03/10	7:33:23.91	-71.91998	-34.5040	5.65	0.48	0.00
02/03/10	7:54:50.83	-71.67398	-34.7460	40.00	0.31	0.00
02/03/10	8:1:36.38	-72.92172	-35.6700	21.81	0.34	0.00
02/03/10	8:12:24.36	-71.93597	-34.3920	9.83	0.71	0.00
02/03/10	8:20:7.38	-71.43799	-35.1760	132.39	0.60	0.00
02/03/10	8:21:28.07	-71.18500	-33.8640	11.91	0.96	0.00
02/03/10	8:39:20.93	-72.23721	-34.2865	16.83	1.53	0.00
02/03/10	8:42:29.82	-71.99197	-34.5870	5.21	0.47	0.00
02/03/10	8:49:48.26	-72.09799	-34.9950	0.00	0.74	0.00
02/03/10	9:53:39.17	-72.90698	-35.4360	30.40	1.37	0.00
02/03/10	10:33:2.91	-72.44299	-35.5770	40.00	0.47	0.00
02/03/10	10:36:47.29	-71.70999	-34.6880	30.00	0.61	0.00
02/03/10	10:40:2.97	-71.99799	-34.4990	19.84	0.40	0.00
02/03/10	11:3:36.38	-72.88300	-35.0840	80.72	0.79	4.40
02/03/10	11:54:49.28	-69.74817	-35.1804	-1.90	1.02	0.00
02/03/10	12:0:48.57	-72.68799	-35.4640	0.25	0.61	0.00
02/03/10	12:6:50.61	-72.84198	-35.3890	2.27	0.79	0.00
02/03/10	12:10:41.04	-71.93018	-35.2736	10.45	0.98	0.00
02/03/10	12:12:29.70	-72.94800	-34.7540	19.84	0.36	0.00
02/03/10	12:30:55.29	-72.20798	-34.9660	99.91	0.91	0.00
02/03/10	12:45:39.19	-71.79153	-34.4211	27.71	0.63	0.00
02/03/10	13:58:41.02	-72.69000	-34.7690	30.02	1.56	2.97
02/03/10	14:5:35.39	-72.39700	-35.0750	149.96	0.59	3.18
02/03/10	14:11:16.84	-72.01398	-34.6220	9.94	0.96	3.03
02/03/10	15:23:25.82	-71.94299	-34.6480	0.66	0.43	1.74
02/03/10	15:31:24.24	-72.26797	-35.1060	10.39	0.21	3.58
02/03/10	16:12:16.83	-72.82861	-34.8944	9.31	0.86	3.18
02/03/10	17:34:15.81	-71.73599	-34.1460	8.42	0.40	1.98
02/03/10	17:38:51.03	-71.40900	-33.9030	21.08	0.53	3.33
02/03/10	17:43:57.87	-71.79199	-34.3580	87.54	1.04	3.26
02/03/10	17:49:38.32	-71.37698	-34.0090	14.91	0.68	3.03
02/03/10	17:54:27.53	-71.81598	-35.0670	22.02	1.26	3.00
02/03/10	18:6:3.52	-71.32898	-34.0510	11.79	0.64	3.05
02/03/10	21:54:15.06	-71.46500	-34.1610	20.00	1.13	3.11
03/03/10	1:57:44.47	-71.93198	-34.0760	29.93	0.64	3.26
03/03/10	3:34:19.68	-72.36798	-35.5400	19.71	0.39	3.36
03/03/10	3:41:19.01	-71.98099	-34.3740	20.33	0.98	3.16
03/03/10	4:13:26.66	-71.90698	-34.2570	151.21	0.60	3.94
03/03/10	5:11:18.43	-71.91098	-34.6500	31.45	0.97	3.02
03/03/10	6:3:20.44	-72.92099	-34.4450	108.20	0.39	4.03
03/03/10	6:21:35.32	-71.70700	-33.7930	0.00	0.82	3.29
03/03/10	6:25:54.62	-72.05600	-33.6920	60.15	0.76	3.55
03/03/10	6:37:27.06	-72.82498	-35.4770	50.00	0.68	3.70
03/03/10	7:13:51.25	-71.94598	-34.1650	140.02	0.42	3.91
03/03/10	8:47:27.20	-72.21600	-33.7540	99.06	0.80	4.00
03/03/10	9:7:32.69	-71.71698	-34.7640	60.08	0.72	3.20
03/03/10	9:12:32.55	-71.96600	-34.5650	1.45	0.73	2.97

03/03/10	12:42:29.73	-72.03699	-34.5690	19.97	0.38	2.90
03/03/10	13:10:5.64	-72.21399	-34.6210	70.02	0.72	3.63
03/03/10	14:6:0.42	-72.32397	-34.4100	136.71	0.47	4.05
03/03/10	15:10:54.11	-71.53500	-35.3040	143.43	1.04	4.00
03/03/10	15:54:34.46	-71.97598	-35.3250	58.76	0.91	3.36
03/03/10	16:22:52.39	-72.64700	-35.0590	29.71	0.35	3.49
03/03/10	17:16:38.00	-72.36899	-35.0610	118.34	0.41	4.01
03/03/10	18:8:7.41	-72.70798	-34.2570	108.30	0.41	4.00
03/03/10	18:23:50.84	-71.46899	-34.1860	40.00	0.86	3.13
03/03/10	18:38:35.34	-71.31598	-35.0900	128.85	1.02	3.61
03/03/10	19:3:3.09	-72.35599	-35.4650	124.30	0.52	3.92
03/03/10	19:46:53.63	-71.47498	-34.0840	30.00	0.72	3.19
03/03/10	20:6:3.73	-72.43698	-34.1940	0.00	0.83	3.13
03/03/10	20:26:20.88	-72.18747	-34.7513	16.82	0.60	2.88
03/03/10	21:57:55.45	-71.94897	-34.2610	20.05	0.27	2.90
03/03/10	23:54:19.19	-72.51477	-35.5124	9.63	0.50	3.33
04/03/10	1:6:47.11	-72.28198	-34.3610	11.48	0.76	3.13
04/03/10	4:5:58.34	-72.03198	-33.9760	50.00	0.19	3.31
04/03/10	4:11:38.23	-71.65698	-34.9380	90.53	0.65	3.50
04/03/10	4:43:45.07	-72.05600	-35.6590	83.46	0.46	3.58
04/03/10	10:25:8.79	-72.03299	-34.1870	140.06	0.69	4.10
04/03/10	17:40:57.10	-72.19699	-34.8150	50.00	0.58	3.26
04/03/10	18:17:7.90	-71.98199	-34.8750	40.00	1.07	3.42
04/03/10	18:26:48.76	-71.78799	-33.9750	10.22	0.54	2.94
04/03/10	18:48:11.87	-71.42899	-34.7580	70.10	0.68	3.02
04/03/10	19:8:1.93	-71.55600	-33.5410	10.47	0.64	3.22
04/03/10	19:42:44.05	-72.03500	-34.2910	50.00	0.69	3.28
04/03/10	20:4:36.59	-71.91000	-34.3810	9.68	0.77	2.53
04/03/10	20:12:31.10	-70.77100	-36.0780	147.60	0.42	3.92
04/03/10	20:20:40.21	-71.81299	-34.8530	150.88	0.22	4.21
04/03/10	20:23:5.92	-72.23798	-35.2750	69.94	0.99	3.72
04/03/10	20:54:38.62	-71.95300	-34.5230	0.00	0.97	3.02
04/03/10	21:8:10.77	-72.56998	-34.4180	30.07	0.49	3.25
04/03/10	21:28:6.77	-71.91400	-34.5260	9.22	0.34	3.05
04/03/10	22:2:8.01	-71.77100	-34.8630	30.00	0.51	2.88
04/03/10	23:0:6.21	-71.97015	-34.6991	18.18	0.53	2.62
04/03/10	23:4:6.45	-71.69000	-33.5600	0.00	0.36	3.13
04/03/10	23:7:50.26	-72.36499	-34.1980	9.91	0.29	3.40
04/03/10	23:30:14.04	-71.35999	-34.3620	123.69	1.25	3.60
04/03/10	23:31:24.47	-72.04099	-34.1900	1.09	0.32	1.88
04/03/10	23:44:51.46	-72.77399	-34.9250	30.50	0.89	3.40
05/03/10	0:1:51.55	-71.83398	-35.0590	50.00	0.73	3.10
05/03/10	0:10:1.15	-72.28558	-34.6096	8.63	0.55	3.12
05/03/10	0:24:30.99	-69.16199	-36.5510	2.00	0.33	2.40
05/03/10	0:48:36.30	-72.10699	-34.0480	70.37	0.76	3.54
05/03/10	0:51:31.66	-72.49973	-34.4600	-1.90	1.22	3.25
05/03/10	1:10:70.11	-70.47397	-34.8423	16.12	0.82	2.87
05/03/10	1:14:7.78	-71.93198	-34.3940	9.99	0.52	2.93
05/03/10	1:32:7.79	-73.80249	-35.8874	49.62	0.30	3.40
05/03/10	1:34:42.45	-71.98193	-34.8622	8.17	0.30	3.10
05/03/10	2:23:2.08	-71.87500	-34.1380	16.33	0.07	1.79
05/03/10	3:3:43.64	-71.36798	-34.9530	123.27	0.30	3.47
05/03/10	3:9:30.68	-71.70599	-34.7090	20.00	1.17	2.80
05/03/10	3:19:6.75	-72.34201	-34.1896	0.31	0.66	3.22
05/03/10	3:25:9.80	-72.55698	-34.4030	78.91	0.63	3.76
05/03/10	3:39:48.97	-71.87198	-34.4970	21.13	0.37	2.93
05/03/10	3:46:51.57	-72.25098	-35.4070	0.93	0.71	2.13
05/03/10	4:21:39.22	-71.67200	-35.3540	108.81	0.78	3.52
05/03/10	4:23:51.01	-72.06198	-34.4350	9.60	0.46	3.00
05/03/10	4:28:9.80	-71.71500	-34.5950	10.00	0.86	2.63
05/03/10	4:31:33.60	-71.61960	-34.4378	65.68	0.52	3.35
05/03/10	4:35:17.73	-72.54398	-34.6550	59.90	0.39	3.45
05/03/10	4:42:4.23	-72.21399	-34.4800	2.88	0.23	2.14
05/03/10	4:57:14.94	-72.06097	-34.4310	121.52	0.64	3.76
05/03/10	5:13:16.58	-72.31699	-35.6320	1.94	0.61	3.27
05/03/10	5:17:58.16	-72.54498	-34.3850	89.81	0.85	3.74
05/03/10	5:55:31.23	-72.65698	-35.6680	28.66	0.74	3.56
05/03/10	6:7:22.86	-72.45898	-34.0010	29.18	0.81	3.40
05/03/10	6:31:24.77	-72.58698	-34.1160	30.64	0.52	3.48
05/03/10	6:33:28.10	-71.71600	-34.5690	9.27	0.31	3.16
05/03/10	6:46:7.11	-72.16699	-34.1540	0.27	0.93	2.12
05/03/10	7:8:45.69	-72.25400	-35.4640	129.78	0.47	4.18
05/03/10	7:15:0.12	-71.77399	-34.3980	40.00	0.62	3.42
05/03/10	9:11:51.64	-72.55954	-35.1627	46.01	1.03	3.90
05/03/10	9:17:37.63	-72.38400	-34.5850	0.79	0.38	2.88
05/03/10	9:49:10.45	-71.66898	-34.2900	50.00	0.17	3.31
05/03/10	10:52:9.27	-72.02698	-33.6840	10.39	0.77	3.24
05/03/10	11:42:57.32	-71.84680	-34.5008	5.08	0.42	2.70
05/03/10	13:52:27.86	-72.09299	-33.6150	59.99	0.65	3.67
05/03/10	14:56:25.20	-71.84399	-34.6730	28.67	0.33	2.80
05/03/10	15:5:23.02	-71.24600	-33.6230	27.41	0.89	3.07
05/03/10	15:17:27.50	-73.55499	-35.5480	19.86	0.85	3.80
05/03/10	15:34:0.80	-70.81900	-34.1080	200.12	1.12	4.30
05/03/10	16:18:40.16	-71.83499	-34.2880	3.85	0.74	2.93
05/03/10	16:39:41.88	-71.73398	-34.1370	10.19	0.99	2.90
05/03/10	17:10:7.56	-71.78198	-34.4780	120.79	0.52	3.66
05/03/10	18:29:51.81	-72.16373	-34.2294	15.66	0.32	3.10
05/03/10	18:36:41.81	-72.98425	-35.6061	44.92	0.87	2.92
05/03/10	19:3:19.63	-71.61398	-33.6560	0.00	0.15	3.03
05/03/10	19:10:30.33	-72.64798	-35.1110	103.35	0.23	3.82



05/03/10	19:12:9.95	-71.69800	-34.0000	84.78	1.44	3.30
05/03/10	19:28:54.67	-72.19000	-34.0680	1.80	0.73	2.14
05/03/10	19:30:49.78	-72.73199	-34.5700	120.44	0.74	4.18
05/03/10	19:45:29.06	-69.15491	-36.1162	38.57	0.51	2.02
05/03/10	19:50:21.52	-71.70700	-34.5140	80.29	0.86	3.40
05/03/10	19:54:31.15	-72.74698	-35.4730	0.25	0.39	2.36
05/03/10	20:37:7.44	-72.04898	-34.4710	29.99	0.61	3.00
05/03/10	20:42:43.90	-71.72198	-34.5830	130.12	0.71	3.82
05/03/10	21:25:30.35	-71.48300	-33.9450	10.08	0.38	2.98
05/03/10	21:59:54.36	-72.40500	-35.4120	40.00	0.76	3.44
05/03/10	22:9:27.29	-72.05099	-34.8130	3.26	0.75	3.13
05/03/10	22:20:7.87	-72.46899	-35.5110	39.73	0.43	3.38
05/03/10	22:29:17.18	-72.75598	-34.7930	80.44	0.47	3.80
05/03/10	22:35:26.90	-71.41498	-34.8530	100.62	0.43	3.35
05/03/10	23:8:38.64	-72.43298	-33.8310	10.01	0.69	3.35
05/03/10	23:28:29.30	-72.80600	-34.8310	29.36	0.89	3.43
05/03/10	23:29:51.03	-72.18100	-34.0540	90.35	0.22	3.80
05/03/10	23:35:54.22	-72.11200	-34.5950	12.20	0.66	3.08
06/03/10	0:6:14.31	-72.44000	-33.7380	20.06	1.33	3.52
06/03/10	0:15:6.24	-71.83200	-34.1120	7.64	0.82	2.77
06/03/10	0:35:11.31	-72.48099	-34.4380	8.99	0.64	3.15
06/03/10	0:46:41.21	-72.74197	-35.4350	99.93	0.31	4.05
06/03/10	1:1:46.28	-71.36365	-34.5311	-0.28	0.27	3.08
06/03/10	1:30:18.28	-71.87997	-35.8630	116.53	0.83	4.07
06/03/10	2:15:39.90	-72.67798	-34.0310	50.00	0.46	3.74
06/03/10	2:23:25.66	-71.79898	-34.5090	40.00	0.73	3.17
06/03/10	2:30:24.61	-72.23318	-34.8264	28.49	0.92	2.97
06/03/10	2:57:29.83	-72.84598	-34.6240	25.47	0.24	3.62
06/03/10	3:1:25.23	-72.83600	-34.5020	59.90	0.30	3.68
06/03/10	3:5:2.64	-71.97400	-34.8300	40.00	0.50	3.50
06/03/10	3:45:48.98	-72.12698	-34.8600	0.42	0.56	3.22
06/03/10	4:7:52.41	-72.43799	-34.6560	100.56	0.43	4.16
06/03/10	5:5:37.44	-72.49197	-35.1890	0.23	0.55	3.32
06/03/10	5:52:14.93	-72.88800	-33.9120	80.07	1.11	3.80
06/03/10	5:54:10.48	-72.66098	-34.4710	81.28	0.37	3.86
06/03/10	6:0:51.08	-72.89297	-35.5160	19.63	0.85	3.50
06/03/10	6:12:52.42	-71.76199	-34.1940	6.05	0.62	2.96
06/03/10	6:23:49.76	-72.43961	-35.4745	43.12	0.77	3.10
06/03/10	6:26:3.26	-72.19897	-34.7540	70.37	0.27	3.50
06/03/10	6:30:51.71	-72.16498	-34.8510	80.41	0.36	3.58
06/03/10	6:55:30.83	-71.72198	-34.4410	130.42	0.57	4.09
06/03/10	7:7:34.11	-72.15799	-34.5348	-0.94	0.63	3.09
06/03/10	7:9:29.03	-72.47498	-35.2270	60.15	0.97	3.62
06/03/10	7:15:32.39	-72.20099	-35.1780	10.56	0.49	3.18
06/03/10	7:17:29.03	-72.48999	-34.9160	19.87	0.53	3.04
06/03/10	7:25:18.02	-72.08298	-34.5230	40.00	0.87	3.22
06/03/10	8:4:23.36	-71.72198	-34.6610	30.00	0.88	3.03
06/03/10	8:23:52.81	-71.97198	-34.2820	29.87	0.29	3.26
06/03/10	8:48:58.25	-71.84171	-34.1647	8.66	0.57	3.07
06/03/10	8:54:3.42	-71.82700	-34.1680	32.50	0.39	3.25
06/03/10	9:32:38.54	-72.13800	-34.6280	0.00	0.34	3.12
06/03/10	9:35:37.23	-73.68799	-36.2760	27.86	0.58	4.10
06/03/10	9:52:58.96	-72.69174	-34.7428	22.85	0.32	3.12
06/03/10	10:9:39.44	-72.45200	-35.5950	79.87	0.68	3.68
06/03/10	10:13:12.16	-72.86102	-35.1754	11.18	0.27	3.44
06/03/10	10:36:28.71	-71.85199	-34.4700	2.63	0.58	1.92
06/03/10	10:41:41.64	-72.15399	-35.2771	-1.90	0.43	3.23
06/03/10	10:51:5.42	-72.15799	-34.1990	91.62	0.32	3.74
06/03/10	11:47:10.00	-72.02100	-34.2670	30.03	0.29	3.07
06/03/10	12:0:39.95	-73.84000	-34.7800	8.64	0.66	4.05
06/03/10	12:24:19.31	-72.09900	-34.2750	19.60	0.31	3.46
06/03/10	12:46:51.52	-72.41498	-34.7740	79.16	0.66	3.80
06/03/10	13:1:16.52	-71.43198	-33.9460	128.92	0.86	3.88
06/03/10	14:26:11.92	-72.22897	-34.1890	60.02	0.57	3.47
06/03/10	14:34:21.07	-72.38998	-34.1590	9.71	0.99	3.40
06/03/10	14:49:58.03	-72.39691	-35.4336	7.97	0.55	3.08
06/03/10	14:57:4.52	-71.84900	-34.2850	2.00	0.46	1.92
06/03/10	15:4:17.56	-72.23599	-36.2720	0.50	0.43	2.41
06/03/10	16:53:19.71	-71.95499	-35.7650	110.47	0.47	4.10
06/03/10	16:58:32.25	-71.86899	-34.5790	9.98	1.38	2.93
06/03/10	17:5:16.26	-72.64600	-35.4870	9.99	0.81	3.72
06/03/10	17:46:15.85	-71.87799	-34.5180	9.98	0.37	3.05
06/03/10	18:35:8.65	-71.89795	-34.5065	18.62	0.69	2.78
06/03/10	19:7:12.47	-71.52200	-34.5810	59.50	0.22	3.35
06/03/10	19:52:50.25	-71.73798	-34.7020	20.00	0.33	3.27
06/03/10	20:1:30.25	-69.97781	-36.4368	9.45	0.39	2.26
06/03/10	21:27:13.79	-71.97299	-34.2100	29.93	0.60	3.32
06/03/10	21:40:38.83	-72.08698	-34.4530	16.22	0.44	2.94
06/03/10	21:41:38.02	-72.15500	-35.0690	0.00	0.43	3.26
06/03/10	22:38:33.45	-71.39499	-34.1040	12.68	0.71	1.98
06/03/10	23:16:35.92	-72.48898	-34.6180	111.31	0.44	4.10
07/03/10	0:5:4.70	-72.80899	-34.8540	130.42	0.68	4.10
07/03/10	1:37:31.70	-71.74594	-34.5195	9.26	0.89	2.68
07/03/10	2:46:54.95	-71.77478	-34.3866	20.00	0.76	2.69
07/03/10	3:1:0.68	-71.73880	-34.2239	155.88	0.27	3.54
07/03/10	3:44:36.58	-71.97858	-34.5974	2.45	0.28	2.95
07/03/10	4:4:53.77	-72.45999	-35.3340	40.00	0.24	3.54
07/03/10	4:30:45.06	-71.69299	-33.2520	100.51	0.33	3.97
07/03/10	4:37:53.85	-71.76398	-34.1110	5.76	0.20	2.91
07/03/10	4:39:17.31	-72.23099	-34.9580	19.72	0.99	3.39

07/03/10	5:23:26.74	-71.77600	-34.1060	0.00	0.34	3.15
07/03/10	7:9:35.77	-71.78998	-35.2650	98.53	0.66	3.68
07/03/10	7:37:49.34	-72.59198	-36.2030	99.74	0.43	4.07
07/03/10	7:42:35.61	-72.49500	-34.3270	27.98	0.61	3.35
07/03/10	7:46:32.15	-72.23700	-34.1110	20.06	1.03	3.23
07/03/10	7:55:23.99	-72.49600	-35.2680	60.03	0.53	3.63
07/03/10	8:18:33.16	-71.79300	-34.5420	30.00	0.94	3.29
07/03/10	8:52:59.24	-72.18698	-34.4700	29.23	0.36	3.16
07/03/10	9:13:27.46	-72.13898	-34.3480	87.07	0.27	3.50
07/03/10	9:15:21.16	-72.22299	-35.5050	130.02	0.33	4.17
07/03/10	10:39:24.47	-70.71899	-33.6510	0.88	0.71	1.98
07/03/10	12:5:3.76	-71.57098	-34.6560	89.62	0.91	3.44
07/03/10	14:56:5.43	-71.62198	-34.6120	110.19	0.78	3.81
07/03/10	15:37:27.52	-71.76398	-34.1270	131.04	0.66	4.02
07/03/10	16:7:21.79	-72.23099	-34.3910	29.97	0.82	3.18
07/03/10	17:25:36.51	-70.76059	-36.0016	-1.90	0.85	3.41
07/03/10	18:1:30.71	-72.50198	-34.8170	19.86	0.41	3.27
07/03/10	18:5:36.36	-71.88199	-33.8900	30.36	0.27	3.40
07/03/10	19:58:14.91	-71.91199	-34.6730	20.01	0.76	3.14
07/03/10	22:33:21.74	-72.13498	-34.1060	79.86	0.69	3.68
07/03/10	22:42:11.05	-72.17398	-34.6390	7.05	0.54	3.35
08/03/10	0:50:28.72	-72.61697	-35.3070	50.00	0.68	3.68
08/03/10	1:32:23.78	-72.01700	-34.5460	19.83	0.79	3.05
08/03/10	1:41:19.07	-73.61200	-35.7080	50.00	0.54	4.06
08/03/10	6:2:23.43	-71.60699	-33.9440	89.97	0.67	3.47
08/03/10	6:21:17.13	-71.79071	-34.3359	5.38	1.29	3.17
08/03/10	8:40:5.07	-71.77298	-34.5040	30.00	0.94	3.10
08/03/10	9:7:16.06	-72.10397	-34.5120	70.18	0.30	3.63
08/03/10	9:13:26.84	-71.79599	-35.5240	136.90	0.25	4.01
08/03/10	10:9:12.04	-71.66199	-34.6990	88.44	0.52	3.81
08/03/10	12:6:0.74	-71.90698	-33.9490	129.47	0.88	4.31
08/03/10	13:38:24.55	-71.88599	-35.0900	50.00	0.61	3.50
08/03/10	14:57:49.45	-72.07397	-36.7300	109.69	0.93	4.45
08/03/10	15:36:43.27	-71.96689	-34.3691	4.69	0.44	2.95
08/03/10	15:39:34.17	-72.52200	-34.2850	50.00	0.97	3.47
08/03/10	17:2:5.97	-72.45398	-35.1340	20.00	0.30	3.42
08/03/10	17:16:12.12	-71.88199	-34.2790	0.42	0.53	3.30
08/03/10	17:24:17.24	-72.14297	-35.3170	59.94	0.77	3.58
08/03/10	17:58:57.80	-72.49600	-34.4260	120.49	0.55	4.13
08/03/10	21:45:55.22	-71.12646	-34.6036	21.43	0.68	3.30
08/03/10	22:1:23.19	-73.98300	-34.8530	59.97	0.91	4.22
08/03/10	23:3:13.11	-72.94498	-36.3280	2.00	0.18	2.68
08/03/10	23:11:41.50	-72.26099	-34.4090	9.54	0.56	1.92
08/03/10	23:13:43.10	-71.65900	-34.5750	10.00	1.00	2.90
08/03/10	23:19:36.16	-71.61600	-34.7290	99.31	0.43	3.55
08/03/10	23:39:11.82	-72.20300	-34.2240	89.53	0.45	3.67
08/03/10	23:40:38.88	-71.60599	-35.2080	118.58	0.94	4.12
08/03/10	23:58:52.84	-72.62500	-33.9780	0.25	0.73	2.20
09/03/10	0:11:58.88	-71.58398	-34.7020	40.00	0.75	3.27
09/03/10	0:38:34.70	-68.42029	-35.0642	0.80	0.87	2.32
09/03/10	0:45:25.84	-72.52499	-34.8330	70.61	0.24	3.72
09/03/10	0:54:6.14	-71.84698	-34.2210	40.00	0.43	3.12
09/03/10	1:2:41.66	-72.53699	-34.3810	0.25	0.54	2.15
09/03/10	1:4:11.54	-72.30899	-35.1210	0.00	0.37	2.98
09/03/10	2:11:47.88	-71.79898	-34.7780	50.00	0.32	3.58
09/03/10	2:20:25.11	-72.92297	-32.3070	2.00	0.84	3.21
09/03/10	2:23:19.13	-68.51483	-34.5999	153.49	0.42	3.96
09/03/10	2:27:59.75	-70.67099	-37.6720	1.00	0.98	2.85
09/03/10	2:33:48.47	-73.99298	-35.2690	60.02	0.23	4.44
09/03/10	3:14:11.92	-71.64398	-34.6840	50.00	1.07	3.32
09/03/10	3:33:28.89	-72.32700	-35.0070	40.00	0.81	3.28
09/03/10	3:34:35.74	-71.97247	-35.1538	18.05	0.33	2.97
09/03/10	3:38:23.13	-71.87399	-33.9890	9.62	0.40	2.95
09/03/10	3:48:17.74	-72.02899	-34.4670	40.00	0.42	3.38
09/03/10	4:27:3.93	-72.15799	-34.4990	9.83	0.44	3.08
09/03/10	4:29:28.05	-72.47299	-34.3890	29.94	0.22	3.82
09/03/10	4:52:12.26	-72.94800	-35.9980	40.24	0.54	3.87
09/03/10	4:54:1.95	-71.90698	-34.9010	120.05	0.60	3.97
09/03/10	5:1:22.34	-73.85300	-34.4540	100.05	0.52	4.58
09/03/10	5:26:14.76	-71.66199	-34.0090	1.00	0.73	1.62
09/03/10	5:49:9.47	-72.56097	-34.6620	70.19	1.12	3.69
09/03/10	6:0:26.71	-72.16498	-33.8750	50.00	0.20	3.64
09/03/10	7:12:5.84	-72.15298	-34.8480	60.02	0.54	3.20
09/03/10	7:34:42.00	-72.13699	-35.0140	0.00	0.30	3.23
09/03/10	7:56:10.03	-71.90698	-35.1130	34.46	0.56	3.29
09/03/10	8:1:50.34	-71.94800	-34.4740	20.06	0.25	3.10
09/03/10	8:15:25.89	-71.83698	-34.1510	10.04	0.47	2.85
09/03/10	9:26:38.43	-72.35800	-35.0960	0.50	0.64	2.06
09/03/10	9:29:9.40	-72.29099	-34.5100	7.80	0.58	2.02
09/03/10	9:34:50.07	-72.56000	-34.5850	8.92	0.76	3.37
09/03/10	9:46:13.68	-71.86600	-35.0260	59.85	0.47	3.07
09/03/10	10:3:34.37	-71.61166	-34.4817	8.43	0.60	2.83
09/03/10	10:7:45.63	-71.40198	-34.0260	15.78	0.38	3.22
09/03/10	10:30:21.50	-71.95886	-34.3872	12.14	0.27	1.96
09/03/10	10:43:9.92	-70.43799	-33.4660	127.82	1.14	3.94
09/03/10	11:8:45.25	-68.72757	-35.3395	7.56	0.17	3.00
09/03/10	11:26:5.35	-72.60599	-34.9100	80.40	1.03	3.88
09/03/10	11:50:23.40	-72.35999	-34.8130	40.00	0.69	3.32
09/03/10	12:8:47.26	-71.82599	-35.7030	129.61	0.73	4.27
09/03/10	12:22:42.69	-72.51300	-33.9420	39.60	0.55	3.58

09/03/10	12:49:49.59	-73.15799	-34.2460	29.53	0.93	3.87
09/03/10	13:0:4.21	-71.83298	-34.8303	13.99	0.40	3.36
09/03/10	13:5:45.19	-71.86084	-34.3360	6.15	0.57	1.84
09/03/10	13:12:45.09	-73.28500	-35.4880	70.04	0.28	4.30
09/03/10	13:41:5.37	-72.78098	-34.1250	79.82	0.16	4.14
09/03/10	14:33:37.36	-72.64026	-35.7666	-1.90	0.86	3.75
09/03/10	14:44:57.80	-72.26199	-34.6640	87.92	0.74	3.76
09/03/10	14:50:20.83	-72.53299	-35.9840	19.90	0.45	3.50
09/03/10	14:56:3.07	-72.01999	-34.6690	19.99	0.62	3.50
09/03/10	15:3:29.92	-72.09799	-33.4880	80.09	0.86	4.12
09/03/10	15:59:3.96	-72.38400	-33.7420	29.65	0.59	3.56
09/03/10	16:2:2.40	-72.41699	-34.1670	9.57	0.91	3.48
09/03/10	16:14:31.08	-72.33698	-35.5160	66.20	0.53	3.84
09/03/10	16:19:47.65	-72.93799	-35.3200	108.78	0.37	4.34
09/03/10	16:22:53.71	-74.05499	-35.1690	108.23	0.75	4.63
09/03/10	16:35:16.41	-71.89798	-34.6330	123.64	0.72	3.50
09/03/10	16:58:44.21	-72.79199	-34.7520	2.00	0.93	4.41
09/03/10	18:24:26.33	-71.87997	-34.8690	128.61	1.07	4.08
09/03/10	19:6:45.89	-72.87500	-34.9610	22.17	0.59	3.65
09/03/10	19:19:50.29	-72.35999	-36.4980	20.17	1.28	3.66
09/03/10	19:48:41.92	-72.90598	-34.1160	70.23	0.94	4.00
09/03/10	20:19:55.28	-72.17499	-34.8880	0.00	1.15	3.28
09/03/10	20:52:17.73	-71.85098	-33.9110	9.98	0.83	3.13
09/03/10	20:59:21.26	-74.14398	-34.8740	99.89	0.91	4.58
09/03/10	21:13:3.44	-72.54999	-34.5440	119.49	0.72	4.24
09/03/10	21:29:29.04	-72.55200	-34.1060	50.00	1.05	3.62
09/03/10	22:4:24.10	-71.62900	-34.8870	98.49	0.79	3.60
09/03/10	22:25:29.89	-72.54300	-34.8330	0.00	0.91	3.12
09/03/10	22:53:47.82	-71.28900	-36.3460	60.74	0.65	3.60
09/03/10	23:1:9.52	-72.00000	-34.6860	10.09	0.71	3.23
09/03/10	23:7:45.95	-71.96600	-34.8860	34.90	1.25	3.10
09/03/10	23:12:57.32	-71.13898	-33.2100	19.24	0.44	3.44
09/03/10	23:51:14.63	-71.58298	-33.8090	89.59	0.48	3.58
10/03/10	0:4:4.74	-72.11600	-34.7110	40.00	1.03	3.18
10/03/10	0:7:7.65	-72.12100	-34.4680	10.00	0.76	3.10
10/03/10	0:19:58.07	-72.02200	-34.0420	69.96	0.27	3.43
10/03/10	0:46:34.43	-71.93500	-35.8230	30.47	0.41	3.10
10/03/10	0:50:8.65	-72.45898	-34.7880	8.55	0.78	3.27
10/03/10	1:11:57.34	-72.71100	-34.6560	29.56	0.80	3.52
10/03/10	1:17:9.92	-72.35699	-34.4860	9.46	0.60	3.17
10/03/10	1:18:56.90	-72.15198	-33.9220	90.62	0.41	3.70
10/03/10	1:56:19.26	-72.49298	-34.4690	101.08	0.37	3.96
10/03/10	1:58:47.51	-71.34598	-33.9500	16.15	1.05	3.31
10/03/10	2:13:47.62	-71.91000	-34.3070	20.10	0.89	3.11
10/03/10	2:22:38.66	-71.71100	-34.7340	59.91	0.94	2.97
10/03/10	2:25:60.26	-72.22171	-34.1627	11.12	0.62	3.20
10/03/10	2:37:29.60	-72.30518	-34.0667	27.98	0.38	3.21
10/03/10	3:9:56.45	-71.79099	-35.1070	20.00	0.58	3.16
10/03/10	3:59:15.97	-71.84598	-33.8350	40.00	0.17	3.41
10/03/10	4:47:3.17	-72.54599	-34.2660	50.00	0.59	3.40
10/03/10	5:46:29.22	-72.60498	-34.8150	20.52	0.35	3.42
10/03/10	5:53:26.83	-72.81699	-35.6640	80.38	0.39	3.90
10/03/10	6:3:6.70	-73.28799	-35.0250	103.22	0.81	4.14
10/03/10	6:5:18.05	-71.91299	-34.4140	80.61	0.76	3.13
10/03/10	6:8:53.65	-72.50098	-35.0250	80.40	0.77	3.70
10/03/10	6:17:53.87	-72.40799	-33.9560	30.18	0.67	3.50
10/03/10	6:30:26.06	-72.36099	-34.6620	60.62	0.58	3.66
10/03/10	6:33:33.72	-71.52600	-34.8220	81.44	0.45	3.40
10/03/10	6:38:21.27	-72.10599	-34.4220	11.93	0.70	2.97
10/03/10	6:47:50.12	-71.98099	-34.3870	15.11	1.63	3.00
10/03/10	7:22:34.27	-71.94199	-33.5740	129.05	0.42	4.39
10/03/10	7:50:4.78	-68.44510	-34.3168	181.08	0.69	3.97
10/03/10	7:51:21.52	-71.93518	-34.4708	10.55	1.05	3.06
10/03/10	8:6:24.99	-71.96100	-34.3490	40.00	0.41	3.15
10/03/10	9:26:51.05	-72.55798	-35.2660	90.29	0.36	4.03
10/03/10	10:3:16.02	-72.43198	-34.2030	19.79	0.16	3.23
10/03/10	10:16:8.04	-72.72598	-34.7350	19.73	0.63	3.42
10/03/10	10:40:0.53	-71.90100	-34.0270	9.79	0.66	3.30
10/03/10	10:44:57.76	-71.91699	-34.4770	2.00	0.63	3.75
10/03/10	10:59:12.69	-71.62598	-35.9980	84.28	0.33	4.05
10/03/10	11:10:51.85	-71.82309	-35.2195	15.61	0.21	3.65
10/03/10	11:16:13.67	-71.81299	-34.2100	9.02	0.91	2.10
10/03/10	11:47:49.72	-71.97699	-34.5110	30.00	0.60	2.93
10/03/10	11:58:47.94	-71.28098	-34.5590	100.00	0.72	3.15
10/03/10	12:10:5.08	-71.66583	-34.7382	56.78	0.26	3.70
10/03/10	13:5:5.62	-70.21381	-34.2557	173.20	0.70	4.17
10/03/10	13:12:27.68	-72.85199	-36.2900	19.48	0.16	3.90
10/03/10	13:19:55.24	-72.90298	-33.7070	30.86	0.99	3.73
10/03/10	13:30:32.03	-71.06500	-33.8950	49.61	1.33	3.57
10/03/10	14:1:9.49	-73.06000	-36.7010	29.06	0.42	2.88
10/03/10	14:7:54.92	-71.43900	-34.2220	20.00	0.54	4.00
10/03/10	14:17:21.16	-73.31097	-35.7780	9.80	0.68	3.23
10/03/10	14:50:54.59	-72.13599	-34.2920	20.79	0.80	3.68
10/03/10	14:56:34.79	-71.66000	-34.7270	60.05	0.60	3.20
10/03/10	15:14:0.50	-71.89798	-34.3930	21.69	0.97	2.95
10/03/10	16:50:13.87	-72.28098	-34.1720	89.86	0.46	3.30
10/03/10	17:2:20.55	-72.04599	-34.2180	76.51	0.85	3.90
10/03/10	17:8:14.32	-72.90198	-34.9190	100.86	0.67	3.57
10/03/10	17:24:54.30	-72.18198	-35.4200	119.66	0.52	4.17
10/03/10	18:3:30.60	-72.03403	-34.1766	19.62	0.61	4.00

