

115
Zej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

FABRICACION E INSTALACION DE UNA RED
TELEMETRICA SISMOLOGICA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

SALVADOR SOLIS RIZO

DIRECTOR: LUIS ALVAREZ ICAZA LONGORIA



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 está 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.

RESUMEN

El presente trabajo trata acerca de una red sísmológica que se instaló en el estado de Guerrero y ésta dividida en tres partes. En la primera parte se habla de las razones que dieron origen a la fabricación de la Red Telemétrica Sísmológica, y se da una breve introducción de las características de un sismo, así como, de las técnicas utilizadas en la telemedición de fenómenos sísmicos. En la segunda parte se describe la Red Telemétrica Sísmológica, que fue construida en el Instituto de Física del Globo de Estrasburgo, Francia. Por último, se hablará de la instalación del equipo, de los problemas que se presentaron durante la misma, se concluye sobre los alcances de la red y se proponen modificaciones futuras a la misma.

INDICE

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| RESUMEN | 4 | |
| CAPITULO I | <u>INTRODUCCION</u> | 7 |
| 1.1. | Objetivo de la fabricación y de la operación de la Red Telemétrica Sismológica, | 7 |
| 1.2. | ¿Qué es un sismo?, | 8 |
| 1.3. | Técnicas de telemediciones de fenómenos sísmicos, | 11 |
| CAPITULO II | <u>DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO</u> | 17 |
| II.1. | Estaciones Sismológicas, | 17 |
| II.2. | Estación Central y de Registro, | 17 |
| CAPITULO III | <u>ESTACIONES SISMOLOGICAS</u> | 22 |
| III.1. | Las Estaciones Sismológicas, | 22 |
| III.2. | Descripción de la tarjeta de Amplificación-Modulación, | 24 |
| CAPITULO IV | <u>ESTACION DE RECEPCION Y DE REGISTRO</u> | 28 |

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| IV.1. | Descripción de la tarjeta de Demodulación-Activación, | 30 |
| IV.2. | Descripción de la tarjeta de Conversión-Codificación, | 34 |
| IV.3. | Descripción de la tarjeta de Visualización, | 42 |
| IV.4. | Descripción de la tarjeta de Amplificadores-Filtros, | 44 |
| IV.5. | Descripción de la tarjeta de Memoria, | 48 |
| IV.6. | Descripción de la tarjeta del Comando de Grabación, | 50 |
| | | |
| CAPITULO V | <u>INSTALACION DE LA RED TELEMETRICA</u> | 56 |
| | | |
| V.1. | Instalación de las estaciones telemétricas, | 57 |
| | | |
| CAPITULO VI | <u>CONCLUSIONES</u> | 61 |
| | | |
| CAPITULO VII | <u>BIBLIOGRAFIA</u> | 65 |

I INTRODUCCION

1.1. OBJETIVO DE LA FABRICACION Y LA OPERACION DE LA RED TELEMETRICA SISMOLOGICA.

La red telemétrica sismológica es el resultado del Programa de Cooperación Franco-Mexicano en el área de Sismología, y es una consecuencia del terremoto que sacudió a la Cd. de México en septiembre de 1985. El objetivo fundamental de la red sismológica consiste en monitorear la actividad presísmica y postsísmica de una zona localizada en el estado de Guerrero, que permitirá estudiar cambios en la sismicidad previos a un gran sismo.

El sistema fué fabricado en el Instituto de Física del Globo de Estrasburgo (Francia), con la colaboración de Ball G., Holl J.M., Solís S., Speisser E. y Wittlinger G.. Está constituido por ocho estaciones sismológicas, una estación local y un conjunto de recepción-registro.

En el presente trabajo se describirán las funciones del sistema en general, la integración de los componentes electrónicos del mismo y su instalación. Se hará un énfasis especial en aquellas partes del sistema en las que participé activamente para su construcción, diseño o modificación. Estas son: los sistemas de demodulación, disparo y registro de las señales sismológicas, la adaptación del diseño original de la red telemétrica y por último la instalación de la

red en la Costa Grande de Guerrero.

1.2. ¿QUE ES UN SISMO?

Con objeto de proporcionar una base para la presentación del funcionamiento de la red sísmica, a continuación se explican brevemente las características más importantes de un sismo.

"Un sismo es una perturbación súbita en el interior de la tierra que da origen a vibraciones o movimientos del suelo. Los sismos son producidos por diversas causas, la principal de éstas, es la ruptura y fractura de las rocas en las capas más externas de la tierra. Esta fractura es el resultado de una acumulación paulatina de energía, debida a procesos geológicos que deforman la superficie terrestre" (Jiménez Z., Suárez G) [4].

Una fractura o falla geológica se presenta cuando la energía acumulada excede la resistencia de las rocas. Una serie de ondas sísmicas se propaga por el interior de la tierra cuando se presenta una ruptura, y éstas al llegar a la superficie de la tierra son sentidas como un temblor.

El sitio donde tiene su origen la ruptura recibe el nombre de foco o hipocentro, en tanto que la proyección de éste sobre la superficie del globo terráqueo se le conoce como epicentro.

Existen, fundamentalmente, dos tipos de ondas sísmicas internas: las ondas compresionales o longitudinales y las ondas de corte o cizallamiento. Las ondas compresionales (P), comprimen y dilatan el medio donde se propagan en dirección paralela a la dirección de

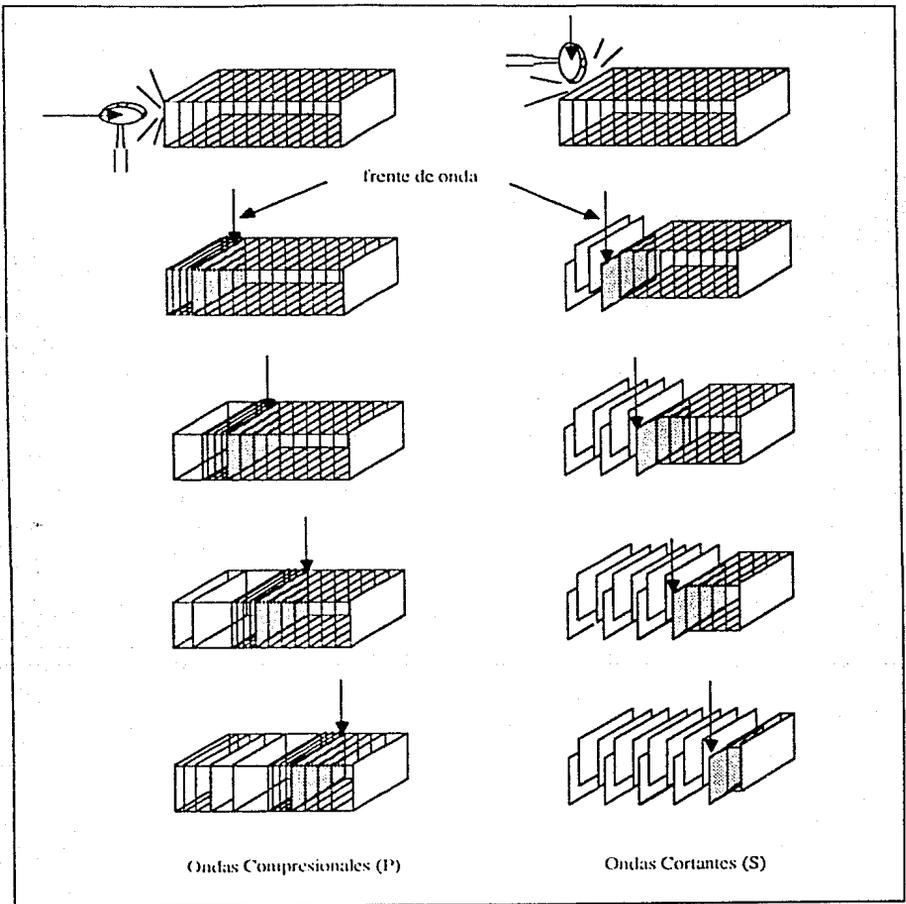


Figura 1.1. Propagación de las ondas Compresionales y de las ondas Cortantes.

propagación del frente de ondas. Las ondas de corte (S), se propagan en dirección perpendicular a la trayectoria del frente de ondas y ésta propagación produce un esfuerzo cortante en el medio (figura 1.1).

La velocidad de propagación de las ondas en el interior de la tierra varía según la densidad y las propiedades elásticas de las rocas. En rocas típicas de la corteza terrestre las ondas P se propagan en un rango de velocidades promedio entre 4.5 y 6.5 km/s, mientras que en el núcleo de la tierra (a 6000 km de profundidad) la velocidad de propagación de las ondas P puede alcanzar de 14 a 15 km/s. Las ondas P se registran antes que las ondas S, debido a que viajan con más rapidez, la relación aproximada entre ambas velocidades es: $v_p = \sqrt{3}v_s$. "Por lo anterior se deriva el hecho de que en sismología a las ondas compresionales se les llama también ondas primarias (P) y a las ondas de corte, que arriban más tarde, ondas secundarias (S)" (Jiménez Z., Suárez G.) [4].

La magnitud de un sismo se estima a partir de la amplitud de las ondas registradas en un conjunto de sismogramas. Es una medición intrínseca de la importancia de un sismo, contrariamente a la intensidad macrosísmica definida habitualmente sobre una escala de 12 grados y que traduce los efectos sentidos o la destrucción constatada en un lugar.

"La definición original de la magnitud de un sismo se debe a Richter, quién la definió como el logaritmo de la relación A/A_0 , donde: A es la amplitud máxima de las oscilaciones inscritas sobre un sismograma y A_0 es una amplitud de referencia observada a 100 Km

del epicentro del sismo.

Una ley empírica importante es la que relaciona el número N de sismos, de una región dada, cuya magnitud es superior a la magnitud M:

$$\log N = -b M + a$$

donde: a y b son dos constantes positivas características de las regiones estudiadas. Siendo el valor de "b" próximo a la unidad, vemos que se multiplica por 10 el número de sismos cada vez que se disminuye la magnitud de Richter en una unidad" (Cora M., Cote A., Durand J., Granet M., Hoang Trong., Hall J.M.) [1].

En el caso de la red telemétrica sismológica que nos ocupa se pretenden medir microsismos, que se definen como aquellos cuya magnitud es menor a 3.

1.3. TECNICAS DE TELEMEDICIONES DE FENOMENOS SISMICOS.

Los fenómenos sísmicos pueden registrarse localmente por estaciones independientes o pueden detectarse simultáneamente en varios sitios, y ser registrados en una estación central por medio de la telemetría.

