

4  
21

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA DEL CAMPO GEOTÉRMICO DE  
TRES VIRGENES, B.C.S. PERÍODO ENERO-ABRIL DE 1994**



**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO GEOFÍSICO**  
**P R E S E N T A:**  
**MIGUEL MACÍAS CARRASCO**

**MÉXICO, D.F.**

**1997**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-049

SR. MIGUEL MACIAS CARRASCO  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el Dr. Francisco José Chávez García y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geofísico:

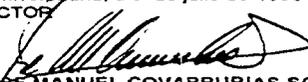
**ANALISIS DE LA INFORMACION SISMICA DEL CAMPO GEOTERMICO DE TRES  
VIRGENES, B.C.S. PERIODO ENERO-ABRIL DE 1994**

- I INTRODUCCION
- II MODELO DE VELOCIDADES
- III PROCESADO DE LA INFORMACION SISMICA
- IV INTERPRETACION
- V CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, a 5 de julio de 1996  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

*A mis padres:*

*Sr. Ricardo Macías Romero*

*Sra. Aurora C. de Macías*

*a mis hermanos:*

*Ricardo*

*Reyna*

*Jesús*

## INDICE.

I	INTRODUCCIÓN .....	4
	I.1 Antecedentes	
	I.2 Objetivos	
	I.3 Marco Sismotectónico	
II	MODELO DE VELOCIDADES .....	10
	II.1 Generalidades	
	II.2 Apoyo Geológico-Geofísico	
III	PROCESADO DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA .....	13
	III.1 Instrumentación	
	III.1.1 Sincronización	
	III.2 Base de datos	
	III.2.1 Lectura de sismogramas	
	III.3 Localización de eventos	
	III.3.1 Formulación del problema	
	III.3.2 HYPO71PC	
	III.3.3 Estación única	
	III.4 Atenuación	
	III.4.1 Formulación del problema	
	III.4.2 CODAQ	
IV	INTERPRETACIÓN .....	32
	IV.1 Actividad sísmica	
	IV.2 Atenuación	
V	CONCLUSIONES .....	37
VI	BIBLIOGRAFÍA .....	39

## INDICE DE FIGURAS Y MAPAS.

- 1.- Localización del Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S.
- 2.- Localización de pozos en el Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S.
- 3.- Red Sismológica (estaciones de registro).
- 4.- Mapa Geológico del Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S.
- 5.- Modelos de velocidades.
- 6.- Registro sísmico en tres canales. Ejemplo de lectura de datos.
- 7.- Registro sísmico en tres canales. Ejemplo de tiempo de duración de la señal.
- 8.- Valores medios de profundidad de sismos (distintos intervalos).
- 9.- Valores medios de magnitud de sismos (distintos intervalos).
- 10.- Mapa de sismicidad con el modelo de velocidades propuesto por la.CFE.
- 11.- Localización de eventos con profundidades entre 0 y 4 km.
- 12.- Localización de eventos con profundidades entre 4 y 6 km.
- 13.- Localización de eventos con profundidades mayores de 6 km.
- 14.- Registro sísmico (RE1708) para ejemplificar el método de localización por estación única.
- 15.- Movimiento de partícula utilizando trazas horizontales E-O y N-S (evento RE1708).
- 16.- Trazas originales y trazas rotadas (evento RE1708).
- 17.- Movimiento de partícula utilizando traza radial y traza vertical para observar ángulo de incidencia (evento RE1708).
- 18.- Registro sísmico (SA1230) para ejemplificar el método de localización por estación única.

- 19.- Movimiento de partícula utilizando trazas horizontales E-O y N-S (evento SA1230).
- 20.- Trazas originales y trazas rotadas (evento SA1230).
- 21.- Movimiento de partícula utilizando traza radial y traza vertical para observar ángulo de incidencia (evento SA1230).
- 22.- Registro sísmico (SA1233) para ejemplificar el método de localización por estación única.
- 23.- Movimiento de partícula utilizando trazas horizontales E-O y N-S (evento SA1233).
- 24.- Movimiento de partícula entre traza E-O y traza vertical (evento SA1233).
- 25.- Movimiento de partícula entre traza N-S y traza vertical (evento SA1233).
- 26.- Ejemplificación de los métodos del programa CODAQ (evento CV2832).
- 27.- Ejemplificación de los métodos del programa CODAQ (evento CV2832).
- 28.- Resultados del análisis del factor  $Q_c$  por zonas.
- 29.- Resultados del análisis del factor  $Q_c$  por trayectoria evento-estación.
- 30.- Resultados del factor  $Q_c$  por trayectoria evento-estación en las direcciones N-S, NO-SE, NE-SO.
- 31.- Sismograma de evento tectónico (evento RE1701).
- 32.- Sismograma de evento volcánico (evento SA1233).
- 33.- Perfil sísmico de profundidades focales AA'.
- 34.- Perfil sísmico de profundidades focales BB'.
- 36.- Mapa Geológico-Estructural de la zona con los eventos sísmicos localizados, estaciones sismológicas, zonas de análisis de  $Q_c$  y perfiles sísmicos (refracción y profundidades focales), al final del texto.

## I. INTRODUCCIÓN.

### I.1. Antecedentes.

México requiere desarrollar nuevas alternativas energéticas. La conservación tanto de nuestros recursos no renovables como de nuestro ecosistema son factores fundamentales a considerar en dicho desarrollo.

En nuestro país, por sus condiciones geológicas, la Geotermia ha tenido un desarrollo importante y actualmente se consolida como una fuente energética no contaminante y más económica que otras opciones energéticas. Consecuentemente, la labor desarrollada en la Comisión Federal de Electricidad (en lo sucesivo: CFE) por medio de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (en lo sucesivo: GPG), quien explora, evalúa y administra dicho recurso, es esencial en el desarrollo de esta alternativa energética.

El hacer referencia al término Geotermia implica etimológicamente el calor existente en el subsuelo. Se ha observado que con el incremento de la profundidad, existe un aumento de la temperatura en la Tierra. Sin embargo la mayor parte de esta energía térmica, no puede ser considerada como recurso geotérmico, dado que al encontrarse tan difusa, no es factible económicamente su explotación. La energía geotérmica adquiere significado económico potencial cuando se concentra en volúmenes restringidos, a profundidades menores de 3 km.

Una determinada zona de la superficie terrestre tiene actividad geotérmica si presenta alguna o varias de las manifestaciones termales siguientes: manantiales de agua caliente, fumarolas, solfataras, depósitos de manantiales calientes, suelos vaporizantes, volcánes de lodo (Wright, et al., 1989), sin embargo existen áreas donde no hay manifestaciones termales superficiales y presentan actividad geotérmica. Estas zonas pueden ser clasificadas con base en el gradiente geotérmico observado en cada una de ellas: i) áreas no-termales (entre 10°C/km y 40°C/km de profundidad); ii) áreas semitermales (hasta 70°C/km u 80°C/km); iii) áreas hipertemrales con gradientes varias veces mayor a los encontrados en áreas no-termales (Armstead, 1983). A la mayoría de las áreas con actividad geotérmica se les asigna un nombre geográfico (ej.: Los Azufres, Edo. de Michoacán). Se ha acuñado el término "campo geotérmico" cuando estas áreas son factibles de explotación. El total del sistema hidrológico superficial asociado con un campo geotérmico se denomina "sistema geotérmico". Esto incluye tanto la geometría del sistema como todos los elementos del flujo hidrológico. Ahora bien, a la sección caliente de cualquier sistema geotérmico, cuya masa y energía son factibles de explotación comercial, se le denomina reservorio o yacimiento geotérmico (Viggiano y Ramírez, 1996). Una clasificación ampliamente aceptada para los sistemas geotérmicos es la dada por Bowen (1989), en donde se tienen sistemas geotérmicos convectivos y conductivos, dependiendo de la forma en que se transfiere el calor dentro del sistema. Dentro de los

sistemas convectivos existen sistemas hidrotermales (ambiente de alta porosidad y alta permeabilidad) que pueden presentar condiciones de vapor dominante o de líquido dominante, y sistemas de circulación (ambientes de baja porosidad y baja permeabilidad). Los sistemas conductivos, dependiendo de las condiciones termodinámicas de confinamiento, se presentan como: acuíferos de baja temperatura y baja entalpía, yacimientos geopresurizados y sistemas de roca seca caliente.

Para determinar si un sistema geotérmico puede o no considerarse como un yacimiento geotérmico, económicamente factible desde el punto de vista de producción de energía eléctrica, se deben realizar varias inversiones, dentro de las cuales y en una etapa inicial están los estudios de exploración, perforación y evaluación de yacimientos. Cabe señalar que la Prospección Geofísica, es decir, los métodos de: Gravimetría, Magnetometría, Sismología, Eléctricos y Electromagnéticos, así como los estudios de: Flujo Calorífico, Percepción Remota, Sismología Pasiva, son muy importantes tanto en la etapa de exploración como de evaluación de yacimientos geotérmicos.

Los métodos y estudios señalados, pueden enmarcarse dentro de las Técnicas de Exploración en Geotermia, las cuales se dividen en tres grupos principales: Geología, Geoquímica y Geofísica (Arroyo, 1983).

En general, la Exploración Geológica tiene que ver con la identificación de las zonas de alteración hidrotermal, definición de las zonas y contactos de los diversos grupos de rocas que afloran en el área explorada, además del reconocimiento de las estructuras que canalizan los fluidos térmicos a las partes someras del subsuelo. La caracterización de la Geología de una determinada zona de estudio, debe proporcionar los datos básicos para el modelado y evaluación de la mayoría de las técnicas geoquímicas y geofísicas.

La Exploración Geoquímica proporciona información acerca de las temperaturas del subsuelo, geoquímica del fluido geotérmico, fuentes potenciales de corrosión o incrustación durante la producción, y posibles problemas ecológicos (p. ej.: contaminación de acuíferos por descarga indebida de aguas extraídas).

En la Exploración Geofísica, uno de los objetivos principales es el detectar las posibles variaciones de las propiedades físicas en las rocas del subsuelo, tales como: conductividad térmica, resistividad eléctrica, velocidad de propagación de las ondas sísmicas, porosidad, densidad, susceptibilidad magnética, etc. Los sistemas geotérmicos presentan discontinuidades distintivas en las propiedades antes mencionadas, es decir, se observa: alto flujo térmico, baja resistividad, importante atenuación de ondas sísmicas. Entonces, a partir de las medidas indirectas de los parámetros físicos a profundidad es posible inferir la existencia de recursos geotérmicos. Dentro de las distintas técnicas de la Exploración Geofísica aplicadas a la exploración y evaluación de yacimientos geotérmicos están las siguientes:

a).- Estudios de Flujo Calorífico (Gradiente Térmico): La temperatura en el interior de un yacimiento es la característica más importante de un sistema geotérmico, ya que de ésta dependen los procesos físicos y químicos que se presentan. Hacer una

evaluación lo más precisa de este parámetro midiendo el gradiente geotérmico en pozos o con alguna otra técnica, es fundamental para hacer una estimación del tamaño y potencial de un sistema geotérmico.

b).- A los estudios gravimétricos, sismológicos y magnetométricos, se les llaman métodos estructurales, ya que uno de sus principales usos es el determinar estructuras geológicas. Es importante anotar que estos métodos no determinan directamente las propiedades físicas de los fluidos geotérmicos buscados, sino la actitud y naturaleza de la roca encajonante. En consecuencia, la información que proporcionan estos métodos, es poco útil para la caracterización de un yacimiento geotérmico, no así para la definición de fallas o zonas de fracturamiento que pudieran controlar el yacimiento geotérmico.

Estas zonas de fracturamiento están estrechamente relacionadas con la permeabilidad, una de las características de los sistemas geotérmicos, que determinan que tan explotable es un determinado yacimiento geotérmico. Los sistemas geotérmicos volcánicos son el resultado del ambiente tectónico y de las estructuras volcánicas presentes en una determinada región. En la etapa de evaluación del potencial geotérmico de un yacimiento, la permeabilidad es una de las propiedades de las rocas de mayor importancia. La permeabilidad primaria de las rocas, algunas veces llamada permeabilidad de la formación, se desarrolla de la textura original de las rocas (poros interconectados y vesículas, por ejemplo). La permeabilidad secundaria, conocida también como permeabilidad por fractura, es el resultado del fracturamiento y foliación de las rocas y es, cuando esta presente, el tipo dominante de permeabilidad (Wohletz y Heiken, 1992). El fallamiento activo en una zona geotérmica, crea o mantiene la permeabilidad necesaria para que exista circulación de fluidos geotérmicos.

c).- Métodos Eléctricos y Electromagnéticos: En la exploración geotérmica, estos métodos determinan la resistividad eléctrica de las rocas a profundidad. Como la temperatura, porosidad de la roca y salinidad de los fluidos intersticiales, tienden a ser mayores dentro de yacimientos geotérmicos que en el subsuelo circundante, la resistividad eléctrica tiende a ser más baja en estos fluidos que en la roca encajonante. Los diversos estudios que incluyen estos métodos (potencial natural, polarización inducida, campo natural, electromagnéticos activos, etc.), determinan alguna de las propiedades eléctricas del subsuelo, mediante la medición de campos eléctricos inducidos o naturales sobre la superficie terrestre.

d).- Estudios de Sismología Pasiva: Dentro de las distintos métodos utilizados en la exploración geotérmica, el estudio de la microsismicidad asociada a campos geotérmicos es una herramienta muy importante (Lee y Stewart, 1981). A través de reconocimientos someros en muchas regiones geotérmicas del mundo, se ha observado actividad microsísmica asociada. Específicamente el monitoreo sísmico proporciona información complementaria sobre la posición de las fallas geológicas activas y fracturas superficiales a través de las cuales los fluidos calientes se canalizan hacia la superficie. Ward y Bjornsson (1971) sugieren que la actividad sísmica en las áreas geotérmicas es el resultado del debilitamiento y alteración química de las rocas a lo largo de las fallas y

fracturas causados por el continuo movimiento de los fluidos geotérmicos.

Otras aplicaciones de redes de microsismicidad (arreglo de varias estaciones de registro sobre el terreno) en estudios geotérmicos fueron propuestas por H. M. Iyer y colegas (Iyer, 1975, 1979; Iyer y Hitchcock, 1976a, b; Steeples y Iyer, 1976a,b; Iyer y Stewart, 1977). Por una parte, estos autores utilizaron técnicas de procesamiento de datos para estudiar anomalías en el ruido sísmico con la intención de identificar fuentes de potencial geotérmico. Por otra parte, dichos autores recurrieron también al análisis de los retrasos en la propagación de señales telesísmicas de ondas P en una red para microsismicidad, con el objetivo de buscar regiones anómalas en la corteza y manto superior que pudieran contener magma.

Dado que el monitoreo sísmico es un método pasivo observacional y además de que la energía liberada por los microsismos es relativamente pequeña, es necesario que la sismicidad de la zona de estudio se registre mediante una red de sismógrafos de alta ganancia. Estas redes sísmicas deben mantenerse en operación por períodos largos de tiempo hasta que la información grabada sea suficiente para hacer un análisis detallado.

El objetivo principal de esta tesis es el estudio de la sismicidad asociada al Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B. C. S. Se discutirá brevemente los antecedentes de los estudios de Sismología pasiva realizados en el área de interés de este trabajo.

El Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B.C.S., cuya localización se muestra en la figura 1, es uno de los campos geotérmicos donde actualmente la CFE desarrolla trabajos exploratorios. Estos incluyen Geología del subsuelo (pozos exploratorios) y superficial, Geofísica (Sísmica pasiva) y Geoquímica. En este campo geotérmico se han registrado mediciones de temperatura y presión, así como condiciones litológicas y mineralógicas, que son muy buenos indicadores de que el basamento de la zona es capaz de alojar al yacimiento. La identificación de zonas de buena permeabilidad es uno de los retos que enfrenta el trabajo exploratorio en esta región.

El monitoreo sísmico ha tenido diferentes etapas. La primera de ellas consistió en un monitoreo durante seis meses (mayo-noviembre, 1992), con una sola estación analógica de registro vertical (Wong y Munguía, 1992). A partir de los resultados de este primer periodo, se realizó el diseño y la instalación de una red sísmológica de seis estaciones digitales para monitorear un área de 200 km<sup>2</sup> en donde se ubica la zona de exploración con pozos profundos (figura 2).

Durante la primera etapa se detectó una gran cantidad de temblores de distintas magnitudes y a diferentes distancias de la única estación (RES). Se observaron en promedio de 30 a 40 eventos por día y en consecuencia se consideró a la zona como de muy alta actividad sísmica, con variaciones temporales importantes, tales como la aparición esporádica de enjambres cuya duración oscilaba entre unas horas y varios días.

La actividad sísmica local consistió en eventos tectónicos con magnitudes entre 0 y 3, y eventos pequeños de magnitud entre 0 y 1, que podrían estar asociados a estructuras volcánicas próximas a la estación. El alto nivel de sismicidad sugirió que tanto las estructuras tectónicas como las volcánicas se encontraban activas y ocasionaban los

patrones de ocurrencia observados (Munguía y Wong, 1993).

En la segunda etapa, la CFE instaló una red de estaciones sísmicas cubriendo 200 km<sup>2</sup> con una separación de 8 km entre estaciones (figura 3). Los equipos utilizados fueron grabadoras digitales DR-2000, de la marca Sprengnether, acopladas a sensores S-6000 (de frecuencia natural igual a 2 Hz) también de la marca Sprengnether o sensores Teledyne, modelo S-500 (de frecuencia natural igual a 1 Hz). Cada estación registra tres componentes ortogonales del movimiento del terreno: dos horizontales (N-S y E-O) y una vertical. Las grabadoras digitales funcionaron con filtros pasa-baja con frecuencia de corte a 25 Hz, y un sistema de control automático de ganancia, adicional a los pasos de ganancia opcionales y elegidos individualmente para cada estación según el nivel de ruido propio del sitio de registro. Los equipos se instalaron en casetas de concreto de 1.2\*0.7\*0.5m. La alimentación de energía fue mediante celdas solares. Esta red empezó a operar en febrero de 1993 y se ha mantenido en funcionamiento hasta la fecha. Durante mayo de 1994 interrumpió su funcionamiento debido a labores de mantenimiento.

## I.2. Objetivos.

El objetivo fundamental de esta tesis es analizar los datos de monitoreo sísmico obtenidos en el Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S. Se espera que los resultados sean de interés durante estudios complementarios de este sitio y que el resumen de los procedimientos y técnicas utilizadas sea útil para otros compañeros y estudiantes.

Un segundo objetivo es mostrar el papel que juega el método de sísmica pasiva, a través de su ejemplificación para el caso del Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S., en el proceso que implica la generación de energía eléctrica utilizando recursos geotérmicos.

Finalmente el tercer objetivo es que, a partir de los resultados que arroje el análisis e interpretación de la información sísmica respectiva, se pueda fundamentar y/o corroborar los procedimientos seguidos por la CFE en su trabajo exploratorio. Se espera que esto pueda servir de apoyo al departamento de exploración geotérmica.

## I.3. Marco Sismotectónico.

Por su importancia para el tema de este trabajo, se presenta a continuación un resumen del marco sismotectónico de la zona de interés.

El Estado de B.C.S. por su posición geográfica y condiciones naturales se enmarca dentro de una región históricamente activa desde el punto de vista geológico. Tanto el Golfo de California como la Península de Baja California se localizan en la zona denominada Circum-Pacífico o Cinturón de Fuego, la cual se caracteriza por una gran actividad tectónica que se manifiesta a través de actividad sísmica, vulcanismo activo y

deformación de la corteza terrestre.

Con base en la teoría de la Tectónica de Placas, el sistema de fallas que se extiende a lo largo del Golfo de California define un segmento de la frontera entre dos grandes placas, la de Norteamérica y la del Pacífico. Este segmento de frontera entre placas se caracteriza por una serie de fallas transcurrentes (con rumbo aproximado de N45O) dispuestas en forma escalonada e interconectadas entre sí por segmentos de cresta oceánica (cuencas o centros de dispersión, con rumbo aproximado de N45E) que cambian gradualmente de una corteza predominantemente oceánica en la porción sur del golfo a una corteza continental hacia el norte del mismo (Phillips, 1964; Moore, 1973; Tatcher y Brune, 1973; Lonsdale y Lawver, 1980). La interacción entre estas dos placas se inició a partir del Terciario Tardío (hace aproximadamente 5.5 millones de años) y ha dado como resultado la separación de la península del resto del país, con la consecuente formación del golfo (p. ej. Moore y Buffington, 1968; Larson, et al., 1968; Karing y Jensky, 1972;). Todo esto es el resultado del proceso de colisión de la Placa Farallón con el continente iniciado hace aproximadamente unos 30 millones de años (Atwater, 1970). Dicho proceso de colisión, al cesar la subducción, dio lugar a fallas con movimiento dextral en la región occidental de México.

Los estudios geofísicos y geológicos realizados hasta la fecha en la región del golfo demuestran que la península de Baja California se desplaza hacia el noroeste con respecto al resto del país, a razón de 6 centímetros por año (Moore y Buffington, 1968; Larson, et al, 1968). Dichos estudios indican que esta velocidad no se ha alterado significativamente desde el inicio de la separación (Larson, 1972). La actividad sísmica observada en la región es moderada, consistiendo típicamente de temblores con magnitudes menores a 7.0. La mayoría de las soluciones de plano de falla de eventos con magnitud de 5.0 y menores, indican movimiento lateral derecho en fallas transcurrentes así como también eventos con mecanismos de fallamiento normal asociados a enjambres de microsismos ocurridos en los centros de expansión del fondo marino.

La actividad tectónica del golfo incide sobre el área peninsular y la costa noroccidental del país. Las consecuencias de dicha actividad son: una sismicidad importante, actividad volcánica (Demant, 1981; Sawlan, 1981) y deformación cortical (Normak y Curry, 1968).

Con respecto a la actividad volcánica cabe señalar que ésta ha sido importante en el área del complejo volcánico de Tres Virgenes, al NO de Santa Rosalía, B.C.S.. En efecto, existen documentos históricos y estudios geológicos que reportan actividad volcánica ocurrida desde hace más de 200 años a la fecha (Demant, 1981; Sawlan, 1981).

El mapa geológico-estructural del Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B.C.S. (López, et al, 1993) se muestra en la figura 4 y al final del texto.

## II. MODELO DE VELOCIDADES.

### II.1. Generalidades.

Existen diferentes mecanismos que generan temblores o eventos sísmicos. Entre estos mecanismos se encuentran: fracturamiento por liberación de esfuerzos tectónicos, actividad volcánica, explosiones al interior de la Tierra. Cualquiera que sea el mecanismo, el evento sísmico genera ondas elásticas que viajan a través de la Tierra.

Estas ondas elásticas internas (ondas de cuerpo) son de dos tipos: ondas P y ondas S. Las ondas P son compresionales (longitudinales) y son llamadas ondas primarias. Estas ondas P tienen una dirección de desplazamiento (movimiento de las partículas) igual a la de propagación de la onda. Las ondas S son transversales y son llamadas secundarias. En estas ondas S, el desplazamiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Una de las características de las ondas de cuerpo es que la velocidad de la onda P es mayor que la velocidad de la onda S.

Las ondas elásticas generadas por un temblor, se hacen evidentes en superficie por el desplazamiento del terreno que provocan a su llegada. Un sismómetro es un dispositivo fijo a la superficie de la Tierra, que responde al movimiento del terreno provocado por las ondas sísmicas. Un sismógrafo es un aparato que registra la respuesta del sismómetro. Ambos aparatos integran una estación sísmica.

El desarrollo de la Sismología se ha dado debido a que es posible deducir los parámetros de la fuente sísmica y las propiedades sísmicas de la Tierra, a partir de los registros obtenidos en sismógrafos. Algunos parámetros de la fuente sísmica son: tiempo de origen del evento, localización hipocentral (coordenadas del epicentro y profundidad focal), magnitud, solución del plano de falla. Algunas observaciones medidas a partir del registro del sismógrafo (sismograma) son: los tiempos de arribo de las ondas P y S ( $T_p, T_s$ ), polaridad y carácter de la señal en sus primeros momentos, amplitud máxima y duración de la señal.

Para determinar el tiempo de origen y la localización del evento es necesario el registro en varias estaciones de un mismo evento (3 o más estaciones preferentemente), las coordenadas de las estaciones de la red sísmica, un modelo de velocidades también llamado modelo de corteza, que caracterice lo mejor posible (en términos de velocidades y espesores de capas horizontales) el medio sobre el cual se despliega la red sísmica, y por supuesto, los tiempos de arribo de la señal a las estaciones sísmicas.

Debido a que la extensión horizontal de las redes para microsismicidad no va más allá de los cientos de kilómetros, y en el caso del Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S., de decenas de kilómetros, la curvatura de la Tierra se considera despreciable. Consecuentemente es razonable el uso de un sistema de coordenadas cartesiano (x,y,z) para la localización de sismos locales (Lee and Stewart, 1981). Por otro lado, el método implementado en el programa de computadora utilizado en este trabajo, para localización

de sismos, calcula tiempos de viaje teóricos para las ondas elásticas (tiempo que tarda una onda elástica en viajar de una fuente sísmica teórica o supuesta, a la estación de registro). Este proceso de cálculo, requiere de los valores de velocidad  $V_p$  y espesor de las distintas capas horizontales consideradas como medio de propagación. Por ello, la asignación de un modelo de corteza para la zona de estudio es esencial para localizar los eventos sísmicos.

A continuación se mencionarán los estudios geológicos y geofísicos realizados en la zona de interés, cuyos resultados apoyaron la elaboración de los modelos de corteza propuestos para el Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B.C.S.

## II.2. Apoyo Geológico-Geofísico.

Durante el proceso exploratorio de un yacimiento geotérmico, se genera información que es útil en la elaboración del modelo de velocidades para la zona explorada. En el desarrollo de este trabajo, fueron utilizados tres modelos de corteza diferentes, generados de manera independiente por: el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (en lo sucesivo: CICESE), Munguía y Wong (1993); C.S.M. Associates Limited (en lo sucesivo: CSMA) (1995); y CFE (Guerrero, 1996).

El modelo de corteza propuesto por CICESE está constituido por ocho capas. Para las primeras cinco capas se consideró la información litológica obtenida durante la perforación de los pozos LV-2 (Gutierrez, 1990) y LV-2A (Viggiano, 1992), así como el modelo geotérmico propuesto por Venegas y Arellano (1992). Con base en esta información, se asignaron velocidades a las primeras cinco capas (estación RES) del modelo propuesto de acuerdo a las densidades del material de los diferentes estratos. Por no contar con información de pozos en otros sitios de registro, se supuso una estructura idéntica para las demás estaciones. Para definir las velocidades de las capas del modelo a mayores profundidades, se consideraron los estudios de Tatcher y Brune (1973) y Phillips (1964). Tatcher y Brune (1973) obtuvieron modelos de corteza para la región peninsular de Baja California, la parte occidental del Estado de Sonora y las porciones occidental, central y oriental del Golfo de California, mediante el análisis de la dispersión de ondas superficiales y tiempos de viaje de ondas internas. Phillips (1964) realizó estudios de refracción sísmica en las regiones norte, centro y sur del Golfo de California. Tatcher y Brune (1973) determinaron que la corteza tiene espesores de alrededor de 25 km, tanto en la región peninsular como en Sonora, mientras que para la corteza de la parte occidental del Golfo de California determinaron un espesor de al rededor de 9 km.

El segundo modelo fué propuesto por CSMA (1995). En su informe no detalla cómo se obtuvo, por lo que no se puede discutir las bases de este modelo. Solo se transcribió en la tabla 1.

Finalmente, el tercer modelo de velocidades es el propuesto por la GPG de la CFE (Guerrero, 1996). Este modelo está fundamentado en la columna litológica obtenida de

los pozos LV-1, LV-2, LV-3, LV-4 y LV-7, el gradiente geotérmico, los dos estudios antes mencionados y un estudio de Sismica de Refracción (PROCESA, 1996). Este último estudio abarca un perfil de 15 km que cruza el complejo volcánico de Tres Virgenes (ver mapa geológico-estructural). Guerrero (1996) se basa en una clasificación de los granitos definida por su rigidez y condiciones termodinámicas de confinamiento. De esta forma define tres diferentes estados del granito: Epizona, Mesozona y Catazona, por lo que las interfases del modelo de velocidades se correlacionan a los 4000, 7000, 11000 y 25000 m con sus respectivas velocidades. Para las interfases superficiales de 248 y 1023 m, se utilizó el modelo del perfil sísmico de refracción, que pasa por las estaciones sísmicas E-6, E-1 y E-2.

Estos tres modelos están contenidos en la tabla siguiente (1) y son graficados en la figura 5.

Tabla 1. Modelos de corteza considerados para el C.G. de Tres Virgenes, B.C.S.

C.I.C.E.S.E.		C.S.M.A.		C.F.E.	
Vp.(km/s)---Prof.(km)		Vp.(km/s)---Prof.(km)		Vp.(km/s)---Prof.(km)	
2.20	0.000	2.0	0.000	1.242	0.000
3.27	0.125	2.6	0.200	3.309	0.248
4.70	0.375	3.5	0.750	4.796	1.023
5.20	0.761	4.5	1.750	5.750	3.979
5.50	1.200	6.2	3.000	6.300	7.000
6.70	5.600	8.0	15.000	7.500	11.000
7.60	9.900			8.200	25.000
8.20	25.000				

Estos tres modelos de corteza fueron utilizados con la misma base de datos durante la primera etapa del procesado de la información. El criterio para discriminar entre estos tres modelos de velocidades y seleccionar uno para etapas posteriores del procesado fué simplemente la comparación de resultados de diversas corridas del programa de localización de sismos HYPO71PC (Lee y Valdés, 1985). Este programa proporciona una estimación del error en la localización. Esta estimación fué utilizada para calificar la calidad de los modelos de velocidades.

### III. PROCESADO DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA.

#### III.1. Instrumentación.

La red sísmológica del Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S. está constituida por sismógrafos digitales con tres canales de registro (vertical; horizontal N-S y horizontal E-O), con un MB de memoria de estado sólido, reloj interno controlado por un oscilador de 32.768 KHz, un convertidor analógico digital que atiende a los tres canales y un sistema de filtrado y amplificación programable. Los sismómetros son piezoeléctricos (S-500) y electromecánicos (S-6000) de periodo corto. Los primeros son omnidireccionales, con una frecuencia de respuesta de 1 a 100 Hz, colocándose tres de forma ortogonal para las estaciones ESISMO-1 y ESISMO-3, en la estación ESISMO-2 se utilizó un S-500 adaptando las salidas en sus modos de velocidad y aceleración a los registros de los canales 1 y 2 respectivamente. Los S-6000 tienen una frecuencia de respuesta de 2 a 100 Hz y se instalaron en las estaciones ESISMO-4, ESISMO-5 y ESISMO-6. Ambos sensores responden a pulsos de calibración que permiten verificar su funcionamiento de forma periódica. En la tabla 2 se muestran las características del equipo y las coordenadas de las estaciones (Guerrero, 1995).

Tabla 2. Localización de estaciones sísmológicas.

ESTACIÓN	COORDENADAS		CARACTERÍSTICAS			
	N Y	O X	Z msnm	SISMOMETRO	COMPONENTES	ORIENTACION
ESISMO-1 RES RESIDENCIA	27.535	112.567	730	S-500**	2H - 1V	NS-EO-V
ESISMO-2 CAR CARDON	27.511	112.525	610	S-500	2V	VEL - ACEL.
ESISMO-3 CVE CUEVEJEL	27.477	112.528	450	S-500	2H - 1V	NS-EO-V
ESISMO-4 MZQ MEZQUITAL	27.42	112.615	400	S-6000*	2H - 1V	NS-EO-V
ESISMO-5 SJR SAN JORGE	27.513	112.631	400	S-6000	2H - 1V	NS-EO-V
ESISMO-6 SAL SAN ALEJERTO	27.575	112.62	240	S-6000	2H - 1V	NS-EO-V

\* Teledyne  
\*\* Sprengnether

2 H= componentes horizontales  
1 V= componente vertical

### III.1.1. Sincronización.

La red se sincronizó con un reloj externo controlado por un oscilador de cuarzo de 5 MHz. Este oscilador tiene una salida con dos opciones, pulsos de 5 volts cada segundo ó pulsos de 5 volts cada 120 segundos, utilizándose esta salida como disparador para inicializar los sismógrafos. El reloj se inicializó con el tiempo universal por ensayo y error. No se consideró importante la sincronización precisa entre el tiempo universal y el reloj externo, dando prioridad a la sincronización entre estaciones. Pruebas realizadas en gabinete verificaron que los equipos funcionan en el mismo milisegundo. Las variaciones del tiempo de sincronización entre las estaciones, para periodos largos, se debe a la deriva del reloj interno (Guerrero, 1995).

La medición de esta deriva interna se realizó durante el periodo de mantenimiento de la red (mayo-junio, 1994) y los resultados se muestran en la tabla 3 (Amaya, 1994)

Tabla 3. Deriva de los sismógrafos en milisegundos por mes, milisegundos por día y número de días para tener una centésima de segundo de deriva. Amaya, 1994.

EQUIPO	DERIVA ms/mes	ms/día	días/0.01 s
ESISMO-1	+ 51.5	1.713	5.84
ESISMO-2	+ 84.0	2.800	3.57
ESISMO-3	+ 104.0	3.467	2.88
ESISMO-4	+ 208.0	6.933	1.44
ESISMO-5	+ 30.0	1.000	10.0
ESISMO-6	+ 105.0	3.500	2.86

La corrección por deriva interna de los datos de tiempos de arribo de la señal sísmica no se hizo debido a lo siguiente:

a.- La información de campo disponible correspondiente al periodo de análisis, no fue lo suficientemente clara para poder determinar, en cada una de las estaciones, si en las fechas de sincronización de los relojes internos de los aparatos, se adelantó o se retrocedió el reloj y en que proporción. Debido a ello el signo y magnitud de la deriva interna en periodos intermedios no se pudo estimar.

b.- Debido a que los resultados obtenidos por Amaya (1994) fueron a partir de pruebas en

gabinete, esto implica condiciones totalmente diferentes a las presentes durante la operación de los equipos. Las condiciones climáticas pueden afectar de manera importante el funcionamiento del reloj interno de los sismógrafos, por consiguiente se consideró no conveniente el utilizar la información contenida en la tabla 3 para efectos de corrección por deriva interna del sismógrafo.

