

JUNTA DE EXTREMADURA
CONSEJERIA DE AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO

Dirección General de Industrias no Agrarias

Energía y Minas

INVESTIGACION GEOLOGICO-GEOTECNICA
Y DE RIESGOS DE "EL CALERIZO" DE CACERES

MEMORIA: SINTESIS

Febrero, 1990



INGEMISA

INDICE GENERAL

TOMO 1

Memoria: Síntesis

INDICE

	<u>Pag.</u>
1.- INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 EQUIPO DE TRABAJO	3
1.4 TRABAJOS REALIZADOS	6
1.5 TRABAJOS PREVIOS	8
2.- EL MEDIO FISICO DE EL CALERIZO	10
2.1 GEOLOGIA	11
2.2 GEOMORFOLOGIA	12
2.3 HIDROGEOLOGIA	14
3.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE EL CALERIZO EN EL SECTOR MERIDIONAL DE CACERES	16
3.1 SITUACION DEL SECTOR RECONOCIDO	17
3.2 MATERIALES PRESENTES	18
3.3 CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE SUELOS Y ROCAS	18
3.4 ESTABILIDAD DE HUECOS EN EL CALERIZO	19

	<u>Pag.</u>
4.- RIESGOS NATURALES EN EL CALERIZO	21
4.1 DEFINICION DE RIESGO	22
4.2 PROCESOS NATURALES CON RIESGO	24
4.3 RIESGOS DE HUNDIMIENTO Y COLAPSO	26
4.3.1 Detección de cavidades subterráneas	27
4.3.2 Riesgos asociados al colapso de ca- vidades kársticas	29
4.3.3 Riesgos asociados al colapso de suelos	30
4.3.4 Riesgos asociados al colapso de la- bores mineras	31
4.4 RIESGOS DE ASENTAMIENTO DEL TERRENO	32
4.5 RIESGOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS	32
4.6 RIESGOS DE INUNDACION	33
4.7 RIESGOS DE CONTAMINACION DE ACUIFEROS ...	33
4.8 RIESGOS DE ACCIDENTES PERSONALES EN HUECOS POCO PROTEGIDOS	34
 5.- ZONIFICACION DE APTITUDES PARA LA EDIFICACION	 36
5.1 CRITERIOS DE ZONIFICACION	37
5.1.1 Zonas de Nivel 1	38
5.1.2 Zonas de Nivel 2	39
5.1.3 Zonas de Nivel 2B	39
5.1.4 Zonas de Nivel 3	40

	<u>Pag.</u>
5.2 PREVENCIÓN DE RIESGOS	40
5.2.1 Prevención en zonas de Nivel 2A ...	41
5.2.2 Prevención en zonas de Nivel 2B ...	42
5.2.3 Prevención en zonas de Nivel 3	43
6.- RECOMENDACIONES	44
7.- ALBUM FOTOGRAFICO	48

1. - INTRODUCCION

1. - INTRODUCCION

1.1. - ANTECEDENTES

En las dos últimas décadas, la ciudad de Cáceres ha experimentado un importantísimo incremento de su población, lo cual se ha traducido en una notable expansión de su casco urbano.

En los principales ejes de crecimiento, carretera de Mérida-Aldea Moret y carretera de Miajadas, se han dado una serie de problemas geotécnicos en relación con colapsos de suelos y de rellenos de minas, grandes asentamientos, etc, que han llegado a comprometer seriamente el desarrollo urbanístico de estos sectores. Como consecuencia del gran hundimiento de Septiembre de 1.985 en la Barriada de Aldea Moret, existe una medida cautelar de construcción en el sector.

Ante esta problemática la Consejería de Agricultura, Industria y Comercio de la JUNTA DE EXTREMADURA, convocó un concurso público para la realización del Proyecto:

"INVESTIGACION GEOLOGICO-GEOTECNICA Y DE RIESGOS EN "EL CALERIZO" (CACERES)", Proyecto que cuenta, igualmente, con la financiación del EXCMO. AYUNTAMIENTO DE CACERES.

Este concurso apareció en el BOE nº 279, de 21 de Noviembre de 1.988, y fué adjudicado a la sociedad Investigaciones Geológicas y Mineras S.A. (INGEMISA), firmándose el acta de adjudicación el 28 de Enero de 1.989.

En el plano 0-1 se indica la situación de la zona estudiada.

1.2.- OBJETIVOS

El fin principal de los trabajos realizados ha sido la identificación y ubicación de los procesos naturales, que pudieran afectar a las edificaciones situadas en el área de expansión urbana meridional de Cáceres, así como su zonificación, en sectores de distinta aptitud para la edificación.

Otro objetivo parcial conseguido en la realización del Proyecto, ha sido el de poner a punto una metodología específica de detección de cavidades subterráneas por métodos geofísicos.

1.3.- EQUIPO DE TRABAJO

Este proyecto se ha realizado, siendo Consejero de la Consejería de Agricultura, Industria y Comercio de la Junta de Extremadura el Excmo. Sr. D. Francisco Amarillo Doblado; como Director General de la Dirección General de Industrias no Agrarias, Energía y Minas, el Ilmo. Sr. D. Juan Manuel Romera Fernández, y Alcalde-Presidente de la Ciudad de Cáceres el Ilmo. Sr. D. Carlos Sánchez Polo.

La Dirección Técnica del Proyecto ha estado a cargo de D. Pedro García Isidro. Jefe del Servicio de Minas de la mencionada Dirección General.

La Supervisión de los trabajos realizados ha sido efectuada por D. Alfonso de las Llanderas López, Geólogo del Servicio de Minas.

El equipo de INGEMISA asignado al Proyecto ha estado coordinado por D. Eduardo Lupiani Moreno y, contando además con D. Carlos Manera Bassa, D. Francisco Contreras Vázquez y D. Juan Gil Montes; todos ellos geólogos. Los operadores de los equipos de geofísica eléctrica han sido D. José Luis Pedrajas Jiménez y D. Manuel Manjón del Valle, técnicos especialistas.

La investigación geofísica mediante microgravimetría ha sido realizada por D. Manuel Rodríguez Fernández y D. Miguel García López de GEYTEX.

Los sondeos a testigo continuo se han realizado con un equipo de la empresa VORSEVI, y los de rotopercusión los ha realizado SONDIZ.

Los trabajos de topografía los ha efectuado D. Isidoro Suárez Blas, Arquitecto Técnico.

Los análisis de agua han corrido a cargo de CONTAGA, y las pruebas geotécnicas se han efectuado en los laboratorios de EUROESTUDIOS y GEOCISA.

1.4.- TRABAJOS REALIZADOS

El proyecto comenzó con una amplia recopilación de trabajos previos.

En una segunda etapa se realizó un estudio integral del medio físico en el que se producen los problemas geotécnicos y, más concretamente, de la formación carbonatada que conforma El Calerizo.

A escala 1/20.000 se ha reconocido y cartografiado: la geología del entorno, su geomorfología, prestando especial atención a los procesos de disolución química de los carbonatos (Karst). Finalmente, se ha estudiado la hidrogeología del sector, donde El Calerizo constituye su acuífero principal. Como paso previo a la estimación de los recursos hídricos subterráneos se realizó un estudio climatológico del entorno de Cáceres.

Tras estos trabajos preliminares se pasó a realizar una cartografía geológico-geotécnica del sector meridional de la ciudad de Cáceres, a escala 1/2.000, en tres zonas, que totalizan 438 Has. Para complementar esta cartografía, se realizaron 24 calicatas mecánicas con retroexcavadora, así como 28 sondeos eléctricos verticales.

En esta etapa de investigación se identificaron los problemas constructivos del sector y los procesos que los provocan.

A continuación se programó una campaña de geofísica encaminada a la detección de minas y huecos subterráneos que constituyen dos de los principales factores de riesgo para la construcción.