1.3.1. Sistemas Analógicos.

Las señales generadas localmente por microsismos están comprendidas en una banda de frecuencia cuyo rango es de 0.1 a 30 Hz. Para los enlaces por radio, éstas señales son moduladas en frecuencia por una portadora audible (300 Hz a 20 KHz). Esta portadora puede transmitirse o registrarse por las técnicas de teléfono, radio o grabadora.

Si existe la posibilidad de transmitir varios canales sísmicos, por ejemplo, las tres componentes ortogonales del movimiento del suelo, se aplica la misma técnica, es decir, se utilizan portadoras diferentes para cada canal y éstas son mezcladas y registradas por el mismo equipo.

La restitución se realiza por un filtro paso-banda y la demodulación de cada canal.

La figura 1.2. muestra dos repartos clásicos de espacio frecuencial, uno para el registro magnético de tres componentes sísmicas y el otro para la transmisión de radio. Una escala de tiempo y una frecuencia piloto permiten atenuar los errores al efectuar la lectura del registro de las señales sísmicas.

Los sistemas analógicos son simples y fácilmente controlados. Su estructura paralela tolera fallas sobre un canal sin provocar una avería completa, lo que constituye una ventaja apreciable sobre los sistemas digitales. Sin embargo, presentan problemas, pues las especificaciones de linealidad y de precisión de los sistemas analógicos varían con el tiempo y con el envejecimiento de los

componentes electrónicos. El rango dinámico que se obtiene en la práctica para un sólo canal es de 70 dB. Pero en el caso de efectuar un multiplexaje, éste se limita aproximadamente a 60 dB, debido a los términos de intermodulación entre los canales.

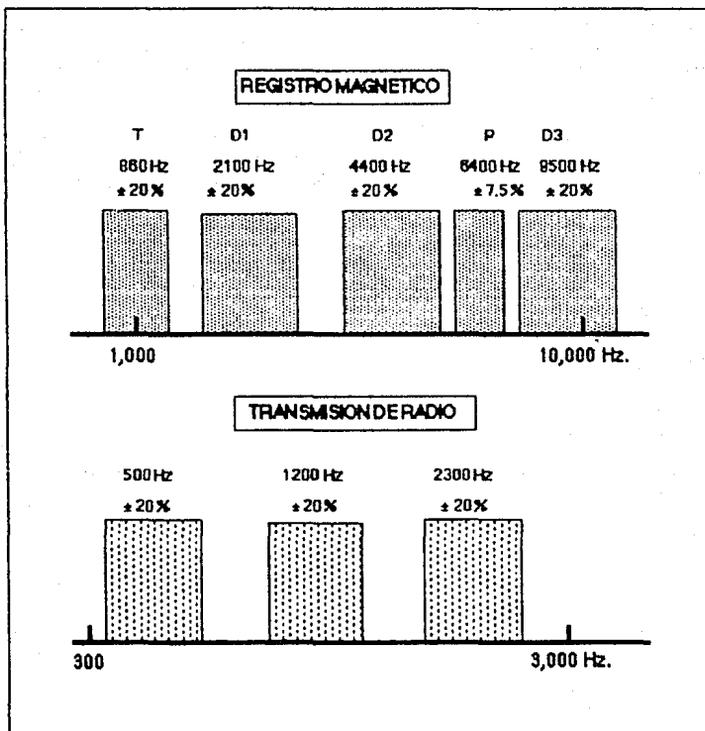
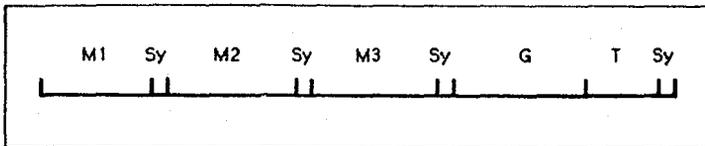


Figura 1.2. Compartimiento de Espacio Frecuencial.

1.3.2. Sistemas Digitales.

Las ventajas de los sistemas digitales sobre los analógicos son evidentes. En efecto, todos los problemas metroológicos de linealidad, precisión y rango dinámico, están regulados por la calidad de la integración microelectrónica. Igualmente, los tratamientos posteriores de la señal son reducidos al mínimo y no resta más que una decisión elemental, que está constituida por la decisión del bit, es decir, la posibilidad de reconocer si en un instante dado se transmite un "0" ó un "1". Mientras el enlace permita ésta decisión sin ambigüedad, no se presentará alteración alguna en la información. Al procesar una "cadena", se pueden regenerar las señales regularmente sin esperar deformaciones o distorsiones susceptibles de producir errores.

En el Instituto de Física del Globo de Estrasburgo (Francia) se han desarrollado equipos de registro digital desde hace algunos años (Holl y Speisser, 1981). El proceso básico consiste en descomponer una señal analógica en una secuencia de mediciones discretas o palabras. Cada una de éstas palabras es un conjunto de 15 bits, de los cuales 12 bits son de resolución (se pueden definir 4096 niveles), y 3 bits son de ganancia (éstos indican 8 niveles distintos de ganancia automática). El rango dinámico puede tener un valor de 114 dB, con 70 dB de precisión. Como ejemplo, se muestra a continuación una distribución clásica de una trama en un equipo que permite el registro de tres componentes sísmicas con ganancia variable, así como el conjunto de tres mediciones completas de marcas de tiempo.



donde:

- Sy, son los bits de sincronización para la gestión del mensaje en serie.
- T, es la marca de tiempo.
- G, es la ganancia para efectuar las mediciones M_1 , M_2 y M_3 .

Una secuencia de 150 tramas por segundo, que corresponde a un ritmo digital de 7.8 Kbits/s, permite una banda de paso de 0 a 50 Hz para la información. Al mensaje en serie así formado se le suma una secuencia pseudo-aleatoria para no tener largos períodos sin transición y evitar con ello una desincronización cuando se lea el registro. La operación proporciona una señal cuyo espectro de frecuencia permite el registro en una cinta magnética a 4.75 cm/s en una banda de frecuencia de 20 a 4000 Hz. A un mensaje de éste tipo se le llama PCM "PULSE CODE MODULATION" (Ziemer R.E., Tranter W.H.) [8]. En la red telemétrica que construimos se tomó parte de la filosofía anterior para efectuar el registro de las señales sísmicas,

sin embargo existen algunas diferencias, que serán tratadas posteriormente.

El PCM es aplicable a las telecomunicaciones. De hecho, el mismo mensaje digital puede transmitirse por un enlace radioeléctrico, con la condición de que la banda de paso del enlace contenga el espectro de energía del mensaje en serie. La generación de los enlaces digitales, que son a menudo sensibles a las perturbaciones en los trayectos, producen algunos problemas, por ejemplo, al multiplexar.

II DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO.

El equipo está constituido por dos grandes bloques: a) las estaciones sismológicas y b) la estación central y de registro (véase la figura 2.1.). Cada una de las estaciones sismológicas envía una señal modulada en frecuencia a la estación central, donde se recibe, se demodula y se codifica para ser, finalmente, registrada en una cinta magnética.

II.1. ESTACIONES SISMOLÓGICAS.

Cada estación sismológica cuenta con un aparato capaz de detectar el desplazamiento del suelo, al que se le denomina: sismómetro. Este aparato tiene una masa suspendida por resortes y cuando se presenta un desplazamiento del suelo la masa comienza a oscilar, generando con ello una señal eléctrica. La señal generada por un sismómetro es amplificada, modulada en frecuencia y transmitida a la estación central. La fuente de alimentación para el amplificador, el modulador y el emisor es un acumulador para automóvil, de 80 A/h, que es recargado por un panel solar. En la sección III.1 se tratará con más detalle el funcionamiento de una estación sismológica.

II.2. ESTACION CENTRAL Y DE REGISTRO.

La estación central está constituida por un sismómetro de tres

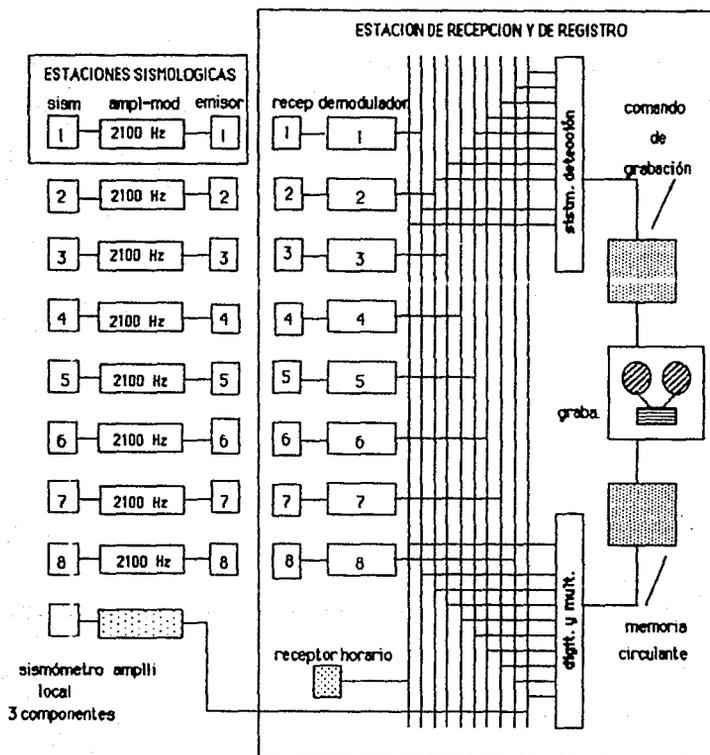


Figura 2.1. Sistema del registro sísmico de la Red Telemétrica de 8 estaciones.

componentes ortogonales. Un sistema de registro que demodula las señales recibidas de cada estación y un sistema de registro. Cuando el sistema de registro es disparado (activado) debido a que un umbral, previamente seleccionado, se ha rebasado, las señales son codificadas y posteriormente grabadas. El sismómetro local está conectado por cable al sistema de registro.

El sistema de registro cuenta con un reloj (receptor de señal horaria), ya que para determinar el epicentro y foco de un sismo, es indispensable conocer con precisión los tiempos de arribo de la onda P y la onda S.

11.2.1. Registro y Codificación de la Información.

Las características del registro PCM NRZ-B están bien adaptadas al registro de las señales sismológicas y eventualmente a su restitución análogica sin equipo sofisticado.

El registro de los datos adquiridos se efectúa sobre una sola cara de una cinta magnética. La distribución de la información registrada en los 16 canales disponibles (trama) es la siguiente:

| CANAL | UTILIZACION |
|----------|-----------------------------|
| 1-7 | Señales Radio |
| 8 | Señal de tiempo (Q) |
| 9 | Señal Radio |
| 10-11-12 | Canales Analógicos Vacantes |
| 13-14-15 | Estación Local (L-T-Z) |
| 16 | Señal de tiempo (Q) |

El sistema de decodificación se sincroniza con la adquisición, después de un periodo de búsqueda de sincronización, que dura algunas tramas.

