

El Terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997

Ingenieros María Barreiro y

Alfonso Malaver

Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

RESUMEN

El 9 de Julio de 1997 ocurrió un terremoto de magnitud 6,8 a unos 10 km al noreste de la población de Cariaco, Estado Sucre. El sismo causó 73 muertos, 522 heridos y 6.800 damnificados, así como el colapso de 5 edificios de concreto armado y daños graves en 2007 viviendas unifamiliares. Los mayores daños se concentraron en Cariaco donde colapsaron 4 edificios, dos de ellos educacionales causando la muerte a 30 estudiantes y en Cumaná, ubicada a 70 Km del epicentro, donde colapsó el otro edificio provocando la muerte de 21 personas. En este trabajo se presenta una síntesis de la historia sísmica y la geología del Estado Sucre; se muestran y discuten las intensidades asignadas, siendo la máxima de VIII en las poblaciones de Cariaco, Chiguana y Casanay. Se comentan los efectos geológicos y de suelos observados; se presenta una evaluación de los daños estructurales reportados en edificaciones y viviendas; igualmente, se presenta un análisis de los daños en centros de salud, centros educacionales y líneas de vida. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo realizado.

INTRODUCCIÓN

El día 9 de Julio de 1997 a las 3h 24' 19,8" p.m. hora legal de Venezuela (19h 24'10,8" GMT) un terremoto de magnitud 6,8 fue sentido fuertemente en la región

oriental del país. El epicentro del sismo fue ubicado entre las poblaciones de Cariaco y Casanay, Estado Sucre, en las coordenadas $10,545^{\circ}$ N y $63,515^{\circ}$ W con una profundidad focal estimada de 10 km (Funvisis, 1997).

El terremoto causó 73 muertos, 522 heridos y 6.800 damnificados, así como el colapso de 5 edificaciones de concreto armado y de unas 300 viviendas unifamiliares.

El terremoto causó daños graves en Cariaco, Casanay, Chiguana, Campoma, San Antonio del Golfo, Marigüitar y Cumaná; fue sentido en Caracas, 300 km al oeste del epicentro, y en la isla de Margarita, 40 km al norte del epicentro. Los daños materiales se estiman en unos 53 millones de bolívares (100 millones de dólares).

HISTORIA SÍSMICA

El Estado Sucre está ubicado en la región oriental de Venezuela, la cual es considerada la de más alta actividad sísmica. De acuerdo a Grases (1994) en el período 1530-1996 en Estado Sucre han ocurrido 14 sismos con intensidad mayor o igual a VII, 12 con intensidad mayor o igual a VIII y 3 con intensidad superior o igual a IX (Tabla 1). El primer terremoto reportado fue el ocurrido el 1-9-1530, el cual provocó un maremoto y víctimas; en tanto, el más destructor fue el ocurrido el 17-1-1929 con magnitud 6,9 que dejó un saldo de 50 muertos y 800 heridos.

TABLA 1

TERREMOTOS DESTRUCTORES OCURRIDOS EN EL ESTADO SUCRE EN EL PERIODO 1530-1996 (I_o > VII)

FECHA	LOCALIDAD MAS AFECTADA	MAG (Ms)	IMM (I _o)	OBSERVACIONES
01-09-1530	Cumaná	?	X	Maremotos; víctimas
04-05-1684	Cumaná	?	VIII	Daños en construcciones
21-10-1766	Carúpano	?	VIII	Daños y víctimas
10-09-1794	Cumaná	6,0	VIII	Daños y víctimas
14-12-1797	Cumaná	6,2	VIII	16 muertos; casas y edificios dañados.
?-08-1823	Cariaco	6,4	VIII	Casas arruinadas y agrietadas
15-07-1853	Cumaná	6,7	IX	Maremoto; 113 muertos
17-08-1874	El Pilar	6,1	VIII	Ruina de Iglesia y daños en edificaciones
07-06-1900	Casanay	5,8	VII	Destrucción de viviendas
17-01-1929	Cumaná	6,9	IX	Daños en la ciudad; 50 muertos y 800 heridos. Maremotos
10-04-1957	Río Caribe	6,9	VIII	Extensos daños materiales
20-09-1968	Güiria	7,2	VIII	3 muertos y 27 heridos; daños graves en viviendas y edificios
12-06-1974	Casanay	6,1	VIII	3 muertos y 20 heridos; 1000 viviendas y algunos edificios dañados
11-06-1986	El Pilar	5,9	VII	3 muertos y 45 heridos; pérdidas materiales estimadas en 5 millones de bolívares

