

5^o SEMINARIO DE INGENIERIA ESTRUCTURAL
22-24 NOVIEMBRE 1990-SAN JOSE, COSTA RICA

OBSERVACIONES MACROSISMICAS Y ACELERACIONES
DEL SISMO DE COBANO

ING. ALVARO CLIMENT MARTIN
DPTO. DE GEOLOGIA-ICE

RESUMEN

Se realiza en este trabajo un analisis de los reportes de daños y efectos que produjo el sismo de Cobano, así como la distribución de intensidades en el territorio nacional y su gráfica de isosistas (curvas de igual intensidad).

Del manejo estadístico de la información se obtuvo una serie de relaciones de atenuación, según diferentes direcciones de propagación de la onda sísmica, partiendo del epicentro hacia el interior del país. Finalmente se obtuvo una ley generalizada de atenuación relacionada a este sismo en particular.

La instalación en años anteriores de instrumentos de registro del movimiento fuerte del suelo, por parte del Instituto Costarricense de Electricidad y del Instituto de Investigaciones en Ingeniería (IINI), permitió obtener el dato de aceleración en algunos sitios localizados a distancias cercanas e intermedias del epicentro, se presenta el análisis preliminar de los acelerogramas obtenidos por el ICE.

INTRODUCCION

A raíz de la ocurrencia del sismo de Cobano del día 25 de marzo de 1990, y con la intención de poder obtener mayor información sobre el comportamiento del suelo ante la sacudida sísmica, se recopiló una gran cantidad de información macrosísmica en base a entrevistas telefónicas, reportes aparecidos en los diferentes periódicos del país y observaciones de campo realizadas por los geólogos I. Boschini y S. Arredondo, esta información fue analizada y agrupada para obtener valores de Intensidad Mercalli Modificada I(MM).

Considerando la importancia de conocer la forma en que las ondas sísmicas se atenúan, desde la fuente a un sitio determinado en base al dato de intensidad, se obtuvieron diferentes relaciones de atenuación, que permitieran realizar estimaciones en sitios

donde no se logró obtener observación o reporte de la misma.

Aunque los estudios modernos de sismicidad están esencialmente basados en registros instrumentales, la información macrosísmica especialmente sobre intensidad máxima y radios de perceptibilidad juegan todavía un rol importante (Bath, 1980), ya que esta serie de observaciones macrosísmicas correlacionadas con el dato instrumental, permiten mejorar el conocimiento sismológico de aquellas regiones del mundo que se ven afectadas por evento sísmicos, tal es el caso de Costa Rica.

Debido a las condiciones tectónicas en que se encuentra ubicado nuestro país, caracterizado por un alto régimen de sismicidad, El Instituto Costarricense de Electricidad por medio de la Sección de Sismología e Ing. Sísmica del Departamento de Geología, ha instalado instrumentos de registro del movimiento fuerte del suelo en diferentes sitios de interés hidroeléctrico y geotérmico, estos instrumentos son acelerógrafos que permiten obtener información acerca del comportamiento dinámico que sufren sitios y estructuras que son sometidos a sacudidas fuertes del suelo cuando ocurre un temblor (Climent, 1988).

La red de acelerógrafos del ICE cubre actualmente ocho sitios de registro, los que se complementan con los instrumentos instalados por la Red de Acelerógrafos del IINI.

Debido al gran sismo ocurrido el domingo 25 de marzo, algunos de estos instrumentos fueron activados, obteniéndose valiosa información sobre el comportamiento dinámico de los sitios y de las presas donde estos instrumentos se ubican.

ANTECEDENTES

La región donde ocurrió el sismo del 25 de marzo (entrada al Golfo de Nicoya), ha sufrido el efecto de temblores fuertes en diferentes períodos de este siglo, a partir de 1900 y hasta la fecha de ocurrir el sismo de Cobano, se habían producido en la entrada al Golfo y alrededores ocho eventos cuyas magnitudes oscilan entre 6.2 y 7.3 (Morales, 1982), sin embargo solamente uno de ellos coincide en su localización epicentral con el de Cobano, y ocurrió el día 19 de julio de 1956, con una magnitud 6.2 y una profundidad de 33 Km.

El sismo del 25 de marzo ocurrió 33 años después del ocurrido en el año 56 y a pesar que no se conoce exactamente el período de recurrencia, se ha estimado en el orden de los 30 a 50 años para esta región (Keheller y otros 1973, McCann y otros 1978).