11.2.2. Codificación NRZ-B, Memoria.

La codificación NRZ-B se realiza por la tarjeta de "Conversión-Codificación" a partir de la información generada por el convertidor analógico digital (CAD) para los canales 0 e 2.

La memoria introduce un retardo de 65,000 periodos en la entrada de los bits a la señal NRZ-B. Este retardo corresponde a 16s. y se utiliza con el fin de grabar las señales sísmológicas antes de que

erriben las ondas P.

11.2.3. Visualización.

Esta tarjeta decodifica y memoriza, para el canal seleccionado, la señal de la salida del CAD. A continuación la información se expresa en un código que permite visualizar claramente, en una escala configurada por "leds", el nivel de la señal sísmológica.

11.2.4. DETECCIÓN DEL UMBRAL DE REGISTRO, COMANDO DE GRABACION.

La detección del umbral de registro se realiza por medio del "Bus de Alarma" procedente de los 8 demoduladores. Los circuitos de detección, colocados en la tarjeta del comando de grabación, comparan la suma de la señales seleccionadas con un nivel previamente elegido. La duración del registro está definida por un "puente". Esta misma tarjeta comanda y regula la alimentación de la grabadora.

III ESTACIONES SISMOLOGICAS.

III. 1. LAS ESTACIONES SISMOLOGICAS.

Cada una de las estaciones está constituida por:

- * un sismómetro de una componente (vertical).**
- * un amplificador-modulador.**
- * un emisor UHF.**
- * una antena directriz.**
- * un acumulador.**
- * un panel solar.**

En la figura 3.1 se muestra un esquema de una estación sismológica. Los sismómetros MARK-PRODUCT L-4C utilizan una frecuencia de 1 Hz. La tensión de salida de éstos puede amplificarse en un rango comprendido entre 2^4 a 2^8 . La señal generada por los sismómetros se modula en frecuencia por una portadora de 2.1 KHz. Los amplificadores-moduladores se caracterizan por su bajo consumo, que es del orden de 200 mA a 3V. Las baterías de litio, tipo "AA", aseguran una alimentación de dos años.

El amplificador-modulador así como las baterías de litio, están colocadas en un cilindro metálico (fotografía 3.1), el cual a su vez se introduce en un cilindro impermeable de aluminio, junto con el

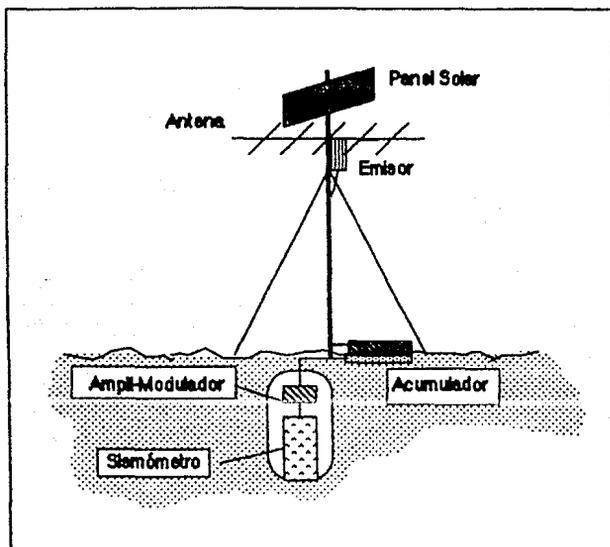
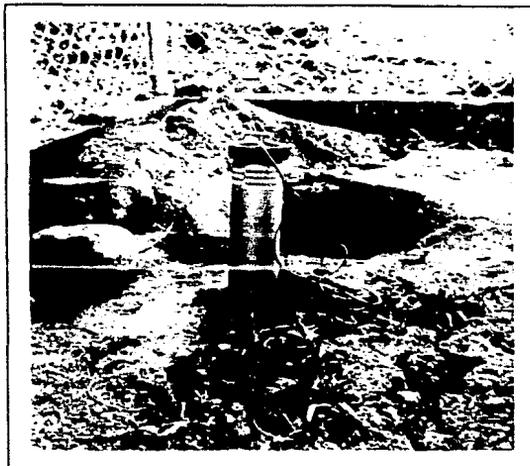


Figura 3.1 Esquema de una estación sismológica telemétrica.

sismómetro. Este último se entierra con el fin de lograr un buen acoplamiento entre el sismómetro y el suelo, limitando así los efectos por la variación de temperatura, como se observa en la fotografía 3.2.

Un emisor de radio de una potencia de 200 mW. está asociado a una antena directriz con una ganancia de 10 dB. El conjunto transmite permanentemente la señal sísmica modulada hacia la estación de registro. Bajo buenas condiciones topográficas, por

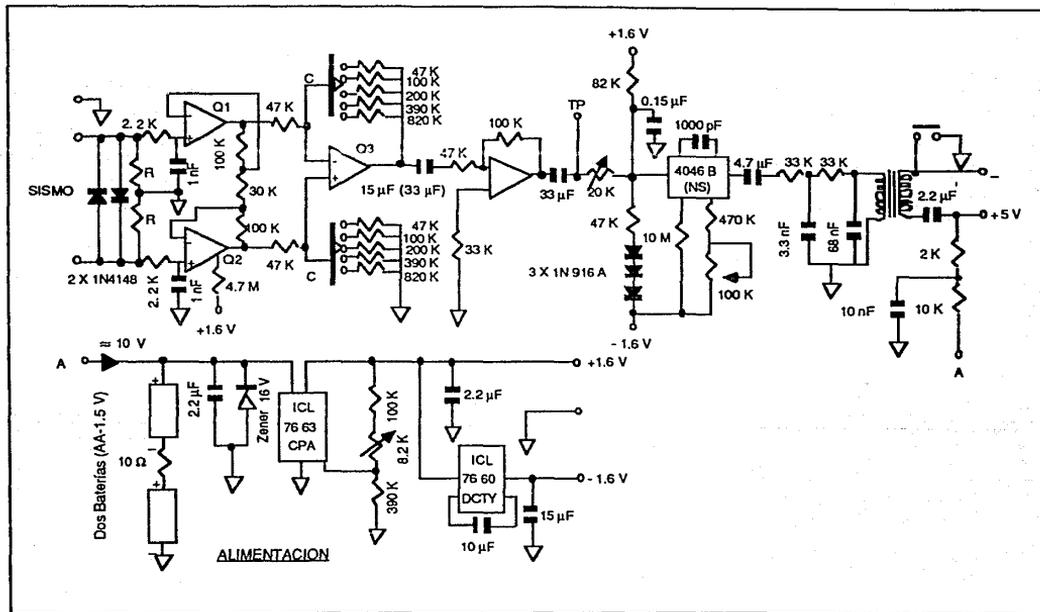
ejemplo, con vista directa desde una estación sísmica hasta la estación de registro, la portadora puede tener un alcance de 100 Km.



Fotografía 3.1. Sismómetro y Amplificador-Modulador.

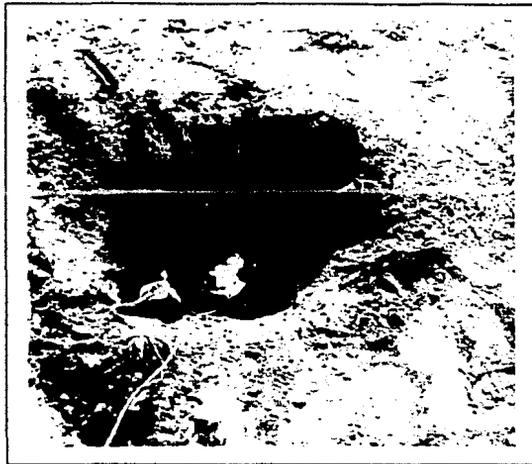
III.2. DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DE AMPLIFICACIÓN-MODULACIÓN.

En el circuito 3.1 se presenta la configuración electrónica de ésta tarjeta. Con el circuito cuádruple de amplificación Instrumental HR 4202 (sólo se utilizan 3 amplificadores operacionales) se pueden obtener 5 niveles distintos de ganancia, comprendidos entre 2^4 y 2^8 . La ganancia se ajusta por medio de un potenciómetro. El cuarto



Circuito 3.1. Tarjeta de Amplificación-Modulación.

amplificador operacional tiene la función de un filtro pase-altas y de limitador (saturación a ± 0.8 V).



Fotografía 3.2. Sismómetro y Amplificador-Modulador enterrados.

Un circuito 4046 genera una portadora de 2100 Hz para la modulación de la señal recibida del sismómetro. La excursión entre cresta y cresta es de $\pm 33\%$. La compensación térmica se efectúa por

medio de tres diodos. El ajuste de la frecuencia de corte (f_0) se realiza por medio de un potenciómetro.

La portadora es filtrada por una red R-C y por un transformador de acopleamiento antes de ser enviada a la línea.

III.2.1. Alimentación.

Para lograr una tensión estable de + 1.65 V se utiliza el circuito ICL 7663, y para obtener una tensión de - 1.65 V el circuito ICL 7660. Se tiene un diodo Zener como protección, en caso de invertir la alimentación o si la tensión de entrada excede de 15 V.

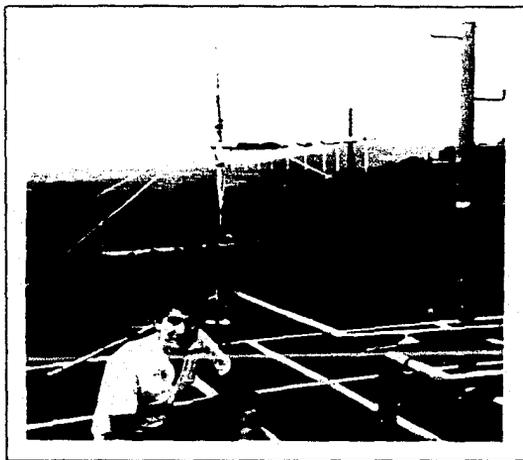
TELEALIMENTACION:

La tensión (+) de alimentación se toma de un cable de la línea a través de una resistencia. La portadora se aplica sobre la misma línea a través de un condensador. El segundo cable de la línea (-) se aterriza. Por lo tanto la conexión de la línea no es simétrica. Si se presente una inversión de polarización durante la instalación, ésta no provocará daños.