Se comenzó con una serie de test metodológicos para precisar qué métodos son los más efectivos en la identificación de huecos. Seguidamente se pasó a la investigación sistemática de los sectores de mayor interés.

Entre los diferentes métodos geofísicos el de "resistividades eléctricas", con el dispositivo de calicata trielectródica, se ha mostrado especialmente efectivo en la detección de minas y discontinuidades planares de las rocas, mientras que el "microgravimétrico" ha destacado en la detección de cavidades kársticas. Del primero se han realizado más de 24.100 metros distribuidos en 68 perfiles, mientras que del segundo método se han realizado cerca de 1.700 estaciones de medida.

En puntos de interés, donde se encuentran las principales anomalías se han realizado 8 sondeos mecánicos a rotación y a rotopercusión, totalizando 121 m de perforación, de los que se han obtenido muestras para la caracterización geomecánica de las rocas atravesadas, a la vez que éstas se han reconocido en profundidad. Así mismo, de las calicatas mecánicas, también se tomaron muestras representativas para caracterizar los recubrimientos y suelos.

También se han realizado dos sondeos para acotar y reconocer las labores subterráneas de Mina Abundancia, con un total de 79 m perforados. Con todos los datos obtenidos se realizó el estudio de los riesgos naturales de El Calerizo. En el cual se han definido en primer lugar, cuales son los PROCESOS de impacto negativo sobre las edificaciones y a continuación su GRADO DE RIESGO, obtenido de la conjunción de la probabilidad de suceso, con la cuantía de los daños que pudiera causar al producirse.

Los diferentes sectores de terreno con posibilidades de verse afectados por los diversos procesos considerados con riesgo, se han cartografiado a escala 1/2.000 (plano 0-1).

En función del tipo de proceso, su grado de riesgo y posibilidad de prevención o corrección, se han elaborado los mapas de calidad del terreno para la edificación.

Por último, se realiza una serie de recomendaciones a tener en cuenta en los nuevos polígonos de urbanización, así como los trabajos necesarios que sería aconsejable realizar en determinados sectores de grado de riesgo alto, con objeto de determinar con mayor exactitud su área de influencia y su posibilidad de suceso.

1.5.- TRABAJOS PREVIOS

La relación completa de trabajos previos consultados se encuentra en el capítulo de bibliografía.

Los hundimientos habidos en El Calerizo, si bien son un fenómeno relativamente reciente, ya han sido objeto de dos estudios específicos por parte del Instituto Geológico y Minero de España (hoy Instituto Tecnológico GeoMinero de España).

El primero se realizó en 1.974 y se centró en los hundimientos de los prados del Espíritu Santo, aunque también estudió determinadas zonas próximas a La Cañada. En él, se puso de manifiesto la relación de los hundimientos con los bombeos de aguas subterráneas desde la batería de sondeos de El Marco; hace recomendaciones para evitar que se reproduzca el fenómeno, indicando se realicen estudios más amplios, para

determinar los sectores susceptibles de presentar este problema.

El segundo de los trabajos se realizó en 1.985 a raíz del gran hundimiento de Aldea Moret. En él se pone de manifiesto la relación del hundimiento con los pozos de Mina Abundancia, los cuales se rellenaron de escombros tras el abandono de la explotación minera. Entre sus recomendaciones indica la necesidad de realizar estudios más detallados, de cara a prevenir futuros hundimientos y disminuir o prever el riesgo de afección a los edificios próximos.

Se han realizado también, en esta zona, estudios de tipo geotécnico, encaminados a determinar la aptitud del terreno para la edificación. Entre estos trabajos destacan los realizados por el IGME en 1.969, para el polígono industrial de Cáceres y los realizados en 1.975 dentro del Plan General de Ordenación Urbana de Cáceres, en los que caracterizaron geomecánicamente los distintos tipos de suelos y rocas existentes en el entorno de Cáceres.

Además hay varios estudios sobre parcelas concretas, realizados previamente a su construcción, impulsados tanto por organismos públicos como por iniciativa privada. Destacan por su amplitud los realizados por el Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación (INCE) en 1.982, en Aldea Moret y Barrio de Moctezuma y el realizado por la Excm. Diputación de Cáceres para la construcción de la Casa de la Cultura próxima a la Cueva de Maltravieso.

2. - EL MEDIO FISICO DE
EL CALERIZO

2. - EL MEDIO FISICO DE EL CALERIZO

El paraje de El Calerizo de Cáceres corresponde a un extenso afloramiento de rocas carbonatadas situado al Suroeste de la ciudad, que durante mucho tiempo fue el único yacimiento de la provincia explotado para la obtención de la materia prima de la cal.

2.1. - GEOLOGIA

Litológicamente el subsuelo de El Calerizo corresponde a unas dolomías de tonos claros, beig y grisáceos con enclaves de calizas recristalizadas grises irregularmente repartidos. El espesor de estos materiales se estima en 250 metros y su edad es Devónico Superior-Carbonífero Inferior (Plano I-2).

Desde el punto de vista geológico El Calerizo se sitúa en el Sinclinal de Cáceres, en el cual se aloja una secuencia sedimentaria de cuarcitas, pizarras y volcanitas, además de los referidos carbonatos, de edad comprendida entre

el Ordovícico Inferior (Arenigiense) y el Carbonífero Inferior.

Solapando esta serie se encuentran en muy contados puntos unas arcillas rojizo-amarillentas y conglomerados de edad Terciario, de muy reducido espesor. Los depósitos más recientes, cuaternarios, son de carácter detrítico y se sitúan al pié de los principales escarpes o asociados a los principales cursos de agua.

El Sinclinal de Cáceres tiene una directriz N140E, y es vergente al Suroeste, llegando a tener invertido el flanco Nororiental.

El conjunto está afectado por varias familias de fracturas que se han estudiado en imágenes del satélite Lansat, ampliadas a escala 1:33.000 (plano I-3). Unas fracturas son paralelas a las estructuras principales, con lo que producen laminaciones importantes, y otras son transversales más tardías, de planos bastante verticalizados, y sin saltos de entidad.

En varias fracturas de dirección N30-40E situadas en el flanco Suroccidental del afloramiento carbonatado, se ha desarrollado una serie de mineralizaciones filonianas de fosforita que se han explotado hasta fechas recientes.

2.2.- GEOMORFOLOGIA

El Sinclinal de Cáceres representa un relieve residual respecto a la extensa penillanura Trujillano-Cacereña. En él se llegan a alcanzar cotas de 646 m en la Sierra de Portanchito, lo que contrasta con los 400 metros de cota de la penillanura circundante.

Las diferencias litológicas entre los distintos tramos marcan un relieve estructural muy acusado, en el que destacan las barras, crestas y escarpes rocosos asociados a los tramos cuarcíticos, que se localizan preferentemente hacia la periferia. En el núcleo de la estructura afloran pizarras y carbonatos y sobre ellos se ha desarrollado un relieve plano ligeramente alomado (plano I-5).

Los carbonatos son susceptibles de disolverse ante el ataque químico de las aguas de lluvia, que penetran en su seno a través de fracturas, dando un relieve típico denominado, en la literatura técnica, kárst.

En El Calerizo las formas kársticas más frecuentes se corresponden con un lapiaz, relieve superficial irregular con numerosos surcos y huecos, que en sectores de baja pendiente llega a ser profundo y de interfluvios agudos.

En las canteras de áridos de la zona se observa que la karstificación es intensa sólo en una capa muy superficial, hasta los 3-5 metros de profundidad, y desde ésta descienden conductos verticales de orden decimétrico, asociados a fracturas, que a mayor profundidad pasan a relacionarse con planos de estratificación y a presentar un desarrollo horizontal. Estos últimos conductos llegan a alcanzar secciones métricas. Normalmente las cavidades están rellenas de arcillas de descalcificación rojizas y se reconocen, en los casos más normales, hasta los 10-15 metros de profundidad.

