

RESUMEN

Se describe a continuación los avances obtenidos hasta el presente en el marco del Plan Integral de Prevención de Desastres y Atención de Emergencias de Manizales. En primer lugar se exponen los resultados de los estudios geológicos, referentes a tectonismo, formaciones superficiales y procesos erosivos, así como la metodología seguida para los mismos. En la segunda parte se presentan la metodología y los resultados de los estudios de amenaza sísmica, referentes a registro de sismos y estudio de sismos pasados, así como lo referente al estudio de vulnerabilidad de las construcciones. Finalmente se describen los resultados de los estudios de vulnerabilidad socioeconómica, y se detalla el plan de trabajo delineado para los próximos dos años.

ABSTRACT.

This paper reports a brief description of the state of the Project for Disaster Prevention of the City of Manizales, Colombia. First, the geological studies, which comprise researches on tectonism, landslide processes and shallow formations are examined. Secondly, the studies regarding seismic hazard and vulnerability of constructions are summarized, including the description of the methodology used in each case. Finally, the socioeconomic vulnerability study is described, followed by a description of the researches that are to be done in the next two years.

1.- ESTUDIOS GEOLOGICOS

1. INTRODUCCION

Han sido diversas las causas que han originado los desastres naturales, a través de la historia, en la ciudad de Manizales. Lo principal, digno de tener en consideración, son los procesos que se han favorecido por la topografía del área y que han ocasionado considerables pérdidas, tanto en vidas humanas como materiales. Además, las características y distribución de las formaciones superficiales, junto con la presencia de tectonismo en la región, han desencadenado hechos que han inquietado a la ciudadanía.

Para atender las necesidades originadas, se han realizado estudios que hacen parte de la fase técnica del Plan Integral para la Prevención de Desastres y Atención de Emergencias de Manizales (PADEM), desarrollado por la Alcaldía Municipal. Estos trabajos tuvieron la asesoría de la Oficina de Investigaciones Geológicas y Mineras (BRGM) de Francia y la colaboración del ITC de Holanda.

1.1. LOCALIZACION

En la zona de estudio se encuentran ubicadas las ciudades de Manizales y Villamaría. Los trabajos se realizaron en el sector urbano y parte del suburbano de las dos municipalidades. Los análisis, tanto para las formaciones superficiales como para la neotectónica, cubrieron un área de 52 km².

1.2. GENERALIDADES

Para 1990, la población urbana total era de 350000 habitantes, según estimación de Planeación Departamental.

En cuanto a las vías de comunicación, las dos ciudades cuentan con una red carretable que tiene manifestación hacia todos los sectores; pero, esto es más limitado para Villamaría que para Manizales.

El clima en el sector tiene características especiales como: la existencia de dos temporadas altas de lluvia (marzo a junio y septiembre a noviembre). En el Anuario Meteorológico (CENICAFE, 1987) se reporta una pluviosidad de 1600 mm, para 210 días con presencia de precipitación.

Morfológicamente, la ciudad ocupa una cuchilla alargada en sentido noroeste-sureste, observándose algunas diferencias

en cada uno de los sectores. El costado occidental presenta pendientes de altas a moderadas, terminando en un gran escarpe. La zona norte, hacia la Quebrada Olivares, es un sector con pendientes altas, exceptuando su costado más oriental, en el cual éstas se moderan, aquí es hacia donde la ciudad se ha expandido con mayor énfasis durante los últimos 10 años. La parte sur tiene una morfología menos abrupta, llegándose a presentar sectores aptos para la expansión urbana hacia el Oriente.

En toda la ciudad de Manizales se han adecuado terrenos para utilizarlos en urbanización. Las prácticas más comunes han sido los cortes y rellenos.

2. GEOLOGIA

En el área cubierta por los trabajos relacionados con el presente documento, afloran diversas unidades litológicas que, en la totalidad, son importantes para el análisis de las "Formaciones Superficiales" y, en su mayoría, para el estudio neotectónico.

Las más antiguas de todas las unidades es la Formación Quebradagrande. Esta sirve de basamento para los cuerpos litológicos más recientes y/o actuales, siendo éstos de origen Terciario Superior o Cuaternario y aquella de edad cretácica (entre 60 y 140 millones de años - ma.). Inicialmente, siendo el concepto más generalizado, se dividió en dos miembros: uno volcánico y otro sedimentario; pero, ha habido tendencia a separarlos dejando, como Formación Quebradagrande, únicamente la parte sedimentaria (Restrepo y Toussaint, 1974).

Las unidades terciarias (entre 8 y 2 ma., aproximadamente) y las cuaternarias (menos de 2 ma.) son las de más amplia difusión en superficie, en los 52 km² analizados para el presente estudio.

Se tienen en la zona: La Formación Manizales que para Flórez (1986) es una "acumulación volcanodetrítica de piedemonte", proponiendo una época de depositación que termina antes de finalizar el Terciario, y Naranjo y Ríos (1989) la determinan como un conjunto de rocas sedimentarias de génesis volcánica procedentes del complejo Ruiz-Tolima (depositado entre los 8 y 4 ma.). También, se encuentra la Formación Casabianca, la cual reposa sobre la Formación Manizales y, por lo tanto, es más reciente en edad de depositación. Es, en sí misma, un cuerpo de sedimentos volcanogénicos de grano grueso y, en menor proporción, cenizas soldadas y compactadas (ignimbritas y tobas). Se dió como resultado de

agradación, en cauces fluviales, de sedimentos volcánicos de la cadena Ruiz-Cerro Bravo, durante lo último del Terciario y la primera parte del Cuaternario. Los materiales se depositaron en ambos lados de la Cordillera Central, en su parte media. Para el lado occidental, la depositación fue controlada por el cauce del Río Chinchiná.

Existen en el Área otros depósitos, como es el caso de los Flujos de Escombros que Rellenan el Valle de La Enea (sector suroriental de Manizales) y tienen dominio a través del Río Chinchiná, hasta el sector Norte de Villamaría. Además, casi toda el área de estudio se encuentra tapizada por una cubierta piroclástica de diferentes espesores (hasta 20 m), compuesta de ceniza fina y lapilli, además de fragmentos de pómez.

Otros depósitos cuaternarios son los aluviones que se localizan en el fondo y en las márgenes de los ríos y, coluviones que aparecen, especialmente, al pie de los escarpes de falla. También, se presenta al Sur de la ciudad, un cuerpo, posiblemente, un criptodomo, dado por la inyección de un magma basáltico que se produjo en fracturas controladas por el sistema de fallas Manizales-Villamaría y Romeral.

3.- FORMACIONES SUPERFICIALES

Son, en sí, sedimentos y rocas que se hallan en el límite litosfera-atmósfera, es decir, en la superficie visible de la corteza terrestre, asociados a la evolución del relieve actual y son necesariamente recientes o actuales, rara vez más antiguos.

Ya que no hay una clasificación bien definida, y debido a las diferencias que se pueden presentar, se hace necesario introducir una clasificación especial para el Área de Manizales.

Se tienen, entonces, formaciones superficiales derivadas de rocas sedimentarias, dentro de las que se cuentan la roca fresca como tal, la roca meteorizada o alterada y el saprolito (suelo formado por meteorización química de cualquier roca y que conserva la estructura de la roca original). La primera (roca fresca) se puede observar en afloramientos erosionados por los ríos y donde haya remoción de materiales más superficiales (lugares encontrados: al Este de la ciudad, barrios Minutas, La Cumbre y La Sultana). La segunda (roca meteorizada) llega a espesores de 3m y, debido a que se puede presentar mucho fracturamiento, se hace muy deleznable y, por lo tanto,

favorable para que los procesos erosivos tengan lugar allí (ubicación: barrios del Norte). El tercero (saprolito), aflorante en barrios como La Carola, San Cayetano, Minitas, La Cumbre y La Sultana, se origina más que todo sobre la Formación Quebradagrande y puede ser heteogéneo (éste origina materiales arcillosos con texturas arcillosas, arcillo-limosas y arcillo-arenosas), encontrado al Este de la Quebrada Solferino y homogéneo, encontrado al Norte y noreste de la ciudad y en Villamaría (Barrio La Pradera), éste tiene un comportamiento favorable ante los procesos erosivos y antrópicos.

Por otra parte, existe otra diversidad de "depósitos" como formaciones superficiales, contándose entre ellos el más diseminado en toda el área de estudio y correspondiente a depósitos piroclásticos no consolidados, encontrándose en paquetes interestratificados con arenas volcánicas grises sueltas. El espesor es de 8 a 15 m y tiene buena estabilidad ante la probabilidad de los movimientos en masa en relieves suaves, pero susceptibles a flujos de lodo torrenciales, ocasionados por lluvias fuertes, en pendientes de moderadas a altas. Un poco diferente a ellos están los flujos piroclásticos consolidados (más compactados) con espesores de 3 a 10 m, fueron encontrados en pocos lugares. Estos, por alteración, y en combinación con otros materiales, producen suelos arcillosos y limo-areno-arcillosos.

Otros tipos de depósitos son los de vertiente, contándose entre ellos los coluviales (sobre laderas y producidos por materiales desprendidos de las partes altas) que suavizan las pendientes ladera abajo y forman terrazas inclinadas. En algunos sitios, estos depósitos son favorecidos por fallamiento. Se encuentran en lugares como: Occidente de Manizales-escarpe de Chipre y en el Norte de la ciudad hacia los barrios Peralonso, Comuneros y Villahermosa.

Menos frecuente, se observan depósitos de vertiente por erosión laminar, donde el agua lluvia provoca arrastre casi imperceptible del suelo. También, en forma escasa, se encuentran los desprendimientos de talud dados por caída de rocas o por deslizamientos, en ellos se observan desprendimientos progresivos y fuertes, favorecidos por el aumento de la carga con la infiltración de aguas, por gravedad y por tectonismo, de hecho causan remoción de suelos. De otro lado, son importantes los "flujos" como materiales erráticos fluviovolcánicos y, aunque escasos, son de consideración los del Valle de La Enea.

Se consideran aquí también los depósitos aluviales, asociados a la red de drenajes (ríos y quebradas). Estos

llevan materiales que son depositados de acuerdo con la energía y capacidad de carga de las aguas. Ya conformados los depósitos, éstos presentan consolidación escasa o nula, como sucede en el lecho de los ríos o en las llanuras de inundación (cuando hay valles amplios en las riberas de los ríos), esto sucede en el Río Chinchiná y en la Quebrada Minitas.

Hay otros tres tipos de depósitos aluviales, teniéndose aquí los "torrenciales" dados por crecientes de los ríos en época de lluvias fuertes y prolongadas; además suceden, generalmente, en cauces secundarios donde se encuentran pendientes altas. Se localizan, además, los "abanicos aluviales" que, para la zona, son depósitos de flujos de escombros interestratificados con secuencias de caída piroclástica (se encuentran hacia el Barrio La Enea, con el nombre de Abanico Aluvial de Maltería). Como último depósito aluvial hallado en el área de estudio, está el denominado "terrazas aluviales" y están conformados por materiales retrabajados.

Se encuentran otros dos depósitos, ya mencionados con anterioridad, como son las formaciones Manizales y Casabianca. La primera, es de baja resistencia e inestable en cuanto a deslizamientos. La segunda, encontrándose en las vertientes de los ríos Chinchiná y Olivares, tiene un estado avanzado de meteorización, su comportamiento mecánico es mejor mientras más antigua sea la fracción analizada, es propensa a procesos erosivos, a riesgos sísmicos y está muy hidratada.

Por último, están los depósitos antrópicos que se manifiestan en toda la ciudad y que alteran la forma del paisaje natural. Esto se ha adelantado a través de los años por la necesidad de "adecuar" terrenos para la expansión urbana o para diferentes actividades agropecuarias. De esta manera, se utiliza la remoción mecánica de la cobertura superficial desde las partes altas, para depositarla en las depresiones. Se puede presentar inestabilidad por infiltración de aguas lluvias o por acción de cauces intervenidos.