IV ESTACION DE RECEPCION Y DE REGISTRO

La estación central está constituida por los siguientes componentes:

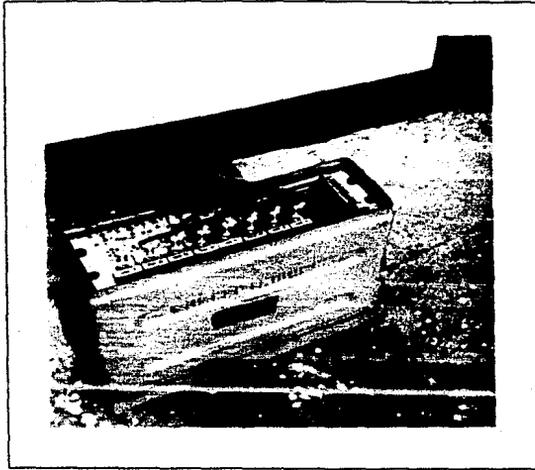
- * 8 receptores U.H.F. y sus respectivas antenas (fotografías 4.1 y 4.2).
- * Un conjunto de demodulación y de detección que restituye las señales sísmicas y las compara con los niveles de referencia ajustados. Para limitar el registro de eventos parásitos, que son producto generalmente de una señal débil y del consecuente ruido que ésta produce, la orden del registro se puede dar si se rebasa el umbral en 1, 2, 3, 4 ó 5 estaciones (fotografía 4.3).
- * Un digitalizador y una memoria circulante. Las señales sísmicas después de ser demoduladas, son digitalizadas y además se añade una base de tiempo codificada. Estas señales, después de pasar a través de una memoria circulante, con un retardo de 16s, se registran en un código P.C.M. en la grabadora. La memoria de retardo se utiliza con el fin de poder registrar la primer llegada de la onda P a cada estación, y algunos segundos anteriores a ella de ruido de fondo, antes del inicio de la señal.
- * En el caso de la detección de un evento, la grabadora UHER 4000 registra la señal digital a la salida de la memoria.



Fotografía 4.1. Antenas de recepción en la estación central.

La duración de la respuesta registrada se puede regular, de 15 s. a 15 m. Normalmente para los sismos próximos se utilizan ventanas de 65 s., lo que permite ver siempre el tiempo codificado completo.

- * La estación central está constituida de una estación sismológica local de 3 componentes (vertical, norte-sur y este-oeste), conectada por cable al conjunto de registro.**

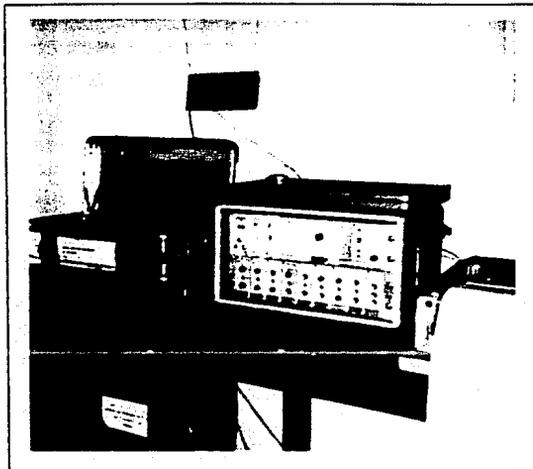


Fotografía 4.2. "Rack" compuesto por 8 receptores.

IV.1. DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DE DEMODULACIÓN-ACTIVACION.

La tarjeta de Demodulación restituye la señal transmitida a partir de una portadora en una frecuencia acústica (ver circuito 4.1.).

El sistema de demodulación está constituido por los siguientes elementos :



Fotografía 4.3. Conjunto de demodulación, detección y registros de las señales sísmicas.

- * Un transformador y un sistema de aplicación de la tensión de alimentación (LM4250CH).
- * Un sistema de rectificación por diodos.
- * Un filtro pasa banda, constituido por un filtro pasa bajas y otro pasa altas, ambos de 5^o orden. Aquí se utiliza el circuito cuádruple HR4202.
- * Un comparador (LP311) y un monoestable doble (CD4538) realizan un demodulador de conteo. La señal es restituída

después de la integración efectuada por el circuito ICL 7611.

- * Un potenciómetro y un galvanómetro de control permiten la regulación a cero.
- * La señal está disponible después de pasar por un filtro pasa-altas, sobre una impedancia de 100 Ω .

IV.1.1. Disparo.

El sistema de disparo (activación), provee una señal de alarma cuando se ha rebasado el umbral ajustado en un cierto número preestablecido de estaciones. El conjunto de las 8 señales de alarma de los tarjetos de Demodulación-Activación constituyen el "Bus de Alarma".

Este sistema está constituido por los siguientes componentes:

- * Un amplificador (H5). Se utiliza uno de los operacionales del circuito ICL 7621.
- * Un sistema de comparación, LM 339, que activa el monoestable (CD4011). La duración de éste se puede variar entre 5 s y 15 s.

Para que el disparo se efectúe, la señal debe pasar el voltaje del umbral fijado por un potenciómetro, dependiendo del número de estaciones seleccionadas para tal efecto (de 1 a 5 estaciones).

IV.1.2. Alimentación.

La alimentación se lleva a cabo a partir de un voltaje de +10 V regulados y de una tensión de +5 V para la polarización; estando comprendida la fuente de suministro entre 11 y 15 v. La regulación está a cargo del circuito LM10CH.

IV.2. DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DE CONVERSIÓN-CODIFICACION.

La tarjeta de Conversión-Codificación realiza la función de muestreo de tres canales analógicos (ver diagrama 4.1.). Esta tarjeta elabora, a partir del voltaje de alimentación único de +12 v, los voltajes regulados de +9 v, +5 V y -5 V utilizados para las otras tarjetas. La tarjeta está equipada de un convertidor analógico-digital, de 12 bits, que opera por aproximaciones sucesivas y con tecnología CMOS: ADC-HC-12 BGC de DATEL. La entrada analógica es de ± 2.5 V; La velocidad de funcionamiento normal es de 600 mediciones por segundo, o sea, 7.8 Kbits por segundo.

La tarjeta comprende los circuitos analógicos y lógicos necesarios en el funcionamiento del muestreo, de la conversión y de la transformación de datos en paralelo a serie. La codificación PCM empleada es el código NRZ "ruidoso" compatible con el material PCM Schlumberger (Schlumberger) [6].

IV.2.1. Circuitos Analógicos.

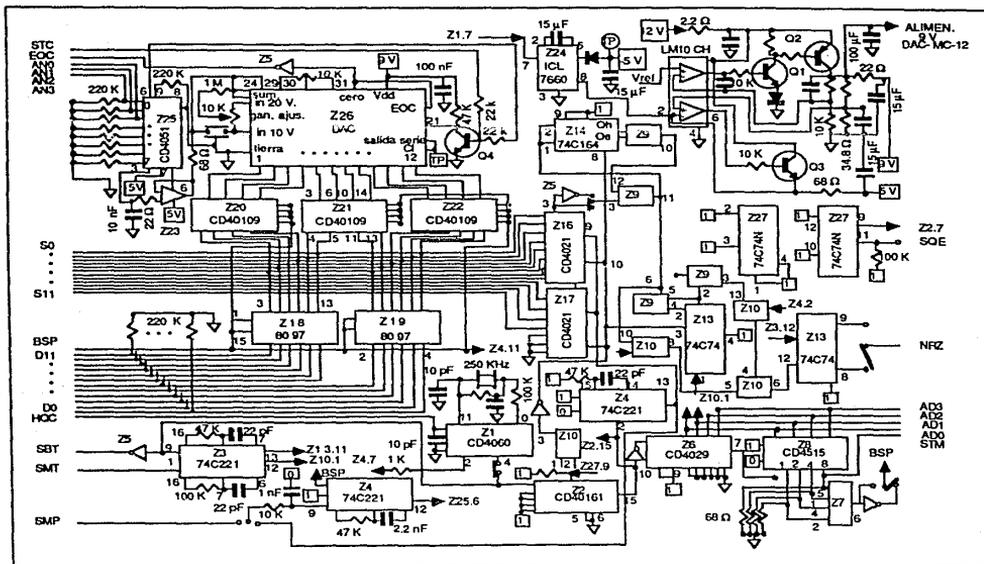
• Alimentación, multiplexaje, muestreo y conversión A/D. En el circuito 4.2. se muestra la tarjeta de Conversión-Codificación. El circuito Z12 (LM10CH), está compuesto de dos amplificadores operacionales; en la entrada positiva de uno de ellos se encuentra una referencia de voltaje. Este amplificador sirve para generar +9 V, con la ayuda de los transistores Q1 y Q2.

El otro amplificador comanda al transistor Q3 que produce el voltaje de +5 V. A partir de +5 V el circuito Z24 (ICL 7660) elabora el voltaje de -5 V. El reloj necesario para el circuito Z24 se toma de la salida Q4 de Z1 a través de la resistencia R3. Z25 es un circuito multiplexor analógico de 8 canales; solamente se utilizan del canal 0 al canal 3. La selección de los canales se realiza por las entradas A y B, en tanto que la entrada C se aterriza. La señal analógica se transmite a la capacidad de muestreo de C17 (10 nF) durante la señal sample.

El circuito Z23 es un amplificador operacional LM11, en configuración de seguidor y aplica la señal muestreada a la entrada del convertidor A/D.

IV.2.2. Circuitos Lógicos.

• Relojes internos. El circuito Z1 es un oscilador divisor CD4060. Está equipado con un cristal de cuarzo de 250 KHz. Las salidas del divisor proporcionan la frecuencia nominal dividida entre 2, de Q4 a



Circuito 4.2. Tarjeta de Conversión-Codificación.

Ficha
19/81

Q10 y de Q12 a Q14.

A la salida de Q4 se tiene la frecuencia de 15.625 KHz, a la salida de Q5 la frecuencia de 7.8125 KHz, etc. El circuito Z2 es un contador a 16. La salida Z2,15 proporciona la señal sincro-palabra (SMT). Esta señal es invertida por la compuerta Z5,10 y la denominaremos $\overline{\text{SMT}}$.

El circuito Z3 es un monoestable doble. En la entrada 1 del primer monoestable se aplica la señal sincro-bit, el frente descendente de ésta señal activa el monoestable, que proporciona en la salida 13 un tren de pulsos +5 V y con una parte activa de 2 μs : a éste tren de pulsos lo llamaremos "relaj de bit" o "clock-bit" (ver figura 4.1.). El segundo monoestable de Z3 está activado por el frente descendente de SMT, en la salida 12 nos proporciona una señal de 0 V y con una parte activa de 4.7 μs , a éste tren de pulsos lo llamaremos "raz parité". El circuito Z4 es otro monoestable doble. El frente ascendente de SMT aplicado a la entrada 2 activa el primer monoestable, que genera en la salida 13 un tren de pulsos de +5 V con una parte activa de 2 μs ("transfert").