10/03/10	18:18:49.56	-68.85382	-34.2617	188.28	0.81	3.57
10/03/10	18:25:3.26	-72.25400	-34.0470	60.99	0.25	3.87
10/03/10	18:44:17.35	-73.02200	-36.0120	0.25	0.32	4.51
10/03/10	19:1:39.49	-71.57199	-33.9160	19.68	0.68	3.67
10/03/10	19:39:1.13	-72.54099	-34.7610	90.02	1.17	2.97
10/03/10	20:15:6.67	-71.86758	-34.2623	11.76	1.33	3.75
10/03/10	20:37:54.58	-68.98950	-34.4409	-1.90	0.80	4.11
10/03/10	20:45:23.80	-72.28229	-34.7389	13.82	0.24	2.72
10/03/10	20:46:49.55	-72.19980	-34.9569	2.33	1.10	2.95
10/03/10	21:51:42.19	-72.27899	-34.1100	50.00	0.28	3.44
10/03/10	21:58:47.18	-72.03799	-34.7950	19.75	0.31	3.38
10/03/10	22:19:12.46	-72.07397	-35.2500	16.98	0.56	3.16
10/03/10	22:55:26.74	-68.89505	-35.7335	5.82	0.63	4.02
10/03/10	23:20:36.10	-71.98099	-34.6340	0.00	0.83	2.94
10/03/10	23:34:30.98	-72.06799	-34.2660	50.00	1.03	3.04
10/03/10	23:48:32.45	-72.19998	-33.4750	100.76	0.44	3.33
11/03/10	0:4:0.84	-72.67200	-36.0240	70.03	0.44	4.20
11/03/10	0:6:36.47	-72.51968	-34.2820	28.95	0.93	0.00
11/03/10	0:11:48.96	-72.37189	-34.2601	27.73	0.87	0.00
11/03/10	0:19:35.45	-71.97198	-34.5830	0.42	0.21	0.00
11/03/10	0:23:49.55	-72.84000	-34.4140	50.00	0.24	0.00
11/03/10	0:33:3.71	-72.28885	-34.4366	31.30	0.18	0.00
11/03/10	0:41:52.14	-72.04797	-34.4890	69.80	0.53	0.00
11/03/10	1:6:33.32	-73.05399	-35.0100	69.49	0.22	4.83
11/03/10	1:8:21.67	-71.34799	-34.0220	24.41	0.46	0.00
11/03/10	1:14:38.90	-72.53088	-35.1202	26.53	0.63	0.00
11/03/10	1:16:33.42	-72.07440	-35.7492	11.50	1.23	0.00
11/03/10	1:29:35.44	-72.43198	-35.0740	0.01	0.27	0.00
11/03/10	1:53:1.55	-71.80399	-34.1600	10.39	0.38	0.00
11/03/10	1:55:32.67	-72.50497	-35.3850	19.97	0.79	0.00
11/03/10	2:3:14.93	-72.28299	-34.6260	129.98	0.59	0.00
11/03/10	2:12:35.51	-72.44998	-34.1710	19.73	0.73	0.00
11/03/10	2:25:39.97	-71.87698	-34.8960	0.00	0.70	0.00
11/03/10	2:30:15.99	-72.48999	-35.0750	2.13	0.55	0.00
11/03/10	2:38:0.29	-72.58200	-35.2210	30.05	0.39	0.00
11/03/10	2:41:54.50	-71.88535	-34.4650	5.78	0.57	0.00
11/03/10	2:43:51.78	-72.09100	-33.8950	98.87	0.42	0.00
11/03/10	2:48:2.20	-71.90799	-34.0770	110.61	0.30	0.00
11/03/10	3:10:3.47	-71.47098	-34.6350	81.70	1.09	0.00
11/03/10	3:13:4.55	-73.26797	-35.8520	39.62	0.99	0.00
11/03/10	3:21:28.67	-72.47098	-35.2150	120.38	0.55	0.00
11/03/10	3:30:41.57	-72.00098	-34.1050	88.63	0.23	0.00
11/03/10	3:53:36.94	-72.03799	-33.6260	100.05	0.71	0.00
11/03/10	4:22:17.57	-72.34000	-34.8190	21.30	0.79	1.14
11/03/10	4:29:6.17	-72.33600	-34.8600	40.00	0.96	0.00
11/03/10	4:34:53.01	-72.68399	-34.8930	19.90	0.88	3.40
11/03/10	4:47:45.47	-71.60498	-34.8990	120.54	0.44	4.10
11/03/10	5:4:4.98	-71.56500	-37.3480	40.39	0.91	0.00
11/03/10	5:7:20.70	-71.97198	-33.9870	2.78	0.71	0.00
11/03/10	5:9:26.37	-71.67798	-34.5370	10.00	1.11	0.00
11/03/10	5:15:1.17	-71.47000	-32.9340	10.00	0.62	3.10
11/03/10	5:31:40.97	-72.16400	-34.7470	106.72	0.75	0.00
11/03/10	6:2:39.76	-72.00699	-34.3750	20.66	0.74	3.00
11/03/10	6:8:33.22	-71.96198	-34.3810	9.78	0.94	0.00
11/03/10	6:24:37.44	-72.58798	-36.4490	9.94	0.88	0.00
11/03/10	6:37:47.44	-72.82199	-34.8290	90.00	0.35	3.75
11/03/10	6:47:43.19	-71.72299	-34.7260	30.00	1.01	0.00
11/03/10	7:37:35.22	-72.32599	-34.7840	69.98	0.68	1.70
11/03/10	7:44:3.01	-71.69998	-34.6710	30.00	0.25	3.72
11/03/10	8:0:37.81	-71.69400	-34.2610	50.00	0.49	0.00
11/03/10	8:21:40.04	-72.36899	-34.0030	29.98	0.18	0.00
11/03/10	8:40:13.65	-72.02399	-35.1240	60.13	0.43	3.70
11/03/10	8:41:44.31	-67.90298	-37.5550	2.27	0.70	0.00
11/03/10	8:51:56.79	-72.26797	-35.1530	9.97	0.31	0.00
11/03/10	8:59:36.78	-71.98099	-34.2330	80.07	1.49	0.00
11/03/10	9:4:53.09	-73.51639	-34.0552	58.42	0.66	0.65
11/03/10	9:21:41.48	-71.70898	-34.3560	22.18	0.91	3.13
11/03/10	9:29:59.19	-71.93399	-34.0660	110.04	0.00	0.00
11/03/10	9:32:45.83	-72.06900	-35.9210	59.79	0.63	0.00
11/03/10	9:41:37.87	-73.58499	-34.6820	69.99	1.04	0.00
11/03/10	9:57:56.90	-72.41699	-35.3730	148.90	0.67	0.00
11/03/10	10:6:33.49	-72.36697	-35.1310	119.77	0.65	0.00
11/03/10	10:9:29.74	-72.03699	-34.1420	29.73	0.80	0.00
11/03/10	10:10:58.80	-72.33698	-34.2820	81.21	0.83	0.00
11/03/10	10:14:46.24	-73.06699	-33.6370	79.99	0.39	0.00
11/03/10	10:55:50.29	-72.17899	-34.0240	80.22	0.93	3.50
11/03/10	11:44:38.69	-72.35065	-34.4251	114.15	0.98	3.83
11/03/10	11:48:0.91	-72.46799	-34.8620	19.66	0.73	4.03
11/03/10	12:59:4.57	-72.07599	-34.2850	40.00	0.82	0.00
11/03/10	13:22:49.20	-73.20200	-35.2170	40.31	0.76	2.93
11/03/10	13:54:21.53	-72.44199	-34.0650	98.96	0.46	0.00
11/03/10	13:59:9.47	-72.40790	-33.6166	13.69	0.32	4.00
11/03/10	14:3:25.57	-72.08200	-34.1330	80.57	0.90	4.30
11/03/10	15:59:38.89	-72.11798	-34.6930	59.99	0.41	0.00
11/03/10	17:39:7.24	-71.81500	-34.5360	30.00	0.88	3.50
11/03/10	17:41:14.78	-71.71890	-34.3823	4.06	0.48	0.00
11/03/10	18:10:15.94	-71.83600	-34.4120	3.77	0.51	3.54
11/03/10	19:41:57.84	-71.85028	-34.4991	2.24	0.30	1.73
11/03/10	19:43:19.25	-71.79929	-34.3392	16.12	0.82	0.00
11/03/10	19:47:14.34	-72.00497	-34.1700	9.88	0.26	0.00

11/03/10	19:52:40.93	-72.13800	-34.4730	10.02	0.35	0.00
11/03/10	19:59:53.38	-71.95300	-34.6740	25.77	0.42	0.00
11/03/10	20:3:20.34	-71.78290	-34.4504	12.30	0.73	2.70
11/03/10	20:22:32.81	-71.82800	-34.4940	9.74	0.72	0.00
11/03/10	20:32:8.42	-71.65567	-34.4589	4.86	0.13	3.20
11/03/10	20:53:4.45	-71.79099	-34.5290	90.02	0.23	1.68
11/03/10	21:12:8.24	-71.83072	-34.2164	15.31	0.46	0.00
11/03/10	21:18:14.61	-71.73215	-34.3609	7.72	0.72	0.00
11/03/10	21:34:41.74	-72.01398	-34.3730	50.00	0.26	0.00
11/03/10	21:41:27.45	-71.73129	-34.3386	2.36	0.19	1.83
11/03/10	21:46:49.06	-71.66516	-34.3802	10.48	0.32	3.37
11/03/10	22:5:38.28	-71.90698	-34.3040	30.13	0.18	3.10
11/03/10	22:33:42.04	-71.69644	-34.5656	19.10	0.21	0.00
11/03/10	22:40:0.00	-71.92099	-34.2540	0.00	0.50	0.00
11/03/10	22:45:34.99	-71.79138	-34.2176	8.64	0.21	2.95
11/03/10	23:29:7.31	-71.79556	-34.4337	10.79	0.52	2.64
11/03/10	23:36:9.14	-71.86600	-34.5010	30.03	0.59	0.00
11/03/10	23:47:38.04	-71.69913	-34.3671	9.77	0.15	3.16
11/03/10	23:54:38.28	-72.01898	-34.0970	67.49	0.62	3.00
12/03/10	0:24:3.26	-71.89700	-34.4240	20.41	0.20	2.90
12/03/10	0:26:20.30	-72.49274	-34.4061	31.78	0.60	2.62
12/03/10	0:40:41.20	-71.74799	-34.6950	10.00	0.69	2.75
12/03/10	0:44:59.96	-71.77200	-34.2970	23.25	0.24	3.23
12/03/10	1:2:13.53	-72.07300	-34.0770	69.41	0.19	0.00
12/03/10	1:4:4.47	-72.13898	-34.1620	40.00	0.64	2.03
12/03/10	1:21:27.07	-71.78839	-34.2600	6.43	0.63	0.00
12/03/10	1:48:41.26	-72.02298	-34.4530	10.92	0.35	0.00
12/03/10	1:54:50.80	-71.93198	-34.5090	9.85	0.24	0.00
12/03/10	2:27:57.89	-71.78903	-34.1109	15.10	0.75	3.33
12/03/10	2:46:0.76	-71.92899	-34.2880	29.74	0.21	0.00
12/03/10	2:50:11.41	-71.95599	-34.4080	0.20	0.33	3.43
12/03/10	3:24:16.72	-71.73700	-34.2510	19.49	0.25	0.00
12/03/10	3:32:24.74	-71.92618	-34.4633	9.38	0.36	0.00
12/03/10	3:53:19.93	-72.03098	-34.4050	29.48	0.75	2.90
12/03/10	4:15:2.35	-71.96255	-34.4758	9.97	0.21	2.80
12/03/10	4:35:5.30	-72.00699	-34.4340	8.35	0.35	0.00
12/03/10	4:48:8.31	-71.84000	-34.3040	9.45	0.22	2.82
12/03/10	4:58:22.28	-71.76498	-34.3300	9.95	0.19	2.75
12/03/10	5:3:24.26	-71.84753	-34.0125	15.26	0.38	2.80
12/03/10	5:7:1.67	-71.79605	-34.2671	6.10	0.33	2.78
12/03/10	5:30:43.76	-72.00000	-34.5170	110.87	0.39	0.00
12/03/10	5:35:28.83	-71.80698	-34.4100	10.06	0.19	0.00
12/03/10	5:38:46.10	-71.93698	-34.3920	9.42	0.87	3.30
12/03/10	5:58:43.18	-71.68298	-34.3490	99.84	0.42	3.30
12/03/10	6:48:31.85	-71.91800	-34.2410	70.61	0.41	0.00
12/03/10	6:50:21.95	-71.86298	-34.4120	10.04	1.44	4.20
12/03/10	7:22:17.75	-73.89899	-35.2450	120.03	0.66	0.00
12/03/10	7:49:4.21	-71.98999	-34.1720	50.00	0.43	3.10
12/03/10	7:54:10.60	-71.83838	-34.1833	15.85	0.95	3.33
12/03/10	8:4:48.34	-71.78412	-34.3513	8.55	0.55	3.15
12/03/10	8:14:47.98	-72.81097	-34.1590	18.62	0.23	0.00
12/03/10	8:34:52.31	-72.33798	-34.4180	30.01	0.34	0.00
12/03/10	8:50:51.43	-71.81998	-35.7750	2.00	0.84	0.00
12/03/10	9:34:1.79	-72.06097	-34.8100	40.00	0.35	0.00
12/03/10	9:40:29.79	-71.40298	-33.8970	103.77	0.80	0.00
12/03/10	9:47:23.40	-70.89868	-35.0882	-1.90	0.49	0.00
12/03/10	9:49:29.38	-72.61697	-36.0300	2.00	0.93	0.00
12/03/10	10:5:60.16	-71.27032	-35.0252	2.67	0.46	2.40
12/03/10	10:23:28.55	-71.80698	-34.4110	10.03	0.96	2.85
12/03/10	10:45:39.72	-71.56000	-34.6150	20.00	0.40	0.85
12/03/10	10:58:9.19	-72.05579	-34.4387	14.52	0.54	2.70
12/03/10	10:59:33.99	-71.90472	-34.5250	13.61	0.49	2.70
12/03/10	11:19:44.67	-70.82898	-33.6770	119.88	0.18	0.00
12/03/10	11:44:10.30	-69.52771	-33.7253	7.98	0.28	3.40
12/03/10	12:41:58.23	-70.82800	-33.6800	129.91	0.77	3.40
12/03/10	12:59:53.86	-71.84100	-34.8630	40.00	0.65	0.73
12/03/10	14:22:34.41	-71.90799	-34.3610	20.10	0.87	1.76
12/03/10	15:9:42.07	-71.52698	-33.8610	26.41	0.35	2.95
12/03/10	15:50:44.70	-71.89200	-34.4280	19.98	0.77	2.95
12/03/10	16:0:29.04	-72.14398	-34.4850	40.00	1.19	0.00
12/03/10	16:11:34.03	-71.78183	-34.4883	9.35	0.70	3.36
12/03/10	16:18:9.80	-72.33099	-34.1480	40.00	0.35	0.00
12/03/10	16:23:5.77	-71.83200	-34.8870	0.00	0.29	3.25
12/03/10	17:3:13.16	-71.64999	-34.3220	0.00	0.27	0.00
12/03/10	17:4:32.23	-71.77399	-34.4140	20.04	0.25	0.00
12/03/10	17:6:2.26	-71.63907	-34.8105	29.37	1.08	2.60
12/03/10	17:23:30.94	-72.08499	-34.5290	19.68	0.71	3.00
12/03/10	17:33:38.50	-72.51300	-34.4610	30.04	0.30	0.00
12/03/10	17:44:3.32	-71.54898	-34.9260	99.83	0.68	1.93
12/03/10	18:11:15.16	-71.92798	-34.3950	2.46	0.56	3.37
12/03/10	18:14:13.28	-71.84998	-34.1260	19.03	0.66	1.65
12/03/10	18:28:30.10	-71.70685	-34.2858	19.98	0.29	1.67
12/03/10	18:51:21.29	-69.21567	-33.7259	9.50	0.80	0.00
12/03/10	19:5:57.27	-71.84900	-34.3010	2.00	0.20	0.00
12/03/10	19:16:28.45	-71.81900	-34.3380	9.92	0.53	2.85
12/03/10	19:24:46.60	-72.02499	-34.7430	9.54	0.19	3.05
12/03/10	19:26:29.59	-71.82300	-34.7360	130.14	0.40	0.00
12/03/10	19:32:1.55	-71.95700	-34.3240	9.83	0.44	2.93
12/03/10	19:33:40.96	-71.72598	-34.6520	131.17	1.39	3.70
12/03/10	20:0:24.10	-71.83398	-34.4620	9.80	0.39	3.00

12/03/10	20:2:2.44	-71.91000	-34.6290	27.02	0.92	0.95
12/03/10	21:1:21.39	-71.82919	-34.3560	6.44	0.31	2.75
12/03/10	21:29:55.61	-71.92499	-34.5060	24.63	0.48	2.80
12/03/10	21:42:2.81	-71.84000	-34.3440	10.14	0.68	0.00
12/03/10	21:44:1.44	-72.04999	-34.2380	40.00	0.62	3.10
12/03/10	21:48:5.20	-72.10898	-34.5050	100.14	0.23	3.55
12/03/10	23:34:24.46	-71.79599	-34.6310	8.60	0.47	3.30
13/03/10	0:1:46.62	-72.10300	-34.1640	9.97	0.88	3.35
13/03/10	1:4:59.86	-72.03900	-34.3270	50.00	0.60	3.05
13/03/10	1:15:36.03	-71.81699	-34.4770	9.98	0.28	2.70
13/03/10	1:49:13.59	-72.08099	-34.4100	50.00	0.42	0.00
13/03/10	1:56:14.53	-68.73599	-33.6940	7.33	0.35	0.00
13/03/10	2:8:20.34	-72.47498	-34.6070	2.53	0.44	0.00
13/03/10	2:12:10.75	-73.29807	-34.9086	49.83	0.84	3.43
13/03/10	2:14:41.91	-72.69000	-34.7600	43.09	0.82	0.00
13/03/10	2:19:34.67	-72.07397	-35.5250	0.43	0.22	0.00
13/03/10	2:40:6.48	-71.77524	-34.1997	3.84	0.37	2.80
13/03/10	2:54:11.67	-71.83798	-34.4960	20.28	0.51	2.65
13/03/10	6:7:2.52	-72.19162	-34.4797	15.24	0.35	0.00
13/03/10	6:15:55.67	-71.97598	-34.6420	0.25	0.59	0.00
13/03/10	6:47:10.73	-71.32397	-34.5040	2.00	0.10	0.00
13/03/10	7:2:38.75	-71.56000	-35.1380	10.00	0.26	0.00
13/03/10	7:17:5.24	-72.44598	-37.0460	7.28	0.15	0.00
13/03/10	7:32:37.11	-72.08398	-34.9860	8.68	0.12	3.35
13/03/10	9:3:43.72	-71.88400	-34.4070	9.97	1.34	0.00
13/03/10	12:51:50.87	-71.93698	-34.3180	2.60	0.76	2.87
13/03/10	12:52:47.14	-71.55099	-33.6020	129.19	0.38	2.24
13/03/10	13:12:18.70	-73.06198	-35.0980	44.45	0.26	1.72
13/03/10	13:28:32.26	-71.74997	-34.0047	17.63	1.23	0.00
13/03/10	13:53:13.79	-71.76730	-34.2472	3.01	0.31	0.00
13/03/10	14:46:17.53	-71.46625	-34.1301	6.18	0.26	3.95
13/03/10	14:55:31.17	-71.65399	-34.2330	1.40	0.26	0.00
13/03/10	16:0:43.88	-72.05499	-34.2770	30.04	0.26	3.40
13/03/10	16:4:2.55	-71.84299	-34.1960	0.00	0.45	3.05
13/03/10	16:7:5.70	-71.84698	-34.6240	21.28	0.60	0.00
13/03/10	17:23:58.23	-70.75928	-34.8120	9.93	0.62	3.30
13/03/10	17:27:2.63	-71.74698	-34.7550	100.48	0.76	0.00
13/03/10	17:51:55.11	-71.83899	-34.0940	2.80	0.52	0.00
13/03/10	18:21:49.24	-70.78998	-33.2150	2.00	1.44	0.00
13/03/10	18:51:39.71	-73.41000	-36.0070	50.00	0.42	0.00
13/03/10	18:58:57.53	-71.84799	-34.4510	2.00	1.22	3.90
13/03/10	19:49:30.05	-71.94998	-34.7840	9.49	0.88	0.00
13/03/10	20:10:58.38	-71.83972	-34.3835	15.09	0.21	1.51
13/03/10	20:39:46.91	-71.44397	-33.9439	7.22	0.44	0.00
13/03/10	20:41:25.36	-71.80545	-34.3823	5.90	0.12	0.00
13/03/10	20:56:29.29	-71.72800	-33.4010	128.94	0.74	1.56
13/03/10	21:6:47.90	-71.74579	-34.4998	9.50	0.43	0.00
13/03/10	22:58:55.06	-72.22748	-34.4589	25.55	1.06	0.00
13/03/10	23:16:47.30	-71.75497	-34.1060	0.50	0.26	1.71
14/03/10	0:3:16.95	-71.94760	-34.3736	15.07	0.06	0.00
14/03/10	0:4:35.90	-71.65900	-34.8880	20.00	0.40	0.00
14/03/10	0:41:59.82	-71.66107	-34.1139	13.58	0.09	3.75
14/03/10	1:0:16.67	-72.48404	-34.3854	33.86	0.68	0.00
14/03/10	1:44:44.39	-70.35898	-33.5680	9.99	0.09	0.00
14/03/10	1:59:21.23	-72.31198	-36.4990	2.00	0.34	0.00
14/03/10	2:6:29.89	-70.54410	-34.8482	12.45	1.79	0.00
14/03/10	3:45:53.14	-71.73700	-34.7340	2.00	1.34	0.00
14/03/10	4:5:39.84	-72.35397	-35.7650	70.12	0.35	0.00
14/03/10	4:21:22.03	-71.89600	-34.5880	0.02	0.54	0.00
14/03/10	7:2:12.01	-71.73300	-34.1640	40.00	0.43	0.00
14/03/10	7:3:41.57	-71.86398	-34.5020	2.66	0.26	0.00
14/03/10	10:1:55.46	-71.93448	-34.3626	15.16	0.31	0.00
14/03/10	10:50:57.07	-71.00180	-34.7174	11.03	0.39	2.60
14/03/10	13:4:56.64	-72.41098	-34.1683	27.17	0.17	0.00
14/03/10	17:58:37.23	-72.60599	-34.6930	26.87	0.60	3.30
14/03/10	18:6:31.64	-72.14700	-35.0700	10.63	0.09	0.00
14/03/10	19:53:22.57	-71.66599	-34.1220	2.00	0.51	3.10
14/03/10	20:55:1.46	-71.94199	-34.5900	50.00	****	4.03
15/03/10	2:58:50.20	-72.04398	-35.8370	100.09	0.19	0.00
15/03/10	9:55:16.94	-70.35300	-35.3230	10.00	0.29	0.00
15/03/10	10:51:53.55	-72.35999	-35.9680	121.56	0.98	0.00
15/03/10	11:5:10.10	-71.68500	-34.2670	2.00	0.18	1.74
15/03/10	13:0:11.45	-71.94400	-34.6100	1.00	1.54	1.73
15/03/10	13:1:58.44	-71.71399	-34.3460	2.00	0.29	0.00
15/03/10	15:0:43.25	-71.84601	-34.5655	13.05	0.41	0.00
15/03/10	15:2:39.38	-71.77798	-34.6340	73.15	0.36	3.20
15/03/10	16:57:6.26	-72.03900	-34.7320	89.96	0.14	0.00
15/03/10	17:50:48.04	-71.71600	-34.9030	89.94	0.89	0.00
15/03/10	18:1:49.08	-71.86398	-34.2060	2.00	0.83	0.00
16/03/10	1:51:13.29	-71.85699	-34.9840	50.00	0.71	3.25
16/03/10	9:2:56.40	-72.54425	-34.9057	62.38	0.23	3.30
16/03/10	9:50:19.81	-72.10498	-34.4890	69.17	0.62	0.00
16/03/10	11:1:24.74	-71.62198	-34.1480	2.90	0.49	3.20
16/03/10	13:0:49.84	-71.97198	-34.4070	70.32	0.85	1.53
16/03/10	13:4:15.89	-71.78998	-34.3640	0.06	0.16	3.30
17/03/10	15:8:57.63	-71.46799	-35.1970	110.56	0.80	3.15
17/03/10	15:45:56.17	-71.94498	-33.8340	9.68	0.36	3.63
17/03/10	17:13:38.51	-72.01700	-35.3310	110.19	0.99	0.00
17/03/10	17:15:55.63	-71.19098	-34.0030	7.59	0.58	0.00
17/03/10	17:50:51.72	-71.51797	-35.8700	79.51	0.96	0.00

17/03/10	17:52:10.89	-71.31500	-34.8430	118.79	0.52	0.00
17/03/10	18:58:51.13	-71.80399	-34.0860	20.43	1.09	0.00
17/03/10	20:28:23.09	-71.74100	-34.9230	60.46	0.87	0.00
17/03/10	20:32:48.78	-71.83698	-34.2770	0.00	0.85	0.00
17/03/10	20:48:28.29	-71.60999	-34.6540	79.90	0.68	0.00
17/03/10	20:49:9.74	-71.81500	-34.4860	30.00	0.26	0.00
17/03/10	21:5:41.52	-70.34021	-35.2589	23.38	0.63	0.00
17/03/10	21:12:11.09	-71.80200	-34.4440	29.00	0.53	2.17
17/03/10	21:13:52.62	-70.23581	-35.2740	7.72	0.20	0.00
17/03/10	21:20:47.67	-71.70599	-34.5900	0.90	0.61	0.00
17/03/10	21:30:43.38	-70.38361	-34.9244	1.42	0.23	0.00
17/03/10	21:32:25.40	-70.31619	-35.2680	19.74	0.75	0.00
17/03/10	21:47:27.77	-71.84100	-34.2060	8.87	0.17	3.53
17/03/10	21:49:11.57	-71.57300	-33.8290	85.95	0.23	2.90
17/03/10	22:9:7.88	-71.87000	-34.0620	10.09	0.52	0.98
17/03/10	22:16:6.99	-70.35632	-34.9460	3.93	0.81	0.00
17/03/10	22:35:58.23	-68.30200	-35.3210	5.28	0.41	0.75
17/03/10	23:1:6.80	-70.38760	-35.0033	2.15	0.05	2.65
17/03/10	23:13:46.07	-72.50806	-34.6822	34.27	1.01	0.00
17/03/10	23:29:13.72	-71.71298	-35.3170	110.09	0.19	0.60
17/03/10	23:43:31.68	-70.37372	-34.9340	2.14	0.26	3.13
17/03/10	23:47:44.85	-72.24899	-34.2670	9.99	1.09	3.30
18/03/10	0:30:45.88	-72.55399	-34.7200	0.00	0.05	0.00
18/03/10	1:49:26.73	-71.03107	-34.8334	8.53	0.63	0.00
18/03/10	2:15:46.15	-72.63098	-34.1380	87.87	0.91	0.83
18/03/10	2:35:6.40	-70.37854	-35.0048	9.21	0.44	3.00
18/03/10	3:59:47.28	-71.71100	-34.3210	10.03	0.92	0.00
18/03/10	4:4:27.32	-72.06699	-33.9720	30.68	0.08	0.00
18/03/10	4:22:41.57	-70.20761	-34.8590	4.79	0.44	0.00
18/03/10	5:15:47.40	-70.34698	-35.0000	4.03	0.45	3.33
18/03/10	5:29:24.91	-71.63498	-33.9700	87.54	0.33	3.87
18/03/10	5:57:19.72	-69.30081	-33.9374	161.85	0.38	0.00
18/03/10	6:38:38.85	-70.92798	-34.7340	20.00	0.89	0.77
18/03/10	6:40:8.88	-70.33151	-34.9245	3.38	0.47	1.10
18/03/10	6:50:22.58	-70.44122	-34.9832	11.21	0.63	0.70
18/03/10	7:2:12.81	-70.36575	-34.9308	2.41	0.06	0.00
18/03/10	8:9:55.34	-71.77798	-34.4970	15.03	0.31	0.00
18/03/10	8:11:25.54	-72.74100	-34.8260	10.70	0.71	0.00
18/03/10	8:48:50.43	-71.83798	-34.2140	20.03	0.81	0.00
18/03/10	9:16:38.10	-70.65390	-34.9024	18.23	1.00	0.00
18/03/10	9:55:59.43	-72.27899	-34.9320	79.98	0.84	3.13
18/03/10	9:56:49.87	-71.87000	-34.1990	10.52	0.45	2.40
18/03/10	10:6:29.94	-70.38800	-35.3410	10.00	0.59	0.00
18/03/10	10:43:49.64	-72.24399	-34.1880	2.00	0.54	3.00
18/03/10	10:58:27.29	-72.82272	-35.3462	33.42	0.37	0.00
18/03/10	11:1:17.02	-71.78500	-34.0490	29.95	0.49	0.00
18/03/10	11:55:46.03	-71.79099	-34.0600	20.15	0.23	3.47
18/03/10	11:56:8.32	-72.57999	-35.2270	9.86	0.53	3.10
18/03/10	11:58:52.72	-72.44000	-34.6590	20.33	0.89	0.00
18/03/10	12:2:51.04	-72.53198	-35.0410	150.28	0.93	2.47
18/03/10	12:4:14.35	-71.44818	-34.7255	29.05	1.05	3.10
18/03/10	12:7:36.95	-71.77798	-34.4170	30.00	1.07	0.00
18/03/10	12:13:40.78	-72.73099	-34.9090	19.69	0.38	0.00
18/03/10	12:59:33.46	-72.57498	-35.6960	2.00	0.64	3.55
18/03/10	13:6:35.89	-72.45099	-34.1820	70.22	1.09	0.40
18/03/10	13:47:38.80	-70.35983	-34.9174	1.59	0.90	0.00
18/03/10	13:56:58.41	-71.76700	-34.2200	7.08	0.72	0.00
18/03/10	14:19:5.76	-72.38800	-35.0360	9.21	0.15	0.62
18/03/10	14:38:51.95	-70.36472	-34.9185	0.68	0.26	0.00
18/03/10	14:42:8.90	-71.71600	-34.3830	40.00	0.85	0.00
18/03/10	14:44:3.94	-72.11200	-34.1430	40.00	0.16	0.00
18/03/10	14:45:28.55	-70.76797	-33.5650	89.39	0.31	3.84
18/03/10	14:58:13.43	-71.84000	-34.2340	0.25	0.29	2.90
18/03/10	15:1:31.93	-71.97699	-34.5490	9.98	0.68	0.00
18/03/10	15:35:39.59	-72.16998	-34.6680	139.38	0.16	0.00
18/03/10	15:37:29.34	-70.23019	-34.8416	5.20	0.60	0.00
18/03/10	15:40:53.43	-70.50986	-34.9700	2.01	0.98	0.00
18/03/10	15:43:51.87	-71.78900	-34.1950	1.80	0.07	0.00
18/03/10	16:5:13.17	-72.97400	-36.2040	50.00	0.15	0.00
18/03/10	16:11:3.50	-71.94098	-34.3250	9.89	0.22	3.67
18/03/10	16:11:41.11	-72.18399	-34.1270	70.35	0.56	0.00
18/03/10	16:30:15.40	-73.05600	-36.8660	19.26	0.27	0.00
18/03/10	16:37:8.77	-72.82800	-35.0860	41.09	0.69	0.00
18/03/10	16:41:50.57	-72.34799	-34.1240	112.91	0.90	3.68
18/03/10	16:46:41.85	-72.49600	-34.9470	29.94	0.79	0.00
18/03/10	16:51:41.78	-72.20935	-34.6242	16.19	0.91	0.00
18/03/10	17:3:57.75	-70.57138	-34.7556	33.13	0.73	0.00
18/03/10	17:4:18.95	-70.48709	-34.8534	15.91	0.39	0.00
18/03/10	17:6:33.17	-71.88745	-34.6910	9.71	0.31	0.00
18/03/10	17:8:39.61	-71.63300	-34.2320	68.79	0.46	2.40
18/03/10	17:9:53.29	-70.27097	-35.0571	7.60	0.28	0.00
18/03/10	17:21:22.67	-71.97000	-34.4670	50.00	0.67	0.00
18/03/10	17:43:1.40	-73.05600	-34.7880	59.45	0.29	0.00
18/03/10	17:44:10.17	-71.75400	-33.9220	68.03	0.27	0.00
18/03/10	17:55:7.95	-73.09512	-35.4224	38.85	0.80	0.00
18/03/10	17:56:53.99	-71.52600	-33.8900	19.96	0.65	0.60
18/03/10	17:59:18.07	-70.34940	-34.9309	1.79	0.31	0.00
18/03/10	18:3:46.60	-71.72510	-33.9525	12.33	0.99	0.00
18/03/10	18:8:31.94	-72.19098	-34.5830	40.00	0.04	0.00
18/03/10	18:23:38.48	-71.89899	-34.0000	50.00	0.57	0.00

18/03/10	18:52:32.43	-72.60800	-35.0010	30.13	0.40	0.00
18/03/10	19:5:12.22	-70.37488	-34.9285	1.79	0.40	3.10
18/03/10	19:10:22.23	-71.83200	-34.3710	50.00	0.59	3.07
18/03/10	19:14:29.82	-71.67398	-34.1670	50.00	0.02	3.82
18/03/10	19:26:16.02	-71.91599	-33.2360	60.03	0.42	0.00
18/03/10	19:55:12.28	-71.54199	-33.9360	6.92	0.62	2.87
18/03/10	20:5:52.39	-71.74899	-34.4090	30.00	0.59	3.13
18/03/10	20:30:22.94	-71.95557	-34.2528	21.80	0.23	0.00
18/03/10	20:42:25.72	-72.51099	-35.1410	59.69	0.42	0.00
18/03/10	20:47:5.83	-70.95398	-35.1920	20.00	0.38	0.00
18/03/10	20:48:49.96	-71.85172	-34.2631	11.70	0.41	0.00
18/03/10	21:7:34.55	-72.07498	-33.4510	110.34	0.27	3.23
18/03/10	21:12:40.66	-71.99500	-34.0630	40.00	0.47	0.00
18/03/10	21:24:33.61	-72.29898	-34.0360	153.41	1.14	0.00
18/03/10	21:28:23.89	-72.73972	-33.8621	80.86	0.41	2.75
18/03/10	21:47:39.45	-71.88599	-34.4570	10.02	1.05	0.00
18/03/10	21:51:0.26	-71.67999	-34.4100	20.52	0.22	3.40
18/03/10	21:53:40.43	-71.48300	-35.0270	109.67	0.44	3.50
18/03/10	22:2:13.40	-72.44000	-35.2000	69.26	0.85	0.00
18/03/10	22:3:34.60	-71.50998	-33.9680	3.13	0.59	0.00
18/03/10	22:7:56.42	-71.81998	-34.6250	20.29	0.57	3.00
18/03/10	22:12:30.22	-71.91739	-34.7465	-1.90	0.45	0.00
18/03/10	22:24:5.25	-71.71399	-34.3960	10.25	0.75	4.07
18/03/10	22:25:15.45	-72.22299	-34.7660	0.74	0.32	0.00
18/03/10	22:31:28.21	-70.35150	-35.2525	12.98	0.23	0.00
18/03/10	22:36:38.12	-72.59998	-35.4080	10.09	0.37	2.93
18/03/10	22:44:23.35	-71.74100	-34.8760	20.00	0.15	0.00
18/03/10	23:1:11.27	-74.28098	-36.0340	80.00	0.67	0.00
18/03/10	23:10:53.56	-71.86401	-34.5958	4.08	0.11	3.03
18/03/10	23:12:42.32	-72.74500	-35.0050	59.61	0.79	0.00
18/03/10	23:14:25.52	-71.33298	-34.0240	20.08	0.21	0.00
18/03/10	23:41:11.79	-70.43298	-33.7730	2.00	0.68	0.00
18/03/10	23:53:55.95	-71.81097	-34.3451	12.39	1.00	3.15
19/03/10	0:26:20.19	-71.97903	-34.1968	16.46	1.53	0.00
19/03/10	0:30:10.85	-70.44998	-34.7570	142.98	0.22	0.00
19/03/10	0:42:11.91	-71.78720	-34.2770	7.66	0.16	0.00
19/03/10	0:44:6.86	-70.36615	-34.9703	5.82	2.26	0.00
19/03/10	0:44:19.76	-70.46207	-34.9102	5.48	0.29	0.00
19/03/10	0:47:18.73	-72.31198	-34.6990	20.07	0.15	0.00
19/03/10	0:48:46.14	-71.84637	-34.3340	2.72	0.17	0.57
19/03/10	0:58:37.63	-72.16599	-33.8720	50.00	0.71	2.80
19/03/10	1:2:19.17	-70.36703	-34.9195	1.21	0.25	0.00
19/03/10	1:11:52.24	-71.82098	-34.5610	30.00	0.58	2.77
19/03/10	1:31:29.27	-71.31400	-34.0180	20.00	0.19	0.00
19/03/10	1:36:56.38	-71.89819	-34.3134	9.70	0.39	0.00
19/03/10	1:42:57.85	-71.64798	-34.7470	10.00	1.01	0.00
19/03/10	1:46:24.47	-71.69498	-34.1370	30.13	0.26	0.00
19/03/10	1:49:4.14	-72.09598	-34.6460	12.54	0.32	2.70
19/03/10	2:4:21.55	-71.96500	-34.2740	0.00	0.36	0.00
19/03/10	2:5:27.86	-72.43106	-34.2937	33.13	0.67	2.50
19/03/10	2:8:33.78	-70.35614	-34.9266	6.31	0.44	0.00
19/03/10	2:12:30.71	-71.45169	-34.8543	4.50	0.27	0.85
19/03/10	2:20:28.33	-70.68076	-34.8408	4.96	0.15	0.00
19/03/10	2:21:24.59	-70.35284	-34.9415	2.53	1.12	2.93
19/03/10	2:34:56.72	-72.81097	-35.9020	80.11	0.17	0.00
19/03/10	2:45:24.69	-72.39700	-34.6320	9.98	0.11	0.00
19/03/10	2:46:57.42	-72.09299	-35.7740	19.97	0.75	3.87
19/03/10	3:1:20.83	-71.74493	-34.1726	4.56	0.42	3.14
19/03/10	3:6:20.47	-73.40100	-35.3690	50.00	0.85	3.87
19/03/10	3:10:23.93	-71.80698	-34.9590	20.00	0.18	0.00
19/03/10	3:23:39.86	-72.00800	-34.7390	0.13	0.88	0.00
19/03/10	3:34:23.21	-71.81400	-34.2610	9.54	0.68	0.00
19/03/10	3:38:25.62	-71.86899	-34.5330	30.00	0.14	3.57
19/03/10	3:41:37.92	-71.71198	-34.3900	50.00	0.27	3.35
19/03/10	3:41:55.58	-71.81998	-34.0490	69.83	0.40	0.00
19/03/10	3:45:31.75	-72.29999	-33.8480	50.00	0.29	0.00
19/03/10	3:48:21.32	-71.70999	-35.0400	10.00	0.77	2.80
19/03/10	3:49:43.36	-71.34198	-34.0640	50.00	0.74	3.30
19/03/10	3:51:31.84	-71.76398	-34.4940	21.14	0.50	0.00
19/03/10	3:59:41.09	-71.29498	-33.9070	50.00	0.32	2.90
19/03/10	4:0:55.90	-72.24899	-35.0820	3.19	0.73	0.00
19/03/10	4:13:30.73	-72.01700	-34.3030	10.00	0.78	0.00
19/03/10	4:26:39.78	-72.26645	-34.2097	28.96	0.44	3.90
19/03/10	4:28:0.25	-70.77499	-34.7550	19.16	0.53	2.90
19/03/10	4:31:26.82	-72.50900	-34.1530	97.46	0.08	3.10
19/03/10	4:47:49.50	-71.71799	-34.3260	30.00	0.90	0.00
19/03/10	4:50:50.28	-71.88071	-34.3943	1.94	0.76	3.75
19/03/10	5:21:12.81	-71.70007	-34.5914	6.97	0.51	3.33
19/03/10	5:24:34.01	-71.71320	-34.3408	18.51	0.44	0.00
19/03/10	5:34:5.05	-71.66098	-34.8330	89.89	0.28	0.00
19/03/10	5:36:48.84	-71.38800	-33.4000	99.74	0.15	3.75
19/03/10	5:40:12.00	-71.75699	-34.0510	81.89	0.55	3.76
19/03/10	5:42:53.74	-71.80200	-34.2419	4.80	0.70	2.85
19/03/10	5:47:6.80	-71.81934	-34.1297	9.85	0.80	3.20
19/03/10	5:49:24.58	-71.93500	-34.2580	10.17	0.13	2.90
19/03/10	5:51:15.38	-71.72000	-34.1970	59.98	0.80	2.80
19/03/10	7:48:19.99	-72.28098	-35.0210	10.09	0.44	0.00
19/03/10	7:54:32.27	-72.24515	-34.4493	11.67	0.62	2.88
19/03/10	7:59:45.77	-73.87198	-34.9680	20.11	1.24	3.00
19/03/10	8:22:31.06	-72.70419	-34.4545	27.66	0.70	0.00