4.-PROCESOS EROSIVOS

Han tenido lugar a través de la historia de Manizales en casi toda el área de la ciudad y han sido causados por eventos naturales asociados, entre otros aspectos, a la fuerte topografía, a la alta pluviosidad y también por conceptos no naturales como la acción antrópica. Generalmente, se han producido en sitios sin cobertura vegetal o donde ha habido remoción de materiales para

producir rellenos artificiales. Así, se presentan movimientos en masa que han llegado a mostrar signos de reactivación.

Se dispone de un estudio detallado de la evolución histórica de estos fenómenos, el cual ha servido de fundamento para la formulación de políticas de usos del suelo en la ciudad, dentro del Plan de Desarrollo adoptado en 1991.

5. ANALISIS NEOTECTONICO

Desde diferentes direcciones de la geografía colombiana se presenta la interacción de las placas Suramericana, Nazca y Caribe, manifestándose esto en una importante sismicidad.

La región del antiguo Caldas está afectada por zonas de falla como son: Cauca-Patía, Romeral y Palestina, con actividad reciente y actual.

Se piensa que la zona de falla Cauca-Patía tiene un grado de actividad bajo. En el sistema de fallas de Romeral se han estudiado rasgos de actividad cuaternaria en Palmira (Valle), Armenia (Quindío) y Popayán (Cauca), entre otros lugares. La zona de falla de Palestina, que va desde el Nevado del Ruiz hasta Mompós, reporta movimientos de rumbo en el Terciario y gravitacionales con componente de rumbo en el Cuaternario.

5.1. ASPECTOS TECTONICOS LOCALES

La disposición y tendencia de las fallas, en el sector de estudio, presenta dos direcciones generales, una Norte-Sur y otra aproximadamente Este-Oeste. Entre ellas, la primera es la mayor y más generalizada y cuenta con fallas como Chipre, Manizales, El Perro, Solferino I y Solferino II. La segunda tendencia tiene variaciones en su rumbo, perteneciendo a este grupo la fallas Cementerio y Manizales-Villamaría.

Las estructuras Este-Oeste se consideran más antiguas puesto que, según Naranjo y Ríos (1989), son desplazadas por las Norte-Sur. Este cuadro tectónico tiene su opuesto en el sector del barrio Solferino, donde la tendencia parece funcionar justamente a la inversa, ya que los posibles fallamientos Rosa María y El Botas (de dirección Este-Oeste) desplazan a las fallas Solferino I y Solferino II (de dirección Norte-Sur).

Sobre la corteza terrestre se generan esfuerzos que bien pueden ser de compresión o de extensión (figura 1),

manifestándose el fenómeno al plegar las litologías o hacerlas fallar, además de otras posibles situaciones.

En la zona de Manizales, se ha considerado que ha imperado la compresión en todas las épocas, esto produciría fallamientos inversos; pero, durante el trabajo de neotectónica, se hallaron estructuras (microestructuras) normales, en su mayoría (esto correspondería a esfuerzos extensionales). Con lo anterior no se niega la compresión, puesto que es posible encontrar las dos fases simultáneamente (figura 2). Según Pennington (1981), se pueden presentar esfuerzos distensivos en la parte alta de una loza que se pliega y, de acuerdo con Cabrera (1988), pueden darse extensiones cuando disminuye la velocidad de convergencia de placas.

Los esfuerzos se calcularon por métodos manuales y también por programas de computador (Geos y Careylu, propiedad del BRGM de Francia), estos últimos son bien útiles cuando hay una buena población de datos.

Al realizar los cálculos, se tuvo en cuenta la edad relativa de las litologías afectadas por las diferentes estructuras para dar, en el tiempo, una ubicación de los distintos eventos (ejemplo, figura 3) que "tuvieron" lugar en la zona. De esta manera, se pudo presentar una compresión en el Plioceno (5.3 a 1.6 ma.), una extensión generalizada o sin dirección preferencial en el Pleistoceno (1.6 ma. a 10.000 años), otra compresión en el límite Pleistoceno-Holoceno (hace 10.000 años, aproximadamente) y una distensión Norte-Sur más una compresión también Norte-Sur en el lapso de 10.000 años hasta hoy.

Al efectuar los análisis con el programa Careylu, se confirmó la extensión generalizada que "existió" durante el Pleistoceno, es decir, durante ese tiempo hubo una prolongada extensión, pero sin una dirección preferencial. Ejemplos de ello, se encontraron en los barrios La Rambla, La Sultana, Palermo y en la vía Manizales-Bogotá. Realmente, no se pudo encontrar una evidencia clara de la actividad actual de una u otra falla, debido a la cobertura vegetal y/o piroclástica (hecho que puede ocultar los rasgos), además de favorecerse los deslizamientos en las altas pendientes, lo que puede borrar las estructuras que posiblemente existieron. Pero, se propone que las fallas Solferino I y Solferino II, Cementerio y Manizales, tuvieron un comportamiento normal durante el Pleistoceno. Además, también se "manifiesta una actividad actual en el sector del Barrio Solferino.

La mayor cantidad de evidencias se encontro en la Formación Casabianca, la cual presenta alteración elevada y está constituida por materiales arcillosos hidratados con clastos que han sido asimilados al material que los rodea (matriz).

II - ESTUDIOS DE AMENAZA Y RIESGO SISMICOS

Como parte del Plan Integral, se han adelantado algunas investigaciones en la Universidad Nacional. Son las siguientes:

diferentes sitios de la ciudad.

típicas.

A continuación se describen los aspectos y resultados mas relevantes de estos estudios.

1 Mapa de intensidades del sismo del 23-XI-1979

En vista de que el sismo del 23 de noviembre de 1979 no se registró en el único acelerógrafo con que contaba la ciudad, se realizó un estudio de la intensidad de Mercalli del mismo, con el fin de determinar las diferencias entre las diversas regiones geológicas de la ciudad en ese aspecto. Para ello se realizó una encuesta masiva a la población, con una muestra aproximada de 2.000 personas entrevistadas en las viviendas en que residían en el momento del sismo. Para ello se utilizó un derrotero elaborado por Mazaki, que consiste en una serie de preguntas con peso numérico para efectos de estudiar la intensidad del sismo en el sitio. Una vez realizadas las encuestas, se procedió a su ubicación en una malla de 500 por 500 metros. Con los valores índices de cada cuadrado de la malla se obtuvieron las curvas de igual intensidad del sismo.

Los resultados encontrados arrojaron un rango amplio de intensidades, que se extiende entre 2.5 y 8.5. El estudio detallado de las líneas muestra algunas conclusiones interesantes. Por ejemplo, se observa un crecimiento de la intensidad con expresiones topográficas agudas, además de una tendencia de las mismas a tener cierto paralelismo con las curvas del nivel generales de la ciudad. Además, los resultados de la encuesta coinciden muy bien con los datos

observados en dicho sismo, los cuales, obviamente, no fueron calificados según su intensidad para el estudio, con miras a no pervertir sus resultados.

Sin embargo, para efectos de zonificación de la ciudad, parece más adecuado el agrupar los sectores de la ciudad que presenten intensidades dentro de cierto rango. Dicho resultado se muestra en la figura 5. En ella, se muestran los sectores de la ciudad, existentes en ese entonces, dentro de manchas de intensidad entre 3 y 5, de 5 a 7 y entre 7 y 9. Del análisis de este mapa, se destacan las siguientes conclusiones:

1.- Algunos rellenos hidráulicos han incrementado fuertemente la intensidad de los sismos. Tal es el caso de los ubicados en los barrios Villa Pilar, Parque de Caldas, Campohermoso, Belén y Versalles.

2.- Los sectores correspondientes al afloramiento de la Formación Casabianca, o aquellos donde esta parece encontrarse a poca profundidad, presentan las menores intensidades.

3.- La zona de la intensidad dominante, entre 5 y 7, coincide de manera global con la de cenizas volcánicas de espesor moderado.

4.- Por el contrario, la zona de mayores intensidades en el oriente de la ciudad presenta una gran profundidad de dicha formación.

De esta manera, este estudio, unido al de formaciones superficiales, se presenta como una base sólida para el avance en la zonificación sísmica de la ciudad, la cual se encuentra en proceso.

2 Registro permanente de los sismos

Para suplir la deficiencia común a las ciudades del país, de carecer de registro de sus eventos sísmicos, se formuló en 1988 un proyecto de investigación tendiente a registrar de manera permanente dichos eventos en Manizales, y en diferentes sitios de la ciudad, debido a sus variedades geológicas y a su compleja topografía. Con el apoyo del Fondo Nacional de Calamidades y la Oficina de Prevención de Desastres de la Presidencia de la República, se obtuvieron tres acelerómetros Kinemetrics SSA-1 en 1991, que fueron dados al cuidado de la Universidad Nacional. Recientemente esta red se amplió con un cuarto equipo,

tipo SSA-2 adquirido directamente por la Universidad. Hay además un quinto acelerógrafo de la Red Nacional, del cual hasta el presente no se conocen registros.

De esta manera, la ciudad cuenta con un alto nivel de instrumentación en este aspecto. Sin embargo, dada la complejidad geológica de la misma, se considera que un número de 7 equipos sería el mínimo necesario para el conocimiento adecuado de la respuesta sísmica de sus suelos.

De los eventos registrados desde su instalación, se encuentra publicado un informe reciente (ref.). De este estudio, hemos extraído las figuras 6 a 8 que muestran los espectros normalizados de aceleración de respuesta obtenidos en tres sitios de la ciudad hasta el presente. Las conclusiones preliminares más importantes que se desprenden del análisis de los mismos son las siguientes:

1.- La mayor o menor presencia de arcilla en las cenizas volcánicas ha determinado en gran medida la respuesta sísmica del suelo. En efecto, se observan períodos dominantes diferentes, así como factores de amplificación espectral muy diferentes dentro de la misma formación superficial.

2.- Los factores de amplificación en los suelos del oriente de la ciudad oscilan entre 2.5 y 5, con períodos dominantes entre 0.3 y 0.9 seg., mientras que los del centro de la ciudad presentan amplificaciones menores (entre 2 y 4, con media de 2.5), pero una gama de períodos dominantes sustancialmente mayor (entre 0.5 y 1.6 seg.)

Las figuras 9 y 10 muestran los espectros normalizados promedio de los tres sitios, los cuales se comparan con los espectros propuestos por el Código Colombiano de Construcciones para la ciudad, suponiendo un suelo tipo S3. Puede verse claramente que, en el caso del centro de la ciudad, el espectro del Código cumple adecuadamente con los promedios, en lo que a amplificación espectral se refiere. Sin embargo, se ha propuesto un espectro de mayor amplitud en la zona de períodos bajos y de mayores aceleraciones en la de períodos altos, debido a que el promedio mostrado está dominado por sismos muy leves, que no revelan las amplificaciones espectrales ocurridas en estos suelos en eventos más fuertes.

En lo que respecta al oriente de la ciudad, que es la zona de mayor desarrollo constructivo, los espectros promedio

difieren grandemente del espectro propuesto por el Código para suelos S3, así como en lo referente a la zona de máximas amplificaciones. Por esta razón se ha propuesto un espectro más riguroso en dicha zona, tal como se muestra en dicha zona.

Se conjetura preliminarmente que las diferencias mostradas por estos suelos limosos del oriente de la ciudad se explican por su alta relación de vacíos, lo que reduce su módulo de corte drásticamente, aún para valores de deformación cíclica baja.

3.- Vulnerabilidad sísmica de edificaciones.