Por debajo de esta cota la roca es bastante masiva y sólo es patente la fracturación regional de dirección N30-40E. Asociados a ésta, se encuentran en algún punto conductos de sección métrica y desarrollo horizontal, que se encuentran rellenos de arcillas amarillentas terciarias.

2.3.- HIDROGEOLOGIA

La fracturación y el posterior ensanche de discontinuidades por procesos kársticos, hacen que las dolomías de El Calerizo sean un acuífero de excelentes características hidráulicas.

En él se encuentran más de una veintena de puntos de agua entre los que destacan los manantiales de "El Marco" y la batería de sondeos que los regula, Mina Esmeralda, la cual tiene una galería de desagüe así como instalado en su pozo un grupo de elevación, Fuente Arropez y Fuente de la Alberca.

El nivel piezométrico se sitúa, en gran parte del acuífero, entre la cota 430 y 440 metros, elevándose a cotas superiores en el extremo oriental.

Las aguas son de una concentración salina moderada y presentan cantidades notables de nitratos e indicios de nitritos, lo que posiblemente indica un proceso de contaminación de tipo orgánico. Las dos principales captaciones de agua existentes se dedican al abastecimiento de barriadas de Cáceres, Valdesalor y la instalación militar de Santa Ana.

Según el estudio climatológico realizado, las aportaciones medias en forma de lluvia sobre El Calerizo alcanzan los 500 mm/año, de los que unos 198 mm se pueden considerar como lluvia útil. En consecuencia, teniendo en cuenta una extensión de 15 Km², sus recursos medios se estiman en 2.7 Hm³/año.

Entre 1.948 y 1.972, este acuífero fué intensamente explotado para el abastecimiento de agua de Cáceres, llegándose a extraer un volumen anual máximo algo superior a 3 Hm³. Estos bombeos produjeron su sobreexplotación,

registrándose un progresivo descenso de niveles, hasta alcanzar una depresión máxima de 30 metros.

Tras el cese de los bombeos el nivel piezométrico se recuperó con celeridad y en dos años volvieron a surgir los manantiales.

3. - CARACTERISTICAS
GEOTECNICAS DE EL CALERIZO
EN EL SECTOR MERIDIONAL DE
CACERES

3. - CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE EL CALERIZO EN EL SECTOR MERICIONAL DE CACERES

3.1. - SITUACION DEL SECTOR RECONOCIDO

El reconocimiento geotécnico se ha realizado a escala 1/2.000, sobre un área superior a 430 Has situadas al Sur de Cáceres.

En la Figura O-1 se muestra la zona estudiada, la cual ha sido dividida en tres sectores, por motivos de mayor operatividad.

A grandes rasgos esta zona queda limitada al Norte por la línea Residencia Sanitaria-Barrío del Perú; al Sur por la traza Charca Musia-Carretera de Badajoz; al Este por el meridiano de los Prados del Espíritu Santo y al Oeste por el borde Occidental de Aldea Moret.

3.2.- MATERIALES PRESENTES

El área investigada se encuentra en el extremo Noroeste del núcleo del Sinclinal de Cáceres, y en ella se reconocen, fundamentalmente, rocas de naturaleza dolomítica y pizarrosa. Las dolomías han sido el objeto preferente de estudio, ya que sobre ellas se localizan los principales problemas geotécnicos.

Entre los suelos destacan, por su mayor desarrollo, las arcillas rojizas de descalcificación de los carbonatos (terra rossa), especialmente extensos en el sector de La Cañada y las arcillas terciarias y aluviales situados en los prados del Espíritu Santo.

Además son de reseñar las grandes escombreras existentes en el entorno de la Estación de Autobuses, así como los importantes acúmulos de rellenos existentes en los huecos mineros de Aldea Moret.

3.3.- CARACTERISTICAS GEOMECANICAS DE SUELOS Y ROCAS

El macizo rocoso de El Calerizo se ha caracterizado de acuerdo a la clasificación "Q" de Barton, basada en varios parámetros: fracturación, rugosidad, alteración, etc.

Sobre 48 determinaciones del índice Q, en un 2% de los casos el macizo rocoso se ha clasificado como malo, en un 8% como medio, en el 68% como bueno, en un 19% como muy bueno, y en un 2% como extremadamente bueno.

En los dos primeros casos, las observaciones se realizaron en zonas karstificadas o especialmente fisuradas.

Los valores de resistencia a la compresión simple obtenidos para de estas rocas, están comprendidos entre 200 y 400 Kg/cm², por lo que pueden considerarse rocas de resistencia baja.

Las arcillas de descalcificación que recubren algunas zonas de El Calerizo, de acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos, corresponderían a arcillas de alta plasticidad, CH. Son de consistencia firme a muy firme y tienen espesores medios que no suelen rebasar los 2 metros.

Los suelos situados en los prados del Espíritu Santo y zonas más bajas del Barrio Moctezuma, se clasifican como arcillas de alta plasticidad, CH, con un contenido de arena o grava reducido, de consistencia firme a muy firme, humedad natural por debajo o cerca al límite plástico, y espesores sobre 4.5-6.5 metros. con máximos de hasta 9 metros.

Al Sureste de El Marco hay otra zona de suelos que corresponden a arcillas de plasticidad baja CL, con bastante grava y de consistencia dura.

Las escombreras corresponden a zonas en las que se han vertido escombros de origen urbano de todo tipo. Su composición es muy heterogénea, lo cual unido a su carácter de vertidos, hace pensar en unas malas posibilidades resistentes y portantes.

3.4.- ESTABILIDAD DE HUECOS EN EL CALERIZO

De acuerdo con las características geomecánicas del macizo rocoso de El Calerizo, se ha estimado el tamaño teórico máximo que puede tener una galería realizada en estas rocas, sin precisar sostenimiento artificial. Estas

dimensiones teóricas pueden aproximarnos al tamaño que pueden adquirir las cámaras y conductos kársticos en situación de estabilidad.

Las dimensiones máximas obtenidas corresponden a conductos y salas de anchura comprendida entre 5 y 13 metros.

Estas dimensiones no son superadas por las cavidades kársticas accesibles que se han visitado: cuevas del Conejar y Maltravieso.

La zona de posible repercusión, en la superficie del terreno, de colapsos de huecos mineros o naturales existentes en rocas se ha establecido, definiendo un perímetro de protección, entorno a los huecos conocidos, que comprendería el terreno localizado dentro de la superficie por la envolvente de una línea inclinada 30° con la vertical, trazada desde el fondo y borde externo de los huecos.

La inclinación de 30° se ha establecido en función de las características del macizo rocoso, y de acuerdo con unas hipótesis de rotura del mismo.

4. - RIESGOS NATURALES EN
EL CALERIZO

4. - RIESGOS NATURALES EN EL CALERIZO

4.1.- DEFINICION DE RIESGO

El concepto de RIESGO asociado a un PROCESO NATURAL normalmente se entiende como la probabilidad de que dicho PROCESO NATURAL se produzca en el tiempo.

Para el caso de procesos de consecuencias socioeconómicas importantes, como son los terremotos, e inundaciones, o cuando se quiere evaluar el impacto sobre áreas urbanas, (como es el caso estudiado), el concepto de RIESGO también incluye el previsible nivel de daños que el proceso puede originar.

De la conjunción de la "probabilidad de suceso", y de los "daños" que pueda causar, se han definido distintos grados de riesgo, según el gráfico adjunto, que son los utilizados en el presente Proyecto.