A la entrada 9 del segundo monoestable encontramos un circuito integrador: R34-C22; el frente descendente de SMT, retardado por el circuito integrador, activa el monoestable y éste presente en la salida 12 un pulso de 0 V durante 120 μs . Llamemos a éste pulso "sample".

El circuito Z6 es un circuito contador binario a 16, que sirve para codificar las direcciones de los canales.

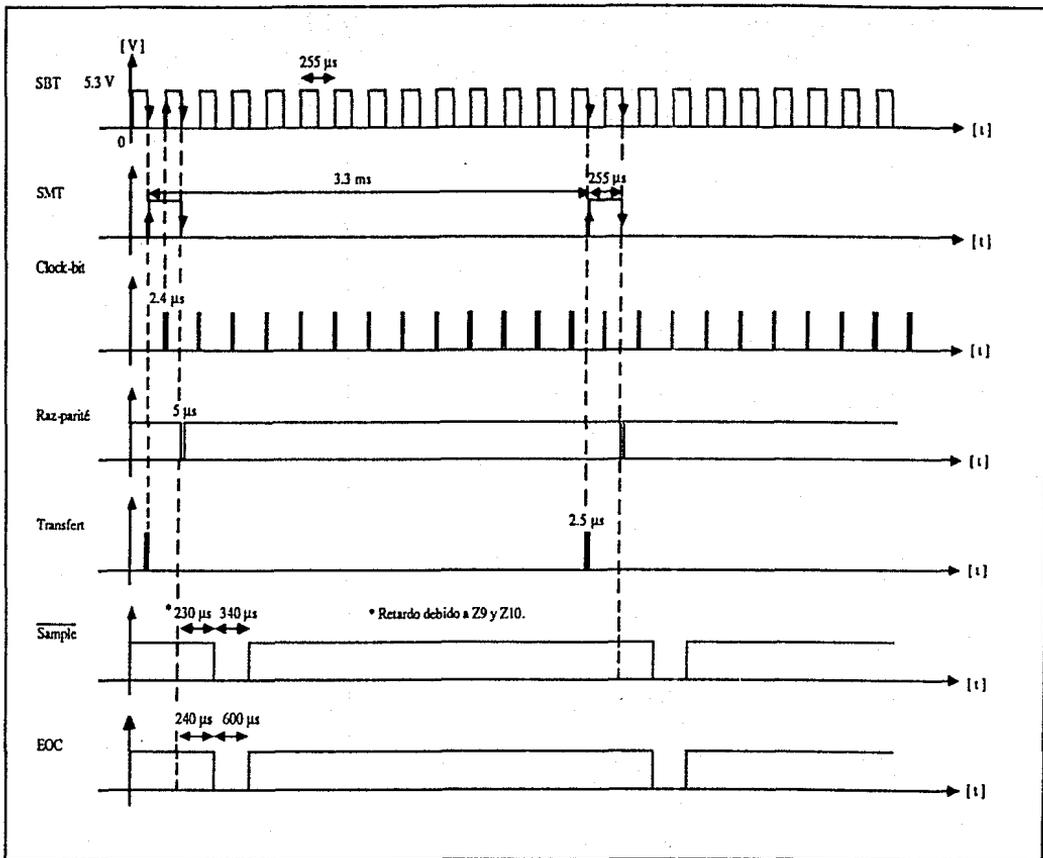


Figura 4.1. Diagrama de tiempos de la tarjeta de Conversión-Codificación.

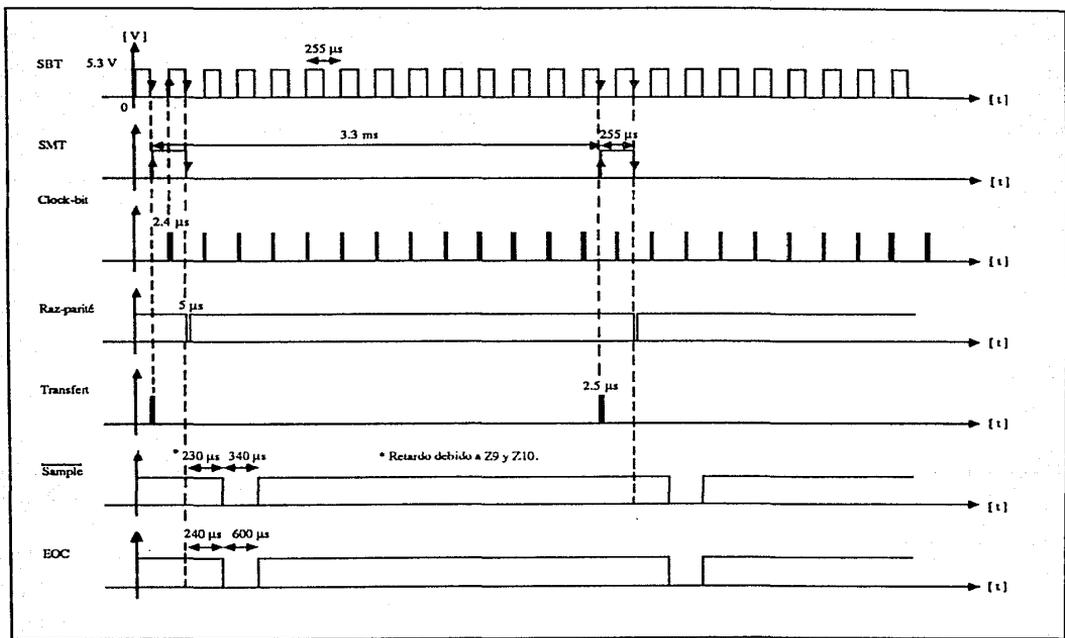


Figura 4.1. Diagrama de tiempos de la tarjeta de Conversión-Codificación.

IV.2.3. Selección de la Adquisición de Datos en el "BUS" de Salidas en Paralelo S_0 a S_{11} .

El circuito 20 es un decodificador binario-decimal: 4 entradas-16 salidas. La salida decodificada toma el valor de 0U.

La compuerta 27,6 se utiliza como una compuerta "or". Esta presenta una señal positivo en la salida para los canales 3, 7, 11 y 15: ésta señal es invertida por la compuerta 25,15, que llamaremos: "bloqueo de salidas en paralelo" (BSP).

Los circuitos 220, 221 y 222 son compuertas de adaptación de nivel (3 estados). Las salidas paralelas del convertidor estén a +9 U, las salidas de las compuertas estén en un nivel de +5 U y conforman en "bus" de información S_0 a S_{11} . Las compuertas presentan una salida con alta impedancia cuando la señal BSP es de 0 U.

Los circuitos 218 y 219 son compuertas de 3 estados; su función consiste en colocar en el "bus" S_0 a S_{11} la información digital del "bus" D_0 a D_{11} . Presenta una salida con alta impedancia cuando la señal BSP está en +5 U.

IV.2.4. Codificación de la Información Serie.

Los circuitos 216 y 217 (registros de corrimiento) tienen la función de "serializer". La señal "transfert" provoca la carga paralela de la adquisición del "bus". La salida serie de los bits se realiza al ritmo

del "clock-bit". El 13^{er} clock-bit esté bloqueado por la compuerta Z10,3 (el circuito Z10 es un "nand" cuádruple). En la entrada 1 de ésta compuerta encontramos la señal "clock-bit" y en la entrada 2 la señal $\overline{\text{SMT}}$.

La compuerta Z9,11, el registro de corrimiento Z14 y la compuerta Z9,10 forman el circuito "ruidoso" (el circuito Z9 es un "or" exclusivo cuádruple); el adelanto de los bits se hace por la misma señal que en la "serialización".

La compuerta Z9,4 y el circuito Z13,5 sirven para calcular la paridad de la palabra "ruidosa" de 12 bits. El circuito Z13 es un bistable doble. Si el número de bits de nivel 1 es impar la salida S de Z13 es "1". La compuerta Z9,3 es una "or exclusiva" que forma el bit de paridad o de antiparidad. La compuerta Z10,11 realiza la función inversora; ésta presenta el bit de paridad o de antiparidad en la entrada 4 de Z10 mientras exista la señal SMT. La compuerta Z10,8 permite pasar los 12 bits de información, y se bloquea por $\overline{\text{SMT}}$. La compuerta Z10,6 forma un circuito "or"; en ausencia de SMT permite pasar los 12 bits de información; cuando SMT esté en un nivel alto introduce el bit de paridad o de antiparidad. La antiparidad se selecciona una vez por trama. En la palabra de 13 bits encontramos siempre un número par de bits a 1 salvo cuando la salida Z8,10 esté en 0 V (bit de antiparidad). El circuito Z13,9 es un flip-flop (d); los 13 bits de la palabra PCM son transmitidos a la salida al ritmo del "clock-bit".

IV.3. DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DE VISUALIZACIÓN.

Le tarjete sirve para visualizar el valor absoluto de las señales de los canales analógicos 0, 1 y 2 (ver circuito 4.3.).

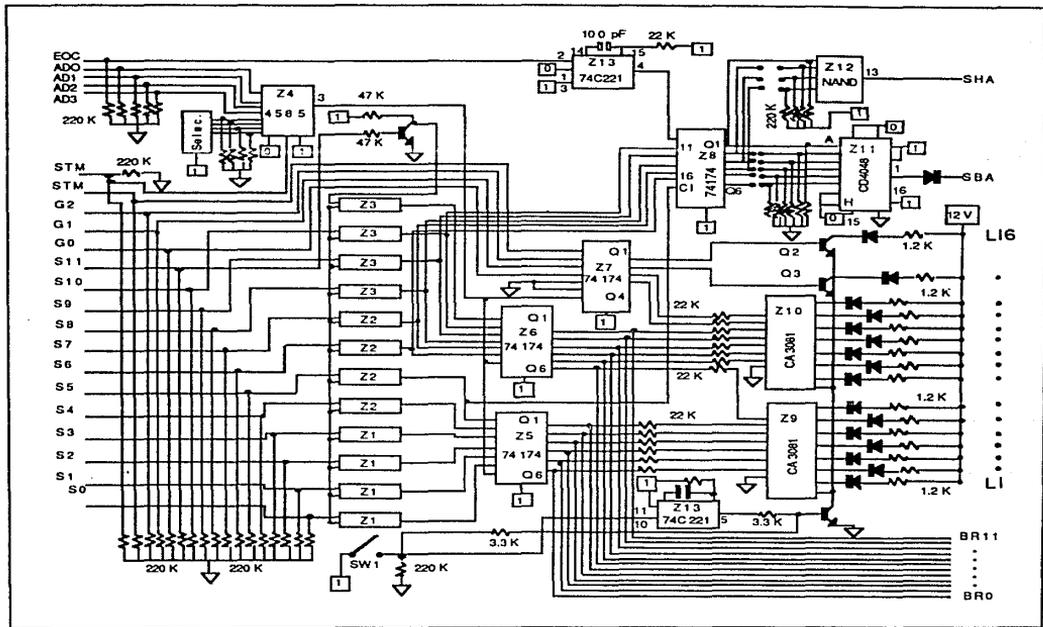
IV.3.1. Redireccionamiento del "BUS".