Con el fin de avanzar hacia un escenario de pérdidas probables como consecuencia de sismos moderados y fuertes en la ciudad, se encuentra también en desarrollo un programa de evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones típicas de la ciudad. Para ello se han dividido en dos grupos:

a.- Viviendas de mampostería y bahareque. Este tipo de construcciones es relativamente poco vulnerable a los sismos, debido a su poca altura, si se lo considera individualmente. Sin embargo, como quiera que en ellas se aloja la mayor parte de la población de la ciudad, se requiere de un estudio probabilístico de su vulnerabilidad intrínseca, pues, de hecho, varias de estas viviendas han colapsado o han sufrido graves daños en el pasado en la ciudad.

Las viviendas de bahareque dominan los sectores históricos de la ciudad, mientras que las de mampostería, en general, confinada, se encuentran en los sectores de la ciudad posteriores a los años cuarenta.

b.- Edificios. Los edificios de la ciudad son rutinariamente de concreto reforzado, con losas en una o dos direcciones y tabiquería de ladrillo, y conformados por pórticos. Se han dividido entre pórticos poco dúctiles, construidos hasta alrededores de 1981, cuando entró en vigencia en la ciudad el Código de Construcciones de tal año que involucraba normas de diseño sismorresistente, y en pórticos dúctiles, o sea los posteriores a tal año.

A continuación se describen la metodología diseñada para ambos casos y algunos resultados de importancia. Para las viviendas unifamiliares se ha hecho un

levantamiento extensivo de las mismas, por medio de encuestas en las que se ha registrado datos como materiales de entrepisos y cubiertas, longitud de muros en cada dirección y piso, materiales de los muros, estado de la construcción, características del confinamiento que resulte visible, y su representatividad dentro de un conjunto. De esta manera, se han obtenido datos de 250 viviendas que, por su repetitividad, se estima que evidencian las características constructivas de un número aproximado de 15.000, de las 50.000 que aproximadamente se hallan construidas en la ciudad. De esta suerte, se estima que la muestra es lo suficientemente satisfactoria.

De acuerdo a las propiedades mecánicas de los materiales, se realizó un programa de computador para obtener la mínima resistencia sísmica de la vivienda en alguna de las dos direcciones del primer piso, expresada en función del peso y la distribución de probabilidad de la misma. Este resultado se muestra en la figura 11 junto a la distribución de probabilidad lognormal modificada, que resultó ser la de mejor ajuste.

Como índice de vulnerabilidad, es decir, de la pérdida específica por un sismo cualquiera, la literatura internacional toma usualmente la relación

$$IV = \text{Demanda de cortante sísmico} / \text{Resistencia.}$$

Esto deja de lado factores tan importantes como la duración del sismo, que en el caso de estructuras de materiales de alta degradación de rigidez como la mampostería y el concreto reforzado pueden ser definitivos. Por esta razón, se tomó como Índice de Vulnerabilidad la relación

$$IV = \text{Energía introducida a la estructura durante el sismo} / \text{Capacidad de disipación total de energía}$$

Esto permitía incluir la duración del sismo como una variable de importancia.

Como quiera que esta variable no se refleja de ninguna manera en el espectro de aceleración, se optó por utilizar el de energía que pueden incorporala más claramente. Aún así, en su versión más acabada (refs.-- y --), los espectros de energía para el diseño han sido principalmente desarrollados para condiciones sísmicas de máxima amenaza, lo que los hace inaplicables a otras

condiciones. Por esta razón se realizó un estudio de la influencia de la duración en la energía de diseño con base en diversos registros de sismos de varios países. Para suelos blandos se obtuvo que la energía inducida al sistema se podría expresar como

$$E = (A * (0.535 + 0.0130)) ^2 * M / 2$$

donde A es la aceleración máxima del suelo, M es la masa del sistema y D la duración efectiva del sismo. Esto permite construir el espectro de energía para diferentes aceleraciones del suelo y diferentes duraciones del sismo. Otras correlaciones se han obtenido para suelo más duros.

En lo referente a la energía disipada, se calculó de acuerdo con las posibilidades de disipación de energía exhibidas por los materiales, de acuerdo con diversas publicaciones.

Con base en ello, se realizó un estudio probabilístico del Índice de vulnerabilidad, asignando a la energía introducida en la estructura una distribución de tipo Gumbel I, suponiendo un coeficiente de variación del 20% para cada aceleración, y para la capacidad de disipación de energía una distribución de tipo lognormal, basada en la obtenida para la resistencia.

Las figuras 12 y 13 muestran algunos resultados, correspondientes a las funciones de densidad de probabilidad del Índice de Daño, para aceleraciones máximas de 0.1, 0.2 y 0.3 g, y una duración del sismo de 20 seg. Puede verse que para el primero de los valores de aceleración máxima del suelo, la mayor probabilidad estaría en valores bajos del Índice, mientras que para valores mayores se obtendría una probabilidad casi uniforme de Índices de Daño, debido a la fuerte dispersión de la resistencia de las viviendas, parámetro que, en efecto presenta un coeficiente de variación de 0.55.

Como contraste, puede verse que para una duración de 40 seg. se obtendrían probabilidades mayores de daños para índices moderados y grandes, que lo observado para la duración de 20 seg., lo que indica la gran importancia de esta variable en la estimación del riesgo.

En el caso de edificios, los estudios se están desarrollando por la misma vía. Hasta el presente se han realizado levantamientos de unos 60 edificios representativos de las dos épocas consideradas de diseño

típico. En lo referente a la metodología, la única diferencia estriba en el hecho de que en ellos se hace necesaria la estimación de la concentración de energía en algún piso, y por ello el trabajo de computo resulta un poco más complejo.

Con el cruce de toda la información referente a la amenaza sísmica que se obtenga en el futuro y lo referente a estos estudios de vulnerabilidad se confía tener en el futuro próximo un estimativo de pérdidas por sectores de la ciudad, asignando a cada uno de ellos un valor de aceleración, y a cada índice de daño una pérdida monetaria determinada.

III - ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SOCIOECONOMICA.

Además de los estudios anteriores se han desarrollado algunos aportes en materia de vulnerabilidad socioeconómica. Sustancialmente, estas contribuciones han sido desarrolladas por medio de proyectos de grado de Maestría de la Universidad de Clermont-Ferrand y la Universidad de Grenoble de Francia (refs. --). Dichos estudios han estado encaminados principalmente a:

- 1.- Analizar la percepción de la población de los diferentes tipos de riesgos, su capacidad de reacción, su preparación, la recepción de las campañas educativas, etc.
- 2.- El potencial en materia de servicios de socorro y rescate de cada sector.
- 3.- La vulnerabilidad socioeconómica por sectores, entendida como la integración de los eventos sucedidos anteriormente, la preparación de la población, su densidad en cada sector y su dotación de salud y socorro.

De acuerdo con estos estudios se dispone de un panorama muy detallado de este tipo de vulnerabilidad que se superpone a la ya mencionada de las construcciones típicas.

IV.- ESTUDIOS EN CURSO Y EN VIAS DE INICIACION

Para los próximos dos años se tiene programado en el Plan realizar los siguientes trabajos:

- Estudio de las propiedades dinámicas de los suelos de la

ciudad, por medio de un equipo de triaxial dinamico donado al Proyecto por la UNDRD.

- Estudio de la neotectónica regional.
- Estudio de la estabilidad dinámica de laderas, con el apoyo del BRGM de Francia.
- Estudio de sismicidad histórica regional, con el apoyo de Ingeominas.
- Zonificación sísmica de la ciudad con base en todos los estudios anteriores.
- Evaluación de la vulnerabilidad de líneas vitales.
- Reforma del Código de Construcciones de la ciudad, de acuerdo a los resultados de zonificación.
- Refuerzo de edificaciones esenciales, con base en recursos propios de la ciudad y el apoyo del Fondo Nacional de Calamidades.
- Continuación del programa de reubicación de barrios localizados en zonas de alto riesgo de deslizamiento.

CONCLUSIONES

Las siguientes son las conclusiones más relevantes obtenidas hasta el momento sobre la problemática de amenazas naturales de tipo sísmico y de deslizamiento que imperan sobre Manizales:

- La variación de las geoformas, se presenta por la acción antrópica al producir depósitos artificiales (rellenos) con posibles problemas en el comportamiento sísmico.
- Los espesores de los depósitos piroclásticos varían con la pendiente que recubren, mayores en las partes planas.
- La mayor parte de los deslizamientos de Manizales ocurren sobre las formaciones superficiales, en los contactos de los piroclastos y los materiales alterados o entre éstos y el sustrato rocoso.
- Hay varios sectores afectados por los procesos erosivos: vertiente norte del Río Chinchiná, vertiente norte y sur

del Río Olivares.

- Se demarcan áreas con mejores condiciones para el desarrollo urbano: sector del Barrio La Enea, parte norte del Barrio La Linda y pequeños sectores de la zona urbana.

- Las compresiones planteadas se caracterizan por el bajo número de rasgos.

- Las microfallas en zonas adyacentes a trazos de falla son uno de los parámetros para conocer la actividad de estas. En general, no fue posible hallar el caso.

- Parece, en el estudio, contradecirse la presencia de la compresión en todas las épocas; pero, hay teorías que apoyan las extensiones sin negar la compresión.

- Se quedan muchos sectores sin datos neotectónicos, debido a la espesa cobertura vegetal, a la acción de procesos erosivos y a la disipación de los esfuerzos en litologías no competentes (poco o nada compactadas).

- No todas las "microfallas" son producto de eventos deformacionales (figura 4).

- Los factores de amplificación y los períodos dominantes de las excitaciones sísmicas difieren de los requeridos para el diseño por parte del Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes. La mayor o menor diferencia obedece a variaciones en la naturaleza de los suelos volcánicos y a variaciones en la profundidad de los mismos.

- Estos hechos se evidencian igualmente en el estudio de intensidades del sismo más fuerte soportado recientemente por la ciudad. Aparecen claras diferencias regionales en cuanto a dicho parámetro, en dependencia de los suelos de cada sector. Particularmente, se resalta la influencia nociva de los rellenos hidráulicos en algunos sitios, sobre todo en aquellos en los cuales no se han canalizado los drenajes naturales del terreno, y los sitios con grandes profundidades de suelo hasta el estrato rocoso.

- La vulnerabilidad de las viviendas de mampostería bahareque presenta una alta dispersión, dada principalmente por las diferencias de tipologías arquitectónicas. Los estudios que se tienen al respecto permiten una evaluación detallada de las pérdidas probables en este aspecto bajo diferentes sismos.

- Se dispone igualmente de una imagen clara de los

sectores que presentan mayor vulnerabilidad socioeconómica, debida básicamente a la densidad de población en dichos sitios, a su exposición mayor a amenazas naturales y a sus deficiencias en servicios de salud en comparación con otros sectores.

- Varios de los resultados obtenidos se han aplicado ya a la planeación de la ciudad, a través de mecanismos como el Plan de Desarrollo local, el Código de Construcciones de la Municipalidad y los Planes de Reubicación de sectores de alto riesgo emprendidos por la Alcaldía.

REFERENCIAS

- 1.- Lomnitz, C., Rosenblueth, E. (eds): "Seismic Risk and Engineering Decisions". Amsterdam, 1976.
- 2.- Nocevski, N., Petrovski, J., Milutinovic, Z.: "Vulnerability of traditional buildings." Proceedings of the International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas. Skopje, 1985.
- 3.- CERESIS : "Evaluación de los efectos económicos de los terremotos." Proyecto SISRA. Lima, 1984.
- 4.- Milutinovic, Z.: "An integrated prediction model for estimation of regional urban seismic damage." Kyoto, 1986.
- 5.- Applied Technology Council: "Evaluating the seismic resistance of existing buildings". Report ATC-14. Redwood City, 1987.
- 6.- Applied Technology Council : "A handbook for seismic evaluation of existing buildings (Preliminary)" Report ATC-22. Redwood City, 1989.
- 7.- Applied Technology Council: "Seismic evaluation of existing buildings: Supporting documentation". Report ATC 22-1. Redwood City, 1989.
- 8.-Applied Technology Council: "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook".Report ATC-21. Redwood City, 1988.
- 9.- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica: "Adición, modificación y remodelación del sistema estructural de edificaciones existentes antes de la vigencia del decreto 1400 / 84 ". Norma AIS - 150 -86. Bogotá, 1986.
- 10.- Hiroosawa, M. : "Evaluation of seismic safety and guideline on seismic retrofitting design of reinforced concrete buildings." International Institute of Seismology and Earthquake Engineering. Tokio, 1976.
- 11.- Iglesias, J. : "Evaluación de la capacidad sísmica de edificios en la Ciudad de México." Secretaria de Obras. México, 1986.
- 12.- Clough, R., Penzien, J. : "Dynamics of Structures". Tokio, 1975.