19/03/10	8:36:26.43	-71.81699	-33.9050	10.09	0.66	4.40
19/03/10	8:39:15.21	-72.60999	-34.6900	130.20	0.34	0.00
19/03/10	9:45:0.78	-73.28098	-35.7010	9.37	0.76	0.00
19/03/10	9:57:26.44	-71.80200	-34.1890	13.63	1.29	0.95
19/03/10	10:29:33.30	-70.40686	-34.9917	7.43	0.60	3.70
19/03/10	10:33:30.70	-71.85898	-34.1160	1.80	0.88	3.00
19/03/10	11:56:36.38	-72.04898	-34.3840	40.00	0.04	0.00
19/03/10	11:59:6.78	-70.37381	-34.8607	1.99	0.30	0.00
19/03/10	12:0:3.73	-70.40942	-34.9962	8.72	0.49	2.80
19/03/10	12:27:29.04	-71.96698	-34.0720	0.63	0.14	2.77
19/03/10	13:0:23.41	-71.79974	-34.2585	4.56	0.16	3.17
19/03/10	13:5:8.38	-72.06299	-34.4490	17.90	0.56	2.65
19/03/10	13:18:8.87	-71.94839	-35.4453	9.71	0.55	0.00
19/03/10	13:40:21.88	-73.47998	-35.4600	5.56	0.99	3.20
19/03/10	13:42:14.16	-73.22098	-34.8040	90.37	0.18	3.00
19/03/10	13:56:32.17	-72.29099	-34.2920	2.50	0.71	0.00
19/03/10	14:4:18.39	-71.65265	-34.3754	21.33	0.98	3.08
19/03/10	14:18:52.56	-72.20099	-35.1220	19.54	0.53	0.00
19/03/10	14:34:13.87	-72.22498	-34.1380	40.00	0.39	0.00
19/03/10	14:36:46.25	-70.39789	-34.9712	5.95	0.93	0.00
19/03/10	14:43:10.53	-72.03198	-34.2520	9.92	0.42	2.93
19/03/10	14:50:43.73	-71.29999	-33.9440	40.00	0.15	0.00
19/03/10	14:51:24.56	-71.72299	-34.5110	9.72	0.45	3.13
19/03/10	15:23:59.76	-72.25098	-34.7100	9.71	0.39	0.00
19/03/10	15:25:1.12	-71.94800	-34.0820	9.79	0.55	0.00
19/03/10	15:33:42.79	-71.70898	-34.2140	40.00	0.43	3.63
19/03/10	16:1:17.90	-71.79431	-34.4002	8.93	0.57	3.47
19/03/10	16:25:52.37	-72.10898	-34.0140	50.00	0.32	0.00
19/03/10	16:27:47.40	-71.71500	-34.4240	79.85	0.29	0.90
19/03/10	16:38:26.49	-71.74100	-34.6370	10.00	0.71	3.58
19/03/10	16:39:31.12	-70.27820	-34.8619	4.03	0.56	0.00
19/03/10	16:59:54.72	-72.67798	-35.2430	19.79	0.27	0.00
19/03/10	17:26:39.24	-71.81500	-34.8410	70.05	0.12	1.30
19/03/10	17:30:29.45	-72.38498	-34.9080	50.00	0.84	0.00
19/03/10	17:33:12.96	-70.31000	-35.0455	8.14	0.65	0.00
19/03/10	17:38:18.72	-71.78998	-34.1970	88.40	0.44	1.33
19/03/10	17:41:32.41	-71.81302	-34.2357	9.01	0.13	0.00
19/03/10	17:48:58.77	-70.31140	-35.0412	9.97	0.75	0.00
19/03/10	18:15:57.19	-71.47998	-33.6880	1.00	0.17	0.00
19/03/10	18:36:39.66	-73.01398	-35.2420	17.95	0.08	1.10
19/03/10	18:41:27.79	-71.82053	-34.1049	8.15	0.71	2.53
19/03/10	18:45:15.22	-70.38419	-35.0039	7.86	0.70	0.00
19/03/10	18:47:25.27	-71.39499	-34.5870	50.00	0.58	2.55
19/03/10	18:52:59.00	-71.77307	-34.4440	8.56	0.05	2.90
19/03/10	18:55:33.02	-71.83374	-34.3463	9.36	0.26	0.00
19/03/10	18:57:21.01	-71.82999	-34.4750	31.38	0.19	0.00
19/03/10	19:0:29.96	-71.75998	-34.1580	80.08	0.43	0.00
19/03/10	19:5:55.65	-71.78098	-34.3470	10.18	0.53	0.00
19/03/10	19:12:36.66	-71.51599	-36.3940	0.25	0.73	3.95
19/03/10	19:22:20.04	-72.37000	-34.5010	107.60	1.64	0.00
19/03/10	19:30:2.37	-71.63831	-34.0966	10.96	0.79	0.00
19/03/10	19:35:57.46	-68.67587	-35.8419	4.23	0.71	0.00
19/03/10	19:43:48.81	-70.51700	-34.8320	25.59	0.14	0.00
19/03/10	19:47:13.62	-70.72571	-34.9053	65.75	0.76	0.00
19/03/10	19:55:44.25	-71.67398	-34.9430	0.00	0.34	3.55
19/03/10	19:59:4.07	-70.83499	-34.7390	0.00	0.43	1.88
19/03/10	20:3:38.56	-72.90298	-35.3650	10.45	0.70	0.00
19/03/10	20:6:41.94	-70.82999	-34.9470	31.27	1.74	0.00
19/03/10	20:12:49.01	-71.72198	-34.5320	20.00	0.92	0.00
19/03/10	20:16:9.69	-72.12399	-34.2910	50.00	0.34	3.16
19/03/10	20:16:31.05	-72.22800	-34.7000	0.13	0.53	0.00
19/03/10	20:17:16.16	-72.33499	-34.6100	7.88	0.52	1.70
19/03/10	20:20:48.22	-70.35397	-34.3400	169.92	0.26	0.00
19/03/10	20:35:30.91	-70.29788	-35.2657	11.00	0.48	0.00
19/03/10	20:35:57.82	-73.24106	-34.9577	17.97	0.72	0.00
19/03/10	20:43:30.25	-71.75000	-34.4530	21.37	0.16	2.70
19/03/10	20:44:10.09	-72.50699	-34.2110	90.74	0.62	2.70
19/03/10	20:47:4.54	-71.72800	-34.0730	20.10	0.50	3.78
19/03/10	20:52:9.76	-71.86298	-34.2360	8.78	0.69	3.70
19/03/10	20:53:53.86	-72.78699	-35.6720	80.99	0.78	0.00
19/03/10	21:11:44.96	-71.91458	-34.3655	170.85	0.49	0.00
19/03/10	21:20:10.67	-70.86487	-34.9025	2.62	0.27	0.00
19/03/10	21:23:43.04	-71.80737	-34.4593	11.01	0.29	3.23
19/03/10	21:26:22.68	-71.84198	-34.0700	50.00	0.32	0.00
19/03/10	21:27:10.15	-71.75198	-33.9670	50.00	0.24	0.00
19/03/10	21:31:5.97	-72.60397	-34.8350	40.00	0.39	3.27
19/03/10	21:33:24.02	-71.78098	-34.1540	9.95	0.50	3.92
19/03/10	21:38:46.99	-71.80600	-34.8390	40.00	0.52	0.00
19/03/10	21:44:53.00	-72.57599	-34.7690	99.87	0.20	0.00
19/03/10	21:49:43.81	-72.39899	-33.5120	130.64	0.35	3.65
19/03/10	21:59:23.69	-70.26453	-34.9597	6.08	0.73	0.00
19/03/10	22:5:38.91	-72.07999	-33.7460	58.80	1.13	0.00
19/03/10	22:9:5.90	-70.86172	-35.0249	24.15	0.14	3.00
19/03/10	22:13:0.03	-71.69299	-34.3470	7.91	0.64	0.00
19/03/10	22:20:46.18	-71.76300	-34.1360	50.00	0.23	2.93
19/03/10	22:22:46.98	-73.12033	-35.4727	1.00	0.21	0.00
19/03/10	22:23:45.55	-71.39600	-33.9790	9.86	0.44	0.00
19/03/10	22:29:29.34	-71.67386	-34.2791	12.51	0.96	0.00
19/03/10	22:31:46.27	-72.22998	-34.4460	5.08	0.60	0.00
19/03/10	22:33:17.75	-70.40881	-34.9908	5.22	0.51	0.00

19/03/10	22:37:36.26	-72.12698	-35.5390	10.02	0.42	0.00
19/03/10	22:47:26.75	-71.71698	-34.7160	30.00	0.11	3.12
19/03/10	22:55:6.33	-71.81299	-34.4870	30.00	0.17	3.60
19/03/10	22:59:28.42	-71.82516	-34.4374	11.60	0.88	0.00
19/03/10	23:8:50.85	-71.19656	-34.6143	16.32	0.56	0.00
19/03/10	23:10:47.11	-71.75497	-34.3890	7.31	0.25	0.00
19/03/10	23:16:14.04	-71.72800	-34.1330	20.10	0.40	3.30
19/03/10	23:40:50.20	-70.45398	-34.3690	160.11	0.40	1.07
19/03/10	23:41:59.15	-70.42099	-34.2520	142.45	0.75	0.00
19/03/10	23:53:11.78	-70.40756	-34.9855	7.79	0.44	0.00
20/03/10	0:0:30.82	-72.53699	-35.4520	20.05	0.49	0.00
20/03/10	0:1:44.84	-71.84799	-33.2000	2.00	0.12	0.00
20/03/10	0:3:4.90	-71.86652	-34.9374	17.08	1.01	0.00
20/03/10	0:3:54.32	-71.72000	-34.4040	7.09	0.71	0.00
20/03/10	0:10:21.23	-71.70398	-34.7050	30.00	0.59	2.80
20/03/10	0:10:55.93	-71.85999	-34.1830	50.00	0.32	0.00
20/03/10	0:15:0.37	-71.80099	-34.4110	40.00	0.19	3.62
20/03/10	0:18:51.70	-73.45200	-34.0930	0.50	0.31	0.00
20/03/10	0:21:38.61	-71.93198	-34.1460	101.94	0.43	0.00
20/03/10	0:23:37.20	-71.80554	-34.9214	9.35	0.22	0.00
20/03/10	0:25:3.11	-72.23398	-34.8090	40.00	0.88	0.00
20/03/10	0:26:37.14	-71.73300	-34.4560	20.00	0.29	0.00
20/03/10	0:28:30.82	-72.01498	-34.2020	21.35	0.13	0.00
20/03/10	0:30:50.91	-72.72498	-34.2520	39.80	0.65	0.00
20/03/10	0:36:7.10	-70.50098	-34.1000	10.00	0.59	0.00
20/03/10	0:38:44.33	-72.43597	-34.0910	119.02	0.46	0.00
20/03/10	0:49:45.09	-71.03098	-33.7920	59.75	0.68	0.00
20/03/10	0:55:37.94	-71.55621	-33.9188	5.70	0.81	0.00
20/03/10	1:0:50.33	-72.46698	-34.2760	2.00	0.51	3.73
20/03/10	1:4:5.70	-72.74100	-35.8270	20.11	0.36	2.80
20/03/10	1:12:14.39	-72.20599	-34.2360	101.30	0.38	0.00
20/03/10	1:14:57.91	-71.74500	-34.3930	59.96	0.92	0.00
20/03/10	1:23:12.89	-72.90100	-33.5530	59.97	0.82	2.40
20/03/10	1:24:51.16	-71.79398	-33.9500	10.05	0.42	0.00
20/03/10	1:29:40.91	-70.55612	-34.4814	16.15	0.64	3.61
20/03/10	1:40:39.57	-71.88800	-34.3420	20.02	0.29	0.00
20/03/10	1:45:11.18	-71.75598	-34.4550	8.01	0.32	0.00
20/03/10	1:50:0.08	-72.07800	-34.3370	9.20	0.62	3.70
20/03/10	1:52:15.13	-71.56500	-34.5050	40.00	0.18	0.00
20/03/10	1:58:22.06	-72.67599	-35.2060	80.09	0.29	0.00
20/03/10	2:8:0.62	-71.71582	-34.6399	7.56	0.08	0.00
20/03/10	2:17:30.01	-71.82700	-34.3100	3.97	0.65	0.00
20/03/10	2:24:40.75	-71.04224	-34.9278	71.98	0.20	0.00
20/03/10	2:28:14.65	-71.80200	-34.6050	20.00	0.30	0.40
20/03/10	2:29:57.90	-70.64700	-34.7720	39.40	0.31	0.00
20/03/10	2:39:7.70	-71.82700	-34.2590	2.00	0.67	1.23
20/03/10	2:50:41.02	-71.88599	-34.2970	19.90	0.22	0.90
20/03/10	2:53:19.90	-70.32062	-34.6702	8.08	0.13	0.00
20/03/10	3:1:1.13	-70.30685	-34.9240	2.64	0.56	0.00
20/03/10	3:2:3.34	-72.80600	-34.2040	19.71	0.14	0.00
20/03/10	3:8:51.65	-71.63498	-34.5230	10.00	0.06	2.77
20/03/10	3:15:1.57	-70.47754	-34.8652	11.70	0.67	0.00
20/03/10	3:20:16.80	-71.95798	-34.2710	10.08	0.35	0.00
20/03/10	3:24:39.70	-71.74100	-34.5080	9.08	0.22	2.98
20/03/10	3:34:7.44	-72.35098	-34.7430	40.00	0.26	0.00
20/03/10	3:38:35.69	-72.07098	-34.5900	29.95	0.24	0.00
20/03/10	3:43:39.69	-71.76999	-34.3040	40.00	0.14	0.00
20/03/10	3:44:23.68	-72.47186	-35.2774	16.54	0.54	0.00
20/03/10	3:53:48.04	-72.00000	-34.7210	0.13	0.21	1.20
20/03/10	3:56:24.39	-70.44025	-35.1597	33.65	0.19	0.00
20/03/10	4:2:42.12	-70.34399	-34.6590	8.77	0.24	3.30
20/03/10	4:6:10.46	-71.83820	-34.2695	9.14	0.42	2.90
20/03/10	4:14:0.42	-72.49500	-34.2590	41.98	0.19	1.10
20/03/10	4:19:35.55	-71.59900	-34.5870	40.00	0.21	0.00
20/03/10	4:28:27.86	-70.34686	-35.0068	7.64	0.72	0.00
20/03/10	4:30:20.39	-71.81198	-34.1330	0.00	0.46	0.00
20/03/10	4:36:12.23	-71.11600	-33.8160	50.00	0.25	0.00
20/03/10	4:38:9.38	-72.28500	-34.5480	2.00	0.05	0.00
20/03/10	4:40:11.32	-70.32016	-35.2596	13.46	0.71	0.00
20/03/10	4:43:57.97	-71.70599	-34.6290	59.93	0.56	2.60
20/03/10	4:46:5.10	-71.68298	-34.7560	20.00	0.11	0.00
20/03/10	4:46:56.47	-71.70300	-34.2240	10.49	0.34	0.00
20/03/10	4:54:45.52	-70.39297	-34.4100	146.28	0.44	0.00
20/03/10	4:56:15.28	-71.67700	-33.9550	29.76	0.37	0.00
20/03/10	4:57:32.44	-70.34259	-34.9373	2.33	0.43	2.90
20/03/10	5:10:49.88	-70.39365	-34.6982	10.90	0.27	0.00
20/03/10	5:14:10.76	-71.74600	-34.4300	40.00	0.22	3.60
20/03/10	5:19:4.89	-71.83432	-34.3888	4.94	0.11	0.00
20/03/10	5:31:3.49	-72.07397	-34.3660	40.00	0.36	0.00
20/03/10	5:31:37.76	-71.73499	-34.6350	97.80	0.15	3.76
20/03/10	5:35:11.13	-70.16013	-34.9593	68.05	0.37	2.65
20/03/10	5:36:29.19	-70.71600	-33.7520	2.00	0.72	3.17
20/03/10	5:43:12.68	-71.62170	-33.9218	9.76	0.26	2.80
20/03/10	5:45:4.29	-71.72498	-34.0040	50.00	0.35	0.00
20/03/10	5:55:4.21	-72.09198	-35.1740	40.00	0.44	0.00
20/03/10	5:58:5.45	-70.38513	-35.0100	6.93	0.45	0.00
20/03/10	6:0:56.31	-71.23074	-34.6670	-1.90	0.17	0.00
20/03/10	6:8:8.79	-67.83798	-34.5800	89.96	0.72	0.00
20/03/10	6:14:56.69	-73.06699	-35.6110	19.92	0.25	0.00
20/03/10	6:23:14.60	-72.67700	-35.9100	10.10	1.71	0.00

20/03/10	6:30:12.43	-71.37164	-35.2284	8.09	1.01	0.00
20/03/10	6:32:35.11	-71.94998	-34.7490	30.00	0.92	3.70
20/03/10	6:40:12.83	-71.72488	-34.2911	6.80	0.31	0.00
20/03/10	6:45:39.68	-72.36398	-34.8280	89.97	0.33	0.00
20/03/10	6:46:56.69	-72.14999	-34.2900	0.00	0.27	0.00
20/03/10	6:47:57.85	-72.16898	-35.0840	2.00	0.52	0.00
20/03/10	6:51:28.93	-71.90900	-34.4150	9.70	0.30	1.08
20/03/10	7:2:13.46	-73.07800	-34.1530	19.86	0.49	3.77
20/03/10	7:15:0.90	-70.37363	-34.9820	5.76	0.27	4.44
20/03/10	7:15:50.66	-72.06299	-34.4070	2.00	0.68	3.17
20/03/10	7:20:55.41	-73.00800	-34.0910	0.13	0.14	0.00
20/03/10	7:25:32.35	-70.46500	-34.4220	147.95	0.19	0.00
20/03/10	7:31:26.54	-70.36398	-34.9468	3.31	0.19	0.00
20/03/10	7:40:41.76	-70.91116	-35.4927	-1.90	0.12	0.00
20/03/10	7:52:24.60	-72.70700	-34.7150	80.87	0.23	0.00
20/03/10	7:58:2.49	-71.61398	-34.6400	10.00	0.24	0.00
20/03/10	8:0:24.84	-70.37399	-34.2300	160.47	0.72	0.00
20/03/10	8:2:17.80	-71.78299	-34.3451	8.93	0.40	0.00
20/03/10	8:3:12.88	-71.65399	-34.5100	10.00	0.31	0.00
20/03/10	8:7:37.42	-71.79099	-34.2480	12.07	0.22	3.20
20/03/10	8:11:30.13	-71.58664	-34.1947	11.71	0.27	0.00
20/03/10	8:18:8.82	-72.27600	-34.2960	29.96	0.49	2.60
20/03/10	8:26:44.56	-68.62045	-35.6623	16.87	0.49	3.40
20/03/10	8:29:57.87	-71.74191	-34.1559	10.63	0.56	0.00
20/03/10	8:42:5.04	-71.73898	-34.1590	9.58	0.59	0.00
20/03/10	8:42:5.34	-71.91299	-34.7540	2.00	0.26	3.42
20/03/10	8:42:50.21	-70.64706	-33.5055	4.91	0.40	3.25
20/03/10	8:48:56.94	-71.78998	-34.1030	97.13	0.58	0.00
20/03/10	8:52:56.57	-72.34399	-35.9137	6.02	0.41	2.70
20/03/10	9:1:13.55	-72.07901	-35.0905	3.30	0.76	0.00
20/03/10	9:5:35.57	-71.75098	-34.5980	20.00	0.28	3.30
20/03/10	9:8:51.48	-72.84491	-34.1794	36.17	0.26	0.00
20/03/10	9:20:8.41	-71.81998	-33.9960	59.17	0.70	0.00
20/03/10	9:27:38.49	-71.72598	-34.0390	60.15	0.18	3.06
20/03/10	9:35:40.78	-71.58807	-34.2638	9.52	0.62	3.30
20/03/10	9:42:29.08	-72.01199	-34.4300	29.87	0.52	0.00
20/03/10	9:47:18.54	-71.83298	-33.9520	58.47	0.21	2.97
20/03/10	9:51:50.64	-71.95300	-34.4390	50.00	0.41	2.85
20/03/10	9:53:5.43	-72.17499	-34.5680	9.82	0.53	0.00
20/03/10	9:54:55.49	-71.67398	-34.0300	9.99	0.32	0.00
20/03/10	9:57:36.29	-70.39200	-34.4830	144.28	0.44	0.50
20/03/10	10:3:0.10	-72.11099	-34.2650	78.26	0.46	0.00
20/03/10	10:10:17.82	-70.36124	-34.9193	1.64	0.52	0.00
20/03/10	10:15:41.78	-72.78900	-35.0990	59.88	0.58	0.00
20/03/10	10:21:37.48	-71.75699	-34.2850	50.00	0.28	0.00
20/03/10	10:27:29.03	-69.47400	-33.7745	12.95	0.52	0.00
20/03/10	10:34:44.29	-69.52600	-35.9890	5.32	0.37	2.57
20/03/10	10:36:50.51	-70.06900	-34.4940	0.05	0.49	0.00
20/03/10	10:40:18.87	-71.76898	-34.3900	9.87	1.16	0.00
20/03/10	10:47:3.96	-73.29700	-35.8850	2.24	0.27	2.60
20/03/10	10:49:14.75	-72.61200	-34.9670	30.48	0.26	2.74
20/03/10	10:58:34.05	-71.73700	-34.3330	19.56	0.49	0.00
20/03/10	11:5:36.34	-71.75299	-34.4230	10.13	0.47	0.00
20/03/10	11:10:25.00	-72.27499	-35.5750	40.00	0.86	0.00
20/03/10	11:16:37.31	-71.81097	-34.2710	10.16	0.40	0.00
20/03/10	11:17:27.62	-70.29099	-34.6860	7.88	0.24	0.00
20/03/10	11:29:38.18	-71.83798	-34.3960	50.00	0.27	3.54
20/03/10	11:37:28.87	-72.00800	-34.3500	40.00	0.31	2.80
20/03/10	11:40:10.24	-71.78720	-34.4314	12.32	0.34	3.07
20/03/10	11:46:19.54	-71.92398	-34.4420	0.90	0.31	0.00
20/03/10	11:49:26.26	-71.95999	-34.1840	29.73	0.34	0.00
20/03/10	11:54:43.26	-71.59698	-34.2840	50.00	0.43	2.63
20/03/10	11:56:48.05	-68.56973	-35.0739	18.12	0.33	0.00
20/03/10	12:0:54.25	-71.84698	-34.5500	0.00	0.34	0.00
20/03/10	12:15:21.94	-71.48700	-34.4940	89.52	0.48	0.00
20/03/10	12:18:18.35	-67.81097	-35.4230	6.75	0.63	1.50
20/03/10	12:24:38.15	-68.54898	-34.7490	2.00	0.10	0.00
20/03/10	12:30:56.22	-70.12399	-34.5350	0.03	1.99	0.00
20/03/10	12:31:29.16	-72.03098	-34.4320	80.67	1.07	2.77
20/03/10	12:40:34.58	-73.57498	-35.0940	40.01	0.28	2.80
20/03/10	12:44:47.18	-71.90298	-34.4120	10.13	0.59	0.00
20/03/10	12:46:7.76	-71.98700	-34.2790	10.19	0.45	0.00
20/03/10	12:59:5.41	-71.74698	-34.3190	9.78	0.44	0.00
20/03/10	13:0:14.71	-73.10199	-34.1950	2.00	0.31	0.00
20/03/10	13:2:33.85	-70.84506	-34.9069	-1.90	0.31	0.00
20/03/10	13:11:47.78	-73.58200	-34.7170	0.03	0.33	3.00
20/03/10	13:13:52.96	-69.05502	-35.2659	137.46	0.35	2.53
20/03/10	13:16:48.16	-71.80099	-34.0640	16.58	0.26	4.46
20/03/10	13:18:53.28	-71.75696	-34.2260	8.10	0.31	3.00
20/03/10	13:25:58.44	-73.00198	-34.0040	2.19	0.87	4.43
20/03/10	13:29:13.05	-71.65698	-35.3090	58.77	0.17	0.00
20/03/10	13:43:15.46	-72.98999	-36.0070	0.90	0.28	0.00
20/03/10	13:48:44.31	-71.79300	-34.3910	59.93	0.61	0.00
20/03/10	14:11:24.84	-72.40500	-34.7210	0.03	0.47	0.00
20/03/10	14:13:30.80	-71.90500	-34.5540	0.00	0.43	1.12
20/03/10	14:14:42.70	-72.54199	-33.7230	50.00	0.65	3.23
20/03/10	14:16:28.00	-70.34244	-34.9388	1.95	0.19	0.00
20/03/10	14:29:59.83	-72.19699	-35.6740	29.88	0.52	0.00
20/03/10	14:32:5.16	-72.22699	-34.1460	3.47	0.11	0.00
20/03/10	14:46:12.73	-71.71198	-34.7980	79.54	0.57	3.80

20/03/10	14:55:53.49	-72.16098	-33.6840	108.69	0.29	3.54
20/03/10	14:56:48.37	-72.46899	-34.1590	90.69	0.60	0.00
20/03/10	15:0:6.54	-71.90900	-34.4810	97.03	0.90	2.19
20/03/10	15:1:44.47	-73.80099	-34.3480	40.03	0.70	2.20
20/03/10	15:11:15.55	-70.32849	-35.3369	13.26	0.62	0.00
20/03/10	15:12:19.59	-70.39868	-35.3225	14.52	0.45	0.00
20/03/10	15:13:20.20	-71.77225	-34.2496	11.24	0.20	1.74
20/03/10	15:27:49.74	-70.64597	-34.8041	22.60	0.23	0.00
20/03/10	15:28:8.26	-70.69162	-34.8558	3.80	0.25	2.80
20/03/10	15:29:4.47	-72.25800	-34.4570	20.09	0.19	0.00
20/03/10	15:33:56.88	-71.94098	-34.5690	9.96	0.26	1.65
20/03/10	15:35:20.77	-71.82312	-34.7497	14.33	0.71	0.00
20/03/10	15:46:47.04	-70.32700	-35.2980	20.00	0.50	3.22
20/03/10	15:49:19.73	-72.05499	-35.1710	59.56	0.50	0.00
20/03/10	15:50:3.33	-72.48685	-35.0795	12.09	0.29	2.30
20/03/10	15:51:41.16	-72.79599	-34.8630	40.27	0.35	2.65
20/03/10	15:55:27.47	-71.55640	-34.7810	7.51	0.59	0.00
20/03/10	15:58:29.64	-71.06860	-34.8690	56.30	0.29	0.00
20/03/10	16:2:39.21	-71.76300	-34.2070	19.97	0.56	3.50
20/03/10	16:9:43.56	-70.34406	-34.9576	7.14	0.23	0.00
20/03/10	16:10:18.72	-72.81000	-35.4400	69.75	0.56	0.00
20/03/10	16:14:23.41	-71.87198	-34.3640	19.76	0.22	3.06
20/03/10	16:36:53.51	-71.73398	-34.2140	20.03	0.53	0.00
20/03/10	16:39:15.32	-72.22299	-34.8140	20.08	0.58	0.00
20/03/10	16:42:30.30	-71.83920	-34.2750	17.08	0.60	0.00
20/03/10	16:47:11.14	-71.02798	-32.3910	0.25	0.89	0.00
20/03/10	16:52:32.67	-72.02899	-34.4010	9.96	0.62	3.55
20/03/10	16:54:4.76	-71.75613	-34.1605	7.42	0.71	0.00
20/03/10	16:55:12.43	-72.01498	-34.1530	59.76	0.28	3.46
20/03/10	16:59:50.03	-71.77185	-34.3595	8.32	0.32	2.20
20/03/10	17:3:46.86	-72.60599	-34.6880	30.00	0.59	0.00
20/03/10	17:5:45.40	-70.29755	-35.3210	8.61	0.27	0.00
20/03/10	17:20:47.01	-72.03812	-34.3646	12.48	0.50	0.00
20/03/10	17:33:49.61	-71.37000	-34.1300	10.00	0.22	0.00
20/03/10	17:44:7.83	-72.50262	-35.3043	13.52	0.15	0.00
20/03/10	18:7:31.75	-73.18597	-34.2390	80.02	0.33	2.84
20/03/10	18:13:58.58	-72.49399	-34.7420	100.34	0.30	2.70
20/03/10	18:26:49.60	-71.75098	-34.1050	9.87	0.74	1.60
20/03/10	18:30:19.78	-72.84259	-34.6752	37.94	0.76	0.00
20/03/10	18:38:12.01	-70.19400	-34.4660	20.00	0.44	0.70
20/03/10	18:39:23.11	-71.82999	-34.5750	121.18	0.26	0.00
20/03/10	18:56:5.08	-70.36246	-34.9178	1.41	0.18	3.07
20/03/10	19:15:50.42	-72.63098	-34.8800	29.85	0.85	0.00
20/03/10	19:22:35.79	-71.75198	-34.7680	50.00	0.19	0.00
20/03/10	19:29:37.64	-70.35242	-35.0041	15.42	0.40	2.92
20/03/10	19:36:41.23	-72.87299	-35.5050	2.71	0.49	2.73
20/03/10	19:42:33.52	-72.26929	-34.6786	14.75	0.33	0.00
20/03/10	19:47:4.86	-71.82700	-34.2150	9.98	0.47	2.97
20/03/10	19:50:46.50	-72.31998	-35.9980	90.12	0.44	0.00
20/03/10	19:52:20.47	-71.81097	-34.1530	20.22	0.21	2.67
20/03/10	19:53:55.33	-72.46198	-34.2810	20.02	0.71	0.00
20/03/10	19:58:58.57	-71.75299	-34.8350	20.00	0.65	0.00
20/03/10	20:11:14.48	-72.84698	-35.4470	70.92	0.78	2.80
20/03/10	20:12:58.70	-68.83130	-35.5628	-1.90	0.64	0.00
20/03/10	20:21:19.58	-72.00598	-34.2780	0.00	0.62	0.00
20/03/10	20:23:25.24	-72.01498	-34.6240	19.97	0.44	0.00
20/03/10	20:26:58.92	-71.50900	-34.1280	30.00	0.40	2.98
20/03/10	20:28:15.91	-71.60098	-34.6320	90.03	0.57	0.00
20/03/10	20:39:15.69	-72.02499	-34.2280	40.00	0.46	0.00
20/03/10	20:40:27.11	-71.84500	-35.0150	40.00	0.64	3.32
20/03/10	20:44:32.77	-72.08798	-35.9140	19.85	0.32	0.00
20/03/10	20:51:2.15	-72.64700	-34.8180	36.44	0.43	0.00
20/03/10	20:55:53.02	-71.66699	-34.4060	89.61	0.94	2.32
20/03/10	21:10:10.50	-70.59253	-34.8966	78.74	0.53	0.00
20/03/10	21:19:24.97	-70.30331	-35.2857	2.59	0.72	0.00
20/03/10	21:26:30.87	-70.42432	-34.8844	16.14	0.34	3.08
20/03/10	21:27:42.57	-70.51398	-34.8160	19.31	0.25	0.00
20/03/10	21:32:53.92	-72.11398	-34.7710	59.94	0.19	0.00
20/03/10	21:37:59.64	-71.50198	-35.1860	108.61	0.52	2.94
20/03/10	21:41:0.12	-71.15900	-34.0690	30.00	0.40	0.00
20/03/10	21:44:18.70	-71.94498	-34.4300	19.43	0.72	3.07
20/03/10	21:47:46.33	-70.97989	-34.9159	15.94	0.56	4.62
20/03/10	21:48:41.12	-72.05399	-34.4940	29.98	0.60	3.20
20/03/10	21:50:36.15	-70.71399	-32.9920	0.33	0.37	0.00
20/03/10	21:54:0.61	-72.81500	-35.2670	19.80	0.42	1.85
20/03/10	22:4:29.04	-72.24399	-34.1060	2.00	0.76	0.00
20/03/10	22:14:17.66	-71.24298	-34.9086	13.07	0.70	0.00
20/03/10	22:15:-0.25	-70.44418	-34.9632	11.90	0.64	3.55
20/03/10	22:31:29.96	-70.47198	-34.8830	27.00	0.32	0.00
20/03/10	22:33:35.54	-71.68399	-34.9410	89.18	0.08	0.00
20/03/10	22:35:51.13	-70.35657	-34.9182	1.10	0.95	3.25
20/03/10	23:10:51.40	-71.92499	-34.4070	10.12	0.89	0.00
20/03/10	23:22:1.05	-72.80499	-34.9810	10.03	0.23	0.00
20/03/10	23:28:27.94	-71.72897	-34.6900	30.00	0.42	0.00
20/03/10	23:28:54.62	-72.12997	-33.4780	50.00	0.82	0.00
20/03/10	23:31:18.20	-71.74600	-34.6250	50.00	0.35	3.10
20/03/10	23:36:52.37	-72.18399	-35.0840	0.50	0.78	2.65
20/03/10	23:53:41.95	-71.67200	-33.4490	30.51	0.33	0.00
20/03/10	23:57:41.79	-71.91754	-34.4184	9.88	0.73	0.80
21/03/10	0:12:47.19	-71.82800	-34.1440	29.96	0.66	3.22

21/03/10	0:25:36.89	-70.32526	-34.9271	2.94	0.39	0.00
21/03/10	0:26:57.35	-72.79199	-35.1510	10.36	0.32	3.13
21/03/10	0:31:45.60	-70.36932	-35.0247	15.95	0.09	0.00
21/03/10	0:35:18.82	-71.89700	-34.1800	50.00	0.77	3.20
21/03/10	0:37:42.19	-72.22003	-35.1263	13.83	0.50	0.00
21/03/10	0:42:39.67	-71.92899	-33.8180	29.87	0.39	0.00
21/03/10	0:45:17.35	-71.81799	-34.4260	10.56	0.36	3.27
21/03/10	0:54:9.25	-73.31500	-35.4100	9.52	0.43	0.00
21/03/10	0:56:57.46	-71.51199	-34.2740	30.00	0.34	0.00
21/03/10	0:59:32.14	-70.99142	-34.7759	11.23	0.67	3.24
21/03/10	1:0:24.43	-71.79300	-34.2480	2.00	0.54	3.23
21/03/10	1:9:32.31	-71.51398	-34.3780	20.00	0.45	2.67
21/03/10	1:17:34.40	-72.44299	-34.3000	31.19	0.22	2.36
21/03/10	1:28:19.99	-71.63998	-34.4820	0.00	0.59	0.00
21/03/10	1:30:38.93	-71.70099	-34.6580	10.00	0.57	0.00
21/03/10	1:35:33.48	-72.32300	-36.2270	19.51	1.23	3.47
21/03/10	1:38:2.91	-72.71100	-34.6020	11.12	0.28	3.38
21/03/10	1:56:15.20	-72.85397	-35.0430	19.98	0.99	0.00
21/03/10	2:11:5.49	-72.83499	-35.3150	18.78	0.58	0.00
21/03/10	2:13:45.92	-71.79498	-34.1470	8.63	0.99	0.00
21/03/10	2:23:3.76	-72.32098	-33.8190	2.00	0.85	0.00
21/03/10	2:27:35.14	-72.02200	-34.2770	18.06	0.76	0.00
21/03/10	2:28:38.41	-71.53598	-34.5190	20.00	0.43	0.00
21/03/10	2:33:1.46	-70.31799	-34.2190	170.15	0.68	0.00
21/03/10	2:35:43.61	-72.50400	-35.3280	79.61	0.37	0.00
21/03/10	2:36:42.77	-70.01172	-35.8957	136.75	0.63	3.60
21/03/10	2:40:8.45	-71.87997	-34.2650	9.54	0.55	0.00
21/03/10	2:53:45.82	-71.74799	-34.4320	2.42	0.53	0.00
21/03/10	3:4:29.44	-72.52798	-34.7660	29.54	0.25	3.20
21/03/10	3:11:24.62	-72.49899	-34.0730	60.12	0.82	0.00
21/03/10	3:12:14.60	-71.83224	-34.4903	14.85	0.34	4.00
21/03/10	3:27:48.84	-72.11697	-35.8180	29.81	0.66	2.64
21/03/10	3:33:29.92	-71.34598	-33.0790	100.00	0.44	0.00
21/03/10	3:35:57.61	-71.67462	-34.1000	10.50	0.72	2.80
21/03/10	3:55:9.82	-71.71606	-34.1897	4.95	0.77	3.64
21/03/10	4:27:12.96	-71.80978	-34.4922	5.15	0.37	3.60
21/03/10	4:35:6.10	-72.49698	-35.3310	108.76	0.40	3.59
21/03/10	4:47:4.83	-70.90799	-33.7240	111.28	0.24	0.00
21/03/10	4:52:54.08	-71.82318	-34.3421	9.44	0.73	0.00
21/03/10	5:4:41.82	-71.89398	-34.7070	30.00	0.61	3.55
21/03/10	5:9:18.14	-72.13800	-34.2420	70.13	0.13	0.70
21/03/10	5:11:57.29	-72.62997	-34.5360	69.74	0.38	0.00
21/03/10	5:23:23.77	-70.38675	-34.7330	9.09	0.53	0.90
21/03/10	5:33:0.38	-70.35175	-34.9709	6.93	0.60	2.40
21/03/10	5:39:36.21	-70.36041	-34.9701	6.32	0.20	0.00
21/03/10	5:40:9.27	-71.74255	-34.7748	9.93	0.01	0.00
21/03/10	5:49:19.89	-70.35873	-34.9181	0.28	0.06	3.30
21/03/10	5:52:13.52	-71.76999	-34.0220	11.43	0.32	2.65
21/03/10	5:54:47.53	-72.70300	-34.2980	40.28	0.07	0.00
21/03/10	6:3:58.51	-71.71399	-34.7790	30.00	0.51	0.00
21/03/10	6:9:5.96	-72.06198	-34.4960	29.88	0.46	2.98
21/03/10	6:10:54.12	-71.92999	-34.5420	10.04	0.56	0.00
21/03/10	6:12:9.85	-71.54797	-34.0910	50.00	0.37	2.82
21/03/10	6:17:56.95	-72.72098	-33.8580	18.39	0.30	0.00
21/03/10	6:20:7.16	-72.03598	-34.4680	29.95	0.45	2.77
21/03/10	6:28:44.85	-71.71799	-34.1350	10.00	0.58	3.92
21/03/10	6:49:15.41	-71.71100	-34.4460	30.00	0.34	3.03
21/03/10	6:54:0.48	-72.72098	-33.8300	69.67	0.26	1.88
21/03/10	7:3:10.21	-71.45624	-34.5658	63.68	0.43	0.45
21/03/10	7:10:58.96	-70.37100	-35.2690	20.01	0.74	0.00
21/03/10	7:16:9.15	-70.36957	-34.9399	2.91	0.34	2.80
21/03/10	7:20:25.48	-73.14499	-34.5550	0.13	0.24	0.00
21/03/10	7:24:43.61	-71.92798	-34.0110	9.97	0.24	0.00
21/03/10	7:35:49.07	-72.25497	-34.2750	20.18	0.40	2.82
21/03/10	7:41:59.97	-69.21371	-36.0507	7.64	0.48	3.03
21/03/10	7:50:28.21	-71.86600	-34.5400	30.00	0.65	3.85
21/03/10	7:53:0.67	-72.24600	-34.7320	60.10	0.65	3.13
21/03/10	8:3:29.79	-72.14600	-34.6090	134.37	0.42	2.45
21/03/10	8:5:53.32	-72.10498	-34.0550	50.00	0.52	4.13
21/03/10	8:15:6.39	-71.83401	-34.2967	8.75	0.87	0.00
21/03/10	8:21:24.57	-71.35999	-33.1960	2.00	0.45	0.00
21/03/10	8:29:14.30	-70.26517	-34.9378	3.65	0.40	0.00
21/03/10	8:32:34.65	-70.36737	-34.9668	6.15	0.13	2.67
21/03/10	8:46:37.23	-72.25800	-35.1450	0.00	0.53	0.00
21/03/10	8:59:39.41	-71.81000	-34.3250	10.24	0.10	4.44
21/03/10	9:10:4.77	-72.68924	-34.0882	37.97	0.38	2.95
21/03/10	9:16:1.63	-72.70398	-36.4960	25.64	0.44	3.30
21/03/10	9:24:52.03	-71.70200	-33.9230	29.97	0.29	1.23
21/03/10	9:43:7.04	-72.01999	-34.2860	40.00	0.82	0.00
21/03/10	9:58:22.32	-70.46521	-35.0323	14.50	0.36	2.65
21/03/10	10:1:31.60	-72.97800	-33.9570	0.90	0.51	0.00
21/03/10	10:5:19.65	-71.72400	-34.6270	10.00	0.19	0.00
21/03/10	10:8:38.40	-72.75098	-35.5510	19.85	0.27	2.40
21/03/10	10:13:6.62	-72.10999	-34.5560	9.93	0.36	2.70
21/03/10	10:39:54.58	-71.73737	-34.4410	10.89	0.77	0.00
21/03/10	10:47:56.82	-71.92200	-34.4310	10.01	0.35	2.72
21/03/10	10:50:23.93	-70.37527	-35.2690	12.12	0.33	2.75
21/03/10	11:5:57.97	-71.65970	-33.9786	11.28	0.24	0.00
21/03/10	11:14:10.69	-71.98898	-34.5300	20.26	0.17	0.00
21/03/10	11:24:21.77	-70.20380	-35.2143	24.26	0.57	1.62