El redireccionamiento tiene por objeto modificar la codificación de la información entregada por el CAD. El bit BA_{11} indica el signo de la medición, los bits BA_0 a BA_{10} expresan el valor absoluto de la medición. Los datos del "bus" redireccionado sirven para la detección del umbral de activación en la tarjeta del comando de grabación.

Los circuitos "or exclusivos" Z1, Z2 y Z3 sirven para redireccionar el "bus" de datos. Los "puentes" ST7 y ST8 deben estar programados en función del código del convertidor; en nuestro caso el código es el "offset binary". Los bits S_0 a S_{10} son invertidos si el switch SW1 tiene un nivel 0. El "led" LD11 se enciende cuando la señal es de polaridad negativa.

IV.3.2. Selección del Canal a Visualizar.

El circuito 24 permite elegir, con ayuda de un disco de selección, el



Circuito 4.3. Tarjeta de Visualización.

canal en que se memorizarán los datos redireccionados. La salida Z4 es validada por la sincro-palabra: SMT. Los datos son memorizados por los circuitos Z5, Z6 y Z7.

Los circuitos Z9, Z10 y los transistores Q2 y Q3 alimentan a los "leds" L1 a L16. Cuando el valor memorizado es 1 el diodo correspondiente se enciende.

Con el circuito Z8 se memorizan los datos redireccionados de los canales analógicos (0, 1 y 2); la memorización se lleva a cabo por el frente ascendente del pulso \bar{Q} , a la salida 4 del monoestable Z13. Z13 está activado por el frente ascendente de EOC. La información memorizada en Z8 corresponde a los bits S_5 a S_{10} , después direccionados; éstos son utilizados por los circuitos de detección del umbral.

IV.3.3. Dispositivo de Encendido de los "LEDS".

El switch SW1 activa el monoestable Z13,5 que envía un pulso positivo, con duración de 2 minutos, al transistor Q4. El transistor se pone en saturación y permite el encendido de los "leds".

IV.4. DESCRIPCION DE LA TARJETA DE AMPLIFICADORES-FILTROS.

Esta tarjeta acondiciona las señales generadas por el sismómetro

de tres componentes ortogonales (ver circuito 4.4).

Está compuesta por:

- * Resistencias de amortiguamiento del sismómetro.**
- * Preamplificadores de entrada.**
- * Filtros de muestreo.**
- * Multiplexor.**

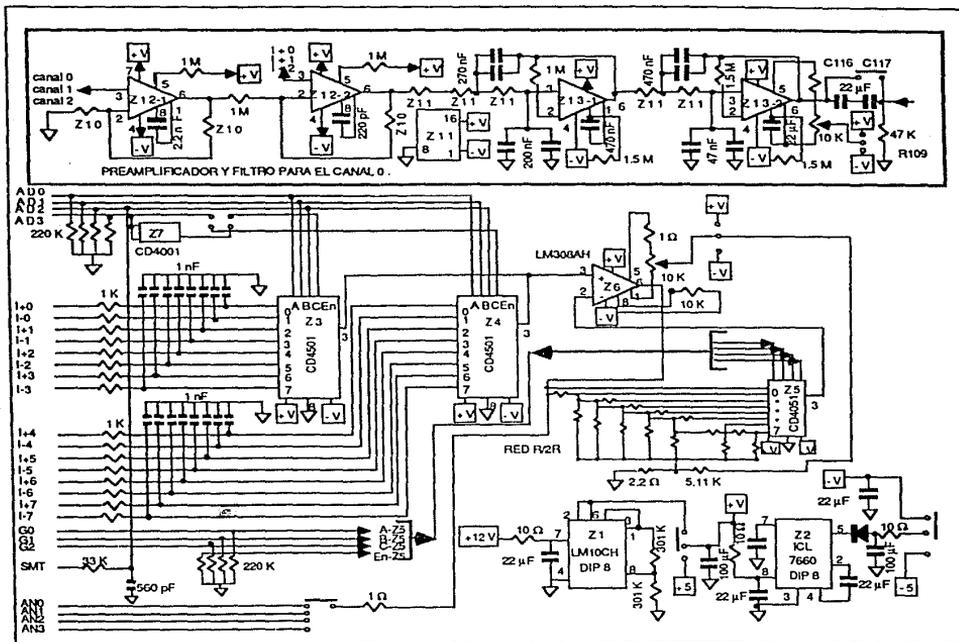
La señal analógica generada por ésta tarjeta se aplica directamente al CAD de la tarjeta de Conversión-Codificación.

IV.4.1. Circuito de Entrada.

Los componentes del circuito de entrada, diodos de protección de los circuitos electrónicos y resistencias de amortiguamiento del sismómetro, están instalados en el soporte Z10 (para el canal 0). La resistencia de amortiguamiento del sismómetro es igual a la resistencia que aparece entre los bornes 4 y 14 del soporte. El punto medio de ésta resistencia se aterriza.

IV.4.2. Preamplificador.

El preamplificador de entrada está constituido, para el canal 0, de los amplificadores Z12,1 y Z12,2, así como de 4 resistencias (bornes 5, 6, 7 y 8) del soporte Z10. Estas resistencias determinan el valor de la ganancia.



Circuito 4.4. Tarjeta de Amplificadores-Filtros.

IV.4.3. Filtro de Muestreo.

El filtro de muestreo es un filtro "Butterworth" de 5º orden. Está formado, para el canal 0, por los amplificadores Z13,1 y Z13,2 y por el soporte de componentes Z11. Este determina, dependiendo del valor de las resistencias de que esté equipado, la frecuencia de corte.

$$\text{para } f_c \text{ (nominal)} = 50 \text{ Hz a } 3 \text{ dB} \quad R = 20 \text{ K}\Omega$$

Los condensadores C115 y C117 así como la resistencia R109 formen un filtro pasa-altas de primer orden, de 0.3 Hz a 3 dB.

IV.4.4. Multiplexor.

Las señales que provienen de los filtros de muestreo son multiplexadas por el circuito Z4.

IV.4.5. Alimentación.

La tarjeta está normalmente alimentada con +12 V y +5 V. Los circuitos Z1 y Z2 proporcionan respectivamente +6 V y -6 V para los circuitos analógicos. Es posible, en algunos casos, utilizar la alimentación de +5 V y -5 V que proviene de la tarjeta de Conversión-Codificación.

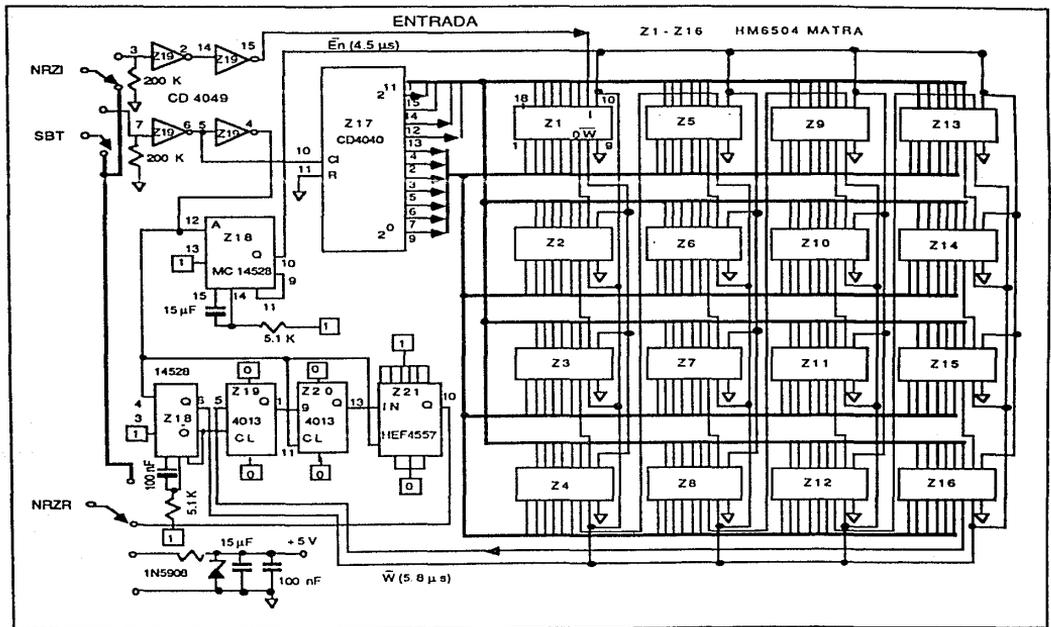
IV.5. DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DE MEMORIA.

Este tarjeta funciona como un registro de corrimiento de 1 H 65,536 bits. Comprende 16 circuitos RAM CMOS HK (4096 H 1). Referencia MH1-6540-9 de MATRAS-HARRIS SEMICONDUCTOR (ver circuito 4.5.).

IV.5.1. Principio de Funcionamiento.

Los circuitos de memoria están conectados en serie, todas las direcciones (A_1, A_2, \dots, A_{11}) están conectadas en paralelo. El contador binario de 12 bits HEF 4040 genera las direcciones. Cada señal del reloj del sistema PCM hace avanzar al contador en una unidad y activa al monoestable doble MC14528 que proporciona las señales \bar{E} y \bar{W} para la lectura y la escritura. Se utiliza el modo "Read Modify Write Cycle".

Para una dirección dada (n) el frente descendente de la señal E inicia el ciclo, y la información almacenada en (n) se lee y es transferida a la salida. El frente descendente de \bar{W} bloquea la información que está presente a la entrada y a la salida. El frente ascendente de E termina el ciclo de escritura: la información presente a la entrada se escribe en la dirección (n), la entrada y la salida son liberadas.



Circuito 4.5. Tarjeta de Memoria.

Los circuitos 4013 (flip-flop "d") y 4557 (registro de corrimiento) sirven para ajustar la capacidad de la placa de memoria, con el fin de tener compatibilidad con la codificación.

IV.6. DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA DEL COMANDO DE GRABACION.

En el diagrama 4.2. se presentan los bloques que configuran a ésta tarjeta. La tarjeta del comando de grabación comprende las siguientes funciones:

- * Detección de eventos.
- * Lógica del comando de grabación.
- * Alimentación de la grabadora.