### III.2. Base de Datos.

Toda la información sísmica disponible para la realización de este trabajo ha sido obtenida gracias entre muchas otras personas al personal de campo de CFE, quienes realizaron visitas de los veces por semana a las estaciones para la retracción de datos llevando un registro de ruidos debidos a la manipulación del equipo y operación de sitio. Para cada estación se registraron los parámetros: voltaje de alimentación interno, externo y celda fotovoltaica, número de eventos registrados, verificación de la calidad de los eventos y de los pulsos de calibración, el número consecutivo de registro y las calibraciones con el reloj externo.

Los archivos generados se refirieron a la estación visitada. El archivo binario se etiquetó como DRDATA DAT, generándose después los archivos en código hexadecimal nombrandolos DR\*.SSS donde \* es el número consecutivo de los eventos registrados desplegándose en forma gráfica para su observación y calificación.

Posteriormente y como primera actividad de gabinete se eliminó el ruido de los archivos, y si contenían pulsos de calibración, éstos se utilizaron para comprobar el funcionamiento integral de los equipos (sismómetro y sismógrafo). Los archivos de eventos sísmicos (sin ruido) se renombraron y se compactaron para su almacenamiento, conservando el número consecutivo correspondiente de tal manera que al final la base de datos mostró el orden siguiente:

DIRECTORIO	ARCHIVO	CONTENIDO
ESISMO-1	001RES.111	Datos de la primera visita a la estación Residencia (RES*.111)

O bien:

001-----Número consecutivo de la visita a la estación.

RES-----Etiqueta del sitio donde se ubica la estación.

111-----Etiqueta para el número de estación.

Estos archivos fueron los datos originales para el desarrollo de este trabajo (Anexo 1). Después se realizó la compaginación de eventos, es decir, la selección de grupos de eventos que hayan sido registrados en tres o más estaciones y es hasta entonces que se les despliega gráficamente para la obtención de la información básica de entrada para el programa HYPO71PC (Lee y Valdés, 1985). Durante la consulta gráfica de los eventos y al final de la recopilación de datos para el programa de localización de sismos, se convirtieron los archivos en código ASCII para su posterior utilización.

Cabe señalar que para el manejo de toda esta información se contó con un paquete de programas distribuido por la compañía Sprengnether, Instruments., que contiene entre otros:

SIMENU y QKPLOT para la consulta gráfica de eventos (lectura de datos) y programas para expandir y compactar información.

### III.2.1 Lectura de Sismogramas

Utilizando el paquete SIMENU fué posible la lectura de los tiempos de arribo de las ondas P y S con aproximación hasta centésimas de segundo, amplitud y tiempo de duración de la señal. Para la identificación de la onda S se utilizaron criterios generales de cambio en la frecuencia y mayor amplitud de la señal, para la lectura del tiempo de duración de la señal, se consideró desde el arribo de la onda P hasta que la señal se confundiera con el nivel de ruido del registro. En las figuras 6 y 7 se ejemplifican los datos considerados en la lectura del sismograma y de acuerdo a los criterios recomendados por el manual del HYPO71PC (Lee y Valdés, 1994)

### III.3. Localización de Eventos

#### III.3.1. Formulación del problema.

Sea un sismo que ocurre en determinado tiempo de origen  $t_0$  e hipocentro  $(x_0, y_0, z_0)$ . Si se tiene dispuesta una red de microsismicidad en la zona de ocurrencia del evento, se podrá obtener un conjunto de tiempos de arribo correspondientes a dicho evento. El usar estos datos (tiempos de arribo) para definir el tiempo de origen y el hipocentro, se le conoce como el problema de localización de un sismo.

Existen maneras simples de obtener el epicentro de un evento (proyección en superficie del hipocentro), es decir: para una red de microsismicidad densa, la localización de la estación con el menor tiempo de arribo, puede ser una buena estimación del epicentro. Si se cuenta con los tiempos de arribo de las ondas S y P, se puede usar el intervalo  $T_s - T_p$  para hacer una estimación "gruesa" de la distancia epicentral (Lee and Stewart, 1981; Báth, 1979):

$$D = [V_p V_s / (V_p - V_s)] (T_s - T_p)$$

donde  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $T_p$  y  $T_s$ , son las velocidades y tiempos de arribo de las ondas P y S respectivamente. Esta relación implica conocer un valor aproximado de  $V_p$  y  $V_s$  ó  $V_p$  y  $V_p/V_s$ . Si se tienen tres o más distancias epicentrales  $D$ , se trazan círculos cuyos radios son estas distancias y cuyos centros son las estaciones de registro. La intersección de estos círculos define una región epicentral.

Como ha sido mencionado en el apartado del modelo de velocidades, dada la extensión relativamente pequeña de las redes de microsismicidad, la curvatura terrestre no es de consideración para el problema de localización de sismos, por lo que se justifica la utilización de un sistema coordenado cartesiano  $(x, y, z)$  para este fin. Usualmente, un punto cercano a el centro de una determinada red de microsismicidad, es escogido como origen de coordenadas. El eje  $x$  es

a lo largo de la dirección E-O, el eje y es a lo largo de la dirección N-S, y el eje z esta en la dirección vertical apuntando hacia abajo. Cualquier posición sobre la Tierra puede ser especificada por la latitud  $\phi$ , longitud  $\lambda$ , y la elevación sobre el nivel del mar, h. Si la posición está entre 70°N y 70°S en latitud, esta puede ser convertida a (x,y,z) con respecto al origen de coordenadas con latitud  $\phi_0$ , longitud  $\lambda_0$ , y una elevación de o m sobre el nivel del mar, por un método descrito por Richter (1958) de acuerdo a lo citado por Lee y Stewart (1981) como:

$$x=60 \cdot A(\lambda-\lambda_0), \quad y=60 \cdot B(\phi-\phi_0) \quad z=-0.001h$$

donde x,y,z estan en km,  $\lambda$ ,  $\lambda_0$ ,  $\phi$ ,  $\phi_0$ , estan en grados, h esta dada en metros. Los valores de A y B pueden ser derivados de Woodward (1929)

En el problema de localización de sismos, se manejan cuatro variables: el tiempo t, y las coordenadas espaciales x,y,z. Un vector con estas variables puede ser escrito como:

$$X = (t, x, y, z)^T$$

donde el superíndice  $T$  denota la operación transpuesta. El subíndice k servirá para referirse a cada una de las estaciones y/o las observaciones hechas en éstas

Para localizar un sismo utilizando un conjunto de tiempos de arribo observados  $\tau_k$  desde las estaciones cuyas posiciones serían  $(x_k, y_k, z_k)$ , para  $k = 1, 2, \dots, m$ , siendo m el número de estaciones, se deberá primeramente asumir un modelo de corteza. Con este modelo podrán ser calculados los tiempos teóricos de viaje  $T_k$ , desde un hipocentro preliminar (una primera aproximación del hipocentro real o calculado) cuya posición sería  $(x^*, y^*, z^*)$ , hasta las estaciones. Si se considera un tiempo dado de origen preliminar y un hipocentro preliminar como las componentes de un vector preliminar  $X^*$ , es decir:

$$X^* = (t^*, x^*, y^*, z^*)^T$$

entonces, los tiempos de arribo teóricos  $t_k$  desde  $X^*$  a la k-ésima estación, van a estar dados por los tiempos de viaje teóricos  $T_k$  más el tiempo de origen preliminar  $t^*$ , es decir:

$$t_k(X^*) = T_k(X^*) + t^* \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, m$$

Es importante notar que  $T_k$  no depende de  $t^*$ , pero se expresa  $T_k$  como  $T_k(X^*)$  por conveniencia en la notación.

Ahora se definen los residuales de tiempo de arribo en la k-ésima estación,  $R_k$ , como la diferencia entre los tiempos de arribo observados y los teóricos, o:

$$\begin{aligned} R_k(X^*) &= \tau_k - t_k(X^*) \\ &= \tau_k - T_k(X^*) - t^* \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

El objetivo es entonces, ajustar el vector preliminar  $X^*$ , tal que los residuales de tiempo de arribo sean minimizados en algún sentido. Generalmente, el enfoque de mínimos cuadrados es utilizado, siendo la minimización de la suma de los cuadrados de los residuales el objetivo. En otras palabras, la función objetivo a minimizar por el método de mínimos cuadrados, en el problema de localización de sismos sería:

$$F(X^*) = \sum_{k=1}^m [R_k(X^*)]^2$$

### III.3.2. HYPO71PC.

Después del proceso de compaginación y de lectura de registros sísmicos, se llegó a una base de datos con 75 eventos compaginados (registrados en tres o más estaciones) durante el periodo de enero-abril de 1994 (Anexo 2). Para el cálculo de los parámetros hypocentrales (coordenadas del epicentro, profundidad focal, tiempo de origen, magnitud y los errores asociados a cada uno de ellos) se utilizó básicamente el programa HYPO71PC (Lee and Valdés, 1985).

Este es un programa de computadora escrito en lenguaje FORTRAN diseñado para la localización de sismos locales. Al utilizarlo, se puede dar un enfoque semiautomático o interactivo en donde el usuario puede modificar los parámetros de entrada (variables de prueba), es decir, cambiar los valores de estos parámetros y a medida que se van observando y comparando los resultados se van ajustando las variables de prueba hasta lograr resultados con el menor margen de error posible. Sin embargo esto no garantiza una localización confiable de eventos, y aunque es un buen paso, los resultados dependen más del modelo de corteza utilizado (espesores y velocidades) y de la calidad de la base de datos obtenida de la lectura de sismogramas (tiempos de arribo P y S, tiempo de duración de la señal, polaridad de la señal, carácter de la misma y los pesos asignados a las lecturas) que de la selección de variables de prueba arriba mencionadas. Dependiendo de los errores de localización indicados por el programa, los datos de entrada serán sujetos a revisión (relectura) o serán considerados como buenos.

En este programa son asignados pesos a los datos de tiempos de arribo ya que la calidad de esta información varía de estación a estación, definiéndose 5 niveles de calidad Q y relacionándose con los pesos relativos de la siguiente manera:  $W=1-Q/4$ . En otras palabras, un peso  $W = 100\%$  corresponde a una  $Q=0$  y  $W = 75,50,25$  y  $0\%$  corresponden a valores de  $Q=1,2,3$  y  $4$  respectivamente. La polaridad del arribo de la onda P leída en la traza de la componente vertical del aparato de registro será U (up) ó D (down), y si no es muy clara la apreciación puede usarse + o - respectivamente. Si la polaridad de la estación es correcta, una dirección U en el sismograma vertical corresponderá a una compresión del terreno, mientras que una dirección D implicará una dilatación del terreno.

En lo particular, con los datos utilizados en este trabajo, se afinaron los coeficientes de entrada del programa HYPO71PC realizando varias corridas de prueba con cada uno de los

modelos de corteza de manera independiente. Al final, en cuanto a el modelo que arrojó mejores resultados fué el elaborado en CFE (Guerrero, 1996) y con respecto a los parámetros de entrada del programa, se definieron como sigue:

a.- Se decidió utilizar la opción de calculo de magnitud de coda, por lo que se utilizaron los coeficientes dados por Munguía y Wong(1993) para la zona de estudio, teniéndose:

$$Mc = -0.45 + 1.81 * \log(T) + 0.0033 * D$$

Donde:

T= duración de la señal en segundos

D= distancia epicentral en km.

- b.- La relación  $V_p/V_s$  utilizada fué de 1.73
- c.- La profundidad focal con la que inicializa el programa fué de 4 km.
- d.- La distancia promedio entre estaciones sismológicas fué de 8 km.

Los resultados obtenidos en ésta etapa del procesado son mostrados como sigue:

- i.- Valores medios para diferentes intervalos de profundidad focal y magnitud. Tablas 4 y 5, figuras 8 y 9.
- ii.- La base de datos correspondiente a la salida definitiva del programa HYPO71PC esta en el Anexo 3.
- iii.- A partir de la base de datos anteriormente descrita, se generaron diferentes mapas de sismicidad:
  - un mapa de sismicidad que incluye todos los eventos seleccionados, figura 10.
  - 3 mapas de sismicidad correspondientes a diferentes intervalos de profundidad:  $0 < h < 4$ ;  $4 < h < 6$ ;  $h > 6$  (km), figuras 11, 12 y 13.

Cabe mencionar que el número final de eventos seleccionados para la etapa de análisis de atenuación, se redujo a 50 (ver mapa geológico-estructural y Anexo 4). Esto es debido a que fueron los eventos que presentaron menores errores asociados a la localización y mejor calidad de ésta última de acuerdo al programa HYPO71PC.

Tabla 4. Valores medios para diferentes intervalos de profundidad focal h.

h. (km)	Nº de evs.	Media	Des. est.	h. mínima	h. máxima
de 0 a 4	29	1.95	0.961	0.19	3.89
de 4 a 6	25	4.36	0.655	4.00	5.94
h. > 6	20	8.18	1.773	6.14	14.33

Tabla 5. Valores medios para diferentes intervalos de la magnitud de coda Mc

Mc	Nº de evs.	Media	Des. est.	Mc. min.	Mc. max.
de 1 a 2	31	1.8	0.082	1.7	2.0
de 2 a 3	43	2.2	0.162	2.0	2.6

### III.3.2 Estación Única.

Debido a que una gran cantidad de eventos durante el periodo de análisis (aproximadamente el 50%) fueron registrados por una o dos estaciones, se decidió aplicar el método descrito a continuación para un grupo de eventos que fueron seleccionados de los resultados del HYPO71PC con base en la calidad de la localización. De esta manera se podría, por un lado, confirmar las localizaciones y por el otro observar la bondad del método aplicado a este grupo de eventos.

De acuerdo a lo citado por Magotra et al (1987), cuando se utilizan datos de un solo canal, usualmente el canal vertical de periodo corto, estos funcionan mejor en la detección de ondas P lejanas (telesismos) cuyos ángulos de incidencia son casi verticales y por lo tanto están mejor representados en el registro vertical que en los horizontales. Sin embargo, cuando se trata de eventos regionales o locales, con ángulos de incidencia menores o iguales a 20°, se asume que su energía está más equitativamente distribuida a lo largo de las tres componentes (V, N-S, E-O). De aquí se desprende que al hacer una rotación de ejes (asumiendo que dicha rotación nos ubica en la dirección de propagación) a la señal de arriba, se puede estimar la dirección de polarización (radial) de la señal y eventualmente de la fuente. La distancia puede ser obtenida con base en la diferencia de tiempo entre las fases S y P (Ts-Tp), teniendo por supuesto una buena estimación de la relación Vp/Vs o bien un valor confiable de Vp, esto es:

$$D=[V_p*(T_s-T_p)]/[(V_p/V_s)-1] \quad \dots \quad (a)$$

En lo particular, para la aplicación de este método se utilizó el paquete de procesamiento de datos sísmicos PITSA (Scherbaum y Johnson, 1992), que permite seleccionar la opción de movimiento de partícula en dos o tres dimensiones, así como la obtención del azimut de llegada de la onda P.

Para los eventos seleccionados, se utilizaron las trazas E-O y N-S como ejes "X" y "Y" respectivamente, para la obtención del azimut de llegada de la señal sobre el plano horizontal (superficie del terreno). Con este ángulo, se rotaron estas mismas trazas para ubicarse en la dirección radial (de propagación de la señal) y tangencial (perpendicular a la radial). Finalmente, utilizando la traza radial con el canal vertical (eje "Z") y nuevamente observando el movimiento de partícula del arribo P, se pudo estimar el ángulo de incidencia de la señal sobre la superficie del terreno, definiéndose así, en la dirección de polarización, la ubicación de la fuente. La estimación

de la distancia, fué a partir de la diferencia en tiempos  $T_s - T_p$  y tomando un valor promedio de  $V_p$  (las primeras tres capas) del modelo de corteza seleccionado en la etapa anterior del procesado de la información.

Asumiendo condiciones como las descritas en párrafos anteriores (eventos locales bien distribuidos a lo largo de los tres componentes de registro) y por supuesto, considerando sólo las estaciones de registro que estuvieran bien ajustadas en cuanto a su polarización, se pudieron obtener algunos resultados que ejemplificaron el método y confirmaron las localizaciones seleccionadas. En la tabla 6 (abajo), se presentan las localizaciones obtenidas con el programa HYPO71PC y las obtenidas con el método de estación única. La penúltima columna indica la diferencia en metros entre una localización y otra (medida sobre el plano). La última columna es el porcentaje de distancia epicentral que representa esta diferencia. Desde la figura 14 hasta la 25, se ejemplifica el método de localización de sismos por medio de una sola estación. Se discuten tres casos: i) registro uniformemente distribuido en las tres componentes del sismograma, ii) registro no bien distribuido que presentó una incidencia no esperada y iii) registro no uniformemente distribuido en sus tres componentes donde no es aplicable el método.

Tabla 6. Resultados comparativos de localizaciones entre HYPO71 y Estación única.

Evento	Fecha	HYPO		Est única		Dif. (m.)	% $\Delta$
		Lat N.	Lon O.	Lat N.	Lon O.		
RE1701	940105	27-33.26	112-32.75	27-33.42	112-32.48	600	20
RE1708	940107	27-31.13	112-34.94	27-31.14	112-34.87	350	15
RE1729	940110	27-32.05	112-35.46	27-32.01	112-35.90	220	10
RE1749	940114	27-32.56	112-33.29	27-32.77	112-33.03	580	45
RE1733	940118	27-34.63	112-31.96	27-34.89	112-31.72	600	10
SA1230	940118	27-32.63	112-35.02	27-32.71	112-35.12	150	04
SJ1403	940224	27-32.39	112-34.14	27-32.55	112-33.87	560	09

En la figura 14 se muestra el registro RE1708, que corresponde a la estación RES para el evento 02 (ver Anexo 4) En este caso se obtiene, observando el movimiento de partícula entre la traza E-O (fig 15 a) y la traza N-S (fig 15 b), un azimut de llegada en el plano E-O/N-S de 20° (fig. 15 c) En la continuación del ejemplo (fig. 16), se observan las trazas originales N-S, E-O y las trazas rotadas 20° (R,T). El movimiento de partícula entre la traza radial (fig. 17 a) y el canal vertical (eje Z, fig. 17 b), define un ángulo de incidencia de 45° (fig. 17 c) Como la traza vertical indica movimiento hacia abajo, se trata de una dilatación y es congruente con el ángulo de incidencia observado en el movimiento de partícula. Se determina entonces que la fuente se ubica en una dirección N20°E medida a partir de la estación RES. Sobre esta dirección, la señal arriva del SO con una incidencia de 45°

Fue posible estimar la distancia fuente-estación a partir de la expresión (a) donde la  $V_p$  se le asignó el valor promedio de las tres primeras capas del modelo utilizado. Entonces, de acuerdo a los datos obtenidos de  $T_p$  y  $T_s$ :

$$\bar{V}_p = 3.115 \text{ km/s}, \quad T_s - T_p = 0.88 \text{ s}; \quad V_p/V_s = 1.73, \text{ por lo que}$$

$$D = (3.115/0.73) * (0.88)$$

$$D = 3.75 \text{ km}$$

dado que el ángulo de incidencia es  $\theta = 45^\circ$ , se puede escribir:

$$\Delta = D * \text{sen } 45^\circ \text{ (distancia epicentral)}$$

por lo tanto:

$$\Delta = 2.65 \text{ km}$$

De este modo, para este evento se obtiene una diferencia de 350 m con respecto a la localización realizada con el programa HYPO71PC, es decir, un 15% (aprox.) de error en  $\Delta$ .

La figura 18 muestra el registro SA1230 correspondiente a el evento 08 con respecto a la estación SAL. Éste es un registro cuya componente vertical presenta mayor amplitud que las componentes horizontales, en donde los resultados del movimiento de partícula de las trazas E-O y N-S definen un azimut de 315°, es decir, una dirección de polarización N45°O (figs. 19 a, 19 b y 19 c) desde la estación SAL. Esto coincide con los resultados del programa de localización, pero despues de rotar (fig. 20, trazas originales y trazas rotadas) y observar el movimiento de partícula entre la traza radial (fig. 21 a) y la traza vertical (fig. 21 b), se obtiene un ángulo de incidencia de 10° (fig. 21 c), resultado que no se puede considerar para el cálculo de  $\Delta$ . Por consiguiente, se estima la distancia epicentral con el cálculo simple de  $D$ , es decir, para un  $T_s - T_p = 1.11 \text{ s}$  y  $V_p = 3.115 \text{ km/s}$ , se tiene:

$$D = (3.115/0.73) * (1.11) = 4.73 \text{ km}$$

Este valor está muy cercano al determinado con el programa HYPO71PC. La diferencia es de 150

m, es decir, 5% de error.

La figura 22 muestra el registro SA1233 correspondiente al evento 10. En este caso no se pudo obtener ninguna dirección de polarización utilizando las trazas horizontales (figs. 23 a, 23 b y 23 c). El movimiento de partícula entre la traza horizontal E-O y la vertical (figs. 24 a, 24 b y 24 c) o bien, entre la traza horizontal N-S y la vertical (figs. 25 a, 25 b y 25 c), reflejan una incidencia totalmente vertical, resultado que no es congruente con el resultado del programa HYPO71PC en ningún sentido.

Además de los casos antes explicados, se presentaron situaciones de registros no bien definidos en cuanto a su polaridad o con niveles de ruido alto. Con estos eventos, fué prácticamente imposible hacer algún tipo de aproximación, en cuanto a su localización por este método.

### III.4. Atenuación.

#### III.4.1. Formulación del problema

Una característica fundamental asociada con la propagación de ondas elásticas es la absorción de energía. Para un medio perfectamente elástico no hay pérdida de energía, pero siendo la Tierra un medio de características heterogéneas y que dista de ser perfectamente elástico, la atenuación sísmica es un fenómeno siempre presente. Son diversos los mecanismos de atenuación de las ondas elásticas, pudiendo deberse a reflexiones múltiples, dispersión de las ondas a medida que se alejan de la fuente o como un mecanismo de atenuación debido a la disipación interna en las rocas. En este último caso, la atenuación sísmica se representa con el parámetro  $Q$  o factor de calidad, encontrándose varias definiciones para este parámetro.

Si un volumen de material está sometido a un determinado esfuerzo de frecuencia  $\omega$ , entonces una medida adimensional de la fricción interna (o de su no-elasticidad) esta dada por:

$$1/Q(\omega) = -\Delta E/2\pi E$$

donde  $E$  es la energía elástica pico guardada en este volumen y  $-\Delta E$  es la energía perdida en cada ciclo a causa de las imperfecciones en la elasticidad del material. Esta definición es raramente usada, ya que solo en experimentos especiales es posible manejar un elemento material con ondas de esfuerzo de amplitud y período constantes (Aki y Richards, 1980). Sin embargo, es más común observar: (i) el decaimiento temporal de la amplitud en una onda estacionaria para un número de onda fijo ó (ii) el decaimiento espacial de una onda que se propaga a una frecuencia fija. La situación más común en Sismología, tiene que ver con la atenuación de una señal compuesta por un rango de frecuencias, y en donde se debe hacer la fuerte suposición de que la atenuación es un fenómeno lineal, en el sentido de que una onda puede ser resuelta en sus componentes de Fourier, cada una de las cuales puede ser estudiada en términos de (i) ó (ii), y que la subsecuente síntesis de Fourier, da el efecto correcto de atenuación sobre la señal sísmica real (Aki y Richards, 1980).

En cualquiera de los casos (i) ó (ii), para un medio con una relación de esfuerzo-deformación lineal, la amplitud de onda  $A$  es proporcional a  $\sqrt{E}$  (por ejemplo,  $A$  puede representar una velocidad máxima de partícula, o una componente de esfuerzo en la onda. Se asume también que  $Q \gg 1$ , tal que, picos sucesivos tienen casi la misma energía elástica). De aquí se sigue que:

$$1/Q(\omega) = (-1/\pi)(\Delta A/A) \quad \dots \quad (b)$$

de donde se puede obtener las fluctuaciones de amplitud debidas a la atenuación.

Para el caso (i) en donde  $A = A(t)$ , dada una  $A$  inicial  $A_0$  y si  $A$  decrece como una fracción  $\pi/Q$  en tiempos sucesivos  $2\pi/\omega$ ,  $4\pi/\omega$ , ...,  $2n\pi/\omega$ , se sigue que:

$$A(t) = A_0(1-\pi/Q)^n \quad \text{para } t = 2n\pi/\omega$$

por lo tanto

$$A(t) = A_0[1 - \omega t/2Qn]^n \rightarrow A_0 \exp[-\omega t/2Q] \quad (\text{para } n \text{ grandes})$$

A partir de observaciones de valores de decaimiento exponencial de  $A(t)$ , se usa esta última expresión para definir el valor de la  $Q$  temporal

Para el caso (ii), la derivación de la forma  $A = A(x)$  considera que un pico de onda puede ser seguido a lo largo de una distancia  $dx$ , y que el decaimiento espacial gradual de  $A$  puede ser observado. Se asume que la dirección de máxima atenuación es a lo largo del eje  $x$ , que también es la dirección de propagación. Entonces  $\Delta A = (dA/dx)\lambda$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda dada en términos de  $\omega$  y la velocidad de fase  $c$  por:  $\lambda = 2\pi c/\omega$ . Entonces, la expresión (b) viene a ser  $dA/dx = -(\omega/2cQ)A$ , con la solución de decaimiento exponencial:

$$A(x) = A_0 \exp[-\omega x/2cQ]$$

esta expresión define el valor de la  $Q$  espacial (Aki y Richards, 1980)

Este factor de calidad  $Q$  depende de propiedades físicas y químicas del medio: presión, temperatura, composición química, propiedades estructurales (fracturamiento), saturación de fluidos, etc. Anomalías en una determinada zona de estudio, pueden evidenciarse por variaciones significativas de  $Q$ . La variedad y número de anomalías o heterogeneidades del medio presentes en la trayectoria de las ondas sísmicas es directamente proporcional a la distancia recorrida por estas ondas. Por lo tanto, la parte final de un sismograma puede ser considerada como el resultado de una cierta clase de promedio hecho sobre muchas muestras de heterogeneidades (Aki y Chouet, 1975). De aquí se desprende el enfoque estadístico en el que un pequeño número de parámetros caracterizan las propiedades promedio de un medio heterogéneo. Aki (1969) sugirió que las ondas sísmicas de coda\* de sismos locales son ondas esparcidas ("backscattering waves") provenientes de numerosas heterogeneidades distribuidas aleatoriamente en la Tierra y pueden ser tratadas por un método estadístico. Cuando el factor de calidad  $Q$  es calculado a partir de ondas de coda, se le refiere como  $Q$  de coda ( $Q_c$ ).

\* Las vibraciones registradas por un sismógrafo después del arribo de las ondas principales de un evento (P, S y ondas superficiales) y hasta que la señal se confunde con el nivel de ruido del sitio de registro, se les llama coda u ondas de coda.

### III.4.2. CODAQ.

El factor de calidad  $Q_c$  obtenido a partir de las ondas de coda de un registro sísmico ha sido una herramienta importante en estudios de atenuación sísmica, y recientemente en predicción sísmica (Aki, 1985; Jin and Aki, 1986; Sato, 1988)

A continuación se enumeraran algunas características importantes de las ondas de coda descritas en el trabajo de Aki y Chouet (1975).

1.- El contenido espectral de la primera parte (temprana) de un sismograma depende fuertemente de la distancia de viaje y de las características de la trayectoria de la onda a la estación así como de la fuente. Sin embargo, la diferencia en espectros entre estaciones disminuye en la parte tardía del sismograma y desaparece en la coda.

2 - Dado un sismo local con distancia epicentral menor de 100 km, la duración total del sismograma es prácticamente independiente de la distancia epicentral ó de su azimut y puede ser usado efectivamente como una medida de la magnitud del sismo.

3 - El espectro de potencia de las ondas de coda de diferentes sismos locales decae como una función del tiempo y este decaimiento es independiente de la distancia y las características de la trayectoria entre el epicentro y la estación, es decir, el medio recorrido por las ondas directas entre el epicentro y la estación.

4.- La dependencia del tiempo descrita en el punto 3 es también independiente de la magnitud del sismo, al menos para sismos con  $M < 6$ .

5.- La excitación de la coda depende de la geología local del sitio de la estación de registro.

6.- El estudio de la coda hecho con un arreglo de estaciones de apertura pequeña muestra que las ondas de coda no son ondas planas regulares que provienen de un epicentro.

Uno de los modelos que explica el origen de las ondas de coda y que satisface los 6 puntos anteriores es el que asume que la coda está constituida por ondas esparcidas ("backscattering waves") por heterogeneidades, distribuidas en una región amplia, fuera de la zona de la trayectoria de las ondas directas de la fuente a la estación.

CODAQ (Novelo-Casanova and Monfret, 1992) es un programa de computadora escrito en lenguaje FORTRAN para calcular  $Q_c$ . Este factor  $Q_c$  es estimado usando tres diferentes técnicas: Aki y Chouet (1975); Sato (1977) y Phillips y Aki (1986). Puede ser usado con la mayoría de los arreglos de información sísmica digital.

El modelo seguido por Aki y Chouet (1975) considera a la coda constituida por ondas provenientes de radiación esférica y que fueron esparcidas y reflejadas una sola vez (reflexión simple), con la fuente y el receptor en la misma localización. El modelo seguido por Sato (1977) asume radiación esférica y esparcimiento isotrópico, con la fuente y el receptor separados. Debido a la localización de la fuente-estación, el modelo de Aki y Chouet (1975) es válido solo para ondas de coda que arriban después de dos veces el tiempo de viaje de las onda S. El modelo de Sato (1977) es válido para ondas de coda que llegan inmediatamente después del arribo de la onda S.

Novelo-Casanova y Lee (1991) mostraron que es conveniente determinar  $Q_c$  usando diferentes técnicas. Esto es debido a que un método puede generar una solución errónea, que puede ser detectada al comparar con los resultados de otro método. Ellos concluyen que una alternativa adecuada para una mejor estimación de  $Q_c$ , es promediar los valores de  $Q_c$  calculados

con diferentes técnicas y cuyos errores sean del 25% o menos del valor promedio calculado.

El método de Aki y Chouet (1975) es en el dominio del tiempo y se basa en lo siguiente: La envolvente de desplazamiento de las ondas de coda  $A(\omega, t)$  puede ser expresada como:

$$A(\omega, t) = C(\omega) t^{-1} \exp(-\omega t / 2Q_c(\omega)) \quad (1)$$

donde  $C(\omega)$  es el factor fuente de coda a la frecuencia radial  $\omega$  y  $t$  es el tiempo transcurrido medido desde el tiempo de origen del sismo. Tomando el logaritmo en ambos lados de la ecuación (1) y reagrupando términos, se tiene:

$$\log_{10}[A(f, t)] = C - bt \quad (2)$$

donde

$$b = \pi(\log_{10} e) f Q_c(f) \quad (3)$$

El factor  $\log_{10} C(\omega)$  fué reemplazado por la constante  $C$  puesto que éste es dependiente únicamente de la frecuencia  $f$ .  $Q_c(f)$  es determinado a partir de la pendiente  $b$  por un ajuste de mínimos cuadrados.

El método de Sato (1977), también en el dominio del tiempo, considera que la relación de energía entre la densidad de energía media de ondas esparcidas ( $E_w$ ) y la energía de la onda S primaria ( $E_s$ ), puede ser aproximada por el cuadrado de la relación de amplitudes  $(A_s/A_c)^2$  como:

$$\log_{10} [(A_s/A_c)^2 K(\alpha)] = 2b(t-t_s) - C \quad (4)$$

donde  $A_s$  = máxima amplitud de la onda S y  $A_c$  = amplitud media de la coda (considerada hasta  $t$ ).  $K(\alpha)$  está dada por:

$$K(\alpha) = 1/\alpha \ln [(\alpha+1)/(\alpha-1)] \quad (5)$$

donde  $\alpha = t/t_s$ , siendo  $t_s$  = tiempo de viaje de la onda S (medido desde el tiempo de origen del sismo).

La ecuación (4) muestra que  $\log_{10} [(A_s/A_c)^2 K(\alpha)]$  es proporcional a  $t-t_s$ .  $Q_c$  es determinado a partir de la pendiente  $2b$  y de la ecuación (3).

El método de Phillips y Aki (1986) es una implementación, en el dominio de la frecuencia, del método de Aki y Chouet (1975). El espectro de potencia de la amplitud de la onda de coda es expresado como:

$$\log_{10}[P(f, t)/K(\alpha)] = C - 2bt$$

donde  $K(\alpha)$  es definido por la ecuación (5). El espectro de potencia  $P(f, t)$  es estimado mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) con ventanas móviles sobrepuestas.  $Q_c$  es calculado de la pendiente  $2b$  y de la ecuación (3).

Para ejemplificar los métodos utilizados en el programa CODAQ, se seleccionó el evento 02 registrado en la estación CVE. Los resultados para este evento son presentados en la tabla siguiente (7) y en las figuras 26 y 27. Se puede observar que para frecuencias entre 1.5 y 3.0 Hz,

el error asociado a  $Q_c$  es mayor (entre 15 y 30 %) que el error para las frecuencias de 6, 12 y 24 Hz, que es de 10 % o menos.

Tabla 7. Estimaciones de  $Q_c$  para el evento 02 registrado en CVE.

Método	FRECUENCIA (Hz)									
	1.5 (1*)		3.0 (2*)		6.0 (4*)		12.0 (8*)		24.0 (16*)	
	$Q_c$	$\sigma$	$Q_c$	$\sigma$	$Q_c$	$\sigma$	$Q_c$	$\sigma$	$Q_c$	$\sigma$
P. y Aki, Ts	126	35	161	34	190	13	242	21	486	52
P. y Aki, 2Ts	112	32	133	22	191	16	260	25	563	56
Sato, Ts	141	36	177	26	146	08	184	08	437	29
Sato, 2Ts	89	15	136	18	151	11	209	12	562	46
A. y Ch., 2Ts	87	14	133	17	149	11	207	12	552	44

$\sigma$  = error asociado al valor calculado de  $Q_c$ .

\* = ancho de banda.