21/03/10	11:25:5.39	-72.38004	-34.8863	7.14	0.63	1.18
21/03/10	11:27:42.11	-70.24548	-34.8760	1.78	0.14	3.40
21/03/10	11:30:59.80	-70.24603	-34.8743	4.22	0.33	0.00
21/03/10	11:31:35.26	-71.59598	-34.6520	80.12	0.12	3.50
21/03/10	11:58:50.78	-70.55634	-34.8255	-1.90	0.64	3.63
21/03/10	12:19:36.62	-71.59866	-34.1270	5.33	0.92	2.80
21/03/10	12:36:50.34	-72.07300	-33.5940	20.17	0.16	0.00
21/03/10	12:57:45.59	-73.14600	-34.2750	80.22	0.62	0.00
21/03/10	13:7:45.59	-71.93799	-34.5010	3.46	0.73	0.00
21/03/10	13:8:33.64	-71.88800	-34.0400	80.60	0.76	3.25
21/03/10	13:19:46.77	-71.93900	-33.9170	94.80	0.40	3.35
21/03/10	13:23:54.55	-70.48499	-35.1020	16.13	0.81	1.20
21/03/10	13:33:44.62	-70.38000	-34.9295	2.07	0.82	0.43
21/03/10	13:52:2.32	-72.30499	-35.0900	99.61	0.07	3.53
21/03/10	13:57:9.24	-71.97000	-34.3840	6.68	0.11	0.00
21/03/10	13:59:32.01	-72.25598	-35.8300	19.96	0.59	3.30
21/03/10	14:24:44.41	-70.24460	-34.8871	6.86	0.44	0.60
21/03/10	14:24:59.45	-70.25211	-34.9010	9.79	1.05	0.80
21/03/10	14:32:15.50	-71.76700	-33.8870	4.92	0.05	3.27
21/03/10	14:47:18.18	-70.28085	-35.2814	11.50	0.18	0.00
21/03/10	15:35:45.50	-71.69543	-35.0967	22.03	0.54	0.00
21/03/10	15:37:19.83	-71.84698	-34.2780	2.57	0.09	2.73
21/03/10	15:41:34.55	-70.24625	-34.8694	3.99	0.68	0.00
21/03/10	15:48:24.50	-71.86200	-34.5170	19.96	0.33	2.73
21/03/10	15:53:13.22	-71.93100	-34.4980	19.97	0.14	0.00
21/03/10	15:57:3.13	-71.86398	-35.2190	59.97	0.69	0.00
21/03/10	16:21:29.22	-71.82300	-33.6080	40.00	0.71	3.10
21/03/10	16:25:16.37	-72.01599	-34.4930	79.07	0.25	4.10
21/03/10	16:37:16.23	-70.47751	-34.6206	12.82	0.36	0.00
21/03/10	17:5:4.47	-71.69800	-34.1460	20.33	1.04	0.00
21/03/10	17:14:38.09	-71.90298	-34.2920	60.09	0.17	3.10
21/03/10	17:18:13.68	-70.25900	-34.8392	9.98	0.68	1.50
21/03/10	17:20:17.22	-71.66400	-34.6770	20.00	0.62	0.00
21/03/10	17:25:11.08	-71.91699	-34.5950	20.00	0.12	0.00
21/03/10	17:26:0.60	-71.83698	-34.7000	19.81	0.37	0.00
21/03/10	17:51:19.04	-71.83200	-33.9070	59.79	0.65	3.20
21/03/10	17:54:45.71	-71.65500	-35.6090	40.00	0.72	0.00
21/03/10	18:5:38.32	-71.89899	-34.0190	19.78	0.62	3.07
21/03/10	18:15:9.01	-71.94800	-34.3870	20.01	0.38	0.00
21/03/10	18:26:52.92	-71.49600	-34.9140	79.96	0.79	3.75
21/03/10	18:30:52.65	-74.73099	-35.8950	120.07	0.60	0.00
21/03/10	18:34:37.78	-71.68198	-34.3517	7.44	0.67	0.00
21/03/10	18:45:37.69	-72.98300	-35.1300	60.03	0.97	3.58
21/03/10	18:56:46.27	-71.91898	-34.3450	5.40	0.18	3.15
21/03/10	19:17:30.67	-72.16400	-34.4670	21.85	0.59	0.00
21/03/10	19:42:0.68	-71.74100	-34.2700	19.97	0.58	0.00
21/03/10	19:58:58.87	-72.60999	-35.9830	17.50	0.53	0.00
21/03/10	19:59:45.96	-71.84198	-34.1960	40.00	0.56	0.00
21/03/10	20:18:25.65	-71.81799	-34.3520	5.11	0.90	2.55
21/03/10	20:41:3.53	-70.39679	-35.0531	8.78	0.22	0.90
21/03/10	20:54:56.65	-71.92099	-34.3220	59.88	0.53	3.00
21/03/10	21:5:2.97	-74.12000	-34.0440	19.94	0.04	0.00
21/03/10	21:9:46.65	-71.53799	-34.6310	40.00	0.50	0.00
21/03/10	21:15:35.98	-72.51300	-33.5640	39.30	0.39	3.75
21/03/10	21:22:34.90	-71.90921	-34.5445	5.44	0.28	0.00
21/03/10	21:36:50.49	-71.96100	-34.1730	21.14	0.59	0.00
21/03/10	21:38:47.53	-71.78247	-34.1841	9.96	0.18	0.00
21/03/10	21:39:19.55	-71.69897	-34.7210	60.19	0.52	0.00
21/03/10	21:40:34.80	-70.31982	-35.2826	8.52	0.26	2.20
21/03/10	21:49:36.62	-70.37277	-34.9334	1.86	0.42	0.00
21/03/10	21:49:44.30	-70.36209	-34.9385	3.00	0.26	0.00
21/03/10	21:53:32.34	-71.33820	-33.4358	79.84	0.13	3.63
21/03/10	21:56:7.29	-71.61899	-34.7790	40.00	0.11	3.48
21/03/10	21:59:14.73	-71.69598	-34.1020	19.99	0.75	0.00
21/03/10	22:10:11.42	-70.86020	-34.6529	-1.90	0.70	0.00
21/03/10	22:41:52.34	-72.54700	-34.8310	59.84	0.79	0.00
21/03/10	22:50:1.89	-70.34818	-35.2932	10.84	0.39	1.95
21/03/10	22:50:47.51	-70.28467	-35.2847	13.28	0.47	0.00
21/03/10	22:51:8.80	-70.32068	-35.3001	10.82	0.13	0.00
21/03/10	22:55:14.87	-72.82599	-34.9100	60.12	0.18	0.00
21/03/10	22:56:8.76	-71.83798	-34.4570	20.01	0.10	0.00
21/03/10	22:58:15.74	-71.29498	-33.8480	19.69	0.60	0.00
21/03/10	23:3:46.58	-71.84698	-34.2230	40.00	0.51	0.00
21/03/10	23:13:2.25	-70.36038	-34.9410	6.06	1.13	1.18
21/03/10	23:29:29.61	-70.45499	-33.5160	133.90	0.35	0.00
21/03/10	23:32:48.14	-71.48499	-34.7610	100.38	0.12	0.00
21/03/10	23:49:16.17	-73.82999	-34.4360	100.03	0.31	0.00
22/03/10	0:24:39.42	-72.57098	-34.7580	40.00	0.77	3.17
22/03/10	0:35:16.67	-73.14700	-34.2880	80.19	0.88	0.00
22/03/10	0:37:9.21	-71.72098	-34.7120	40.00	0.62	0.00
22/03/10	0:42:28.68	-71.77399	-34.4030	59.85	0.69	0.00
22/03/10	0:50:25.41	-70.35162	-34.9715	5.32	0.35	0.00
22/03/10	0:50:55.41	-71.43799	-34.5860	79.42	0.43	0.00
22/03/10	1:2:47.54	-72.50400	-35.5560	60.05	0.13	3.40
22/03/10	1:10:6.47	-71.26862	-34.7408	-1.90	0.80	0.00
22/03/10	1:18:24.32	-70.31152	-35.0355	7.54	0.61	1.33
22/03/10	1:22:30.71	-70.19299	-34.4350	0.46	0.29	0.00
22/03/10	1:31:14.78	-72.55600	-34.7240	99.81	0.13	3.60
22/03/10	1:35:17.37	-70.37653	-34.9370	2.88	0.42	0.45
22/03/10	1:45:7.23	-70.46405	-34.8811	9.01	0.75	0.00

22/03/10	1:54:30.03	-70.20718	-35.2888	8.02	0.11	1.70
22/03/10	2:3:0.34	-71.88300	-34.4900	40.00	0.28	2.88
22/03/10	2:6:21.76	-70.36639	-34.9383	2.94	0.17	0.90
22/03/10	2:7:0.99	-72.35199	-34.5113	30.17	0.25	2.62
22/03/10	2:9:42.72	-71.86475	-34.5466	9.38	0.09	2.63
22/03/10	2:20:33.09	-72.84100	-34.9630	78.65	0.22	4.02
22/03/10	2:24:15.65	-71.57700	-34.1640	18.39	0.30	0.00
22/03/10	3:2:48.82	-70.43387	-35.2364	8.15	0.76	1.50
22/03/10	3:7:49.65	-71.52899	-34.5090	65.96	0.70	0.00
22/03/10	3:12:21.52	-70.36023	-34.9372	2.90	0.19	0.97
22/03/10	3:18:54.94	-71.75598	-34.3410	19.97	0.49	0.00
22/03/10	3:20:43.31	-71.96198	-34.5870	19.93	0.08	3.00
22/03/10	3:27:43.02	-71.73199	-34.7420	40.00	0.59	2.80
22/03/10	3:35:37.35	-72.72000	-33.9580	80.40	0.73	3.70
22/03/10	3:43:15.85	-73.23798	-33.8980	79.95	0.32	0.00
22/03/10	3:58:12.54	-70.15601	-34.4557	8.06	0.63	0.00
22/03/10	3:59:33.96	-73.10699	-35.9500	39.95	0.75	0.00
22/03/10	4:28:14.77	-70.38409	-34.9316	2.00	0.19	0.40
22/03/10	4:29:30.39	-72.42200	-34.9070	40.00	0.23	3.35
22/03/10	4:37:44.75	-70.34900	-34.5650	4.23	0.06	1.68
22/03/10	4:40:2.77	-72.16299	-35.4930	140.05	0.56	3.97
22/03/10	4:47:6.21	-70.36731	-34.9384	2.14	0.41	1.93
22/03/10	5:12:5.66	-72.69400	-34.2880	40.57	0.91	3.56
22/03/10	5:15:42.77	-71.78098	-33.7930	0.59	0.15	0.00
22/03/10	5:21:5.91	-71.84500	-34.9390	40.00	0.49	3.23
22/03/10	5:22:25.62	-72.31198	-35.6620	79.59	0.43	3.65
22/03/10	5:32:56.80	-72.21500	-34.7480	40.00	0.57	0.00
22/03/10	5:34:46.10	-71.88498	-34.7580	40.00	0.49	3.40
22/03/10	5:37:46.55	-71.73398	-34.6340	60.04	0.39	2.90
22/03/10	5:57:45.70	-70.36734	-34.9377	3.05	0.63	0.84
22/03/10	5:58:25.82	-71.70200	-34.1980	60.00	0.52	0.00
22/03/10	5:59:23.85	-71.28998	-35.8790	80.52	0.12	0.00
22/03/10	6:3:3.21	-71.88199	-34.3340	0.54	0.48	2.70
22/03/10	6:7:38.89	-71.56097	-34.5610	20.00	0.72	0.00
22/03/10	6:10:17.26	-71.81598	-34.5380	20.03	0.38	0.00
22/03/10	6:12:15.87	-70.12247	-34.4623	2.75	0.83	1.70
22/03/10	6:25:28.92	-71.83112	-34.5116	12.37	0.71	0.00
22/03/10	6:42:45.70	-71.88400	-34.4600	20.24	0.19	2.77
22/03/10	6:55:40.47	-70.82800	-34.8055	-1.90	0.24	0.00
22/03/10	6:57:13.60	-71.87100	-34.2620	0.00	0.68	2.90
22/03/10	7:14:4.10	-71.89200	-34.3310	0.00	0.30	0.00
22/03/10	7:31:16.90	-70.32541	-34.9222	3.09	0.48	1.10
22/03/10	7:37:4.71	-70.33078	-34.9218	3.39	0.33	1.30
22/03/10	7:41:29.98	-72.20300	-35.3730	5.48	0.17	0.00
22/03/10	7:42:8.98	-70.40417	-33.8836	146.33	0.18	0.00
22/03/10	7:58:7.70	-73.29498	-34.6700	40.03	0.67	3.60
22/03/10	8:11:18.68	-71.75299	-34.6110	20.96	0.38	2.85
22/03/10	8:12:39.86	-71.81500	-34.1640	0.00	0.65	0.00
22/03/10	8:23:33.92	-71.63498	-33.6270	0.00	0.69	2.90
22/03/10	9:17:42.98	-72.19800	-33.6710	20.59	0.46	3.70
22/03/10	9:25:8.14	-71.90317	-34.7835	13.91	0.83	2.40
22/03/10	9:27:51.26	-73.22299	-33.8910	19.88	0.76	0.00
22/03/10	9:34:34.41	-71.94800	-34.2710	19.98	0.20	0.00
22/03/10	9:52:46.72	-72.82300	-35.7330	16.96	0.58	0.00
22/03/10	10:1:43.39	-72.98499	-35.7510	59.81	0.72	0.00
22/03/10	10:12:24.13	-73.62500	-34.4480	19.72	0.94	0.00
22/03/10	10:38:12.60	-72.32397	-35.2200	100.01	0.50	0.00
22/03/10	10:53:13.11	-72.00900	-34.6960	99.93	0.64	3.70
22/03/10	11:1:2.65	-70.24371	-34.3303	39.47	0.57	0.00
22/03/10	11:10:37.36	-70.27283	-34.8369	2.53	0.79	0.00
22/03/10	11:21:17.49	-72.09299	-33.7560	19.93	0.20	3.40
22/03/10	11:25:46.28	-71.81799	-34.3230	5.36	0.22	3.05
22/03/10	11:38:16.17	-72.36899	-35.1210	19.59	0.74	3.30
22/03/10	11:45:34.20	-71.76999	-34.0490	19.99	0.42	2.80
22/03/10	11:47:18.43	-72.17297	-34.7970	40.00	0.74	0.00
22/03/10	12:4:5.54	-72.19598	-34.1480	20.04	0.76	2.95
22/03/10	12:11:57.85	-71.84998	-34.2110	0.32	0.60	0.00
22/03/10	12:15:39.57	-71.69046	-34.6010	10.52	0.65	2.40
22/03/10	12:19:30.31	-70.36743	-34.9549	5.32	0.35	1.55
22/03/10	12:20:34.02	-72.65799	-35.0220	78.38	0.49	0.00
22/03/10	12:22:35.69	-71.76700	-34.7480	40.00	0.15	0.00
22/03/10	12:32:57.51	-71.70197	-34.5119	31.94	0.49	0.00
22/03/10	12:38:57.31	-72.02499	-34.6610	19.98	0.18	2.90
22/03/10	12:49:11.08	-71.96100	-35.1550	20.03	0.30	3.60
22/03/10	13:4:50.04	-71.31500	-33.4740	0.00	0.64	0.00
22/03/10	13:7:40.76	-70.31564	-35.2871	12.91	1.00	2.10
22/03/10	13:9:40.00	-70.18051	-35.1012	6.10	0.62	0.00
22/03/10	13:22:29.87	-71.72897	-33.9930	80.75	0.16	0.00
22/03/10	13:23:41.99	-70.26266	-35.2714	13.07	0.27	0.00
22/03/10	13:35:51.09	-71.83600	-33.7100	40.00	0.78	0.00
22/03/10	13:39:27.65	-70.41299	-34.8420	143.97	0.12	0.00
22/03/10	13:42:56.18	-72.48999	-34.4620	40.00	0.37	0.00
22/03/10	13:44:45.65	-72.13199	-34.6870	18.54	2.07	0.00
22/03/10	13:52:18.21	-70.24106	-35.2704	14.45	0.41	0.00
22/03/10	13:56:58.59	-71.83499	-34.3820	40.00	1.08	2.90
22/03/10	14:6:27.02	-72.28299	-34.7250	6.62	0.12	0.00
22/03/10	14:16:27.59	-72.22299	-34.0080	60.67	0.38	0.00
22/03/10	14:24:5.58	-72.00000	-33.7420	20.57	0.35	0.00
22/03/10	14:29:42.37	-72.32599	-33.8920	121.73	0.66	0.00
22/03/10	14:38:45.70	-70.35284	-34.9819	6.40	0.69	1.13

22/03/10	14:46:51.62	-70.39191	-35.0098	10.43	0.86	0.00
22/03/10	14:54:15.85	-71.48398	-34.1980	20.00	0.20	3.05
22/03/10	15:18:22.60	-71.99100	-34.4570	20.44	0.10	2.80
22/03/10	15:53:41.96	-69.61798	-32.9990	99.62	0.50	4.10
22/03/10	15:56:34.20	-71.77899	-34.4460	18.75	0.68	3.07
22/03/10	16:17:7.28	-70.38287	-34.9347	2.44	1.09	0.00
22/03/10	16:23:57.71	-70.49966	-34.4970	-1.90	0.77	2.55
22/03/10	16:24:55.18	-72.28699	-33.8330	19.01	0.14	0.00
22/03/10	16:57:55.21	-70.46725	-35.0235	14.07	0.71	1.27
22/03/10	17:3:59.26	-70.47687	-34.6502	-1.90	0.62	2.38
22/03/10	17:27:27.93	-72.07498	-34.4470	19.67	0.10	0.00
22/03/10	17:32:12.85	-71.81299	-34.4300	40.00	0.78	2.97
22/03/10	17:40:44.28	-72.08499	-34.5050	61.03	0.58	3.20
22/03/10	17:56:54.59	-70.98438	-33.2545	89.79	0.38	3.65
22/03/10	18:20:46.10	-71.95499	-34.3560	20.00	0.55	0.00
22/03/10	18:22:41.24	-71.74698	-34.2000	40.00	0.42	0.00
22/03/10	18:37:51.82	-72.44757	-35.1705	-1.90	0.64	3.43
22/03/10	19:3:57.67	-70.43500	-34.8900	171.50	0.18	0.00
22/03/10	19:18:29.05	-70.63272	-34.7104	15.83	0.39	0.00
22/03/10	19:53:6.09	-71.98099	-34.7100	20.10	1.90	2.50
22/03/10	19:58:22.61	-72.53098	-35.1300	19.83	0.40	0.00
22/03/10	20:0:58.05	-73.20300	-36.5800	80.52	0.97	0.00
22/03/10	20:10:44.26	-71.89999	-35.0500	19.88	0.76	0.00
22/03/10	20:12:26.28	-71.91998	-34.2670	119.85	0.71	3.83
22/03/10	20:24:6.75	-72.17798	-34.0880	40.00	0.77	3.20
22/03/10	20:25:18.01	-72.07199	-33.9440	40.00	0.96	3.35
22/03/10	20:30:28.23	-72.00699	-34.2360	40.00	0.42	0.00
22/03/10	20:44:42.60	-71.69598	-34.4320	20.00	0.42	2.65
22/03/10	20:50:10.87	-71.76797	-34.5020	80.46	0.22	0.00
22/03/10	20:52:12.54	-70.54199	-34.7910	25.79	0.52	0.00
22/03/10	20:57:55.63	-71.77899	-34.3560	59.98	0.64	2.83
22/03/10	21:4:50.83	-72.00793	-34.6349	10.22	0.57	2.70
22/03/10	21:34:14.06	-72.73300	-34.6490	80.08	0.47	3.75
22/03/10	21:35:58.56	-71.84366	-34.3350	8.33	0.29	0.00
22/03/10	21:40:40.86	-71.92899	-34.3130	20.23	0.70	2.93
22/03/10	21:50:49.98	-70.47507	-34.9862	16.94	0.13	1.37
22/03/10	21:53:46.42	-71.85898	-34.1300	60.12	0.64	3.00
22/03/10	22:10:41.10	-70.81201	-34.7090	12.10	0.15	0.00
22/03/10	22:11:7.12	-70.35611	-34.9385	4.13	0.60	0.00
22/03/10	22:27:38.63	-72.10498	-34.2330	79.94	0.14	3.50
22/03/10	22:31:48.88	-71.45499	-33.7900	98.14	0.22	0.00
22/03/10	22:31:56.53	-70.41537	-35.0036	8.82	0.67	0.00
22/03/10	22:38:32.28	-71.19199	-34.6050	59.91	0.88	0.00
22/03/10	22:45:50.28	-71.92798	-34.1300	40.00	0.09	2.95
22/03/10	23:11:4.95	-72.12994	-34.6366	-1.90	0.42	0.00
22/03/10	23:12:28.68	-70.32452	-34.9329	2.17	0.40	0.00
22/03/10	23:13:43.43	-71.73099	-35.3160	20.46	0.08	2.65
22/03/10	23:14:35.11	-72.42398	-33.9020	20.00	0.22	0.00
22/03/10	23:22:43.42	-71.72998	-34.0790	19.24	1.02	0.00
22/03/10	23:36:59.41	-70.24399	-34.2540	0.00	0.72	0.00
22/03/10	23:38:6.87	-72.54999	-35.8770	140.08	0.74	4.15
22/03/10	23:51:7.39	-71.77600	-34.3850	80.49	0.33	3.05
22/03/10	23:56:22.06	-71.76199	-34.5700	20.00	0.90	2.60
23/03/10	0:24:35.40	-70.36746	-34.9375	2.07	0.61	0.00
23/03/10	0:30:52.17	-72.84662	-34.5745	47.30	0.65	0.00
23/03/10	0:42:16.12	-71.60397	-34.2980	20.00	0.15	2.70
23/03/10	1:4:13.70	-70.36328	-34.9381	3.10	0.35	1.00
23/03/10	1:5:20.33	-71.30298	-34.6720	59.95	0.08	0.00
23/03/10	1:29:33.31	-72.00098	-34.3390	19.78	0.10	2.75
23/03/10	1:54:55.46	-69.57300	-33.9394	-1.90	0.56	0.00
23/03/10	2:27:54.16	-71.46799	-34.7250	75.23	0.68	0.00
23/03/10	2:40:36.47	-71.81598	-34.5660	40.00	0.22	2.93
23/03/10	2:43:37.83	-70.29767	-33.6942	-1.90	0.62	0.00
23/03/10	2:45:49.74	-71.43698	-33.8710	19.29	0.36	0.00
23/03/10	3:12:43.74	-71.61798	-34.1970	40.00	0.17	0.00
23/03/10	3:16:18.64	-71.98398	-33.9490	40.00	1.10	3.10
23/03/10	3:17:44.31	-72.41599	-34.1280	40.00	0.36	3.13
23/03/10	3:23:44.74	-71.82700	-34.0470	58.39	0.41	0.00
23/03/10	3:24:58.60	-71.74649	-34.1822	8.10	0.38	0.00
23/03/10	3:27:23.37	-71.88193	-34.1576	17.59	0.78	0.00
23/03/10	3:39:12.13	-71.75040	-34.0987	9.89	0.43	0.00
23/03/10	3:42:11.85	-70.11020	-34.4715	8.07	0.51	2.20
23/03/10	3:44:56.09	-74.04398	-34.5680	40.00	0.31	0.00
23/03/10	3:50:56.28	-71.88400	-34.3010	20.08	0.31	2.98
23/03/10	3:53:0.28	-70.35431	-34.9298	3.09	0.59	1.10
23/03/10	4:21:46.13	-72.34198	-35.0410	19.76	0.62	3.00
23/03/10	4:26:54.67	-71.89499	-34.3180	0.01	0.14	0.00
23/03/10	4:27:35.66	-72.27200	-35.3560	40.00	0.74	0.00
23/03/10	4:32:9.43	-72.34399	-35.6760	60.61	0.41	0.00
23/03/10	4:34:49.42	-70.28857	-35.2873	13.14	0.37	0.00
23/03/10	4:57:36.82	-71.81299	-34.2380	20.44	0.48	2.95
23/03/10	5:12:16.42	-71.90399	-34.8100	20.12	0.08	0.00
23/03/10	5:13:26.90	-73.00299	-34.3280	99.88	0.72	0.00
23/03/10	5:34:44.85	-71.77899	-34.4980	19.85	0.81	2.80
23/03/10	5:48:26.37	-72.12299	-34.6450	17.37	0.76	2.95
23/03/10	5:57:10.47	-72.22897	-33.2270	74.68	0.64	3.75
23/03/10	6:3:38.90	-71.73499	-34.7000	59.98	0.84	0.00
23/03/10	6:7:13.92	-71.81000	-34.2980	2.12	0.95	2.75
23/03/10	6:35:33.06	-70.23221	-34.8812	2.32	0.37	0.00
23/03/10	6:43:11.44	-70.24002	-34.8723	-1.90	0.37	0.00



23/03/10	6:58:35.67	-70.23868	-34.8854	6.38	0.10	1.10
23/03/10	7:0:47.61	-72.74500	-35.6310	19.87	0.15	3.25
23/03/10	7:9:54.24	-73.28699	-35.5240	40.03	0.11	3.85
23/03/10	7:39:18.48	-72.42499	-35.3930	20.07	0.82	0.00
23/03/10	7:48:39.32	-70.36404	-34.9456	3.59	0.60	0.00
23/03/10	7:50:32.11	-70.32434	-34.9786	6.75	0.78	0.00
23/03/10	7:54:41.61	-72.76700	-34.8000	59.85	0.06	4.10
23/03/10	8:42:17.75	-71.48077	-34.7321	22.21	0.21	0.00
23/03/10	8:47:46.26	-71.62299	-34.2040	20.22	0.95	2.50
23/03/10	9:10:48.70	-71.95956	-34.4693	9.03	0.25	0.00
23/03/10	9:13:24.45	-71.88956	-34.3698	15.65	0.61	0.00
23/03/10	9:13:55.93	-71.84805	-34.4433	11.59	0.24	0.00
23/03/10	9:37:42.26	-70.46057	-35.1131	14.08	0.22	1.40
23/03/10	9:40:35.77	-70.34842	-34.9298	2.52	0.19	0.70
23/03/10	10:3:2.89	-71.93198	-34.1390	19.43	0.22	2.90
23/03/10	10:13:39.70	-70.44333	-35.0056	12.22	0.04	0.90
23/03/10	10:23:32.26	-70.30597	-34.7408	6.53	0.68	1.50
23/03/10	10:24:50.51	-70.31140	-34.7342	7.48	0.07	0.00
23/03/10	10:29:34.76	-71.58798	-34.5410	20.00	0.16	0.00
23/03/10	10:36:40.81	-70.42722	-35.2805	6.34	0.02	1.67
23/03/10	10:37:17.11	-72.69598	-35.1720	0.00	0.32	0.00
23/03/10	10:39:4.23	-73.96698	-34.2760	79.70	0.24	0.00
23/03/10	10:50:11.88	-72.12198	-33.6110	120.50	0.52	3.97
23/03/10	10:52:18.13	-72.18500	-35.3140	3.47	0.78	2.80
23/03/10	10:56:23.26	-72.07599	-34.4430	40.00	0.82	2.95
23/03/10	11:15:59.01	-71.90500	-34.3960	6.49	0.63	2.80
23/03/10	11:20:2.92	-71.85599	-34.2020	100.12	0.32	0.00
23/03/10	11:32:52.48	-70.36200	-35.2700	20.00	0.46	1.73
23/03/10	11:54:37.98	-71.91498	-34.2400	18.98	0.77	3.15
23/03/10	12:6:6.80	-70.31403	-34.7266	5.60	0.23	1.55
23/03/10	12:13:31.92	-70.33759	-34.6652	8.91	0.88	1.17
23/03/10	12:27:22.16	-70.30841	-34.7297	6.18	0.15	0.00
23/03/10	12:32:23.59	-70.31387	-34.7278	6.18	0.17	0.00
23/03/10	13:1:30.24	-70.83200	-34.8540	1.06	0.08	0.00
23/03/10	13:26:53.88	-72.30099	-35.6500	60.20	0.14	0.00
23/03/10	13:30:54.63	-71.84000	-34.2042	15.17	0.30	2.53
23/03/10	14:11:26.23	-73.87299	-34.4840	39.77	0.45	0.00
23/03/10	14:28:26.16	-71.83304	-34.6291	23.48	0.35	0.00
23/03/10	14:41:2.38	-70.35703	-35.0336	7.73	0.49	1.15
23/03/10	15:50:17.97	-72.80698	-35.0220	119.54	0.94	0.00
23/03/10	16:5:31.88	-71.83499	-34.2120	0.00	0.18	2.70
23/03/10	16:21:0.55	-70.35892	-34.9248	2.63	0.77	0.80
23/03/10	16:22:58.69	-71.84000	-34.1400	80.04	0.29	3.20
23/03/10	16:29:1.77	-71.52100	-34.4100	20.00	0.14	0.00
23/03/10	16:34:12.15	-72.21799	-35.1940	40.00	0.63	3.00
23/03/10	16:51:18.97	-72.35498	-35.1260	18.76	0.53	0.00
23/03/10	16:54:4.25	-70.36588	-34.9407	3.36	0.70	1.28
23/03/10	16:57:12.09	-70.43619	-35.0027	14.35	0.82	0.00
23/03/10	16:57:31.47	-70.43134	-35.0026	14.14	0.15	0.00
23/03/10	17:20:40.32	-70.11823	-34.8473	8.89	0.10	1.60
23/03/10	17:25:5.05	-71.75299	-34.3350	20.09	0.17	2.73
23/03/10	17:27:12.15	-72.18298	-33.7390	118.85	0.25	0.00
23/03/10	17:35:38.30	-72.23898	-34.5760	2.34	0.60	0.00
23/03/10	17:43:13.23	-71.89200	-34.7920	0.00	0.81	0.00
23/03/10	17:47:39.42	-70.41699	-36.2420	60.06	0.33	0.00
23/03/10	18:3:29.41	-70.26614	-35.2648	8.16	0.32	1.50
23/03/10	18:5:4.51	-70.61838	-34.8307	4.89	0.51	0.00
23/03/10	18:6:40.47	-72.16199	-35.5230	19.93	0.16	3.00
23/03/10	18:14:40.86	-71.84399	-34.1330	40.00	0.21	0.00
23/03/10	18:32:53.58	-71.72897	-34.4070	21.64	0.82	2.85
23/03/10	18:44:20.44	-71.56598	-34.1980	107.82	0.16	0.00
23/03/10	19:11:1.60	-71.94000	-34.3510	19.82	0.60	3.20
23/03/10	19:22:37.99	-71.72699	-34.4960	21.33	0.79	2.60
23/03/10	19:32:8.38	-72.55600	-34.6760	59.87	0.57	3.82
23/03/10	19:36:6.07	-71.53000	-33.7580	13.05	0.58	2.83
23/03/10	19:40:57.06	-72.60300	-34.7590	60.08	0.74	3.63
23/03/10	19:58:56.86	-71.78400	-34.1410	19.96	0.80	0.00
23/03/10	20:9:48.85	-72.03000	-33.9640	19.42	0.61	0.00
23/03/10	20:30:6.38	-71.37997	-34.0950	20.00	0.70	0.00
23/03/10	20:45:57.84	-70.36008	-34.9416	3.40	0.76	1.15
23/03/10	20:48:20.25	-71.95700	-33.9940	19.91	0.55	3.23
23/03/10	20:57:34.35	-71.67798	-34.0100	20.04	0.14	2.78
23/03/10	21:1:16.37	-71.82700	-34.4940	19.99	0.82	3.15
23/03/10	21:11:2.11	-72.09598	-34.1310	40.00	0.66	3.43
23/03/10	21:25:58.46	-71.87198	-34.3570	4.74	0.64	0.00
23/03/10	21:29:12.95	-69.22598	-34.4970	0.00	0.48	0.00
23/03/10	21:30:13.48	-70.36902	-34.9619	7.73	0.30	1.60
23/03/10	21:36:38.96	-71.83398	-34.6320	15.79	0.49	2.70
23/03/10	21:58:54.47	-70.33200	-33.7430	138.10	0.26	0.00
23/03/10	22:23:15.90	-70.39059	-34.9905	6.44	0.78	1.30
23/03/10	22:36:50.33	-72.02698	-34.1960	40.00	0.47	0.00
23/03/10	22:45:7.74	-72.12399	-34.1280	20.74	0.17	0.00
23/03/10	22:47:18.09	-71.80399	-34.3160	5.02	0.28	2.70
23/03/10	22:57:13.02	-71.73099	-33.9560	19.90	0.74	0.00
23/03/10	22:58:5.60	-72.30200	-34.3700	20.09	0.42	0.00
23/03/10	23:6:44.13	-70.16611	-34.5124	18.38	0.77	1.85
23/03/10	23:12:47.59	-71.87900	-34.4880	40.00	0.75	2.90
23/03/10	23:20:43.97	-70.36270	-34.9367	2.92	0.25	1.11
23/03/10	23:21:52.27	-72.42999	-34.0400	20.01	0.39	0.00
23/03/10	23:25:17.86	-71.99911	-34.4655	-1.90	0.15	3.13

23/03/10	23:31:0.11	-72.08499	-35.8160	19.67	0.60	3.65
23/03/10	23:45:24.61	-72.13898	-34.2960	80.61	0.23	0.00
23/03/10	23:53:47.93	-70.84100	-34.9020	31.48	1.09	0.00
24/03/10	0:11:25.18	-70.36884	-34.9323	3.03	0.66	0.88
24/03/10	0:32:38.95	-71.75598	-34.3700	19.98	0.87	2.75
24/03/10	0:51:34.77	-72.09299	-34.5520	20.39	0.12	2.80
24/03/10	0:57:32.34	-71.61697	-34.2110	0.04	0.59	2.50
24/03/10	1:13:35.78	-70.84998	-34.8600	52.54	0.70	0.00
24/03/10	1:39:46.69	-71.72400	-34.3240	79.68	0.80	0.00
24/03/10	1:44:10.35	-71.85300	-34.2890	20.01	0.69	2.70
24/03/10	1:55:15.12	-71.83850	-34.4269	8.58	0.59	2.90
24/03/10	2:3:9.32	-70.24298	-34.8723	4.98	0.67	1.50
24/03/10	2:27:25.15	-72.29498	-35.3580	20.31	0.36	3.10
24/03/10	2:30:59.67	-71.75900	-33.9860	20.01	0.20	0.00
24/03/10	2:38:18.66	-72.12997	-34.2990	81.73	0.83	0.00
24/03/10	2:42:29.17	-71.55200	-34.5580	80.21	0.75	0.00
24/03/10	2:51:56.81	-71.99313	-34.9350	14.85	0.70	2.43
24/03/10	2:56:41.12	-70.35388	-34.9376	3.27	0.80	0.80
24/03/10	3:1:29.70	-72.56900	-35.3760	19.97	0.25	0.00
24/03/10	3:8:29.61	-71.88599	-34.3450	19.59	0.16	2.63
24/03/10	3:12:6.33	-71.44498	-34.2810	0.00	0.78	0.00
24/03/10	3:31:15.24	-71.85699	-34.1380	21.68	0.58	0.00
24/03/10	3:31:50.07	-72.72400	-34.4470	59.86	2.09	0.00
24/03/10	3:33:19.93	-72.63098	-35.2350	130.38	0.64	4.25
24/03/10	3:42:35.26	-71.83200	-34.3300	60.04	0.55	3.00
24/03/10	3:54:48.18	-71.33899	-34.0940	20.00	0.98	2.80
24/03/10	4:8:35.36	-70.37204	-34.8238	-0.07	0.48	0.00
24/03/10	4:25:5.59	-72.17099	-35.8180	79.64	0.53	3.38
24/03/10	4:32:20.50	-70.82300	-33.5530	60.06	0.03	0.00
24/03/10	4:35:53.75	-72.56598	-34.4850	19.69	0.55	0.00
24/03/10	4:44:51.16	-72.53000	-34.4580	81.55	0.36	0.00
24/03/10	4:56:17.64	-72.94498	-34.4390	40.35	0.68	0.00
24/03/10	4:58:19.31	-71.89700	-34.8010	20.03	0.74	2.63
24/03/10	5:3:6.66	-72.72198	-34.0430	143.28	0.57	4.23
24/03/10	5:6:55.77	-72.76999	-35.2630	20.14	0.74	0.00
24/03/10	5:15:51.37	-70.35434	-34.9126	1.15	1.04	0.65
24/03/10	5:16:22.03	-71.11298	-32.8410	79.67	0.77	3.83
24/03/10	5:18:56.89	-70.37341	-34.9415	2.59	0.30	0.00
24/03/10	5:27:47.40	-72.15900	-34.1850	40.00	0.90	3.10
24/03/10	5:32:50.15	-70.12115	-34.4664	7.61	0.21	0.00
24/03/10	5:34:2.06	-71.79599	-34.2540	19.99	0.31	0.00
24/03/10	5:34:39.71	-74.02200	-34.4990	40.03	0.30	0.00
24/03/10	5:47:18.48	-71.81549	-35.2770	10.88	0.66	2.55
24/03/10	6:6:14.05	-72.14700	-34.1020	40.00	0.50	0.00
24/03/10	6:16:59.81	-72.29599	-33.7010	39.79	0.24	3.60
24/03/10	6:44:15.47	-71.53915	-34.9202	15.46	0.21	0.00
24/03/10	7:21:16.19	-70.34879	-34.9119	0.95	0.56	0.60
24/03/10	7:23:1.82	-71.82397	-34.2770	20.14	0.54	0.00
24/03/10	7:42:55.17	-70.36032	-34.9203	1.39	0.12	0.60
24/03/10	7:53:42.34	-72.34000	-33.8050	40.48	0.61	3.35
24/03/10	8:7:49.61	-71.85800	-34.0750	40.00	0.32	3.40
24/03/10	8:18:25.22	-72.23599	-34.5450	77.19	0.47	0.00
24/03/10	8:21:9.59	-72.61499	-35.5050	0.00	0.44	0.00
24/03/10	8:28:49.36	-71.97998	-34.0440	19.98	0.51	3.10
24/03/10	8:34:1.88	-68.94098	-34.8350	21.17	0.51	2.60
24/03/10	8:47:56.77	-70.34457	-34.9147	1.17	0.72	0.57
24/03/10	9:1:2.24	-70.36920	-34.9299	1.74	2.93	0.60
24/03/10	9:13:20.00	-71.85999	-33.5130	118.97	0.17	4.03
24/03/10	9:22:26.52	-73.09799	-33.9140	19.80	0.06	3.50
24/03/10	9:30:50.61	-72.16400	-33.7460	20.08	0.89	0.00
24/03/10	9:38:27.69	-71.95700	-34.4740	1.14	0.64	2.70
24/03/10	10:0:21.53	-70.19098	-34.4650	20.00	0.56	0.00
24/03/10	10:1:8.47	-72.37399	-35.3130	19.93	0.38	0.00
24/03/10	10:6:4.50	-72.16199	-35.6110	100.52	0.14	3.73
24/03/10	10:19:34.74	-72.00497	-34.6880	19.96	1.14	2.90
24/03/10	10:22:53.74	-71.99799	-34.3940	40.00	0.59	2.90
24/03/10	10:24:9.60	-72.44098	-35.1840	40.00	0.81	0.00
24/03/10	10:29:20.22	-72.22800	-35.1210	80.54	0.41	3.65
24/03/10	10:36:41.09	-71.23898	-33.5150	112.49	0.55	3.97
24/03/10	10:46:46.57	-72.70999	-34.5180	20.05	0.58	3.25
24/03/10	11:2:6.46	-72.46298	-34.2350	139.88	0.99	0.00
24/03/10	11:3:3.59	-72.63599	-34.7420	79.31	1.00	3.97
24/03/10	11:17:45.19	-71.49298	-34.2600	20.00	1.04	0.00
24/03/10	11:19:18.19	-72.52600	-34.2290	19.94	0.87	0.00
24/03/10	11:39:25.19	-72.04099	-34.4910	40.00	0.55	2.90
24/03/10	11:42:59.53	-71.31998	-33.8190	40.00	0.61	3.27
24/03/10	11:48:38.71	-70.35925	-34.9135	0.54	0.34	0.00
25/03/10	0:21:59.70	-72.05899	-34.1360	20.89	0.81	3.10
25/03/10	0:29:16.78	-71.75598	-34.5160	20.00	0.24	2.77
25/03/10	1:4:38.41	-71.21399	-34.0760	0.00	0.88	2.58
25/03/10	1:6:37.60	-71.79797	-34.4960	60.00	0.41	3.10
25/03/10	1:12:40.78	-70.36172	-34.9996	6.36	1.36	1.63
25/03/10	1:13:26.23	-70.42270	-34.6479	-0.06	0.63	1.60
25/03/10	1:20:50.93	-72.85336	-34.1337	38.62	0.12	3.07
25/03/10	1:25:28.43	-71.79199	-34.3500	19.83	0.23	2.95
25/03/10	1:40:60.40	-71.87631	-34.5560	9.26	0.26	2.72
25/03/10	2:9:10.39	-72.05200	-33.8410	60.13	0.62	3.56
25/03/10	2:16:22.85	-71.83600	-34.2160	116.01	0.17	3.73
25/03/10	2:31:32.98	-70.18973	-35.0119	12.25	0.63	1.93
25/03/10	2:58:17.98	-71.77100	-35.2300	59.79	0.85	3.82