IV.6.1. Detección de Eventos.

Los señales que se obtienen del "Bus de Alarma" de los 8 demoduladores se aplican a la entrada de ésta tarjeta.

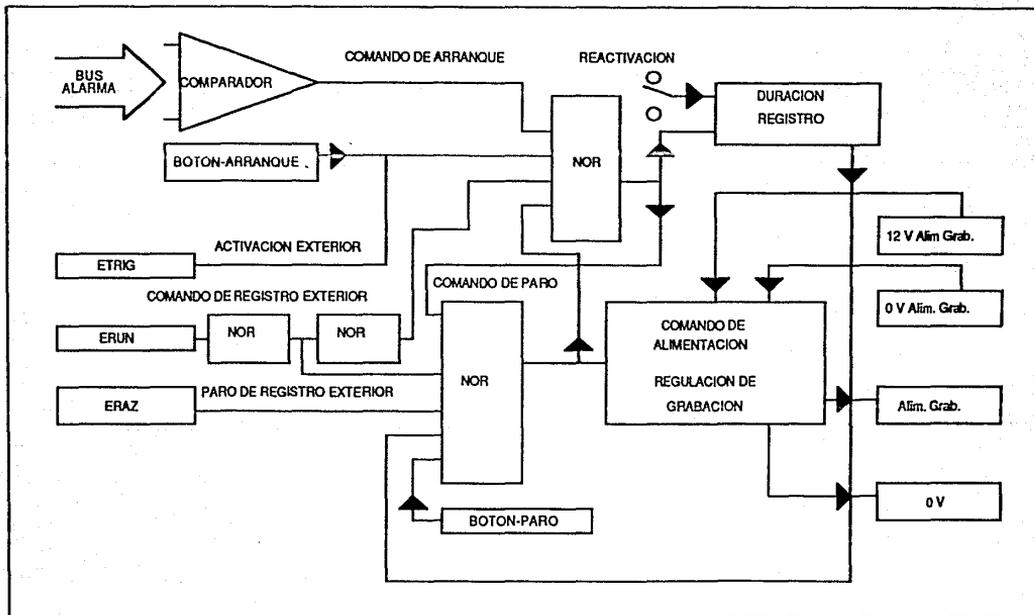
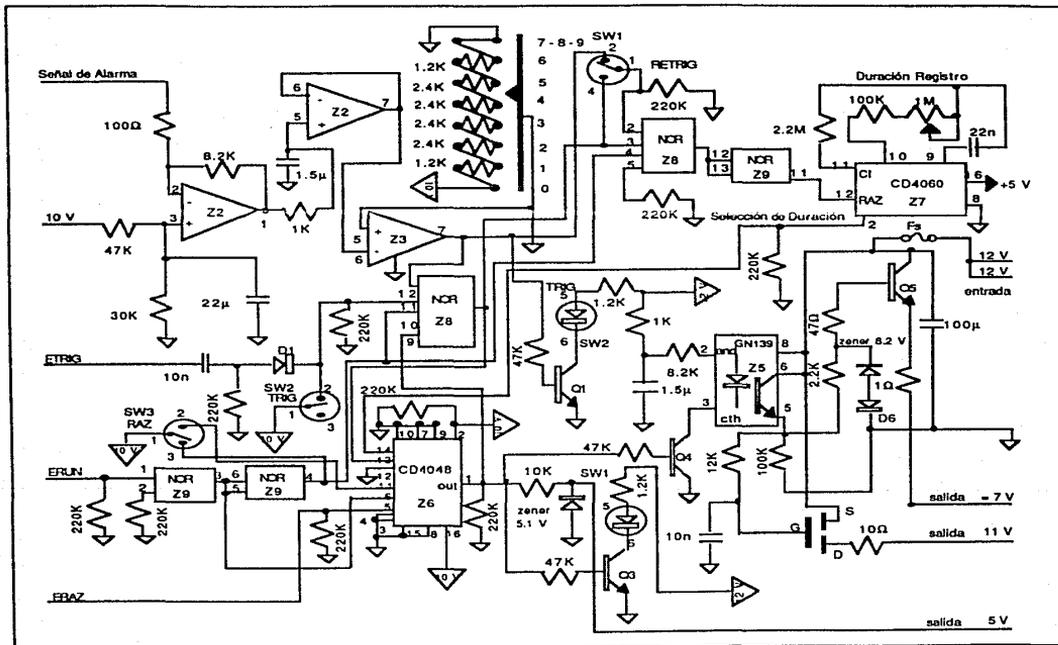


Diagrama 4.2. Diagrama de Bloques de la Tarjeta del Comando de Grabación.

EL primer amplificador operacional del circuito 2.2 esté configurado como un sumador, la señal resultante es filtrada por la red R15-C7 y aplicada al segundo amplificador de 2.2, que tiene una función de seguidor (ver circuito 4.6). El circuito 23 es un comparador. En 23.6 tenemos la señal de alarma y en 23.5 se aplica el nivel de voltaje de referencia seleccionado, dependiendo del número de estaciones que activarán el sistema de grabación. De una a cinco estaciones pueden disparar el sistema. La posición 0 del disco de selección garantiza un funcionamiento continuo; las posiciones 6, 7, 8 y 9 ponen fuera de servicio el sistema de activación.

Para un nivel de ruido de $\pm 1\%$ de la escala, se obtiene la activación para los niveles de entrada siguientes:

| | | | |
|-----------------|----------|---|--|
| Posición | 0 | - | Umbral nulo - operación permanente. |
| " | 1 | - | 9 U. |
| " | 2 | - | 7 U. |
| " | 3 | - | 5 U. |
| " | 4 | - | 3 U. |
| " | 5 | - | 1 U. |
| " | 6 | - | Paro del registro. |
| " | 7 | - | " " " |
| " | 8 | - | " " " |
| " | 9 | - | " " " |



Circuito 4.6. Tarjeta del Comando de 6 rebación.

III.6.2. Lógica del Comando de Grabación.

• **Lógica de arranque-paro.** La lógica de arranque-paro de la grabadora es realizada por los circuitos "nor" Z6 y Z8.13, éstos forman un biestable. Las señales que aparecen en las entradas de Z8.13 (nivel 1) provocan el paso al estado de arranque. Estas señales son:

- La detección del umbral.
- El comando "External Run" (ERUN).
- El comando "External Trigger" (ETRIG).

Las señales que aparecen en las entradas de Z6 (nivel 1) provocan el paso al estado de paro. Estas señales son:

- El final de la señal de duración de registro, seleccionado por ST6.
- El final del comando "External Run" (ERUN).
- El comando "External Raz" (ERAZ).

• **Lógica de la duración del registro.** Está constituida por la compuerta Z8.1, la compuerta Z9.11 y el circuito oscilador-divisor Z7. El circuito Z7 se mantiene en estado "Raz" mientras que el biestable arranque-paro se encuentra en el estado de paro.

El contador Z7 empieza a funcionar cuando el biestable pasa al estado de arranque. El paso al estado "1" de la salida seleccionada de Z7, por ST6, pone al biestable en el estado de paro.

En la posición de REACTIVACION, el circuito 27 se pone en "0" cada vez que se supera el umbral. De hecho, la terminación del registro tiene lugar 65 s (duración nominal) después del último sobrepeso del umbral.

En la posición NO REACTIVACION, la terminación del registro se lleva a cabo 65 s después del primer sobrepeso del umbral.

Para un registro de 65 s de duración, es necesario un período de 16 ms en 27.9 e instalar ST6 en Q13.

10.6.3. Alimentación de la Grabadora.

El comando de la alimentación de la grabadora pasa a través del foto-acoplador 25. El transistor Q5 (Darlington) y el diodo D7 aseguran la alimentación de la grabadora y la regulación a +7 V, si el "puente" se encuentra en la configuración C. En la configuración P la grabadora tiene alimentación permanente.

V INSTALACION DE LA RED TELEMETRICA

"Después de ocurrido el terremoto del pasado septiembre de 1985 es lógico pensar que la mayor parte de la energía acumulada en la brecha sísmica de Michoacán ya ha sido liberada. Por lo que no se considera que la costa de Michoacán represente una zona de alto riesgo sísmico en un futuro próximo. Existen otras dos regiones en el país que tienen actualmente características similares a las que tenía la costa de Michoacán hasta antes de las 7:17 horas del 19 de septiembre de 1985: Guerrero y Chiapas.

La brecha de Guerrero, en la Costa Grande de ese estado, está localizada al sur del área de ruptura del sismo de Petatlán. Aquí, no ha habido un sismo de magnitud importante (M_s mayor a 7.5) en los últimos ochenta años; se piense que en éste período de tiempo se ha acumulado suficiente energía elástica capaz de causar un sismo de consecuencias. La longitud de la brecha sísmica de Guerrero es aproximadamente del mismo tamaño que la antigua brecha de Michoacán, y de romperse en un solo sismo, la magnitud de éste sería similar a la del terremoto del 19 de septiembre. Por lo tanto, se le puede adjudicar un alto potencial sísmico, pero no se puede precisar cuando y donde va a ocurrir el sismo.

En la costa de Chiapas la situación es mas incierta. Se sabe con certeza que por lo menos desde mediados del siglo pasado no han ocurridos grandes sismos en esa zona. A diferencia de otras regiones

del país, sin embargo, no se tiene en Chiapas evidencia histórica de ningún otro terremoto" (Jiménez Z., Suárez G) [4].

Como se puede observar, la brecha de Guerrero cuenta con antecedentes históricos y características similares a la brecha de Michoacán, a diferencia de la pobre historia sísmica de Chiapas. Debido a esto es importante mantener constantemente monitoreada la Costa Grande y por consecuencia se decidió efectuar la instalación de la red telemétrica sismológica en el lugar antes citado.

La red telemétrica está constituida por 8 estaciones sismológicas y una estación central. La disposición de la red se estudió sobre un mapa topográfico en función de la sismicidad esperada y de las características del relieve del lugar. Las estaciones se instalaron con vista directa hacia la estación central. Se eligió, para la estación central, un local con suministro de energía eléctrica en una estación repetidora de TELEFONOS DE MEXICO, localizada a 5 km de Tecpan de Galeana, Gro.

U.1. INSTALACION DE LAS ESTACIONES TELEMETRICAS.