Morales(1983) a raíz de un estudio de Riesgos Geológicos

asociados con Terremotos en los alrededores del Golfo de Nicoya, evaluó la amenaza sísmica de esta zona, esperándose a partir de ese momento la ocurrencia de un evento sísmico, cuya magnitud aproximada sería de 6.8 ± 0.5 y el cual generaría como efectos esperados, deslizamientos en aquellas zonas cuyas laderas tuvieran pendientes mayores a los 30° , licuefacción en zonas costeras y por supuesto daños en las edificaciones.

INFORMACION SISMOLOGICA

El día domingo 25 de marzo las 07 horas 23 minutos hora local, se produjo un evento sísmico que fue sentido en todo el territorio nacional y conocido como sismo de Cobano, la magnitud local (Ml) reportada fue de 6.5 (sismo principal), el epicentro fue ubicado a $9^\circ 36.71'N$ y $84^\circ 56.02'W$ con una profundidad focal de 25 km (Rojas y otros, 1990). El evento principal fue precedido por un sismo precursor ocurrido a las 07 horas 16 minutos de magnitud $Ml = 5.3$ que despertó a la mayoría de la población, inmediatamente a las 07 horas 19 minutos un sismo de magnitud $Ml = 3.9$ fue reportado, luego del evento principal ocurrieron cientos de eventos réplicas de magnitudes entre 2.0 y 4.8.

INFORMACION MACROSISMICA

Debido a la amplia cobertura que los medios de comunicación le brindaron a todo lo concerniente a este fenómeno natural adverso, se logró obtener un recuento casi completo de los daños y efectos producidos por el sismo en todo el territorio nacional, información que fue utilizada para la asignación de valores de intensidad para cada sitio específico. De estos reportes se pudo observar que en las zonas donde se presentó la mayor intensidad (grado VIII MM) como Cobano, Puntarenas y Mata de Limón ocurrieron daños estructurales y colapso total de viviendas y edificios bajos en mal estado, reventaduras profundas en paredes, deslizamientos, caída de mercaderías y artículos en estantes, caídas de estantes, reventadura de vidrios y en sitios aislados de Puntarenas se presentó el fenómeno de licuefacción (Sauter y Cartin, 1990).

En sitios ubicados a distancias intermedias del epicentro como San José, Cartago, Liberia, Alajuela, Lañas, Nicoya, etc., se reportaron daños en edificios sin encontrarse daño estructural, reventaduras en paredes, caída de repellos, desprendimiento de cielorasos, reventadura de vidrios, también se presentó interrupción del servicio telefónico y eléctrico, las averías en los servicios telefónicos se agravaron debido al deseo de las personas de comunicarse con sus familiares lo que causó un gran congestionamiento, redundando en un deficiente servicio durante

el día. En el caso de las averías en el servicio eléctrico se debieron a la reventadura de líneas primarias y corto circuitos en transformadores de mediana tensión.

En lugares alejados como Paso Canoas, Golfito, Limón, La Cruz Los Chiles, el sismo fue sentido fuerte y causó cierta preocupación en la población pero no se reportaron daños.

En las vías de comunicación (carreteras) se presentaron derrumbes en la vía San José-Guápiles, Doña Ana-Caldera, Costanera Sur (Orotina-Jacó), entre Esparza y Río Lagarto y en las carreteras de la Península de Nicoya (entre el Ferry y Cobano).

Además de los daños materiales, la mayoría de los habitantes del país, en especial en Cobano, Puntarenas y el Valle Central pasaron el domingo por horas de gran tensión, siendo el espectáculo en calles y barriadas de San José y cantones vecinos de verdadero pánico, los más nerviosos abandonaron sus casas en pijamas y se lanzaron a las vías, quienes lograron mantener la cordura, tal como lo recomienda la Comisión Nacional de Emergencia, se ubicaron bajo los marcos de las puertas" (La Nación, 1990). Lo anterior demuestra, que aunque se han realizado campañas de educación, ante un evento de características destructivas las personas en su gran mayoría pierden el control de sus acciones siendo presa fácil de los efectos del sismo.