GEOLOGÍA REGIONAL

En Venezuela la sismicidad se reparte principalmente a lo largo de una ancha franja de unos 100 km aproximadamente, definida por los sistemas montañosos andinos, centrales y orientales. Los sismos que ocurren a lo largo de la referida franja son superficiales, ya que su profundidad es menor de 70 km.

Desde el punto de vista geodinámico, los tres sistemas orográficos mencionados corresponden al afrontamiento de las placas tectónicas del Caribe al norte y América del Sur al sur. El límite principal entre éstas dos placas tectónicas se define a lo largo del sistema de fallas dextrales de Boconó (región occidental), San Sebastián (región central) y El Pilar (región oriental); la velocidad del movimiento relativo a lo largo de este sistema de fallas es de aproximadamente 1 cm/año (Soulas, 1986). Como consecuencia del funcionamiento dextral de este sistema de fallas, la placa del Caribe se desplaza hacia el este con respecto a la placa de América del Sur.

Las fallas más importantes de la región oriental además de la falla de El Pilar, la cual atraviesa el Estado Sucre de este a oeste, son: (i) al sur: Urica, San Francisco, Río San Juan, Los Bajos y El Soldado y; (ii) al norte: El Yaque, Patao Sur, tres Puntas y Sur de los Testigos (Figura 1).

ESTUDIO DE INTENSIDAD

Para evaluar los daños causados por este terremoto, se realizó un estudio de intensidad en un área de aproximadamente 20.000 km², visitando unos 35 caseríos, pueblos y ciudades en los Estados Sucre, Monagas y Anzoátegui. Se efectuaron unas 150 encuestas de intensidad. La asignación de intensidades se realizó usando la escala de Mercalli Modificada (Brazee, 1980) tomando como base las encuestas realizadas, así como información publicada en la prensa local y nacional. En la Figura 2 se presenta la distribución de intensidades, en la cual puede observarse que la intensidad máxima asignada fue de VIII y corresponde a las poblaciones de Cariaco, Chiguana y Campoma ubicadas en el área epicentral. A la ciudad de Cumaná, la capital del Estado Sucre, se le asignó una intensidad general de VI, aunque en dicha ciudad en algunas zonas se observó licuación, desplazamiento lateral y daños estructurales en edificaciones, incluso el colapso de un edificio de seis niveles.

Es de hacer notar que de acuerdo al patrón de daños observados, la liberación de energía ocurrió básicamente del epicentro hacia el Oeste, eslo es, hacia Cumaná.

REGISTROS ACELEOGRAFICOS

De acuerdo a la información suministrada por FUNVISIS (EERI 1997), sólo se obtuvieron dos registros acelerográficos a raíz del sismo de Cariaco. Dichos registros corresponde a estaciones ubicadas en suelo tipo roca en la Ciudad de Cumaná, distante unos 70 km del epicentro; las aceleraciones máximas fueron de 0,10g y 0,17g con duraciones de 23 y 45 segundos respectivamente (EERI, 1997).

EFFECTOS GEOLÓGICOS

El terremoto produjo una ruptura superficial a lo largo de la falla de El Pilar de más de 30 km entre las poblaciones de Muelle de Cariaco hacia el Oeste del epicentro y las Vegas al este. Esta ruptura de unos 3 a 4 metros de ancho, podría ser mayor lo cual no puede apreciarse ya que hacia San Antonio del Golfo se pierde la traza en el mar y hacia el este por la densa vegetación no se puede seguir la ruptura de la traza. El desplazamiento horizontal alcanza un máximo de 40 cm a unos 3 kilómetros de Casanay (Audemard, 1997).