EVALUACION DE RIESGOS

		Probabilidad de suceso		
		ALTA	MEDIA	BAJA
		Se da con frecuencia	Hay casos históricos	No hay constancia
Daños materiales	BAJOS	GRADO MEDIO	GRADO BAJO	
	ALTOS	GRADO ALTO	GRADO MEDIO	

Fig IV - 5

4.2.- PROCESOS NATURALES CON RIESGO

Se han definido cinco PROCESOS naturales con riesgo, algunos de los cuales ya han causado daños de diversa cuantía.

De ellos, los tres primeros pueden afectar gravemente a las edificaciones, mientras que los dos últimos pueden afectar más sobre aspectos de infraestructura urbana.

Los procesos considerados son:

- Hundimientos y colapsos de rocas y suelos.
- Asentamientos del terreno.
- Inestabilidad de laderas.
- Inundación.
- Contaminación de acuíferos.

En el plano 0-2 se sitúan los colapsos y asentamientos inventariados en El Calerizo. Su descripción se encuentra en el apartado III-2 del tomo de Datos de Base.

Además, también se han considerado los riesgos asociados a accidentes por caída de personas en huecos no protegidos.

Los hundimientos y colapsos se asocian a desplomes de huecos subterráneos, que pueden tener tres orígenes distintos: por disolución química de la roca (cavidad kárstica en roca), por arrastre de suelos a través de conductos kársticos (huecos en suelos), y de origen antrópico por actividades mineras.

Este proceso es el de mayor peligrosidad de los contemplados, ya que puede dañar gravemente a las edificaciones, o incluso, producir su ruina total.

Hasta la fecha no se ha visto afectada ninguna construcción, pero se han dado grandes colapsos en las inmediaciones de bloques de viviendas, como es el caso del barrio de la Abundancia de Aldea Moret.

Los asentamientos están relacionados a las grandes escombreras y suelos compresibles de baja capacidad portante. Sus efectos se han dejado sentir, por ejemplo en la nueva Estación de Autobuses, donde su muelle de aparcamiento y marquesina han sufrido importantes deformaciones.

El suave relieve del entorno de Cáceres y la naturaleza de las rocas, no hace probable la existencia de procesos de deslizamiento e inestabilidad de laderas. No obstante, a escala local, este fenómeno podría darse en los taludes de fuerte pendiente, que tienen algunas escombreras de grandes dimensiones.

Las inundaciones se pueden producir por encharcamiento o avenida. Pueden darse en zonas endorréicas o mal drenadas y valles. Estos sectores son: prados del Espíritu Santo, Avda. del la Hispanidad, La Cañada, curso próximo a la Estación de Autobuses y arroyo de Charca Musia. En las zonas estudiadas no se dan las condiciones para que este proceso alcance dimensiones catastróficas.

El subsuelo de "El Calerizo" se comporta como un acuífero de alta transmisividad con el nivel de agua próximo a la superficie, lo que le convierte en altamente vulnerable frente a los agentes contaminantes. En este acuífero la

contaminación se expandería a gran velocidad y su poder de autodepuración sería pequeño.

Los riesgos de accidentes personales por caída en huecos poco protegidos, se centran en las explotaciones mineras que no han sido rellenadas de escombros tras el cese de sus actividades extractivas: labor meridional de Mina Abundancia y pozo Malacate. También se pueden producir accidentes en los grandes hundimientos que, periódicamente, se originan.

La delimitación areal de los distintos procesos con riesgo se ha plasmado en los Planos IV-1 a IV-3.

4.3.- RIESGOS DE HUNDIMIENTO Y COLAPSO

Como ya se ha comentado anteriormente, este proceso se da por el desplome de cavidades subterráneas formadas en suelos de origen kárstico o en relación con minas.

La principal dificultad para definir las áreas de riesgo, es la baja información existente sobre la ubicación de los huecos que pueden producir los hundimientos y, sobre todo, los de origen natural, cuya existencia y ubicación es, en principio, imprevisible.

Para superar esta grave dificultad gran parte del presupuesto del proyecto se ha utilizado en una campaña de investigación geofísica, orientada a la detección de estos huecos, que a continuación se describe.

4.3.1.- Detección de cavidades subterráneas

La detección de huecos subterráneos, tanto de origen natural como minero, ha sido uno de los objetivos principales del Proyecto.

Su realización se ha planteado en tres etapas:

- Fase previa, en la que se han definido las anomalías a detectar y se han revisado los trabajos previos de problemática similar.
- Elección preliminar de métodos y realización de test sobre cavidades conocidas con objeto de comprobar su validez.
- Aplicación de los métodos elegidos en las zonas de interés.

En las referencias bibliográficas consultadas se ha comprobado la utilización con éxito de un gran número de métodos geofísicos, si bien la mayor parte de estos trabajos hacen referencia a test sobre cavidades conocidas y no a trabajos de prospección propiamente dichos.

Los test se han realizado con métodos eléctricos y gravimétricos sobre mina Abundancia y sobre Cueva de Maltravieso. La traza de la mina se conoce gracias a los planos de labores mineras (Plano nº III-2). La distribución conocida de la cueva se ha ajustado mediante su levantamiento topográfico (Plano nº II-2).

En los métodos eléctricos se han medido tanto la resistividad como la cargabilidad del terreno, en dispositivos de calicatas trielectrónicas polo-dipolo y

tetraelectrónicas dipolo-dipolo. Las medidas de resistividad se han realizado tanto en corriente continua como en corriente alterna, mientras que la cargabilidad sólo es posible medirla por este último sistema.

Las medidas de resistividad del terreno en dispositivos de calicatas trielectrónicas polo-dipolo, tanto con corriente continua como alterna, se han mostrado especialmente sensibles en ambos test.

Los perfiles de gravimetría realizados sobre las dos cavidades subterráneas, han dado anomalías de gran intensidad, con lo que se ha comprobado el alto grado de respuesta del método.

Para deducir el tamaño de malla ideal en el que efectuar las medidas, se realizó otro test sobre un solar del polígono Dehesa de los Caballos, donde se determinó un tamaño de malla 5 x 5 metros.

Los métodos elegidos se han aplicado sobre ocho zonas aún no urbanizadas. Se comenzó utilizando calicatas trielectrónicas, con distintas densidades según el tipo de cavidades que se pretendía localizar. Posteriormente en zonas de concentración de anomalías resistivas, o bien en solares enclavados en zonas urbanas, se investigó con métodos gravimétricos.

A partir de las alineaciones de las anomalías de resistividad se han confeccionado los planos de alineaciones de anomalías. Estas anomalías coinciden en gran medida con las directrices estructurales del macizo rocoso en cada zona, especialmente la estratificación (planos nº II-4-1 a II-4-3). En el caso de las minas hay una coincidencia total entre las anomalías y las labores más superficiales.

Las discontinuidades detectadas van a ser las principales zonas de circulación de aguas subterráneas, pero no en todos los casos van a corresponder a cavidades. Esto se ha comprobado al observar que no todas las anomalías resistivas coinciden con anomalías gravimétricas, que son las que, con mayor garantía, indican la presencia de huecos.

Los ejes de los posibles conductos subterráneos puestos en evidencia por este segundo método, presentan directrices coincidentes con las determinadas con anterioridad, pero no corresponden ni con las más frecuentes ni con las que alinean anomalías de mayor intensidad.

Sobre las anomalías resistivas y gravimétricas se ha efectuado una campaña de sondeos mecánicos para comprobar si corresponden a cavidades.

Los sondeos ubicados sobre anomalías resistivas, han localizado cavidades de tamaño mediano, de 0.5 a 1 metros, poco profundas (S-3, 5 y S-10), o zonas donde la roca se encuentra muy fracturada (S-1).

Todos los sondeos realizados sobre anomalías negativas gravimétricas, S-4, 6, 7 y 8, han localizado cavidades subterráneas, destacando la existente en los prados del Espíritu Santo (S-4) con un desarrollo vertical próximo a 8.5 metros.