ASIGNACION DE INTENSIDADES Y DISTRIBUCION DE ISOSISTAS

Información periodística, entrevistas telefónicas y visitas de campo fueron utilizadas para asignar un valor de Intensidad (Mercalli Modificada) a cada uno de los sitios reportados (figura 1b, cuadro 1), el valor asignado es conservador considerando que los datos reunidos son en algunos casos ambiguos o incompletos, el máximo valor de intensidad asignado fue de grado VIII en algunos puntos específicos de Puntarenas, Cobano y Mata de Limón y la mínima sentida en el territorio nacional fue de grado IV, lo que indica según la escala de intensidad Mercalli Modificada que como mínimo el sismo fue sentido por todas las personas, caracterizándose por pequeñas vibraciones y movimiento de objetos. Sin embargo en algunos sitios alejados posiblemente se sintieron los movimientos sísmicos con intensidades del grado III.

En el cuadro 1 se presenta el valor de intensidad asignado, la localidad y la distancia de cada una al epicentro, esta información fue utilizada para la estimación de las diferentes relaciones de atenuación del cuadro 2 y utilizada por Rojas y otros (1990) para obtener la configuración de las líneas isosistas (igual intensidad), que representan el patrón de

CUADRO No. 1

ASIGNACION DE INTENSIDADES POR LOCALIDAD

Tembor de Cóbano, Marzo 1990

LOCALIDAD	No.	DIST. AL EPIC. (Km)	I(MM) ASIGNADA	LOCALIDAD	No.	DIST. AL EPIC. (Km)	I(MM) ASIGNADA
COSANG	1	19	VII/VIII	LIBERIA	34	126	v
PUNTARENAS	4	40	VII/VIII	SANTA CRUZ	35	100	v
MATA DE LINDO	7	44	VIII	SANTA ROSA DE CUTRIS	36		v
JACO	9	54	VII/VIII	TURRIALBA	37	140	v
CORANO	19		VII	MIRAVALLS	38	105	v
MONTEUMA	5	10	VII	BAGACES	39	107	v
TAMBOF	6	13	VII	UPALA	40	140	v
ESTEFILLOS	7	54	VII	SAMARA	41	98	v
LOS NEGROS	8	21	VII	MARSELLA	42	104	v
TROCLES	9	39	VII	PUERTO CORTES	43	170	v
TIVIVEE	10		VII	PLAYAS DEL COCO	44	130	v
SABUYA	11	15	VII	LINDO	45	210	v
SARANGA	12	50	VI/VII	BARRA DEL COLORADO	46	197	iv
DROFINA	13	58	VI/VII	SIXAGLA	47	244	iv
PAGUERA	14	20	VI/VII	SOLEITO	48	200	iv
MAL PAIS	15	21	VI/VII	FARRITA	49	69	iv
SAN JOSE	16	100	VI	PUERTO VIEJO DE SARAPIQUI	49	109	iv
HEREDIA	17	170	VI	PEREZ ZELEDON	51	138	iv
ALAJUELA	18	90	VI	PUERTO ARMUELLES (PANAMA)	51	270	iv
QUEPES	19	89	VI	LA CRUZ	52	180	III/IV
ATEAS	20	74	VI	SAN VITO	53	234	III/IV
SPECTA	21	85	VI	COTO BRUS	54	216	III/IV
RICOLA	22	81	VI	ALXIFANTE (PANAMA)	55		III/IV
SAN RAMON	23	74	VI	DAVID (PANAMA)	55		III/IV
ESPARZA	24	50	VI	REMEDIOS (PANAMA)	57		ii
PURISCAL	25	74	VI	PARAISO	58	101	v
CARAS	26	90	V/VII	JUAN VIBAS	59	104	iv
CARTAGO	27	115	V/VII	MIRAMAR	60	89	VI
HOVANCHA	28	70	V/VII	ASANGAFES	61	74	VI
GUATUPO	29		V/VII	JICOMAL	62	44	VI
TILARAN	30	55	V/VII	LOS CHILES	63	159	IV/V
PALMAROS	31	75	V/VII	PAGO CANOAS	64	261	III/IV
FARRITA	32	69	V/VII	BUCNOS AIRES	65	130	II
CIUDAD GUESADA	33	97	V/VII	PALMAR NORTE	66	178	IV

(*) FUENTE: Entrevistas telefónicas realizadas por Yarc, Fallas, Hector Flores y Milton Carreras, Co y 27 de marzo 1990.
 Reportes en periódicos La Nación y La República, 24-27-28-29 Marzo 1990.
 Observaciones de campo del personal de la REN.

atenuacion de las ondas sismicas generadas por el sismo de Cobano (figura 1a).