- 13.- Lapajne, J. : "Vulnerability and the MSK Scale." Proceedings of the International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas. Skopje, 1985.
- 14.- Hurtado, J.E.: "Metodología para el análisis de vulnerabilidad". Informe de consultoría al proyecto UNDRO - CIDA - ONAD "Mitigación de riesgos naturales en Colombia. Tema 1 : Terremotos en Cali." Cali, 1990.
- 15.- Hurtado, J.E.: "Estudios de vulnerabilidad sísmica en Manizales". Memorias del Seminario Nacional sobre Tecnologías Constructivas en la Zona andina Colombiana. Manizales, 1991.
- 16.- Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano, OSSO: "Estudio piloto de vulnerabilidad sísmica en Cali". Informe final del proyecto UNDRO - CIDA - ONAD "Mitigación de riesgos naturales en Colombia. Tema 1 : Terremotos en Cali." Cali, 1990.
- 17.- Cardona, O.D. : "Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: Planificación física y urbana en áreas propensas." Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. Boletín Técnico AIS - 33. Bogotá, 1986.
- 18.- Giraldo, H.: " Aproximación de Manizales en la Arquitectura Colombiana". Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 1991.
- 19.- Hurtado, J. E., Salgado, E., : " Mapa de intensidades del sismo del 23-XI-1979 en Manizales." Informe fianl de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 1991.
- 20.- Martín, A.J. : "Probabilistic seismic hazard analysis and damage assesment in Andalusia (Spain)". Tectonophysics, No. 167. Amsterdam, 1989.
- 21.- Cardona, O. D., "Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo", Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres ONAD/PNUD/OPS/UNDRO. Bogotá, 1991.
- 22.- Rivera, I. : " Evaluación primaria de edificios bajos ante sollicitaciones sísmicas." Universidad de los Andes. Mérida, 1986.
- 23.- Aktan, A.E., Ho, I.K. : "Seismic Vulnerability Evaluation of Existng Buildings". Earthquake Spectra. Vol.6, No. 3, 1990.
- 24.- Akiyama, H. : "Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings." Tokio, 1985.

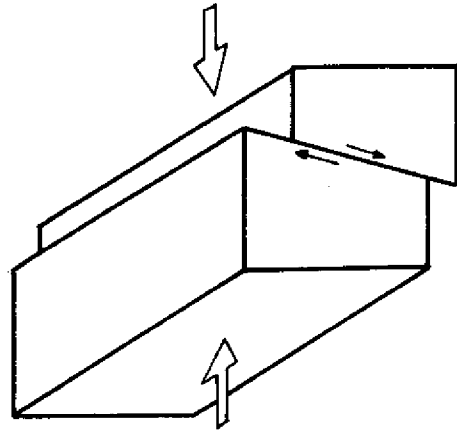
- 25.- Mendoza, L., Reyes, A., Luco, J.E.: "Ambient vibration tests of the Mexicali General Hospital". Earthquake Spectra, Vol7 N.2, 1991.
- 26.- Priestley, M.J., Calvi, G.M. : "Towards a Capacity-Design Assesment Procedure for Reinforced Concrete Frames". Earthquake Spectra, Vol 7, N. 3, 1991.
- 27.- Ohkubo, M.: "Current Japanese System for Evaluation of Seismic Capacity of Existin R/C Building Structures." Report SSRP-91/02. University of California, San Diego, 1991.
- 28.- Iglesias, J. et al. : "Reparación de estructuras de concreto y mampostería." Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico, 1988.
- 29.- Arya, A. S. et al. : "Guide-lines for Earthquake Resistant Non-engineered Construction." Interantional Association for Earthquake Engineering. Washington, 1980.
30. Chardon, A. C. : "Vulnerabilite de la Ville de Manizales (Colombie) et de sa population face aux risques 'naturels' ". Memoire de DEA.Université Blaise Pascal. Grenoble, 1990.
- 31.- Roux, I.: "Organization des secours en Colombie: L'exemple de la ville de Manizales." Memoire de DEA. Université Joseph Fourier. Grenoble, 1990.
- 32.- Hurtado, J. E., Prieto, S. D., Hincapié, J. E.: " Estudios para recuperación post-sísmica de la Universidad de Caldas". IV Jornadas Estructurales de la Ingeniería Colombiana. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá, 1981.
- 33.- Córdoba, S.L., Gomez, H. D.: "Acelerogramas, espectros de respuesta y variaciones temporales de las frecuencias de vibración de sismos colombianos". Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1987.
- 34.- Sarria, A.: "Ingeniería Sísmica". Ed. Uniandes. Bogotá, 1990.
- 35.- Akiyama, H.: "Design Energy Spectra for Specific Ground Conditions". Proceedings, International Workshop on Recent Developments in Base isolation Techniques for Buildings. Tokio, 1992.
- 36.- Seed, H. B., Ugas, C., Lysmer, J. : "Site-dependent spectra for earthquake-resistant design.". Report EERC 74-12. Berkeley, 1974.

- 37.- Applied Technology Council: "Disposiciones tentativas para desarrollar Códigos Sísmicos para edificios." Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, 1976.
- 38.- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica: "Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes. Comentarios, Manuales y Especificaciones." Bogotá, 1991.
- 39.- Akiyama, H. : "Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings." Tokio, 1985.
- 40.- Naranjo, J. L., Ríos, P. A., "Geología de Manizales y sus alrededores y su influencia en los riesgos geológicos". Revista Universidad de Caldas, Vol 10, Nos. 1-3. Manizales, 1989.
- 41.- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, "Estudio general de riesgo sísmico de Colombia". Bogotá, 1984.
- 42.- Aguirre, M. et al., 1992. Modelo Tridimensional de las Formaciones Superficiales de Manizales. Tesis (Geólogo). Universidad de Caldas. Facultad de Geología y Minas.
43. Franco, G. y Prieto A., 1.991. Estudio de las Deformaciones Recientes y Actuales en la Zona de Manizales. Tesis (Geólogo). Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Geología y Minas. 136 p.
44. Cabrera, J., 1988. Neotectonique et Sismotectonique dans la Cordillere Andine au niveau de changement de Geometrie de la Subduction: la Région de Cuzco (Perou). Tesis (Doctor en Ciencias, especialidad en Geología Estructural). Universidad de París. 275 p.
45. Centro Nacional de Investigaciones del Café, 1987. Anuario Metereológico. Manizales: Imprenta Departamental de Caldas.
46. Naranjo, J. L. y Ríos, P.A., 1989. Geología de Manizales y sus alrededores y su influencia en los riesgos geológicos. En: Revista Universidad de Caldas: Organo de divulgación de investigaciones realizadas en la Universidad de Caldas. Vol. 10 No. 1/3 (ene./dic. 1989). Manizales: Universidad de Caldas. 114 p.
47. Page. W. D., 1986. Geología Sísmica y Sismicidad del Noroeste de Colombia. Trad del inglés por Rodrigo Alvarez A. Medellín: Interconexión Eléctrica S.A. (ISA). 281 p.

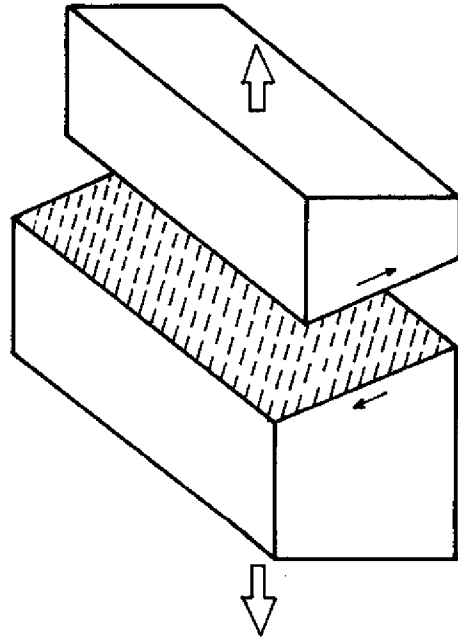
48. Pennington W. D., 1981. Subduction of the Eastern Panamá basin and seismotectonics of northwestern Sout America. En: Journal of Geophysical Research. Vol 86, No. 811 (nov. 1981); p. 10753--10770.

49. Restrepo. J. y Toussaint, F., 1974. Obducción Cretácea en el Occidente Colombiano. Medellín: An. Fac. de Minas No. 58. pp. 73-105.

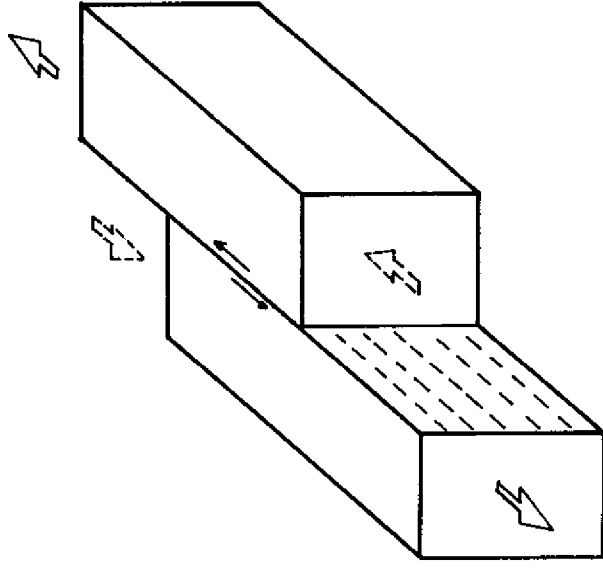
50. Hurtado, J. E., 1993. Análisis de los registros sísmicos en Manizales y recomendaciones para el diseño. Universidad Nacional, Cuadernos de Investigación No. 20. Manizales, 1993.



Falla inversa
(esfuerzos compresivos)



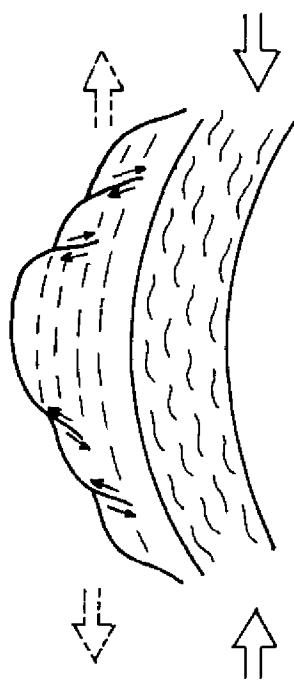
Falla Normal
(esfuerzos distensivos)



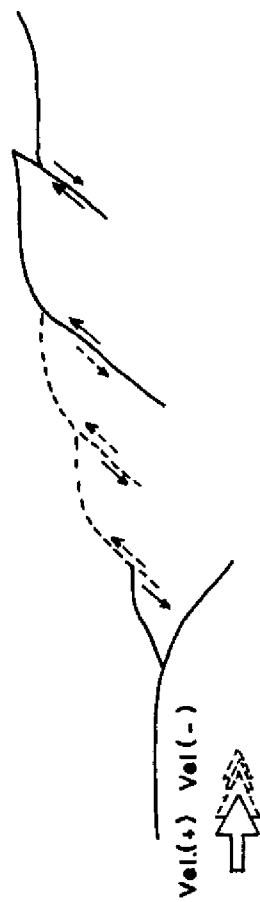
Falla de Rumbo
(esfuerzos compresivos o distensivos)

Bloques diagrama que ilustran los modelos de fallas mas comunes. Graficación de los esfuerzos que los puede producir.