Han sido reportados en los diversos trabajos relacionados con  $Q$  de coda, modelos teóricos de este factor, en donde  $Q_c$  está expresado como una relación de potencia con respecto a la frecuencia. Es decir:

$$Q_c = Q_0 f^\eta \quad \dots \dots \dots (c)$$

en donde  $Q_0$  es el valor de  $Q_c$  a 1 Hz,  $f$  la frecuencia y el exponente  $\eta$  indica el grado de dependencia de la frecuencia de  $Q_c$  (Novelo-Casanova y Lee, 1991). En este trabajo, se obtuvieron expresiones similares para diversas zonas y trayectorias de análisis, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Utilizando el programa descrito, se procesó y analizó la información sísmica digital, correspondiente al grupo final de eventos (Anexo 4), en términos del factor de calidad  $Q_c$ . Este análisis tuvo dos enfoques:

I.- Se definieron 5 zonas (A, B, C, D y E) con base en la sismicidad observada y las estructuras geológicas presentes en el área de interés. La zona A quedó definida hacia el NE de la estación RES sobre la región del Aguajito, limitada hacia el Oeste por la falla Cimarrón. Los eventos incluidos en esta zona, así como los eventos restantes para las otras zonas están

contenidos en la tabla 8 y las zonas están marcadas en el mapa geológico-estructural al final del texto. La zona B es hacia el N y NO de la estación RES, limitada hacia el Este por la falla Cimarrón. La zona C comprende la región cercana al rededor de la estación RES incluyendo las zonas de los volcanes El Viejo y El Azufre. La zona D la constituye un grupo de eventos hacia el Este de la región del Aguajito, marcada como de alto fracturamiento pero no referenciada en el mapa geológico-estructural. Finalmente la zona E es la concentración de epicentros más hacia el Sur del área de interés, incluyendo la zona del volcán La Virgen, la región del Mezquital y hacia el Sur de la carretera San Ignacio-Santa Rosalía.

Tabla 8. Eventos seleccionados por zonas para el análisis de atenuación.

Zona	Eventos incluidos
A	1, 7, 11, 16, 17, 30, 31, 32, 34, 38
B	3, 5, 6, 12, 15, 18, 29, 43
C	2, 4, 8, 9, 10, 21, 22, 27, 37, 42, 48
D	24, 41, 44, 45, 46, 47, 49
E	13, 14, 19, 20, 23, 25, 26, 28, 33, 35, 36, 39, 40

Se seleccionó la estación RES como punto de referencia (pivote) para definir cinco trayectorias de análisis (entre la estación RES y cada una de las zonas antes mencionadas) del factor  $Q_c$ . Se calcularon valores de  $Q_c$  para cada uno de los eventos con respecto a la estación RES, a las frecuencias 1.5, 3, 6, 12 y 24 Hz. Solo se consideraron los resultados de  $Q_c$  dados por los distintos métodos del programa, cuyo error fué del 20% o menos del valor calculado. Esta selección de valores de  $Q_c$  fué para obtener valores promedio de este factor, para cada evento y a las distintas frecuencias consideradas.

Dado que el objetivo en esta etapa de análisis fué el obtener los valores de  $Q_0$  y  $\eta$  de la expresión (c), para cada una de las zonas consideradas, se hizo un ajuste de minimos cuadrados a la relación  $y(x) = \log_{10} Q_c$  contra  $x = \log_{10} f$ . Esta regresión lineal se hizo con los valores ponderados de  $Q_c$  descritos anteriormente y considerando todos los eventos correspondientes a cada zona.

II.- Se seleccionó un grupo de eventos, con alta resolución en su localización, representativo de diferentes zonas sobre el área de estudio. Se analizaron, en términos de  $Q_c$ , diferentes trayectorias (del evento a una o varias estaciones) para cada uno de los eventos seleccionados. Con el mismo criterio del enfoque anterior, se calcularon para cada evento y a las

mismas frecuencias anteriores, valores promedio de  $Q_c$ . A partir de estos resultados, se obtuvieron las relaciones de potencia de  $Q_c$  contra frecuencia para cada trayectoria seleccionada.

Los resultados del primer enfoque, son mostrados en la figura 28 y en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados por zona de  $Q_c$  como función de la frecuencia

Zona.	Nºeventos	C.R.	Rango de frecuencias	$Q_c$
A	10	0.88	de 1 a 24 Hz	$Q_c = 51 f^{0.81}$
B	8	0.85	de 1 a 24 Hz	$Q_c = 85 f^{0.64}$
C	11	0.78	de 1 a 24 Hz	$Q_c = 139 f^{0.38}$
D	7	0.70	de 1 a 24 Hz	$Q_c = 68 f^{0.65}$
E	13	0.65	de 1 a 24 Hz	$Q_c = 107 f^{0.49}$

C.R. = Coeficiente de correlación de la relación de potencia de  $Q_c$  vs  $f$

Los resultados del segundo enfoque están contenidos en la tabla 10 y algunos ejemplos gráficos son mostrados en las figuras 29 y 30. Cabe aclarar que para referirse a una determinada zona de análisis de  $Q_c$ , primero se consideró el evento y después la estación de registro. Por ejemplo, la zona entre el evento 06 y la estación SAL se refirió como: EV06SAL.

Es importante anotar que para los dos enfoques en el análisis de  $Q_c$  anteriormente descritos, se utilizó la opción del programa CODAQ en donde la estimación de  $Q_c$  para una determinada frecuencia se hace de manera automática. Las ventanas de análisis de la transformada de Fourier, para filtrar la señal a cada una de las frecuencias consideradas y la ventana de tiempo para el cálculo de las amplitudes de las ondas de coda, son calculadas en función de la duración de la coda (considerada desde la máxima amplitud del sismograma hasta 1.5 veces el nivel de ruido) y del número de muestras por segundo de la señal. Los desplazamientos de ambas ventanas son del 50 % del valor de estas.

Tabla 10. Resultados de  $Q_0$  y  $\eta$  para diversas trayectorias evento-estación.

#	$Q_0$	$\eta$									
02RE	116	0.41	09RE	157	0.41	21SJ	34	0.84	36SA	55	0.72
02SJ	84	0.58	10RE	186	0.34	21CA	93	0.60	37RE	73	0.42
02SA	92	0.47	10SA	131	0.42	22RE	101	0.63	37CA	114	0.53
02CA	102	0.62	10SJ	60	0.67	22SA	112	0.38	38RE	67	0.80
02CV	74	0.53	10CV	62	0.63	30RE	25	1.06	40SA	52	0.72
04RE	258	0.19	10CA	266	0.21	30CA	125	0.40	42RE	978	0.45
04SJ	164	0.22	14SJ	156	0.42	30SA	66	0.44	42SA	207	0.24
04SA	101	0.63	14RE	150	0.38	31SA	51	0.84	44CA	24	0.74
08RE	254	0.16	16SA	55	0.81	33RE	125	0.39	45CA	40	0.72
08SA	180	0.28	16SJ	31	0.95	33CA	153	0.31	46RE	40	0.82
08SJ	120	0.44	17RE	94	0.56	33SA	75	0.57	47SA	22	1.02
09SJ	143	0.42	21RE	109	0.51	36MZ	30	1.16	48RE	61	0.58

## IV. INTERPRETACIÓN.

### IV.1. Actividad sísmica.

Con base en el análisis de la sismicidad observada (figuras 10 a 13) en la zona del Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B.C.S., se puede inferir lo siguiente:

1.- Esta presente en la zona de estudio un alto nivel de sismicidad. La intensidad de los sismos varió entre 1.5 y 3.0, mientras que la profundidad varió desde 400 m hasta 14 km. Se presentan eventos de tipo tectónico, cuyas fases P y S son bien diferenciables (figura 31), y eventos de tipo volcánico, donde el arribo de las ondas S es muy difícil de apreciar (figura 32).

2.- Aunque el número final de eventos localizados (figura 10 y mapa geológico-estructural) se redujo a 51, la distribución de epicentros refleja una concentración de eventos sísmicos por zonas.

Existe una zona de eventos hacia el Oeste de la estación RES. Hacia el Sur de esta misma estación, se observa una zona epicentral cuya tendencia es alinearse con los aparatos volcánicos presentes en la zona (V. Viejo; V. El Azufre y V. La Virgen), dispersándose hacia el Este y Oeste en la zona del volcán La Virgen. Se observa sismicidad hacia el Sur de la carretera San Ignacio-Sta. Rosalia, y también una pequeña concentración de sismos alineados con la estructura llamada Escarpe Principal del Golfo. En la zona central, alrededor de la estación RES, donde están marcadas en el mapa geológico-estructural manifestaciones termales y alto grado de fracturamiento, se detectaron sismos aunque no con tanta frecuencia como en la zona Sur y Oeste de la estación RES. Hacia el norte de la zona central, se observa una tendencia de la sismicidad a alinearse con la falla Cimarrón y una pequeña concentración al rededor del Cañón El Hueso, detectándose eventos, lo más al norte, sobre la zona de la Sierra La Zorra. El alineamiento mencionado sobre la falla Cimarrón, tiene una tendencia a desplazarse hacia el Oeste sobre la zona del Aguajito, llegando a tener una concentración alta de eventos más hacia el Oeste del Aguajito, sobre una área no referenciada en el mapa geológico-estructural, pero que esta marcada como alto fracturamiento. Finalmente, hacia el Sur de la Sierra Las Cuevitas, se tiene una pequeña concentración de eventos posiblemente asociados con fallas marcadas como inféridas.

3.- En cuanto a la profundidad focal, como puede observarse en las figuras 11, 12 y 13, los eventos más someros (profundidades entre 0.5 y 4.0 km) fueron detectados hacia el Sur de la estación RES y en alineación con los aparatos volcánicos presentes. Hay una tendencia de incremento de la profundidad, hacia el Oeste y Sur de la estación MZQ. Los eventos cuyas profundidades varían entre 4 y 6 km fueron menos en cantidad, presentándose en una área cercana a la estación RES. La mayoría de estos eventos se concentran en la parte NE de esta zona central. Las profundidades mayores, es decir entre 6.5 y 14 km, se presentaron hacia la zona Norte y NE de la estación RES, sobre el área del Aguajito y una zona no referenciada, marcada con alto fracturamiento, en dirección de la Caldera La Reforma. Las figuras 33 y 34 representan dos perfiles sísmicos de profundidades focales (AA' y BB'), los cuales están marcados sobre el mapa geológico-estructural. En estas figuras se puede apreciar el incremento de la profundidad focal en la dirección Norte y NE de la zona estudiada.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, la distribución observada de sismos con sus

respectivas profundidades, concuerda con y confirma los resultados presentados en trabajos anteriores referentes a la sismicidad de la zona geotérmica de Tres Virgenes, B.C.S. Cabe mencionar que en el trabajo de Munguía y Wong (1993), se sugiere que la variación en la profundidad de sismos presentes en el área, estaría delineando la superficie de un cuerpo anómalo que podría ser la cámara magmática o el cuerpo intrusivo (fuente de calor del yacimiento). Además mencionan que la sismicidad de tipo tectónico observada, podría estar ocurriendo en respuesta a la presión que el material magmático ejerce sobre el medio confinante, al ascender hacia la superficie. Con base en estudios de Petrología del pozo LV-2A, Viggiano (1992) sugiere que la cámara magmática del volcán La Virgen, puede estar ubicada a partir de los 4000 m.

#### IV.2. Atenuación.

En general se ha observado que en regiones con alto flujo de calor, actividad tectónica reciente, alta densidad de fracturamiento y presencia de fluidos intersticiales, se tiene un considerable decremento en el valor de Q (Castro et al., 1994). Condiciones como las descritas anteriormente son de particular interés para la exploración geotérmica. Para efectos de interpretación, se consideró lo siguiente:

Los distintos modelos teóricos del programa CODAQ asumen que los resultados de  $Q_c$  no pueden ser vistos o interpretados en términos de la trayectoria directa evento-estación, sin embargo, si se relacionan con un determinado volumen alrededor de esta trayectoria directa. La región muestreada por las ondas de coda está en función del tiempo de duración de la coda. Para un tiempo transcurrido dado  $t$ , las heterogeneidades responsables para la generación de ondas de coda están localizadas sobre la superficie de un elipsoide cuya proyección superficial está definida por la ecuación:

$$\frac{x^2}{(vt/2)^2} - \frac{y^2}{(vt/2)^2 - (R/4)^2} = 1$$

para una fuente superficial. La  $R$  representa la distancia entre la fuente y el receptor,  $v$  la velocidad ( $V_s$ ) y  $t$  es el tiempo transcurrido desde el tiempo de origen del evento hasta un tiempo determinado dentro de la coda. El semieje mayor de esta elipse corresponde a la expresión  $vt/2$  y el semieje menor es  $(vt/2)^2 - (R/2)^2$  (Pulli, 1984).

Del análisis hecho por zonas, se observó lo siguiente:

a.- Para el rango de frecuencias de 1 a 6 Hz, las zonas A y D muestran menor valor de  $Q_c$  (mayor atenuación), mientras que la zona B representa un valor intermedio entre estas dos primeras zonas y las zonas C y E, que son las de mayor valor de  $Q_c$  (menor atenuación). De 6 a 12 Hz existe intersección entre las curvas ajustadas y no se observan diferencias notables en el valor de  $Q_c$  entre las distintas zonas. A 24 Hz las zonas A y B son las zonas de mayor valor de  $Q_c$  (menor atenuación), la zona D es de valor intermedio y las zonas C y E son las de menor valor de  $Q_c$  (mayor atenuación). Cabe anotar que estas últimas diferencias (a 24 Hz) no son tan marcadas

como para el rango de 1 a 6 Hz., en donde no obstante el margen de variación de las rectas ajustadas (de 20 % o menos), las diferencias son notorias.

b.- A partir de la profundidad de los eventos para cada zona, se obtuvieron los siguientes valores promedio de profundidad focal: hA = 7.2 km; hB = 7.0 km; hC = 2.3 km; hD = 7.0 km; hE = 2.3 km. Considerando estos valores así como los de Vs = 3.1 km/s (valor obtenido del promedio de Vp del modelo de velocidades utilizado y de la relación Vp/Vs = 1.73) y el tiempo transcurrido (por ej.: Ts) en la ecuación que define la región de influencia de las ondas de coda, se puede decir que se está muestreando mas bien a nivel regional (corteza y manto superior) que local. Por lo que los resultados mostrados en la figura 28 pueden asociarse con la región volcánica de Tres Virgenes, B.C.S. y no a nivel tan local como por ejemplo zonas de mayor o menor fracturamiento dentro del campo geotérmico de esta región.

Los resultados de las zonas mas profundas fueron promediados para obtener una relación única para la región. En la figura 35, se compara este resultado con algunos obtenidos para las regiones de Oaxaca y Guerrero citados por Castro, et al. (1994).

En el análisis de Qc hecho por parejas evento-estación, solo se consideraron los eventos cuyos errores en su localización fueron: RMS < 0.2 y errores horizontal y vertical < 1.5 km. Se observó lo siguiente:

a.- Para eventos someros en donde la distancia fuente-estación es pequeña, se obtuvieron valores de Qo entre 100 y 150 (ej.: 10RE, 21RE). Para eventos someros con distancias mayores entre fuente y estación (mayor profundidad de muestreo) se observó una ligera disminución, en algunos casos, en los valores de Qo variando entre 60 a 90 (ej.: 10SJ, 10CV), pero en otros casos como el 14RE y 14SJ se mantuvieron los valores de Qo similares a la situación de distancias mas cortas entre evento-estación. Estos resultados son consistentes con el análisis del enfoque anterior y los ejemplos son mostrados en la figura 29. Valores de Qo, que están fuera de los rangos anteriormente descritos, se presentan en las zonas definidas por los eventos 04 y 08 hacia la estación RES (valores de 258 y 254) y por el evento 10 hacia CAR (266), sugiriendo zonas o direcciones de baja atenuación (fig. 29). Las elipses en superficie fueron definidas para  $t = T_s$  y  $v = 3.1$  km/s.

b.- Para eventos profundos se observan valores de Qo dentro del rango de 115 (+/-)10 (ej.: 22SA, 30CA), pero la mayor parte de los resultados están entre 50 y 70, teniéndose una ligera disminución con respecto a los someros. Estos resultados son compatibles con la tendencia observada en el primer enfoque del análisis de Qc. También se obtuvieron valores de Qo fuera de los rangos marcados anteriormente (ej.: 16SJ, 30RE, 45CA, 47SA).

c.- Las diferencias observadas en los valores de Qo descritas en los incisos anteriores, si bien no pudieron ser explicadas en función de la profundidad focal o por la posición del evento dentro de las diferentes zonas, se logró observar una tendencia con base en la dirección de los arreglos evento-estación, que pudo explicar en algún sentido estas diferencias. La tabla 11 es un arreglo de los resultados anteriormente descritos y está en función de tres direcciones predominantes: N-S, NO-SE, NE-SO.

En la figura 30 se presentan algunos ejemplos de arreglos evento-estación que muestran esta tendencia.

Tabla 11. Arreglo de los resultados de Qo (evento-estación) en función de las direcciones N-S, NO-SE, NE-SO.

N-S			NO-SE			NE-SO		
ev-est	Qo	h (km)	ev-est	Qo	h (km)	ev-est	Qo	h (km)
02RE	116	4.0	02SA	92	4.0	02SJ	84	4.0
10CV	60	2.5	02CA	102	4.0	04SJ	164	0.64
14RE	150	3.3	02CV	74	4.0	08SJ	120	3.2
21RE	109	4.9	04RE	258	0.64	10SJ	60	2.5
30CA	125	5.8	04SA	101	0.64	16SJ	31	6.7
48RE	61	4.0	08RE	254	3.2	21SJ	34	4.9
			08SA	180	3.2	30RE	25	5.8
			10RE	186	2.5	36MZ	30	2.5
			10SA	131	2.5	38RE	67	8.0
			10CA	266	2.5	45CA	40	7.3
			14SJ	156	3.3	47SA	22	6.9
			16SA	55	6.7			
			21CA	93	4.9			
			22RE	101	8.3			
			22SA	112	8.3			
			30SA	66	5.8			
			31SA	51	5.4			

Como puede apreciarse en la tabla, la dirección NE-SO tiene una tendencia a valores bajos de Qo, siendo 22 el valor mínimo. Los valores anómalos dentro de esta tendencia corresponden a la zona de los eventos 04 y 08 con respecto a la estación SJR. Estos eventos ya había sido mencionados con respecto a RES sugiriéndose zonas de baja atenuación. Es de particular interés el arreglo 36MZ que está asociado al volcán La Virgen. Valores similares de Qc fueron reportados por Zúñiga y Díaz (1994) para la zona del volcán Chichonal.

Las direcciones N-S y NO-SE tienen valores altos de Qo con respecto a la dirección NE-SO. Los valores anómalos (bajos) dentro de esta tendencia son: 30SA, 31SA y 16SA, que curiosamente se ubican al Este y muy cercanos de la falla Cimarrón. Otro grupo de valores anómalos en esta tendencia son: 10CV, 48RE, 02CV, acusando la mayor atenuación que se esperaría abajo y en las inmediaciones de los aparatos volcánicos.

Las tendencias antes mencionadas se asociaron con los sistemas estructurales de dirección NO-SE y N-S presentes en el zona del Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B.C.S.

Para poder estimar si las diferencias observadas en los valores de Qo (asociados a cada una de las direcciones analizadas), son estadísticamente significativas, se realizó la prueba estadística "z" al grupo de datos contenidos en la tabla 11. La estimación de "z" es la más general

de las pruebas estadísticas para evaluar la diferencia entre dos medias (Zúñiga, 1989). Para poder estimar "z" entre dos conjuntos de datos, se requiere calcular  $M_1$  y  $M_2$  (medias de las poblaciones) y  $S_1$  y  $S_2$  (sus respectivas desviaciones estándar). El valor de "z" está dado por:

$$z = \frac{(M_1 - M_2)}{\{(S_1)^2/N_1 + (S_2)^2/N_2\}^{1/2}}$$

El valor resultante de "z" puede ser usado como una estimación del nivel de confianza de un cambio o diferencia observada entre los dos conjuntos de datos. Los resultados fueron:

Tabla 12. Resultados de la prueba estadística "z" a los valores de  $Q_0$ .

	Dirección	N	M	S
1.	N-S	06	103.5	36.1
2.	NO-SE	17	134	71.1
3.	NE-SO	11	61.6	45.2

Para estos valores, se obtuvieron estimaciones de "z" entre la dirección N-S y la NE-SO, es decir,  $z_{13} = 2.09$ , y para las direcciones NO-SE y NE-SO se obtuvo  $z_{23} = 3.3$ . De acuerdo a lo citado por Zúñiga (1989), para valores de  $z \geq 1.96$ , implica un 95 % en el nivel de confianza en la diferencia observada, para  $z \geq 2.58$ , se tiene un 99 % de confianza en el cambio o diferencia observada. Por lo tanto se puede decir que estadísticamente las diferencias en los valores de  $Q_0$  si son significativas.

## V.- CONCLUSIONES.

A partir del análisis de la información sísmica digital disponible para este trabajo, se concluyó lo siguiente:

1.- La base de datos que se formó a partir de los registros sísmicos proporcionados por la GPG de la CFE fue de buena calidad. Sin embargo, debido a problemas de saturación y/o de polaridad en algunos de los sismogramas, o bien, sismos registrados solamente en una o dos estaciones, el número de eventos sísmicos incluidos en esta base de datos se redujo en un 40 % aproximadamente.

2 - Con la base de datos establecida, se utilizó el programa HYPO71PC (Lee and Valdes, 1985) para la localización de los sismos detectados durante el periodo de análisis, así como para el cálculo de magnitud y el tiempo de origen de cada evento. Los resultados con los menores errores asociados a estos parámetros se obtuvieron con el modelo de velocidades propuesto por la CFE (Guerrero, 1996). Aproximadamente la tercera parte de los eventos fueron localizados fuera del cubrimiento de la red sísmica. Se sugiere la reubicación de la estación CAR hacia la región del Aguajito.

3.- Los resultados obtenidos con el método de localización de sismos a partir de registros de una sola estación con tres componentes, fueron congruentes con los resultados del programa HYPO71PC (Lee and Valdés, 1985). Este método puede ser conveniente en etapas tempranas del estudio de la sísmica de una determinada región, o como apoyo a los resultados obtenidos a partir de una red de microsismicidad. Sin embargo, el método fue muy sensible a la calidad del registro y el tipo de evento, es decir, se limita a eventos someros bien distribuidos en las tres componentes de registro, y sin problema de polaridad o saturación.

4.- Con base en la actividad sísmica detectada se puede decir que la zona de estudio es tectónicamente activa con un alto nivel de sísmica. La magnitud de los eventos varió entre 1 y 3. Las profundidades focal observada tiene una tendencia a incrementarse hacia el N-NE del área estudiada. En la zona de los volcanes la profundidad varió de 0.5 a 4 km, mientras que en la zona del Aguajito y La Reforma se detectaron profundidades entre 6 y 10 km.

5.- La distribución espacial de la sísmica y el tipo de eventos sísmicos detectados (tectónicos y volcánicos), se correlacionan con las estructuras geológicas presentes y la actividad volcánica de la región.

6.- Los resultados del análisis de atenuación de ondas de coda reflejaron las condiciones geológico-estructurales ya reportadas para el área de interés. Sistemas de fallas con dirección predominante NO-SE y N-S. Esta conclusión se fundamentó al obtener valores relativamente altos de  $Q_c$  (poca atenuación) a lo largo de las direcciones antes mencionadas, o bien, valores bajos en la dirección NE-SO.

Se obtuvo una relación funcional de  $Q_c$  vs  $f$  a nivel regional. Esta relación se comparó con resultados obtenidos en otras regiones tectónicamente activas, observándose valores similares entre la zona de Tres Virgenes, B.C.S. y Guerrero, no así con la región de Oaxaca.

Dentro de esta tendencia regional anteriormente expuesta, se observaron valores

anómalos de  $Q_c$  (mas bajos) para diferentes zonas o trayectorias evento-estación, que sugieren condiciones mas locales y de mayor atenuación (por ej. alto fracturamiento, presencia de fluidos geotérmicos y/o actividad magmática). Con base en la distribución espacial de los arreglos evento-estación y las profundidades detectadas, el volumen muestreado por las ondas de coda, de acuerdo a los modelos establecidos para el análisis de  $Q_c$ , es mayor que el volumen donde se esperan las heterogeneidades o anomalías de interés geotérmico, por lo que los resultados del análisis del factor  $Q_c$  bajo estas condiciones no se pudieron interpretar a nivel local o en términos del yacimiento geotérmico.

7.- El método de análisis del factor  $Q_c$  enfocado a la exploración geotérmica podría ser mas resolutivo con base en:

- a.- Alta calidad en la localización de los eventos.
- b.- Selección de arreglos evento-estación (si se dispone de ellos) someros y con distancia epicentral pequeña (en función del volumen a explorar)
- c.- Con base en la selección del inciso b, complementar el análisis de  $Q_c$  con el análisis de la relación  $Q_p/Q_s$ .

## VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Aki, K., 1969. Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves. *J. Geophys Res* 74, 615-631.
- Aki, K., 1985. Theory of earthquake prediction with special reference to monitoring of the quality factor of lithosphere by the coda method. *Earthquake Predict. Res.* 3, 219-230.
- Aki, K. and Chouet, B., 1975. Origin of coda waves: source, attenuation, and scattering effects. *J. Geophys. Res.* 80, 3322-3342.
- Aki, K. and Richards, P.G., 1980. *Quantitative Seismology, Theory and Methods*. W. H. Freeman and Co., San Francisco, California. 557 pp.
- Amaya, R., 1994. Reporte de Mantenimiento al Equipo Sismológico de la Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos, C.F.E. 92 pp.
- Armstead, H. C. H., 1983. *Geothermal energy-2<sup>nd</sup> ed*. E & F N. Spon., New York, NY. 404 pp.
- Arroyo, E. M. A., 1983. *El Sondeo Eléctrico Vertical en la Exploración Geotérmica*. Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Atwater, T., 1970. Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. *Bull. Geol. Soc. Am.* V.81, 3513-3536.
- Båth, M., 1979. *Introduction to Seismology*. Birkhäuser Verlag, Basel, 428 pp.
- Bower, R., 1989. *Geothermal resources-2<sup>nd</sup> ed*. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York, NY. 485 pp.
- Castro, R. R., Munguía, L., Rebollar, C. J., Acosta, J. G., 1994. A comparative analysis of the quality factor Q for the regions of Guerrero and Oaxaca, Mexico. *Geofísica Internacional*, V.33(3), pp. 373-383.
- CSM Associates Limited, 1995. "Earthquake Location Study for the Tres Virgenes Network: Febrero to September 1993". Informe Técnico Final Contrato número 51-0005 CFE. GPG Comisión Federal de Electricidad - CSM Associates. Reporte Interno Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos de la C. F. E. 165 pp.
- Demant, A., 1981. Plio-Quaternary volcanism of the Santa Rosalia area, Baja California, México. *En Geology Northwestern México and Southern Arizona*, pp.295-307.

- Guerrero, G. J. L., 1995. Modelo Geotérmico basado en el monitoreo sísmico del Complejo Volcánico de Tres Virgenes. B.C.S., Feb-Sept. 1993. Informe N° GF-LV-035/95. DEX de la GPG de la C.F.E. 17 pp.
- Guerrero, G. J. L., 1996. Red Sismológica del Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B.C.S., Reporte de actividad sísmica registrada en los periodos enero-abril de 1994 y mayo-agosto de 1995. Informe N° GF-LV-008/96. DEX de la GPG de la C.F.E. 13 pp.
- Gutiérrez, N. L. C., 1990. Litología, Mineralogía y Geotermometría del pozo LV-2, Las Tres Virgenes, B.C.S. Geotermia, V.6 N°2, pp 185-211.
- Iyer, H., 1975. Anomalous delays of teleseismic P waves in Yellowstone National Park. *Nature* (London) 253, 424-427.
- Iyer, H., 1979. Deep structure under Yellowstone Park, USA. A continental hot spot. *Tectonophysics* 56, 165-197.
- Iyer, H. and Hitchcock, T., 1976a. Seismic noise as a geothermal exploration tool: Techniques and results. *Proc. U.N. Symp. Dev. Use Geotherm. Resour.*, 2nd, 1975 Vol.2, 1075-1083.
- Iyer, H. M., and Hitchcock, T., 1976b. Seismic noise survey in Long Valley, California. *J. Geophys. Res.* V.81, 821-840.
- Iyer, H. and Stewart, R., 1977. Teleseismic technique to locate magma in the crust and upper mantle. *Bull.-Oreg., Dep. Geol. Miner. Ind.* 96, 281-299.
- Jin, A. and Aki, K., 1986. Temporal change in coda Q before the Tangshan earthquake of 1976 and the Haicheng earthquake of 1975. *J. Geophys. Res.* 91, 665-673.
- Karig, D. and W. Jency, 1972. The Proto-Gulf of California. *Earth and Planetary Sciences Letters* V.17, 169-174.
- Larson, R., 1972. Bathymetry, magnetic anomalies and plate tectonic history of the mouth of the Gulf of California. *Bull. Geol. Soc. Am.* V.83, p. 33-45.
- Larson, R., Menard, H. and Smith, S., 1968. Gulf of California: A result of ocean-floor spreading and transform faulting. *Science*. V.161, 781-784.
- Lee, W. H. K. and Stewart, S. W., 1981. Principles and Applications of Microearthquake Networks. *Advances in Geophysics, Supplement 2*. Academic Press 293 pp.
- Lee, W. H. K. and Valdés, C. M., 1985. HYPO71PC: A personal computer version of the

- HYP071 earthquake location program, U. S. Geol. Surv. Open-File Report 85. 749, 43 pp.**
- Lee, W. H. K. and Valdés, C. M., 1994. User manual for HYP071PC, I A S P E Software Library, Vol.1, pp. 145-170.**
- Lonsdale, P. and L. Lawver, 1980. Immature plate boundary zones studied with a submersible in the Gulf of California. Geological Society of America Bulletin, I V.91,555- 569.**
- López, H. A., Casarrubias, U. Z., y Leal, H. R., 1993 Estudio Geológico Regional de Tres Virgenes, B. C. S. Informe interno OGL/BC/002/93 Julio de 1993 Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos, Subgerencia de Estudios, Departamento de Exploracion. 100 pp o planos**
- Magotra, N., Ahmed, N., and Chael, E., 1987. Seismic Event detection and Source location using single station (three-component) data. Bulletin of the Seismological Society of America. V.77,Nº3, 958-971.**
- Moore, D., 1973. Plate edge deformation and crustal growth. Gulf of California structural province. Bull. Geol. Soc. Am. V. 84, 1883-1906.**
- Moore, D. and E. C. Buffington, 1968. Transform faulting and growth of the Gulf of California. Science. V.161, 1238-1241**
- Munguía, O. L. y Wong, O. V., 1993. Analisis e Interpretación de la Información Sísmica Digital Registrada en el Campo Geotérmico de Tres Virgenes, B. C. S. en el Período Febrero - Mayo de 1993. Informe Técnico Final Contrato N°CLS-GPG-3113/92 Comisión Federal de Electricidad - Centro de investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Reporte interno Gerencia de Proyectos Geotermoelectricos de la C. F. E. 72 pp.**
- Normak, W. and J. Curray, 1968. Geology and Structure of the tip of Baja California, México. Bull. Geol. Soc. Am. 79, 1589-1600**
- Novelo-Casanova, D. A. and Lee, W. H. K., 1991. Comparison of techniques that use the single scattering model to compute the quality factor Q from coda waves. Pure Appl. Geophys. 135, 77-89.**
- Novelo-Casanova, D. A. and Monfret, T., 1992. A computer program to compute the Quality factor Qc from coda waves (PC/AT version). Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 25 p.**
- Phillips, R. P., 1964. Seismic refraction studies in the Gulf of California, in Marine Geology of**

the Gulf of California, Mem. 3,p 90, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.

Phillips, W. S. and Aki, K., 1986. Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California. Bull. Seismol. Soc. Am. 76, 627-648

PROCESA, Ingeniería y Ecología, S.A. de C.V., 1996. Determinación del Modelo de Velocidades para la Zona Geotérmica de Tres Virgenes, B.C.S., mediante un estudio de Sísmica de Refracción. Informe Técnico Final Contrato N° CLS-GPG-3009/94, C.F.E.- PROCESA, Ingeniería y Ecología, S.A. de C.V., 36 pp.

Pullii, J. J., 1984. Attenuation of coda waves in New England. Bull. Seis. Soc. Am. 74,1149-1166.

Richter, C. F., 1958. Elementary Seismology. W. H. Freeman, San Francisco, California.

Sato, H., 1977. Energy propagation including scattering effects: Single isotropic scattering approximation. J. Phys. Earth 25, 27-41.

Sato, H., 1988. Temporal change in scattering and attenuation associated with the earthquake occurrence. A review of recent studies on coda waves. Pure Appl. Geophys. 126, 465-497.

Sawlan, M.G., 1981. Late Cenozoic volcanism in the Tres Virgenes area. En Geology of Northwestern México and Southern Arizona, pp 309-319.

Scherbaum, F. and Johnson, J., 1992. Programmable Interactive Toolbox for Seismological Analysis (PITSA). IASPEI Software Library. Vol. 5, 269 p.

Steeple, D. and Iyer, H., 1976a. Low velocity zone under Long Valley as determined from teleseismic events. J. Geophysics. Res 81, 849-860

Steeple, D. W., and Iyer, H. M., 1976b. Teleseismic P wave delays in geothermal exploration. Proc. U.N. Symp. Dev. Use Geotherm. Resour., 2<sup>nd</sup>, 1975 V.2, pp. 1199-1206.

Tatcher, W., and J.N. Brune, 1973. Surface waves and crustal structure in the Gulf of California region: Seismological Society of America Bulletin. V.63, 1689-1698.

Venegas, S. S. y Arellano, G. J. F., 1992. Proyecto Geotérmico Las Tres Virgenes, B.C.S.: Estado actual de la exploración. Informe DEX/TV/003/92, C.F.E..

Viggiano, G. J. C., 1992. El pozo desviado LV-2A (Las Tres Virgenes, B.C.S.): Petrología e Interpretación. Geotérmia, V.18, N°4, pp 373-394.

Viggiano, G. J. C. y Ramirez, S. G. R., 1996. Clasificación de los Sistemas Geotérmicos. Actas

INAGEQ, 2, pp.197-202.