La distribucion de las lineas isosistas sobre el territorio nacional, presentan un patron bastante uniforme, con una leve elongacion de las curvas en la direccion norte y noreste muy posiblemente asociadas a la direccion de radiacion de la energia. No se presenta en este caso efectos de microzona, es decir que en determinadas areas, alejadas de la zona epicentral, con caracteristicas de suelos y geologias desfavorables, la intensidad sismica se incrementara grandemente o anormalmente.

RELACIONES DE ATENUACION DEL SISMO DE COBANO

La obtencion y utilizacion de relaciones de atenuacion de la intensidad con la distancia, ha sido practica común en los estudios sismologicos, sobre todo en aquellos donde el dato de aceleración es nulo o muy escaso. Estas relaciones o ecuaciones permiten realizar estimaciones posteriores del comportamiento que tendra la variable intensidad con la distancia, siempre y cuando se presenten condiciones similares de ocurrencia y asumiendo que el medio es homogéneo e isotropico.

Para el calculo de las relaciones de atenuacion se utilizo un procedimiento estadistico, denominado estimacion lineal de regresion, el cual permite obtener el grado de relacion entre las variables, determinando el grado de asociacion entre las mismas, y en base a los datos de la muestra de observaciones recolectadas (distancias epicentrales e intensidades) conocer el comportamiento general de atenuacion de la señal sismica en la zona o area geografica de estudio. Este procedimiento es un modelo de regresion que relaciona en una forma lineal inversa la intensidad con el logaritmo de la distancia epicentral (R), de tal forma que si aumentamos la distancia el valor de intensidad disminuira con el LOG(R) y representada por una ecuacion de la forma:

$$I = a - b * \text{LOG}(R)$$

donde : I es el valor de la Intensidad Mercalli Modificada

a , b son constantes propias de la ecuacion, dependen, entre otros factores, del tipo de fuente y de factores elasticos de los materiales que controlan la propagación de las ondas sismicas.

R distancia epicentral en km

Como paso inicial se obtuvieron relaciones de atenuación de la señal sísmica en diferentes direcciones de propagación de la onda, con respecto al punto de liberación de energía y representativas de áreas geográficas (figura 1b), esto permitió comparar y medir el grado de variación entre una relación y otra y observar el comportamiento característico de atenuación por área geográfica.

Del análisis de regresión se obtuvieron las relaciones presentadas en el cuadro 2 y cuyas gráficas de regresión se observan en la figura 2.

En base al análisis del coeficiente de determinación (r^2), se puede considerar que las líneas de regresión obtenidas, representan de la manera más exacta, acorde a los datos disponibles, la relación existente entre $I(MM)$ y el $LOG(R)$, explicándose en un 70% las variaciones de intensidad según se varíe la distancia.

CUADRO No. 2

RELACIONES DE ATENUACION SEGUN SU ORIENTACION
EN BASE AL SISMO DE COBANO 25-03-90

LÍNEA	ORIENTACION SEGUN EL EPIC.	RELACION DE ATENUACION	r^2
A-B	N36W	$I(MM) = 11.59 - 3.27LOG(R)$	0.78
A-C	N06W	$I(MM) = 10.92 - 2.80LOG(R)$	0.67
A-D	N47E	$I(MM) = 15.68 - 5.16LOG(R)$	0.77
A-E	N68E	$I(MM) = 13.66 - 3.99LOG(R)$	0.72
A-F	S68E	$I(MM) = 14.68 - 4.54LOG(R)$	0.92
GENERAL		$I(MM) = 11.99 - 3.35LOG(R)$	0.72

Al utilizar cada una de las fórmulas, que aparecen en el cuadro 2, para realizar estimaciones, no se encuentran variaciones bruscas en los resultados como para considerar que las ondas sísmicas se atenúan en forma muy diferente en cada una de las direcciones propuestas.

Realizando estimaciones o calculos con éstas formulas,"se encontro que para distancias localizadas a 25 km del epicentro se obtiene valores de intensidad del grado VII a VIII y para distancias a 200 km intensidades que varían alrededor del grado IV, valores que estan muy acorde con lo observado, dandole validez a las formulas obtenidas.