4.3.2.- Riesgos asociados al colapso de cavidades kársticas

Estos riesgos sólo afectarían a sectores ubicados sobre dolomías de El Calerizo, por ser estas rocas las únicas susceptibles de presentar fenómenos de disolución química.

No se han reconocido formas asociadas a este proceso (dolinas de hundimiento), ni en los sectores estudiados en detalle, ni en el resto de El Calerizo: por lo que la probabilidad de suceso se puede considerar baja.

No obstante, la construcción sobre cavidades desconocidas puede originar su colapso por cargas adicionales de bóvedas o paredes de huecos, que inicialmente eran estables en condiciones naturales.

Según las probabilidades de suceso, y teniendo en cuenta que el proceso puede causar graves daños, el grado de riesgo se puede clasificar como alto sobre la traza de las cavidades subterráneas conocidas o detectadas por métodos geofísicos y como medio para la generalidad del afloramiento dolomítico.

4.3.3.- Riesgos asociados al colapso de suelos

Este proceso ha originado numerosos hundimientos en los prados del Espíritu Santo y sectores próximos.

Las cavidades en el interior de los suelos se producen por el arrastre de materiales, a través de conductos kársticos, inducidos por fluctuaciones del nivel piezométrico.

Por consiguiente, este fenómeno solamente se dará en zonas de suelos, situados sobre dolomías, con su base situada bajo el nivel piezométrico o en su proximidades.

Puesto que los colapsos se han repetido varias veces en el tiempo y pueden producir un alto nivel de daños, si afectaran a una edificación, se clasifican con un grado de riesgo alto.

4.3.4.- Riesgos asociados al colapso de labores mineras

Los colapsos registrados hasta la actualidad, se han situado sobre pozos o labores mineras superficiales y sólo han afectado a los rellenos con que fueron cegadas las minas, tras el cese de actividades.

Además de estos hundimientos, también existe la posibilidad del desplome de cámaras de explotación subterránea, que podrían afectar, no sólo a la superficie situada en su vertical, sino también a su entorno cercano, establecido éste de forma preventiva con los criterios indicados en el apartado 4.3.

El grado de riesgo asociado al colapso de los rellenos se clasifica como alto ya que es un fenómeno que se ha repetido en el tiempo y puede afectar gravemente a las edificaciones.

Para el caso de hundimientos asociados al desplome de labores subterráneas, la probabilidad de suceso y, por tanto, el grado de riesgo únicamente es posible determinarlo mediante un reconocimiento completo del macizo rocoso, en el entorno de las minas, y de comprobar el estado de sus rellenos.

Con la información disponible en la actualidad y de forma preventiva, se establece un grado de riesgo alto para todas las zonas situadas sobre labores mineras, más las

incluidas dentro de un perímetro de protección.

4.4.- RIESGOS DE ASENTAMIENTO DEL TERRENO

La construcción sobre terrenos compresibles o de baja capacidad portante, puede causar deformaciones del terreno no tolerables por la estructura del edificio.

Este proceso puede darse en rellenos, vertidos y suelos de recubrimiento.

El proceso, en el caso de rellenos importantes o escombreras, puede ser de bastante entidad, aún con bajas cargas, (como se ha visto en el movimiento de la Estación de Autobuses), por lo que el riesgo asociado se califica de alto. En los restantes materiales susceptibles de originar asientos, el proceso se clasifica con grado de riesgo medio.

4.5.- RIESGOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS

La inestabilidad de una ladera se traduce en deslizamientos o roturas gravitacionales de una parte del terreno, las roturas pueden afectar a edificios o infraestructuras situadas sobre o bajo ellas.

En el caso estudiado no es previsible que se de este fenómeno en laderas naturales, a causa de la litología de las rocas y de las bajas pendientes del relieve.

No obstante en determinados taludes de los grandes vertederos artificiales, existentes en las proximidades de la

nueva Estación de Autobuses y en las laderas del Cerro Cabeza Rubia, es posible que se produzca este fenómeno.

El riesgo asociado a los deslizamientos se clasifica de grado bajo por las pocas posibilidades de suceso y por el bajo nivel de daños que se produciría, en el caso concreto de los taludes de las escombreras.

4.6.- RIESGOS DE INUNDACION

En las zonas estudiadas a escala 1/2.000, sólo hay riesgo de inundación en las zonas mal drenadas de La Cañada, proximidades de la Estación de Autobuses, Avenida de la Hispanidad y proximidades de los arroyos del Concejo y Charca Musia. En estos lugares, se han dado pequeñas inundaciones con un nivel de daños bajo; las últimas se han registrado en Diciembre de 1.989.

En el estudio de avenidas realizado para el arroyo del Concejo, se ha determinado en un periodo de 100 años, una avenida de caudal de 7 a 10 veces superior a la originada en la última inundación en invierno de 1.989.

El nivel de daños que pueda alcanzarse obviamente será superior a los últimamente registrados, pero se estima que no alcanzarán características muy graves.

El riesgo asociado al proceso se establece en grado medio.

4.7.- RIESGOS DE CONTAMINACION DE ACUIFEROS

La proximidad del nivel piezométrico a la superficie del terreno y la alta transmisividad que muestra,

hace de El Calerizo un acuífero altamente vulnerable ante las contaminaciones.

Los focos potenciales de contaminación son filtraciones desde la red de saneamiento de Cáceres, fugas de productos petrolíferos desde la factoría de Campsa, vertidos industriales incontrolados y lixiviados de vertederos incontrolados ubicados sobre el afloramiento calcáreo o sus proximidades.

De penetrar los agentes contaminantes en el terreno, puede verse afectado el suministro de agua a varios barrios de Cáceres, a la instalación militar de Santa Ana y a Valdesalor, que se abastecen desde captaciones efectuadas en esta formación permeable.

La existencia de varios sectores con direcciones de flujo subterráneo contrapuestas, hace que la posible contaminación no se reparta por todo el acuífero, sino que sólo afecte al sector donde se produce el vertido.

Este proceso no tiene incidencia alguna sobre las edificaciones. El riesgo de contaminación se estima en grado alto.

4.8.- RIESGO DE ACCIDENTES PERSONALES EN HUECOS POCO PROTEGIDOS

Este riesgo se circunscribe a los huecos mineros que no fueron rellenados tras el cese de las labores extractivas, o se rellenaron de forma incompleta. También a la pozos o registros mineros rellenados de forma deficiente.

Los huecos de entidad corresponden al socavón meridional de Mina Abundancia, el cual se encuentra protegido con un muro de 2 metros de alto y al Pozo Malacate.

El riesgo de accidente se establece en grado bajo.

5. - ZONIFICACION DE
APTITUDES PARA LA
EDIFICACION

5.- ZONIFICACION DE APTITUDES PARA LA EDIFICACION

5.1.- CRITERIOS DE ZONIFICACION

La zonificación del sector meridional de la ciudad de Cáceres, en base a sus aptitudes para la edificación, se ha realizado siguiendo criterios de riesgos naturales, y más concretamente, según el grado de riesgo y posible impacto que éste pueda causar en las construcciones.

Se han distinguido tres NIVELES DE APTITUD del terreno, los cuales corresponden básicamente con los GRADOS DE RIESGO anteriormente definidos.

El **NIVEL 1** corresponde a zonas sin riesgos naturales. La edificación no está condicionada por los procesos asociados a riesgos.

El NIVEL 2 corresponde a zonas que pueden presentar procesos naturales con riesgos, que de darse, pueden afectar a las construcciones, pero en las que es posible adoptar medidas preventivas para su construcción.

Dentro de este nivel se establecen dos subniveles en función del grado de riesgo, es decir, según la importancia de las actividades que es necesario realizar para minimizar el riesgo. El subnivel 2A correspondería a zonas con grado de riesgo bajo o medio, mientras que el 2B corresponde a zonas de grado de riesgo alto.