25/03/10	3:6:16.13	-70.46640	-35.0064	14.70	0.15	1.67
25/03/10	3:11:5.94	-70.43298	-34.8260	125.62	0.61	2.80
25/03/10	3:12:17.25	-70.27322	-34.9684	4.64	0.15	1.68
25/03/10	3:15:12.21	-70.32809	-34.9304	1.98	1.61	1.23
25/03/10	3:24:3.66	-71.74899	-34.6970	40.00	0.06	2.80
25/03/10	3:31:18.29	-73.01959	-34.0486	92.21	0.05	4.53
25/03/10	3:49:13.49	-71.41354	-34.5171	65.18	0.19	2.55
25/03/10	3:58:0.91	-69.78900	-33.2320	29.14	0.76	3.46
25/03/10	4:1:19.81	-71.94760	-34.4583	7.85	0.22	2.81
25/03/10	4:6:21.59	-72.02298	-34.4200	20.57	0.64	2.70
25/03/10	4:17:51.69	-72.12399	-35.6650	40.00	0.10	3.62
25/03/10	4:29:36.64	-71.63098	-34.3780	79.93	1.10	3.24
25/03/10	4:33:1.29	-71.79486	-35.3386	7.76	0.55	2.34
25/03/10	4:55:57.52	-70.11722	-34.9428	5.12	0.62	1.58
25/03/10	5:1:29.50	-70.40732	-35.0081	10.09	0.55	1.26
25/03/10	5:9:0.86	-74.28900	-36.8730	99.62	0.14	4.98
25/03/10	5:13:55.33	-72.30899	-35.1340	79.08	0.15	3.63
25/03/10	5:32:53.78	-71.37198	-33.2560	19.91	0.88	3.40
25/03/10	5:36:4.24	-70.31793	-34.9438	4.56	0.63	1.94
25/03/10	5:40:21.46	-71.91699	-34.2400	40.00	1.17	3.14
25/03/10	6:8:28.07	-71.20099	-34.8590	76.22	0.21	2.96
25/03/10	6:15:5.74	-70.32220	-34.9510	3.89	0.30	1.31
25/03/10	6:32:35.48	-71.78299	-34.3270	19.98	0.56	2.60
25/03/10	7:3:37.95	-72.56998	-34.6190	20.26	0.11	3.30
25/03/10	7:14:43.95	-71.82498	-34.4700	60.10	0.54	3.33
25/03/10	7:25:37.76	-71.91507	-34.4762	21.13	0.79	2.56
25/03/10	7:35:45.18	-72.59998	-34.0860	21.04	0.54	3.54
25/03/10	7:52:54.91	-71.92297	-34.2690	5.98	0.59	2.93
25/03/10	7:55:55.91	-71.76797	-34.2750	77.47	0.63	3.76
25/03/10	8:3:4.87	-71.36200	-34.4640	118.53	0.17	3.30
25/03/10	8:19:23.43	-71.98303	-34.1667	14.65	0.56	2.68
25/03/10	8:30:15.94	-70.43680	-34.9928	15.38	0.86	1.30
25/03/10	8:41:59.28	-70.40726	-35.0338	8.62	0.71	1.70
25/03/10	9:5:42.74	-70.40729	-34.9861	8.57	0.13	1.63
25/03/10	9:41:25.15	-72.33499	-34.0150	82.63	0.15	3.74
25/03/10	10:18:0.67	-69.72144	-34.3868	-1.90	0.10	1.80
25/03/10	10:21:38.58	-71.77200	-35.0690	79.63	0.93	3.47
25/03/10	10:23:27.82	-71.68500	-34.9060	20.00	0.34	2.82
25/03/10	10:55:45.36	-70.36899	-33.8530	139.96	0.58	3.53
25/03/10	10:57:39.82	-71.81699	-34.6100	59.88	0.85	3.44
25/03/10	11:0:40.20	-71.69400	-34.9020	20.00	0.26	2.88
25/03/10	11:15:59.43	-72.17398	-34.0910	21.27	0.40	3.33
25/03/10	11:25:30.17	-72.15900	-34.5730	22.75	0.80	3.24
25/03/10	11:45:22.99	-70.34247	-34.9894	7.70	0.85	1.37
25/03/10	11:51:13.67	-71.97897	-35.8200	118.71	0.79	4.20
25/03/10	11:59:36.29	-71.89798	-34.1970	124.56	0.06	4.12
25/03/10	12:41:29.86	-72.23999	-33.9960	131.46	0.75	4.37
25/03/10	12:55:21.23	-71.95798	-34.2510	0.00	1.00	2.94
25/03/10	13:6:32.62	-70.31281	-34.7286	7.11	0.81	1.60
25/03/10	13:36:6.53	-71.78799	-34.4370	40.00	0.34	2.80
25/03/10	13:57:54.33	-72.79099	-35.9540	25.98	0.03	4.16
25/03/10	14:5:28.32	-71.60397	-34.7050	80.66	0.28	3.32
25/03/10	14:44:32.07	-71.72998	-34.5210	15.84	0.88	2.70
25/03/10	14:51:47.18	-71.36899	-33.6620	116.31	0.60	3.48
25/03/10	15:2:3.20	-71.76578	-34.2043	6.06	0.56	2.96
25/03/10	15:11:35.37	-70.36200	-35.2620	19.63	0.89	2.06
25/03/10	15:14:55.51	-72.14423	-34.8605	31.67	0.31	2.83
25/03/10	15:20:46.04	-72.17798	-34.1390	60.13	0.20	3.63
25/03/10	15:41:23.54	-71.81799	-35.0160	18.27	0.39	3.04
25/03/10	15:55:26.18	-72.04630	-34.3241	16.43	0.57	2.96
25/03/10	16:9:24.89	-71.76599	-34.8910	139.74	0.66	3.95
25/03/10	16:17:35.80	-70.15900	-34.5030	0.50	0.35	1.90
25/03/10	16:29:27.10	-71.94000	-34.6890	40.00	0.79	3.05
25/03/10	16:33:50.48	-71.65799	-34.2450	119.68	0.35	3.81
25/03/10	16:41:3.50	-71.79599	-34.2090	20.00	0.16	2.97
25/03/10	16:48:20.47	-71.92899	-34.6590	5.48	0.91	2.88
25/03/10	17:22:18.14	-71.80099	-34.0260	20.29	0.65	3.00
25/03/10	17:26:59.62	-71.62198	-33.9580	21.64	0.36	3.47
25/03/10	17:32:45.25	-71.79352	-34.2864	5.93	0.77	2.72
25/03/10	17:40:0.56	-71.82800	-34.5690	18.61	0.81	2.64
25/03/10	17:59:4.37	-71.95798	-34.8440	21.15	0.43	2.65
25/03/10	18:8:19.14	-70.28214	-35.2762	13.50	0.53	1.98
25/03/10	18:17:14.37	-71.75198	-34.4400	40.00	1.10	3.14
25/03/10	18:46:58.48	-71.80499	-33.5840	137.56	0.15	4.23
25/03/10	18:54:19.38	-72.04398	-35.2120	140.15	0.35	3.87
25/03/10	19:0:31.84	-71.81851	-34.2241	5.79	0.96	2.61
25/03/10	19:4:54.82	-71.87100	-34.0540	18.80	0.86	2.92
25/03/10	19:31:1.83	-71.65195	-34.1989	12.50	0.24	2.80
25/03/10	19:32:51.37	-71.69797	-34.7140	22.05	0.95	2.54
25/03/10	19:37:57.40	-71.72299	-34.6860	40.00	0.31	2.93
25/03/10	19:39:48.49	-70.30698	-33.0800	115.23	0.29	4.22
25/03/10	20:16:12.05	-72.11499	-34.0890	59.09	0.31	3.34
25/03/10	20:23:55.47	-71.99100	-34.3680	22.17	0.74	3.01
25/03/10	20:31:18.79	-71.92499	-34.1670	40.00	0.51	3.08
25/03/10	20:46:30.22	-71.96198	-34.5760	40.00	0.62	3.06
25/03/10	20:47:55.50	-71.91998	-33.4810	40.41	0.31	3.50
25/03/10	21:1:54.55	-70.31717	-34.9307	3.95	0.23	1.40
25/03/10	21:18:34.12	-71.20099	-33.0750	140.53	0.47	4.25
25/03/10	21:30:47.95	-73.07599	-35.2230	27.49	0.15	3.62
25/03/10	21:51:9.85	-73.62799	-35.7130	99.91	0.59	4.51

25/03/10	22:4:8.94	-71.76398	-34.6100	22.03	0.64	2.84
25/03/10	22:6:6.66	-70.35922	-34.9470	3.55	0.76	1.18
25/03/10	22:16:38.36	-70.31955	-34.9283	3.42	0.69	0.97
25/03/10	22:21:2.42	-72.59409	-34.1998	55.64	0.10	3.91
25/03/10	22:26:19.50	-72.65698	-35.0770	60.04	0.02	3.94
25/03/10	22:31:26.85	-71.70398	-34.8070	20.00	0.37	2.75
25/03/10	22:38:37.78	-71.82498	-34.9840	20.00	0.58	2.96
25/03/10	22:46:15.56	-72.22400	-33.9740	20.07	0.47	3.30
25/03/10	22:58:12.91	-71.83398	-34.0230	14.19	0.74	3.08
25/03/10	22:58:13.41	-72.04700	-34.3580	19.95	0.86	3.00
25/03/10	23:9:46.07	-71.66699	-34.2780	20.35	0.80	3.01
25/03/10	23:13:49.57	-72.57098	-34.0920	19.47	0.85	3.30
25/03/10	23:15:48.51	-71.64297	-35.2280	98.94	0.58	3.56
25/03/10	23:26:6.60	-70.37198	-35.2730	20.00	0.59	2.23
25/03/10	23:27:18.93	-71.64398	-34.2750	15.60	0.71	2.80
25/03/10	23:34:29.04	-70.38330	-34.9359	2.24	0.19	0.90
25/03/10	23:38:24.30	-71.96030	-34.0429	22.50	0.67	2.91
25/03/10	23:48:22.23	-71.66199	-34.4610	60.33	0.06	3.05
26/03/10	0:14:15.93	-71.74500	-34.5020	20.78	0.32	2.91
26/03/10	0:19:26.88	-72.18021	-34.2928	-1.90	0.58	3.27
26/03/10	0:21:59.64	-72.33698	-34.6740	141.36	0.54	3.96
26/03/10	0:53:20.24	-72.86450	-34.3698	13.39	0.21	3.29
26/03/10	1:7:22.37	-72.05200	-34.3460	15.13	0.98	3.10
26/03/10	1:18:6.12	-72.56299	-34.3750	20.13	0.73	3.38
26/03/10	1:28:38.46	-72.04898	-34.3120	100.03	0.89	4.15
26/03/10	1:34:24.49	-71.89099	-34.3380	5.80	0.73	3.04
26/03/10	2:35:23.34	-70.31436	-34.9203	2.72	0.81	1.37
26/03/10	2:47:46.23	-71.68698	-34.4600	22.46	0.34	3.02
26/03/10	3:4:46.21	-70.36581	-35.2542	13.31	0.01	1.70
26/03/10	4:14:0.89	-70.34952	-34.9417	2.81	0.63	0.40
26/03/10	4:22:8.46	-71.93900	-34.6400	5.23	0.12	2.87
26/03/10	5:11:14.55	-71.76300	-34.9160	78.10	0.07	3.14
26/03/10	5:30:35.84	-71.53998	-34.6660	20.00	0.37	3.03
26/03/10	6:33:35.51	-71.72400	-34.6940	60.08	0.37	3.69
26/03/10	7:13:44.94	-71.72498	-34.8190	40.00	0.37	3.58
26/03/10	8:37:18.94	-71.64499	-34.3950	80.82	0.47	3.42
26/03/10	9:45:23.18	-71.89200	-34.4470	100.49	0.49	3.97
26/03/10	10:14:34.16	-72.18100	-33.8740	61.03	0.56	3.75
26/03/10	10:20:28.09	-72.83899	-35.7210	79.99	0.75	4.40
26/03/10	10:53:44.75	-71.83200	-34.9390	20.00	0.62	2.72
26/03/10	11:6:17.35	-71.76801	-34.5354	11.74	0.88	3.14
26/03/10	11:18:5.52	-70.31375	-35.2919	13.16	0.70	2.16
26/03/10	13:15:3.12	-70.27438	-34.9728	4.61	0.42	1.13
26/03/10	13:37:40.97	-71.92200	-34.5520	100.23	0.15	3.84
26/03/10	14:39:10.12	-71.93799	-34.6230	40.00	0.01	3.82
26/03/10	16:10:50.56	-71.73099	-34.3180	18.54	0.75	3.26
26/03/10	16:14:19.32	-72.18076	-34.0203	28.50	0.41	3.14
26/03/10	16:25:57.76	-71.95398	-34.1080	40.00	0.61	3.07
26/03/10	16:28:8.29	-72.17599	-34.4590	19.01	0.13	3.40
26/03/10	17:25:48.19	-73.74399	-34.0900	19.29	0.30	4.04
26/03/10	17:30:50.19	-72.52698	-35.0470	40.00	0.69	3.59
26/03/10	17:36:21.54	-70.36084	-34.9428	2.49	0.46	0.93
26/03/10	18:8:49.80	-70.31906	-34.9304	3.62	0.48	1.08
26/03/10	18:32:40.97	-71.59598	-34.0760	95.00	0.19	3.29
26/03/10	19:6:34.76	-70.12695	-34.4738	8.11	0.09	1.84
26/03/10	19:42:49.76	-71.94098	-34.5480	20.15	0.85	2.88
26/03/10	20:29:43.85	-71.97098	-34.2610	60.07	0.23	3.37
26/03/10	20:52:45.08	-71.78699	-34.4910	20.76	0.59	2.93
26/03/10	20:58:55.65	-71.87512	-34.3345	8.92	0.53	2.57
26/03/10	21:15:54.74	-69.84714	-34.1079	-1.90	0.64	1.73
26/03/10	21:53:54.44	-70.36325	-34.9273	2.69	0.39	0.98
26/03/10	23:15:57.69	-72.27100	-34.9660	19.97	0.28	3.55
26/03/10	23:19:44.32	-71.81924	-34.5988	12.35	0.19	2.77
26/03/10	23:33:30.67	-70.35016	-34.9238	2.59	0.86	0.94
26/03/10	23:54:39.25	-71.68298	-34.7040	40.00	0.11	3.52
27/03/10	0:2:59.48	-71.78000	-34.4010	9.87	0.47	1.10
27/03/10	0:10:11.08	-70.33603	-34.9441	4.02	0.35	2.61
27/03/10	0:16:59.10	-70.33591	-34.9194	2.53	0.62	2.20
27/03/10	0:30:52.06	-71.56400	-34.4790	20.00	0.27	2.53
27/03/10	0:52:38.00	-69.91055	-34.2623	0.00	0.24	2.82
27/03/10	1:20:22.66	-71.65198	-34.7110	10.00	0.38	1.85
27/03/10	1:42:12.98	-71.79498	-34.2580	28.70	0.12	1.86
27/03/10	2:27:55.44	-70.03482	-34.2028	-1.90	0.30	3.04
27/03/10	2:39:10.33	-70.10941	-34.4572	19.46	0.38	3.36
27/03/10	3:1:15.68	-71.94400	-34.3750	29.73	0.06	3.75
27/03/10	3:27:8.16	-71.62997	-34.7240	79.87	0.44	2.92
27/03/10	3:36:36.21	-71.85144	-34.4382	4.72	0.48	1.17
27/03/10	3:43:15.93	-71.63898	-34.5830	20.00	0.62	2.85
27/03/10	4:46:4.02	-70.34613	-34.9413	2.93	0.18	0.94
27/03/10	4:54:22.01	-71.98398	-34.5070	13.40	0.44	1.25
27/03/10	5:17:3.08	-70.34064	-34.9424	3.10	0.08	3.37
27/03/10	5:55:19.46	-70.24158	-34.8742	2.95	0.72	1.36
27/03/10	6:1:4.12	-71.40598	-34.5280	99.66	0.10	3.08
27/03/10	7:29:57.42	-70.36551	-34.9756	7.03	0.11	3.72
27/03/10	7:48:16.91	-71.72000	-34.6730	30.00	0.77	1.28
27/03/10	8:15:23.86	-71.76099	-34.3120	4.89	0.07	2.36
27/03/10	8:25:17.02	-70.45435	-35.0300	14.19	0.30	1.70
27/03/10	8:31:14.56	-71.50903	-34.5458	24.06	0.23	0.77
27/03/10	8:33:10.35	-70.48132	-35.0007	13.57	0.14	3.58
27/03/10	8:44:17.30	-70.34546	-34.9364	3.09	0.45	3.80

27/03/10	9:11:18.43	-72.50299	-34.7140	60.07	0.19	1.45
27/03/10	9:34:32.57	-72.71820	-33.9806	57.15	0.02	0.84
27/03/10	9:38:3.06	-70.23932	-34.8835	1.54	0.49	2.92
27/03/10	9:46:33.90	-70.34564	-34.9480	3.19	0.18	3.10
27/03/10	9:53:41.20	-71.68799	-34.5780	60.09	0.16	0.78
27/03/10	9:57:32.13	-71.83899	-34.0290	40.00	0.06	3.05
27/03/10	10:29:20.88	-70.34286	-34.9485	2.68	0.39	3.30
27/03/10	10:43:7.14	-71.72299	-34.8630	30.00	0.14	1.15
27/03/10	11:25:31.96	-72.25800	-33.7650	30.03	0.19	2.83
27/03/10	11:35:21.67	-70.34085	-34.9411	2.53	0.50	3.44
27/03/10	11:36:12.71	-71.35397	-34.1090	10.00	0.60	1.97
27/03/10	13:21:57.12	-72.22400	-34.1720	70.25	0.11	2.85
27/03/10	14:55:25.24	-70.96698	-34.8470	20.00	0.41	3.30
27/03/10	15:9:19.18	-71.75800	-35.1551	4.90	0.59	3.00
27/03/10	15:46:30.35	-72.23898	-34.9430	59.74	0.27	2.75
27/03/10	16:31:54.40	-72.36499	-35.0210	20.43	0.25	1.15
27/03/10	16:49:46.97	-71.73746	-34.5092	12.39	0.36	3.20
27/03/10	17:26:23.83	-70.33801	-34.9473	1.17	0.89	3.24
27/03/10	18:14:53.45	-71.68500	-33.8740	27.14	0.42	2.66
27/03/10	18:16:43.97	-72.01599	-34.1400	30.59	0.10	4.09
27/03/10	20:24:34.93	-71.66199	-34.7320	10.00	1.01	2.60
27/03/10	20:54:29.08	-71.22198	-33.2300	108.94	0.31	1.43
27/03/10	21:12:49.93	-71.69897	-34.5190	10.00	0.33	3.48
27/03/10	21:17:44.06	-70.38840	-35.0053	7.98	0.78	3.63
27/03/10	21:25:47.37	-72.18698	-34.0180	50.00	0.28	0.82
27/03/10	21:48:53.76	-72.01498	-34.2240	88.66	0.09	3.38
27/03/10	22:43:21.26	-70.37408	-34.9194	1.58	0.67	3.15
27/03/10	22:51:17.48	-72.14200	-35.1540	59.97	0.61	1.30
27/03/10	23:10:59.70	-72.18399	-34.6410	9.63	0.23	0.47
27/03/10	23:19:33.76	-70.25006	-34.8844	8.52	0.40	3.03
27/03/10	23:46:16.59	-70.34723	-34.9514	3.20	0.56	3.18
27/03/10	23:55:41.38	-71.67798	-34.6170	20.00	0.25	1.45
28/03/10	1:53:28.63	-71.71600	-34.7610	30.00	0.07	4.23
28/03/10	1:56:32.73	-70.29858	-34.7982	4.54	0.40	3.04
28/03/10	2:15:49.99	-69.79797	-35.9960	171.47	0.44	1.10
28/03/10	2:30:56.90	-71.74600	-34.6870	40.00	0.09	1.21
28/03/10	2:59:25.16	-70.34531	-34.9416	2.85	1.03	1.20
28/03/10	3:8:51.36	-70.35376	-34.9196	1.42	0.28	3.53
28/03/10	3:40:47.36	-70.28186	-34.8482	6.28	0.11	3.10
28/03/10	4:0:11.64	-72.06598	-35.0240	40.00	0.24	3.56
28/03/10	5:22:2.67	-72.17798	-34.9980	20.59	0.03	2.87
28/03/10	5:32:47.76	-72.13400	-34.5940	50.00	0.41	1.28
28/03/10	5:35:2.82	-71.37100	-34.0850	10.19	0.84	3.02
28/03/10	5:43:14.49	-70.40457	-34.9245	7.74	0.35	3.59
28/03/10	6:17:34.76	-71.83600	-34.6630	20.77	0.42	3.45
28/03/10	6:36:30.07	-71.90100	-34.4440	79.56	0.14	3.55
28/03/10	8:11:54.26	-72.25699	-35.0200	70.28	0.60	1.62
28/03/10	8:38:29.08	-72.40198	-34.6200	20.03	0.49	1.20
28/03/10	8:53:46.93	-70.38809	-34.6687	9.90	0.49	1.45
28/03/10	9:13:47.88	-70.36945	-34.9210	0.89	0.59	3.46
28/03/10	9:22:17.88	-70.36023	-34.9768	7.19	0.07	1.50
28/03/10	10:1:18.77	-72.00198	-33.8650	58.97	0.05	2.77
28/03/10	10:51:19.88	-70.39542	-34.7238	6.17	0.09	2.97
28/03/10	10:58:20.44	-71.59598	-34.5530	30.00	0.61	3.40
28/03/10	11:2:30.30	-71.88800	-34.4460	10.29	0.07	2.86
28/03/10	11:48:21.31	-71.94299	-34.6670	9.64	0.18	3.45
28/03/10	12:11:43.33	-71.76898	-34.3040	10.40	0.27	2.96
28/03/10	13:16:41.76	-71.70499	-34.5830	62.08	0.51	3.23
28/03/10	14:17:53.51	-71.94098	-34.5320	19.95	0.23	3.50
28/03/10	17:39:48.05	-71.52399	-34.3480	30.00	0.52	1.88
28/03/10	18:4:37.87	-71.53198	-34.7210	79.93	0.65	2.87
28/03/10	19:9:11.43	-70.25723	-35.2671	8.33	0.38	3.90
28/03/10	19:20:6.14	-70.30499	-33.9290	60.03	0.60	3.11
28/03/10	19:28:52.74	-72.57199	-35.3360	90.09	0.20	3.29
28/03/10	19:46:37.34	-70.26361	-35.2466	9.37	0.39	3.10
28/03/10	19:51:3.62	-71.85098	-35.7020	40.00	0.63	3.68
28/03/10	20:24:46.18	-71.93500	-34.1860	40.00	0.17	3.23
28/03/10	20:39:41.72	-72.34500	-34.5950	70.11	0.39	2.40
28/03/10	21:3:22.11	-71.46100	-33.9460	40.00	0.45	3.00
28/03/10	22:9:1.44	-70.40579	-34.3376	39.26	0.50	3.54
28/03/10	22:36:29.55	-71.74500	-34.4480	30.00	0.20	1.78
29/03/10	0:30:35.36	-72.08398	-34.6290	80.34	0.15	1.83
29/03/10	0:58:44.33	-70.26093	-35.2766	13.72	0.30	3.70
29/03/10	1:28:57.28	-70.91101	-35.2691	-1.90	0.60	3.40
29/03/10	1:33:25.14	-72.51999	-34.8260	70.16	0.28	3.16
29/03/10	1:48:20.32	-72.44800	-35.2570	30.25	0.16	2.70
29/03/10	2:38:49.40	-71.82700	-33.6550	20.17	0.68	2.46
29/03/10	2:49:14.73	-71.82404	-34.4040	7.17	0.43	3.59
29/03/10	3:30:10.39	-71.75662	-34.5487	22.88	1.01	3.73
29/03/10	4:35:55.78	-71.25098	-33.8300	105.61	0.45	2.90
29/03/10	4:37:14.82	-71.78784	-34.0734	10.84	0.36	2.92
29/03/10	4:45:50.38	-71.73099	-34.6910	30.00	0.88	3.64
29/03/10	5:16:0.04	-71.90598	-35.0200	40.00	0.67	3.53
29/03/10	5:30:26.45	-71.98398	-34.0810	68.75	0.34	2.90
29/03/10	6:13:39.13	-71.75400	-34.3040	101.53	0.14	3.20
29/03/10	7:39:45.88	-72.73083	-35.4595	46.58	0.81	3.70
29/03/10	8:39:35.92	-71.75000	-33.8830	10.07	0.77	3.01
29/03/10	8:48:36.64	-72.16498	-35.0560	88.64	0.43	3.35
29/03/10	9:19:11.05	-71.95599	-34.4340	30.10	0.55	2.80
29/03/10	9:29:7.11	-70.34799	-34.2670	145.90	0.78	3.59

29/03/10	9:37:49.86	-71.78452	-34.4063	9.09	0.50	3.68
29/03/10	9:52:37.00	-69.51199	-33.0710	50.00	0.53	3.51
29/03/10	10:22:32.09	-72.09598	-33.5470	29.72	0.21	3.00
29/03/10	10:32:35.41	-72.12299	-34.0740	59.76	0.61	3.14
29/03/10	10:42:20.24	-71.97998	-34.4220	10.55	0.61	2.30
29/03/10	10:43:33.66	-71.91098	-34.2990	29.93	0.53	2.83
29/03/10	11:16:1.49	-70.28479	-35.3040	13.02	0.45	2.04
29/03/10	12:4:59.75	-71.73199	-34.5630	50.00	0.60	3.78
29/03/10	12:25:59.81	-70.35999	-35.2640	10.00	0.23	3.35
29/03/10	12:44:12.50	-70.59631	-33.6063	131.52	0.28	1.21
29/03/10	14:10:39.76	-72.21600	-35.2090	10.14	0.23	1.80
29/03/10	14:17:20.15	-70.36771	-34.9341	3.06	0.31	1.12
29/03/10	14:57:21.54	-70.39240	-35.0120	7.47	0.81	1.32
29/03/10	15:56:53.90	-70.37387	-34.9313	3.00	0.12	1.97
29/03/10	16:8:39.91	-70.38617	-34.9340	4.68	0.14	1.09
29/03/10	16:10:11.05	-70.05298	-34.4450	10.00	0.10	1.57
29/03/10	16:46:13.04	-70.33878	-34.9353	2.01	0.12	1.26
29/03/10	17:52:38.86	-70.36600	-34.9380	0.58	0.16	2.87
29/03/10	18:43:51.65	-70.36624	-34.9355	6.39	0.18	2.94
29/03/10	18:59:58.50	-71.72098	-34.4060	30.00	0.38	3.53
29/03/10	19:37:39.19	-70.28299	-34.0850	20.00	0.14	3.60
29/03/10	21:33:19.27	-72.31000	-35.3110	19.99	0.20	3.57
29/03/10	22:18:20.08	-71.93698	-34.5300	99.20	0.87	3.35
29/03/10	22:31:57.58	-71.96100	-34.1380	40.00	0.78	2.07
29/03/10	23:18:49.21	-71.66098	-34.7060	69.94	0.67	2.07
29/03/10	23:36:41.44	-70.24216	-34.8787	3.44	0.27	2.88
30/03/10	1:6:49.48	-70.37405	-35.3142	20.77	0.52	3.30
30/03/10	1:26:44.35	-71.70200	-34.5500	20.00	0.11	4.12
30/03/10	2:35:3.78	-71.80099	-35.3080	9.90	0.10	3.63
30/03/10	2:46:24.85	-72.43900	-35.2010	127.67	0.44	3.18
30/03/10	3:43:32.40	-72.01379	-34.2680	75.49	0.52	3.23
30/03/10	3:48:7.47	-71.62399	-34.6760	10.00	0.89	1.29
30/03/10	4:7:14.86	-71.72897	-34.7870	59.86	0.60	0.93
30/03/10	4:18:14.14	-70.35303	-34.9412	2.84	0.34	2.90
30/03/10	4:23:44.96	-70.36542	-34.9142	1.70	0.52	3.24
30/03/10	4:33:27.25	-71.76300	-34.3070	20.03	0.11	1.60
30/03/10	4:34:54.99	-71.80499	-34.1770	59.84	0.22	3.01
30/03/10	5:9:7.40	-70.34802	-34.9495	4.03	0.56	2.91
30/03/10	5:29:50.47	-70.26700	-35.2840	8.68	0.41	2.83
30/03/10	6:26:36.91	-71.73798	-34.1180	9.90	0.07	1.30
30/03/10	6:31:22.46	-71.79898	-34.5670	30.00	0.48	3.43
30/03/10	7:15:16.36	-70.39389	-35.0156	9.01	0.34	4.05
30/03/10	8:46:20.10	-71.14798	-34.1720	98.62	0.33	3.36
30/03/10	9:50:34.36	-70.33798	-36.3550	0.55	0.05	3.23
30/03/10	10:17:23.81	-71.79898	-34.5250	30.00	0.76	3.54
30/03/10	10:47:21.66	-70.32599	-34.0870	10.00	0.43	2.93
30/03/10	11:24:11.96	-72.49500	-34.2960	60.01	0.24	4.26
30/03/10	12:6:22.64	-72.07199	-34.2090	19.97	0.52	1.94
30/03/10	12:13:19.87	-72.40698	-34.8870	152.31	0.80	3.78
30/03/10	12:57:2.46	-70.29138	-35.2403	8.60	0.79	3.16
30/03/10	14:13:52.73	-71.82379	-34.3283	13.52	1.11	3.17
30/03/10	15:39:33.46	-71.96399	-34.0830	10.53	0.13	3.13
30/03/10	15:42:58.70	-71.70798	-34.4190	78.99	0.37	1.13
30/03/10	16:38:47.11	-71.95099	-34.1910	18.17	0.57	3.89
30/03/10	17:1:0.62	-70.33578	-34.9380	2.76	0.58	3.20
30/03/10	18:37:37.77	-72.37799	-34.4470	59.40	0.64	2.90
30/03/10	18:54:56.46	-72.09799	-34.4660	21.47	0.03	1.42
30/03/10	19:16:59.57	-71.95200	-34.4650	9.86	0.48	2.90
30/03/10	19:45:52.96	-70.40854	-34.9492	6.25	0.56	1.63
30/03/10	20:6:20.02	-71.45499	-33.8800	3.36	0.18	3.17
30/03/10	20:34:28.54	-70.36414	-34.9364	2.43	0.14	3.62
30/03/10	21:23:1.68	-71.82397	-34.1340	0.00	0.39	2.88
30/03/10	21:34:24.92	-70.41800	-34.4080	168.81	0.03	2.72
30/03/10	22:7:21.72	-71.66000	-33.9930	10.00	0.86	0.84
30/03/10	22:12:19.73	-71.60999	-34.3060	10.00	0.40	2.90
30/03/10	23:1:33.31	-70.36453	-34.9053	-1.51	0.20	1.10
30/03/10	23:23:12.02	-72.42072	-34.5425	35.22	0.40	1.34
31/03/10	0:51:45.84	-70.36591	-34.9422	3.29	0.26	3.71
31/03/10	1:20:42.75	-70.35089	-34.9392	2.55	0.46	3.48
31/03/10	3:31:19.36	-72.03400	-35.1870	68.47	0.11	3.56
31/03/10	4:4:30.68	-71.94897	-34.5200	40.00	0.08	2.77
31/03/10	4:16:21.61	-72.25998	-34.8150	50.00	0.55	3.88
31/03/10	4:33:39.69	-71.57800	-34.5860	10.00	0.21	3.03
31/03/10	5:8:23.31	-70.47049	-33.2568	48.62	0.50	3.00
31/03/10	5:38:12.55	-72.35379	-34.4151	35.32	0.49	3.24
31/03/10	5:45:23.95	-71.65500	-34.7270	20.00	0.54	3.40
31/03/10	5:57:50.03	-72.31949	-33.4593	62.09	0.19	2.60
31/03/10	6:47:23.69	-71.71198	-34.3930	79.90	0.37	3.43
31/03/10	7:18:48.00	-71.48300	-34.2610	0.00	0.30	2.82
31/03/10	7:37:37.64	-71.95999	-34.2130	40.00	0.53	2.44
31/03/10	8:14:3.35	-71.93500	-34.5120	10.08	1.87	1.53
31/03/10	8:29:15.47	-71.82999	-34.6260	9.92	0.21	3.70
31/03/10	8:38:52.16	-70.42999	-34.9260	13.53	0.19	3.06
31/03/10	8:51:10.52	-71.25497	-34.6070	119.65	0.43	3.69
31/03/10	9:12:23.59	-71.88699	-34.3260	3.53	0.18	4.09
31/03/10	9:16:6.03	-72.39600	-34.1750	30.33	0.73	3.53
31/03/10	9:19:36.19	-72.16498	-34.2980	2.00	0.43	3.26
31/03/10	9:24:59.76	-72.14600	-34.4470	50.00	0.55	4.46
31/03/10	9:58:58.48	-72.00299	-35.2800	40.00	0.29	4.10
31/03/10	11:8:25.95	-72.02600	-34.1130	0.00	0.37	3.54

31/03/10	12:19:56.57	-72.06299	-34.0630	143.16	0.51	2.17
31/03/10	12:55:49.73	-71.85800	-34.1990	99.90	0.44	2.75
31/03/10	13:31:35.50	-70.60999	-34.5960	56.14	0.95	2.84
31/03/10	14:50:26.18	-71.79572	-34.2734	15.60	0.71	3.30
31/03/10	15:6:34.70	-72.05200	-34.9430	0.00	0.29	2.99
31/03/10	15:12:50.36	-72.03000	-34.2340	19.59	0.28	3.92
31/03/10	15:40:35.52	-71.35495	-34.0213	6.74	0.74	3.90
31/03/10	15:52:19.19	-72.22598	-34.4130	92.28	0.71	3.36
31/03/10	17:26:25.74	-72.50400	-34.3320	70.15	0.48	2.98
31/03/10	18:50:57.02	-71.78799	-34.1450	9.81	0.61	3.40
31/03/10	19:47:17.99	-71.94699	-34.6330	20.24	0.22	2.95
31/03/10	20:0:25.23	-72.06699	-34.4570	60.25	0.18	2.94
31/03/10	23:14:32.52	-71.79898	-34.3740	20.39	0.69	3.64
31/03/10	23:16:20.41	-71.82800	-34.9850	21.98	0.54	2.97
01/04/10	0:2:23.64	-72.03000	-35.0680	69.81	0.64	0.57
01/04/10	1:12:41.74	-71.89200	-34.5000	10.02	0.75	3.94
01/04/10	1:32:58.09	-70.36536	-34.9425	1.73	0.53	2.13
01/04/10	2:7:42.26	-72.62265	-34.3059	12.58	0.21	3.07
01/04/10	2:36:59.53	-70.12567	-34.4740	8.00	0.08	3.28
01/04/10	3:0:17.78	-71.70599	-33.9250	9.97	0.46	1.10
01/04/10	4:38:0.02	-71.84000	-34.0690	73.48	0.26	2.00
01/04/10	5:2:28.61	-70.42233	-34.9294	5.78	0.52	3.37
01/04/10	6:26:31.78	-70.27240	-35.3052	15.39	0.76	3.42
01/04/10	6:28:17.13	-71.88098	-34.0680	50.00	0.11	3.08
01/04/10	6:44:7.91	-71.98499	-34.7520	40.00	0.31	1.76
01/04/10	7:22:14.95	-71.44699	-34.1940	10.00	0.43	3.07
01/04/10	7:52:20.57	-70.26849	-35.1337	7.19	0.25	3.26
01/04/10	8:29:33.20	-71.75998	-34.6290	40.00	0.39	3.43
01/04/10	8:39:47.52	-71.54398	-34.8790	90.67	0.17	3.61
01/04/10	8:54:47.50	-71.53598	-34.5160	88.51	0.15	1.12
01/04/10	9:19:9.90	-72.06400	-34.6130	70.20	0.57	1.02
01/04/10	9:27:52.20	-70.36197	-34.9418	2.46	0.72	4.13
01/04/10	11:9:5.19	-72.09000	-34.6160	100.06	0.07	3.75
01/04/10	11:25:8.31	-71.78400	-34.3600	60.06	0.78	2.85
01/04/10	11:29:40.55	-70.38223	-34.9331	2.54	0.84	0.70
01/04/10	11:31:53.59	-72.19199	-34.8250	100.24	0.47	3.63
01/04/10	12:53:7.80	-72.01599	-34.4810	40.00	0.12	3.72
01/04/10	13:6:56.75	-70.35886	-34.9418	2.87	0.74	1.25
01/04/10	13:26:16.84	-71.82898	-34.1850	19.92	0.61	3.30
01/04/10	13:36:53.11	-71.96500	-34.2430	94.19	0.10	3.69
01/04/10	14:13:11.33	-71.76797	-33.8650	59.81	0.59	3.25
01/04/10	14:26:39.82	-71.78098	-34.4310	19.58	0.64	3.05
01/04/10	15:19:4.78	-71.76498	-34.4880	40.00	0.59	3.13
01/04/10	15:23:53.41	-71.76898	-34.7040	59.65	0.70	3.24
01/04/10	15:41:9.39	-71.91684	-35.1277	86.42	0.25	3.97
01/04/10	15:56:30.05	-71.90900	-34.3960	79.73	0.47	3.28
01/04/10	16:51:44.65	-71.82498	-34.6300	19.85	0.55	3.30
01/04/10	17:3:3.19	-71.75134	-34.3716	14.76	0.65	2.70
01/04/10	17:19:26.23	-71.56299	-34.8360	100.57	0.53	3.39
01/04/10	17:32:26.95	-71.55499	-34.6870	40.00	0.43	3.07
01/04/10	17:39:54.98	-71.64297	-34.6150	81.45	0.65	3.26
01/04/10	18:5:41.48	-72.23599	-34.6810	79.96	0.29	3.58
01/04/10	18:45:34.53	-71.98798	-34.3130	20.37	0.70	3.10
01/04/10	19:43:0.10	-72.30499	-34.4030	121.44	0.66	4.00
01/04/10	19:58:58.69	-72.27298	-34.3110	20.94	0.58	3.47
01/04/10	20:23:46.11	-70.31799	-33.2970	118.90	0.88	4.02
01/04/10	21:2:11.61	-71.79199	-34.3200	99.93	0.65	3.79
01/04/10	21:5:35.66	-71.92599	-34.4120	19.86	0.65	2.97
01/04/10	21:24:10.79	-71.80899	-34.2100	40.00	0.72	3.00
01/04/10	22:30:3.74	-72.30600	-34.3600	40.00	0.58	3.25
01/04/10	23:9:3.66	-70.40668	-35.0774	14.19	0.19	1.70
01/04/10	23:23:56.33	-71.85397	-34.8280	40.00	0.17	3.29
01/04/10	23:26:15.88	-71.72397	-34.5339	21.46	0.11	2.78
01/04/10	23:55:5.41	-72.05499	-34.7250	59.78	0.25	3.15
02/04/10	0:4:42.95	-71.79300	-34.6350	139.71	0.46	4.06
02/04/10	0:20:5.82	-72.21698	-35.6150	19.94	0.44	3.20
02/04/10	0:25:14.15	-70.25198	-35.2530	16.16	1.12	1.88
02/04/10	0:56:15.61	-71.81998	-34.5750	18.67	0.90	2.85
02/04/10	1:35:14.49	-72.22897	-34.4110	40.00	0.48	3.29
02/04/10	1:56:45.28	-70.33600	-34.9350	2.13	0.54	1.56
02/04/10	2:21:8.06	-71.73300	-34.8970	0.00	0.48	2.70
02/04/10	2:39:6.32	-71.96313	-34.5864	11.82	0.05	2.71
02/04/10	3:26:43.34	-71.73300	-34.5070	20.00	0.28	2.53
02/04/10	3:34:18.52	-70.26498	-34.3560	3.77	0.19	2.18
02/04/10	3:55:33.20	-71.92899	-34.2810	40.00	0.65	3.20
02/04/10	4:5:10.95	-72.44199	-34.2240	140.21	0.19	4.36
02/04/10	4:20:46.60	-70.40900	-34.3120	162.74	0.30	3.28
02/04/10	4:23:15.23	-72.47400	-34.5840	0.00	1.18	3.28
02/04/10	4:26:44.08	-72.48398	-34.1490	116.99	0.42	4.30
02/04/10	4:47:22.10	-71.42599	-34.3750	103.19	0.45	3.32
02/04/10	4:50:49.73	-71.47400	-34.9940	130.24	0.89	3.60
02/04/10	4:56:28.64	-71.95700	-33.7170	40.00	0.86	3.29
02/04/10	5:6:35.84	-71.73300	-34.1640	19.97	0.90	2.97
02/04/10	5:24:25.54	-71.82599	-34.2690	19.63	0.36	2.90
02/04/10	5:59:57.67	-70.20905	-35.2019	12.28	0.67	1.90
02/04/10	6:32:37.22	-72.09100	-34.5270	60.09	0.56	3.33
02/04/10	6:48:20.56	-71.63599	-34.6420	40.00	0.24	3.40
02/04/10	7:35:14.37	-72.10098	-33.7400	37.69	0.39	3.50
02/04/10	8:10:50.16	-71.57498	-33.0770	60.20	0.17	3.90
02/04/10	8:13:12.38	-72.38800	-34.9300	20.59	0.41	3.42