Para la instalación de una estación se buscó un sitio tranquilo, alejado de cualquier zona urbana, así como de construcciones agrícolas (a 500 m como mínimo) y a más de 500 m de una carretera de gran circulación. También se evitaron los grandes árboles, ya que podrían ser obstáculo para las ondas de radio o generar un ruido

| ESTACION | LATITUD (N) | LONGITUD (W) | ALTURA | FRECUENCIA |
|--------------------|-------------|--------------|--------|--------------|
| 1. POTRERO GRANDE | 17° 37 | 100° 52 | 650 m | 444.550 MHz. |
| 2. LA FLORIDA | 17° 22 | 100° 38 | 820 m | 444.600 MHz. |
| 3. SAN JERONIMO | 17° 13 | 100° 47 | 80 m | 444.650 MHz. |
| 4. PUERTA DEL EDEN | 17° 46 | 100° 74 | 1620 m | 444.700 MHz. |
| 5. EL HUICON | 17° 10 | 100° 30 | 100 m | 444.750 MHz. |
| 6. PAPANOA | 17° 30 | 101° 03 | 260 m | 444.800 MHz. |
| 7. NUXCO | 17° 21 | 100° 75 | 80 m | 444.850 MHz. |
| 8. EL PAPAYO | 17° 02 | 100° 24 | 100 m | 444.900 MHz. |
| 9. TETITLAN | 17° 16 | 100° 53 | 50 m | * |

* La estación local está conectada por cable.

Tabla 5.1. Nombre, localización, altitud sobre el nivel del mar y frecuencia de transmisión de cada estación.

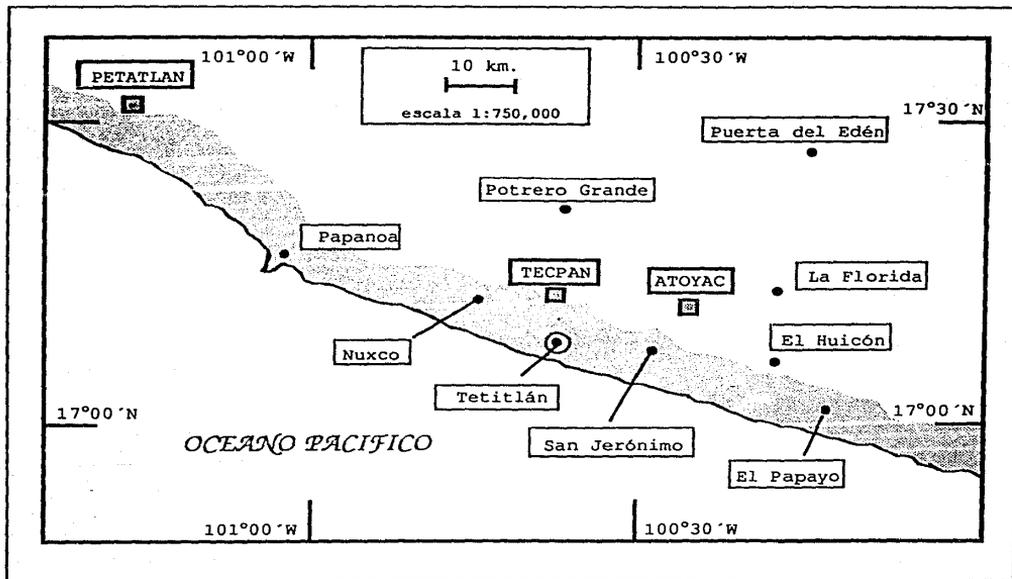


Figura 5.1. Distribución de la Red Telemétrica Sismológica.

sísmico en el caso de que hubiera viento. Cada una de las estaciones se colocó, como máximo, a 100 Km de la estación central.

La banda de frecuencia con la que se trabajó para la transmisión de señales de la red fué de: 350 Khz y está comprendida entre 444.550 MHz y 444.900 Mhz. La tabla 5.1 muestra el nombre, la localización, la altitud sobre el nivel del mar y la frecuencia de transmisión de cada una de las estaciones.

En la figura 5.1 se presenta la distribución de la Red Telemétrica Sismológica en la Costa Grande de Guerrero.

VI CONCLUSIONES

En éste último capítulo se comentarán algunos puntos interesantes que se presentaron, especialmente en la instalación de la red, como: las dificultades para la colocación de las estaciones (topográficas y sociales), el área de estudio cubierta por la red telemétrica, un ejemplo del registro de las señales sismológicas, una importante limitante técnica del equipo y algunas modificaciones futuras para optimizar el funcionamiento del sistema.

• Teóricamente se puede instalar una red telemétrica sismológica sobre una carta topográfica, en la cual cada una de las estaciones guarde una posición óptima y abarquen todas ellas un área máxima de estudio. Sin embargo, cuando efectuamos la instalación de la red, el primer problema con el que nos topamos, fue el difícil acceso a algunos sitios ideales para la instalación de una estación sismológica, debido a la abrupta topografía que presenta la sierra guerrerense. Por otro lado, se tuvo que cuidar que el sitio elegido para una estación, fuera frecuentado, lo menos posible, por ganado de todo tipo. Por último, tuvimos que afrontar el grave problema que representa la creciente industria del cultivo de enervantes en la sierra próxima a la Costa Grande; ya que debido al fenómeno anterior, se nos cuestionaba continuamente sobre la finalidad de la instalación del equipo y si ésta tenía alguna relación con la detección de

sebrados clandestinos.

Con todas las limitaciones anteriores se instaló la red telemétrica sísmológica, que si bien, no tiene una distribución óptima, sí cumple con la función de estudiar parte de la brecha sísmica de Guerrero.

• Con la actual distribución de la red, el área de estudio en la Costa Grande es aproximadamente de 1500 Km².

En la figura 6.1. se presenta el registro de las señales de cuatro estaciones sísmológicas y de la señal de tiempo, así como el inicio de la onda P y de la onda S, en cada una de ellas.

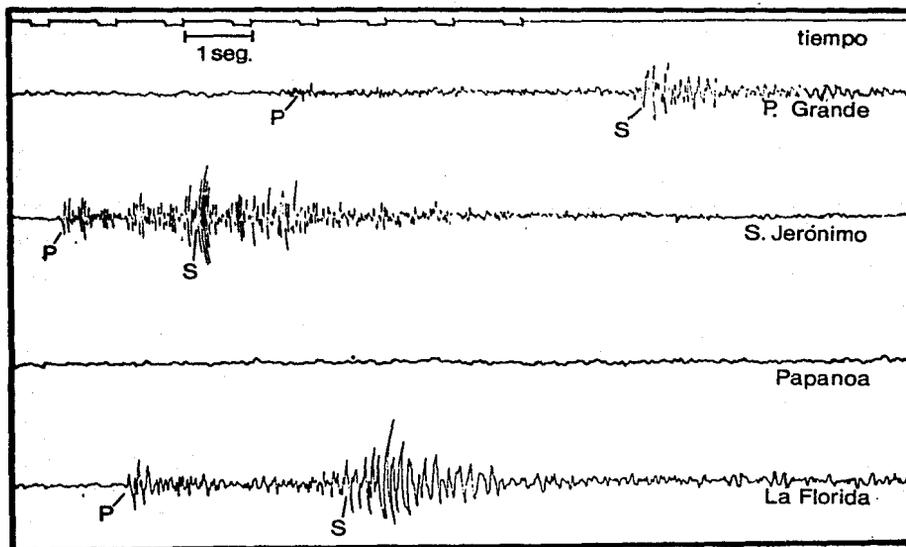


Figura 6.1. Registro de las señales de cuatro estaciones sísmológicas y de la señal de tiempo.

- La magnitud de un sismo depende: de la amplitud máxima de la señal del mismo, del tiempo de arribo de la onda P (t_p) y del tiempo de arribo de la onda S (t_s).

Debido a que el equipo presentado no tiene ganancia variable al momento de registrar las señales, el estudio sismológico que se puede practicar con la red telemétrica, queda limitado al concepto denominado: **MICROSISMICIDAD**. Dicho concepto contempla los sismos que tienen una magnitud menor a 3.

El equipo se satura cuando se registra un sismo con una magnitud mayor a 3, por lo tanto, no es posible conocer la amplitud máxima de la señal ni el tiempo de arribo de la onda S (t_s). Como resultado se tiene la incapacidad de precisar la magnitud del mismo.

- Dentro de las modificaciones que se tienen contempladas en un futuro próximo, se presentan dos primordiales: a) La adquisición vía directa del registro de las señales y b) la instalación de una estación sísmica de tres componentes en Puerto del Gallo, Gro. (17°.43' N, 100°.18' W).

a) Para lograr la adquisición del registro de las señales vía directa, se pretende interrogar desde la Cd. de México a la estación central en Tetitlán, por línea telefónica. Esta operación se llevará a cabo con el auxilio de una microcomputadora en la cual se vaciará toda la información registrada y periódicamente será interrogada.

En un futuro a mediano plazo se cuenta con la posibilidad de transmitir desde la estación central a la Cd. de México la información

registrada, vía satélite.

b) Por lo que respecta a la instalación de la estación de tres componentes, es posible utilizar los tres canales vacantes con los que cuenta el equipo actualmente. Cada uno de los canales se modulará y posteriormente serán multiplexados y transmitidos a la estación central. Una vez recibidas las señales en la estación central, se demultiplexarán, demodularán y finalmente se registrarán.

VII BIBLIOGRAFIA

- 1 **Cora M., Cote R., Durand J., Granet M., Hoang Trong P., Holl J.M., Le Réseau National de Surveillance Sismique, Bulletin Liaison Labo Physique et Chimie 143, mai-Juin 1986, p. 31-34.**
- 2 **Cisternas R., Gaulon R., Sismologie Générale. in Génie Parasismique, Ed. U. Davidovici, Presses ENCP, 1985, p. 63-79.**
- 3 **Holl J.M., E. Speisser., Stations Sismologiques Numériques Autonomes, rapp. interne, Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 1985, 5 p.**
- 4 **Jiménez Z., Suárez G., Sismos en la Ciudad de México y el Terremoto del 19 de Septiembre de 1985, Series de divulgación del Instituto de Geofísica, 1987, 35 p.**
- 5 **Richter C.F., Elementary Seismology, Ed. W.F. Freeman and Co., 1958, 768 p.**
- 6 **Schlumberger, Manuel d'Utilisation: Ensemble de Multiplexage PCM Enertec MA 1142 - Enertec MA 1233, 1979.**
- 7 **Wittlinger G., Holl J.M., Bell G., A Telemetered 7 Stations Seismic Network for Near Field Study, Proceedings of Specialist Meeting on**

**the Friuli Earthquake and Antiseismic Design of Nuclear Installations
(Rome 11-13 oct. 1977), 1978, p. 225-243.**

● **Ziomer A.E., Trenter W.H., Principios de Comunicaciones: Sistemas,
Modulación y Ruido, Ed. Trillas, S.A., 1981, 636 p.**