El NIVEL 3 está reservado para zonas susceptibles de ser afectadas por procesos de grado de riesgo alto y resultados catastróficos, de muy difícil prevención y control. En estas zonas la viabilidad de la edificación está seriamente comprometida, por lo que, en principio y con el grado de información actual, no se considera recomendable edificar en ellas.

En los planos n^{os} V-1-1 al V-1-3 se presenta esta zonación. Sus límites son función del grado de información obtenido en este estudio y son susceptibles de modificación con futuras investigaciones, más detalladas, que aporten más información sobre áreas concretas.

5.1.1.- Zonas de Nivel 1

Corresponderían a los terrenos de naturaleza pizarrosa, que no se encuentran en zonas susceptibles de ser inundadas, ni recubiertas por suelos potentes o escombreras.

En general, estas zonas se localizan en la periferia de los sectores estudiados, ya que este Proyecto, se ha centrado sobre zonas con riesgos.

5.1.2.- Zonas de Nivel 2A

Son zonas con riesgos naturales de grado bajo a medio.

Los procesos causantes de esos riesgos son: inundación, asentamientos del terreno, inestabilidad de ladera y colapso de cavidades kársticas en áreas no investigadas mediante geofísica, o investigadas sólo con métodos eléctricos, sin concentraciones de anomalías resistivas.

Están incluidos en este nivel los terrenos susceptibles de ser inundados, los afloramientos de materiales recientes, los taludes de las escombreras, y los afloramientos dolomíticos en general, y en los que no se han detectado cavidades por métodos geofísicos.

Pertenecen a este subnivel la mayor parte de las zonas estudiadas en detalle.

5.1.3.- Zonas de Nivel 2B

Comprenden sectores sobre los que se han determinado riesgos de grado alto, asociados a procesos que pueden ser prevenidos, o sus efectos minimizados o controlados.

Estos procesos son los grandes asentamientos en escombreras, los colapsos de suelos y colapso de cavidades kársticas. Respecto a este último proceso, se incluirían las parcelas situadas sobre las concentraciones de anomalías de resistividad del terreno, determinadas en la investigación geofísica, ya que en estas concentraciones hay alta probabilidad de presencia de cavidades kársticas.

Las zonas que pueden presentar estos procesos se sitúan en torno a los prados del Espíritu Santo, Avenida de La

Hispanidad, alrededores de la Estación de Autobuses y determinados sectores de La Cañada.

5.1.4.- Zonas de Nivel 3

Incluyen las zonas con posibilidad de verse afectadas por procesos de difícil prevención con grado de riesgo alto, por lo que, en principio, al estar comprometida la viabilidad de la edificación, se consideran como no aptas para la edificación.

Estos procesos son colapsos de huecos kársticos y asociados a minas (colapso tanto de rellenos como de cámaras de explotación).

Para los hundimientos de huecos kársticos y de cámaras mineras, no se puede conocer la probabilidad de suceso sin un reconocimiento exhaustivo del estado del macizo rocoso por encima del hueco y de la geometría de las cavidades. Por tanto, dado el grado de información disponible, la asignación de zonas a este nivel tiene carácter preventivo.

Las principales superficies incluidas en este nivel, se ubican al Oeste de Aldea Moret, prados del Espíritu Santo y Cueva de Maltravieso.

5.2.- PREVENCIÓN DE RIESGOS

Toda construcción realizada en zonas con riesgos para la edificación, debe estar precedida de un estudio específico que identifique los procesos, evalúe los riesgos, y proponga soluciones constructivas adecuadas.

Se estima que estos estudios deberían ser obligatorios para las parcelas situadas en zonas con los niveles 2A, 2B y 3.

5.2.1.- Prevención en zonas de Nivel 2A

Los procesos que pueden incidir en terrenos incluidos en este nivel, son los de inundación, asentamientos de suelos, e inestabilidad de laderas. También existe un riesgo medio de colapso de cavidades kársticas.

La mayor parte de ellos pueden ser corregidos a partir de la información de los estudios geotécnicos convencionales, preceptivos en toda construcción, o con obras infraestructurales de pequeña envergadura.

Estos estudios deben incluir la realización de sondeos mecánicos, que posibiliten la obtención de información de los suelos y reconozcan el del macizo rocoso y su grado de karstificación hasta profundidades mínimas del orden de 10-15 metros.

Si en la realización de esta investigación se determinara la presencia de cavidades kársticas, cuya entidad pudiera afectar a las obras de que se trate, el terreno se incluiría en el nivel 3.

Con la determinación de las características de los suelos y rocas, se podrá diseñar adecuadamente la cimentación, considerando el efecto de los asentamientos; o adoptar las medidas correctoras que se consideren oportunas.

Los riesgos de inundación pueden corregirse con las adecuadas obras de encauzamiento de los cursos, lo cual implicaría la eliminación de los obstáculos actuales de los cauces, como sucede, por ejemplo, con la alcantarilla existente bajo un taller de desguace situado en los prados del Espíritu Santo, que limita la escorrentía del arroyo del Concejo. Para el caso de zonas inundables por encharcamiento, la realización de drenajes en las barreras que impiden la circulación del agua, como son la carretera de Mérida o la vía de ferrocarril, el riesgo puede verse reducido o eliminado.

Los taludes que pueden presentar deslizamientos son de reducidas dimensiones y, hasta la actualidad no han ofrecido problemas naturales. La construcción sobre o bajo ellos está condicionada tanto por problemas derivados de su condición de escombrera, como por su posible rotura, por lo que ambos aspectos deben analizarse.

5.2.2.- Prevención en zonas de Nivel 2B

En los terrenos de este nivel pueden darse asentamientos de gran magnitud (escombreras), colapsos de suelos y existe riesgo alto de colapso de cavidades kársticas en zonas de concentración de anomalías resistivas, detectadas en la investigación geofísica.

En principio, ni las escombreras ni los suelos susceptibles de presentar colapsos, son terrenos aptos para apoyar cimentaciones directamente sobre ellos. Las escombreras, por los grandes asientos que sobre ellas pueden darse; y los suelos, por poder desarrollarse en ellos, en corto espacio de tiempo, cavidades susceptibles de originar nuevos colapsos, cada vez que existan oscilaciones importantes del nivel de agua en el acuífero.

Por consiguiente, en estos sectores se recomienda apoyar las construcciones sobre el substrato rocoso. En los terrenos incluidos en este nivel se considera imprescindible la realización de estudios geotécnicos, que contemplen los efectos de los procesos que se puedan dar.

Si en el reconocimiento geotécnico se detectan cavidades subterráneas cuya entidad puede afectar al edificio, el entorno se incluirá en el Nivel 3.

5.2.3.- Prevención en zonas de Nivel 3

Corresponde con las zonas de máximo nivel de riesgo, donde la edificación puede ser inviable por la dificultad de corregir los procesos que puedan darse. Estos son colapsos de cavidades naturales, y colapsos de huecos o de rellenos mineros.

La edificación en estos sectores sólo debe realizarse tras el reconocimiento y análisis integral de la geometría del hueco subterráneo y de la caracterización de su entorno rocoso.

Este reconocimiento y análisis debe justificar, tras contemplar todos los factores, la viabilidad de la edificación y definir las obras de corrección o fortificación del terreno que se precisen.

6. - RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES

Del conjunto de información obtenida, se estima que sería recomendable prestar especial atención a una serie de aspectos, que inciden en el conjunto de los riesgos naturales de El Calerizo:

- Continuar con el reconocimiento geofísico, mediante los métodos de microgravimetría y de calicatas eléctricas trielectrónicas, en zonas aún no investigadas, así como reconocer con sondeos mecánicos el máximo número de anomalías geofísicas detectadas.
- Por su incidencia en los colapsos de cavidades naturales o mineras, controlar el nivel de vibraciones en las voladuras que se quieran efectuar.
- Evitar afecciones de entidad al nivel hidráulico del acuífero de El Calerizo, mediante bombeos intensos, para prevenir colapsos en suelos.