02/04/10	8:53:33.42	-73.07800	-35.1960	79.72	0.86	4.06
02/04/10	12:9:12.20	-72.13199	-33.8830	59.50	0.88	3.42
02/04/10	12:22:6.89	-71.90698	-34.7760	99.68	0.55	3.50
02/04/10	12:32:59.42	-72.19299	-34.0260	59.58	0.65	3.70
02/04/10	12:52:1.17	-72.38599	-34.1100	34.11	0.77	3.54
02/04/10	14:6:10.92	-71.64398	-34.7990	80.41	0.56	3.26
02/04/10	14:49:3.17	-72.46100	-33.6110	59.89	0.22	3.95
02/04/10	14:58:10.34	-71.96844	-34.3034	1.24	0.78	3.75
02/04/10	15:39:52.49	-72.78500	-35.2340	0.00	0.70	3.70
02/04/10	15:46:22.70	-70.36578	-34.9307	2.17	0.13	0.98
02/04/10	15:48:22.13	-71.77899	-34.0980	19.74	0.63	3.04
02/04/10	15:58:37.01	-71.93405	-34.3516	6.95	0.10	3.01
02/04/10	16:56:50.26	-71.76401	-34.3925	13.19	0.73	2.65
02/04/10	16:59:14.24	-71.66898	-34.0460	40.00	0.29	3.38
02/04/10	18:49:43.73	-71.48999	-33.9150	21.06	0.33	3.06
02/04/10	19:24:35.29	-68.81097	-33.5910	122.20	0.36	4.43
02/04/10	19:34:9.12	-73.60599	-35.0000	59.81	0.79	4.62
02/04/10	19:51:2.06	-71.82675	-34.5119	15.98	1.40	2.88
02/04/10	21:12:22.03	-70.20200	-35.2089	9.37	0.89	2.15
02/04/10	22:5:32.75	-69.91095	-34.1666	211.01	0.25	3.92
02/04/10	22:25:35.26	-71.94199	-34.1320	40.00	0.20	3.14
02/04/10	22:33:16.23	-71.79990	-34.2239	9.84	0.30	2.96
02/04/10	22:50:56.47	-71.72598	-33.9380	40.00	0.37	2.90
02/04/10	22:58:6.52	-74.03799	-34.8200	59.99	0.32	4.86
02/04/10	23:32:31.00	-70.23999	-35.2390	20.00	0.44	2.10
02/04/10	23:34:8.97	-70.39456	-34.9869	7.68	0.63	1.12
03/04/10	0:25:27.52	-71.67398	-34.7230	20.00	0.35	2.70
03/04/10	0:33:55.34	-71.82635	-34.4643	15.28	0.05	2.80
03/04/10	1:44:21.89	-71.93100	-34.2920	59.60	0.44	3.33
03/04/10	1:50:58.98	-72.61499	-36.4910	1.95	0.21	4.03
03/04/10	2:8:39.73	-71.81299	-34.3740	19.96	0.41	3.20
03/04/10	2:10:24.20	-72.26599	-35.8860	19.89	1.22	3.31
03/04/10	2:41:17.03	-71.75800	-34.7250	40.00	0.64	3.00
03/04/10	2:43:56.16	-71.65799	-34.6530	20.00	0.89	3.07
03/04/10	3:38:21.72	-70.20319	-35.2429	7.64	0.34	2.65
03/04/10	3:42:59.25	-70.17511	-35.2553	9.16	0.41	1.94
03/04/10	3:46:48.40	-70.23080	-35.2529	7.05	0.22	1.95
03/04/10	3:48:26.01	-70.21262	-35.2562	8.21	0.33	2.01
03/04/10	3:50:16.18	-70.16345	-35.2622	72.15	0.20	1.95
03/04/10	4:1:59.21	-69.45584	-34.2119	-1.90	0.11	2.69
03/04/10	4:20:3.68	-72.32098	-33.8670	119.79	0.26	4.30
03/04/10	5:8:40.53	-69.89496	-34.2920	75.23	0.30	2.32
03/04/10	5:10:10.04	-71.75299	-34.8820	20.00	0.90	2.85
03/04/10	5:16:1.55	-70.21255	-35.2389	11.92	0.56	1.96
03/04/10	5:35:12.44	-70.28384	-35.2638	6.01	0.70	1.93
03/04/10	5:40:0.26	-70.31326	-34.8530	6.00	0.12	1.24
03/04/10	6:54:32.37	-70.38809	-35.0368	11.28	0.22	1.36
03/04/10	7:25:2.12	-70.36993	-35.2247	25.23	0.15	2.06
03/04/10	8:0:45.98	-70.20724	-35.2349	3.71	0.11	2.23
03/04/10	8:17:16.41	-71.71500	-34.6890	20.00	0.13	2.99
03/04/10	8:24:32.24	-71.91199	-34.2550	20.00	0.06	3.03
03/04/10	9:2:49.57	-72.07999	-34.4200	40.00	0.40	3.16
03/04/10	9:48:26.22	-71.70898	-33.9860	80.47	0.63	3.44
03/04/10	9:57:39.39	-71.72452	-34.1058	8.95	0.44	2.85
03/04/10	10:18:57.44	-71.75995	-34.4092	13.18	0.65	2.72
03/04/10	10:24:51.78	-71.57300	-34.5770	80.05	0.32	3.72
03/04/10	10:46:13.17	-72.60397	-34.5140	20.07	0.33	3.40
03/04/10	11:16:13.53	-71.87704	-34.4939	6.53	0.68	3.10
03/04/10	11:34:26.07	-72.02698	-34.3770	22.16	0.67	3.41
03/04/10	12:12:27.81	-70.34085	-35.3120	11.76	0.31	1.86
03/04/10	12:43:35.07	-71.73599	-34.4940	21.46	0.64	2.90
03/04/10	13:28:4.38	-71.82397	-34.1680	79.76	0.25	3.42
03/04/10	13:53:30.25	-71.66898	-34.5940	101.17	0.48	3.58
03/04/10	14:44:31.19	-71.95300	-34.5570	101.03	0.69	3.41
03/04/10	16:0:29.36	-71.78998	-33.4760	120.19	0.78	4.27
03/04/10	16:43:54.89	-71.97498	-35.3060	19.76	0.80	3.30
03/04/10	17:17:41.67	-70.30899	-35.2640	15.66	1.14	2.28
03/04/10	17:47:53.90	-71.78900	-34.5410	20.00	0.81	2.78
03/04/10	18:39:51.62	-71.71164	-34.7736	18.82	0.29	2.36
03/04/10	18:46:54.86	-70.54202	-35.1685	38.77	0.47	2.47
03/04/10	19:42:33.46	-71.65799	-34.7720	20.00	0.32	2.78
03/04/10	20:16:53.81	-70.31793	-34.9212	2.38	0.22	1.41
03/04/10	20:33:39.50	-72.60599	-34.6370	38.60	0.42	3.47
03/04/10	21:16:41.85	-71.68399	-34.9790	78.93	0.09	3.33
03/04/10	22:10:55.28	-72.29898	-34.8740	40.00	0.47	3.47
03/04/10	22:23:45.50	-70.36771	-35.0389	14.33	0.55	1.75
03/04/10	22:42:44.76	-71.60300	-34.6860	20.00	0.59	3.19
03/04/10	23:4:0.14	-72.38898	-34.5850	20.58	0.18	3.06
03/04/10	23:25:35.36	-71.98199	-34.3950	19.98	0.31	3.17
03/04/10	23:33:34.42	-71.60098	-34.5340	79.09	0.82	3.07
04/04/10	0:5:3.76	-72.65500	-34.5090	100.30	0.71	4.06
04/04/10	0:11:20.42	-70.33594	-34.9813	7.18	0.58	1.68
04/04/10	0:15:49.05	-71.75986	-34.3666	14.77	0.82	2.99
04/04/10	0:17:22.33	-72.01199	-34.1670	59.83	0.07	3.37
04/04/10	1:7:16.44	-70.37943	-35.0414	8.02	0.36	1.20
04/04/10	1:7:49.19	-71.68698	-33.9410	19.95	0.70	2.97
04/04/10	1:15:47.08	-71.79797	-34.1000	20.08	0.16	2.95
04/04/10	1:18:54.87	-70.34198	-34.9446	0.92	1.24	1.42
04/04/10	1:39:41.68	-71.86798	-34.4620	40.00	0.64	3.14
04/04/10	2:52:59.85	-71.78400	-33.9510	79.05	0.14	3.35



04/04/10	3:0:0.69	-70.37595	-34.9356	2.00	0.32	1.43
04/04/10	3:1:10.65	-70.31293	-35.2909	13.58	0.69	1.90
04/04/10	3:40:0.12	-71.95599	-34.1050	59.87	0.02	3.35
04/04/10	4:9:12.22	-71.80600	-34.8620	40.00	0.17	2.95
04/04/10	4:13:5.93	-70.16165	-34.5009	5.82	0.50	1.90
04/04/10	5:20:15.21	-70.36331	-34.9400	3.23	0.29	1.07
04/04/10	5:56:9.00	-71.93500	-34.5040	19.35	0.08	3.11
04/04/10	6:35:9.53	-70.33859	-35.2384	7.80	0.15	1.76
04/04/10	6:58:16.21	-72.25098	-34.1810	40.00	0.54	3.69
04/04/10	7:28:20.09	-70.38239	-34.9259	1.67	0.15	1.45
04/04/10	8:31:9.61	-70.38721	-34.9069	3.60	0.50	1.10
04/04/10	8:56:40.44	-71.99399	-34.5910	19.61	0.17	2.97
04/04/10	9:6:50.56	-71.97098	-34.4460	19.59	0.05	2.94
04/04/10	9:11:0.71	-70.28421	-34.9641	5.39	0.80	1.49
04/04/10	9:50:14.01	-72.38699	-34.5340	40.00	0.67	3.21
04/04/10	10:6:21.38	-70.46243	-35.0424	13.29	0.08	1.69
04/04/10	11:41:55.44	-70.13049	-34.9644	2.47	0.53	2.14
04/04/10	12:18:33.27	-71.88498	-34.3650	40.00	0.15	3.28
04/04/10	12:58:42.82	-70.19498	-34.4442	16.28	0.33	2.27
04/04/10	13:15:56.53	-71.88098	-34.4450	40.00	0.34	2.98
04/04/10	14:4:2.04	-71.97699	-34.2420	25.62	0.13	2.93
04/04/10	15:0:11.14	-70.33356	-34.9525	3.49	0.62	1.48
04/04/10	15:8:11.39	-71.69498	-34.8020	20.00	0.47	3.16
04/04/10	16:26:56.14	-71.49500	-34.1380	16.29	0.07	3.46
04/04/10	16:36:11.08	-72.00900	-34.6100	20.10	0.72	3.10
04/04/10	16:42:26.76	-72.36200	-34.6140	20.02	0.57	3.10
04/04/10	17:8:22.52	-71.82507	-34.3806	-1.90	0.66	3.14
04/04/10	17:20:5.99	-71.67700	-34.3350	0.00	0.98	2.60
04/04/10	17:23:57.65	-71.95200	-34.2300	102.25	0.27	3.66
04/04/10	17:42:30.22	-70.35385	-34.9449	3.23	1.22	1.13
04/04/10	17:56:8.86	-71.97998	-34.5290	20.02	0.78	3.00
04/04/10	18:17:10.39	-72.62399	-34.4030	40.45	0.15	3.48
04/04/10	18:36:37.98	-71.78998	-33.7470	19.82	0.65	3.40
04/04/10	18:45:26.64	-72.12399	-34.1640	58.20	0.38	3.39
04/04/10	18:57:22.13	-70.13583	-34.9314	3.10	0.66	1.78
04/04/10	19:18:46.73	-70.32205	-34.9260	3.07	0.46	1.32
04/04/10	19:39:9.45	-70.33069	-34.9431	3.02	0.24	1.49
04/04/10	20:40:4.29	-71.80899	-34.4860	20.67	0.12	3.22
04/04/10	21:11:1.43	-72.10800	-34.1010	40.00	0.22	3.13
04/04/10	21:18:13.90	-71.85800	-34.1510	19.71	0.55	2.97
04/04/10	22:5:30.49	-71.80713	-34.2836	9.50	0.19	2.67
04/04/10	23:49:23.06	-72.42200	-33.9630	99.82	0.59	4.03
05/04/10	0:14:11.81	-71.27600	-33.9130	65.63	0.32	3.64
05/04/10	0:18:58.99	-71.98700	-34.3280	60.30	0.98	3.20
05/04/10	0:28:44.72	-72.48199	-35.6260	40.83	0.67	3.42
05/04/10	0:57:17.54	-72.11200	-34.5570	60.50	0.48	3.70
05/04/10	1:8:11.90	-72.33298	-35.9260	19.89	0.41	3.52
05/04/10	1:17:32.70	-72.46600	-35.2820	59.85	0.57	4.00
05/04/10	1:34:40.03	-72.79398	-34.7990	40.02	1.05	3.70
05/04/10	1:47:29.85	-70.22198	-34.4120	20.00	0.52	2.05
05/04/10	2:21:49.92	-71.45200	-34.7010	99.42	0.49	3.33
05/04/10	2:39:21.30	-71.78348	-34.4555	13.32	0.35	2.65
05/04/10	3:2:41.47	-71.86200	-34.0950	18.64	0.58	2.95
05/04/10	3:5:10.29	-72.04700	-34.3190	14.70	0.29	3.18
05/04/10	3:32:15.29	-70.89398	-33.3820	20.16	0.77	3.35
05/04/10	4:9:25.73	-73.73398	-34.7000	99.84	0.68	4.49
05/04/10	4:18:3.60	-70.37436	-34.9193	3.36	1.03	1.43
05/04/10	6:26:36.74	-72.11499	-34.2140	40.00	0.86	3.46
05/04/10	6:36:43.59	-72.37698	-34.9050	99.36	0.23	3.76
05/04/10	7:8:39.70	-71.76498	-34.0040	80.25	0.29	3.40
05/04/10	7:11:55.66	-70.30200	-35.2410	8.03	0.58	1.90
05/04/10	8:4:10.94	-71.84998	-34.2510	19.95	0.83	2.90
05/04/10	9:44:52.86	-70.35709	-34.9456	2.73	0.47	1.14
05/04/10	10:9:18.12	-70.27777	-34.9628	5.06	0.57	1.63
05/04/10	10:16:36.22	-72.36697	-35.3030	99.08	0.05	3.83
05/04/10	10:53:54.17	-72.19299	-34.2710	81.88	0.01	3.81
05/04/10	11:7:37.46	-70.36475	-34.9933	7.56	0.55	1.60
05/04/10	11:10:0.75	-71.81198	-34.5480	19.06	0.65	2.80
05/04/10	11:43:54.02	-72.07028	-34.3518	13.77	0.07	2.86
05/04/10	11:45:50.13	-71.69400	-34.6670	40.00	0.59	2.80
05/04/10	12:49:52.19	-71.83899	-34.2160	5.13	0.40	2.90
05/04/10	13:17:31.79	-71.88699	-34.3940	59.83	0.12	3.25
05/04/10	13:38:30.35	-70.35974	-34.9507	3.70	0.21	1.10
05/04/10	13:46:29.45	-71.53299	-34.7770	20.00	0.49	2.40
05/04/10	13:59:46.75	-70.34241	-34.9449	3.03	0.08	1.17
05/04/10	15:47:8.46	-70.47299	-35.3610	174.01	0.47	4.15
05/04/10	16:0:52.06	-72.17084	-34.7816	-1.90	0.08	3.47
05/04/10	16:13:18.99	-70.35236	-34.9335	3.16	2.86	0.97
05/04/10	16:55:38.05	-70.34482	-34.9651	4.94	0.31	1.63
05/04/10	18:0:36.41	-69.84052	-33.9836	-1.90	0.02	2.47
05/04/10	18:45:7.30	-72.07300	-34.5010	60.03	0.14	3.65
05/04/10	19:8:8.14	-71.74799	-34.8480	20.00	0.17	3.08
05/04/10	20:0:50.35	-70.16000	-34.8924	-0.21	0.47	1.20
05/04/10	20:29:19.65	-72.42398	-33.8890	20.06	0.66	3.43
05/04/10	20:44:0.18	-71.81500	-34.5820	80.19	0.28	3.34
05/04/10	20:45:55.44	-71.82498	-34.4200	40.00	0.67	3.10
05/04/10	21:13:46.87	-71.83899	-34.3160	40.00	0.67	3.13
05/04/10	22:14:1.02	-72.03000	-33.9950	80.72	0.36	3.57
05/04/10	22:27:4.25	-71.69800	-34.7390	60.00	0.34	3.15
05/04/10	23:6:18.69	-70.33932	-35.2306	25.53	0.65	1.92

05/04/10	23:32:41.15	-70.42398	-35.2774	28.80	0.37	2.29
06/04/10	0:10:57.90	-72.06699	-33.9190	19.85	0.13	3.71
06/04/10	0:46:6.51	-71.84299	-34.0180	22.28	0.28	3.10
06/04/10	1:17:48.61	-71.75400	-34.4380	20.04	0.82	3.01
06/04/10	1:31:33.82	-70.36008	-34.9931	8.68	0.54	1.36
06/04/10	2:50:20.29	-72.71298	-34.3750	60.03	0.56	3.62
06/04/10	3:9:18.59	-70.30133	-35.3206	12.29	0.03	2.24
06/04/10	3:37:18.91	-70.37241	-35.2625	11.89	0.54	1.88
06/04/10	4:1:26.93	-70.42969	-35.0083	13.09	0.11	1.85
06/04/10	4:57:42.94	-70.35559	-34.9191	1.22	0.14	0.97
06/04/10	5:13:10.24	-70.39365	-34.7205	6.98	0.06	1.20
06/04/10	6:40:0.79	-70.33310	-34.9285	2.65	0.19	0.67
06/04/10	6:54:57.95	-70.27585	-34.9595	7.18	0.09	1.05
06/04/10	8:24:47.16	-70.37637	-34.9274	2.21	0.02	0.52
06/04/10	10:55:38.00	-70.37619	-34.9342	2.57	0.11	1.57
06/04/10	13:20:10.17	-70.35962	-34.9203	1.51	0.29	3.18
06/04/10	14:55:33.15	-70.41519	-34.7130	4.72	0.14	1.57
06/04/10	19:11:1.31	-71.25299	-33.9580	21.87	0.14	0.75
06/04/10	19:44:6.73	-70.40604	-34.7183	6.69	0.14	2.89
06/04/10	20:6:33.36	-70.33173	-34.9334	2.87	0.70	2.22
06/04/10	22:12:58.54	-71.89682	-34.5520	19.25	0.08	0.80
06/04/10	23:0:18.39	-70.25775	-35.2450	9.58	0.05	0.97
06/04/10	23:11:37.06	-70.35205	-34.9154	1.16	0.54	3.30
07/04/10	0:5:10.17	-70.33179	-34.9373	2.70	0.18	3.59
07/04/10	6:2:1.15	-71.72897	-34.7090	40.00	0.19	3.09
07/04/10	7:58:43.32	-71.99500	-34.5000	30.01	0.06	3.36
07/04/10	12:20:46.41	-72.64874	-34.6716	32.18	0.35	1.30
07/04/10	12:32:14.32	-71.87299	-34.1820	19.98	0.38	0.47
07/04/10	15:44:3.15	-70.34338	-34.9422	3.45	0.32	1.03
07/04/10	16:14:37.02	-70.36307	-34.9173	1.56	0.60	1.62
07/04/10	17:13:59.06	-70.31384	-34.9117	0.11	0.12	3.66
07/04/10	19:17:52.47	-70.36102	-34.7310	7.76	0.22	1.20
07/04/10	20:13:18.28	-71.50699	-34.8400	78.63	0.13	2.39
07/04/10	22:10:58.40	-70.32391	-34.9488	4.47	0.14	0.75
08/04/10	0:4:11.88	-70.27289	-34.9711	6.07	0.49	1.44
08/04/10	0:54:51.53	-70.36847	-34.9369	2.50	0.07	1.15
08/04/10	6:58:54.76	-70.34875	-34.9401	3.13	0.23	0.82
08/04/10	7:38:7.28	-70.34683	-34.9476	2.80	0.09	2.79
08/04/10	8:9:42.63	-70.33841	-34.9401	2.46	0.09	1.23
08/04/10	9:29:34.39	-71.68597	-34.7210	30.00	0.08	2.39
08/04/10	10:10:42.20	-70.23505	-34.8800	1.07	0.05	1.86
08/04/10	10:27:18.17	-70.28479	-35.2860	13.37	0.36	1.57
08/04/10	14:31:42.96	-70.27698	-35.2680	15.01	0.10	1.45
08/04/10	16:19:50.44	-70.28186	-34.9270	4.48	0.11	1.70
08/04/10	17:14:47.18	-70.35269	-34.9406	2.72	0.32	2.72
08/04/10	18:44:45.53	-70.40735	-34.9881	14.80	0.11	1.04
08/04/10	21:50:39.00	-70.32312	-34.7151	-1.90	0.06	0.83
08/04/10	22:56:42.15	-70.34924	-34.9414	3.16	0.15	1.71
09/04/10	1:0:30.38	-70.31223	-34.8949	-1.90	1.45	1.27
09/04/10	9:35:22.20	-70.25333	-34.8857	1.60	0.09	2.15
09/04/10	9:52:15.51	-70.38254	-35.0402	9.98	0.12	1.11
09/04/10	10:23:16.14	-70.41275	-35.0366	11.45	0.28	0.95
09/04/10	12:9:44.54	-70.37939	-34.9653	6.58	0.01	0.83
09/04/10	12:12:40.67	-70.38272	-34.9663	6.74	0.16	0.90
09/04/10	12:49:38.95	-70.35147	-34.9393	2.95	0.06	3.51
09/04/10	14:1:25.57	-70.38217	-34.9165	-0.33	0.08	1.87
09/04/10	15:34:45.15	-71.52698	-34.5970	99.65	0.07	1.00
09/04/10	15:36:41.98	-70.35550	-34.9381	3.16	0.24	2.07
09/04/10	15:39:21.76	-70.35565	-34.9179	1.22	0.77	1.24
09/04/10	20:27:55.50	-70.37198	-35.2760	17.74	0.15	1.08
10/04/10	2:18:7.08	-70.34991	-34.9379	2.92	0.30	1.17
10/04/10	22:1:39.43	-70.34473	-34.9564	3.66	0.19	3.13
10/04/10	22:29:38.84	-70.35403	-34.9360	2.81	0.08	3.70
11/04/10	8:35:56.76	-71.73898	-34.4800	30.00	0.09	0.45
11/04/10	9:22:27.19	-72.04498	-34.4300	40.00	0.08	3.35
11/04/10	10:2:42.79	-70.36728	-34.9084	-0.72	0.37	0.66
11/04/10	12:15:13.96	-71.51797	-34.7930	95.90	0.64	3.79
11/04/10	12:45:9.58	-70.36029	-34.9370	2.36	0.02	1.60
11/04/10	16:7:38.51	-71.66699	-34.8590	80.31	0.68	0.78
11/04/10	16:12:26.41	-70.45752	-35.0237	14.56	0.05	3.19
11/04/10	17:12:4.59	-70.36591	-34.9176	0.01	0.62	1.02
11/04/10	18:6:32.42	-71.34399	-33.9080	30.34	0.09	2.48
11/04/10	18:56:2.27	-70.36197	-34.9285	1.26	0.13	0.75
11/04/10	19:2:31.10	-70.19998	-35.2461	11.77	0.80	1.80
11/04/10	19:37:40.14	-70.34863	-34.9496	3.42	0.12	3.63
11/04/10	23:1:25.44	-70.20670	-35.2643	18.00	0.15	1.05
12/04/10	0:53:25.35	-72.39297	-35.0390	59.59	0.04	0.77
12/04/10	1:4:31.52	-70.36569	-34.9222	1.80	0.20	1.23
12/04/10	4:0:8.51	-70.37091	-34.9390	3.50	0.52	2.76
12/04/10	4:2:4.37	-70.36667	-34.9826	7.96	0.14	1.87
12/04/10	4:17:55.76	-70.31799	-35.2550	15.57	0.06	1.98
12/04/10	4:48:30.20	-70.34073	-35.2501	7.92	0.02	1.88
12/04/10	5:51:52.81	-70.23309	-35.2602	7.97	0.38	1.03
12/04/10	6:29:34.49	-70.36676	-34.9921	7.65	0.30	3.56
12/04/10	6:53:11.12	-70.35541	-34.9432	2.86	0.17	0.38
12/04/10	9:9:29.92	-72.25098	-34.2450	69.37	0.06	0.33
12/04/10	15:6:14.38	-70.34741	-34.9335	2.46	0.09	3.18
12/04/10	22:9:58.98	-71.55899	-34.8190	40.00	0.20	3.46
12/04/10	22:26:51.05	-70.16800	-34.7340	8.66	0.58	1.41
12/04/10	23:6:33.51	-70.34964	-34.9305	2.10	0.30	0.91

13/04/10	0:26:52.13	-70.36899	-35.0470	7.83	0.34	1.31
13/04/10	3:17:-0.73	-72.38190	-33.8121	45.66	0.12	3.24
13/04/10	13:11:45.38	-70.38043	-34.9986	8.05	0.10	1.30
13/04/10	17:54:49.57	-70.25964	-34.9504	5.11	0.26	1.12
13/04/10	18:29:18.34	-72.00198	-34.6710	20.04	0.07	3.24
13/04/10	23:12:16.32	-70.38168	-34.9817	7.55	0.12	1.23
13/04/10	23:41:47.12	-70.36249	-34.9223	2.20	0.67	0.74
14/04/10	2:15:11.85	-70.36179	-34.9626	5.84	0.17	1.24
14/04/10	5:26:4.42	-70.37070	-34.9325	2.67	0.29	1.63
14/04/10	7:1:5.59	-70.26303	-35.3098	13.02	0.16	2.70
14/04/10	7:3:24.49	-70.38300	-35.0139	9.18	0.15	1.12
14/04/10	9:10:36.01	-70.33859	-34.9371	3.08	0.12	1.38
14/04/10	9:52:1.77	-70.36139	-34.9407	2.62	0.14	0.97
14/04/10	10:2:43.50	-70.30521	-34.9563	5.39	0.07	1.28
14/04/10	10:37:14.65	-70.37640	-34.9237	1.30	0.05	1.03
14/04/10	11:57:34.05	-70.35590	-34.9485	3.36	0.11	1.41
14/04/10	19:13:26.05	-70.37106	-34.9287	1.02	0.14	0.93
14/04/10	20:59:40.97	-70.29700	-35.2390	15.30	0.08	2.07
14/04/10	22:1:7.66	-70.21198	-34.7810	8.12	0.05	1.63
15/04/10	0:34:40.13	-70.35004	-34.9034	-1.21	0.28	1.33
15/04/10	2:13:25.16	-70.34500	-34.9370	2.93	0.18	0.87
15/04/10	5:20:20.94	-71.69299	-34.1070	0.00	0.23	3.10
15/04/10	7:29:46.02	-70.27432	-35.3065	9.90	0.04	1.90
15/04/10	7:53:43.47	-70.37610	-34.9283	2.00	0.44	1.37
15/04/10	9:9:44.61	-70.37701	-34.9293	1.67	0.14	0.50
15/04/10	13:57:59.73	-70.32751	-34.9245	3.15	0.12	0.90
15/04/10	15:48:23.11	-70.36188	-34.9812	7.37	0.02	1.53
15/04/10	15:52:54.87	-70.31094	-34.9167	-0.08	0.03	1.38
15/04/10	19:54:5.31	-70.35007	-34.9390	3.19	0.02	1.30
15/04/10	20:30:49.79	-70.37399	-35.2780	20.00	0.28	2.20
15/04/10	23:17:24.48	-72.18198	-34.7220	40.00	0.20	3.45
15/04/10	23:35:0.97	-70.34940	-34.9490	3.70	0.19	1.03
16/04/10	1:11:13.87	-71.64700	-34.6330	139.37	0.47	3.81
16/04/10	1:38:1.86	-70.38089	-34.9313	2.18	0.03	0.94
16/04/10	2:14:51.68	-71.62299	-34.1850	77.28	0.82	3.49
16/04/10	2:58:30.31	-70.30518	-34.9526	5.26	0.12	1.00
16/04/10	4:15:1.46	-70.34244	-34.9395	2.92	0.68	1.03
16/04/10	7:23:43.80	-70.34644	-34.9415	2.92	0.11	0.96
16/04/10	8:2:25.16	-70.34610	-34.9480	3.05	0.06	0.83
16/04/10	9:45:47.61	-70.47675	-35.1345	17.59	0.06	2.07
16/04/10	9:54:55.90	-70.19528	-34.8538	11.86	0.04	2.19
16/04/10	10:55:56.38	-71.27899	-34.2720	61.43	0.16	3.10
16/04/10	11:13:20.46	-71.55600	-34.6360	60.13	0.27	3.30
17/04/10	10:34:8.28	-70.35056	-34.9359	5.84	0.51	1.04
17/04/10	23:1:16.60	-71.68698	-34.0130	19.60	0.46	3.38

## Apéndice B

### Modelo 3D de Velocidades

Tabla B.1: Modelo 3D de ondas sísmicas, y sus relaciones  $V_p/V_s$  y  $V_p * V_s$ .

- (1): Longitud del nodo en grados.  
(2): Latitud del nodo en grados.  
(3): Profundidad del nodo en kilómetros.  
(4): Velocidad de onda  $P$  del modelo inicial en km/s.  
(5): Velocidad de onda  $S$  del modelo inicial en km/s.  
(6): Velocidad de onda  $P$  del modelo final en km/s.  
(7): Velocidad de onda  $S$  del modelo final en km/s.  
(8): Covarianza de velocidad de onda  $P$  del modelo final en km/s.  
(9): Covarianza de velocidad de onda  $S$  del modelo final en km/s.  
(10): Variación porcentual de  $V_p$  con respecto al modelo inicial en porcentaje.  
(11): Variación porcentual de  $V_s$  con respecto al modelo inicial en porcentaje.  
(12): Relación  $V_p/V_s$  del modelo final.  
(13): Relación  $V_p * V_s$  del modelo final en  $\text{km}^2/\text{s}^2$ .