- Ward, P. L. and Bjornsson, S., 1971. Microearthquakes, swarms, and the geothermal areas of Iceland. *J. Geophysics. Res.* 76, 3953-3952.
- Wohletz, K. and G. Heiken, 1992. *Volcanology and Geothermal Energy*. University of California Press.
- Wong O. V. y Munguia O. L., 1992. Monitoreo Sísmico del Área Geotérmica de Tres Virgenes Baja California Sur. Informe Técnico Final Contrato N° CLS-GPG-3011/92. Comisión Federal de Electricidad - Centro de investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Reporte interno Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la C. F. E. 16 pp.
- Woodward, R. S., 1929. *Smithsonian Geographical Tables*, 3rd ed. Smithsonian Institution, Washington, D. C.
- Wright, P. M., Nielson, D. L., Ross, H. P., Moore, J. N., Adams, M. C. and Ward, S. H., 1989. Regional Exploration for Convective-Hydrothermal Resources. *Geotherm. Sci. & Tech.*, V.2(2), pp.69-124.
- Zúñiga, F. R., 1989. A study of the homogeneity of the NOAR earthquake data file in the Mid-America region by the magnitude signature technique. *Geofísica Internacional*, V. 28, 103-119.
- Zúñiga, F. R. y Díaz, E. L., 1994. Coda attenuation in the area of El Chichon volcano, Chiapas, Mexico. *Tectonophysics*, V 234, 247-258.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Gerardo Hiriart Le Bert, Gerente de Proyectos Geotermoelectrónicos de la Comisión Federal de Electricidad así como al Ing. Saúl Venegas Salgado, jefe del Departamento de Exploración de la misma gerencia, por el total y definitivo apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Al Dr. Francisco J. Chávez García, por brindarme su amistad y dar la motivación y dirección necesarias en el desarrollo de esta tesis.

Especial agradecimiento a mis sinodales, por su valioso tiempo para la revisión de este estudio y por sus comentarios y sugerencias que me permitieron ofrecer un trabajo de mayor calidad.

Al Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, por facilitarme el acceso a sus instalaciones y cuyo apoyo fue fundamental para la culminación de esta tesis.



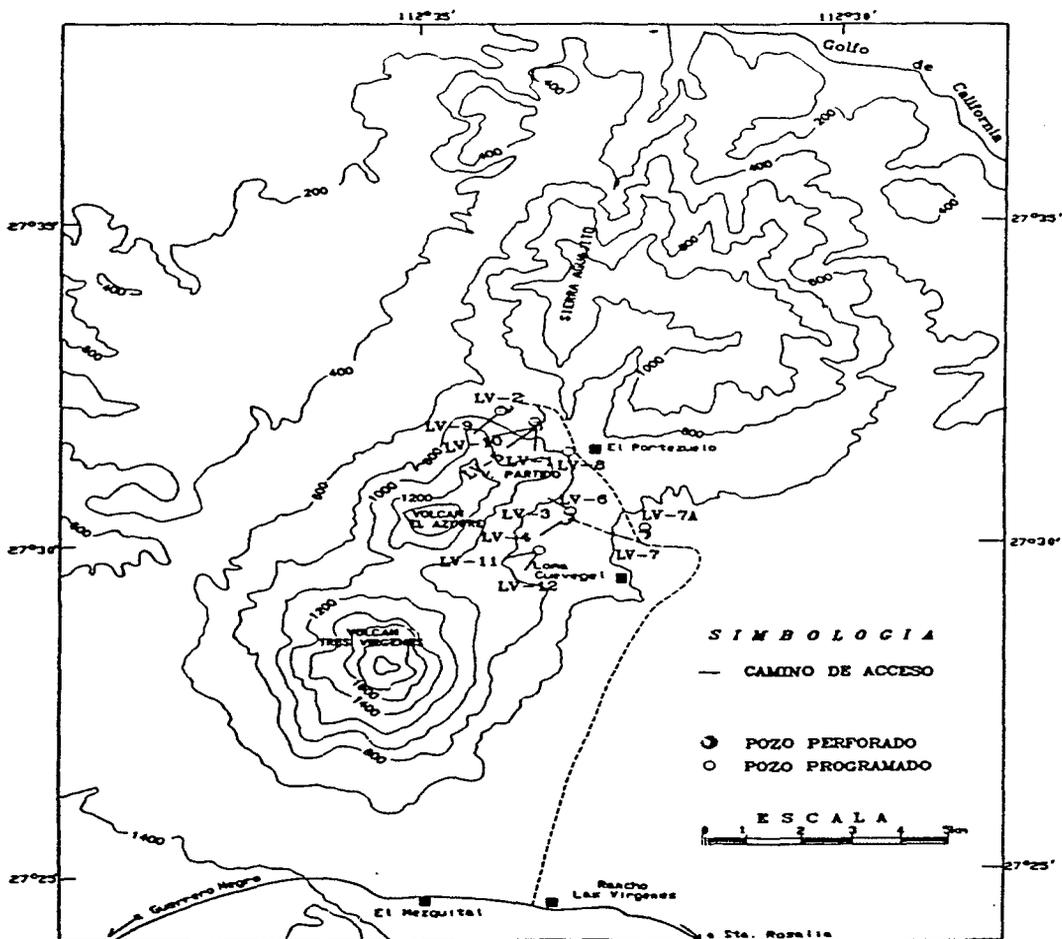


FIG. 2.- LOCALIZACIÓN DE POZOS EN EL C.C. TRES VIRGENES, B.C.S.

# CAMPO GEOTÉRMICO DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

Red Sismológica.

Distancia entre estaciones = 8 km. aprox.

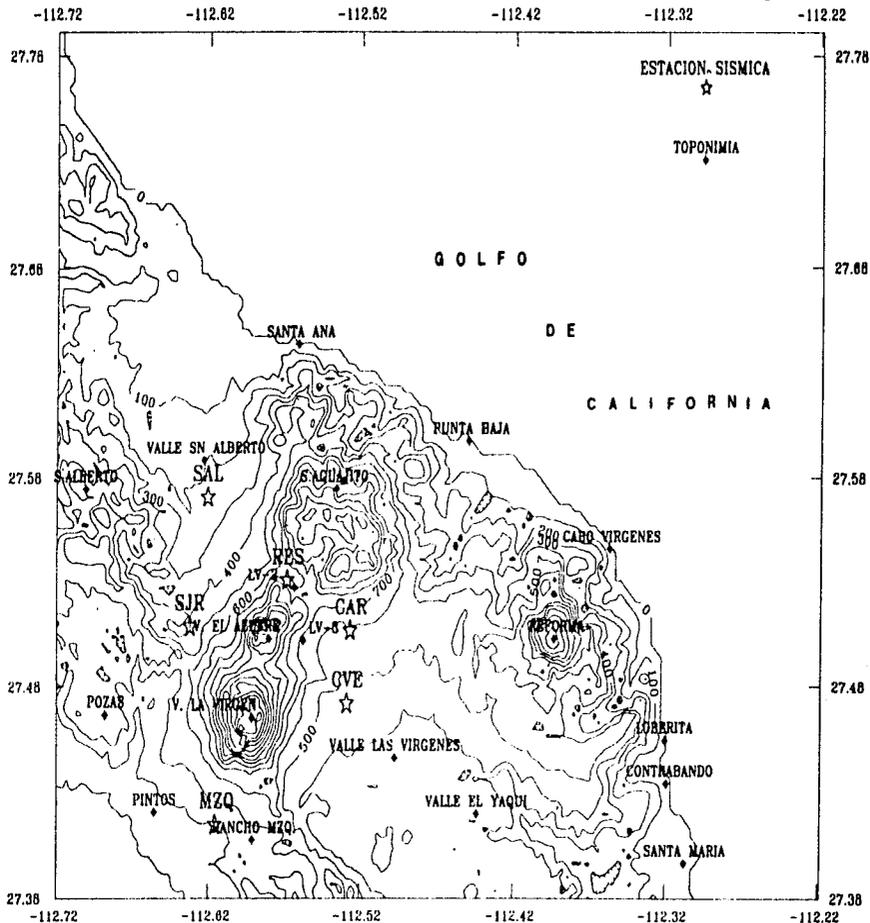


Figura 3. Localización de las estaciones de registro.



# Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S.

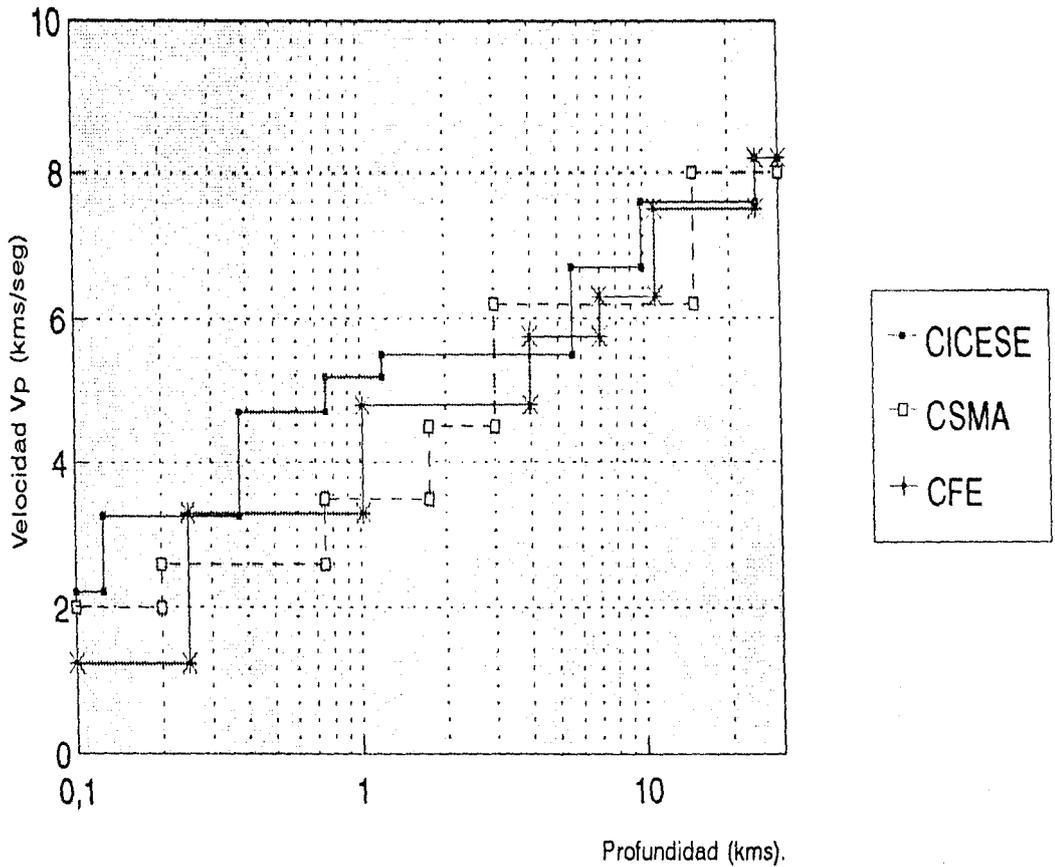


Figura 5. Modelos de Velocidades.

Tiempo de identificación del registro: 94 01 07 04 04 (año, mes, día, hora, minuto)

Datos leídos:

Tiempo de P (Tp) = 19.95 s  
Tiempo de S (Ts) = 20.83 s  
Polaridad (P) = D (abajo)  
Carácter de la  
señal = I (impulsiva)  
Tiempo de duracion  
de la señal = 23 s (Tc)

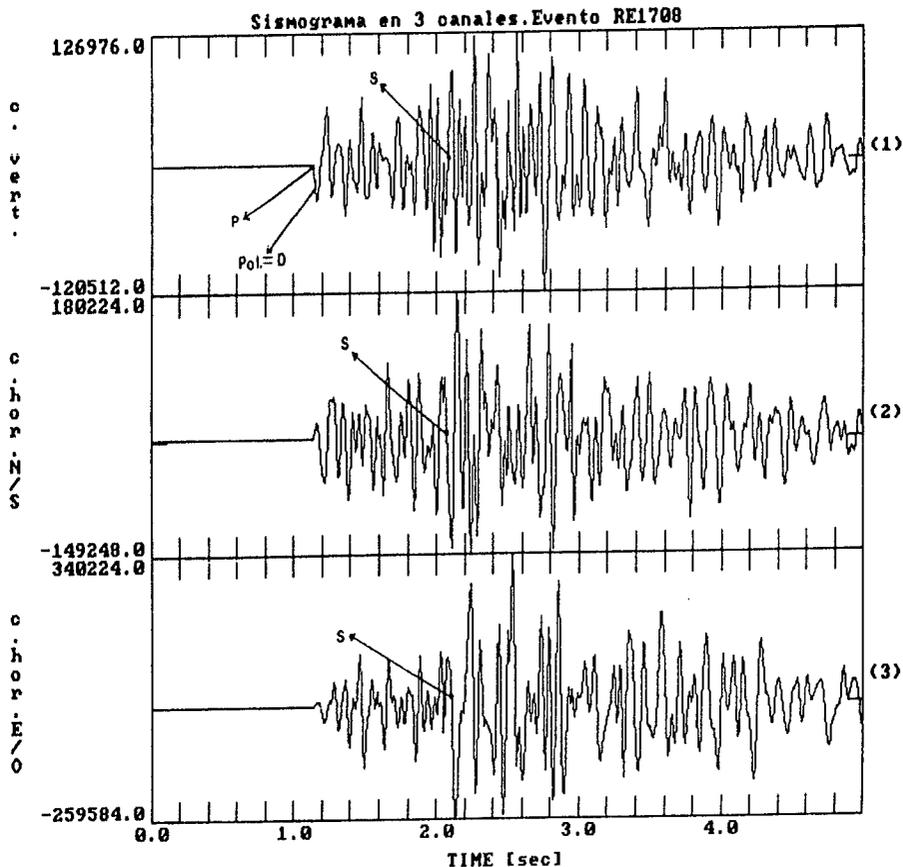


Figura 6. Ejemplo de datos para HYP071PC.

Tiempo de duración de la señal  $T_c = 23$  s (medida desde el arribo P hasta la marca  $T_c$ )

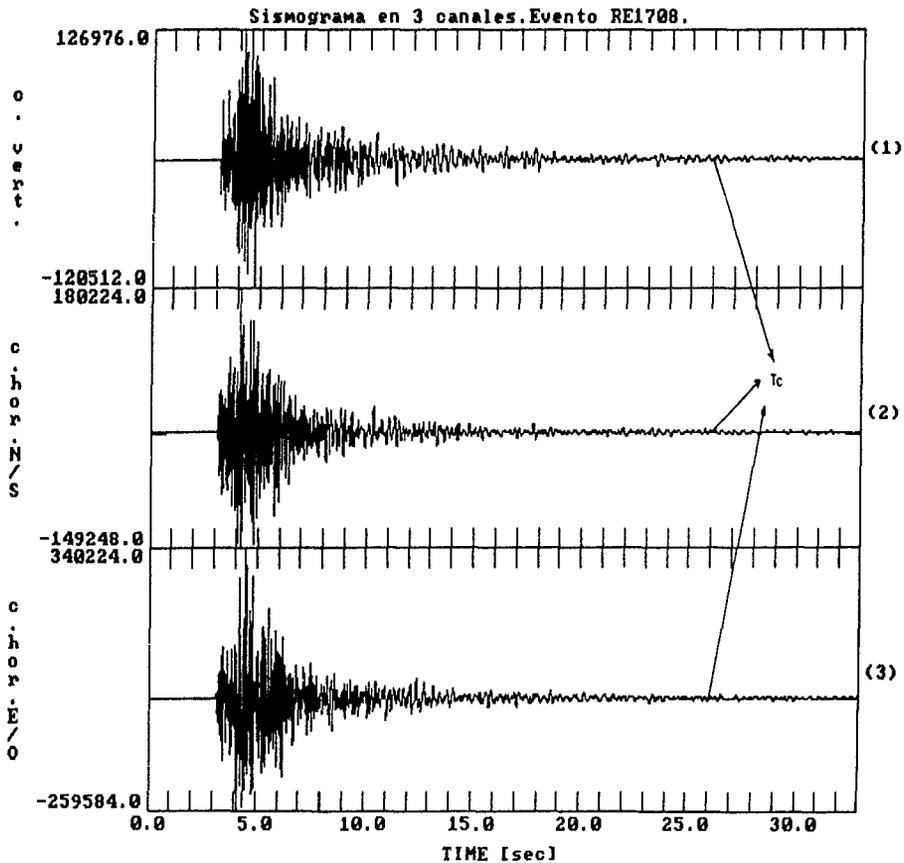


Figura 7. Tiempo de duración de la señal.

# Campo Geotérmico de Tres Vírgenes.

período de análisis: enero-abril, 1994.

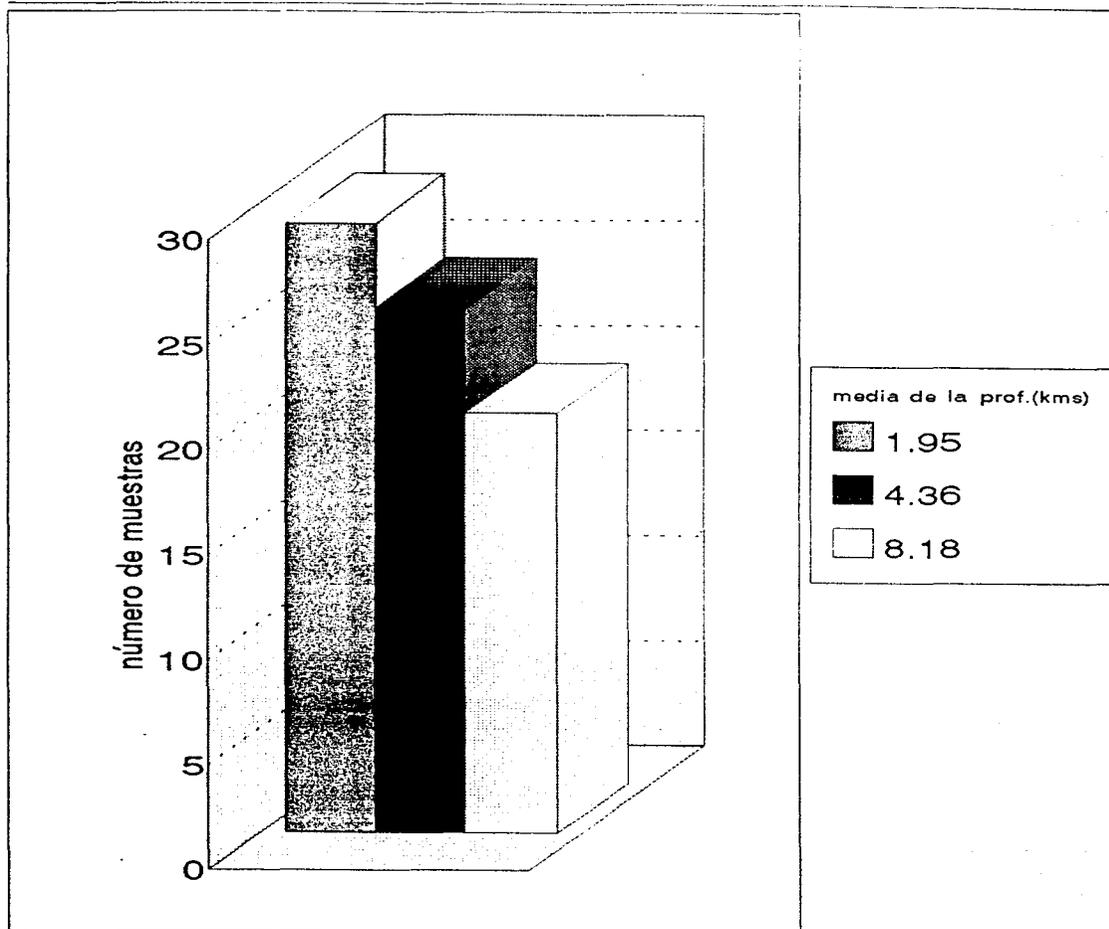


Figura 8. Valores medios de profundidad focal.  
Intervalos considerados: 0-4; 4-6; >6 (kms)

# Campo Geotérmico de Tres Vírgenes.

período de análisis: enero-abril, 1994.

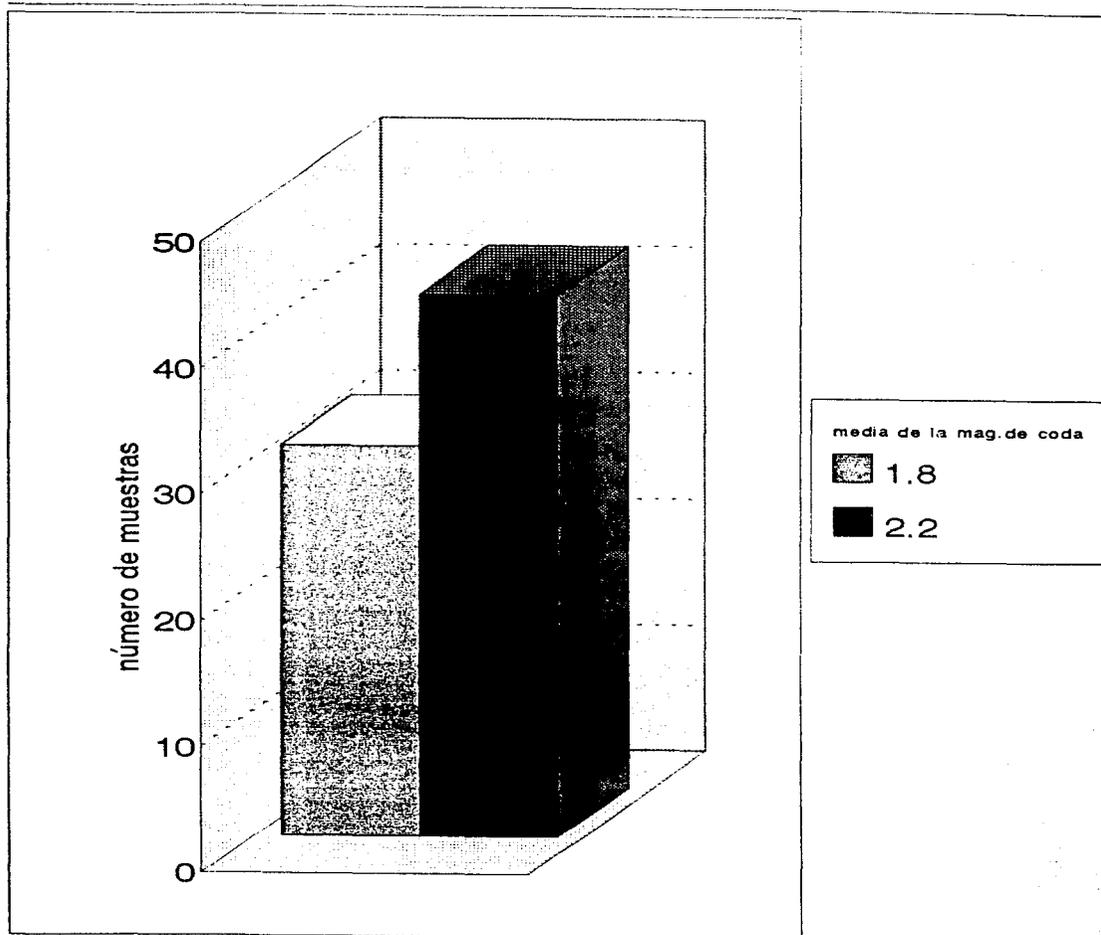


Figura 9. Valores medios de magnitud de coda.  
Intervalos considerados: 1-2; 2-3. (Mc)

# CAMPO GEOTÉRMICO DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

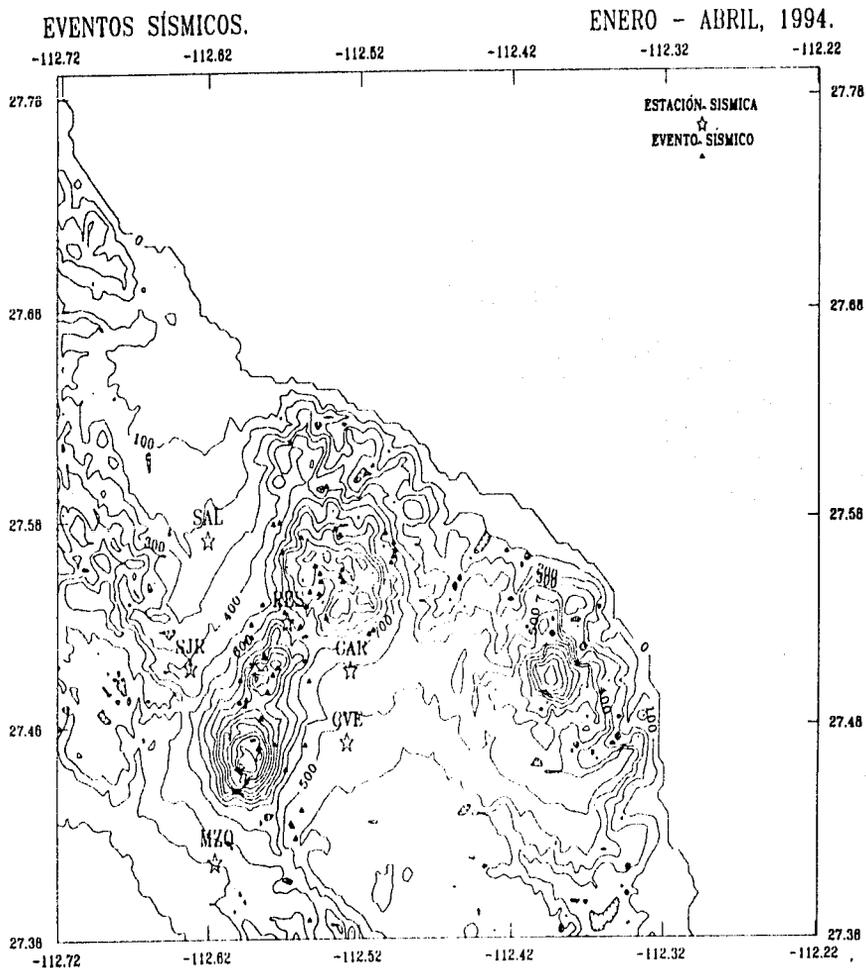


Figura 10. Mapa de sismicidad utilizando el modelo de velocidades C.F.E.

# CAMPO GEOTÉRMICO DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

EVENTOS SÍSMICOS. PERÍODO ENERO-ABRIL DE 1994.

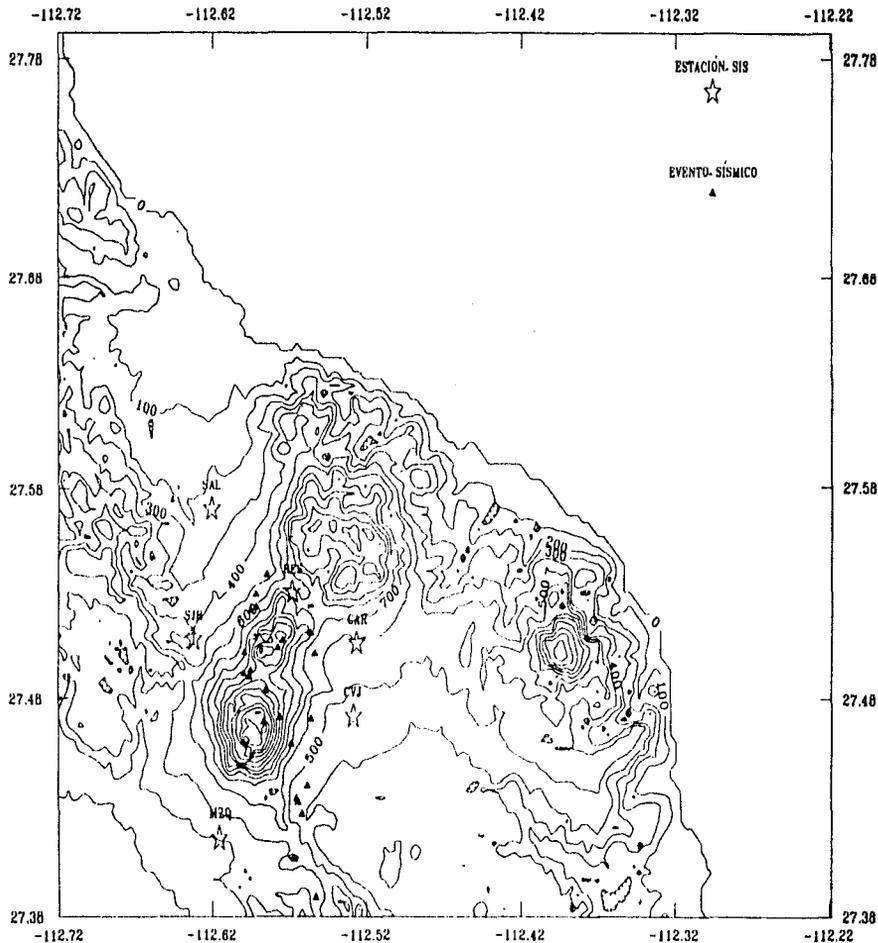


Figura 11: Localización de eventos con profundidades entre 0 y 4 kms.

# CAMPO GEOTÉRMICO DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

EVENTOS SÍSMICOS. PERÍODO ENERO-ABRIL DE 1984.

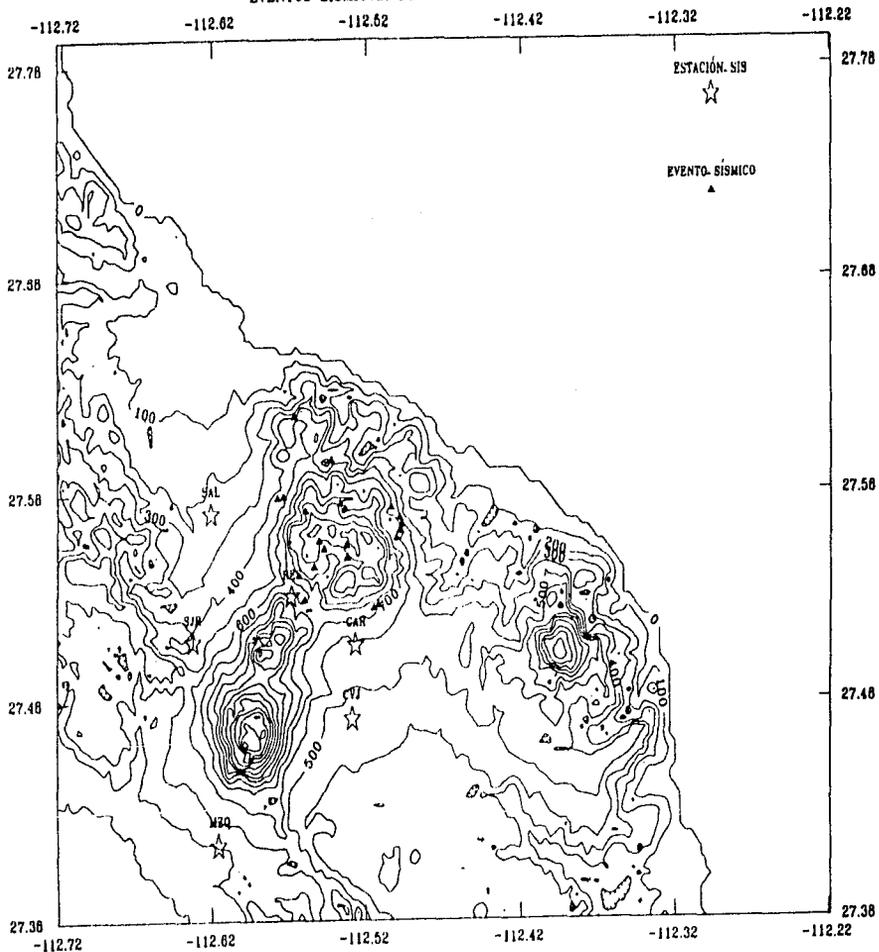


Figura 13: Localización de eventos con profundidades mayores de 6 kms.

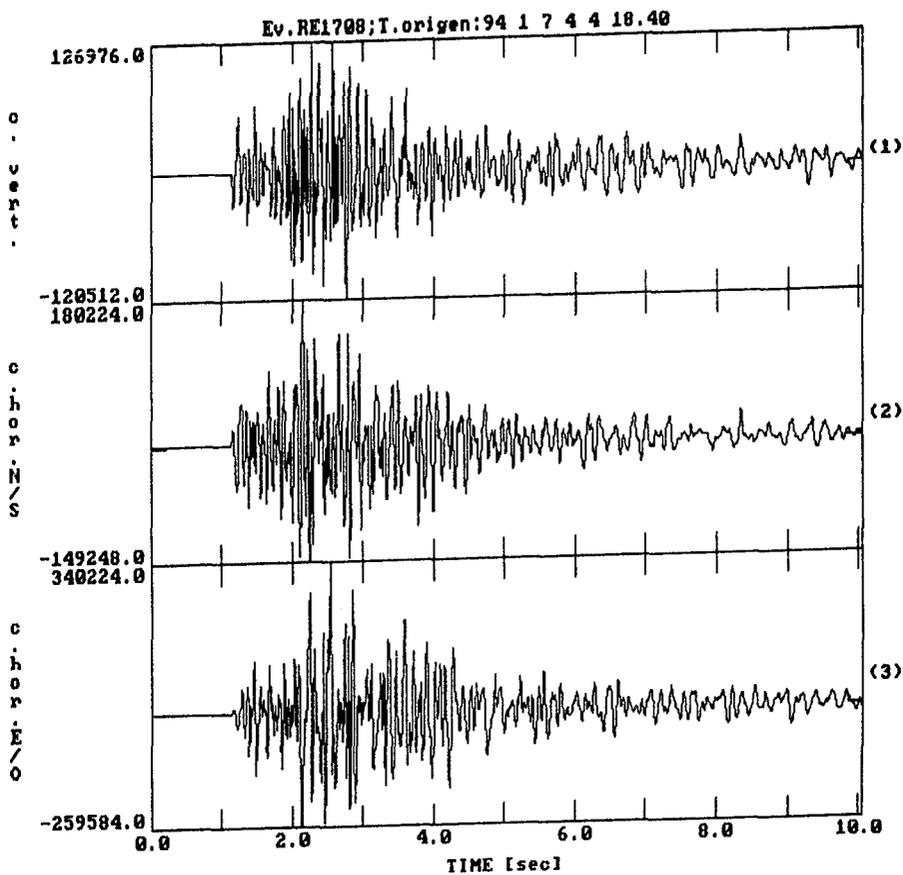
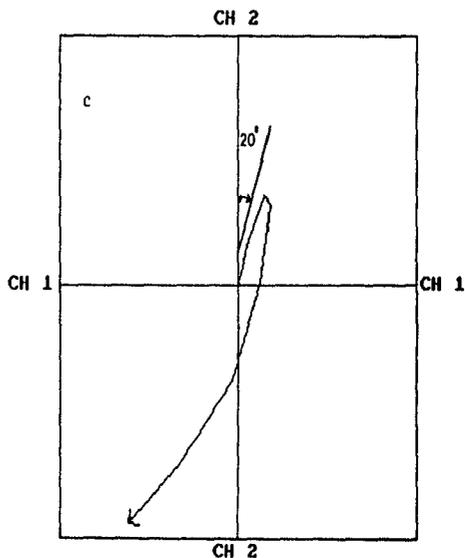
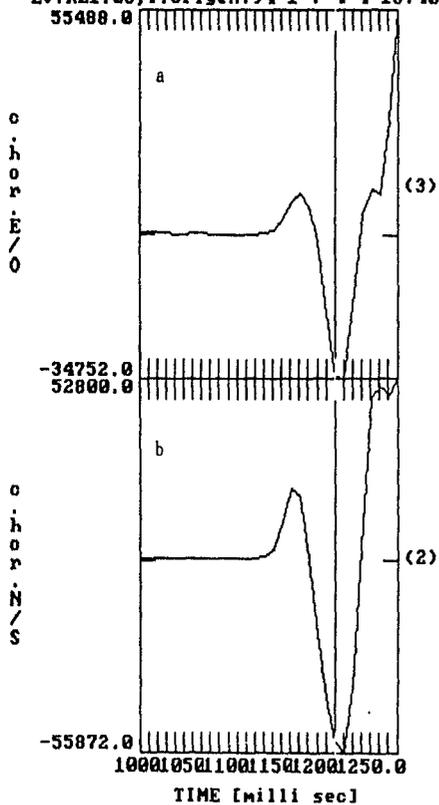


Figura 14. Ej. Método Estación única .