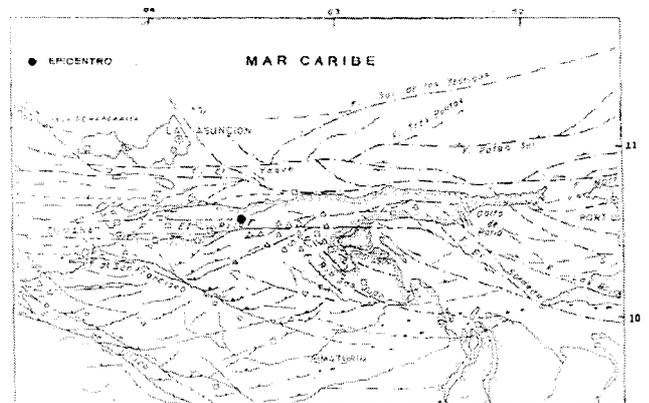


Figura 1 Fallas Activas en el Oriente de Venezuela (Funvisis), 1993

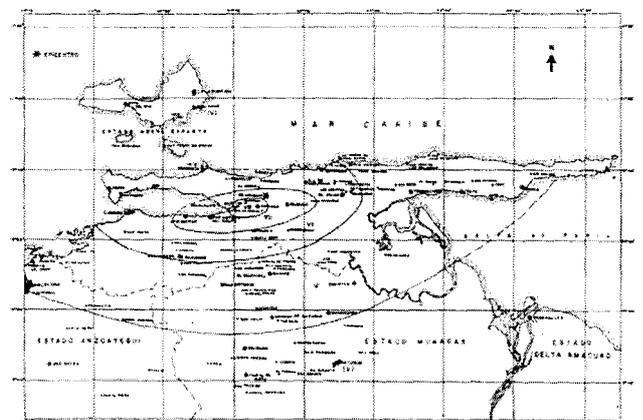


Figura 2 Mapa de Isosista del Sismo de Cariaco del 9-07-97

EFFECTOS EN EL SUELO

Como consecuencia del sismo se presentó el fenómeno de licuefacción y de desplazamiento lateral en varios sitios entre Cumaná y Casanay, en áreas cercanas al mar y márgenes de ríos.

En Cumaná se observó licuefacción en los barrios El Guapo, Boca del Río y El Peñón causando daños en viviendas unifamiliares (Foto 1), en tanto desplazamiento lateral se presentó en el muelle pesquero (Foto 2) y en el Terminal del Ferry.

En Marigüitar también se observó licuefacción en un terreno ganado al mar en una planta industrial, el cual había sido compactado por procedimientos dinámicos; en ese mismo terreno también se observó desplazamiento lateral (Foto 3). En otra área de esa misma planta se produjeron daños importantes por desplazamiento lateral que casi provoca el colapso de las tablestacas que soportaban el muelle de la planta.

En San Antonio del Golfo se observó el desplazamiento lateral a lo largo del malecón que separa la carretera del mar y en Cariaco también se vió licuefacción en áreas ubicadas en las márgenes del río Cariaco.

DAÑOS ESTRUCTURALES

El sismo causó el colapso de 5 edificios: uno en Cumaná y 4 en Cariaco, así como daños estructurales en edificaciones de concreto armado en Cariaco, Casanay, Marigüitar y Cumaná; igualmente, se reportaron daños graves en 2007 y parciales en 2680 viviendas unifamiliares.

A continuación se presenta una síntesis de los daños observados en edificaciones y viviendas unifamiliares.

Escuela Valentín Valiente, Cariaco. Esta edificación de concreto armado de 2 niveles (PB + 1 PT) y planta rectangular fue construida en el año 1955; su sistema estructural está conformado por pórticos de vigas altas en la dirección transversal y de vigas planas en la longitudinal. Las paredes de la edificación son de bloques huecos de concreto que llegan hasta 2/3 de la altura, lo cual induce a que se presente el efecto de columnas cortas.