Finalmente utilizando todos los datos recolectados y de la comparacion con las relaciones particulares, se obtuvo una relación general. Al ser utilizada para realizar estimaciones se obtienen valores que oscilan entre los maximos y mínimos de las otras formulas, y muy acordes tambien con los valores observados

Con las limitaciones del caso para este sismo en particular y para todo el país, la ley generalizada de atenuación de la intensidad con la distancia esta representada por la relación:

$$I(MM) = 11.99 - 3.35 * LOG(R)$$

En el año de 1952 se presento en el Océano Pacifico , al sur de Quepos, un sismo con características muy similares, al estudiado en esta trabajo, y segun Montero y Climent (1990), la expresión de la ecuación de atenuacion de este sismo es la siguiente:

$$I(MM) = 11.84 - 3.60 * LOG(R)$$

expresión que presenta cierta similitud con la obtenida para el sismo de Cobano.

ACELERACIONES

De los sitios instrumentados por el ICE y localizados en las cercanías del area epicentral se obtuvieron cinco acelerogramas, uno relacionado al evento precursor en la Presa San Miguel, y cuatro al evento principal registrados en la Presa San Miguel, Presa Sangregado, P.G. Miravalles y P.H. Savegre.

Los instrumentos que fueron disparados se encuentran localizados en áreas donde la Intensidad Mercalli Modificada fue de grado V y VI y a distancias, del epicentro, entre los 80 y 125 Km (figura 3b).

El acelerografo de la Presa San Miguel se encuentra ubicado en la cresta, por lo que su registro representa el comportamiento combinado del medio (suelo) y la presa misma. Debido al sismo principal el registro de la cresta(no aparece en este trabajo) presenta una aceleración pico horizontal de 0.112 g, una duración de 6 a 7 segundos y un período predominante entre los 0.2 y 0.3 segundos durante el movimiento fuerte.

Los otros tres instrumentos, que registraron, se encuentran ubicados en campo libre y debido a su distribución espacial bastante alejados del epicentro (figura 3b), situación que influyo para que se registraran señales bastante débiles, sin poder determinarse, visualmente, períodos predominantes o alguna otra característica importante, a no ser las aceleraciones pico, de las cuales se presenta un resumen en el cuadro 3.

CUADRO 3

RESUMEN DE ACELERACIONES PICO EN CADA SITIO

Sismo 07:16 a.m. evento precursor

Sitio de registro	Dist. sitio-epic. km	Acel. pico(%g)	
		Horz.	Vert.
Cresta presa San Miguel presa de enrocamiento	80	4.5 , 2.8	2.4

Sismo 07:23 a.m evento principal

Cresta de Presa San Miguel	80	11.2 , 10.9	5.8
P.H. Savegre campo libre	110	2.8 , -	1.0
Presa Sangregado pie de presa Presa de enrocamiento	100	3.2 , 3.9	2.0
P.G. Miravalles campo libre	125	5.9 , 5.9	-

Fuente: Climent, A. Analisis Preliminar de Acelerogramas
Sismo de Cobano. Inf. Int. ICE, 1990.

En aquellos países donde no se cuenta con un amplio banco de registros instrumentales (acelerogramas), tal es el caso de Costa Rica, se ha generalizado utilizar relaciones semiempíricas de atenuación de la aceleración obtenidas en otras partes del mundo, que generalmente su expresión básica es de la forma:

$$A = b e^{cM} (R+d)^{-e}$$

donde: A aceleración
 M magnitud
 R distancia a la fuente
 b,c,d,e constantes

La utilización de estas relaciones en estudios de Amenaza Sísmica permiten obtener mapas de isoaceleración, como los utilizados en el Código Sísmico de Costa Rica.

Las relaciones de atenuación son expresiones que relacionan magnitud, distancia e intensidad (aceleración) de un sismo, de aquí la importancia de los acelerogramas obtenidos durante el sismo del 25 de marzo, ya que en un futuro cercano, al disponer de mayor información, podremos contar con relaciones de atenuación para nuestras propias condiciones geológicas y sísmológicas, sin olvidar por supuesto el uso directo de los registros de acelerogramas en la ingeniería sísmoresistente.

Con los datos obtenidos del sismo de Cobano no es posible obtener todavía una relación lo suficientemente confiable para el país pero si podemos comparar los mismos con valores estimados por medio de algunas relaciones empíricas de uso generalizado y ver el grado de utilización de las mismas para nuestro país.

En el cuadro 4 se presenta el valor de aceleración pico horizontal, registrado en cuatro sitios diferentes y el valor estimado, estos presentan cierta dispersión con respecto al dato instrumental, mostrándose un poco más uniforme en sus cálculos la relación propuesta por Campbell (1981), calculada en base a un grupo de sismos de todo el mundo, sin que esto signifique que sea la relación que deba utilizarse en Costa Rica simplemente es una comparación que se ha realizado con los datos disponibles en este momento, y que deberá ser ampliada al futuro cuando se cuente con más información.