Figura 1



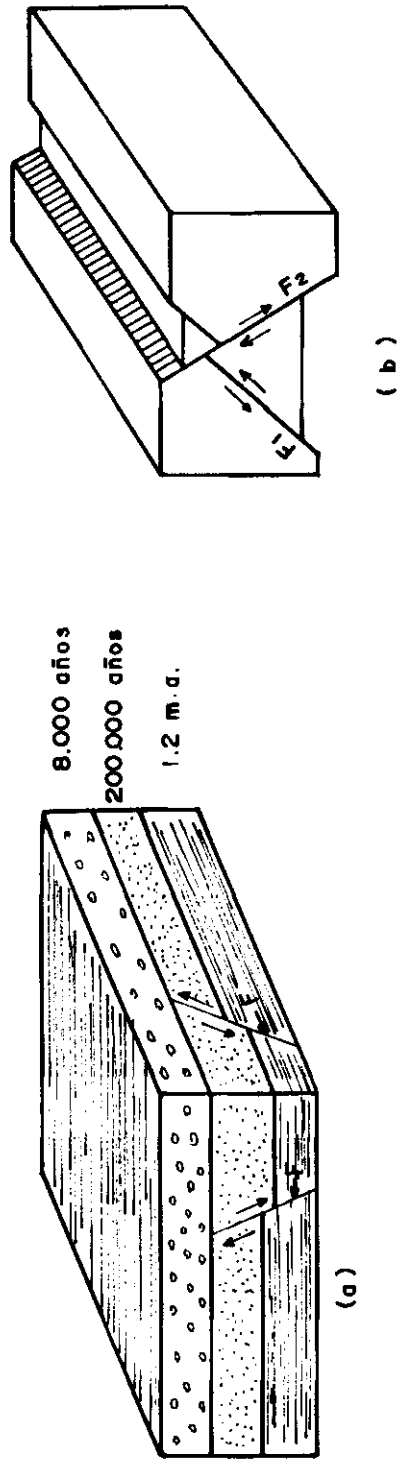
Según Pennington, 1981



Según Cabrera, 1988

Probabilidad de ocurrencia de fallamientos normales
en medios compresivos.

Figura 2



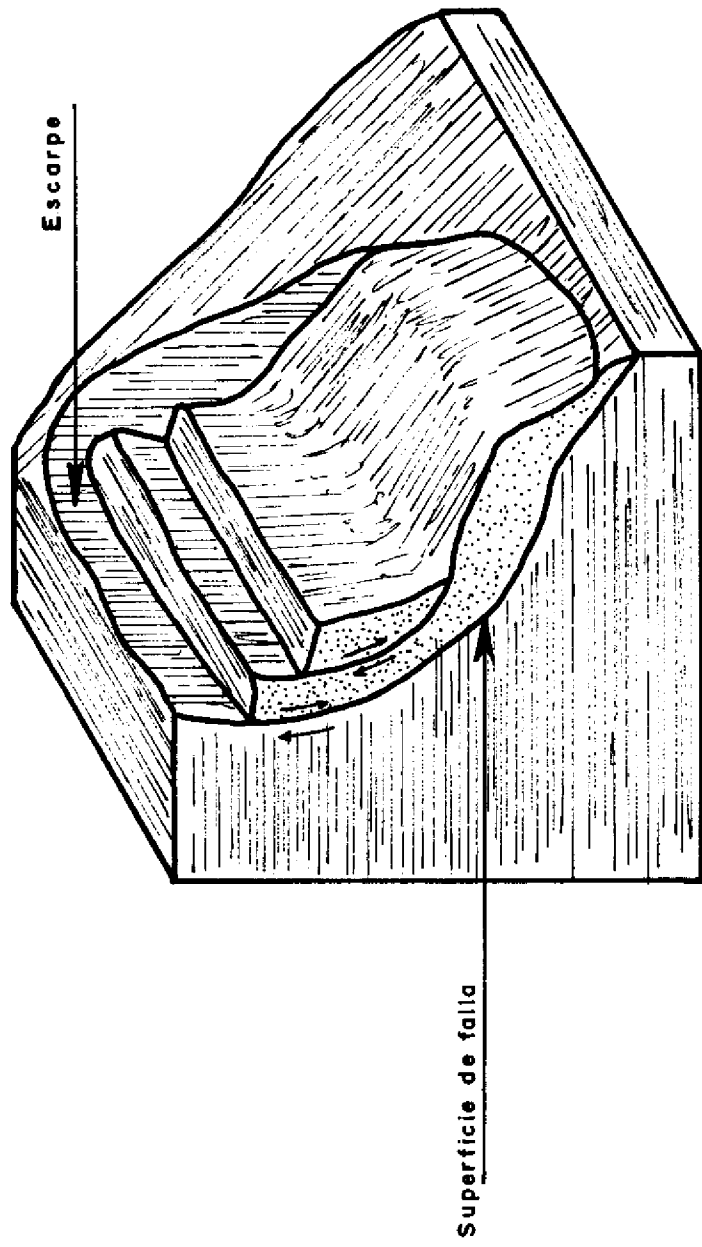
Esquema que explica :

(a) La ubicación en el tiempo relativo (absoluto?) de la microfalta (F).

(b) Secuencia de eventos según el corte de una falla por otra.

F2 corta a F1 (más antigua).

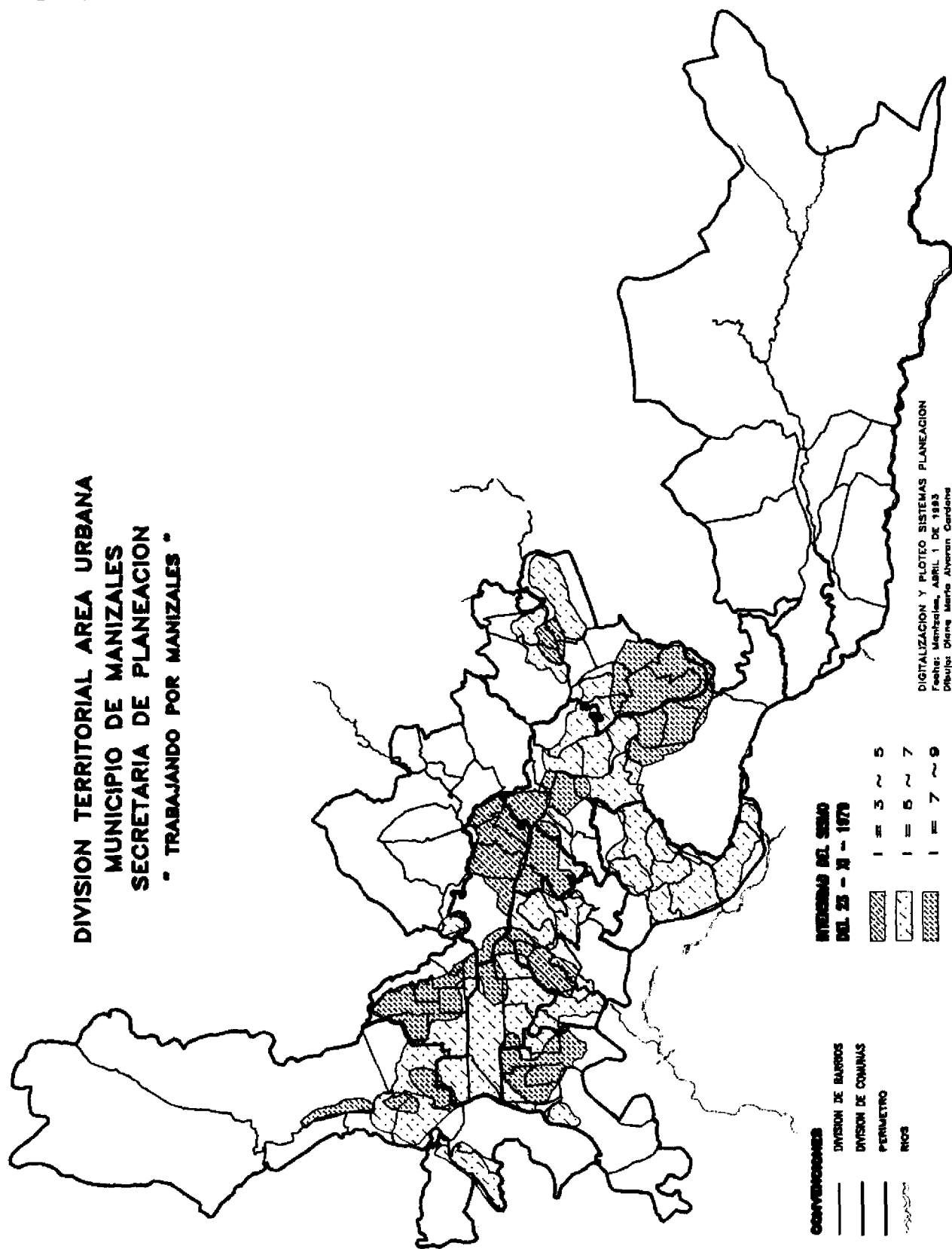
Figura 3



Deslizamiento que presenta una "falsa falla".
Situación dada por desplazamientos gravitacionales
y no por la presencia de esfuerzos reales.

Figura 4

**DIVISION TERRITORIAL AREA URBANA
MUNICIPIO DE MANIZALES
SECRETARIA DE PLANEACION
" TRABAJANDO POR MANIZALES "**



CONVENCIONES

- DIVISION DE BARRIOS
- DIVISION DE COMUNAS
- PERIMETRO
- ~ RIOS

**INTERVALOS DEL SEÑAL
DEL 25 - 30 - 1979**

	1 = 3 ~ 5
	1 = 5 ~ 7
	1 = 7 ~ 9

DIGITALIZACION Y PLOTEO SISTEMAS PLANEACION
Fecha: Manizales, ABRIL 1 DE 1983
Dibujos Diana Maria Alvarez Cardona