El colapso parcial de la edificación se debió probablemente a fallas por columnas cortas y de las uniones viga-columna (Foto 4). El edificio se desplazó a lo largo de la dirección longitudinal, la más flexible, antes de colapsar.

Liceo Raimundo Martínez, Cariaco. Es un edificio de concreto armado de 3 niveles (PB + 2PT) construido en 1989. La planta del edificio está conformada por dos cuerpos en forma de C separados unos centímetros con un patio central. La estructura está formada por once pórticos en dirección transversal y seis en dirección longitudinal todos con vigas altas; las losas son nervadas de espesor 25 cm; las paredes son de bloques huecos de arcilla que en muchos casos llegan sólo hasta 2/3 de la altura de la columna, facilitando la creación de columnas cortas.

Los daños en el edificio consistieron en el colapso del nivel planta baja en ambos cuerpos, debido probablemente a la presencia de columnas cortas y falta de refuerzo transversal, lo cual condujo a las fallas de columnas, vigas y juntas (Foto 5). En este liceo murieron unos 30 estudiantes.

Edificio Miramar, Cumaná. Esta edificación de concreto armado de 8 niveles (S+PB+MEZ+6PT) fue construida en 1979 y diseñada con el Código MOP-67. El sistema estructural era tipo aporticado con vigas altas en una dirección y vigas planas en la otra; en el área de escalera y ascensores existían muros de concreto. La planta del edificio era rectangular, aunque en los niveles de planta baja y mezzanina tenían un área de un 30% mayor que la de los otros niveles.

Esta edificación colapsó en forma de panqueca (Foto 6), causando la muerte a 22 personas. Entre las posibles causas de la falla de este edificio, están: (i) La distribución asimétrica de rigideces debido a la ubicación en un extremo de los muros de la escalera y ascensores (ii) la falta de acero de refuerzo transversal en algunas uniones viga-columna; (iii) la doble altura a nivel de planta baja en la fachada principal, en particular en el área opuesta a la zona donde estaban colocados los muros.

Otros edificios colapsados, Cariaco. Los otros tres edificios que colapsaron en Cariaco fueron: (a) un hotel en proceso de construcción de concreto armado de 3 niveles y cuya causa de colapso se atribuye a mala calidad de construcción; (b) un edificio de dos niveles de concreto armado donde funcionaba una panadería, cuyo colapso también se atribuye a deficiencias en el diseño y mala calidad de construcción; (c) antigua edificación del Banco Obrero de concreto armado donde funcionaba una entidad bancaria y en el cual un área (50% del total) tenía dos niveles y la otra un sólo nivel con doble altura. El colapso parcial de esta edificación se atribuye a una deficiente concepción estructural; esto es, gran concentración de rigideces en una esquina y muy poca en la opuesta, así como a la falta de refuerzo transversal por lo antiguo de la edificación.

Edificio Toyota, Cumaná. Esta edificación de concreto armado de 3 niveles (PB + 2PT) y planta rectangular, fue diseñada con la Norma COVENIN 1756-87, actualmente vigente. El sistema estructural es del tipo aporticado en ambos sentidos, conformado por 4 pórticos en sentido longitudinal y 6 en sentido transversal. Esta edificación sufrió severos daños estructurales en columnas a nivel de planta baja, particularmente en las perimetrales de la fachada lateral derecha (Foto 7). Igualmente, se observaron daños graves en la tabiquería en los niveles planta baja y primer nivel, Las columnas perimetrales se comportaron como columnas cortas debido a la presencia de un parapeto tipo Jardinería de 1,10 m de altura (Foto 8); Adicionalmente, la concentración de rigidez en las fachadas principal y lateral izquierda contribuyó también al daño de las columnas perimetrales. La columna más dañada resultó ubicada en el extremo opuesto al área de mayor rigidez, esto es la correspondiente a la unión de las fachadas posterior y lateral derecha (Foto 8).