Ev.RE1700:T.origen:94 1 7 4 4 18.40  
55488.0



- a.- Ventana de análisis. Traza E-O
- b.- Ventana de análisis. Traza N-S
- c.- Movimiento de partícula entre la traza E-O (CH1) y la traza N-S (CH2)

Figura 15. Ejemplo de mov. de partícula.

Ev.RE1700;T.origen:94 1 7 4 4 18.40

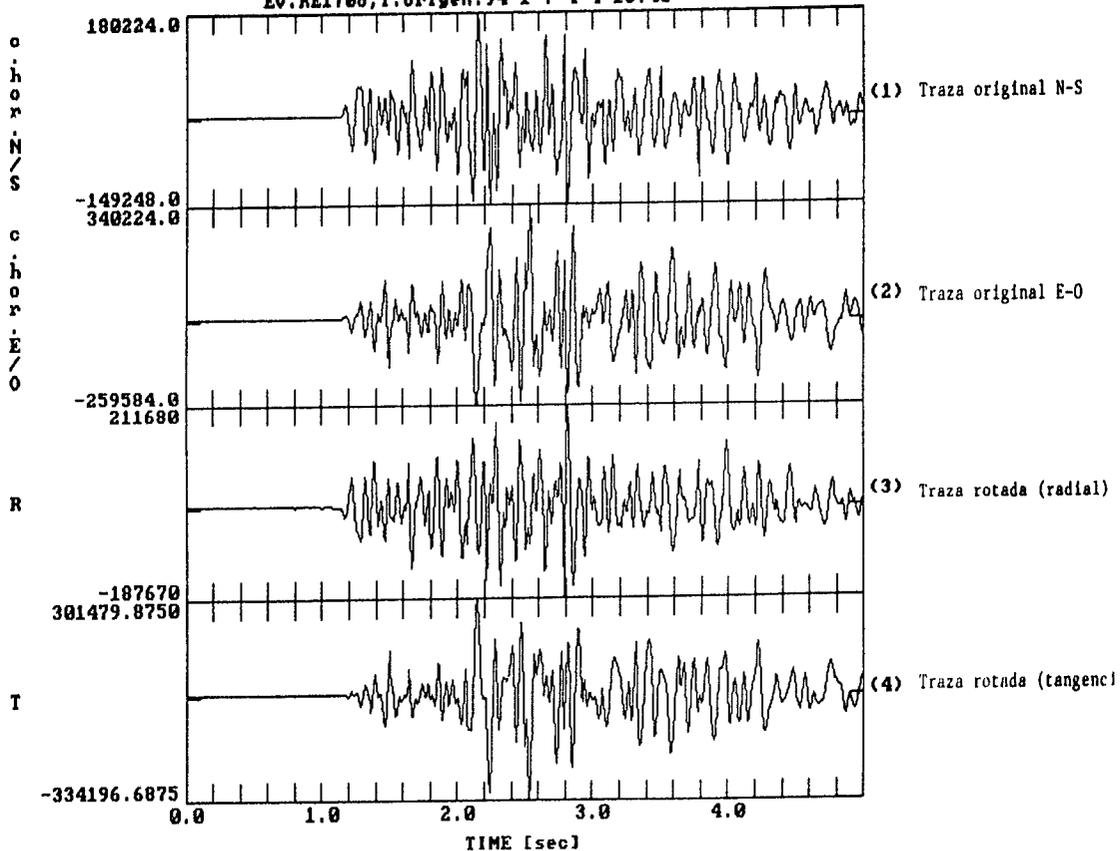


Fig.16.Trazas originales y rotadas (20).



Ev.SA1230;T.origen:94 1 18 7 11 33.32

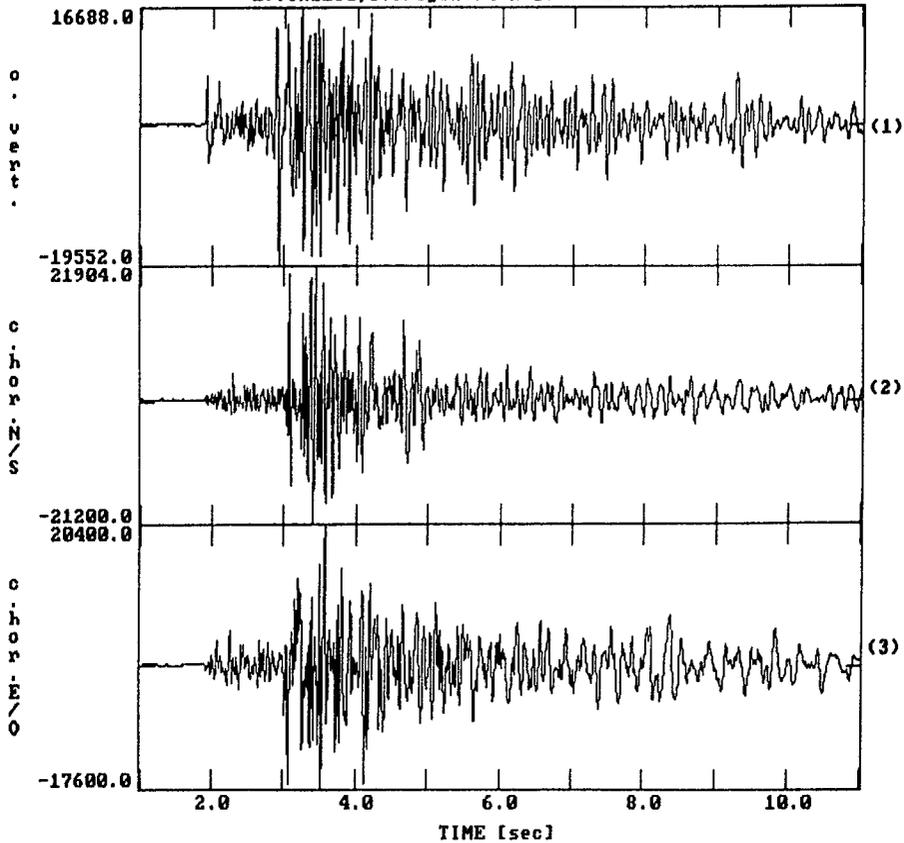
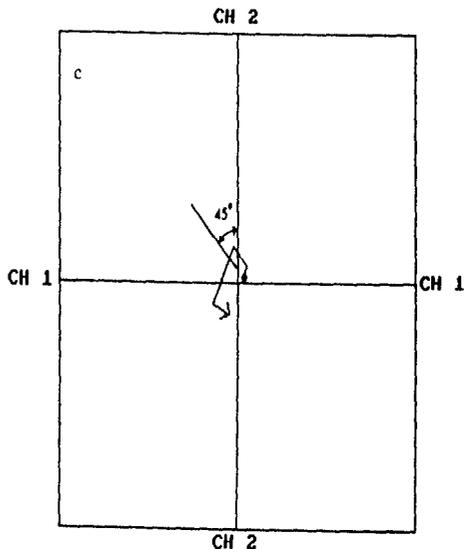
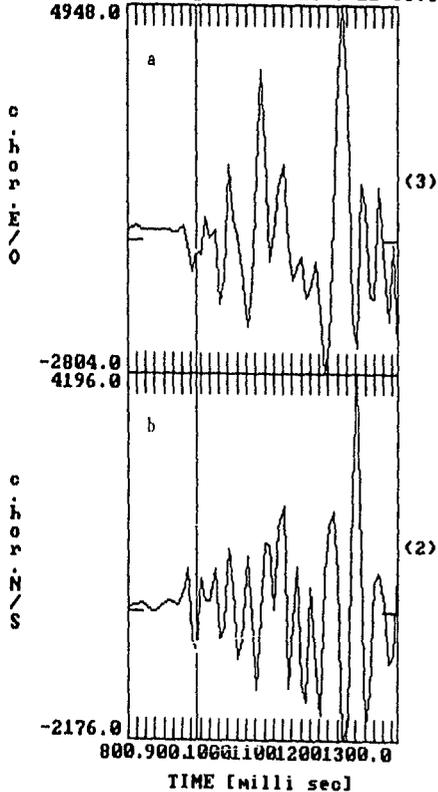


Figura 18. Ej. Método Estación Única .

Ev.SA1230;T.origen:94 1 18 7 11 33.32  
4948.0



- a.- Ventana de análisis. Traza E-0
- b.- Ventana de análisis. Traza N-S
- c.- Movimiento de partícula entre traza E-0 (CH1) y traza N-S (CH2)

Nota: El ángulo marcado (azimuth) por el movimiento de partícula fué de 315°, equivalente al ángulo de la figura (45°).

Figura 19. Ejemplo de mov. de partícula.

Ev. SA1230; T.origen: 94 1 18 7 11 33.32

o  
v  
e  
r  
t  
.  
o  
h  
o  
r  
.  
N  
/  
S  
o  
h  
o  
r  
.  
E  
/  
O  
  
R  
  
T

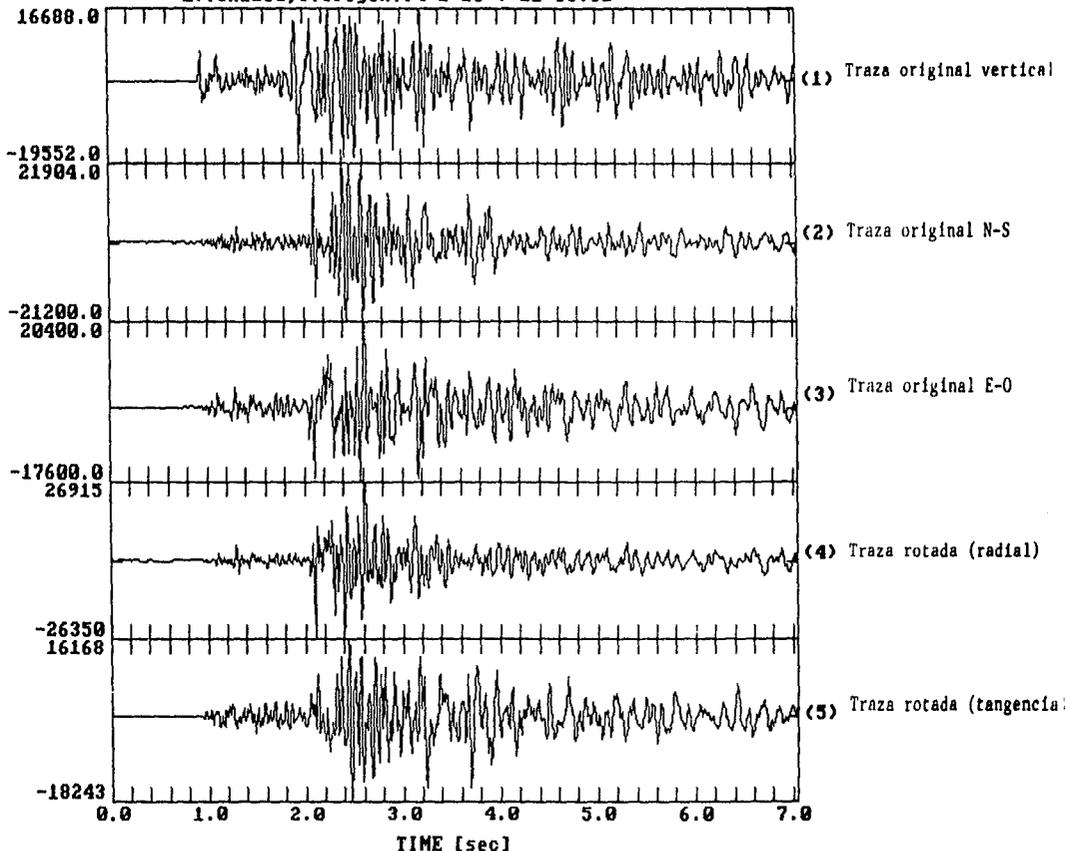


Figura 20. Rotación de canales 2,3(N,E), 315°

Ev.SA1230;T.origen:94 1 18 7 11 33.32

301.93

R  
a  
d  
i  
a  
l

-619.43  
6888.0

c  
v  
e  
r  
t  
.

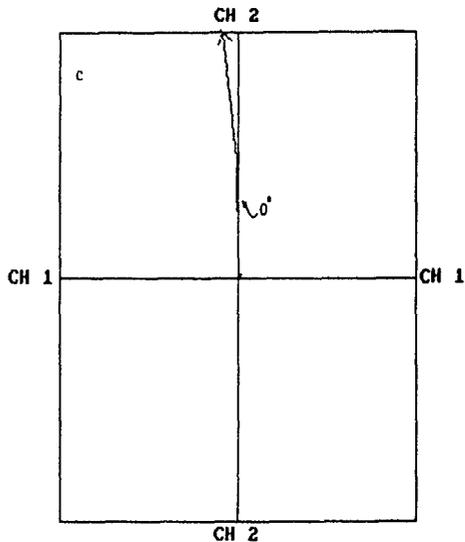
-5144.0

800.0850.0900.0950.0

TIME [milli sec]

(4)

(1)



a.- Ventana de análisis. Traza radial

b.- Ventana de análisis. Traza vertical

c.- Movimiento de partícula entre traza radial (CH1) y traza vertical (CH2)

Figura 21. Mov. de partícula (Rad. y Vert)

Ev. SA1233; T.origen: 94 1 19 10 37 17.92

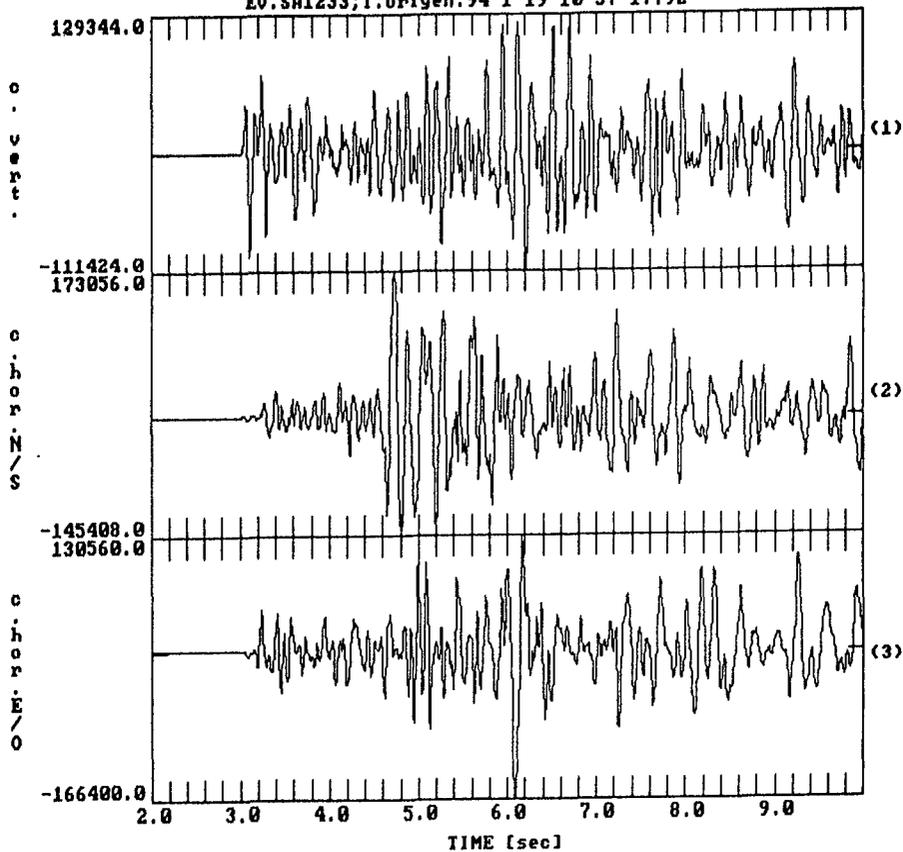


Figura 22. Ej. Método Estación única .

Ev.SA1233;T.origen:94 1 19 10 37 17.92

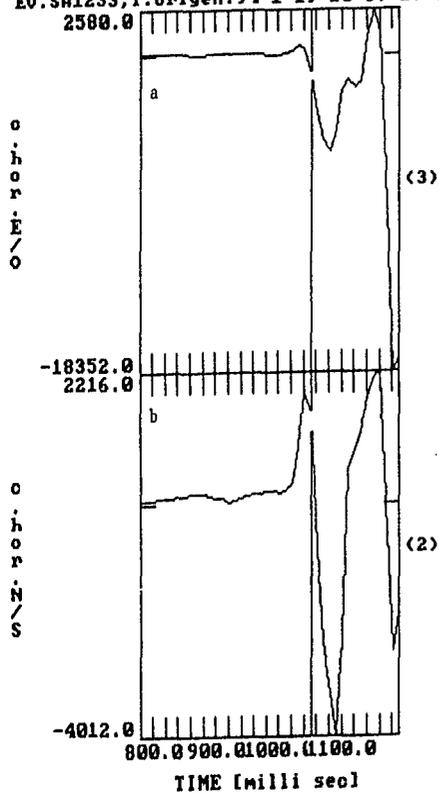
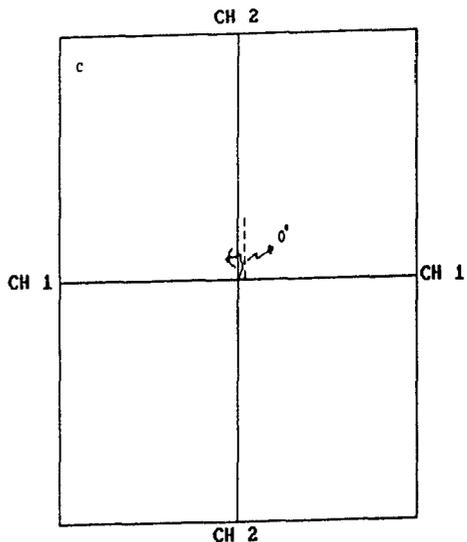


Figura 23. Mov. de partícula (E/O, N/S).

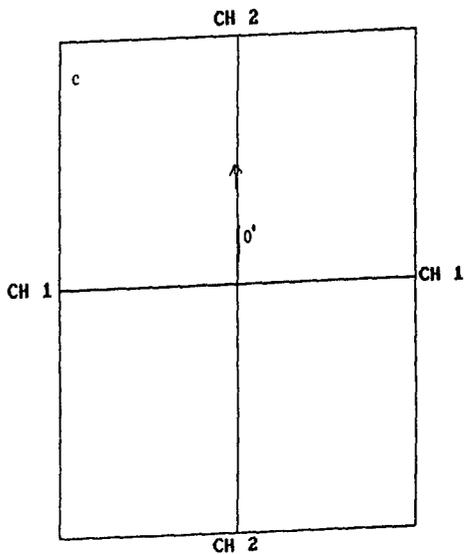
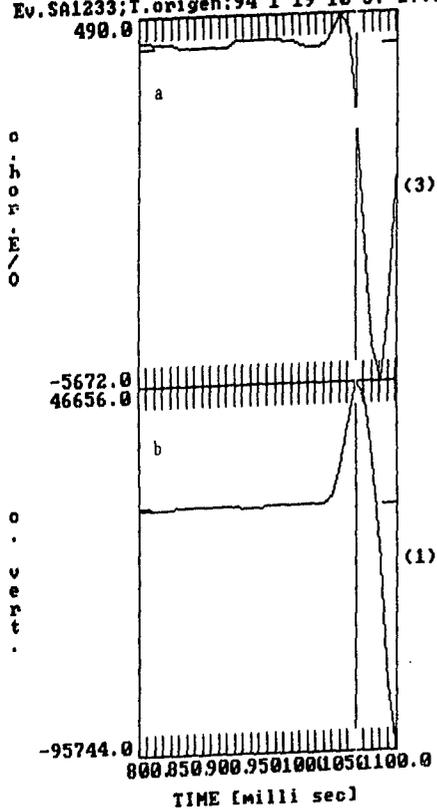


a.- Ventana de análisis. Traza E-O

b.- Ventana de análisis. Traza N-S

c.- Movimiento de partícula entre traza E-O (CH1) y traza N-S (CH2)

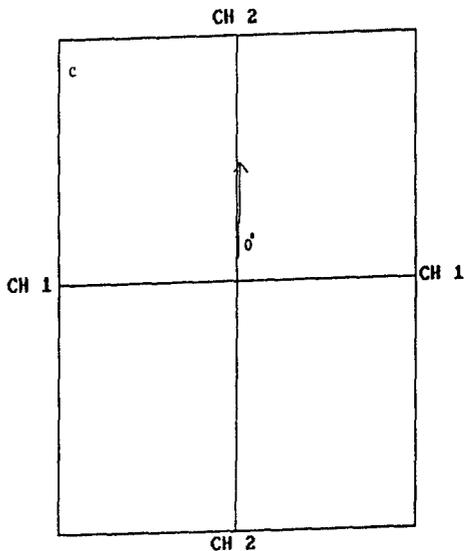
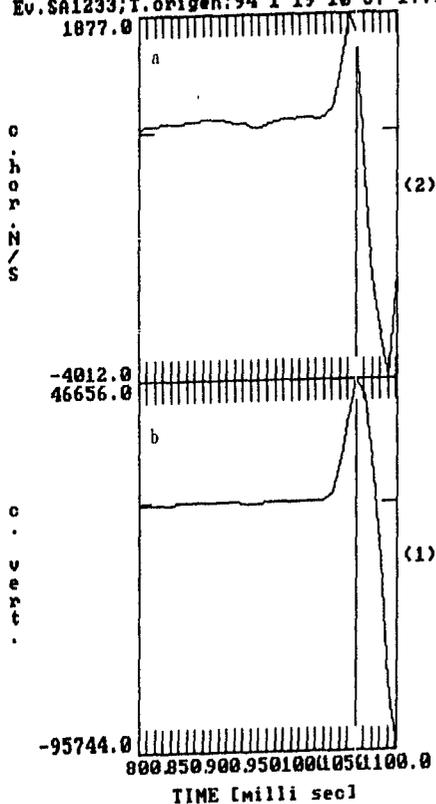
Ev.SA1233;T.origen:94 1 19 10 37 17.92  
490.0



- a.- Ventana de análisis. Traza E-0
- b.- Ventana de análisis. Traza vertical
- c.- Movimiento de partícula entre traza E-0 (CH1) y traza vertical (CH2)

Figura 24. Mov. de partícula (E/O, Vert)

Ev.SA1233;T.origen:94 1 19 10 37 17.92  
1877.0



- a.- Ventana de análisis. Traza N-S
- b.- Ventana de análisis. Traza vertical
- c.- Movimiento de partícula entre traza N-S (CH1) y traza vertical (CH2)

Figura 25. Mov. de partícula (N/S, Vert)

FREQUENCY = 6.0 HZ

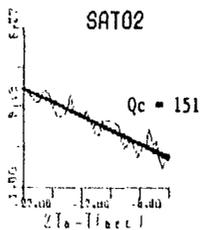
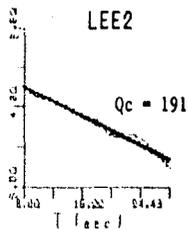
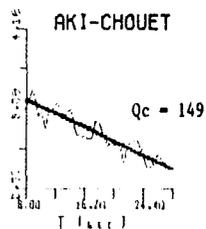
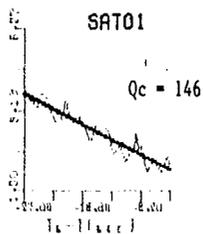
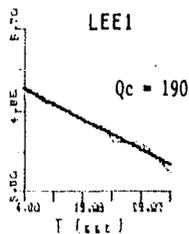
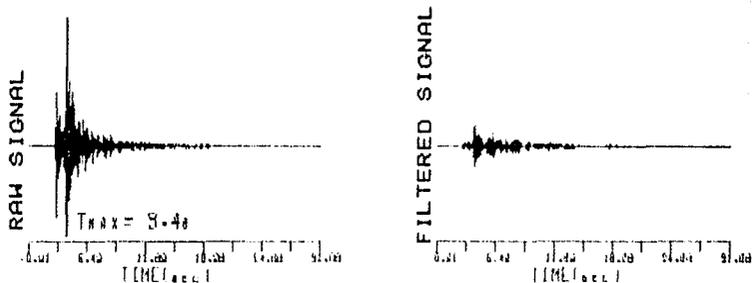


Figura 26. Ejemplo de resultados del programa CODAQ. Parte superior: señal original y señal filtrada a 06 Hz (ancho de banda 04 Hz). Parte inferior: gráficas de decaimiento de coda de donde se calcula  $Q_c$

FREQUENCY = 24.0 HZ

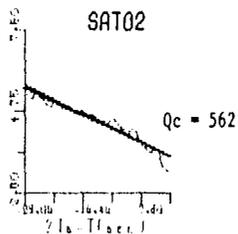
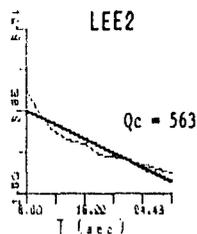
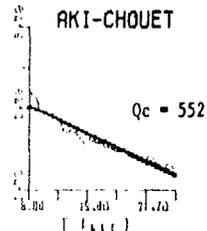
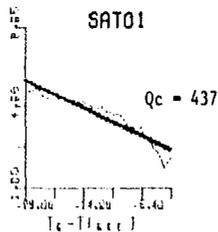
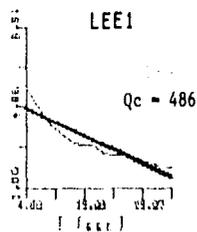
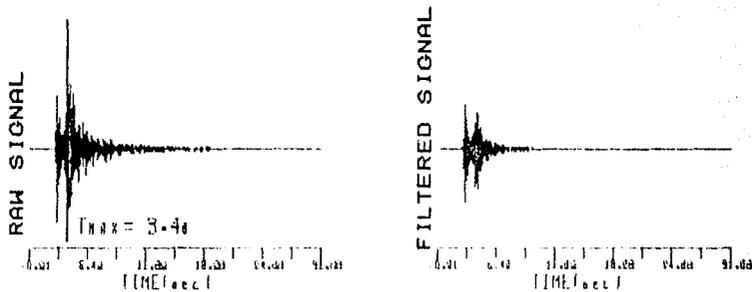


Figura 27. Ejemplo de resultados del programa CODAQ. Parte superior: Señal original y señal filtrada a 24 Hz (ancho de banda 16 Hz). La marca de  $T = 3.4$  s es donde empieza la coda. Parte inferior: Curvas de decaimiento para el cálculo de  $Q_c$ .

# CAMPO GEOTÉRMICO DE TRES VÍRGENES, B.C.S.

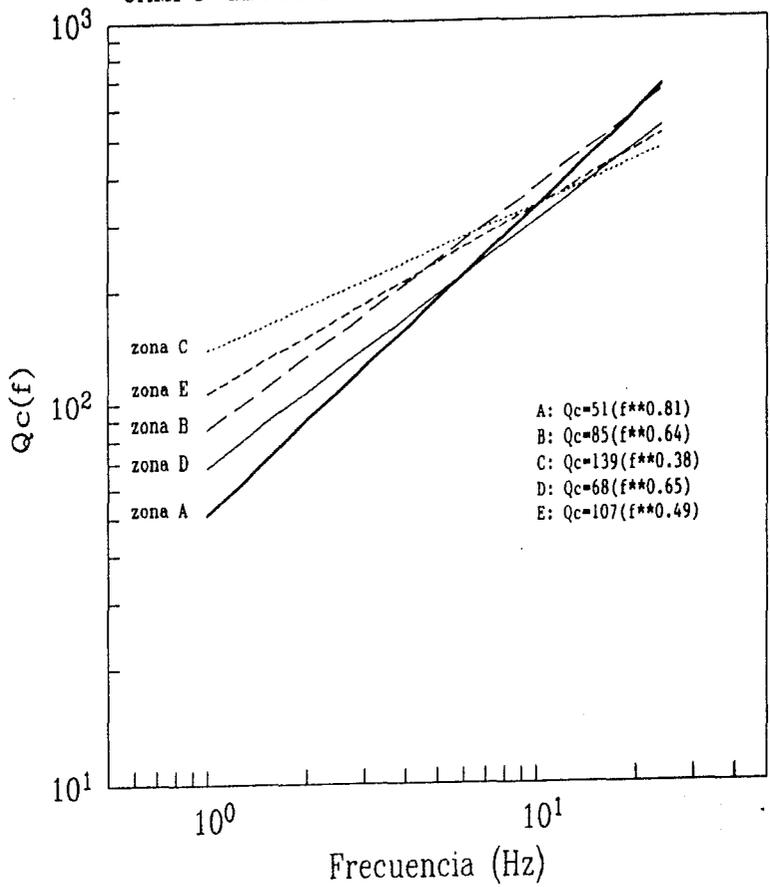


Figura 28. Resultados del análisis de  $Q_c$  para las diferentes zonas

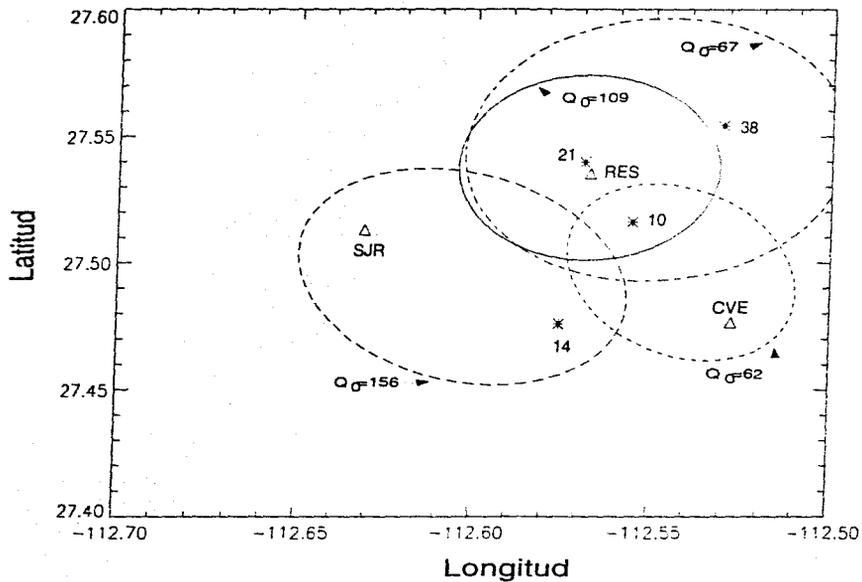


Figura 29. Resultados del análisis de atenuación de ondas de coda ( $Q_c$ ) con diferentes arreglos evento-estación

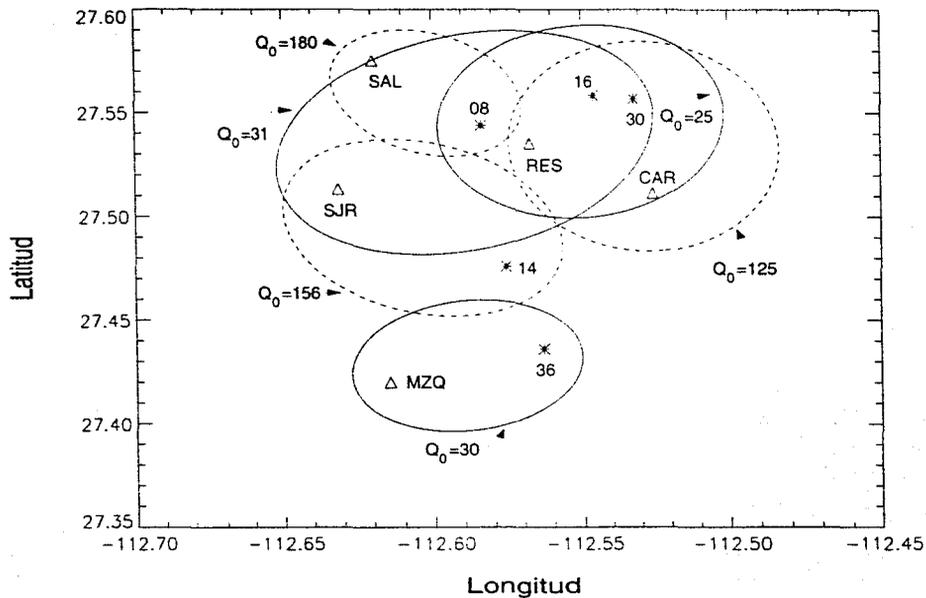


Figura 30. Resultados de  $Q_c$  con arreglos evento-estación considerando las direcciones N-S, NO-SE, NE-SE. Las elipses fueron calculadas para un intervalo de tiempo igual al tiempo de viaje de la onda S.