Figura 6

LAB. HIDRAULICA
ESPECTROS NORMALIZADOS

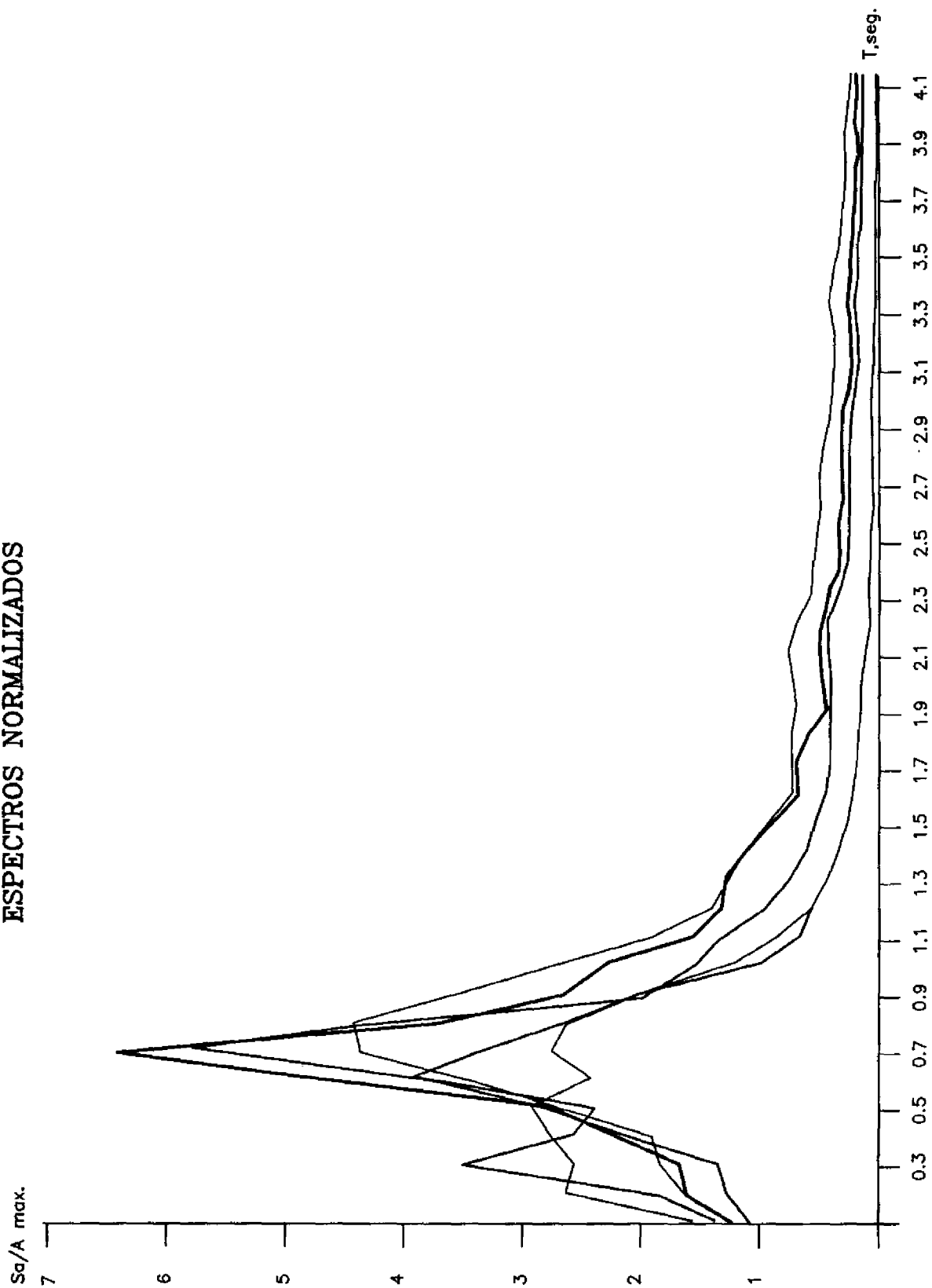


Figura 7
EL CABLE
ESPECTROS NORMALIZADOS

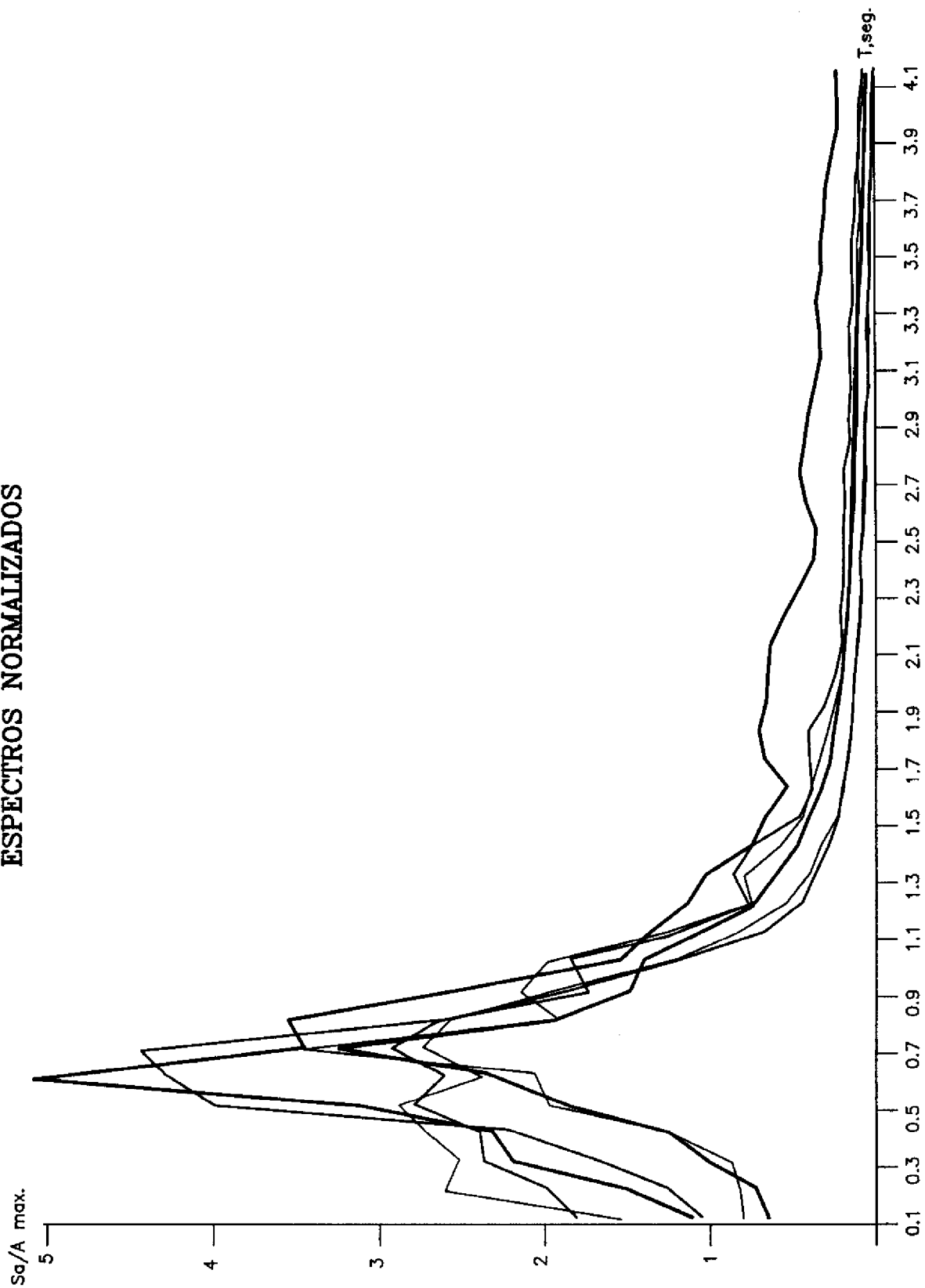


Figura 8
BANCO DEL COMERCIO
ESPECTROS NORMALIZADOS

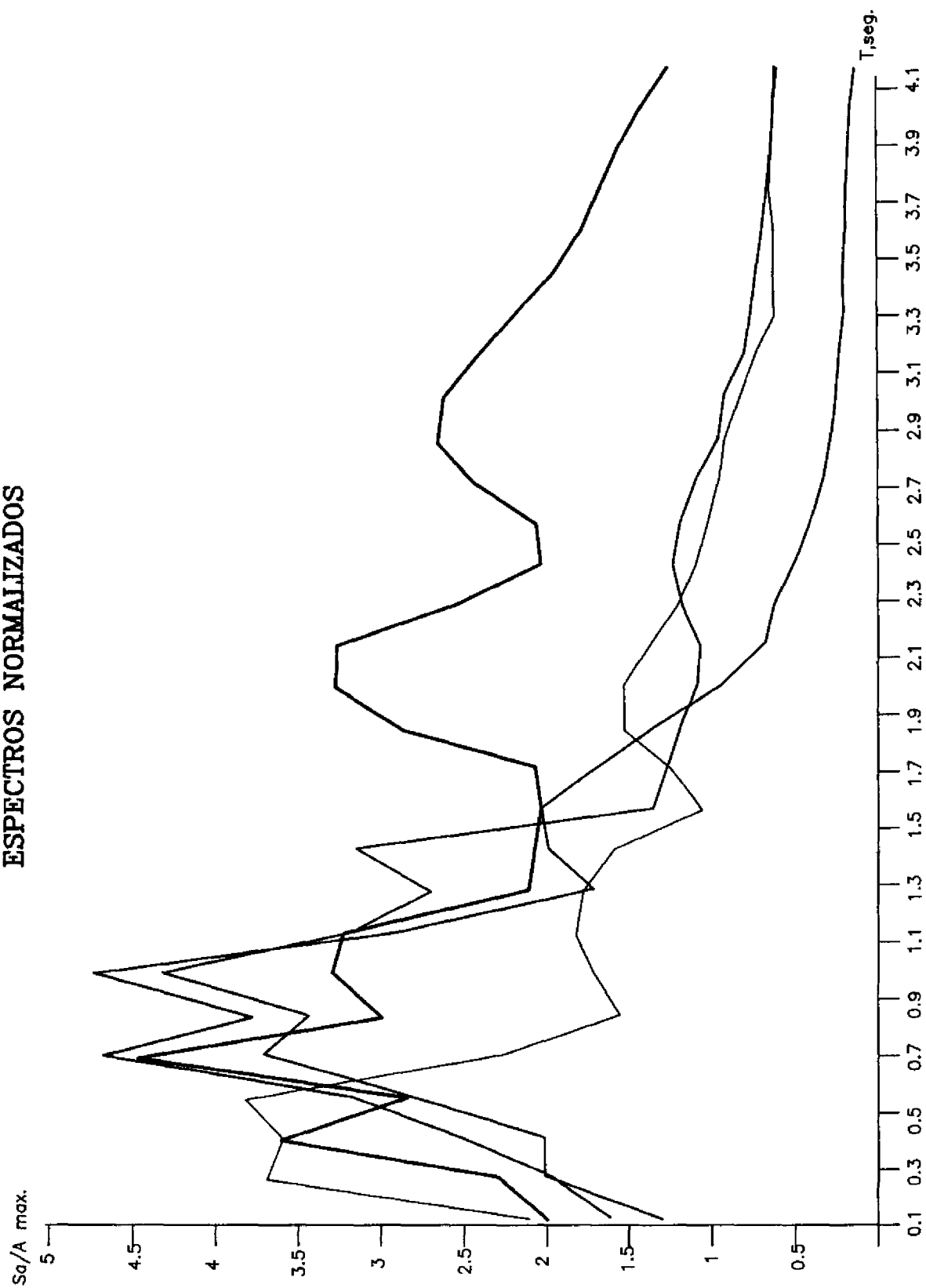


Figura 9

ESPECTRO PROPUESTO

ORIENTE DE MANIZALES

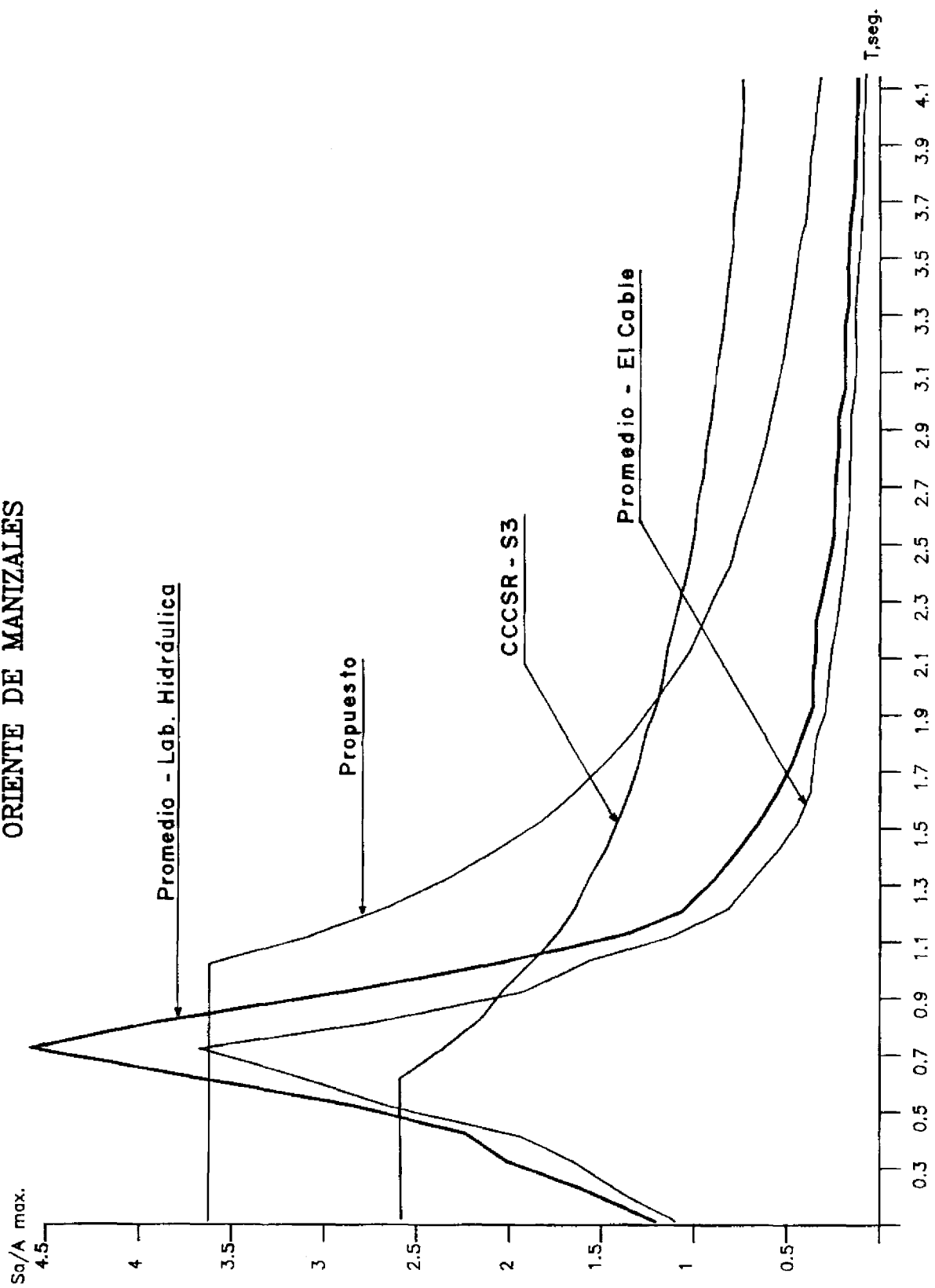


Figura 10

ESPECTRO PROPUESTO

CENTRO DE MANIZALES

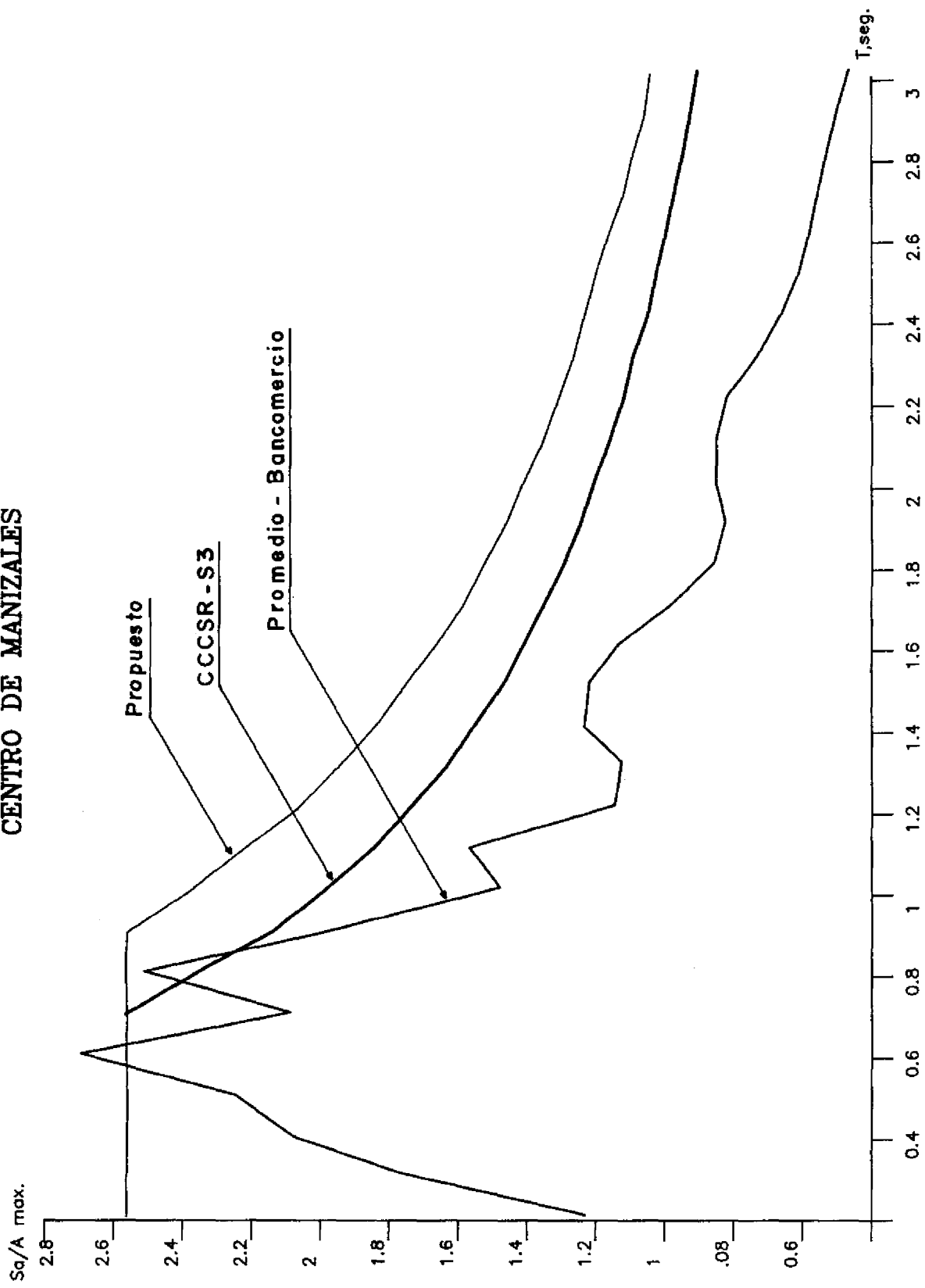


Figura II
VULNERABILIDAD DE CASAS
PROBABILIDAD DE RESISTENCIA

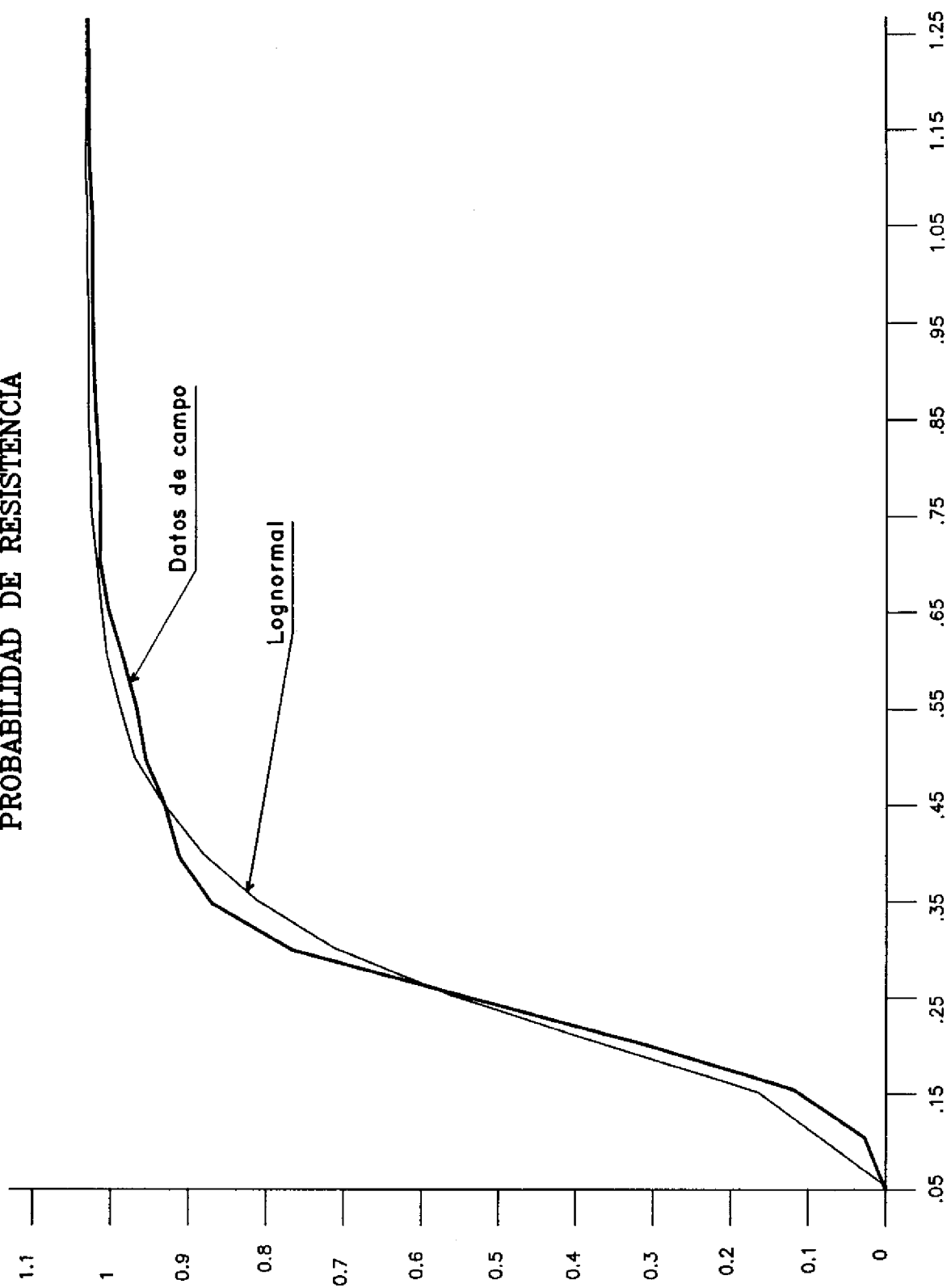


Figura 12

VULNERABILIDAD DE CASAS
PROBABILIDAD DE INDICE DE DAÑO

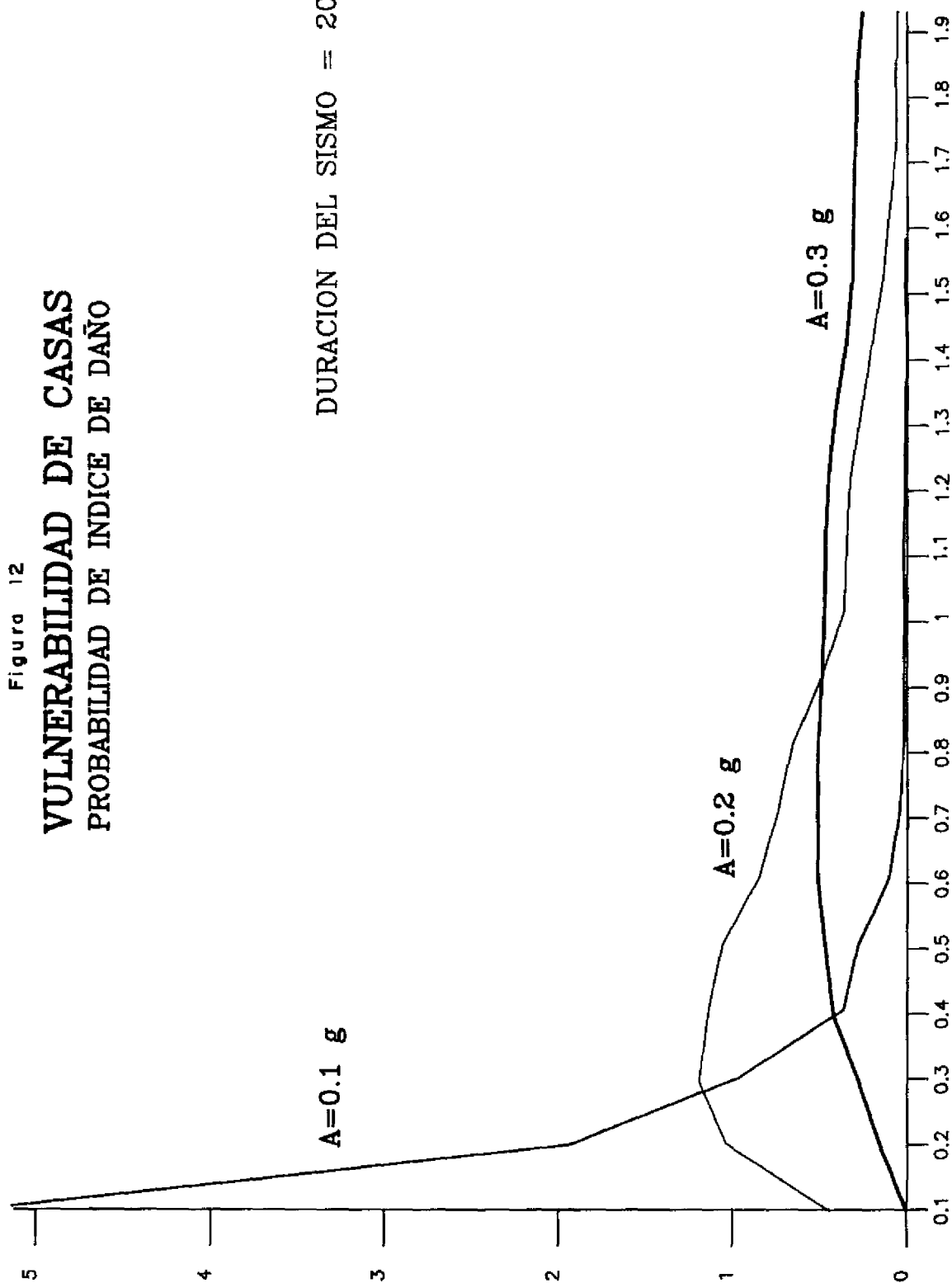
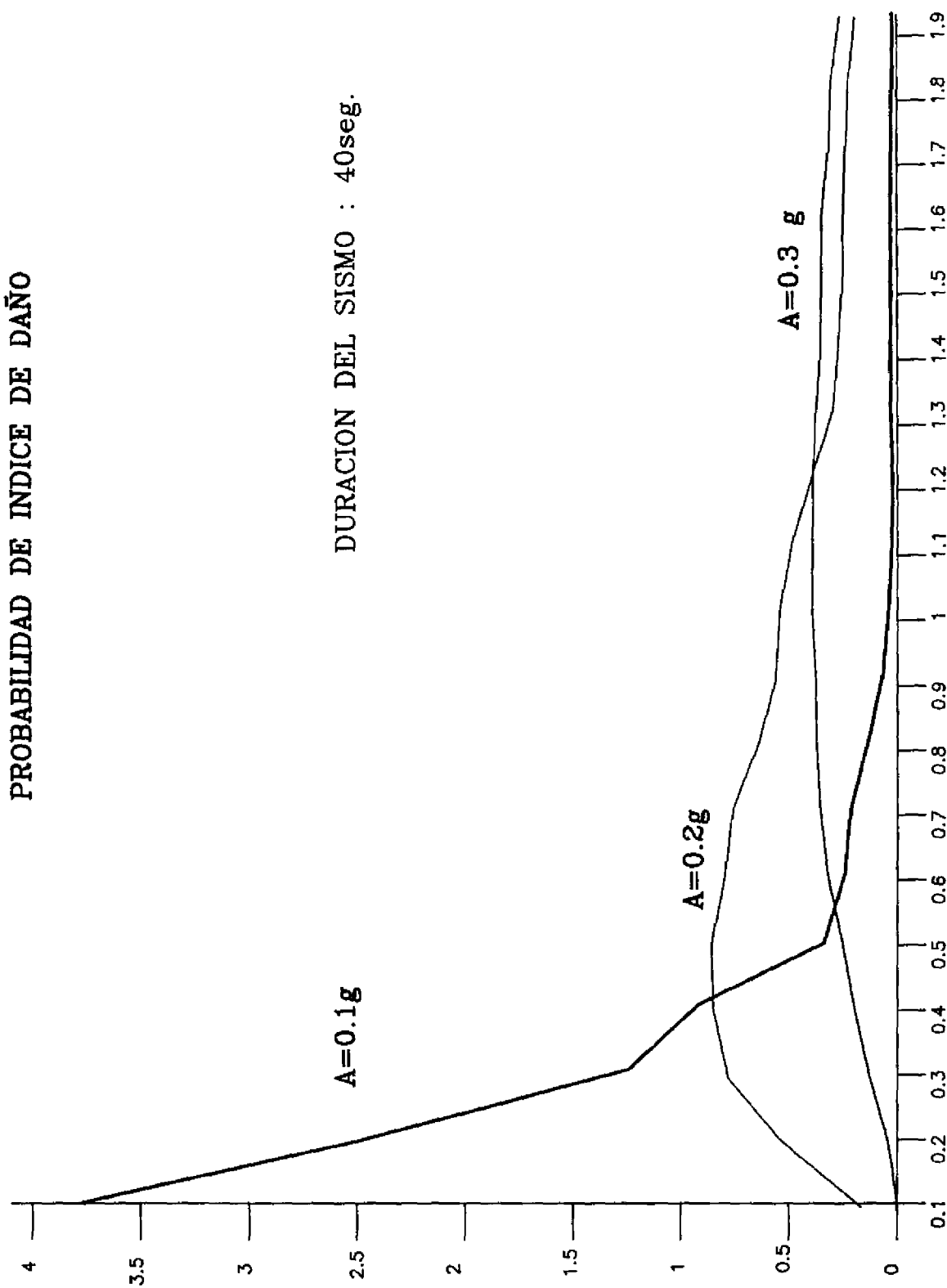


Figura 13

VULNERABILIDAD DE CASAS
PROBABILIDAD DE INDICE DE DAÑO



**PLAN INTEGRAL PARA
PREVENCIÓN DE DESASTRES Y ATENCIÓN
DE EMERGENCIAS EN MANIZALES**

OBJETIVO: Apoyo a la planificación integral para la mitigación de desastres con énfasis en los efectos generados como consecuencia de la ocurrencia de un terremoto.

Actualizado en: Febrero / 93

RESULTADOS	ACTIVIDADES	ENTIDAD RESPONSABLE	ENTIDADES PARTICIPANTES	TIEMPO PREVISTO	FECHAS PREVISTAS
1 Zonificación geotécnica de la ciudad y de sus zonas de expansión con fines de estimar escenarios probables de desastre a consecuencia de terremotos	1.1 Estudios Geotécnicos: - Recopilación de información de geología y suelos - Recopilación de informes acerca de taludes y rellenos hidráulicos - Investigación complementaria de actividad de fallas locales - Estimación de efectos sísmicos en rellenos y laderas. - Preparación de mapas con los resultados de los estudios.	COLPADE UNIVERSIDAD NACIONAL	INGROMINAS UNIVERSIDAD DE CALDAS CRANSA PLANIFICACION MUNICIPAL PICOCAVAL	30 meses	Enero 91 - Jun. 93