Longitud [°] (1)	Latitud [°] (2)	Prof [km] (3)	$V_{pi}$ [km/s] (4)	$V_{si}$ [km/s] (5)	$V_{pf}$ [km/s] (6)	$V_{sf}$ [km/s] (7)	$\sigma V_p$ [km/s] (8)	$\sigma V_s$ [km/s] (9)	$\delta V_p$ [%] (10)	$\delta V_s$ [%] (11)	$V_{pf}/V_{sf}$ (12)	$V_{pf} * V_{sf}$ [ $\text{km}^2/\text{s}^2$ ] (13)
-70.48345	-34.81551	2.25	4.00	2.27	3.84	2.26	0.10	0.04	-4.00	-0.56	1.70	8.68
-70.41766	-34.81551	2.25	4.00	2.27	3.78	2.28	0.09	0.04	-5.50	0.32	1.66	8.62
-70.38485	-34.81551	2.25	4.00	2.27	3.50	2.18	0.08	0.03	-12.50	-4.08	1.61	7.63
-70.35184	-34.81551	2.25	4.00	2.27	4.05	2.27	0.12	0.04	1.25	-0.12	1.78	9.19
-70.45054	-34.84262	2.25	4.00	2.27	3.98	2.28	0.11	0.04	-0.50	0.32	1.75	9.07
-70.41766	-34.84262	2.25	4.00	2.27	3.66	2.41	0.09	0.04	-8.50	6.04	1.52	8.82
-70.38485	-34.84262	2.25	4.00	2.27	3.13	2.05	0.06	0.03	-21.75	-9.80	1.53	6.42
-70.35184	-34.84262	2.25	4.00	2.27	4.01	2.28	0.11	0.04	0.25	0.32	1.76	9.14
-70.45054	-34.86951	2.25	4.00	2.27	4.16	2.46	0.12	0.04	4.00	8.24	1.69	10.23
-70.41766	-34.86951	2.25	4.00	2.27	4.27	2.37	0.12	0.04	6.75	4.28	1.80	10.12
-70.38485	-34.86951	2.25	4.00	2.27	3.30	2.05	0.07	0.03	-17.50	-9.80	1.61	6.77
-70.35184	-34.86951	2.25	4.00	2.27	3.93	2.26	0.11	0.04	-1.75	-0.56	1.74	8.88
-70.41766	-34.89660	2.25	4.00	2.27	3.46	1.99	0.07	0.03	-13.50	-12.44	1.74	6.89
-70.38485	-34.89660	2.25	4.00	2.27	3.95	2.27	0.11	0.04	-1.25	-0.12	1.74	8.97
-70.35184	-34.89660	2.25	4.00	2.27	4.01	2.27	0.11	0.04	0.25	-0.12	1.77	9.10
-70.48345	-34.92360	2.25	4.00	2.27	3.99	2.27	0.11	0.04	-0.25	-0.12	1.76	9.06
-70.45054	-34.92360	2.25	4.00	2.27	3.92	2.17	0.11	0.03	-2.00	-4.52	1.81	8.51
-70.41766	-34.92360	2.25	4.00	2.27	4.10	2.28	0.11	0.04	2.50	0.32	1.80	9.35
-70.38485	-34.92360	2.25	4.00	2.27	3.37	2.04	0.08	0.03	-15.75	-10.24	1.65	6.87
-70.35184	-34.92360	2.25	4.00	2.27	3.14	1.91	0.07	0.03	-21.50	-15.96	1.64	6.00
-70.48345	-34.95055	2.25	4.00	2.27	3.98	2.27	0.11	0.04	-0.50	-0.12	1.75	9.03
-70.41766	-34.95055	2.25	4.00	2.27	3.85	2.18	0.10	0.03	-3.75	-4.08	1.77	8.39
-70.48345	-34.81551	0.75	4.10	2.33	3.68	2.28	0.10	0.04	-10.24	-2.13	1.61	8.39
-70.45054	-34.81551	0.75	4.10	2.33	3.73	2.33	0.10	0.04	-9.02	0.72	1.60	8.69
-70.41766	-34.81551	0.75	4.10	2.33	3.73	2.31	0.09	0.04	-9.02	-0.84	1.61	8.62
-70.38485	-34.81551	0.75	4.10	2.33	3.55	2.19	0.08	0.03	-13.41	-5.99	1.62	7.77
-70.35184	-34.81551	0.75	4.10	2.33	4.29	2.34	0.13	0.04	4.63	0.45	1.83	10.04
-70.45054	-34.84262	0.75	4.10	2.33	3.61	2.31	0.09	0.04	-11.95	-0.84	1.56	8.34
-70.41766	-34.84262	0.75	4.10	2.33	4.25	2.65	0.11	0.05	3.66	13.76	1.60	11.26
-70.38485	-34.84262	0.75	4.10	2.33	3.70	2.32	0.09	0.04	-9.76	-0.41	1.59	8.58
-70.35184	-34.84262	0.75	4.10	2.33	4.08	2.33	0.12	0.04	-0.49	0.02	1.75	9.51
-70.45054	-34.86951	0.75	4.10	2.33	4.60	2.51	0.14	0.04	12.20	7.75	1.83	11.55
-70.41766	-34.86951	0.75	4.10	2.33	3.97	2.33	0.11	0.04	-3.17	0.02	1.70	9.25
-70.38485	-34.86951	0.75	4.10	2.33	3.63	2.23	0.09	0.03	-11.46	-4.27	1.63	8.09
-70.35184	-34.86951	0.75	4.10	2.33	4.01	2.33	0.11	0.04	-2.20	0.02	1.72	9.34
-70.45054	-34.89660	0.75	4.10	2.33	3.39	2.00	0.08	0.03	-17.32	-14.15	1.70	6.78
-70.41766	-34.89660	0.75	4.10	2.33	4.66	2.52	0.15	0.04	13.66	8.18	1.85	11.74
-70.38485	-34.89660	0.75	4.10	2.33	3.77	2.23	0.10	0.03	-8.05	-4.27	1.69	8.41
-70.35184	-34.89660	0.75	4.10	2.33	4.11	2.32	0.12	0.04	0.24	-0.41	1.77	9.54
-70.48345	-34.92360	0.75	4.10	2.33	4.06	2.32	0.12	0.04	-0.98	-0.41	1.75	9.42
-70.45054	-34.92360	0.75	4.10	2.33	4.32	2.29	0.13	0.04	5.37	-1.70	1.89	9.89
-70.41766	-34.92360	0.75	4.10	2.33	4.13	2.35	0.12	0.04	0.73	0.88	1.76	9.71
-70.38485	-34.92360	0.75	4.10	2.33	3.05	1.91	0.06	0.02	-25.61	-18.01	1.60	5.83
-70.35184	-34.92360	0.75	4.10	2.33	2.78	1.76	0.05	0.02	-32.20	-24.45	1.58	4.89
-70.48345	-34.95055	0.75	4.10	2.33	4.01	2.32	0.11	0.04	-2.20	-0.41	1.73	9.30
-70.45054	-34.95055	0.75	4.10	2.33	3.59	2.04	0.09	0.03	-12.44	-12.43	1.76	7.32
-70.41766	-34.95055	0.75	4.10	2.33	4.04	2.26	0.11	0.03	-1.46	-2.99	1.79	9.13
-70.38485	-34.95055	0.75	4.10	2.33	4.12	2.35	0.12	0.04	0.49	0.88	1.75	9.68
-70.35184	-34.95055	0.75	4.10	2.33	4.15	2.35	0.12	0.04	1.22	0.88	1.77	9.75
-70.48345	-34.81551	-0.50	4.20	2.39	4.47	2.40	0.14	0.04	6.43	0.57	1.86	10.73
-70.45054	-34.81551	-0.50	4.20	2.39	4.16	2.64	0.12	0.05	-0.95	10.63	1.58	10.98
-70.41766	-34.81551	-0.50	4.20	2.39	3.47	2.14	0.08	0.03	-17.38	-10.32	1.62	7.43
-70.38485	-34.81551	-0.50	4.20	2.39	3.83	2.28	0.10	0.04	-8.81	-4.46	1.68	8.73







## Código Matlab para generar modelos de Kuster &amp; Töksoz (1974)

```

function [Phi,VpDry,VsDry,RHOBdry,VpSat1,VsSat1,RHOBsat1,VpSat2,VsSat2,RHOBsat2]=kuster_toksoz(Plagiocl,Feldspar,Augite,Alpha,Kf1,RHOf1,KPlagiocl,...
...GPlagiocl,RhoPlagiocl,Phi,Gf1,Kf2,Gf2,RHOf2)
%
% Calculates acoustic properties for the Kuster & Toskos cracked media model.
% Assumes quartz/plagioclase/feldspar/augite solid phase (matrix)
%
% Will prompt for inputs, if not specified)
% INPUTS
% Plagioclase Volume plagioclase content in solid phase (fraction)
% Feldspar Volume feldspar content in solid phase (fraction)
% Augite Volume augite content in solid phase (fraction)
% Alpha Aspect Ratio cracks (very thin=0.005, thin=0.02,0.05, thick=0.1,0.2, very thick=0.5, sphere=1)
% Kf Pore fluid bulk modulus
% RHOf Pore fluid density
%
% OUTPUTS
% Phi Phi
% VpDry Dry rock Vp (km/s)
% VsDry Dry rock Vs (km/s)
% RHOBdry Dry rock Bulk density (kg/m3)
% VpSat1 Saturated rock1 Vp (km/s)
% VsSat1 Saturated rock1 Vs (km/s)
% RHOBsat1 Saturated rock1 bulk density (kg/m3)
% VpSat2 Saturated rock2 Vp (km/s)
% VsSat2 Saturated rock2 Vs (km/s)
% RHOBsat2 Saturated rock2 bulk density (kg/m3)
%
% Quartz content is 1-Plagioclase-Feldspar-Augite

% Mineral component elastic moduli in (Pa)
KQuartz = 36.6e9;
GQuartz = 45e9;
KPlagiocl = 50e9;
GPlagiocl = 20e9;
KFeldspar = 55.4e9;
GFeldspar = 28.1e9;
KAugite = 94.1e9;
GAugite = 57.0e9;

% Mineral component densities (kg/m3)
RhoQuartz = 2650;
RhoPlagiocl = 2670;
RhoFeldspar = 2560;
RhoAugite = 3260;

if nargin<1,
    prompt = {'Aspect Ratio',...
             'Plagioclase Fraction', ...
             'Augite Fraction', ...
             'Feldspar Fraction', ...
             'Fluid1 Bulk Modulus (Pa)',...
             'Fluid1 Shear Modulus (Pa)',...
             'Fluid1 Density (kg/m3)', ...
             'Fluid2 Bulk Modulus (Pa)',...
             'Fluid2 Shear Modulus (Pa)',...
             'Fluid2 Density (kg/m3)'};
    defans = {'0.1',...
             '0.6',...
             '0.2',...
             '0.1', ...
             '2.2e9',...
             '0.0e9',...
             '930',...
             '0.5e9',...
             '0.0e9',...
             '730'};
    answer = inputdlg(prompt,'Kuster & Toksoz',1,defans);
    Alpha = str2num(answer{1});
    Plagiocl = str2num(answer{2});
    Augite = str2num(answer{3});
    Feldspar = str2num(answer{4});
    Kf1 = str2num(answer{5});
    Gf1 = str2num(answer{6});
    RHOf1 = str2num(answer{7});
    Kf2 = str2num(answer{8});
    Gf2 = str2num(answer{9});
    RHOf2 = str2num(answer{10});

```



```

end;
% Mineral phase moduli from Voigt-Reuss-Hill average
Quartz = 1 - Plagiocl - Feldspar - Augite;
Km = 0.5*(Quartz.*KQuartz + Plagiocl.*KPlagiocl + Feldspar.*KFeldspar + Augite.*KAugite + 1./(Quartz./KQuartz + Plagiocl./KPlagiocl + ...
...Feldspar./KFeldspar + Augite./KAugite))
Gm = 0.5*(Quartz.*GQuartz + Plagiocl.*GPlagiocl + Feldspar.*GFeldspar + Augite.*GAugite + 1./(Quartz./GQuartz + Plagiocl./GPlagiocl + ...
...Feldspar./GFeldspar + Augite./GAugite))
Mm = Km + 4.*Gm./3; % (Vp^2/Vs^2) * Gm
NUm = 0.5*(Mm./Gm - 2)/(Mm./Gm - 1); % Razon de Poisson

% Mineral phase density (matrix)
RH0m = Quartz.*RhoQuartz + Plagiocl.*RhoPlagiocl + Feldspar.*RhoFeldspar + Augite.*RhoAugite;

% Phi runs between 0 and 1
Phi = [0:.01:1]';
nPhi= length(Phi);

% Density Dry Matrix
RH0BDry = (1 - Phi).*RH0m;

% Density Matrix + Inclusion1
RH0BSat1 = RH0BDry + Phi.*RH0f1;

% Penny Cracks Saturate
Betam = Gm.*(3.*Km + Gm)/(3.*Km + 4.*Gm);
Zetam = (Gm./6).*(9.*Km + 8.*Gm)/(Km + 2.*Gm);

PmSat1 = (Km + (4/3).*Gf1)/(Kf1 + (1/3).*Gf1 + pi*Alpha.*Betam);
QmSat1 = (1/5).*(1 + (8.*Gm)/(4.*Gf1 + pi*Alpha.*(Gm + 2.*Betam))) + 2.*(Kf1 + (2/3).*Gf1 + (2/3).*Gm)/(Kf1 + (4/3).*Gf1 + pi*Alpha.*Betam));

KSat1 = (Km.*(Km + (4/3).*Gm) - Phi.*(Km - Kf1).*PmSat1.*(4/3).*Gm)/(Phi.*(Km - Kf1).*PmSat1 + Km + (4/3).*Gm);
GSat1 = (Gm.*(Gm + Zetam) - Phi.*(Gm - Gf1).*QmSat1.*Zetam)/(Phi.*(Gm - Gf1).*QmSat1 + Gm + Zetam);

% Density Martrix + Inclusion2
RH0BSat2 = RH0BDry + Phi.*RH0f2

% Penny Cracks Saturate2
PmSat2 = (Km + (4/3).*Gf2)/(Kf2 + (1/3).*Gf2 + pi*Alpha.*Betam);
QmSat2 = (1/5).*(1 + (8.*Gm)/(4.*Gf2 + pi*Alpha.*(Gm + 2.*Betam))) + 2.*(Kf2 + (2/3).*Gf2 + (2/3).*Gm)/(Kf2 + (4/3).*Gf2 + pi*Alpha.*Betam));

KSat2 = (Km.*(Km + (4/3).*Gm) - Phi.*(Km - Kf2).*PmSat2.*(4/3).*Gm)/(Phi.*(Km - Kf2).*PmSat2 + Km + (4/3).*Gm);
GSat2 = (Gm.*(Gm + Zetam) - Phi.*(Gm - Gf2).*QmSat2.*Zetam)/(Phi.*(Gm - Gf2).*QmSat2 + Gm + Zetam);

% Penny Cracks Dry
KO = 0;
GO = 0;

PmDry = (Km + (4/3).*GO)/(KO + (1/3).*GO + pi*Alpha.*Betam);
QmDry = (1/5).*(1 + (8.*Gm)/(4.*GO + pi*Alpha.*(Gm + 2.*Betam))) + 2.*(KO + (2/3).*GO + (2/3).*Gm)/(KO + (4/3).*GO + pi*Alpha.*Betam));

KDry = (Km.*(Km + (4/3).*Gm) - Phi.*(Km - KO).*PmDry.*(4/3).*Gm)/(Phi.*(Km - KO).*PmDry + Km + (4/3).*Gm);
GDry = (Gm.*(Gm + Zetam) - Phi.*(Gm - GO).*QmDry.*Zetam)/(Phi.*(Gm - GO).*QmDry + Gm + Zetam);

% Lower Hashin-Shtrikman bounds
Gminf1 = min([GQuartz GPlagiocl GFeldspar GAugite Gf1]); %Busca el minimo de G para los constituyentes y la inclusion f1
Gmaxf1 = max([GQuartz GPlagiocl GFeldspar GAugite Gf1]); %Busca el maximo de G para los constituyentes y la inclusion f1
Kminf1 = min([KQuartz KPlagiocl KFeldspar KAugite Kf1]); %Busca el minimo de K para los constituyentes y la inclusion f1
Kmaxf1 = max([KQuartz KPlagiocl KFeldspar KAugite Kf1]); %Busca el maximo de K para los constituyentes y la inclusion f1

Gminf2 = min([GQuartz GPlagiocl GFeldspar GAugite Gf2]); %Busca el minimo de G para los constituyentes y la inclusion f2
Gmaxf2 = max([GQuartz GPlagiocl GFeldspar GAugite Gf2]); %Busca el maximo de G para los constituyentes y la inclusion f2
Kminf2 = min([KQuartz KPlagiocl KFeldspar KAugite Kf2]); %Busca el minimo de K para los constituyentes y la inclusion f2
Kmaxf2 = max([KQuartz KPlagiocl KFeldspar KAugite Kf2]); %Busca el maximo de K para los constituyentes y la inclusion f2

KHSLf1 = 1./(Phi./(Kf1 + 4/3*Gminf1) + (1 - Phi)*Quartz./(KQuartz + 4/3*Gminf1) + (1 - Phi)*Plagiocl./(KPlagiocl + 4/3*Gminf1) + ...
... (1 - Phi)*Feldspar./(KFeldspar + 4/3*Gminf1) + (1 - Phi)*Augite./(KAugite + 4/3*Gminf1)) - 4/3*Gminf1; %depende de Gminf1
KHSLf2 = 1./(Phi./(Kf2 + 4/3*Gminf2) + (1 - Phi)*Quartz./(KQuartz + 4/3*Gminf2) + (1 - Phi)*Plagiocl./(KPlagiocl + 4/3*Gminf2) + ...
... (1 - Phi)*Feldspar./(KFeldspar + 4/3*Gminf2) + (1 - Phi)*Augite./(KAugite + 4/3*Gminf2)) - 4/3*Gminf2; %depende de Gminf2

ZetaHSLf1 = (Gminf1/6)*(9*Kminf1 + 8*Gminf1)/(Kminf1 + 2*Gminf1);
ZetaHSLf2 = (Gminf2/6)*(9*Kminf2 + 8*Gminf2)/(Kminf2 + 2*Gminf2);

GHSLf1 = 1./(Phi./(Gf1 + ZetaHSLf1) + (1 - Phi)*Quartz./(GQuartz + ZetaHSLf1) + (1 - Phi)*Plagiocl./(GPlagiocl + ZetaHSLf1) + ...
... (1 - Phi)*Feldspar./(GFeldspar + ZetaHSLf1) + (1 - Phi)*Augite./(GAugite + ZetaHSLf1)) - ZetaHSLf1;
GHSLf2 = 1./(Phi./(Gf2 + ZetaHSLf2) + (1 - Phi)*Quartz./(GQuartz + ZetaHSLf2) + (1 - Phi)*Plagiocl./(GPlagiocl + ZetaHSLf2) + ...
... (1 - Phi)*Feldspar./(GFeldspar + ZetaHSLf2) + (1 - Phi)*Augite./(GAugite + ZetaHSLf2)) - ZetaHSLf2;

%Outputs
VpDry = sqrt((KDry+(4/3).*GDry)/RH0BDry).*1e-3;
VsDry = sqrt(GDry./RH0BDry).*1e-3;
VpVsDry = VpDry./VsDry;
VpxVsDry = VpDry.*VsDry;

VpSat1 = sqrt((KSat1+(4/3).*GSat1)/RH0BSat1).*1e-3;
VsSat1 = sqrt(GSat1./RH0BSat1).*1e-3;
VpVsSat1 = VpSat1./VsSat1;
VpxVsSat1 = VpSat1.*VsSat1;

VpSat2 = sqrt((KSat2+(4/3).*GSat2)/RH0BSat2).*1e-3;
VsSat2 = sqrt(GSat2./RH0BSat2).*1e-3;
VpVsSat2 = VpSat2./VsSat2;
VpxVsSat2 = VpSat2.*VsSat2;

VpHLSat1 = sqrt((KHSLf1+(4/3).*GHSLf1)/RH0BSat1).*1e-3;
VsHLSat1 = sqrt(GHSLf1./RH0BSat1).*1e-3;
VpVsHLSat1 = VpHLSat1./VsHLSat1;

```

```

VpVsHSLSat1 = VpHSLSat1.*VsHSLSat1;

VpHSLSat2 = sqrt((KHSLf2+(4/3).*GHSLf2)./RHOBBSat2).*1e-3;
VsHSLSat2 = sqrt(GHSLf2./RHOBBSat2).*1e-3;
VpVsHSLSat2 = VpHSLSat2./VsHSLSat2;
VpVsHSLSat2 = VpHSLSat2.*VsHSLSat2;

figure
subplot(3,1,1); plot(Phi,KSat1*1e-9,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3); text1=sprintf('K (MPa)'); xlim([0 1.13]); ylabel(text1); hold on
subplot(3,1,1); plot(Phi,KSat2*1e-9,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(3,1,1); plot(Phi,KDry*1e-9,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3);
subplot(3,1,1); plot(Phi,KHSLf1*1e-9,'Color',[0 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--');
subplot(3,1,1); plot(Phi,KHSLf2*1e-9,'Color',[1 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--'); text=sprintf('Alpha=%.3f',Alpha); title(text);hold off

subplot(3,1,2); plot(Phi,GSat1*1e-9,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3); text1=sprintf('G (Mpa)'); xlim([0 1.13]); ylabel(text1); hold on
subplot(3,1,2); plot(Phi,GSat2*1e-9,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(3,1,2); plot(Phi,GDry*1e-9,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3);
subplot(3,1,2); plot(Phi,GHSLf1*1e-9,'Color',[0 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--');
subplot(3,1,2); plot(Phi,GHSLf2*1e-9,'Color',[1 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--');
legend('Liquido-Saturada','Vapor-Saturada','Seca','HS- Liquido-Saturada','HS- Vapor-Saturada','HS- Seca','Location','SouthEast'); hold off

subplot(3,1,3); plot(Phi,RHOBBSat1*1e-3,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3); xlim([0 1.13]);
text1=sprintf('Rho (gr/cm3)'); ylabel(text1);text2=sprintf('Phi: Volumen Fraccional de Inclusion'); xlabel(text2);hold on
subplot(3,1,3); plot(Phi,RHOBBSat2*1e-3,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(3,1,3); plot(Phi,RHOBdry*1e-3,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3); hold off

figure
subplot(4,1,1); plot(Phi,VpSat1,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3); text1=sprintf('Vp (km/s)'); ylabel(text1); xlim([0 1.13]); ylim([0 6]); hold on
subplot(4,1,1); plot(Phi,VpSat2,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(4,1,1); plot(Phi,VpDry,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3);text=sprintf('Alpha=%.3f',Alpha); title(text);
subplot(4,1,1); plot(Phi,VpHSLSat1,'Color',[0 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--');
subplot(4,1,1); plot(Phi,VpHSLSat2,'Color',[1 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--'); hold off

subplot(4,1,2); plot(Phi,VsSat1,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3); text1=sprintf('Vs (km/s)'); ylabel(text1); xlim([0 1.13]); ylim([0 4]); hold on
subplot(4,1,2); plot(Phi,VsSat2,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(4,1,2); plot(Phi,VsDry,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3);
subplot(4,1,2); plot(Phi,VsHSLSat1,'Color',[0 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--');
subplot(4,1,2); plot(Phi,VsHSLSat2,'Color',[1 1 0],'LineWidth',3,'LineStyle','--');
legend('Liquido-Saturada','Vapor-Saturada','Seca','HS- Liquido-Saturada','HS- Vapor-Saturada','HS- Seca','Location','SouthEast'); hold off

subplot(4,1,3); plot(Phi,VpVsSat1,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3); text1=sprintf('V_p/V_s'); ylabel(text1); xlim([0 1.13]); ylim([0 2]); hold on
subplot(4,1,3); plot(Phi,VpVsSat2,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(4,1,3); plot(Phi,VpVsDry,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3);hold off

subplot(4,1,4); plot(Phi,VpxVsSat1,'Color',[0 0 1],'LineWidth',3);
text1=sprintf('V_p*V_s (km^2/s^2)'); text2=sprintf('Phi: Volumen Fraccional de Inclusion'); ylabel(text1); xlabel(text2); xlim([0 1.13]); ylim([0 20]); hold on
subplot(4,1,4); plot(Phi,VpxVsSat2,'Color',[1 0 0],'LineWidth',3);
subplot(4,1,4); plot(Phi,VpxVsDry,'Color',[0 0 0],'LineWidth',3); hold off

%Archivos de salida del modelo
!touch Sat1_mod0.005.txt
!touch Sat2_mod0.005.txt
!touch Dry_mod0.005.txt

[f1,texto1] = fopen('Sat1_mod0.005.txt','r+');
[f2,texto2] = fopen('Sat2_mod0.005.txt','r+');
[f3,texto3] = fopen('Dry_mod0.005.txt','r+');

for i=1:nPhi

    fprintf(f1,'%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f\n',Phi(i),KSat1(i)*1e-9,GSat1(i)*1e-9,RHOBBSat1(i)*1e-3,VpSat1(i),VsSat1(i),...
        ...KHSLf1(i)*1e-9,GHSLf1(i)*1e-9,VpHSLSat1(i),VsHSLSat1(i));
    fprintf(f2,'%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f,%f\n',Phi(i),KSat2(i)*1e-9,GSat2(i)*1e-9,RHOBBSat2(i)*1e-3,VpSat2(i),VsSat2(i),...
        ...KHSLf2(i)*1e-9,GHSLf2(i)*1e-9,VpHSLSat2(i),VsHSLSat2(i));
    fprintf(f3,'%f,%f,%f,%f,%f,%f\n',Phi(i),Kdry(i)*1e-9,Gdry(i)*1e-9,RHOBdry(i)*1e-3,VpDry(i),VsDry(i));
end

fclose(f1);
fclose(f2);
fclose(f3);

```

Modelo de Física de Rocas de Kuster & Töksoz (1974)

Tabla D.1: Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto  $\alpha = 0.005$ .

- (1): Volumen fraccional de inclusión.
- (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales.
- (3): Módulo de corte en gigapascales.
- (4): Densidad en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .
- (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km}/\text{s}$ .
- (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km}/\text{s}$ .

$\phi$ (1)	$K$ [GPa] (2)	$G$ [GPa] (3)	$\rho$ [ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ] (4)	$V_p$ [ $\text{km}/\text{s}$ ] (5)	$V_s$ [ $\text{km}/\text{s}$ ] (6)
0.000000	55.801417	28.080977	2.775000	5.796635	3.181080
0.010000	7.315012	13.851289	2.747250	3.063522	2.245412
0.020000	-7.996399	5.192456	2.719500	0.000000	1.381790
0.030000	-15.501977	-0.631420	2.691750	0.000000	0.000000
0.040000	-19.958410	-4.816757	2.664000	0.000000	0.000000
0.050000	-22.910071	-7.969776	2.636250	0.000000	0.000000
0.060000	-25.009029	-10.430479	2.608500	0.000000	0.000000
0.070000	-26.578152	-12.404329	2.580750	0.000000	0.000000
0.080000	-27.795575	-14.022807	2.553000	0.000000	0.000000
0.090000	-28.767626	-15.373958	2.525250	0.000000	0.000000
0.100000	-29.561696	-16.518963	2.497500	0.000000	0.000000
0.110000	-30.222567	-17.501654	2.469750	0.000000	0.000000
0.120000	-30.781160	-18.354262	2.442000	0.000000	0.000000
0.130000	-31.259513	-19.101013	2.414250	0.000000	0.000000
0.140000	-31.673757	-19.760468	2.386500	0.000000	0.000000
0.150000	-32.035970	-20.347090	2.358750	0.000000	0.000000
0.160000	-32.355376	-20.872313	2.331000	0.000000	0.000000
0.170000	-32.639140	-21.345298	2.303250	0.000000	0.000000
0.180000	-32.892913	-21.773468	2.275500	0.000000	0.000000
0.190000	-33.121211	-22.162905	2.247750	0.000000	0.000000
0.200000	-33.327686	-22.518637	2.220000	0.000000	0.000000
0.210000	-33.515325	-22.844859	2.192250	0.000000	0.000000
0.220000	-33.686592	-23.145095	2.164500	0.000000	0.000000
0.230000	-33.843542	-23.422333	2.136750	0.000000	0.000000
0.240000	-33.987896	-23.679116	2.109000	0.000000	0.000000
0.250000	-34.121114	-23.917629	2.081250	0.000000	0.000000
0.260000	-34.244435	-24.139754	2.053500	0.000000	0.000000
0.270000	-34.358924	-24.347124	2.025750	0.000000	0.000000
0.280000	-34.465495	-24.541162	1.998000	0.000000	0.000000
0.290000	-34.564944	-24.723114	1.970250	0.000000	0.000000
0.300000	-34.657961	-24.894075	1.942500	0.000000	0.000000
0.310000	-34.745150	-25.055011	1.914750	0.000000	0.000000
0.320000	-34.827042	-25.206779	1.887000	0.000000	0.000000
0.330000	-34.904107	-25.350141	1.859250	0.000000	0.000000
0.340000	-34.976758	-25.485776	1.831500	0.000000	0.000000
0.350000	-35.045364	-25.614293	1.803750	0.000000	0.000000
0.360000	-35.110254	-25.736238	1.776000	0.000000	0.000000
0.370000	-35.171722	-25.852102	1.748250	0.000000	0.000000
0.380000	-35.230031	-25.962329	1.720500	0.000000	0.000000
0.390000	-35.285419	-26.067321	1.692750	0.000000	0.000000
0.400000	-35.338101	-26.167441	1.665000	0.000000	0.000000
0.410000	-35.388269	-26.263022	1.637250	0.000000	0.000000
0.420000	-35.436100	-26.354365	1.609500	0.000000	0.000000
0.430000	-35.481752	-26.441746	1.581750	0.000000	0.000000
0.440000	-35.525372	-26.525417	1.554000	0.000000	0.000000
0.450000	-35.567093	-26.605610	1.526250	0.000000	0.000000
0.460000	-35.607035	-26.682537	1.498500	0.000000	0.000000
0.470000	-35.645310	-26.756393	1.470750	0.000000	0.000000
0.480000	-35.682021	-26.827360	1.443000	0.000000	0.000000
0.490000	-35.717261	-26.895602	1.415250	0.000000	0.000000
0.500000	-35.751116	-26.961275	1.387500	0.000000	0.000000
0.510000	-35.783668	-27.024520	1.359750	0.000000	0.000000
0.520000	-35.814990	-27.085470	1.332000	0.000000	0.000000
0.530000	-35.845150	-27.144247	1.304250	0.000000	0.000000
0.540000	-35.874211	-27.200966	1.276500	0.000000	0.000000
0.550000	-35.902234	-27.255733	1.248750	0.000000	0.000000
0.560000	-35.929271	-27.308646	1.221000	0.000000	0.000000
0.570000	-35.955375	-27.359799	1.193250	0.000000	0.000000
0.580000	-35.980594	-27.409278	1.165500	0.000000	0.000000
0.590000	-36.004970	-27.457164	1.137750	0.000000	0.000000

0.600000	-36.028546	-27.503532	1.110000	0.000000	0.000000
0.610000	-36.051361	-27.548453	1.082250	0.000000	0.000000
0.620000	-36.073450	-27.591994	1.054500	0.000000	0.000000
0.630000	-36.094849	-27.634219	1.026750	0.000000	0.000000
0.640000	-36.115588	-27.675185	0.999000	0.000000	0.000000
0.650000	-36.135698	-27.714948	0.971250	0.000000	0.000000
0.660000	-36.155207	-27.753560	0.943500	0.000000	0.000000
0.670000	-36.174142	-27.791070	0.915750	0.000000	0.000000
0.680000	-36.192527	-27.827526	0.888000	0.000000	0.000000
0.690000	-36.210386	-27.862971	0.860250	0.000000	0.000000
0.700000	-36.227742	-27.897445	0.832500	0.000000	0.000000
0.710000	-36.244615	-27.930990	0.804750	0.000000	0.000000
0.720000	-36.261025	-27.963641	0.777000	0.000000	0.000000
0.730000	-36.276991	-27.995434	0.749250	0.000000	0.000000
0.740000	-36.292532	-28.026403	0.721500	0.000000	0.000000
0.750000	-36.307662	-28.056579	0.693750	0.000000	0.000000
0.760000	-36.322400	-28.085992	0.666000	0.000000	0.000000
0.770000	-36.336759	-28.114670	0.638250	0.000000	0.000000
0.780000	-36.350754	-28.142641	0.610500	0.000000	0.000000
0.790000	-36.364399	-28.169931	0.582750	0.000000	0.000000
0.800000	-36.377707	-28.196564	0.555000	0.000000	0.000000
0.810000	-36.390690	-28.222564	0.527250	0.000000	0.000000
0.820000	-36.403359	-28.247953	0.499500	0.000000	0.000000
0.830000	-36.415727	-28.272753	0.471750	0.000000	0.000000
0.840000	-36.427804	-28.296982	0.444000	0.000000	0.000000
0.850000	-36.439599	-28.320662	0.416250	0.000000	0.000000
0.860000	-36.451123	-28.343811	0.388500	0.000000	0.000000
0.870000	-36.462385	-28.366445	0.360750	0.000000	0.000000
0.880000	-36.473394	-28.388583	0.333000	0.000000	0.000000
0.890000	-36.484157	-28.410240	0.305250	0.000000	0.000000
0.900000	-36.494684	-28.431432	0.277500	0.000000	0.000000
0.910000	-36.504982	-28.452173	0.249750	0.000000	0.000000
0.920000	-36.515059	-28.472479	0.222000	0.000000	0.000000
0.930000	-36.524920	-28.492361	0.194250	0.000000	0.000000
0.940000	-36.534574	-28.511835	0.166500	0.000000	0.000000
0.950000	-36.544027	-28.530911	0.138750	0.000000	0.000000
0.960000	-36.553285	-28.549602	0.111000	0.000000	0.000000
0.970000	-36.562353	-28.567920	0.083250	0.000000	0.000000
0.980000	-36.571238	-28.585876	0.055500	0.000000	0.000000
0.990000	-36.579946	-28.603479	0.027750	0.000000	0.000000
1.000000	-36.588480	-28.620742	0.000000	NaN	NaN

Tabla D.2: Modelo de física de rocas para condiciones saturadas de fluidos a 200°C a 30 MPa de presión efectiva con razón de aspecto  $\alpha = 0.005$ .

- (1): Volumen fraccional de inclusión.
- (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales.
- (3): Módulo de corte en gigapascales.
- (4): Densidad en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .
- (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km}/\text{s}$ .
- (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km}/\text{s}$ .
- (7): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de incompresibilidad en gigapascales.
- (8): Límite inferior de Hashin-Shtrikman del módulo de corte en gigapascales.
- (9): Velocidad de onda  $P$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km}/\text{s}$ .
- (10): Velocidad de onda  $S$  a partir del límite inferior de Hashin-Shtrikman en  $\text{km}/\text{s}$ .

$\phi$ (1)	$K$ [GPa] (2)	$G$ [GPa] (3)	$\rho$ [gr/cm <sup>3</sup> ] (4)	$V_p$ [km/s] (5)	$V_s$ [km/s] (6)	$K_{HS}^-$ [GPa] (7)	$G_{HS}^-$ [GPa] (8)	$V_{pHS}^-$ [km/s] (9)	$V_{sHS}^-$ [km/s] (10)
0.000000	55.801417	28.080977	2.775000	5.796635	3.181080	53.582835	NaN	NaN	NaN
0.010000	45.228781	17.497722	2.756550	4.987117	2.519462	43.437617	0.000000	3.969630	0.000000
0.020000	36.809596	10.158758	2.738100	4.288397	1.926175	36.522545	0.000000	3.652211	0.000000
0.030000	29.946745	4.770549	2.719650	3.653773	1.324426	31.506804	0.000000	3.403656	0.000000
0.040000	24.245194	0.646549	2.701200	3.048746	0.489241	27.702363	0.000000	3.202433	0.000000
0.050000	19.433173	-2.611449	2.682750	2.438412	0.000000	24.717705	0.000000	3.035386	0.000000
0.060000	15.317575	-5.250305	2.664300	1.766836	0.000000	22.313629	0.000000	2.893967	0.000000
0.070000	11.757417	-7.431194	2.645850	0.835996	0.000000	20.335749	0.000000	2.772346	0.000000
0.080000	8.647363	-9.263817	2.627400	0.000000	0.000000	18.679957	0.000000	2.666397	0.000000
0.090000	5.907130	-10.825426	2.608950	0.000000	0.000000	17.273502	0.000000	2.573104	0.000000
0.100000	3.474455	-12.172000	2.590500	0.000000	0.000000	16.064007	0.000000	2.490205	0.000000
0.110000	1.300311	-13.345094	2.572050	0.000000	0.000000	15.012807	0.000000	2.415968	0.000000
0.120000	-0.654435	-14.376203	2.553600	0.000000	0.000000	14.090734	0.000000	2.349040	0.000000
0.130000	-2.421400	-15.289634	2.535150	0.000000	0.000000	13.275373	0.000000	2.288345	0.000000
0.140000	-4.026400	-16.104445	2.516700	0.000000	0.000000	12.549212	0.000000	2.233019	0.000000
0.150000	-5.490730	-16.835790	2.498250	0.000000	0.000000	11.898373	0.000000	2.182357	0.000000
0.160000	-6.832106	-17.495868	2.479800	0.000000	0.000000	11.311714	0.000000	2.135777	0.000000
0.170000	-8.065390	-18.094612	2.461350	0.000000	0.000000	10.780188	0.000000	2.092794	0.000000
0.180000	-9.203143	-18.640192	2.442900	0.000000	0.000000	10.296372	0.000000	2.053001	0.000000
0.190000	-10.256049	-19.139387	2.424450	0.000000	0.000000	9.854118	0.000000	2.016054	0.000000
0.200000	-11.233259	-19.597872	2.406000	0.000000	0.000000	9.448291	0.000000	1.981659	0.000000
0.210000	-12.142653	-20.020432	2.387550	0.000000	0.000000	9.074569	0.000000	1.949561	0.000000
0.220000	-12.991053	-20.411130	2.369100	0.000000	0.000000	8.729286	0.000000	1.919542	0.000000
0.230000	-13.784396	-20.773438	2.350650	0.000000	0.000000	8.409317	0.000000	1.891413	0.000000
0.240000	-14.527874	-21.110342	2.332200	0.000000	0.000000	8.111974	0.000000	1.865007	0.000000
0.250000	-15.226045	-21.424425	2.313750	0.000000	0.000000	7.834941	0.000000	1.840177	0.000000
0.260000	-15.882927	-21.717928	2.295300	0.000000	0.000000	7.576205	0.000000	1.816796	0.000000
0.270000	-16.502078	-21.992810	2.276850	0.000000	0.000000	7.334011	0.000000	1.794748	0.000000
0.280000	-17.086658	-22.250789	2.258400	0.000000	0.000000	7.106822	0.000000	1.773933	0.000000
0.290000	-17.639484	-22.493378	2.239950	0.000000	0.000000	6.893286	0.000000	1.754260	0.000000
0.300000	-18.163075	-22.721913	2.221500	0.000000	0.000000	6.692208	0.000000	1.735648	0.000000





0.920000	-35.030118	-27.953843	0.893600	0.000000	0.000000	0.543038	0.000000	0.779549	0.000000
0.930000	-35.055381	-27.978892	0.873150	0.000000	0.000000	0.537257	0.000000	0.784416	0.000000
0.940000	-35.080121	-28.003431	0.852700	0.000000	0.000000	0.531598	0.000000	0.789575	0.000000
0.950000	-35.104352	-28.027473	0.832250	0.000000	0.000000	0.526057	0.000000	0.795041	0.000000
0.960000	-35.128092	-28.051035	0.811800	0.000000	0.000000	0.520631	0.000000	0.800830	0.000000
0.970000	-35.151354	-28.074130	0.791350	0.000000	0.000000	0.515315	0.000000	0.806960	0.000000
0.980000	-35.174152	-28.096772	0.770900	0.000000	0.000000	0.510107	0.000000	0.813451	0.000000
0.990000	-35.196501	-28.118975	0.750450	0.000000	0.000000	0.505003	0.000000	0.820325	0.000000
1.000000	-35.218414	-28.140750	0.730000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.827606	0.000000

Tabla D.4: Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto  $\alpha = 0.02$ .  
(1): Volumen fraccional de inclusión.  
(2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales.  
(3): Módulo de corte en gigapascales.  
(4): Densidad en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .  
(5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km}/\text{s}$ .  
(6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km}/\text{s}$ .

$\phi$	$K$	$G$	$\rho$	$V_p$	$V_s$
(1)	[GPa]	[GPa]	[ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ]	[ $\text{km}/\text{s}$ ]	[ $\text{km}/\text{s}$ ]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.000000	55.801417	28.080977	2.775000	5.796635	3.181080
0.010000	35.929890	23.693101	2.747250	4.957576	2.936715
0.020000	23.040287	19.917883	2.719500	4.270564	2.706307
0.030000	14.002767	16.635382	2.691750	3.666372	2.485988
0.040000	7.315012	13.755048	2.664000	3.103270	2.272291
0.050000	2.166037	11.207238	2.636250	2.547530	2.061845
0.060000	-1.920447	8.937511	2.608500	1.957595	1.851028
0.070000	-5.242551	6.902697	2.580750	1.238888	1.635447
0.080000	-7.996399	5.068119	2.553000	0.000000	1.408958
0.090000	-10.316306	3.405608	2.525250	0.000000	1.161302
0.100000	-12.297349	1.892040	2.497500	0.000000	0.870387
0.110000	-14.008722	0.508258	2.469750	0.000000	0.453645
0.120000	-15.501977	-0.761745	2.442000	0.000000	0.000000
0.130000	-16.816317	-1.931448	2.414250	0.000000	0.000000
0.140000	-17.982079	-3.012281	2.386500	0.000000	0.000000
0.150000	-19.023109	-4.014003	2.358750	0.000000	0.000000
0.160000	-19.958410	-4.944991	2.331000	0.000000	0.000000
0.170000	-20.803309	-5.812483	2.303250	0.000000	0.000000
0.180000	-21.570310	-6.622760	2.275500	0.000000	0.000000
0.190000	-22.269711	-7.381302	2.247750	0.000000	0.000000
0.200000	-22.910071	-8.092911	2.220000	0.000000	0.000000
0.210000	-23.498564	-8.761811	2.192250	0.000000	0.000000
0.220000	-24.041246	-9.391735	2.164500	0.000000	0.000000
0.230000	-24.543266	-9.985994	2.136750	0.000000	0.000000
0.240000	-25.009029	-10.547534	2.109000	0.000000	0.000000
0.250000	-25.442326	-11.078983	2.081250	0.000000	0.000000
0.260000	-25.846437	-11.582698	2.053500	0.000000	0.000000
0.270000	-26.224215	-12.060794	2.025750	0.000000	0.000000
0.280000	-26.578152	-12.515177	1.998000	0.000000	0.000000
0.290000	-26.910437	-12.947569	1.970250	0.000000	0.000000
0.300000	-27.222998	-13.359529	1.942500	0.000000	0.000000
0.310000	-27.517539	-13.752471	1.914750	0.000000	0.000000
0.320000	-27.795575	-14.127683	1.887000	0.000000	0.000000
0.330000	-28.058457	-14.486338	1.859250	0.000000	0.000000
0.340000	-28.307390	-14.829508	1.831500	0.000000	0.000000
0.350000	-28.543456	-15.158176	1.803750	0.000000	0.000000
0.360000	-28.767626	-15.473240	1.776000	0.000000	0.000000
0.370000	-28.980779	-15.775530	1.748250	0.000000	0.000000
0.380000	-29.183707	-16.065805	1.720500	0.000000	0.000000
0.390000	-29.377128	-16.344769	1.692750	0.000000	0.000000
0.400000	-29.561696	-16.613071	1.665000	0.000000	0.000000
0.410000	-29.738004	-16.871309	1.637250	0.000000	0.000000
0.420000	-29.906595	-17.120040	1.609500	0.000000	0.000000
0.430000	-30.067964	-17.359779	1.581750	0.000000	0.000000
0.440000	-30.222567	-17.591005	1.554000	0.000000	0.000000
0.450000	-30.370819	-17.814164	1.526250	0.000000	0.000000
0.460000	-30.513104	-18.029671	1.498500	0.000000	0.000000
0.470000	-30.649776	-18.237912	1.470750	0.000000	0.000000
0.480000	-30.781160	-18.439249	1.443000	0.000000	0.000000
0.490000	-30.907557	-18.634020	1.415250	0.000000	0.000000
0.500000	-31.029245	-18.822540	1.387500	0.000000	0.000000
0.510000	-31.146484	-19.005106	1.359750	0.000000	0.000000
0.520000	-31.259513	-19.181996	1.332000	0.000000	0.000000
0.530000	-31.368554	-19.353470	1.304250	0.000000	0.000000
0.540000	-31.473815	-19.519774	1.276500	0.000000	0.000000
0.550000	-31.575489	-19.681137	1.248750	0.000000	0.000000
0.560000	-31.673757	-19.837776	1.221000	0.000000	0.000000
0.570000	-31.768786	-19.989896	1.193250	0.000000	0.000000
0.580000	-31.860735	-20.137691	1.165500	0.000000	0.000000
0.590000	-31.949750	-20.281340	1.137750	0.000000	0.000000
0.600000	-32.035970	-20.421018	1.110000	0.000000	0.000000
0.610000	-32.119524	-20.556885	1.082250	0.000000	0.000000
0.620000	-32.200535	-20.689097	1.054500	0.000000	0.000000
0.630000	-32.279116	-20.817798	1.026750	0.000000	0.000000
0.640000	-32.355376	-20.943127	0.999000	0.000000	0.000000
0.650000	-32.429415	-21.065213	0.971250	0.000000	0.000000
0.660000	-32.501330	-21.184183	0.943500	0.000000	0.000000
0.670000	-32.571210	-21.300153	0.915750	0.000000	0.000000









1.000000	-32.801649	-23.363207	0.730000	0.000000	0.000000	0.500000	0.000000	0.827606	0.000000
----------	------------	------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Tabla D.7: Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto  $\alpha = 0.05$ .