- Dadas las graves consecuencias que pueden originar los hundimientos en suelos, se estima recomendable no apoyar sobre ellos cimentaciones de edificios y, en particular, elementos esenciales de sus estructuras.

- Se estima conveniente sellar adecuadamente los huecos y pozos mineros, para evitar hundimientos de sus actuales rellenos. Para ello sería necesario la limpieza y la realización de una obra de sellado específica para cada hueco. Si con esta obra no se independiza con garantía los rellenos superficiales de los huecos profundos, no habrá seguridad de que, en estos puntos, no se den en el futuro nuevos colapsos. Estas obras también deberían extenderse a las minas del Norte del Cerro Cabeza Rubia, Mina Labradora, y las situadas al Sur de Aldea Moret: Mina Esmeralda, San Salvador, María Estuardo, etc.

- Debe quedar constancia suficiente de los trabajos realizados en previsión de futuras actuaciones.

- Siguiendo esta misma línea de actuaciones, los cerramientos, a efectuar en las labores aún no tapadas, debe realizarse bajo supervisión.

- Parte del barrio de la Abundancia y Polígono de Aldea Moret, se sitúan en el vertical de las Minas Moctezuma y Abundancia dentro de zonas de Nivel 3. Se recomienda investigar con mayor detalle estas zonas.

- Actuaciones puntuales en la red de drenaje superficial, pueden evitar los riesgos de inundación actualmente existentes en determinadas zonas.

- Las aguas de El Calerizo muestran evidencias de contaminación por vertidos de origen urbano, por lo que sería aconsejable un seguimiento de su calidad química y bacteriológica.

- Sería recomendable evitar los vertidos incontrolados que se realizan, en la actualidad, en huecos mineros, o comprobar su inocuidad.

- Se recomienda que la totalidad de estos huecos se valicen adecuadamente y protejan con una valla.

- Con carácter general, antes de acometer una edificación en zonas de riesgos se recomienda seguir una metodología similar a la empleada en el presente Proyecto, que contemple un reconocimiento de superficie, otro subterráneo mediante geofísica, la verificación de las anomalías geofísicas detectadas mediante sondeos mecánicos, y la evaluación de los riesgos específicos del solar en cuestión. En base a dicha evaluación se podrán prevenir más adecuadamente estos riesgos.

7. - ALBUN FOTOGRAFICO

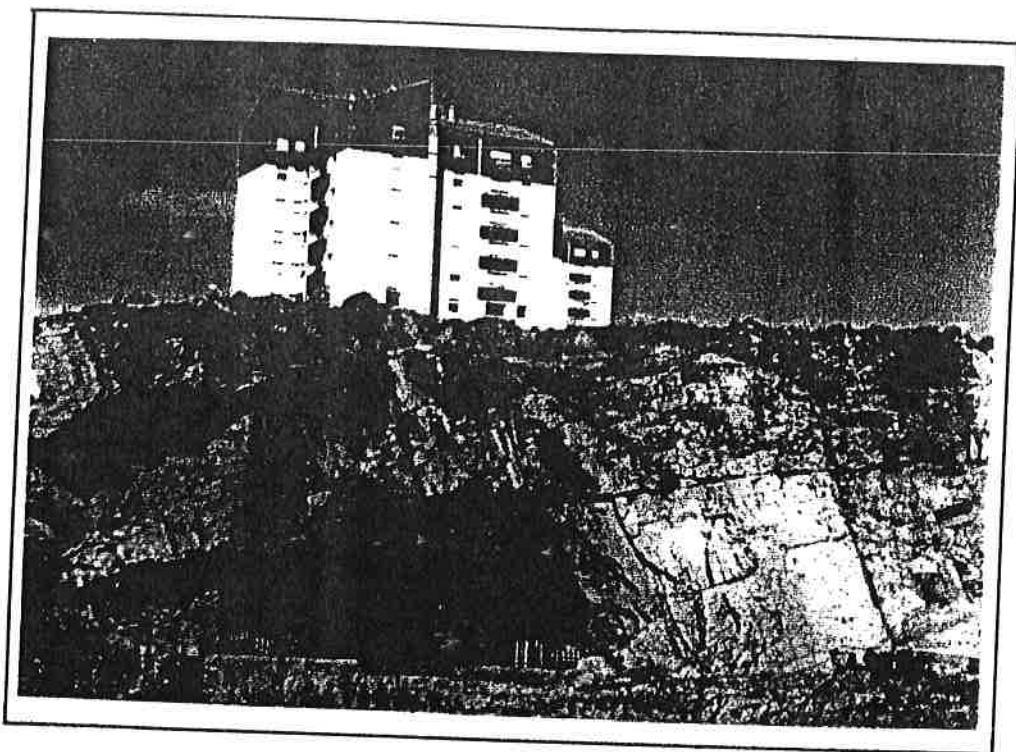


FOTO Nº 1.- RIESGOS DE COLAPSO DE CAVIDADES KARSTICAS. BLOQUE DE EDIFICIOS SITUADO EN LAS PROXIMIDADES DE CUEVA DE MALTRAVIESO