	1.2 Estudio de efectos sísmicos: - Zonificación de sectores de diferente comportamiento sísmico - Determinación del espectro sísmico para cada sector. - Instalación de acelerógrafos. - Filtrado de registros reales o artificiales para cada perfil.			12 meses	Junio 92 - Junio 93
	1.3 Delimitación de zonas susceptibles de inundación.			6 meses	Enero 93 - Jun. 93
	1.4 Estudio de Amenaza Sísmica de Manizales (Regional).			17 meses	Agosto 92 - Dic./93
	1.5 Preparación de mapa de amenaza sísmica con base en la información anterior.			12 meses	Enero 93 - Dic. 93
	1.6 Modelo de pronóstico de estabilidad de vertientes de Manizales.			12 meses	Feb. 93 - Feb. 94
2 Evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones típicas	2.1 Inventario y clasificación de las edificaciones por tipos para estimar su comportamiento ante terremotos.	UNIVERSIDAD NACIONAL	S.C.I.C. PLANIFICACION MUNICIPAL A.I.S. S.C.I.A.	9 meses	Abril 92 - Dic. 92
3 Estimación de la vulnerabilidad de la ciudad a incendios	3.1 Estudio preliminar de posibles causas y propagación de incendios.	BOMBEROS	C.C.S. COMITE RIESGOS INDUSTRIALES	9 meses	Abril 93 - Dic. 93
	3.2 Recomendaciones para prevención y mitigación de incendios.	COLPADE	UNIVERSIDADES	6 meses	Enero 94 - Junio 94

4 Estimación de escenarios de riesgo sísmico y riesgos de segundo orden. (deslizamientos, eventos tecnológicos, etc.)	4.1 Estimación de los efectos y los daños sobre las edificaciones tipo y las edificaciones importantes. Estudios preliminares de efectos sobre líneas vitales.	COLPADE UNIVERSIDAD NACIONAL	BOMBKROS C.C.S. R.P.M. S.C.I.C. S.C.I.A.	6 meses	Junio 93 - Dic. 93