Viviendas unifamiliares. Las viviendas típicas de Cariaco, Casanay y pueblos circunvecinos son de bahareque, las cuales constan de columnas y viguetas de madera con techos relativamente pesados constituidos por tejas de arcilla sobre una base de barro y caña amarga; en algunos casos una cubierta de zinc colocada sobre viguetas de madera sustituye al techo tradicional de teja y caña amarga. Las paredes de estas viviendas están, en general, construidas por barro mezclado con fibra vegetal y colocado entre varillas de madera horizontales; éstas son fijadas a cada lado de las columnas de madera. En algunos casos también se observaron paredes construidas a base de adobes de barro (ladrillos de barro no cocidos). En la Foto 9 se presentan los daños característicos de este tipo de vivienda.

De acuerdo con FUNREVI (1997), el número de viviendas afectadas fue de 4687, de las cuales 2007 colapsaron total o parcialmente y 2680 presentaron daños parciales.

CENTROS DE SALUD

Como consecuencia del terremoto se inspeccionaron un total de 21 centros de salud ubicados en la zona donde se reportaron daños; esto es, entre Cumaná y Río Casanay. Como resultado de la inspección, la cual fue coordinada por FUNDASALUD (1997), se encontró que 14 centros sufrieron daños de tabiquería y uno solo presentó daños en su estructura.

A continuación se presenta una síntesis de los daños observados en los 2 hospitales más importantes del Estado Sucre:

Hospital Antonio Patricio Alcalá. Este hospital ubicado en Cumaná, consta de un edificio principal de 11 niveles y cuatro edificios anexos de 2 niveles cada uno; todos los edificios tienen planta rectangular, son de concreto armado y fueron construidas a mediados de la década de los 60.

Como consecuencia del sismo de Cariaco, en el edificio principal se observaron algunas grietas en el nivel 2 y fisuras en el nivel 3 en la tabiquería; en los cuatro edificios anexos no se reportaron daños. Debido a la sacudida sísmica en el edificio principal se volcaron algunos muebles y equipos que no estaban bien anclados.

Hospital Santos Dominici. El edificio principal de este hospital ubicado en Carúpano, consta de dos alas de forma rectangular unidas entre sí por los pasillos de circulación. El sistema estructural está conformado por 4 pórticos en la dirección transversal y 10 en la longitudinal; el edificio posee en el ala este siete niveles (4 PT + M + PB + S) y seis en el ala oeste, ya que en lugar de la mezzanina la planta baja tiene doble altura.

Como consecuencia del terremoto, el edificio principal no presentó ningún daño estructural en sus vigas y columnas. Sin embargo, se observaron daños en la tabiquería, siendo mayores en los niveles inferiores que en los superiores.

CENTROS EDUCACIONALES

De acuerdo al resultado de la evaluación realizado por la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas-FEDE (1998) en un total del 590 centros educacionales inspeccionados, resultaron 37 edificaciones con daños graves que ameritaron su demolición; 62 con fallas estructurales importantes, 398 con daños estructurales leves y/o daños de tabiquería y 93 sin ningún daño.

LÍNEAS DE VIDA

Vías de Comunicación. Como consecuencia del terremoto se reportaron daños en varias carreteras, entre las cuales destacan los siguientes: (i) **Carretera Casanay-San José de Aerocuar:** Grieta transversal a lo ancho de toda la vía con desplazamiento de unos 30 cm debido al movimiento de la falla geológica (Foto 10);

(ii) **Carretera Cariaco-Carupano (Troncal 10)** Grieta longitudinal de unos 200 m de largo ala salida de Cariaco debido probablemente a fallas del terreno (Foto 11).(iii) **Carretera Cariaco- Casanay (Troncal 9):**Grieta transversal a todo lo ancho de la carretera debido al movimiento de la falla geológica ;(iv) **Carretera San Antonio del Golfo - Cariaco:** A la altura de San Antonio del Golfo se observó una separación entre la carretera y el muro de contención del mar (malecón), debido probablemente a un deslizamiento lateral del malecón hacia el mar.