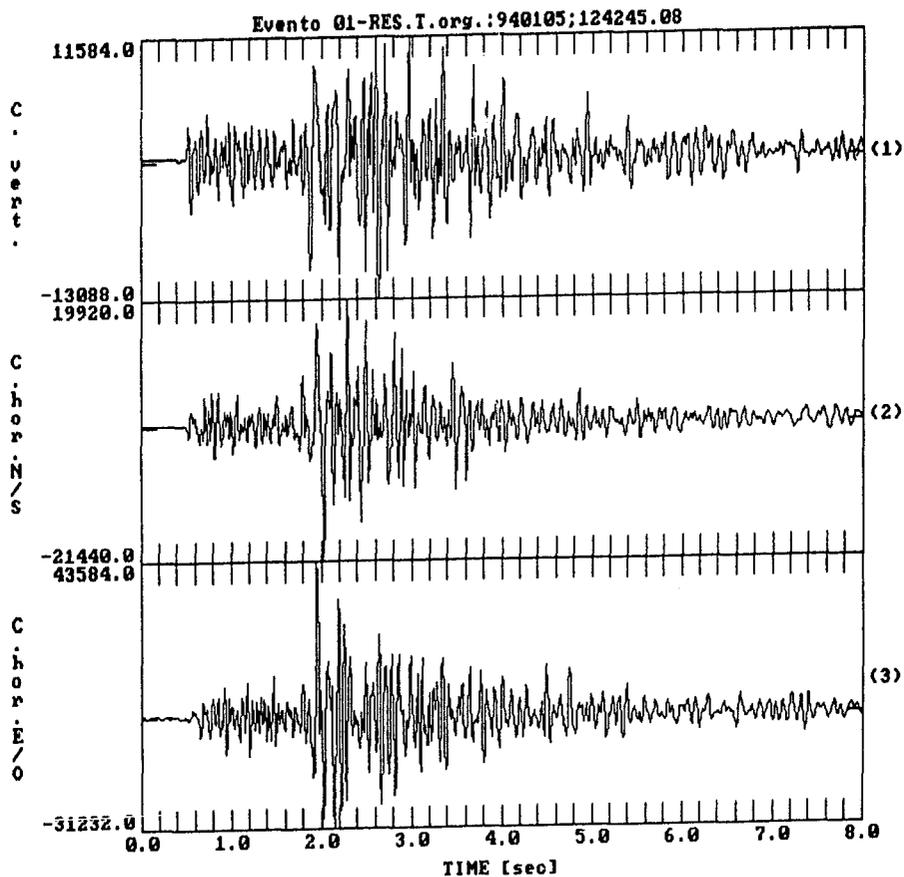


Figura 31. Sismograma de ev.tectónico.

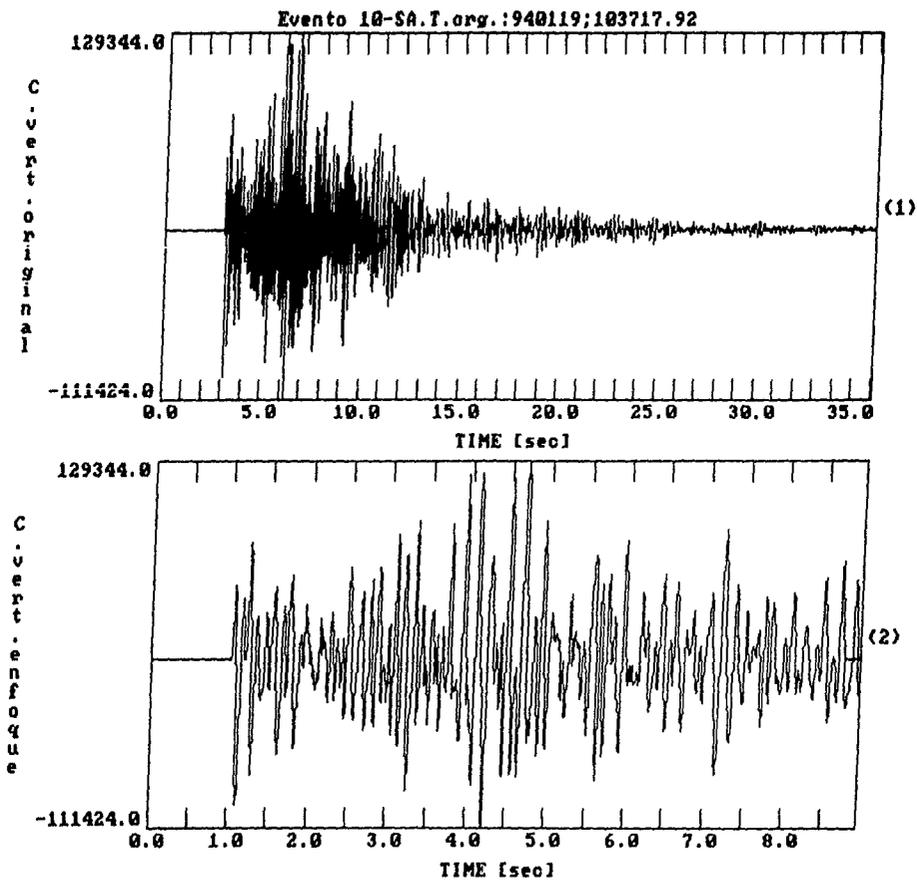


Figura 32. Sismograma de ev. volcánico.

Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S.

Latitud Norte.

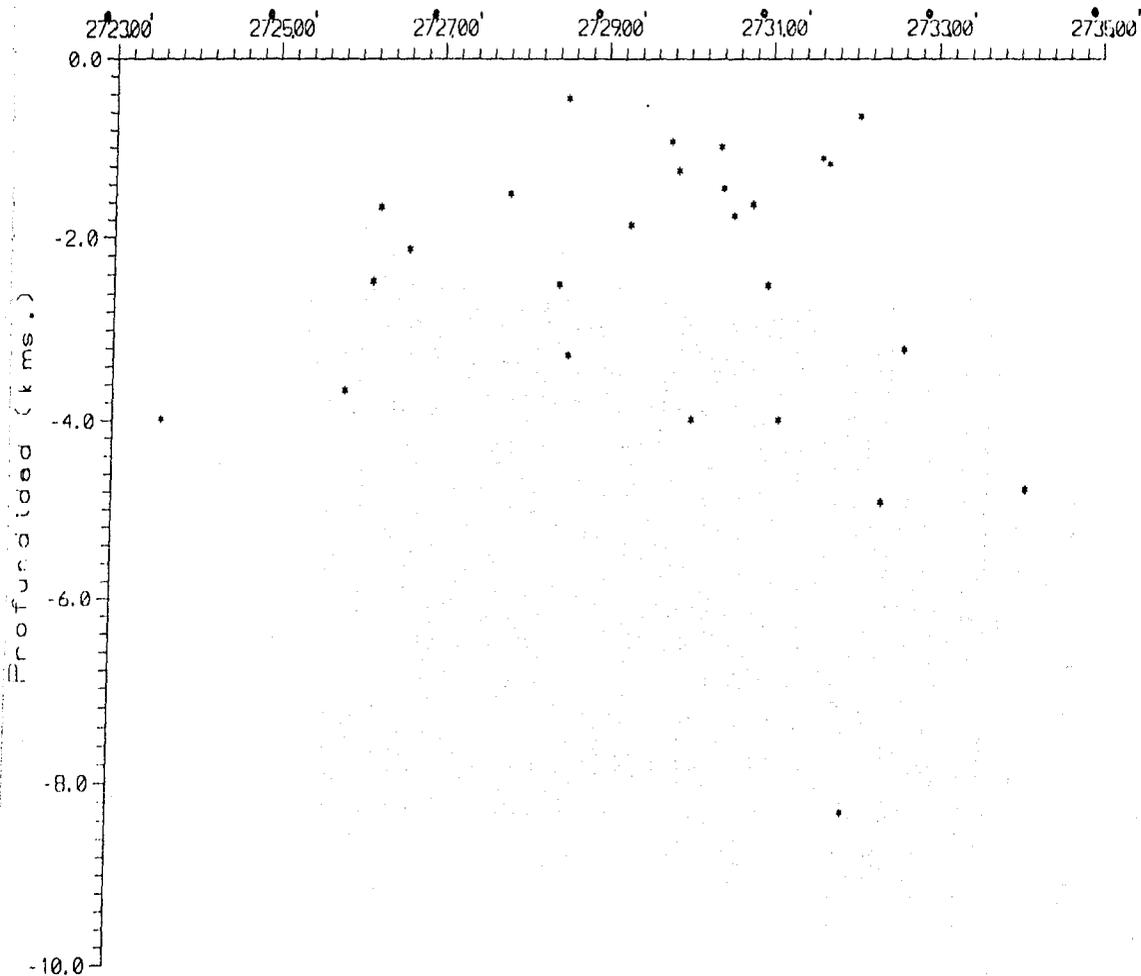


Figura 33. Perfil Sísmico AA'. Profundidades Focales.  
Dirección: N12E.

Campo Geotérmico de Tres Vírgenes, B.C.S.

Latitud Norte.

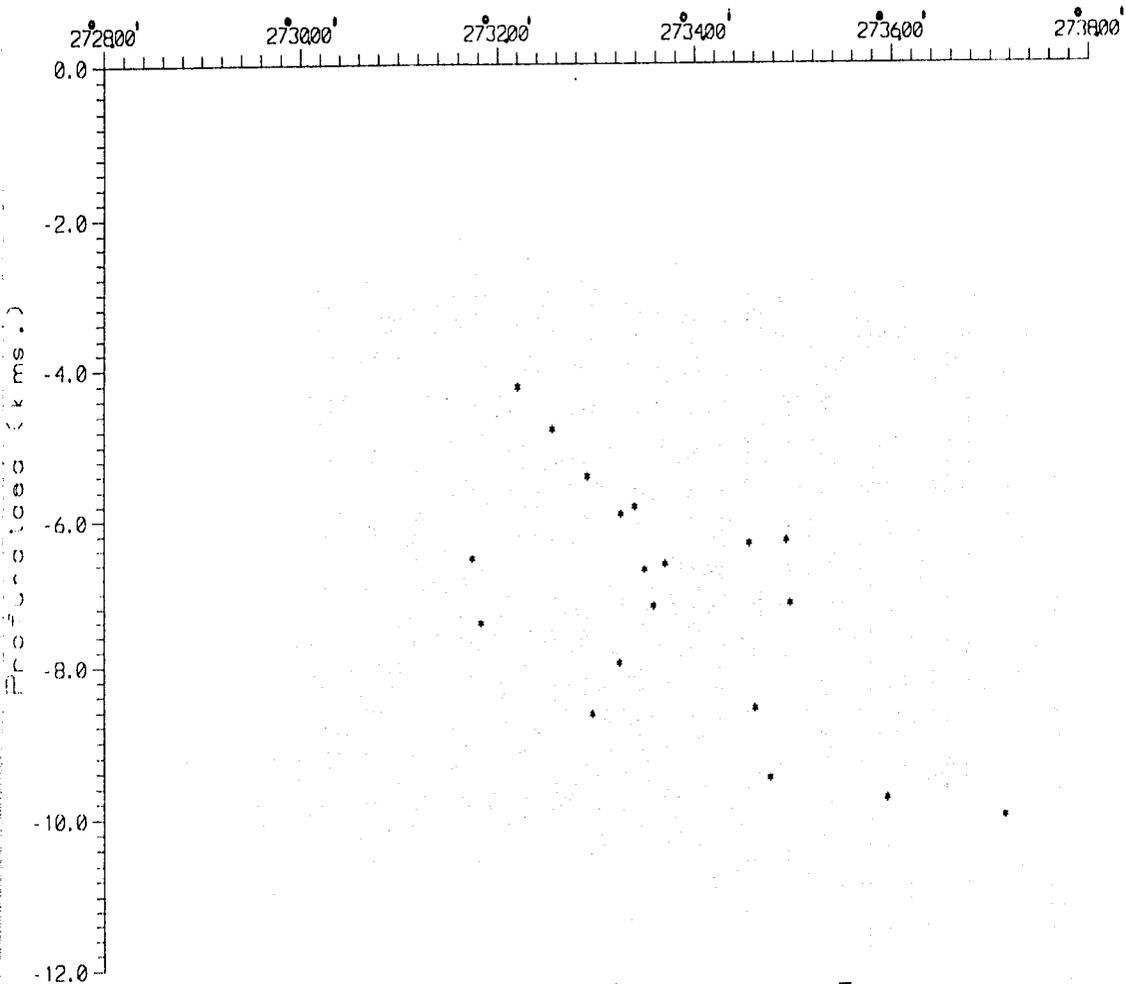


Figura 34. Perfil Sísmico BB'. Profundidades Focales.  
Dirección: N260.

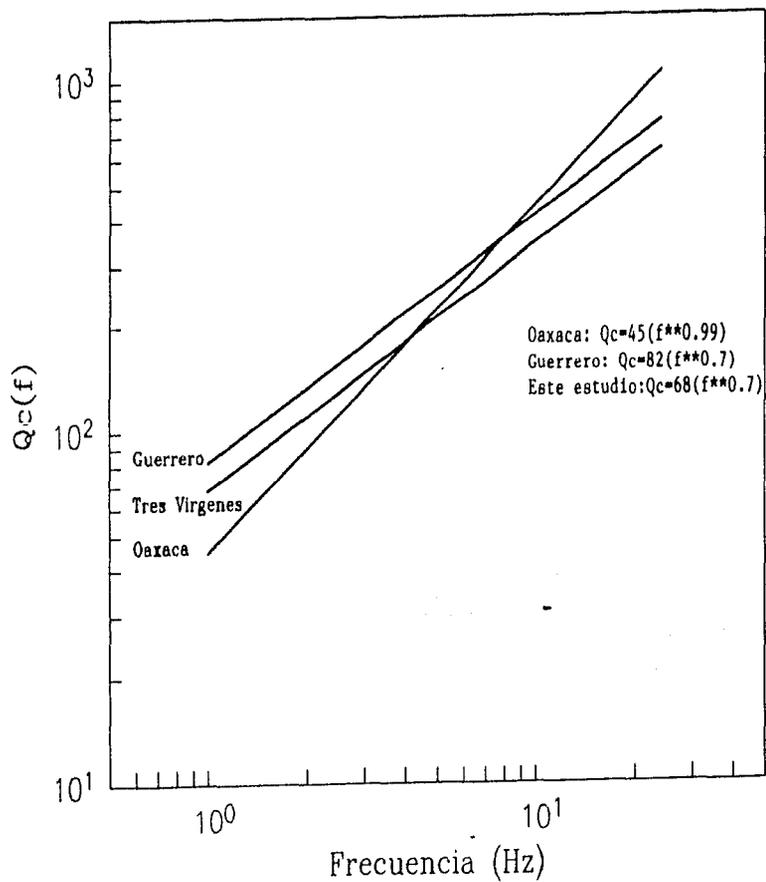


Figura 35. Comparación de modelos de atenuación de ondas de coda ( $Q_c$ ) para las regiones de Tres Virgenes, B.C.S., Oaxaca y Guerrero.

## ANEXO 1

BASE DE DATOS  
PERIODO ENERO - ABRIL DE 1994

Archivo	Evento	Fecha	muestreo preev		posev	adcgain	ganancias			sta	lta	razon	
			#	aa			jul	hr	mn				seg
CV2779.SSS	001	94 003 19 39 13 914	100	6	67	0020	AA	0001	0001	0001	0.4	012.8	09
RE1693.SSS	001	94 003 20 54 00 434	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
CA0337.SSS	001	94 003 22 30 59 040	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
RE1697.SSS	005	94 004 14 06 55 134	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1252.SSS	002	94 004 18 35 52 624	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1190.SSS	001	94 004 19 46 13 254	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1192.SSS	003	94 005 00 16 28 954	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1254.SSS	004	94 005 03 41 47 474	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
CV2807.SSS	029	94 005 11 41 52 164	100	6	67	0020	AA	0001	0001	0001	0.4	012.8	09
RE1701.SSS	009	94 005 12 42 44 484	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1255.SSS	005	94 005 12 42 45 574	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1193.SSS	004	94 005 12 42 46 104	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE1708.SSS	002	94 007 04 04 16 884	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1256.SSS	006	94 007 04 04 17 224	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1194.SSS	005	94 007 04 04 17 504	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CV2832.SSS	010	94 007 04 04 17 664	100	6	67	0020	AA	0001	0001	0001	0.4	012.8	09
CA0340.SSS	004	94 007 04 04 19 140	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SJ1257.SSS	007	94 007 05 50 20 674	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SJ1258.SSS	008	94 007 16 35 21 974	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1201.SSS	002	94 008 01 18 37 654	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE1715.SSS	009	94 008 01 18 39 784	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1265.SSS	003	94 008 01 18 40 624	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
CA0341.SSS	001	94 008 18 52 10 640	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SA1202.SSS	003	94 009 11 04 57 604	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE1724.SSS	006	94 009 11 04 58 484	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1266.SSS	004	94 009 11 04 59 274	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
CA0342.SSS	002	94 009 11 05 00 940	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SA1203.SSS	004	94 009 14 42 46 054	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1267.SSS	005	94 009 14 42 47 924	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SJ1268.SSS	006	94 009 16 38 58 224	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
RE1727.SSS	009	94 009 18 22 01 734	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1269.SSS	007	94 009 22 34 00 574	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
RE1729.SSS	011	94 010 00 11 55 884	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1270.SSS	008	94 010 00 11 56 574	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1204.SSS	005	94 010 00 11 56 704	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1205.SSS	006	94 010 16 02 47 354	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE1734.SSS	016	94 010 16 02 48 934	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
CA0343.SSS	003	94 010 16 02 49 990	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SJ1271.SSS	009	94 010 17 45 35 674	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
RE1739.SSS	003	94 010 22 30 27 134	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1278.SSS	003	94 010 22 30 27 674	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1212.SSS	002	94 010 22 30 27 954	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0344.SSS	004	94 010 22 30 31 690	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SJ1279.SSS	004	94 011 22 38 58 524	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
CA0345.SSS	005	94 012 19 38 55 340	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SJ1280.SSS	005	94 012 22 19 24 174	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
RE1749.SSS	006	94 014 03 13 39 534	100	6	67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1213.SSS	003	94 014 03 13 39 954	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1281.SSS	006	94 014 03 13 40 874	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
CA0347.SSS	002	94 014 03 13 42 040	100	5	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	012.8	09	
SJ1282.SSS	007	94 014 05 58 18 524	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1214.SSS	004	94 014 05 58 19 304	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1283.SSS	008	94 014 18 58 40 074	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SJ1289.SSS	003	94 016 04 07 24 474	100	6	67	0020	AA	0100	0010	0100	0.4	006.4	09
SA1219.SSS	003	94 016 16 05 02 254	100	6	67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09

SJ1368.SSS	005	94 045 21 04 33 764	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1897.SSS	001	94 046 16 10 53 284	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
CA0362.SSS	001	94 046 17 44 890	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
RE1908.SSS	012	94 047 00 10 44 184	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1279.SSS	003	94 047 00 10 45 774	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1369.SSS	006	94 047 00 10 46 814	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CV3397.SSS	012	94 047 00 10 46 924	100	6.67	0010	AA 0001 0001 0001	0.4	025.6	09
CA0364.SSS	003	94 047 00 10 47 390	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
RE1909.SSS	013	94 047 01 30 07 234	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1280.SSS	004	94 047 01 30 07 424	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1370.SSS	007	94 047 01 30 08 864	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1281.SSS	005	94 047 03 04 20 874	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1910.SSS	014	94 047 03 04 22 534	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1371.SSS	008	94 047 03 04 23 564	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1373.SSS	010	94 047 20 10 05 914	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1377.SSS	014	94 048 23 31 29 064	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1385.SSS	003	94 050 20 11 55 914	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1939.SSS	015	94 051 19 57 51 034	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1309.SSS	003	94 051 19 57 51 324	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1386.SSS	004	94 051 19 57 52 964	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1387.SSS	005	94 051 22 13 13 564	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1942.SSS	018	94 051 22 13 15 284	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
CV3511.SSS	041	94 051 23 33 26 774	100	6.67	0010	AA 0001 0001 0001	0.4	051.0	09
SJ1388.SSS	006	94 051 23 33 27 764	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1945.SSS	021	94 051 23 33 27 884	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
CA0367.SSS	002	94 051 23 33 31 590	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
SA1310.SSS	004	94 051 23 33 31 674	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1389.SSS	007	94 052 03 15 24 564	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1946.SSS	022	94 052 03 15 25 484	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
CV3536.SSS	010	94 052 23 10 15 504	100	6.67	0010	AA 0001 0001 0001	0.4	051.0	09
SJ1396.SSS	004	94 052 23 10 17 774	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1950.SSS	003	94 052 23 10 18 504	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1320.SSS	007	94 053 01 28 39 204	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1951.SSS	004	94 053 01 28 48 154	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1397.SSS	005	94 053 01 28 49 374	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CA0369.SSS	002	94 053 01 28 50 110	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
SA1321.SSS	008	94 053 01 43 46 104	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1952.SSS	005	94 053 01 43 54 354	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1398.SSS	006	94 053 01 43 55 474	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1399.SSS	007	94 053 02 35 54 424	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1322.SSS	009	94 053 06 45 32 154	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1953.SSS	006	94 053 06 45 41 154	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1400.SSS	008	94 053 06 45 42 374	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CA0370.SSS	003	94 053 06 45 43 210	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
RE1958.SSS	011	94 053 16 27 55 404	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1401.SSS	009	94 053 23 17 40 974	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1402.SSS	010	94 054 06 18 17 474	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1973.SSS	004	94 055 04 58 51 504	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1334.SSS	021	94 055 08 01 37 754	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1977.SSS	008	94 055 12 11 59 454	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1335.SSS	022	94 055 12 12 01 154	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1978.SSS	009	94 055 19 02 03 804	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1336.SSS	023	94 055 19 02 04 854	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1403.SSS	011	94 055 19 02 05 924	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CA0371.SSS	004	94 055 19 02 07 260	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
SA1337.SSS	024	94 055 20 03 48 754	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE1979.SSS	010	94 055 20 03 49 104	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1404.SSS	012	94 055 20 03 51 224	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1405.SSS	013	94 056 05 51 58 274	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09

SA1338.SSS	025	94 056 09 22 33 154	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1346.SSS	004	94 058 10 24 49 104	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1415.SSS	003	94 058 10 24 50 624	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1416.SSS	004	94 059 04 54 10 824	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1417.SSS	005	94 059 14 53 20 174	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1418.SSS	006	94 059 14 56 58 874	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1353.SSS	002	94 059 21 15 52 404	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1428.SSS	004	94 059 21 15 53 574	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CV3671.SSS	044	94 059 21 16 02 704	100	6.67	0010	AA 0001 0001 0001	0.4	051.0	09
CA0372.SSS	005	94 059 21 16 03 510	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
SJ1429.SSS	005	94 060 07 54 24 174	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1430.SSS	006	94 060 21 01 56 974	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1354.SSS	003	94 060 23 08 18 904	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2021.SSS	008	94 060 23 08 19 404	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1431.SSS	007	94 060 23 08 20 424	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1355.SSS	004	94 061 03 21 59 454	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1432.SSS	008	94 061 03 22 01 924	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1433.SSS	009	94 061 09 37 58 774	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2024.SSS	011	94 061 09 38 01 654	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1356.SSS	005	94 061 09 38 02 904	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1357.SSS	006	94 062 06 42 31 154	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1358.SSS	007	94 062 13 35 47 154	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2031.SSS	004	94 062 13 35 47 604	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1434.SSS	010	94 062 13 35 48 824	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1441.SSS	003	94 064 04 20 45 324	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2039.SSS	012	94 064 04 20 45 754	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
CA0373.SSS	006	94 064 04 20 48 310	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
RE2043.SSS	016	94 064 14 39 20 704	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1442.SSS	004	94 064 14 39 21 224	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1365.SSS	003	94 064 14 39 21 654	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1443.SSS	005	94 064 17 32 48 974	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1444.SSS	006	94 064 23 51 47 774	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2048.SSS	003	94 064 23 51 48 654	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1445.SSS	007	94 065 01 18 22 274	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2049.SSS	004	94 065 01 18 23 304	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SA1366.SSS	004	94 065 02 52 06 454	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2050.SSS	005	94 065 02 52 06 704	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1446.SSS	008	94 065 02 52 08 524	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CA0376.SSS	002	94 065 02 52 08 910	100	5	0020	AA 0010 0010 0001	0.4	012.8	09
CV3719.SSS	012	94 065 02 52 17 954	100	6.67	0010	AA 0001 0001 0001	0.4	102.0	09
SA1367.SSS	005	94 065 03 37 36 454	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1368.SSS	006	94 065 10 05 27 804	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1370.SSS	008	94 065 14 59 20 554	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1375.SSS	013	94 066 03 12 31 054	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1447.SSS	009	94 066 03 12 32 124	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2056.SSS	011	94 066 03 12 33 254	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
CA0380.SSS	002	94 068 18 04 26 060	100	10	0030	AA 0010 0010 0001	0.2	006.4	06
SJ1453.SSS	002	94 068 19 46 32 874	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1381.SSS	003	94 069 04 09 24 404	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1382.SSS	004	94 069 10 03 10 104	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CA0382.SSS	001	94 070 06 50 01 060	100	10	0030	AA 0010 0010 0001	0.2	006.4	09
SA1384.SSS	006	94 070 06 50 03 054	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2095.SSS	009	94 070 06 50 03 854	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09
SJ1454.SSS	003	94 070 06 50 04 624	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SA1393.SSS	005	94 070 22 28 35 754	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
SJ1463.SSS	004	94 070 22 28 37 804	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
CA0386.SSS	002	94 074 18 59 29 850	100	10	0030	AA 0010 0010 0001	0.2	006.4	09
SA1395.SSS	007	94 074 18 59 31 354	100	6.67	0020	AA 0100 0100 0100	0.4	006.4	09
RE2135.SSS	031	94 074 18 59 32 564	100	6.67	0020	AA 0010 0010 0010	0.4	012.8	09

SJ1464.SSS	005	94	074	18	59	33	604	100	6.67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
MZ1522.SSS	019	94	074	23	30	03	034	100	6.67	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1396.SSS	008	94	075	14	00	10	754	100	6.67	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1470.SSS	003	94	075	23	14	16	507	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2154.SSS	003	94	075	23	14	24	707	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1403.SSS	004	94	075	23	14	25	617	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1471.SSS	004	94	076	08	39	13	057	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2155.SSS	004	94	076	08	39	14	357	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1404.SSS	005	94	076	08	39	15	217	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2156.SSS	005	94	076	19	02	05	407	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1472.SSS	005	94	076	19	02	07	057	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1405.SSS	006	94	076	19	02	07	467	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2157.SSS	006	94	077	00	22	01	707	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1473.SSS	006	94	077	00	22	01	857	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1406.SSS	007	94	077	11	40	41	517	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
MZ1555.SSS	027	94	077	11	55	38	157	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1474.SSS	007	94	077	11	55	39	907	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1475.SSS	008	94	078	09	52	23	357	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1407.SSS	008	94	078	11	51	15	667	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1476.SSS	009	94	078	11	51	17	507	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1411.SSS	002	94	078	19	05	53	767	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2160.SSS	002	94	078	19	05	54	057	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1479.SSS	002	94	078	19	05	54	657	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1480.SSS	003	94	078	19	25	03	757	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
MZ1588.SSS	014	94	078	19	25	03	907	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	09
CV3821.SSS	002	94	078	19	25	04	387	100	13.3	0020	AA	0001	0001	0001		0025	
RE2161.SSS	003	94	078	19	25	04	407	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1412.SSS	003	94	078	19	25	04	617	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0389.SSS	002	94	078	19	25	08	320	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1481.SSS	004	94	078	19	28	42	607	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1413.SSS	004	94	078	20	22	02	967	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2162.SSS	004	94	078	20	22	03	507	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1482.SSS	005	94	078	20	22	04	557	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
MZ1611.SSS	037	94	078	22	35	23	207	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	09
MZ1612.SSS	038	94	078	22	36	17	557	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	09
MZ1613.SSS	039	94	078	22	37	48	707	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	09
SJ1483.SSS	006	94	080	00	42	41	457	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2163.SSS	005	94	080	00	42	43	307	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1414.SSS	005	94	080	00	42	44	817	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0390.SSS	003	94	080	00	42	46	820	100	10	0030	AA	0100	0100	0001	0.2	006.4	09
SJ1484.SSS	007	94	080	00	48	15	307	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2164.SSS	006	94	080	00	48	15	557	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
RE2165.SSS	007	94	080	01	30	01	957	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1415.SSS	006	94	080	02	54	53	017	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2166.SSS	008	94	080	02	54	53	657	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1485.SSS	008	94	080	02	55	03	207	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1486.SSS	009	94	080	09	28	38	307	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2167.SSS	009	94	080	09	28	38	657	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1416.SSS	007	94	080	09	28	40	217	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2168.SSS	010	94	080	09	33	48	057	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1487.SSS	010	94	080	09	33	48	957	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1417.SSS	008	94	080	09	33	50	067	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0391.SSS	004	94	080	09	33	52	020	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1488.SSS	011	94	080	12	03	44	657	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2169.SSS	011	94	080	12	03	46	657	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1418.SSS	009	94	080	12	03	48	217	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1425.SSS	003	94	082	03	01	46	867	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2172.SSS	002	94	082	03	01	49	507	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1497.SSS	003	94	082	03	01	56	207	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09

MZ1645.SSS	031	94	082	16	25	49	707	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	09
SJ1498.SSS	004	94	082	16	25	51	157	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2173.SSS	003	94	082	16	25	51	407	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1427.SSS	005	94	082	16	25	52	317	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0392.SSS	005	94	082	16	25	54	220	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1499.SSS	005	94	082	16	30	44	307	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1500.SSS	006	94	082	17	33	30	657	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1501.SSS	007	94	082	18	13	54	507	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2174.SSS	004	94	082	18	13	55	157	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1502.SSS	008	94	082	20	35	12	407	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2175.SSS	005	94	082	20	35	12	857	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1428.SSS	006	94	082	20	35	14	117	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1503.SSS	009	94	082	21	39	49	207	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2176.SSS	006	94	082	21	39	49	357	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1429.SSS	007	94	082	21	39	50	817	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1504.SSS	010	94	083	19	13	11	457	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1430.SSS	008	94	084	02	28	53	967	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2177.SSS	007	94	084	02	29	00	107	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1505.SSS	011	94	084	02	29	04	257	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1506.SSS	012	94	084	13	30	11	907	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2178.SSS	008	94	084	13	30	14	607	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1435.SSS	003	94	085	08	58	56	017	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1512.SSS	003	94	085	08	58	57	757	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1513.SSS	004	94	085	20	42	46	907	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1438.SSS	006	94	086	01	19	42	617	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2184.SSS	003	94	086	01	19	43	157	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1514.SSS	005	94	086	01	19	45	407	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0395.SSS	002	94	086	01	19	46	720	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SA1439.SSS	007	94	086	08	48	54	267	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2185.SSS	004	94	086	08	48	54	957	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1515.SSS	006	94	086	08	48	55	907	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0396.SSS	003	94	086	08	48	58	770	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
RE2186.SSS	005	94	086	10	37	11	057	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1440.SSS	008	94	086	10	37	11	417	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1516.SSS	007	94	086	10	37	12	457	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0397.SSS	004	94	086	10	37	14	370	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1517.SSS	008	94	086	15	17	11	057	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2187.SSS	006	94	086	21	30	27	257	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1441.SSS	009	94	086	21	30	28	867	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1518.SSS	009	94	086	21	30	29	607	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0398.SSS	005	94	086	21	30	32	070	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
RE2188.SSS	007	94	087	19	33	57	157	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
RE2192.SSS	002	94	088	01	48	26	607	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
CA0404.SSS	004	94	088	01	48	29	920	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1523.SSS	002	94	088	08	02	00	927	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2193.SSS	003	94	088	08	02	02	307	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1447.SSS	003	94	088	08	02	03	697	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0405.SSS	005	94	088	09	06	06	070	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SA1448.SSS	004	94	088	11	26	03	297	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1524.SSS	003	94	088	16	33	30	577	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2194.SSS	004	94	088	16	33	30	857	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1525.SSS	004	94	088	16	35	08	727	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2195.SSS	005	94	088	16	35	10	857	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1449.SSS	005	94	088	16	35	28	497	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1450.SSS	006	94	089	12	48	51	347	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1526.SSS	005	94	089	12	48	52	577	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2196.SSS	006	94	089	12	48	52	607	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
RE2202.SSS	002	94	090	21	54	42	707	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1527.SSS	006	94	090	21	54	44	077	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09