- (1): Volumen fraccional de inclusión.
- (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales.
- (3): Módulo de corte en gigapascales.
- (4): Densidad en  $\text{gr/cm}^3$ .
- (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km/s}$ .
- (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km/s}$ .

$\phi$	$K$	$G$	$\rho$	$V_p$	$V_s$
(1)	[GPa]	[GPa]	[ $\text{gr/cm}^3$ ]	[ $\text{km/s}$ ]	[ $\text{km/s}$ ]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.000000	55.801417	28.080977	2.775000	5.796635	3.181080
0.010000	46.687400	26.211469	2.747250	5.451196	3.088848
0.020000	39.196437	24.457818	2.719500	5.138525	2.998916
0.030000	32.930420	22.809578	2.691750	4.851015	2.910994
0.040000	27.611596	21.257522	2.664000	4.583025	2.824810
0.050000	23.040287	19.793470	2.636250	4.330210	2.740108
0.060000	19.069254	18.410143	2.608500	4.089103	2.656643
0.070000	15.587545	17.101043	2.580750	3.856826	2.574177
0.080000	12.509964	15.860353	2.553000	3.630889	2.492476
0.090000	9.770010	14.682846	2.525250	3.409029	2.411309
0.100000	7.315012	13.563816	2.497500	3.189077	2.330441
0.110000	5.102714	12.499013	2.469750	2.968817	2.249631
0.120000	3.098822	11.484587	2.442000	2.745826	2.168627
0.130000	1.275212	10.517047	2.414250	2.517244	2.087160
0.140000	-0.391399	9.593215	2.386500	2.279409	2.004940
0.150000	-1.920447	8.710195	2.358750	2.027176	1.921644
0.160000	-3.328290	7.865341	2.331000	1.752467	1.836909
0.170000	-4.628790	7.056231	2.303250	1.440527	1.750314
0.180000	-5.833773	6.280643	2.275500	1.056609	1.661360
0.190000	-6.953389	5.536537	2.247750	0.436700	1.569441
0.200000	-7.996399	4.822034	2.220000	0.000000	1.473800
0.210000	-8.970406	4.135402	2.192250	0.000000	1.373453
0.220000	-9.882038	3.475041	2.164500	0.000000	1.267072
0.230000	-10.737100	2.839471	2.136750	0.000000	1.152768
0.240000	-11.540701	2.227323	2.109000	0.000000	1.027669
0.250000	-12.297349	1.637325	2.081250	0.000000	0.886963
0.260000	-13.011044	1.068297	2.053500	0.000000	0.721271
0.270000	-13.685341	0.519139	2.025750	0.000000	0.506231
0.280000	-14.323416	-0.011171	1.998000	0.000000	0.000000
0.290000	-14.928110	-0.523586	1.970250	0.000000	0.000000
0.300000	-15.501977	-1.018999	1.942500	0.000000	0.000000
0.310000	-16.047315	-1.498241	1.914750	0.000000	0.000000
0.320000	-16.566200	-1.962091	1.887000	0.000000	0.000000
0.330000	-17.060511	-2.411279	1.859250	0.000000	0.000000
0.340000	-17.531954	-2.846489	1.831500	0.000000	0.000000
0.350000	-17.982079	-3.268365	1.803750	0.000000	0.000000
0.360000	-18.412301	-3.677508	1.776000	0.000000	0.000000
0.370000	-18.823911	-4.074488	1.748250	0.000000	0.000000
0.380000	-19.218090	-4.459839	1.720500	0.000000	0.000000
0.390000	-19.595925	-4.834064	1.692750	0.000000	0.000000
0.400000	-19.958410	-5.197639	1.665000	0.000000	0.000000
0.410000	-20.306462	-5.551011	1.637250	0.000000	0.000000
0.420000	-20.640926	-5.894604	1.609500	0.000000	0.000000
0.430000	-20.962583	-6.228819	1.581750	0.000000	0.000000
0.440000	-21.272155	-6.554034	1.554000	0.000000	0.000000
0.450000	-21.570310	-6.870608	1.526250	0.000000	0.000000
0.460000	-21.857668	-7.178881	1.498500	0.000000	0.000000
0.470000	-22.134806	-7.479175	1.470750	0.000000	0.000000
0.480000	-22.402258	-7.771796	1.443000	0.000000	0.000000
0.490000	-22.660525	-8.057035	1.415250	0.000000	0.000000
0.500000	-22.910071	-8.335166	1.387500	0.000000	0.000000
0.510000	-23.151330	-8.606453	1.359750	0.000000	0.000000
0.520000	-23.384710	-8.871146	1.332000	0.000000	0.000000
0.530000	-23.610588	-9.129481	1.304250	0.000000	0.000000
0.540000	-23.829323	-9.381685	1.276500	0.000000	0.000000
0.550000	-24.041246	-9.627974	1.248750	0.000000	0.000000
0.560000	-24.246672	-9.868554	1.221000	0.000000	0.000000
0.570000	-24.445894	-10.103620	1.193250	0.000000	0.000000
0.580000	-24.639190	-10.333360	1.165500	0.000000	0.000000
0.590000	-24.826819	-10.557953	1.137750	0.000000	0.000000
0.600000	-25.009029	-10.777571	1.110000	0.000000	0.000000
0.610000	-25.186049	-10.992376	1.082250	0.000000	0.000000
0.620000	-25.358100	-11.202525	1.054500	0.000000	0.000000
0.630000	-25.525386	-11.408168	1.026750	0.000000	0.000000
0.640000	-25.688103	-11.609448	0.999000	0.000000	0.000000
0.650000	-25.846437	-11.806503	0.971250	0.000000	0.000000
0.660000	-26.000561	-11.999464	0.943500	0.000000	0.000000
0.670000	-26.150641	-12.188458	0.915750	0.000000	0.000000
0.680000	-26.296835	-12.373606	0.888000	0.000000	0.000000
0.690000	-26.439292	-12.555023	0.860250	0.000000	0.000000
0.700000	-26.578152	-12.732822	0.832500	0.000000	0.000000
0.710000	-26.713551	-12.907110	0.804750	0.000000	0.000000
0.720000	-26.845617	-13.077989	0.777000	0.000000	0.000000
0.730000	-26.974470	-13.245559	0.749250	0.000000	0.000000
0.740000	-27.100227	-13.409915	0.721500	0.000000	0.000000
0.750000	-27.222998	-13.571149	0.693750	0.000000	0.000000







Tabla D.10: Modelo de física de rocas para condiciones secas con razón de aspecto  $\alpha = 0.1$ .

- (1): Volumen fraccional de inclusión.
- (2): Módulo de incompresibilidad en gigapascales.
- (3): Módulo de corte en gigapascales.
- (4): Densidad en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .
- (5): Velocidad de onda  $P$  en  $\text{km}/\text{s}$ .
- (6): Velocidad de onda  $S$  en  $\text{km}/\text{s}$ .

$\phi$	$K$ [GPa]	$G$ [GPa]	$\rho$ [ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ]	$V_p$ [ $\text{km}/\text{s}$ ]	$V_s$ [ $\text{km}/\text{s}$ ]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.000000	55.801417	28.080977	2.775000	5.796635	3.181080
0.010000	51.010252	27.103872	2.747250	5.632244	3.140990
0.020000	46.687400	26.158890	2.719500	5.476585	3.101452
0.030000	42.767397	25.244473	2.691750	5.328503	3.062427
0.040000	39.196437	24.359162	2.664000	5.187017	3.023877
0.050000	35.929890	23.501589	2.636250	5.051291	2.985763
0.060000	32.930420	22.670470	2.608500	4.920597	2.948050
0.070000	30.166559	21.864600	2.580750	4.794301	2.910702
0.080000	27.611596	21.082845	2.553000	4.671842	2.873685
0.090000	25.242710	20.324140	2.525250	4.552722	2.836964
0.100000	23.040287	19.587478	2.497500	4.436491	2.800506
0.110000	20.987377	18.871915	2.469750	4.322739	2.764277
0.120000	19.069254	18.176555	2.442000	4.211090	2.728242
0.130000	17.273066	17.500555	2.414250	4.101192	2.692370
0.140000	15.587545	16.843118	2.386500	3.992715	2.656627
0.150000	14.002767	16.203489	2.358750	3.885342	2.620978
0.160000	12.509964	15.580955	2.331000	3.778769	2.585389
0.170000	11.101354	14.974839	2.303250	3.672694	2.549826
0.180000	9.770010	14.384500	2.275500	3.566818	2.514253
0.190000	8.509744	13.809331	2.247750	3.460837	2.478634
0.200000	7.315012	13.248753	2.220000	3.354439	2.442930
0.210000	6.180832	12.702219	2.192250	3.247296	2.407103
0.220000	5.102714	12.169208	2.164500	3.139060	2.371114
0.230000	4.076602	11.649222	2.136750	3.029352	2.334918
0.240000	3.098822	11.141792	2.109000	2.917756	2.298472
0.250000	2.166037	10.646467	2.081250	2.803801	2.261729
0.260000	1.275212	10.162820	2.053500	2.686949	2.224640
0.270000	0.423576	9.690442	2.025750	2.566568	2.187152
0.280000	-0.391399	9.228944	1.998000	2.441904	2.149207
0.290000	-1.172031	8.777955	1.970250	2.312027	2.110746
0.300000	-1.920447	8.337119	1.942500	2.175766	2.071703
0.310000	-2.638600	7.906097	1.914750	2.031590	2.032006
0.320000	-3.328290	7.484566	1.887000	1.877422	1.991578
0.330000	-3.991176	7.072215	1.859250	1.710285	1.950333
0.340000	-4.628790	6.668747	1.831500	1.525625	1.908177
0.350000	-5.242551	6.273879	1.803750	1.315744	1.865005
0.360000	-5.833773	5.887339	1.776000	1.065431	1.820699
0.370000	-6.403674	5.508866	1.748250	0.733844	1.775127
0.380000	-6.953389	5.138209	1.720500	0.000000	1.728138
0.390000	-7.483969	4.775130	1.692750	0.000000	1.679563
0.400000	-7.996399	4.419398	1.665000	0.000000	1.629200
0.410000	-8.491593	4.070792	1.637250	0.000000	1.576819
0.420000	-8.970406	3.729101	1.609500	0.000000	1.522147
0.430000	-9.433638	3.394120	1.581750	0.000000	1.464855
0.440000	-9.882038	3.065655	1.554000	0.000000	1.404546
0.450000	-10.316306	2.743516	1.526250	0.000000	1.340729
0.460000	-10.737100	2.427523	1.498500	0.000000	1.272780
0.470000	-11.145039	2.117501	1.470750	0.000000	1.199893
0.480000	-11.540701	1.813283	1.443000	0.000000	1.120985
0.490000	-11.924633	1.514708	1.415250	0.000000	1.034541
0.500000	-12.297349	1.221619	1.387500	0.000000	0.938321
0.510000	-12.659334	0.933867	1.359750	0.000000	0.828730
0.520000	-13.011044	0.651308	1.332000	0.000000	0.699264
0.530000	-13.352911	0.373802	1.304250	0.000000	0.535353
0.540000	-13.685341	0.101215	1.276500	0.000000	0.281586
0.550000	-14.008722	-0.166583	1.248750	0.000000	0.000000
0.560000	-14.323416	-0.429718	1.221000	0.000000	0.000000
0.570000	-14.629770	-0.688308	1.193250	0.000000	0.000000
0.580000	-14.928110	-0.942472	1.165500	0.000000	0.000000
0.590000	-15.218748	-1.192323	1.137750	0.000000	0.000000
0.600000	-15.501977	-1.437968	1.110000	0.000000	0.000000
0.610000	-15.778078	-1.679513	1.082250	0.000000	0.000000
0.620000	-16.047315	-1.917061	1.054500	0.000000	0.000000
0.630000	-16.309943	-2.150709	1.026750	0.000000	0.000000
0.640000	-16.566200	-2.380552	0.999000	0.000000	0.000000
0.650000	-16.816317	-2.606684	0.971250	0.000000	0.000000
0.660000	-17.060511	-2.829192	0.943500	0.000000	0.000000
0.670000	-17.298991	-3.048165	0.915750	0.000000	0.000000
0.680000	-17.531954	-3.263684	0.888000	0.000000	0.000000
0.690000	-17.759590	-3.475831	0.860250	0.000000	0.000000
0.700000	-17.982079	-3.684685	0.832500	0.000000	0.000000
0.710000	-18.199595	-3.890322	0.804750	0.000000	0.000000
0.720000	-18.412301	-4.092815	0.777000	0.000000	0.000000
0.730000	-18.620356	-4.292237	0.749250	0.000000	0.000000
0.740000	-18.823911	-4.488655	0.721500	0.000000	0.000000
0.750000	-19.023109	-4.682139	0.693750	0.000000	0.000000
0.760000	-19.218090	-4.872753	0.666000	0.000000	0.000000
0.770000	-19.408987	-5.060560	0.638250	0.000000	0.000000
0.780000	-19.595925	-5.245622	0.610500	0.000000	0.000000
0.790000	-19.779027	-5.427998	0.582750	0.000000	0.000000









$\phi$ (1)	$K$ [GPa] (2)	$G$ [GPa] (3)	$\rho$ [gr/cm <sup>3</sup> ] (4)	$V_p$ [km/s] (5)	$V_s$ [km/s] (6)
0.000000	55.801417	28.080977	2.775000	5.796635	3.181080
0.010000	53.342665	27.560711	2.747250	5.726508	3.167350
0.020000	51.010252	27.049623	2.719500	5.658558	3.153814
0.030000	48.794686	26.547472	2.691750	5.592633	3.140467
0.040000	46.687400	26.054025	2.664000	5.528594	3.127305
0.050000	44.680646	25.569059	2.636250	5.466315	3.114326
0.060000	42.767397	25.092357	2.608500	5.405677	3.101525
0.070000	40.941267	24.623709	2.580750	5.346572	3.088899
0.080000	39.196437	24.162912	2.553000	5.288898	3.076446
0.090000	37.527598	23.709772	2.525250	5.232563	3.064160
0.100000	35.929890	23.264098	2.497500	5.177478	3.052041
0.110000	34.398860	22.825709	2.469750	5.123562	3.040084
0.120000	32.930420	22.394425	2.442000	5.070738	3.028288
0.130000	31.520808	21.970078	2.414250	5.018935	3.016648
0.140000	30.166559	21.552499	2.386500	4.968083	3.005163
0.150000	28.864474	21.141529	2.358750	4.918118	2.993831
0.160000	27.611596	20.737012	2.331000	4.868980	2.982648
0.170000	26.405188	20.338798	2.303250	4.820611	2.971612
0.180000	25.242710	19.946739	2.275500	4.772954	2.960721
0.190000	24.121807	19.560695	2.247750	4.725956	2.949974
0.200000	23.040287	19.180527	2.220000	4.679567	2.939367
0.210000	21.996111	18.806104	2.192250	4.633736	2.928899
0.220000	20.987377	18.437295	2.164500	4.588416	2.918568
0.230000	20.012310	18.073975	2.136750	4.543561	2.908372
0.240000	19.069254	17.716024	2.109000	4.499124	2.898310
0.250000	18.156657	17.363321	2.081250	4.455061	2.888380
0.260000	17.273066	17.015754	2.053500	4.411328	2.878580
0.270000	16.417121	16.673210	2.025750	4.367883	2.868908
0.280000	15.587545	16.335582	1.998000	4.324681	2.859365
0.290000	14.783136	16.002764	1.970250	4.281679	2.849947
0.300000	14.002767	15.674654	1.942500	4.238835	2.840655
0.310000	13.245377	15.351154	1.914750	4.196106	2.831486
0.320000	12.509964	15.032166	1.887000	4.153446	2.822441
0.330000	11.795586	14.717597	1.859250	4.110812	2.813517
0.340000	11.101354	14.407356	1.831500	4.068158	2.804715
0.350000	10.426426	14.101354	1.803750	4.025438	2.796033
0.360000	9.770010	13.799504	1.776000	3.982602	2.787470
0.370000	9.131352	13.501724	1.748250	3.939602	2.779027
0.380000	8.509744	13.207930	1.720500	3.896385	2.770703
0.390000	7.904510	12.918044	1.692750	3.852898	2.762498
0.400000	7.315012	12.631988	1.665000	3.809082	2.754411
0.410000	6.740644	12.349687	1.637250	3.764879	2.746442
0.420000	6.180832	12.071066	1.609500	3.720224	2.738592
0.430000	5.635028	11.796056	1.581750	3.675050	2.730860
0.440000	5.102714	11.524586	1.554000	3.629284	2.723248
0.450000	4.583396	11.256587	1.526250	3.582849	2.715755
0.460000	4.076602	10.991995	1.498500	3.535661	2.708382
0.470000	3.581887	10.730743	1.470750	3.487628	2.701130
0.480000	3.098822	10.472771	1.443000	3.438653	2.694000
0.490000	2.627002	10.218015	1.415250	3.388627	2.686994
0.500000	2.166037	9.966417	1.387500	3.337431	2.680113
0.510000	1.715558	9.717918	1.359750	3.284934	2.673358
0.520000	1.275212	9.472461	1.332000	3.230992	2.666731
0.530000	0.844659	9.229990	1.304250	3.175442	2.660236
0.540000	0.423576	8.990452	1.276500	3.118102	2.653874
0.550000	0.011656	8.753793	1.248750	3.058768	2.647649
0.560000	-0.391399	8.519962	1.221000	2.997207	2.641563
0.570000	-0.785871	8.288909	1.193250	2.933155	2.635621
0.580000	-1.172031	8.060584	1.165500	2.866307	2.629827
0.590000	-1.550140	7.834940	1.137750	2.796307	2.624185
0.600000	-1.920447	7.611928	1.110000	2.722742	2.618701
0.610000	-2.283191	7.391505	1.082250	2.645122	2.613380
0.620000	-2.638600	7.173624	1.054500	2.562862	2.608231
0.630000	-2.986896	6.958242	1.026750	2.475251	2.603259
0.640000	-3.328290	6.745316	0.999000	2.381415	2.598474
0.650000	-3.662985	6.534805	0.971250	2.280258	2.593885
0.660000	-3.991176	6.326667	0.943500	2.170374	2.589504
0.670000	-4.313051	6.120863	0.915750	2.049910	2.585341
0.680000	-4.628790	5.917354	0.888000	1.916328	2.581412
0.690000	-4.938568	5.716101	0.860250	1.765997	2.577731
0.700000	-5.242551	5.517068	0.832500	1.593357	2.574317
0.710000	-5.540901	5.320217	0.804750	1.389045	2.571190
0.720000	-5.833773	5.125513	0.777000	1.134600	2.568373
0.730000	-6.121316	4.932922	0.749250	0.780059	2.565894
0.740000	-6.403674	4.742408	0.721500	0.000000	2.563783
0.750000	-6.680987	4.553938	0.693750	0.000000	2.562076
0.760000	-6.953389	4.367481	0.666000	0.000000	2.560816
0.770000	-7.221008	4.183002	0.638250	0.000000	2.560051
0.780000	-7.483969	4.000473	0.610500	0.000000	2.559840
0.790000	-7.742394	3.819860	0.582750	0.000000	2.560251
0.800000	-7.996399	3.641136	0.555000	0.000000	2.561368
0.810000	-8.246095	3.464269	0.527250	0.000000	2.563289
0.820000	-8.491593	3.289232	0.499500	0.000000	2.566135
0.830000	-8.732995	3.115996	0.471750	0.000000	2.570055
0.840000	-8.970406	2.944533	0.444000	0.000000	2.575234
0.850000	-9.203922	2.774816	0.416250	0.000000	2.581903
0.860000	-9.433638	2.606819	0.388500	0.000000	2.590359







0.050000	51.010252	26.887488	2.636250	5.740070	3.193610
0.060000	50.110503	26.654614	2.608500	5.730180	3.196618
0.070000	49.228875	26.423626	2.580750	5.720757	3.199803
0.080000	48.364825	26.194501	2.553000	5.711802	3.203168
0.090000	47.517834	25.967217	2.525250	5.703314	3.206716
0.100000	46.687400	25.741752	2.497500	5.695290	3.210453
0.110000	45.873043	25.518083	2.469750	5.687732	3.214382
0.120000	45.074301	25.296191	2.442000	5.680641	3.218509
0.130000	44.290728	25.076053	2.414250	5.674016	3.222838
0.140000	43.521898	24.857649	2.386500	5.667859	3.227374
0.150000	42.767397	24.640958	2.358750	5.662173	3.232123
0.160000	42.026828	24.425961	2.331000	5.656960	3.237089
0.170000	41.299810	24.212637	2.303250	5.652221	3.242280
0.180000	40.585974	24.000968	2.275500	5.647962	3.247700
0.190000	39.884964	23.790933	2.247750	5.644186	3.253357
0.200000	39.196437	23.582514	2.220000	5.640898	3.259257
0.210000	38.520064	23.375693	2.192250	5.638101	3.265406
0.220000	37.855526	23.170452	2.164500	5.635804	3.271813
0.230000	37.202514	22.966771	2.136750	5.634010	3.278484
0.240000	36.560731	22.764634	2.109000	5.632729	3.285429
0.250000	35.929890	22.564022	2.081250	5.631966	3.292654
0.260000	35.309713	22.364920	2.053500	5.631731	3.300170
0.270000	34.699933	22.167309	2.025750	5.632032	3.307985
0.280000	34.100290	21.971174	1.998000	5.632879	3.316110
0.290000	33.510533	21.776497	1.970250	5.634283	3.324554
0.300000	32.930420	21.583262	1.942500	5.636254	3.333328
0.310000	32.359716	21.391454	1.914750	5.638806	3.342444
0.320000	31.798195	21.201057	1.887000	5.641952	3.351913
0.330000	31.245635	21.012054	1.859250	5.645705	3.361750
0.340000	30.701826	20.824432	1.831500	5.650081	3.371965
0.350000	30.166559	20.638175	1.803750	5.655096	3.382575
0.360000	29.639636	20.453267	1.776000	5.660768	3.393594
0.370000	29.120863	20.269695	1.748250	5.667115	3.405037
0.380000	28.610053	20.087444	1.720500	5.674157	3.416922
0.390000	28.107023	19.906500	1.692750	5.681916	3.429265
0.400000	27.611596	19.726849	1.665000	5.690415	3.442086
0.410000	27.123603	19.548476	1.637250	5.699678	3.455405
0.420000	26.642876	19.371369	1.609500	5.709732	3.469243
0.430000	26.169256	19.195514	1.581750	5.720605	3.483621
0.440000	25.702584	19.020898	1.554000	5.732327	3.498565
0.450000	25.242710	18.847507	1.526250	5.744932	3.514100
0.460000	24.789486	18.675329	1.498500	5.758453	3.530252
0.470000	24.342769	18.504352	1.470750	5.772928	3.547052
0.480000	23.902420	18.334561	1.443000	5.788397	3.564529
0.490000	23.468303	18.165947	1.415250	5.804905	3.582716
0.500000	23.040287	17.998495	1.387500	5.822496	3.601651
0.510000	22.618245	17.832194	1.359750	5.841222	3.621370
0.520000	22.202052	17.667033	1.332000	5.861137	3.641914
0.530000	21.791587	17.503000	1.304250	5.882298	3.663328
0.540000	21.386734	17.340082	1.276500	5.904770	3.685659
0.550000	20.987377	17.178270	1.248750	5.928620	3.708958
0.560000	20.593405	17.017551	1.221000	5.953923	3.733281
0.570000	20.204711	16.857914	1.193250	5.980759	3.758687
0.580000	19.821189	16.699349	1.165500	6.009216	3.785242
0.590000	19.442737	16.541845	1.137750	6.039388	3.813015
0.600000	19.069254	16.385391	1.110000	6.071380	3.842085
0.610000	18.700643	16.229977	1.082250	6.105306	3.872533
0.620000	18.336810	16.075593	1.054500	6.141290	3.904453
0.630000	17.977663	15.922228	1.026750	6.179468	3.937944
0.640000	17.623111	15.769872	0.999000	6.219992	3.973117
0.650000	17.273066	15.618515	0.971250	6.263025	4.010092
0.660000	16.927444	15.468148	0.943500	6.308753	4.049004
0.670000	16.586161	15.318761	0.915750	6.357377	4.090000
0.680000	16.249136	15.170343	0.888000	6.409124	4.133246
0.690000	15.916290	15.022887	0.860250	6.464245	4.178923
0.700000	15.587545	14.876382	0.832500	6.523022	4.227236
0.710000	15.262826	14.730820	0.804750	6.585771	4.278416
0.720000	14.942059	14.586191	0.777000	6.652847	4.332718
0.730000	14.625174	14.442486	0.749250	6.724655	4.390436
0.740000	14.312099	14.299697	0.721500	6.801651	4.451898
0.750000	14.002767	14.157815	0.693750	6.884358	4.517484
0.760000	13.697111	14.016830	0.666000	6.973375	4.587624
0.770000	13.395065	13.876736	0.638250	7.069392	4.662816
0.780000	13.096567	13.737523	0.610500	7.173212	4.743636
0.790000	12.801553	13.599182	0.582750	7.285770	4.830758
0.800000	12.509964	13.461707	0.555000	7.408165	4.924970
0.810000	12.221740	13.325088	0.527250	7.541700	5.027207
0.820000	11.936822	13.189318	0.499500	7.687930	5.138584
0.830000	11.655156	13.054389	0.471750	7.848730	5.260443
0.840000	11.376684	12.920293	0.444000	8.026384	5.394419
0.850000	11.101354	12.787023	0.416250	8.223707	5.542524
0.860000	10.829112	12.654570	0.388500	8.444210	5.707267
0.870000	10.559906	12.522927	0.360750	8.692346	5.891824
0.880000	10.293687	12.392088	0.333000	8.973848	6.100285
0.890000	10.030404	12.262043	0.305250	9.296252	6.338020
0.900000	9.770010	12.132788	0.277500	9.669691	6.612243
0.910000	9.512456	12.004313	0.249750	10.108165	6.932915
0.920000	9.257698	11.876612	0.222000	10.631667	7.314250
0.930000	9.005689	11.749679	0.194250	11.269925	7.777365
0.940000	8.756385	11.623506	0.166500	12.069467	8.355288









0.130000	49.667458	26.194927	2.414250	5.919414	3.293954
0.140000	49.228875	26.054874	2.386500	5.931684	3.304181
0.150000	48.794686	25.915513	2.358750	5.944406	3.314660
0.160000	48.364825	25.776838	2.331000	5.957592	3.325398
0.170000	47.939229	25.638845	2.303250	5.971253	3.336404
0.180000	47.517834	25.501528	2.275500	5.985402	3.347686
0.190000	47.100577	25.364883	2.247750	6.000053	3.359251
0.200000	46.687400	25.228904	2.220000	6.015219	3.371108
0.210000	46.278241	25.093587	2.192250	6.030914	3.383268
0.220000	45.873043	24.958927	2.164500	6.047155	3.395738
0.230000	45.471748	24.824920	2.136750	6.063956	3.408530
0.240000	45.074301	24.691559	2.109000	6.081335	3.421653
0.250000	44.680646	24.558841	2.081250	6.099309	3.435119
0.260000	44.290728	24.426762	2.053500	6.117896	3.448940
0.270000	43.904497	24.295316	2.025750	6.137116	3.463126
0.280000	43.521898	24.164498	1.998000	6.156990	3.477692
0.290000	43.142881	24.034306	1.970250	6.177538	3.492650
0.300000	42.767397	23.904733	1.942500	6.198782	3.508015
0.310000	42.395395	23.775776	1.914750	6.220748	3.523800
0.320000	42.026828	23.647430	1.887000	6.243459	3.540023
0.330000	41.661649	23.519691	1.859250	6.266942	3.556697
0.340000	41.299810	23.392554	1.831500	6.291225	3.573842
0.350000	40.941267	23.266016	1.803750	6.316337	3.591475
0.360000	40.585974	23.140072	1.776000	6.342309	3.609615
0.370000	40.233887	23.014718	1.748250	6.369174	3.628282
0.380000	39.884964	22.889950	1.720500	6.396967	3.647498
0.390000	39.539161	22.765763	1.692750	6.425723	3.667285
0.400000	39.196437	22.642154	1.665000	6.455483	3.687667
0.410000	38.856752	22.519119	1.637250	6.486287	3.708670
0.420000	38.520064	22.396653	1.609500	6.518179	3.730320
0.430000	38.186335	22.274753	1.581750	6.551205	3.752645
0.440000	37.855526	22.153415	1.554000	6.585416	3.775677
0.450000	37.527598	22.032634	1.526250	6.620864	3.799447
0.460000	37.202514	21.912408	1.498500	6.657604	3.823989
0.470000	36.880237	21.792732	1.470750	6.695698	3.849341
0.480000	36.560731	21.673603	1.443000	6.735209	3.875541
0.490000	36.243960	21.555016	1.415250	6.776206	3.902632
0.500000	35.929890	21.436968	1.387500	6.818761	3.930657
0.510000	35.618485	21.319456	1.359750	6.862955	3.959666
0.520000	35.309713	21.202475	1.332000	6.908871	3.989709
0.530000	35.003540	21.086023	1.304250	6.956600	4.020841
0.540000	34.699933	20.970095	1.276500	7.006240	4.053123
0.550000	34.398860	20.854688	1.248750	7.057896	4.086619
0.560000	34.100290	20.739799	1.221000	7.111684	4.121397
0.570000	33.804191	20.625424	1.193250	7.167725	4.157533
0.580000	33.510533	20.511559	1.165500	7.226155	4.195109
0.590000	33.219286	20.398202	1.137750	7.287117	4.234211
0.600000	32.930420	20.285348	1.110000	7.350771	4.274937
0.610000	32.643906	20.172995	1.082250	7.417288	4.317391
0.620000	32.359716	20.061140	1.054500	7.486856	4.361687
0.630000	32.077821	19.949778	1.026750	7.559682	4.407950
0.640000	31.798195	19.838906	0.999000	7.635992	4.456317
0.650000	31.520808	19.728522	0.971250	7.716035	4.506940
0.660000	31.245635	19.618622	0.943500	7.800086	4.559984
0.670000	30.972650	19.509204	0.915750	7.888447	4.615633
0.680000	30.701826	19.400263	0.888000	7.981457	4.674093
0.690000	30.433137	19.291796	0.860250	8.079490	4.735589
0.700000	30.166559	19.183802	0.832500	8.182965	4.800376
0.710000	29.902067	19.076276	0.804750	8.292352	4.868737
0.720000	29.639636	18.969215	0.777000	8.408178	4.940992
0.730000	29.379243	18.862617	0.749250	8.531040	5.017502
0.740000	29.120863	18.756478	0.721500	8.661614	5.098677
0.750000	28.864474	18.650796	0.693750	8.800672	5.184981
0.760000	28.610053	18.545567	0.666000	8.949095	5.276950
0.770000	28.357576	18.440790	0.638250	9.107900	5.375196
0.780000	28.107023	18.336460	0.610500	9.278266	5.480433
0.790000	27.858370	18.232574	0.582750	9.461563	5.593490
0.800000	27.611596	18.129131	0.555000	9.659404	5.715339
0.810000	27.366681	18.026128	0.527250	9.873694	5.847132
0.820000	27.123603	17.923560	0.499500	10.106706	5.990242
0.830000	26.882341	17.821427	0.471750	10.361177	6.146322
0.840000	26.642876	17.719724	0.444000	10.640435	6.317380
0.850000	26.405188	17.618450	0.416250	10.948578	6.505890
0.860000	26.169256	17.517601	0.388500	11.290713	6.714935
0.870000	25.935061	17.417175	0.360750	11.673303	6.948414
0.880000	25.702584	17.317169	0.333000	12.104667	7.211346
0.890000	25.471807	17.217581	0.305250	12.595721	7.510316
0.900000	25.242710	17.118408	0.277500	13.161129	7.854168
0.910000	25.015276	17.019647	0.249750	13.821128	8.255104
0.920000	24.789486	16.921296	0.222000	14.604580	8.730524
0.930000	24.565323	16.823352	0.194250	15.554357	9.306272
0.940000	24.342769	16.725813	0.166500	16.737481	10.022741
0.950000	24.121807	16.628676	0.138750	18.265978	10.947434
0.960000	23.902420	16.531939	0.111000	20.344999	12.203950
0.970000	23.684591	16.435600	0.083250	23.403684	14.050787
0.980000	23.468303	16.339655	0.055500	28.555149	17.158327
0.990000	23.253540	16.244102	0.027750	40.230123	24.194484
1.000000	23.040287	16.148940	0.000000	Inf	Inf





0.460000	37.455487	21.889259	1.834300	6.027485	3.454461	1.075179	0.000000	0.765606	0.000000
0.470000	37.136497	21.769188	1.813850	6.039540	3.464339	1.052752	0.000000	0.761838	0.000000
0.480000	36.820213	21.649667	1.793400	6.052005	3.474458	1.031242	0.000000	0.758301	0.000000
0.490000	36.506601	21.530693	1.772950	6.064888	3.484823	1.010593	0.000000	0.754988	0.000000
0.500000	36.195626	21.412262	1.752500	6.078202	3.495443	0.990755	0.000000	0.751890	0.000000
0.510000	35.887255	21.294370	1.732050	6.091958	3.506325	0.971681	0.000000	0.749000	0.000000
0.520000	35.581457	21.177014	1.711600	6.106167	3.517477	0.953327	0.000000	0.746311	0.000000
0.530000	35.278199	21.060189	1.691150	6.120843	3.528906	0.935654	0.000000	0.743818	0.000000
0.540000	34.977449	20.943892	1.670700	6.135998	3.540621	0.918624	0.000000	0.741514	0.000000
0.550000	34.679176	20.828120	1.650250	6.151646	3.552632	0.902203	0.000000	0.739396	0.000000
0.560000	34.383350	20.712869	1.629800	6.167803	3.564946	0.886359	0.000000	0.737458	0.000000
0.570000	34.089941	20.598136	1.609350	6.184482	3.577575	0.871061	0.000000	0.735697	0.000000
0.580000	33.798920	20.483917	1.588900	6.201700	3.590527	0.856283	0.000000	0.734109	0.000000
0.590000	33.510257	20.370208	1.568450	6.219473	3.603814	0.841998	0.000000	0.732690	0.000000
0.600000	33.223924	20.257007	1.548000	6.237818	3.617447	0.828181	0.000000	0.731438	0.000000
0.610000	32.939893	20.144309	1.527550	6.256755	3.631437	0.814811	0.000000	0.730349	0.000000
0.620000	32.658136	20.032112	1.507100	6.276301	3.645796	0.801866	0.000000	0.729423	0.000000
0.630000	32.378626	19.920413	1.486650	6.296478	3.660537	0.789325	0.000000	0.728658	0.000000
0.640000	32.101335	19.809207	1.466200	6.317305	3.675674	0.777171	0.000000	0.728051	0.000000
0.650000	31.826239	19.698491	1.445750	6.338806	3.691220	0.765385	0.000000	0.727601	0.000000
0.660000	31.553311	19.588263	1.425300	6.361003	3.707190	0.753951	0.000000	0.727308	0.000000
0.670000	31.282525	19.478519	1.404850	6.383921	3.723600	0.742854	0.000000	0.727172	0.000000
0.680000	31.013856	19.369256	1.384400	6.407586	3.740466	0.732079	0.000000	0.727191	0.000000
0.690000	30.747279	19.260471	1.363950	6.432025	3.757805	0.721612	0.000000	0.727366	0.000000
0.700000	30.482771	19.152161	1.343500	6.457268	3.775635	0.711441	0.000000	0.727697	0.000000
0.710000	30.220307	19.044322	1.323050	6.483343	3.793976	0.701551	0.000000	0.728185	0.000000
0.720000	29.959864	18.936952	1.302600	6.510284	3.812848	0.691934	0.000000	0.728831	0.000000
0.730000	29.701418	18.830047	1.282150	6.538124	3.832272	0.682576	0.000000	0.729636	0.000000
0.740000	29.444946	18.723605	1.261700	6.566899	3.852270	0.673468	0.000000	0.730601	0.000000
0.750000	29.190426	18.617622	1.241250	6.596647	3.872866	0.664599	0.000000	0.731729	0.000000
0.760000	28.937836	18.512095	1.220800	6.627408	3.894086	0.655962	0.000000	0.733022	0.000000
0.770000	28.687153	18.407022	1.200350	6.659225	3.915956	0.647546	0.000000	0.734482	0.000000
0.780000	28.438357	18.302400	1.179900	6.692143	3.938505	0.639343	0.000000	0.736113	0.000000
0.790000	28.191426	18.198225	1.159450	6.726210	3.961763	0.631345	0.000000	0.737917	0.000000
0.800000	27.946340	18.094496	1.139000	6.761478	3.985762	0.623545	0.000000	0.739899	0.000000
0.810000	27.703076	17.991208	1.118550	6.798001	4.010536	0.615936	0.000000	0.742062	0.000000
0.820000	27.461616	17.888360	1.098100	6.835838	4.036122	0.608510	0.000000	0.744411	0.000000
0.830000	27.221940	17.785947	1.077650	6.875050	4.062559	0.601260	0.000000	0.746952	0.000000
0.840000	26.984027	17.683969	1.057200	6.915703	4.089887	0.594182	0.000000	0.749689	0.000000
0.850000	26.747858	17.582421	1.036750	6.957869	4.118151	0.587268	0.000000	0.752629	0.000000
0.860000	26.513415	17.481302	1.016300	7.001625	4.147400	0.580514	0.000000	0.755780	0.000000
0.870000	26.280678	17.380608	0.995850	7.047050	4.177683	0.573912	0.000000	0.759147	0.000000
0.880000	26.049629	17.280337	0.975400	7.094234	4.209056	0.567460	0.000000	0.762739	0.000000
0.890000	25.820249	17.180486	0.954950	7.143269	4.241577	0.561151	0.000000	0.766566	0.000000
0.900000	25.592520	17.081052	0.934500	7.194259	4.275310	0.554980	0.000000	0.770636	0.000000
0.910000	25.366426	16.982033	0.914050	7.247312	4.310324	0.548944	0.000000	0.774960	0.000000
0.920000	25.141947	16.883427	0.893600	7.302547	4.346691	0.543038	0.000000	0.779549	0.000000
0.930000	24.919067	16.785230	0.873150	7.360092	4.384491	0.537257	0.000000	0.784416	0.000000
0.940000	24.697769	16.687440	0.852700	7.420087	4.423813	0.531598	0.000000	0.789575	0.000000
0.950000	24.478037	16.590056	0.832250	7.482681	4.464749	0.526057	0.000000	0.795041	0.000000
0.960000	24.259852	16.493073	0.811800	7.548041	4.507402	0.520631	0.000000	0.800830	0.000000
0.970000	24.043200	16.396490	0.791350	7.616344	4.551883	0.515315	0.000000	0.806960	0.000000
0.980000	23.828064	16.300304	0.770900	7.687788	4.598316	0.510107	0.000000	0.813451	0.000000
0.990000	23.614429	16.204512	0.750450	7.762588	4.646833	0.505003	0.000000	0.820325	0.000000
1.000000	23.402278	16.109113	0.730000	7.840979	4.697582	0.500000	0.000000	0.827606	0.000000