Sistemas de Abastecimiento de Agua. Se reportaron daños en los acueductos de Cariaco, Casanay y Cumaná, así como en la tubería que lleva agua desde tierra firme a las Islas de Margarita y Coche.

Los daños en las tuberías fueron causados por deslizamientos del terreno, vibraciones y por desplazamientos permanentes de la falla geológica. En la Foto 12 se ilustra el daño sufrido por un tubo del acueducto Cariaco-Casanay por desplazamientos permanentes de la falla geológica.

El servicio de agua estuvo interrumpido por varios días en varias zonas de las poblaciones de Cariaco, Casanay, Cumaná, Marigüitar, Muelle de Cariaco y Carúpano. Igualmente, el servicio de agua estuvo interrumpido para las Islas de Coche y Margarita durante varios días.

Sistema de Electricidad y Teléfono. El servicio de electricidad en el área epicentral (Cariaco-Casanay) estuvo suspendido desde algunas horas hasta varios días por la caída de algunos postes de electricidad. En el sistema telefónico no se reportaron daños importantes, aunque éste estuvo fuera de servicio por varias horas en las principales ciudades afectadas por el sismo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las experiencias recopiladas en este trabajo se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- Tomando en cuenta que la magnitud del terremoto fue de 6,8, consideramos que los daños registrados fueron moderados, particularmente en la zona epicentral.
- La mayoría de las víctimas que ocasionó el terremoto se debió al colapso de dos edificios escolares en Cariaco y uno de oficinas en Cumaná.
- Los colapsos de los edificios de Cariaco y el de Cumaná, se debieron probablemente a fallas en su concepción estructural y defectos constructivos.

- El número elevado de viviendas que fueron afectadas por el terremoto se debió fundamentalmente a lo siguiente: (i) construcción de bahareque con techo relativamente pesado y pobre calidad de construcción; (ii) viviendas con paredes de bloques y techo liviano sin arriostramiento entre las paredes y el techo.

- El colapso del edificio Miramar debe ser estudiado en detalle, ya que edificios similares no presentaron daños. Por tanto, es probable que dicho colapso fuese debido a fallas propias de su estructuración y construcción.

- El colapso del Liceo Raimundo Martínez debe ser estudiado en detalle para determinar las causas del mismo, ya que este tipo de edificación se construye en otras zonas del país con alto peligro sísmico.

- El colapso de la Escuela Valentín Valiente indica la necesidad de que las edificaciones escolares existentes sean revisadas para adecuarlas a la normativa sismorresistente vigente.

- Los efectos locales producidos por el sismo en Cumaná, esto es licuación y deslizamientos laterales, indican la necesidad de zonificar esa ciudad en función de sus características geotécnicas.

- Se debe ampliar y mantener la Red de Acelerógrafos del Oriente del país a fin de garantizar que eventos poco frecuente como el terremoto de Cariaco sean debidamente registrados y por ende puedan ser estudiados para obtener lecciones que mejoren el diseño sismorresistente de nuestras edificaciones.

REFERENCIAS

- AUDEMARD, F. (1997). Comunicación personal
- BRAZEE, R. J. (1980). "Reevaluation of Modified Mercalli Intensity Scale for Earthquake Using Distance as determinant." NOAA, Technical Memorandum EAIS, NGSDC-4, Boulder, Colorado.
- EERI (1997). The July 8, 1997 Cariaco, Eastern Venezuela Earthquake. Newsletter, October, V. 31, Oakland, California.
- FEDE (1988). FEDE ante la Emergencia del Estado Sucre. Diario El Nacional, 5-01-98, Caracas.
- FUNDASALUD (1997). Informes de Evaluación Visual de Centros de Salud como Consecuencia del Terremoto de Cariaco. Proyecto Salud Sucre, Cumaná, Estado Sucre.