En el cuadro 4 también se presentan los rangos de aceleración propuestos por Sauter (1979) en base al grado de Intensidad Mercalli Modificada asignada al sitio en particular, en este caso, también los valores registrados varían un poco con respecto a los valores propuestos, a excepción del valor pico de aceleración obtenido en el Edificio de Geología, UCR. Muy probablemente estas variaciones son debidas al efecto de las condiciones locales del sitio analizado, las cuales no están siendo consideradas en este trabajo.

Las aceleraciones pico obtenidas en todos los sitios de registro presentan valores mucho más bajos, a los valores de aceleración

maximos probables para diferentes periodos de retorno propuestos en el Codigo Sismico de Costa Rica (1986), o sea que al utilizar como minimo las normas del codigo, toda construccion planeada y ejecutada con la supervicion de un ingeniero civil, debio de soportar los efectos del sismo.

CUADRO 4

VALORES DE ACELERACION REGISTRADOS Y ESTIMADOS

(en porcentajes de la aceleración de la gravedad (g))

SISMO DE COBANO

FUENTE DEL DATO	SITIO DE REGISTRO			
	GEOLOGIA UCR*	PRESA SANGREGADO	P.G. MIRAVALLS	P.H. SAVEGRE
INSTRUMENTAL	7.5	3.9	6.9	2.8
CAMPBELL (1981)	4.2	3.8	4.2	3.3
MILNE Y DAVEMPURI (1969)	2.9	2.2	1.7	2.9
MURPHY Y O BRIEN (1977)	5.0	5.0	3.3	4.7
DONOVAN (1973)	3.8	3.4	2.9	3.8
ESTEVA Y VILLAVERDE (1974)	5.0	4.4	3.7	5.0
SAUTER (1979)	5-10	5-10	menor a 5	5-10
VALORES MAXIMOS PROBABLES CSCR (1986)	30.0	27.0	22.0	35.0