5 Definición de acciones de mitigación de riesgo.	5.1 Determinación de los lugares más adecuados para la expansión urbana y consideración de riesgo en la definición de usos del suelo. 5.2 Recomendaciones para disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos.	COLPADE PLANRACION MUNICIPAL	CRANSA FICDUCAL CORP. DESARROLLO DE CALDAS PLANRACION MUNICIPAL UNIVERSIDAD NACIONAL	6 meses 8 meses	Julio 93 - Dic. 93 Nov. 93 - Junio 94
3 Preparativos para la atención y protección de la población de acuerdo con los escenarios de riesgo.	6.1 Adecuación del plan de emergencias y definición de planes de contingencia. 6.2 Difusión de los planes incluyendo conocimientos sobre protección ecológica. 6.3 Realización de ensayos de respuesta y evacuación de lugares críticos simulando terremotos y sus efectos.	COLPADE	CRANSA INDERENA UNIVERSIDAD DE CALDAS FICDUCAL	6 meses 6 meses 5 meses	Junio 93 - Dic. 93 Enero 94 - Junio 94 Junio 94 - Oct. 94
Preparación de la comunidad a nivel local.	7.1 Información pública y capacitación; difusión de material relacionado con el comportamiento ante sismos, intervención de la vulnerabilidad, prácticas de la construcción y los resultados del proyecto con fines de mejorar la conciencia al riesgo.	COLPADE	FICDUCAL CRANSA CANACOL S.C.I.C. S.C.I.A.	10 meses	Enero 94 - Oct. 94
Adecuación del código de construcciones y urbanizaciones de la ciudad.	8.1 Revisión de la normativa sísmica de acuerdo con los resultados obtenidos de la zonificación de suelos de la ciudad	PLANRACION MUNICIPAL	S.C.I.C. S.C.I.A. A.I.S. UNIVERSIDAD	10 meses	Enero 94 - Oct. 94
Incorporación de los resultados del Proyecto en los procesos de planificación	9.1 Incluir las acciones de mitigación del riesgo en la elaboración y ejecución de planes de desarrollo y de presupuestos del Municipio.	PLANRACION MUNICIPAL	R.P.M. CRANSA C.L.R.	10 meses	Enero 94 - Oct. 94