FUNREVI (1997). Viviendas Afectadas por el Terremoto del 9 de Julio de 1997- Informe N° 3. Cumaná, Edo. Sucre.

FUNVISIS (1997). Reporte Sismológico. Departamento de Sismología, Funvisis, Caracas, Julio.

FUNVISIS (1993). Mapa Neotectónico de Venezuela, Escala 1:2.000.000. Departamento de Ciencias de la Tierra.

GRASEMOT (1994). Venezuela, Amenazas Naturales: Terremotos, Huracanes y Maremotos. Gráficas Monfort, Caracas.

SOULAS, J. (1986). Neotectónica y tectónica activa en Venezuela y regiones vecinas. In: Memorias del VI Congreso Geológico Venezolano, Caracas. 10: 6640-6656.



Foto 1 Conos de arena por licuación en el barrio El Peñón, Cumaná



Foto 2 Desplazamiento lateral en el muelle pesquero, Cumaná

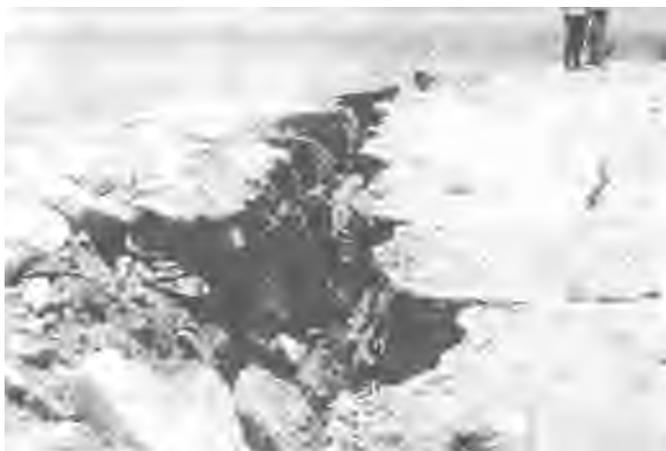


Foto 3 Desplazamiento lateral en terreno compactado en planta industrial en Marigüitar



Foto 4 Detalle de falla en columna corta en la escuela Valentin Vatiante, Cariaco

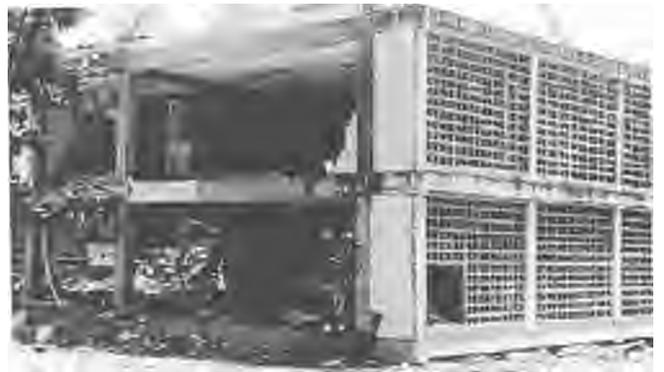


Foto 5 Vista general del colapso del nivel planta baja en el liceo Raimundo Martinez en Caneco



Foto 6 Vista general del colapso del edificio Miramar. Notese la forma de panqueca en que quedaron las placas.



Foto 7 Columnas perimetrales dañadas en la fachada lateral derecha. Nótese la ausencia de tabiquería y la presencia de jardinería



Foto 8: Detalle de la columna más dañada D6) Nótese la altura de la jardinería



Foto 9 Vista general de una calle de cariacó tres días después del terremoto. Nótese la calidad del material de las viviendas colapsadas



Foto 11 Grieta longitudinal de unos 200 metros debido a fallas del terreno. (foto cortesía L.Montes).



Foto 10 Desplazamiento lateral de unos 30 cm. Debido al movimiento de la falla geológica.



Foto 12 Tubo-dañado por desplazamiento permanente detalla geológicas