RE2203.SSS	003	94	090	22	01	49	507	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1451.SSS	007	94	090	22	01	49	997	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1528.SSS	007	94	090	22	01	50	377	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0406.SSS	006	94	090	22	01	52	870	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
MZ1674.SSS	003	94	090	22	01	53	987	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	12
MZ1676.SSS	005	94	091	15	19	50	487	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	12
RE2204.SSS	004	94	091	22	59	47	657	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
CA0407.SSS	007	94	091	23	10	50	970	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1529.SSS	008	94	092	10	15	56	277	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1530.SSS	009	94	092	10	19	37	177	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2205.SSS	005	94	092	10	19	38	257	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1452.SSS	008	94	092	10	19	38	897	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0408.SSS	008	94	092	10	19	41	770	100	10	0030	AA	0010	0010	0001	0.2	006.4	09
SJ1531.SSS	010	94	092	10	51	26	927	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1532.SSS	011	94	092	14	36	03	977	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1453.SSS	009	94	093	01	44	26	347	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2206.SSS	006	94	093	01	44	27	707	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0010	0.4	012.8	09
SJ1533.SSS	012	94	093	01	44	27	877	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
MZ1682.SSS	011	94	094	06	28	15	337	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	12
SJ1534.SSS	013	94	094	06	28	17	027	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2207.SSS	007	94	094	06	28	17	357	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1456.SSS	012	94	094	06	28	19	097	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
MZ1683.SSS	012	94	094	08	38	52	437	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	025.6	12
SJ1535.SSS	014	94	094	08	38	54	127	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2208.SSS	008	94	094	08	38	54	457	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1457.SSS	013	94	094	08	38	55	897	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2209.SSS	009	94	094	13	23	54	257	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1536.SSS	015	94	094	13	23	54	527	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2210.SSS	010	94	094	17	02	44	357	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1537.SSS	016	94	094	17	02	44	727	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2211.SSS	011	94	094	23	22	26	407	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1541.SSS	002	94	094	23	22	27	167	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1542.SSS	003	94	095	02	05	09	917	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2212.SSS	012	94	095	02	05	10	307	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1543.SSS	004	94	095	02	34	08	767	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2213.SSS	013	94	095	02	34	10	257	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1462.SSS	003	94	095	02	34	11	187	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1544.SSS	005	94	095	04	42	57	267	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1545.SSS	006	94	096	12	24	39	867	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1463.SSS	004	94	096	12	24	40	537	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2214.SSS	014	94	096	14	40	13	157	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1548.SSS	002	94	096	21	46	43	657	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2219.SSS	003	94	097	00	28	31	077	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1549.SSS	003	94	097	00	28	31	957	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0416.SSS	003	94	097	00	28	34	580	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2220.SSS	004	94	097	19	28	14	677	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1550.SSS	004	94	097	19	28	15	757	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0417.SSS	004	94	097	19	28	17	530	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2221.SSS	005	94	097	20	08	51	027	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1551.SSS	005	94	097	20	08	52	107	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0418.SSS	005	94	097	20	08	55	080	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2222.SSS	006	94	097	21	48	56	377	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1552.SSS	006	94	097	21	48	56	907	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0419.SSS	006	94	097	21	48	59	730	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2223.SSS	007	94	098	02	13	47	077	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
CA0420.SSS	007	94	098	02	13	49	580	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
MZ1697.SSS	004	94	098	20	16	28	797	100	13.3	0020	AA	0001	0001	0001	0.013		
SJ1553.SSS	007	94	098	20	16	29	157	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2224.SSS	008	94	098	20	16	29	177	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CA0421.SSS	008	94	098	20	16	32	180	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2225.SSS	009	94	099	00	28	13	527	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
RE2226.SSS	010	94	099	07	08	26	727	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1554.SSS	008	94	099	07	08	27	607	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1555.SSS	009	94	099	17	59	28	907	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2227.SSS	011	94	099	17	59	29	077	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
MZ1698.SSS	005	94	099	17	59	29	347	100	13	3	0020	AA	0001	0001	0001			0013		
CA0424.SSS	002	94	099	17	59	33	580	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
SJ1556.SSS	010	94	101	07	27	03	807	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2231.SSS	002	94	101	16	45	56	527	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
CA0425.SSS	003	94	101	16	45	59	130	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2232.SSS	003	94	101	16	47	24	077	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
CA0426.SSS	004	94	101	16	47	26	580	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
SA1471.SSS	005	94	102	15	14	19	337	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2235.SSS	002	94	104	03	04	09	577	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
RE2236.SSS	003	94	104	05	01	13	877	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1562.SSS	002	94	105	08	24	12	917	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
CA0433.SSS	002	94	105	15	12	52	700	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2240.SSS	002	94	105	16	24	25	727	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1563.SSS	003	94	105	16	24	27	267	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
CA0434.SSS	003	94	105	16	27	47	800	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
CV3833.SSS	002	94	107	15	08	11	077	100	13	3	0020	AA	0001	0001	0001			0025		
RE2241.SSS	003	94	107	15	08	12	027	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1564.SSS	004	94	107	15	08	12	117	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
MZ1716.SSS	006	94	107	15	08	13	617	100	13	3	0020	AA	0001	0001	0001			0013		
SA1477.SSS	003	94	107	15	08	14	487	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
CA0435.SSS	004	94	107	15	08	14	800	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2242.SSS	004	94	107	20	53	19	427	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SA1478.SSS	004	94	107	20	53	21	137	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1565.SSS	005	94	107	20	53	21	867	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
CA0436.SSS	005	94	107	20	53	23	200	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2243.SSS	005	94	108	12	10	40	977	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1566.SSS	006	94	108	15	52	09	567	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SA1483.SSS	002	94	108	18	02	00	557	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1570.SSS	002	94	109	10	25	52	397	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2247.SSS	003	94	109	10	25	53	547	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
RE2248.SSS	004	94	109	23	12	13	897	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1571.SSS	003	94	109	23	12	15	297	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1572.SSS	004	94	109	23	21	53	947	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1573.SSS	005	94	110	01	20	21	847	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2249.SSS	005	94	110	01	20	22	897	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
RE2250.SSS	006	94	110	16	16	58	497	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
RE2251.SSS	007	94	111	15	03	03	397	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
RE2252.SSS	008	94	111	16	08	24	297	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1574.SSS	006	94	111	16	08	24	747	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SA1484.SSS	003	94	111	16	08	25	007	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2253.SSS	009	94	111	18	08	02	347	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SA1485.SSS	004	94	111	18	08	02	657	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1575.SSS	007	94	111	18	08	03	247	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SA1486.SSS	005	94	111	20	13	26	207	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
RE2254.SSS	010	94	112	00	17	07	747	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1578.SSS	002	94	112	00	17	09	697	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
CA0503.SSS	064	94	112	00	17	10	760	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2255.SSS	011	94	112	01	54	45	547	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SA1489.SSS	002	94	112	01	54	47	807	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
SJ1579.SSS	003	94	112	01	54	48	697	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09
CA0509.SSS	065	94	112	01	54	50	210	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0	4	006	4	06	
RE2256.SSS	012	94	112	01	56	01	247	100	13	3	0020	AA	0010	0010	0010	0	4	012	8	09
SJ1580.SSS	004	94	112	01	56	02	847	100	13	3	0020	AA	0100	0100	0100	0	4	006	4	09

CA0510.SSS	066	94	112	01	56	04	260	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2257.SSS	013	94	112	02	00	06	897	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1490.SSS	003	94	112	02	00	07	107	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1581.SSS	005	94	112	02	00	07	847	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0511.SSS	067	94	112	02	00	10	260	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2261.SSS	002	94	112	19	30	27	797	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
CA0514.SSS	002	94	112	19	30	32	460	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
SJ1582.SSS	006	94	112	23	39	23	847	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2262.SSS	003	94	112	23	39	24	447	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SA1491.SSS	004	94	112	23	39	25	857	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0515.SSS	003	94	112	23	39	28	760	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
SA1492.SSS	005	94	113	19	34	27	457	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
RE2263.SSS	004	94	113	19	34	27	797	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1583.SSS	007	94	113	19	34	30	847	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0516.SSS	004	94	113	19	34	32	410	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
RE2264.SSS	005	94	114	19	38	54	547	100	13.3	0020	AA	0010	0010	0010	0.4	012.8	09
SJ1584.SSS	008	94	114	19	38	55	047	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1493.SSS	006	94	114	19	38	56	557	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
CA0517.SSS	005	94	114	19	38	58	010	100	10	0020	AA	0010	0010	0001	0.4	006.4	06
SA1494.SSS	007	94	116	22	58	50	007	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1585.SSS	009	94	117	06	43	23	747	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SA1500.SSS	013	94	117	14	54	36	007	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09
SJ1586.SSS	010	94	117	15	49	04	947	100	13.3	0020	AA	0100	0100	0100	0.4	006.4	09

A N E X O 2.

DATOS DE ENTRADA PARA EL PROGRAMA HYP071PC.

MODELO DE CORTEZA, COORDENADAS DE ESTACIONES, VARIABLES DE PRUEBA, TIEMPOS DE ARRIVO P Y S,  
CARACTER DE LA SENAL, TIEMPO DE DURACION DE LA SENAL.

RESET TEST( 1)= 0.5  
RESET TEST( 2)= 8.00  
RESET TEST( 3)= 1.00  
RESET TEST( 4)= 0.05  
RESET TEST( 5)= 4.00  
RESET TEST( 6)= 1.00  
RESET TEST( 7)= -0.45  
RESET TEST( 8)= 1.81  
RESET TEST( 9)= 0.0033  
RESET TEST(10)= 50.00  
RESET TEST(11)= 12.00  
RESET TEST(12)= 0.50  
RESET TEST(13)= 1.00

RES2732.11N11234.04W 730 0.30  
CAR2730.67N11231.54W 620 0.26  
CVE2728.59N11231.67W 450 0.11  
MQZ2725.20N11236.87W 400 0.13  
SJR2730.79N11237.87W 400 0.17  
SAL2734.51N11237.18W 240 -0.08

1.242 0.000  
3.309 0.248  
4.796 1.023  
5.750 3.979  
6.300 7.000  
7.500 11.000  
8.200 25.000

4. 10. 100. 1.73 4 1 0 1 1 0 111110

RESIPu0 940105124246.91 48.26 S 1 15.  
SJRIPu0 940105124247.71 49.62 S 1 16.  
SALIPu0 940105124247.15 48.66 S 1 15.  
10

RESIPd0 940107040419.95 20.83 S 1 16.  
SJRIPu0 940107040420.28 21.26 S 1 15.  
SALIPu0 940107040420.43 21.57 S 1 19.  
CVEIPd0 940107040420.64 21.76 S 1 19.  
CAREPu0 940107040420.59 21.25 S 1 23.  
10

SALIPu0 940108011840.60 41.92 S 1 25.  
RESIPd0 940108011841.04 42.70 S 1 28.  
SJRREP+0 940108011841.52 43.50 S 1 20.  
10

RESEPu0 940110001158.13 58.75 S 1 20.  
SJRREPu0 940110001158.45 59.50 S 1 15.  
SALIPu0 940110001158.35 59.39 S 1 22.  
10

SALEPd0 940110160248.63 50.07 S 1 32.  
RESEP+0 940110160248.93 49.97 S 1 30.  
CAREP+0 940110160248.67 49.99 S 1 31.  
10

RESIPd0 940110223029.94 31.98 S 1 21.  
SJRIPu0 940110223030.37 33.01 S 1 23.  
SALIPd0 940110223029.40 31.38 S 1 30.  
CARIPd0 940110223030.58 33.00 S 1 27.  
10

RESIPu0 940114031341.43 42.44 S 1 29.  
SALIPu0 940114031341.71 43.25 S 1 32.  
SJRIPu0 940114031342.16 43.98 S 1 38.  
CARIPd0 940114031341.79 42.78 S 1 30.  
10

RESIPd0 940118002305.98 07.72 S 1 20.  
SALIPd0 940118002305.87 07.85 S 1 25.  
SJRREP-0 940118002306.57 09.04 S 1 21.  
CARIPd0 940118002306.42 07.94 S 1 22.  
10

RESIPd0 940118071134.69 35.55 S 1 18.  
SALIPu0 940118071134.71 35.82 S 1 20.  
SJRIPu0 940118071135.15 36.48 S 1 20.  
10

SJRIPu0 940118084559.60 60.42 S 1 18.  
RESEPd0 940118084559.46 60.24 S 1 16.

SALIPu0	940118084560.05	61.43	S	1	
CAREPu0	940118084559.94	60.40	S	1	25.
	10				23.
SJREPu0	940118230936.42	41.63	S	1	
CVEIPu0	940118230936.50	41.71	S	1	25.
RESEPD0	940118230936.30	42.11	S	1	21.
SALIPu0	940118230936.07	43.26	S	1	21.
CARIPu0	940118230936.77	42.52	S	1	28.
	10				24.
RESIPd0	940119103719.34	20.17	S	1	
SALIPu0	940119103719.99	21.57	S	1	22.
SJRIpD0	940119103720.14	21.54	S	1	25.
CVEEPu0	940119103719.59	20.60	S	1	21.
CARIPd0	940119103719.47	19.94	S	1	15.
	10				19.
RESIPd0	940120081730.32	32.10	S	1	
SALIPd0	940120081730.19	32.15	S	1	20.
SJRIpD0	940120081730.92	33.36	S	1	25.
CAREPD0	940120081730.78	32.40	S	1	20.
	10				23.
SALIPu0	940120115059.19	60.62	S	1	
RESEPD0	940120115059.80	61.38	S	1	27.
SJREPu0	940120115060.20	62.23	S	1	29.
CVEIPu0	940120115060.83	63.10	S	1	25.
CARIPd0	940120115060.55	62.13	S	1	19.
	10				23.
SJRIpU0	940124184524.90	25.79	S	1	
RESIP+0	940124184525.28	26.37	S	1	20.
SALIPu0	940124184525.57	27.05	S	1	24.
	10				28.
SJRIpU0	940125013752.96	53.86	S	1	
RESEPD0	940125013753.43	54.40	S	1	21.
CVEIPd0	940125013753.34	54.11	S	1	22.
SALIPu0	940125013753.75	55.05	S	1	16.
CARIPu0	940125013753.95	55.46	S	1	25.
	10				23.
SJREPu0	940129141335.70	37.20	S	1	
RESIPd0	940129141335.85	37.21	S	1	26.
SALIPd0	940129141336.38	38.54	S	1	30.
	10				27.
RESEPD0	940201102048.37	49.62	S	1	
SALIPu0	940201102048.35	50.40	S	4	21.
SJRIp+0	940201102049.01	50.97	S	1	20.
	10				19.
RESIPd0	940216001047.06	48.48	S	1	
SALIPu0	940216001047.11	48.90	S	1	20.
SJRIpD0	940216001047.73	49.88	S	1	26.
CVEEP-0	940216001047.66	49.57	S	1	25.
CARIPd0	940216001047.42	48.83	S	1	19.
	10				24.
RESIPd0	940216013008.48	09.87	S	1	
SALEP+0	940216013008.56	10.31	S	1	18.
SJREPd0	940216013009.15	11.36	S	1	24.
	10				21.
SALIPu0	940216030423.81	24.93	S	1	
RESIPd0	940216030424.05	25.29	S	1	27.
SJREPu0	940216030424.62	26.44	S	1	32.
	10				23.
RESEPD0	940220195751.76	53.17	S	1	
SALIPu0	940220195751.75	53.53	S	1	14.
SJRIpU0	940220195752.96	55.11	S	1	23.
	10				19.
CVEIPu0	940220233329.41	30.88	S	1	
SJRIpU0	940220233330.44	33.10	S	1	17.
RESIPd0	940220233330.66	33.38	S	1	26.
CARIPd0	940220233330.61	33.03	S	1	23.
SALIPu0	940220233331.67	34.10	S	1	19.
	10				21.
CVEIPu0	940221231017.69	18.36	S	1	
SJREPu0	940221231019.13	20.49	S	1	26.
RESIPd0	940221231019.03	20.25	S	1	22.
	10				28.
RESIPd0	940224190206.38	07.37	S	1	
SALIPu0	940224190206.44	07.84	S	1	19.
SJREPu0	940224190207.00	08.27	S	1	21.
CARIPd0	940224190206.84	07.99	S	1	19.
	10				16.
SALIPu0	940301230819.94	21.74	S	1	
RESIPd0	940301230819.90	21.50	S	1	27.
SJRIpU0	940301230820.42	22.07	S	1	26.
	10				25.

SJRIPUO	940302093801.67	04.35 S 1	
RESEPDO	940302093801.85	04.63 S 1	
SALIPUO	940302093802.90	05.60 S 1	28.
	10		23.
SJRIPUO	940305042046.05		25.
RESIPDU	940305042046.38	48.00 S 1	
CARIPDU	940305042046.48	48.71 S 1	14.
	10	48.27 S 1	16.
RESIPDU	940305143923.28		16.
SJREPDU	940305143923.46	23.99 S 1	
SALIPUO	940305143923.62	24.17 S 1	16.
	10	24.62 S 1	14.
SALEPDO	940306025208.92		20.
RESEPDO	940306025208.77	17.87 S 1	
SJREP+O	940306025209.38	18.38 S 1	50.
CAREPDO	940306025209.19	19.24 S 1	43.
	10	19.26 S 1	46.
CAREPDO	940315185938.33		41.
SALEPDO	940315185932.55	38.86 S 1	
RESEPDO	940315185934.24	34.39 S 1	34.
SJREP-O	940315185933.94	35.36 S 1	39.
	10	35.28 S 1	35.
SJREPDU	940316231427.49		38.
RESEPDO	940316231426.69	38.45 S 1	
SALEPDO	940316231427.56	35.99 S 1	32.
	10	37.49 S 1	36.
SJRIPUO	940317083925.79		
RESEPDO	940317083926.19	26.67 S 1	
SALEPDO	940317083926.68	27.17 S 1	20.
	10	28.19 S 1	23.
RESIPUO	940317190216.77		25.
SJRIPUO	940317190217.67	18.32 S 1	
SALIPUO	940317190217.24	19.77 S 1	26.
	10	19.38 S 1	23.
SALEPDO	940319190556.96		24.
RESEPDO	940319190557.44	65.83 S 1	
SJREPDU	940319190557.97	66.41 S 1	37.
	10	67.36 S 1	41.
SJRIPUO	940319192516.68		35.
MZQIPUO	940319192516.69	17.62 S 1	
CVEIPUO	940319192516.49	17.49 S 1	20.
RESEPDO	940319192516.89	17.42 S 1	16.
SALIPDU	940319192516.89	17.78 S 1	17.
RESEPDO	940319192517.53	19.18 S 1	26.
CAREPDO	940319192516.87	18.03 S 1	27.
	10		22.
SALEPDO	940319202207.29		
RESEPDO	940319202207.30	15.90 S 1	
SJREP+O	940319202208.10	16.15 S 1	35.
	10	17.26 S 1	34.
SJRIPUO	940321004254.30		32.
RESEPDO	940321004254.37	56.19 S 1	
SALEPDO	940321004255.17	56.25 S 1	20.
CARIPDU	940321004254.01	57.81 S 1	23.
	10	55.71 S 1	26.
SALIPUO	940321025505.64		18.
RESIPDU	940321025505.71	14.86 S 1	
SJRIPUO	940321025506.41	14.87 S 1	40.
	10	15.91 S 1	40.
SJRIPUO	9403221092849.32		42.
RESEPDO	9403221092849.37	51.36 S 1	
SALEPDO	9403221092850.22	51.43 S 1	22.
	10	52.80 S 1	26.
RESIPUO	9403221093400.97		24.
SJRIPUO	9403221093401.62	01.58 S 1	
SALIPUO	9403221093401.84	02.98 S 1	25.
CARIPUO	9403221093400.93	03.20 S 1	25.
	10	01.47 S 1	27.
SJRIPUO	9403221120357.35		20.
RESEPDO	9403221120357.45	59.45 S 1	
SALEPDO	9403221120358.24	59.69 S 1	22.
	10	61.17 S 1	27.
MZQIPUO	940323162602.69		23.
SJRIPUO	940323162604.08	04.06 S 1	
RESEPDO	940323162604.28	06.83 S 1	21.
SALEPDO	940323162605.13	06.96 S 1	26.
CARIPDU	940323162603.92	08.35 S 1	22.
	10	06.35 S 1	27.
SJRIPUO	940323203522.71		28.
RESEPDO	940323203522.91	25.44 S 1	17.
SALIPDU	940323203523.70	25.59 S 1	24.
	10	26.85 S 1	25.
			27.

SJRIPO	940323214000.73	02.25	S	1	
RESIPD	940323214000.68	02.31	S	1	22.
SALIPD	940323214001.51	03.63	S	1	28.
	10				25.
SALIP-O	940325022905.83	11.27	S	1	
RESIPU	940325022905.70	10.70	S	1	40.
SJRIPO	940325022906.55	11.63	S	1	42.
	10				43.
SALIPU	940327011955.57	56.97	S	1	
RESIPD	940327011955.97	57.46	S	1	27.
SJREPUD	940327011956.48	58.47	S	1	27.
CARIPD	940327011956.36	57.83	S	1	21.
	10				21.
SALEPD	940327084858.53	67.26	S	1	
RESEPD	940327084858.92	67.76	S	1	38.
SJREPUD	940327084859.45	68.49	S	1	36.
CARIPD	940327084859.06	67.95	S	1	36.
	10				32.
RESEPD	940327103722.52	24.02	S	1	
SALIPU	940327103722.64	24.40	S	1	22.
SJREPUD	940327103723.25	25.41	S	1	26.
CARIPD	940327103722.59	23.86	S	1	20.
	10				21.
RESIPU	940327213039.96	41.17	S	1	
SALIP+O	940327213040.70	41.57	S	1	16.
SJRIPO	940327213040.73	42.58	S	1	23.
CAREPD	940327213040.07	41.27	S	1	20.
	10				14.
SJRIPO	940329080213.50	14.34	S	1	
RESIPD	940329080214.20	15.21	S	1	25.
SALIPD	940329080214.32	16.14	S	1	21.
	10				24.
SALIPD	940330124854.58	63.22	S	1	
SJREPUD	940330124855.51	65.04	S	1	35.
RESEPU	940330124855.09	64.02	S	1	34.
	10				33.
RESIPU	940331220202.50	03.64	S	1	
SALIPU	940331220202.86	04.80	S	1	25.
SJRIPO	940331220203.26	04.95	S	1	30.
CARIPD	940331220202.55	03.38	S	1	29.
MZQIPD	940331220204.52	06.75	S	1	22.
	10				26.
SJRIPO	940402101950.11	51.04	S	1	
RESEPD	940402101950.39	51.47	S	1	18.
SALIPU	940402101950.96	52.50	S	1	20.
CARIPU	940402101950.48	51.45	S	1	24.
	10				15.
SALEPUD	940403014437.56	39.33	S	1	
RESIPD	940403014437.85	39.90	S	1	27.
SJREPUD	940403014438.39	40.92	S	1	27.
	10				26.
MZQIPU	940404062826.95	27.99	S	1	
SJREPUD	940404062828.10	30.13	S	1	19.
RESEPD	940404062828.55	30.31	S	1	23.
SALEPD	940404062828.94	31.64	S	1	26.
	10				25.
MZQIPU	940404083904.10	05.15	S	1	
SJRIPO	940404083905.26	07.24	S	1	19.
RESEPD	940404083905.30	07.44	S	1	23.
SALEPU	940404083905.87	08.73	S	1	27.
	10				27.
SJRIPO	940405023421.68	22.64	S	1	
RESIPD	940405023422.03	23.26	S	1	20.
SALIP+O	940405023422.53	23.99	S	1	18.
	10				23.
RESIPU	940407002843.88	53.03	S	1	
SJRIPO	940407002844.55	54.54	S	1	41.
CARIPU	940407002843.66	52.82	S	1	35.
	10				32.
RESEPU	940407192827.59	28.11	S	1	
SJRIPO	940407192828.45	29.64	S	1	19.
CARIPU	940407192827.22	27.49	S	1	20.
	10				15.
RESIPD	940407200902.18	03.91	S	1	
SJRIPO	940407200902.80	05.14	S	1	20.
CARIPD	940407200902.37	03.80	S	1	22.
	10				23.
RESIPU	940407214909.11	18.30	S	1	
SJRIPO	940407214909.69	19.66	S	1	35.
CARIPU	940407214908.77	17.37	S	1	36.
	10				30.

MZQIPUO	940408201640.80	41.80	S	1	
SJRIPUO	940408201641.98	44.05	S	1	24.
RESIPDO	940408201642.03	44.10	S	1	24.
CARIPDO	940408201641.67	43.42	S	1	25.
	10				25.
SJREPUG	940409175938.42	41.78	S	1	
RESEPN9	940409175938.54	41.85	S	1	26.
MZQIPN9	940409175938.25	41.60	S	1	29.
CAREP-O	940409175938.12	41.46	S	1	23.
	10				28.
SJRIPUG	940417150824.71	26.03	S	1	
RESIPDO	940417150824.67	26.35	S	1	26.
CARIPDO	940417150824.41	25.65	S	1	20.
CVEIPDO	940417150823.66	24.25	S	1	26.
MZQIPUG	940417150824.17	25.33	S	1	15.
SALIPDO	940417150825.52	27.58	S	1	20.
	10				26.
RESEPUO	940417205331.57	33.30	S	1	
CARIPUG	940417205331.33	32.74	S	1	26.
SALIPUG	940417205332.04	34.24	S	1	23.
SJRIPUG	940417205332.46	34.62	S	1	24.
	10				26.
RESEPUO	940421160836.41	37.21	S	1	
SALIPUG	940421160836.88	37.91	S	1	17.
SJREPUG	940421160836.80	37.62	S	1	20.
	10				15.
RESIPDO	940421180813.55	14.98	S	1	
SALIPUG	940421180813.57	15.04	S	1	17.
SJREPUG	940421180813.66	16.08	S	1	23.
	10				19.
RESIPUG	940422001718.54	20.57	S	1	
CARIPUG	940422001718.49	20.23	S	1	17.
SJRIPUG	940422001719.30	22.05	S	1	19.
	10				18.
RESIPUG	940422015458.05	60.05	S	1	
CARIPUG	940422015458.00	59.64	S	1	17.
SALIPUG	940422015458.22	60.39	S	1	15.
SJRIPUG	940422015458.80	61.56	S	1	17.
	10				17.
RESIPUG	940422015612.06	14.08	S	1	
CARIPUG	940422015612.00	13.74	S	1	18.
SJRIPUG	940422015612.80	15.53	S	1	17.
	10				16.
RESIPUG	940422020019.89	21.92	S	1	
CARIPUG	940422020019.83	21.49	S	1	18.
SALIPUG	940422020020.05	21.96	S	1	23.
SJRIPUG	940422020020.64	23.33	S	1	26.
	10				20.
RESIPDO	940422233936.94	37.90	S	1	
CARIP+O	940422233937.13	37.86	S	1	18.
SALIPUG	940422233937.48	38.70	S	1	15.
SJRIPUG	940422233936.84	37.63	S	1	20.
	10				14.
RESIPUG	940423193440.21	42.24	S	1	
CARIPUG	940423193440.18	41.83	S	1	17.
SALIPUG	940423193440.37	42.57	S	1	18.
SJRIPUG	940423193440.98	43.72	S	1	20.
	10				20.
RESEPUO	940424193907.30	07.99	S	1	
CARIPDO	940424193907.53	08.54	S	1	28.
SALIPDO	940424193909.29	11.09	S	1	25.
SJREPUG	940424193907.59	09.35	S	1	33.
	10				30.

A N E X O 3 .

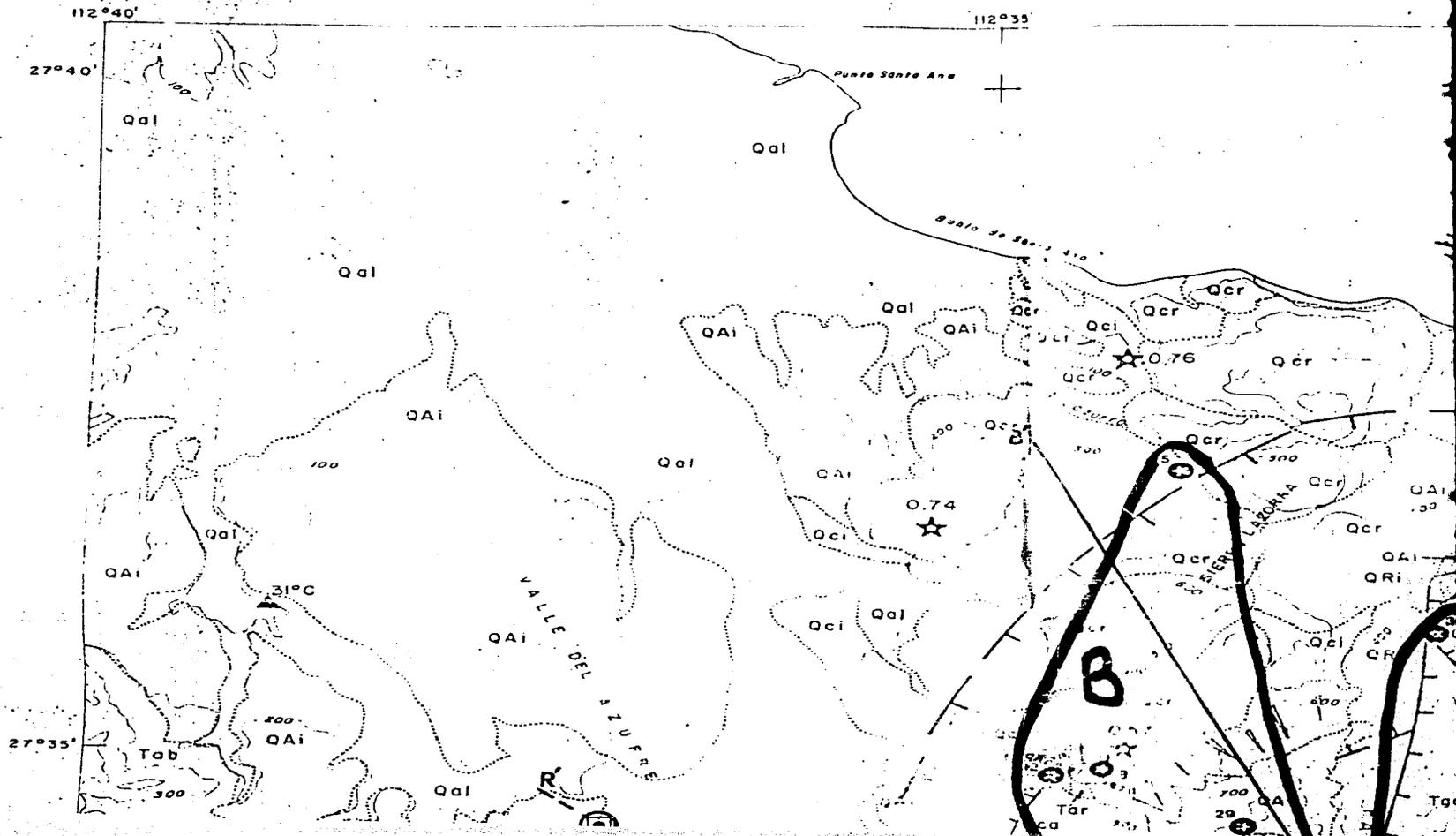
PARAMETROS HIPOCENTRALES UTILIZANDO EL MODELO DE CORTEZA C. F. E.