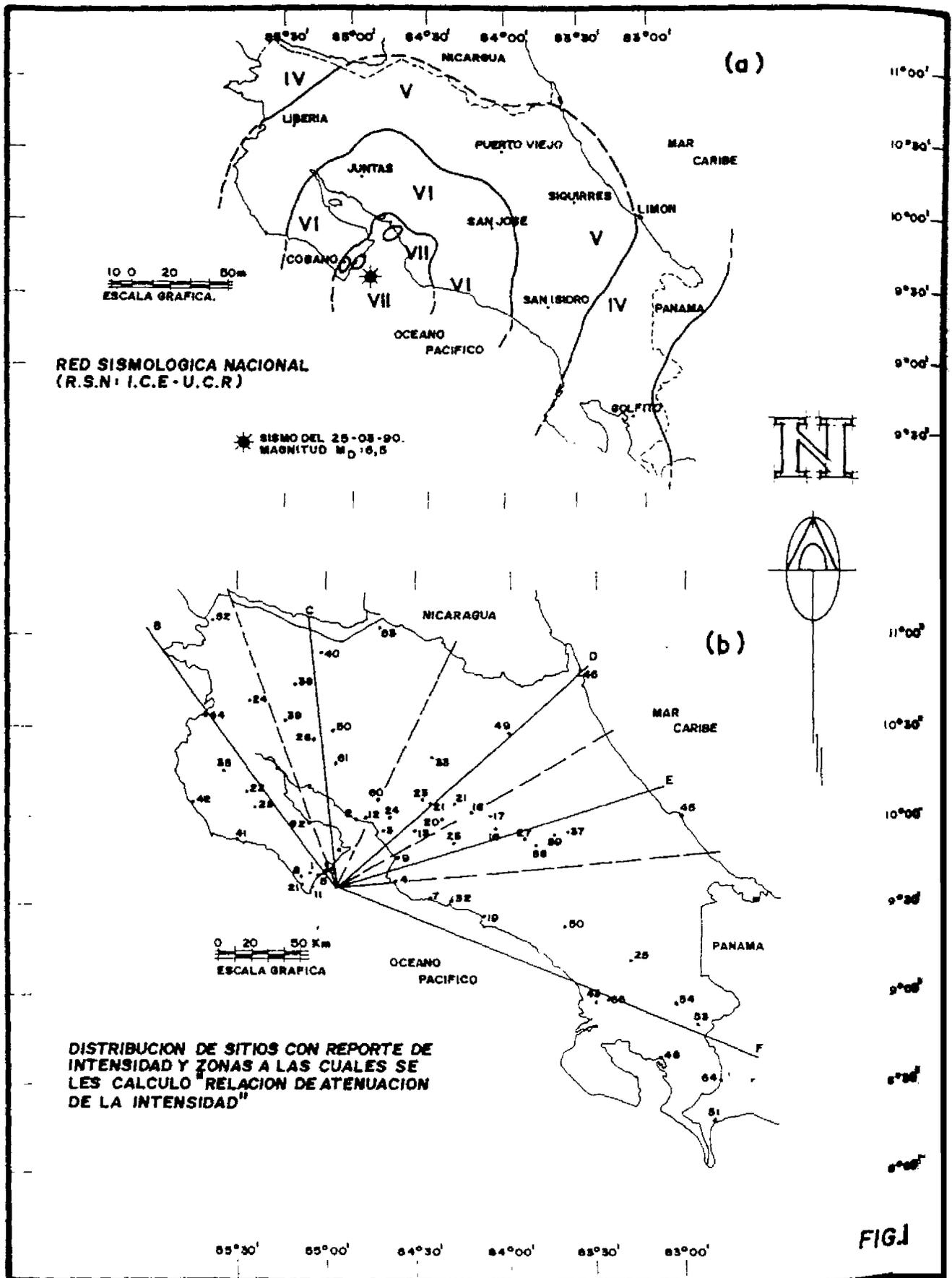
* Fuente IINI, UCR

CONCLUSIONES

- El sismo de Cobano fue sentido en todo el país, las intensidades máximas Mercalli Modificada reportadas fueron de grado VII y VIII para el área epicentral y mínimas de III y IV en los sitios más alejados de país.
- Según los reportes macrosísmicos recolectados, la presencia de colapso total en viviendas y daños severos en estructuras mayores se concentran básicamente en el área epicentral y son debidos en su mayoría a malos métodos constructivos.
- Las curvas isosistas presentan un patrón homogéneo de decaimiento de la intensidad con la distancia, sin la presencia de microzonas.
- De la utilización de dato de intensidad I(MM) asignado a las observaciones macrosísmicas, se determinó una relación general de la atenuación para este sismo en particular:
$$I(MM) = 11.99 - 3.35 * \text{LOG}(R)$$
- De los datos obtenidos y analizados de los acelerogramas, se concluye que al utilizar como mínimo las normas de diseño propuestas en el CSCR, toda construcción planeada y ejecutada con las mismas, debió de soportar perfectamente las cargas sísmicas generadas por este sismo. En este caso no se consideraron los efectos locales de los sitios de registro.
- Se espera que este trabajo junto con otros trabajos geológicos, geofísicos y geotécnicos, aporten datos que permitan realizar estudios de zonificación en un futuro cercano en Costa Rica.

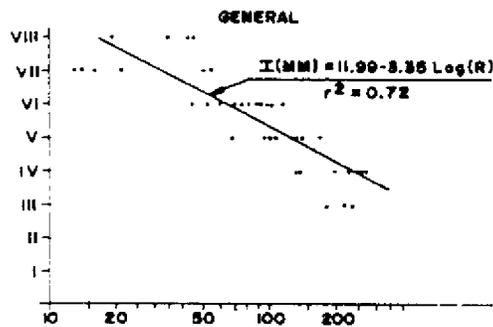
REFERENCIAS

1. Bath, M. 1980. Intensity Relations for Swedish Earthquake, Tectonophysics: 163-173.
2. Campbell, K. 1981. Near source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration. Bull. of Seis. Soc. of Am., Vol. 71, No. 6: 2039-2070.
3. Climent, A. 1988. Analisis Preliminar de Acelerogramas a junio 1988, Acelerogramas Digitalizados. Inf. Int. ICE. 22 pp.
4. Climent, A. 1990. Analisis Preliminar de Acelerogramas sismo del 25 de marzo 1990. Inf. Int. ICE. 10 pp.
5. Gutiérrez, J. y otros. 1986. Codigo Sismico de Costa Rica Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. 104 pp.
6. Kelleher, J., L. Sykes and J. Oliver. 1973. Possible Criterio for Predicting Earthquake Location and their Application to Major Boundaries of Pacific and Caribbean. J. Geophys. Res., Vol. 78, No. 14: 2547-2585.
7. McCann, W., S.P.N. Nishenko, L. Sykes and J. Krause. 1978. Seismic Gaps and Plate Tectonics: Seismic Potential for Major Plate Boundaries. U.S. Geol. Survey Open File Report: 78-943.
8. Montero, W., Climent, A. 1990. Los Terremotos de Grecia de 1982 y de Quepos 1952, Costa Rica: Distribucion de Intensidades y Origen Tectonico. En prensa.
9. Morales, L.D. 1982. Riesgos Geologicos Asociados con Terremotos en los alrededores del Golfo de Nicoya. II Seminario Nacional de Geotécnia, 1982. 19-21 Agosto, San José, Costa Rica. pp. 30.
10. Rojas, W., Montero, W., Barquero, R. 1990. Informe de la Reciente Actividad Sismica, Marzo 1990. Red Sismologica Nacional. 11 pp.
11. Sauter, F. 1985. El Riesgo Sismico en la Perspectiva del Consultor. III Congreso de Ingenieria Civil 13-18 mayo 1985. San José, Costa Rica. 22 pp.
12. Sauter, F., Cartin, J. 1990. Preliminary Report on the Cobano, Costa Rica Earthquake of March 25, 1990, 6 pp.

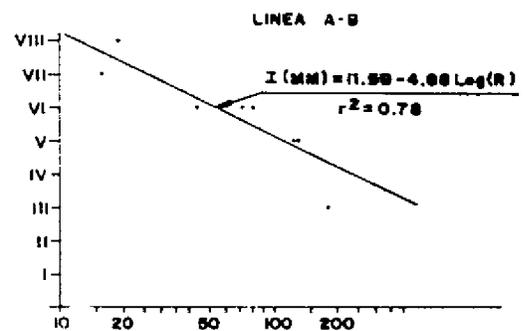


RELACION INTENSIDAD Vrs Log(DISTANCIA EPICENTRAL) SEGUN DIRECCION DE PROPAGACION DE LA SEÑAL.

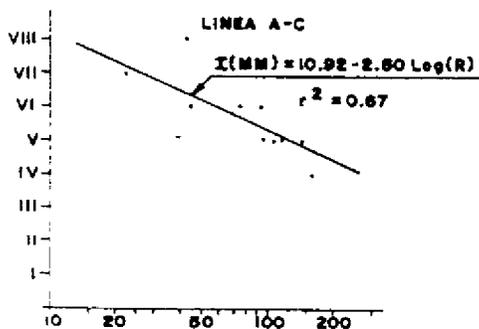
TEMBLOR DE COBANO 25-03-90. $M_L = 6.5$



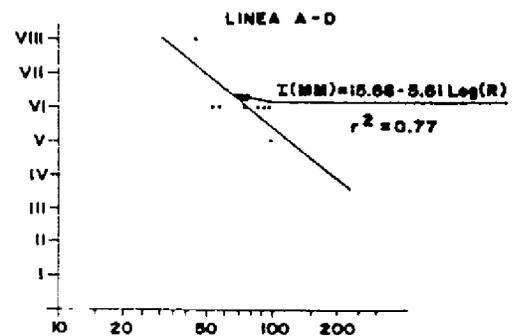
(a)



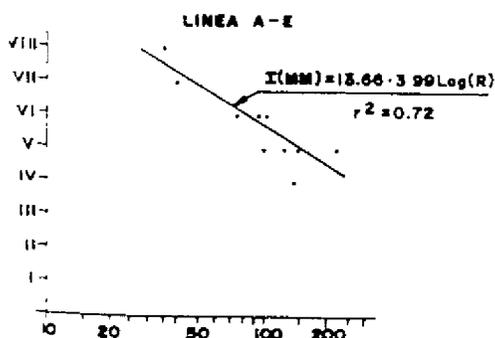
(b)



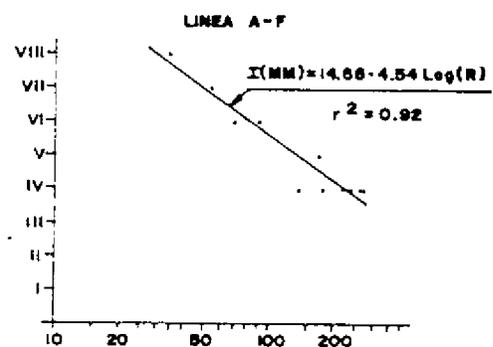
(c)



(d)



(e)



(f)

FIG.2