DATE	ORIGIN	LAT N	LONG W	DEPTH	MAG	MO	GAP	DMIN	RMS	ERR	ERZ	QM		
940105	1242	45.64	27-33.00	112-34.14	4.00	1.71	6	235	1.7	0.16	0.1	0.1	CI	
940107	4	4.18	27-30.88	112-34.94	4.00	1.85	10	140	2.7	0.21	0.9	1.4	CI	
940109	13	32.05	27-35.01	112-34.33	7.18	2.07	6	276	4.8	0.01	0.1	0.1	CI	
940110	011	56.88	27-41.97	112-35.46	0.64	1.87	6	152	2.3	0.08	0.4	0.6	BI	
940110	16	2	43.58	27-41.97	112-35.27	4.00	2.78	8	299	8.9	0.19	0.7	0.6	CI
940110	2230	27.00	27-37.63	112-33.09	7.97	2.12	6	327	18.9	1.03	1.9	18.9	4	DI
940114	3	39.84	27-32.56	112-33.29	4.80	2.23	8	201	1.5	0.09	0.7	2.6	CI	
940118	03	42.27	27-34.33	112-35.02	3.22	1.89	8	266	5.8	0.13	1.6	1.5	CI	
940118	711	33.32	27-32.63	112-35.08	1.02	1.93	6	166	1.9	0.04	0.3	0.5	BI	
940118	845	58.03	27-30.66	112-35.08	4.00	2.05	10	173	0.2	2.21	11.8	0.7	CI	
940119	1037	36.52	27-32.21	112-34.14	3.39	1.93	10	141	2.5	0.16	0.7	1.0	CI	
940120	817	27.77	27-34.79	112-33.10	9.50	2.09	10	241	3.7	0.11	0.8	0.9	CI	
940120	1150	57.67	27-34.79	112-34.96	6.74	2.06	6	266	5.8	0.12	1.5	1.4	CI	
940124	1845	21.67	27-30.41	112-35.90	1.44	2.06	6	238	3.3	0.03	0.2	1.3	CI	
940125	137	51.50	27-29.68	112-35.70	1.64	1.97	10	193	4.1	0.22	1.0	6.4	DI	
940129	1413	33.64	27-28.55	112-35.02	3.29	1.99	6	300	6.6	0.06	0.7	0.3	CI	
940201	1020	46.30	27-33.71	112-32.95	6.63	1.99	6	233	3.3	0.09	0.5	0.7	CI	
940216	010	45.10	27-33.50	112-32.76	6.71	2.03	10	235	3.3	0.09	0.7	0.7	CI	
940216	130	7.18	27-33.05	112-34.14	4.00	1.95	6	237	1.8	0.25	0.8	0.8	CI	
940220	1957	49.59	27-34.89	112-32.15	0.20	2.16	6	257	3.8	0.02	0.3	0.3	CI	
940220	2337	27.29	27-24.65	112-33.48	6.80	1.99	10	305	7.9	0.09	5.0	1.2	DI	
940229	2310	16.42	27-24.25	112-33.31	1.28	2.11	6	225	2.8	0.14	0.9	8.4	DI	
940224	19	2	4.76	27-32.11	112-33.14	4.93	1.87	8	173	0.2	0.12	0.8	0.8	BI
940301	23	8	17.68	27-32.21	112-33.48	9.03	2.13	6	235	4.9	0.07	1.2	1.0	CI
940302	938	0.99	27-30.89	112-37.97	4.00	2.10	6	233	0.2	0.25	2.2	2.8	DI	
940305	1439	22.00	27-31.11	112-35.32	4.00	1.73	6	300	10.1	0.09	1.2	150.4	DI	
940306	252	10.82	27-32.21	112-34.14	4.00	1.77	6	176	2.8	0.11	0.3	6.9	DI	
940315	1859	31.71	27-34.61	112-40.01	4.00	2.41	8	299	0.2	4.13	25.8	20.9	DI	
940316	2314	27.29	27-29.70	112-34.14	1.40	2.29	6	188	4.7	0.15	2.7	2.7	2	DI
940317	839	24.43	27-29.70	112-34.14	4.00	2.02	6	270	0.2	4.36	2.8	2.4	DI	
940317	19	2	14.56	27-31.75	112-30.81	6.52	2.09	6	226	2.9	0.26	0.4	3.5	CI
940319	1925	58.96	27-34.61	112-37.28	4.00	2.42	6	303	5.4	0.06	1.0	0.9	CI	
940319	2022	8.97	27-28.69	112-35.10	4.00	1.96	12	112	5.7	0.29	0.9	28.6	DI	
940321	042	51.62	27-26.69	112-33.42	4.00	2.33	6	303	0.2	3.78	0.7	0.5	DI	
940321	255	7.49	27-34.61	112-37.28	4.00	2.00	8	293	8.0	0.14	1.4	193.3	DI	
940321	918	46.57	27-27.45	112-33.90	0.00	2.48	6	303	6.2	3.99	0.6	0.5	DI	
940321	933	59.65	27-30.77	112-33.34	1.63	2.08	6	315	8.6	0.03	1.4	0.0	DI	
940321	12	3	54.18	27-25.08	112-33.10	1.04	2.07	8	178	2.6	0.34	0.8	3.4	CI
940323	1626	0.54	27-23.53	112-33.03	3.71	2.04	10	285	12.9	0.15	2.5	242.1	DI	
940323	2035	7.00	27-30.89	112-37.97	4.00	2.11	6	233	0.2	0.10	0.7	0.9	DI	
940323	2139	58.53	27-28.55	112-33.14	1.04	2.11	6	307	7.3	0.03	0.3	46.0	DI	
940325	229	5.95	27-32.21	112-34.14	1.04	2.11	6	307	7.3	0.03	0.3	46.0	DI	
940327	119	53.78	27-34.56	112-33.50	6.35	2.11	8	188	6.2	1.94	2.0	1.7	DI	
940327	843	27.85	27-34.61	112-37.28	4.00	2.38	8	300	4.6	0.10	0.0	1.1	CI	
940327	1037	20.48	27-33.40	112-33.93	5.84	2.01	8	250	4.2	0.10	1.1	1.2	CI	
940327	2130	38.14	27-32.92	112-32.90	1.61	2.11	6	304	1.8	0.84	8.19	0.6	CI	
940329	8	12.26	27-30.09	112-36.01	0.64	2.04	6	252	2.4	0.09	0.7	0.7	CI	
940330	1248	25.24	27-32.25	112-32.72	4.00	2.34	6	303	0.2	3.84	0.7	1.4	CI	
940331	22	2	0.89	27-30.66	112-35.08	9.25	2.14	10	205	2.2	0.17	1.0	1.0	CI
940402	1019	48.36	27-29.19	112-35.93	4.00	1.99	8	244	4.4	0.27	0.7	3.2	CI	
940403	144	35.05	27-25.98	112-32.50	7.77	2.16	6	205	6.5	0.02	0.5	4.4	CI	
940404	628	25.26	27-26.15	112-33.91	2.46	2.05	8	251	5.2	0.07	0.5	0.0	CI	
940404	839	20.34	27-26.44	112-33.98	2.83	2.08	8	248	5.1	0.08	0.7	0.6	CI	
940405	234	20.34	27-29.90	112-32.74	4.00	1.93	6	261	3.9	0.03	0.3	10.9	DI	
940407	028	45.47	27-30.77	112-31.64	1.10	1.83	6	191	2.0	0.25	0.1	0.9	DI	
940407	1928	25.96	27-33.25	112-32.76	7.99	1.99	6	288	4.2	0.10	2.3	1.5	CI	
940407	20	8	59.98	27-30.53	112-32.76	1.10	1.83	6	191	2.0	0.25	0.1	0.9	DI
940407	2149	10.56	27-30.77	112-31.64	4.00	2.10	6	288	4.2	0.10	2.3	1.5	CI	
940408	2016	38.88	27-25.69	112-33.56	3.70	2.00	6	196	6.3	0.06	1.9	1.3	DI	
940409	1759	37.05	27-30.77	112-31.64	4.00	2.10	6	196	6.3	0.06	1.9	1.3	DI	
940417	15	8	29.30	27-31.84	112-30.64	1.68	2.00	12	153	4.2	1.31	0.9	0.5	CI
940417	2053	29.30	27-31.84	112-30.64	7.44	2.10	6	196	6.3	0.06	1.9	1.3	DI	
940421	16	8	35.27	27-31.69	112-35.45	1.18	1.80	8	280	2.6	0.04	0.7	0.4	CI
940421	18	8	11.24	27-33.05	112-33.16	8.67	1.91	6	288	2.3	0.13	2.2	2.2	CI
940422	017	8	15.87	27-33.98	112-29.85	8.76	1.82	6	318	6.7	0.06	2.0	1.6	CI
940422	154	55.42	27-34.38	112-29.85	7.44	1.82	6	318	6.7	0.06	2.0	1.6	CI	
940422	156	9.40	27-33.79	112-29.94	9.05	1.81	8	291	7.4	0.08	1.2	1.6	CI	
940422	2	17.07	27-35.02	112-29.85	7.96	2.00	8	294	8.5	0.09	1.1	1.4	CI	
940422	2339	2	34.97	27-34.07	112-34.81	4.00	1.78	8	207	4.0	0.27	2.0	3.8	CI
940423	1934	37.56	27-34.17	112-35.02	8.01	1.89	8	291	7.1	0.08	1.3	1.5	CI	
940424	1939	5.47	27-29.24	112-34.14	0.19	2.22	8	237	5.0	0.37	2.8	0.8	DI	

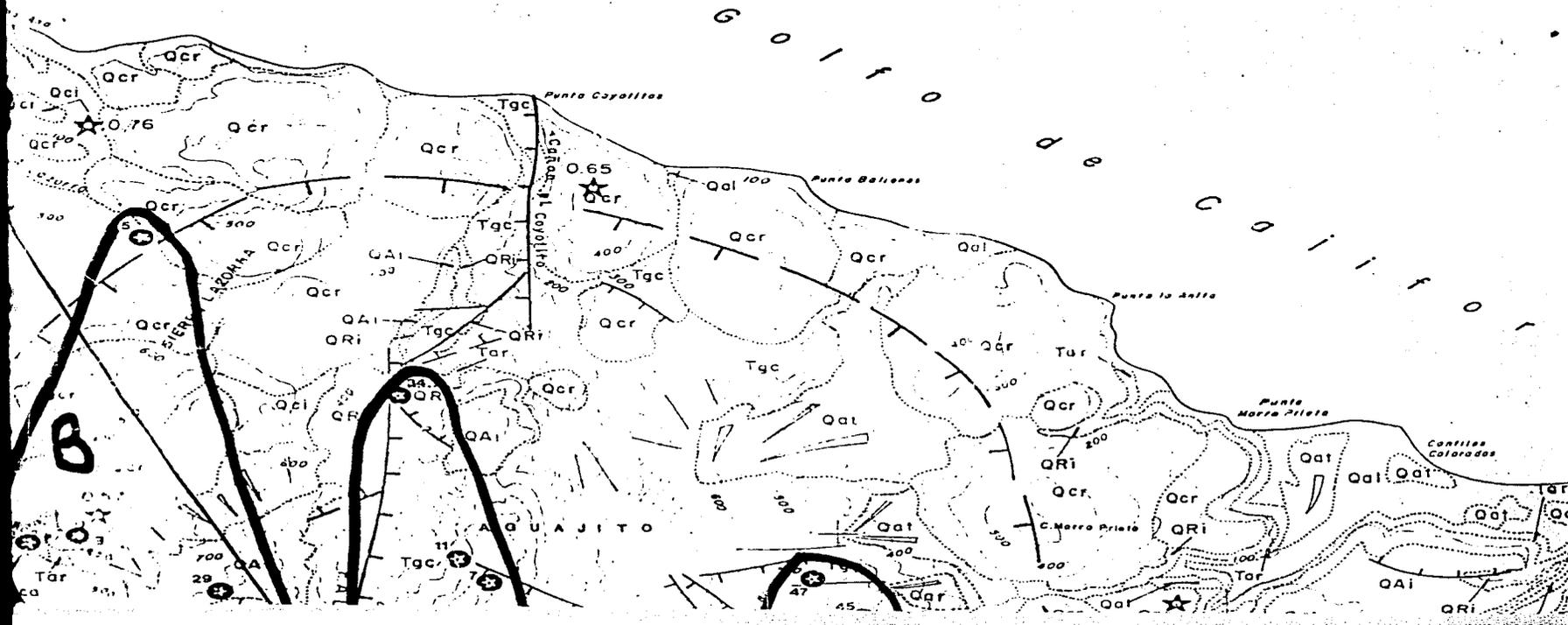
A N E X O      4.

EVENTOS SELECCIONADO PARA EL ANÁLISIS DE ATENUACIÓN.

	DATE	ORIGIN	LAT N	LONG W	DEPTH	MAG	NO	GAP	DMIN	RMS	ERH	ERZ	QM
1.-	940105	1242 45.08	27-33.26	112-32.75	5.94	1.72	6 297	3.0 0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.-	940107	4 4 18.44	27-31.34	112-34.94	4.00	1.85	10 132	2.3 0.18	0.7	1.2	0.1	1.2	0.1
3.-	940108	118 38.79	27-34.98	112-34.35	7.18	2.07	6 275	4.7 0.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4.-	940110	011 56.83	27-32.05	112-35.46	0.64	1.87	6 152	2.3 0.08	0.4	0.6	0.1	0.6	0.1
5.-	940110	2230 26.99	27-37.18	112-33.92	10.13	2.12	8 295	7.3 0.13	1.8	1.8	1.9	1.9	0.1
6.-	940111	313 39.84	27-32.56	112-33.29	4.80	2.23	8 201	1.5 0.09	0.7	0.6	0.1	0.6	0.1
7.-	940118	023 3 83	27-34.63	112-31.96	8.60	2.00	8 266	5.8 0.13	1.6	1.6	0.1	1.6	0.1
8.-	940118	711 33.32	27-32.63	112-35.02	3.22	1.89	6 166	1.9 0.04	0.3	0.5	0.1	0.5	0.1
9.-	940118	845 57.93	27-30.55	112-34.61	1.76	1.93	8 187	3.0 0.24	1.1	1.4	0.1	1.4	0.1
10.-	940119	1037 17.92	27-30.97	112-33.33	2.54	1.93	10 130	2.4 0.15	0.7	1.4	0.1	1.4	0.1
11.-	940120	817 27.77	27-34.79	112-32.15	9.50	2.00	8 266	5.8 0.12	1.5	1.4	0.1	1.4	0.1
12.-	940120	1150 57.66	27-34.94	112-34.59	6.31	2.09	10 248	4.3 0.10	0.8	0.9	0.1	0.9	0.1
13.-	940125	137 51.50	27-29.68	112-35.70	1.64	1.97	10 193	4.1 0.22	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1
14.-	940129	1413 33.64	27-28.55	112-34.53	3.29	2.19	6 300	6.6 0.06	0.7	0.3	0.1	0.3	0.1
15.-	940201	1020 46.30	27-33.71	112-32.95	6.63	1.93	5 289	3.5 0.01	0.5	0.7	0.1	0.7	0.1
16.-	940216	010 45.10	27-33.50	112-32.76	6.71	2.03	10 235	3.3 0.09	0.7	0.7	0.1	0.7	0.1
17.-	940216	130 6.22	27-33.59	112-31.89	7.21	1.96	6 311	4.5 0.05	0.8	0.7	0.1	0.7	0.1
18.-	940216	3 4 22.25	27-34.14	112-34.34	4.78	2.16	6 257	3.8 0.02	0.3	0.3	0.1	0.3	0.1
19.-	940220	2333 27.29	27-24.65	112-33.96	2.50	1.99	10 303	8.2 0.21	1.6	1.1	0.1	1.1	0.1
20.-	940221	2310 16.55	27-28.51	112-33.32	0.45	2.11	6 212	2.7 0.16	1.7	1.9	0.1	1.9	0.1
21.-	940224	19 2 4.75	27-32.39	112-34.14	4.92	1.87	8 178	0.5 0.11	0.8	0.8	0.1	0.8	0.1
22.-	940301	23 8 17.81	27-31.98	112-33.52	8.32	2.13	6 305	0.9 0.09	1.3	1.0	0.1	1.0	0.1
23.-	940317	839 24.41	27-29.86	112-35.65	1.26	2.02	6 262	4.0 0.11	0.4	4.1	0.1	4.1	0.1
24.-	940317	19 2 14.56	27-31.75	112-30.81	6.54	2.09	6 325	5.4 0.06	1.0	0.9	0.1	0.9	0.1
25.-	940319	1925 14.59	27-28.43	112-35.16	2.52	1.97	12 118	5.8 0.24	0.4	2.4	0.1	2.4	0.1
26.-	940321	928 46.57	27-26.60	112-33.43	2.14	2.09	6 322	10.2 0.02	0.3	2.2	0.1	2.2	0.1
27.-	940321	933 59.65	27-30.77	112-34.41	1.63	2.07	8 178	2.6 0.34	0.8	0.4	0.1	0.4	0.1
28.-	940323	1626 0.60	27-23.60	112-33.11	3.98	2.04	10 284	6.9 0.11	2.0	2.8	0.1	2.8	0.1
29.-	940327	119 53.78	27-34.56	112-33.50	6.35	2.11	8 247	4.6 0.10	1.0	1.1	0.1	1.1	0.1
30.-	940327	1037 20.48	27-33.40	112-31.93	5.84	2.01	8 250	4.2 0.10	1.1	1.2	0.1	1.2	0.1
31.-	940327	2130 38.13	27-32.92	112-32.79	5.44	1.84	8 222	2.6 0.09	0.8	0.7	0.1	0.7	0.1
32.-	940331	22 2 0.85	27-32.21	112-32.50	4.25	2.14	10 232	2.5 0.16	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1
33.-	940402	1019 48.39	27-29.29	112-35.07	1.86	1.89	8 235	5.4 0.17	0.7	3.8	0.1	3.8	0.1
34.-	940403	144 35.05	27-35.98	112-32.50	9.77	2.16	6 309	7.6 0.02	0.5	0.4	0.1	0.4	0.1
35.-	940404	625 25.28	27-26.74	112-33.85	1.65	2.05	8 250	5.3 0.06	0.5	3.3	0.1	3.3	0.1
36.-	940404	839 2.35	27-26.16	112-33.79	2.48	2.08	8 253	5.4 0.08	0.7	0.6	0.1	0.6	0.1
37.-	940407	1928 25.91	27-30.37	112-33.16	0.99	1.83	6 197	2.7 0.30	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
38.-	940407	20 8 59.99	27-33.25	112-31.86	7.99	1.99	6 288	4.2 0.10	2.3	1.5	0.1	1.5	0.1
39.-	940408	2016 38.92	27-25.84	112-33.66	3.67	2.10	8 236	5.4 0.13	0.9	0.9	0.1	0.9	0.1
40.-	940417	15 8 22.24	27-37.81	112-34.08	1.51	2.00	12 154	4.2 0.16	0.2	2.5	0.1	2.5	0.1
41.-	940417	2053 29.30	27-31.84	112-30.64	7.44	2.10	8 280	2.6 0.04	0.7	0.4	0.1	0.4	0.1
42.-	940421	16 8 35.27	27-31.69	112-35.15	1.18	1.80	6 176	2.4 0.08	0.3	5.5	0.1	5.5	0.1
43.-	940421	18 8 11.23	27-32.98	112-33.15	8.67	1.91	6 289	2.7 0.14	2.3	3.9	0.1	3.9	0.1
44.-	940422	017 15.87	27-33.98	112-29.85	8.76	1.82	6 318	6.7 0.06	2.0	1.6	0.1	1.6	0.1
45.-	940422	154 55.41	27-34.38	112-29.84	7.34	1.79	8 291	7.4 0.08	1.2	1.6	0.1	1.6	0.1
46.-	940422	156 9.40	27-33.79	112-29.94	9.05	1.81	6 318	6.3 0.06	1.9	1.4	0.1	1.4	0.1
47.-	940422	2 0 17.26	27-34.67	112-30.17	6.92	2.00	8 288	7.7 0.09	1.0	0.6	0.1	0.6	0.1
48.-	940422	2339 34.97	27-30.07	112-34.81	4.00	1.78	8 297	4.0 0.27	2.0	3.8	0.1	3.8	0.1
49.-	940423	1934 37.56	27-34.17	112-29.76	8.01	1.89	8 291	7.1 0.08	1.3	1.5	0.1	1.5	0.1
50.-	940305	1439 22.00	27-31.61	112-35.67	1.12	1.77	6 176	2.8 0.11	0.3	6.9	0.1	6.9	0.1
51.-	940329	8 2 12.23	27-29.77	112-35.91	0.93	2.04	6 265	3.7 0.14	2.0	1.7	0.1	1.7	0.1



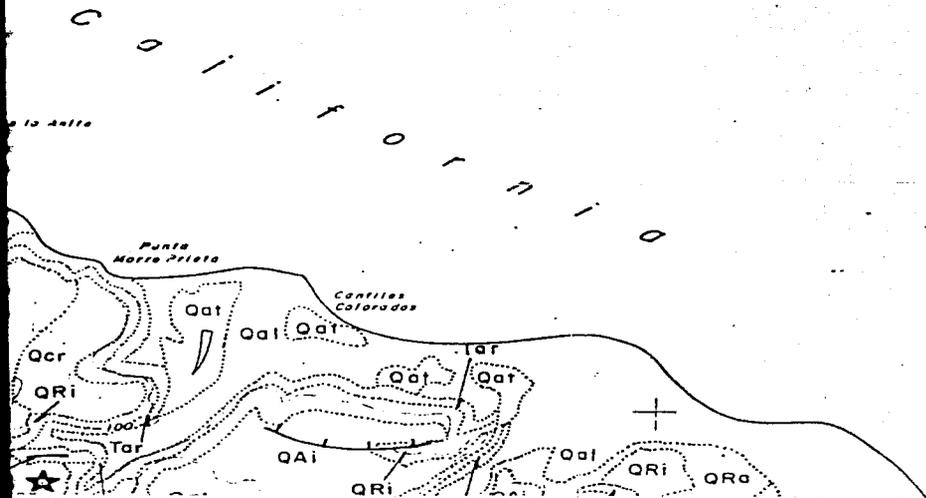
112°30'



## TRES VIRGENES

Qal Aluvión

- QTd Damos y derrames dacíticos
- QTbv Basaltos La Virgen
- QTac Andesitas Cueva del
- QTan Andesitas del norte La Virgen
- QTbs Basaltos El Azufre
- QTa Andesitas del Sur La Virgen
- QTI Tobas pumiciticos La Virgen
- QTav Andesitas La Virgen
- QTb Basaltos La Virgen
- QTada Andesitas y dacitas El Azufre
- QTba Basaltos y Andesitas



## SIGNOS CONVENCIONALES

## TRES VIRGENES

Qa1 Aluvión

- QTd Damas y derrames dacíticos
- QTbv Basaltos La Virgen
- QTac Andesitas Cuevegel
- QTan Andesitas del norte La Virgen
- QTbs Basaltos El Azufre
- QTo Andesitas del Sur La Virgen
- QTi Tabas pumiciticos La Virgen
- QTov Andesitas La Virgen
- QTD Basaltos La Virgen
- QToda Andesitas y dacitas El Azufre
- QTba Basaltos y Andesitas

## EL AGUAJITO

Qat Terrazas Aluviales

- Qca Complejo andesítico/Complejo andesítico norte
- QCi Igimbritas sector occidental
- QAa Damas e Igimbritas riolíticas
- QAa Andesitas
- QAi Igimbrita Aguajito

## LA REFORMA

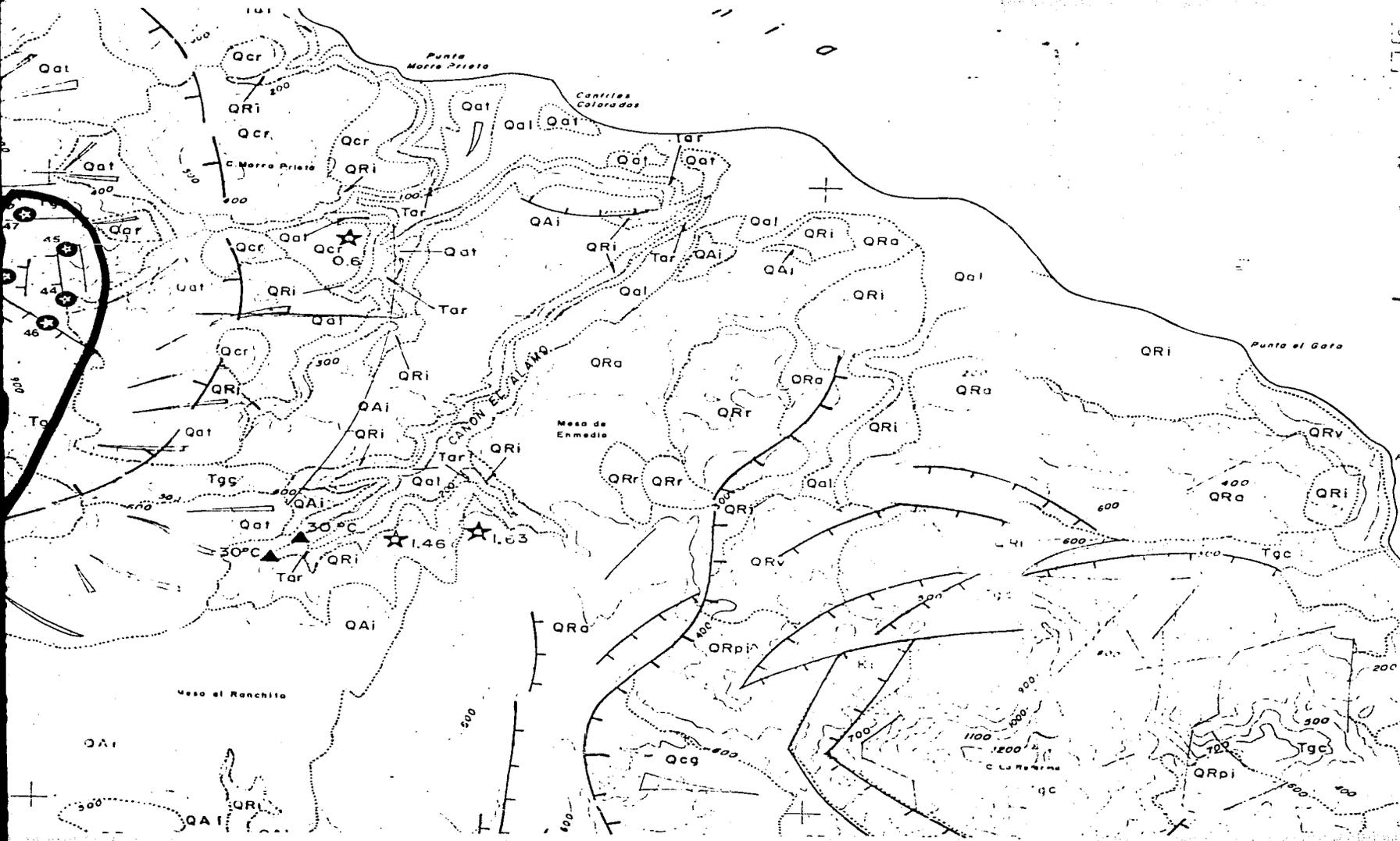
Qc9 Conglomerados

- QRb Basaltos y andesitas
- QRd Damas dacíticos y riolíticos
- QRpl Piroclastos infracaldera
- QRa Andesitas
- QRi Flujos piroclásticos
- QRv Vulcanismo Submarino









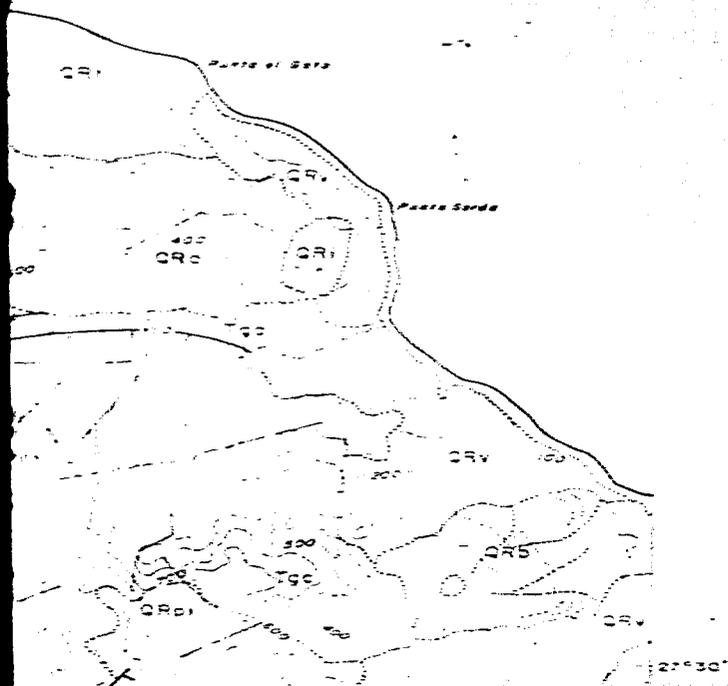
QT202 Andesitas y basaltos El Zolave  
 QT203 Basaltos y Andesitas

Q201 Andesitas y basaltos El Zolave y El Zolave Norte  
 Q202 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q203 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q204 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q205 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q206 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q207 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q208 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q209 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q210 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q211 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q212 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q213 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q214 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q215 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q216 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q217 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q218 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q219 Andesitas y basaltos El Zolave  
 Q220 Andesitas y basaltos El Zolave

QR201 Basaltos y andesitas  
 QR202 Basaltos andesitas y rhyolíticos  
 QR203 Andesitas y rhyolíticos  
 QR204 Andesitas  
 QR205 Basaltos andesitas  
 QR206 Basaltos andesitas  
 QR207 Basaltos andesitas  
 QR208 Basaltos andesitas  
 QR209 Basaltos andesitas  
 QR210 Basaltos andesitas  
 QR211 Basaltos andesitas  
 QR212 Basaltos andesitas  
 QR213 Basaltos andesitas  
 QR214 Basaltos andesitas  
 QR215 Basaltos andesitas  
 QR216 Basaltos andesitas  
 QR217 Basaltos andesitas  
 QR218 Basaltos andesitas  
 QR219 Basaltos andesitas  
 QR220 Basaltos andesitas

UNIDADES PRECALDERICAS

T201 Arenas con tufos volcánicos y andesitas  
 T202 Andesitas y basaltos  
 T203 Grupos Comandó  
 T204 Rocas sedimentarias



- Poblado
- Carretera
- Terraceria
- Curva de nivel acotada
- Contacto geológico
- ▲ Manifestación termal
- Fractura
- Falta normal
- Falla inversa
- Colapso tectónico

QTada Andesitas y dacitas El Azufre

QTba Basaltos y Andesitas

Qca Complejo andesítico / Complejo silíceo norte

QCI Iglimbritas sector occidental

QAIa Damos e Iglimbritas riolodacíticas

QAo Andesitas

QAi Iglimbrita Aguajito

QRb Basaltos y andesitas

QRdr Damos dacíticos y riolíticos

QRpi Piroclastos infracaldera

QRa Andesitas

QRi Flujos piroclásticos

QRv Vulcanismo Submarino

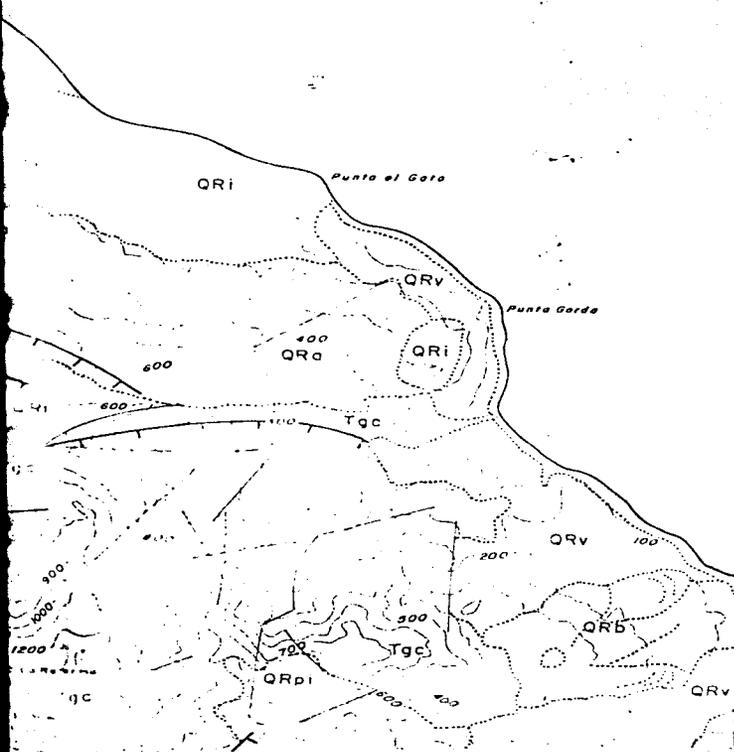
### UNIDADES PRECALDERICAS

Tar Areniscas Gochinoides y andesitas

Tab Andesitas y basaltos

Tgc Grupo Comandú

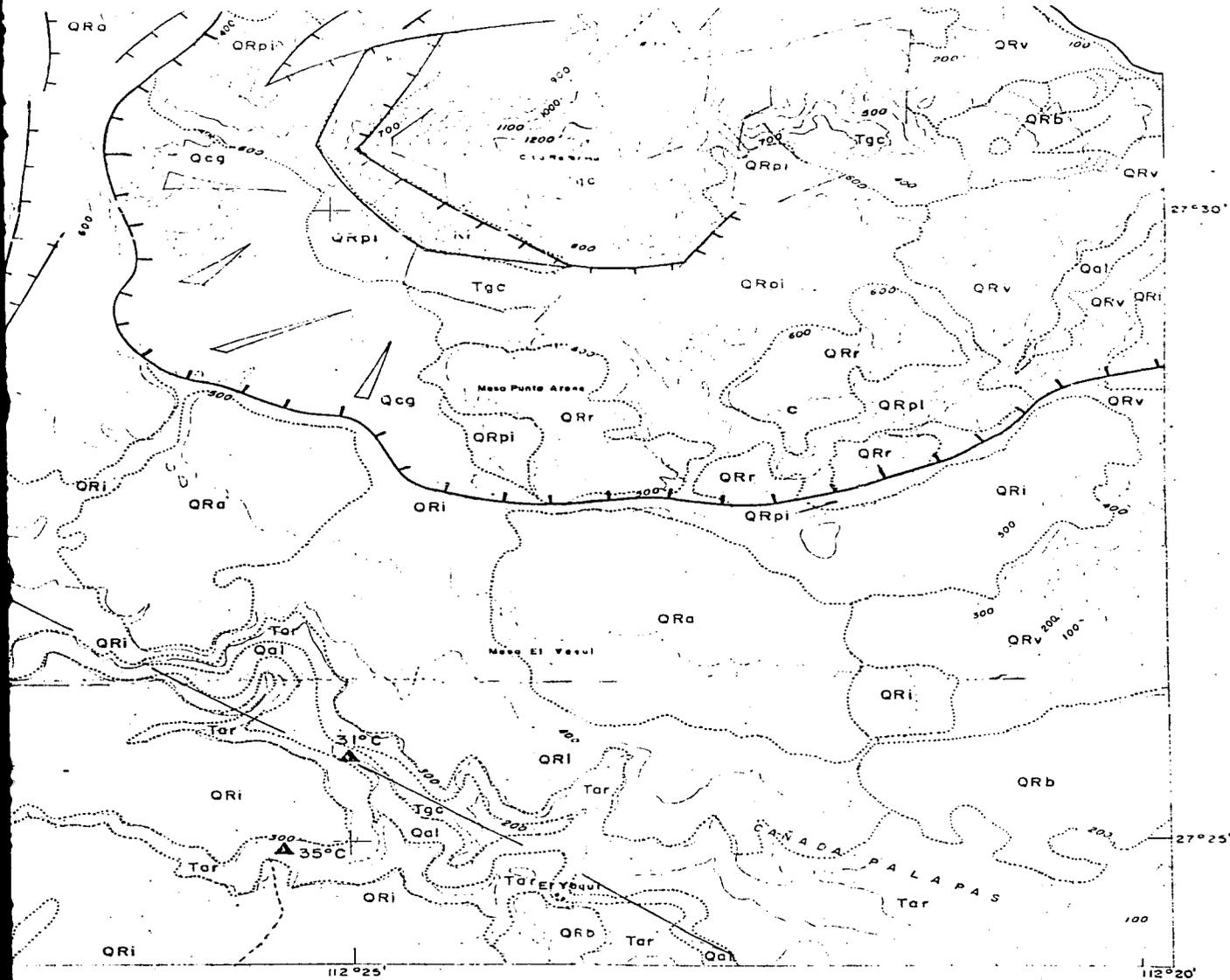
Ki Rocas metamórficas

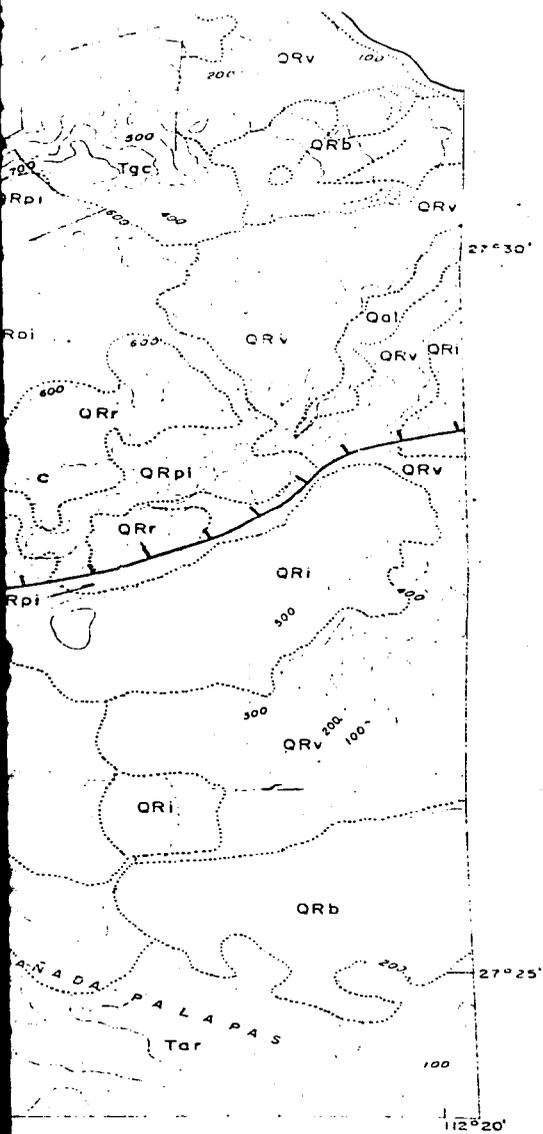


- Poblado
- Carretera
- Terracería
- Curva de nivel acotada
- Contacto geológico
- Manifestación termal
- Fractura
- Falla normal
- Falla lateral
- Colapso Caldérico









- Curva de nivel acotada
- Contacto geológico
- ▲ Manifestación termal
- Fractura
- Falla normal
- Falla inversa
- Colapso Calderico
- Colapso Calderico inferido
- Fuga geotérmica
- Sismicidad
- ☀ Antiteísmo
- ★ Edad K-AR en m.a.
- ⊕ Evento Sísmico
- ⊠ Estación Sísmica
- A — Sismico de profundidades
- B — Sismico de refracción.

ESC. 1:50,000