FOTO 2.- RIESGOS DE COLAPSO DE CAVIDADES KARSTICAS. CUEVA DEL CONEJAR



FOTO Nº 3.- RIESGOS DE COLAPSO DE SUELOS. HUNDIMIENTO EN UN SOLAR DE LA DEHESA DE LOS CABALLOS

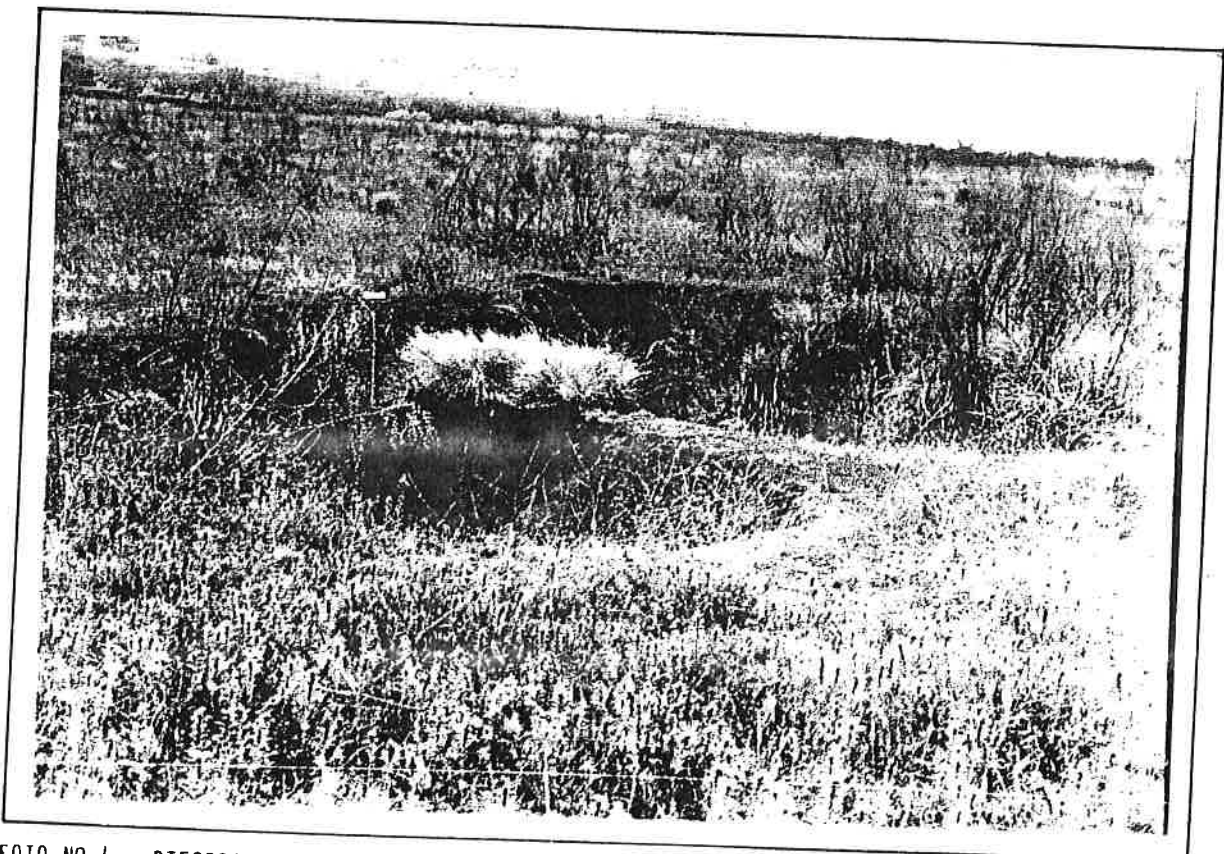
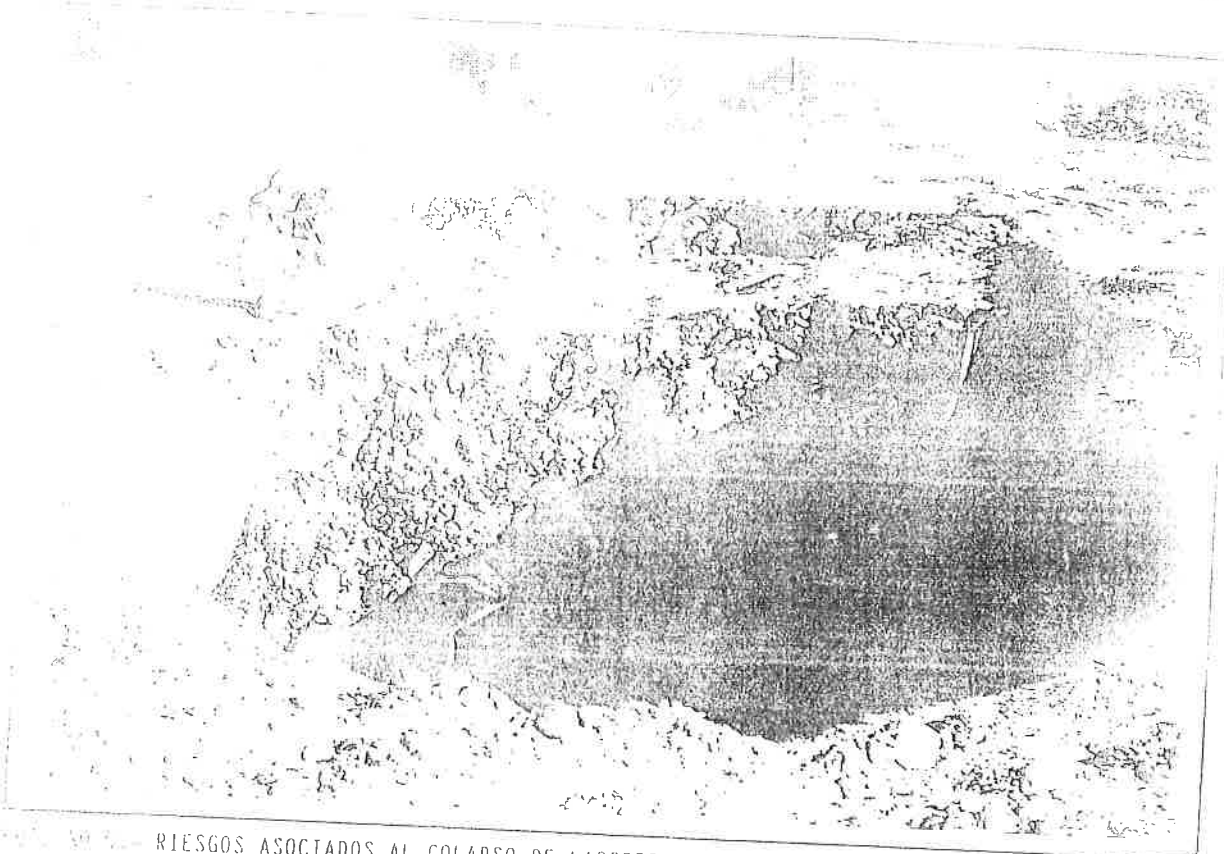
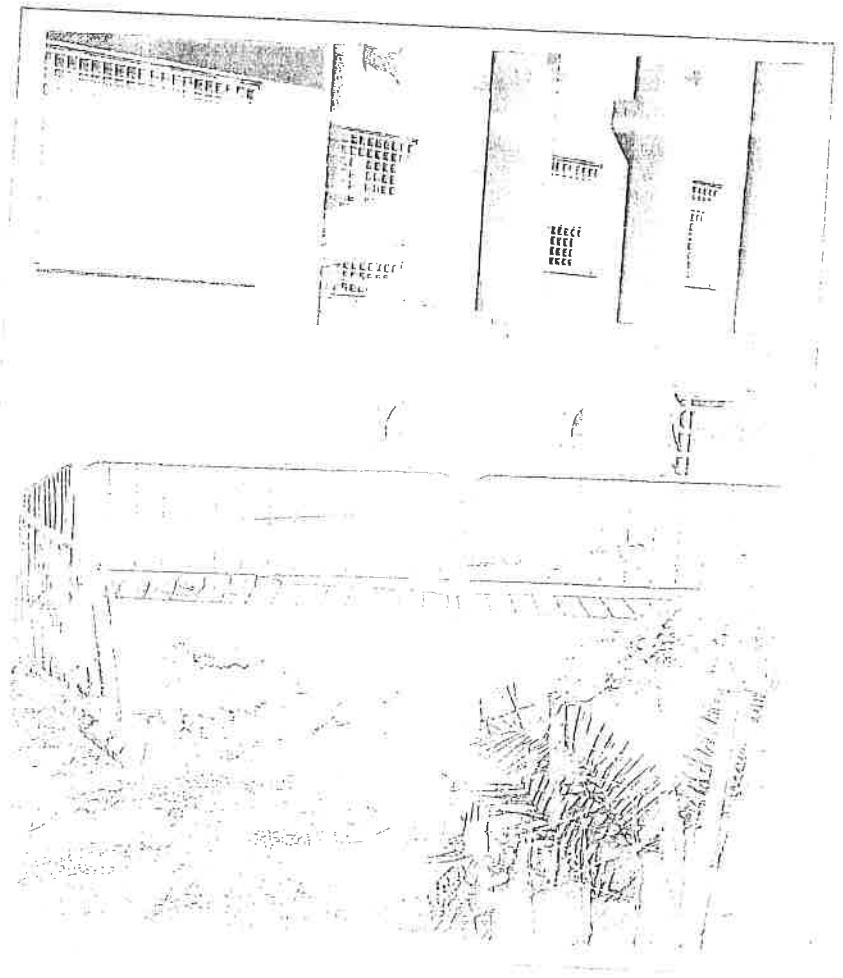


FOTO Nº 4.- RIESGOS DE COLAPSO DE SUELOS. HUNDIMIENTO EN LOS PRADOS DEL ESPIRITU SANTO



RIESGOS ASOCIADOS AL COLAPSO DE LABORES MINERAS. HUNDIMIENTOS DE RELLENOS DE MINA ABUNDANCIA (BARRIO LA ABUNDANCIA)



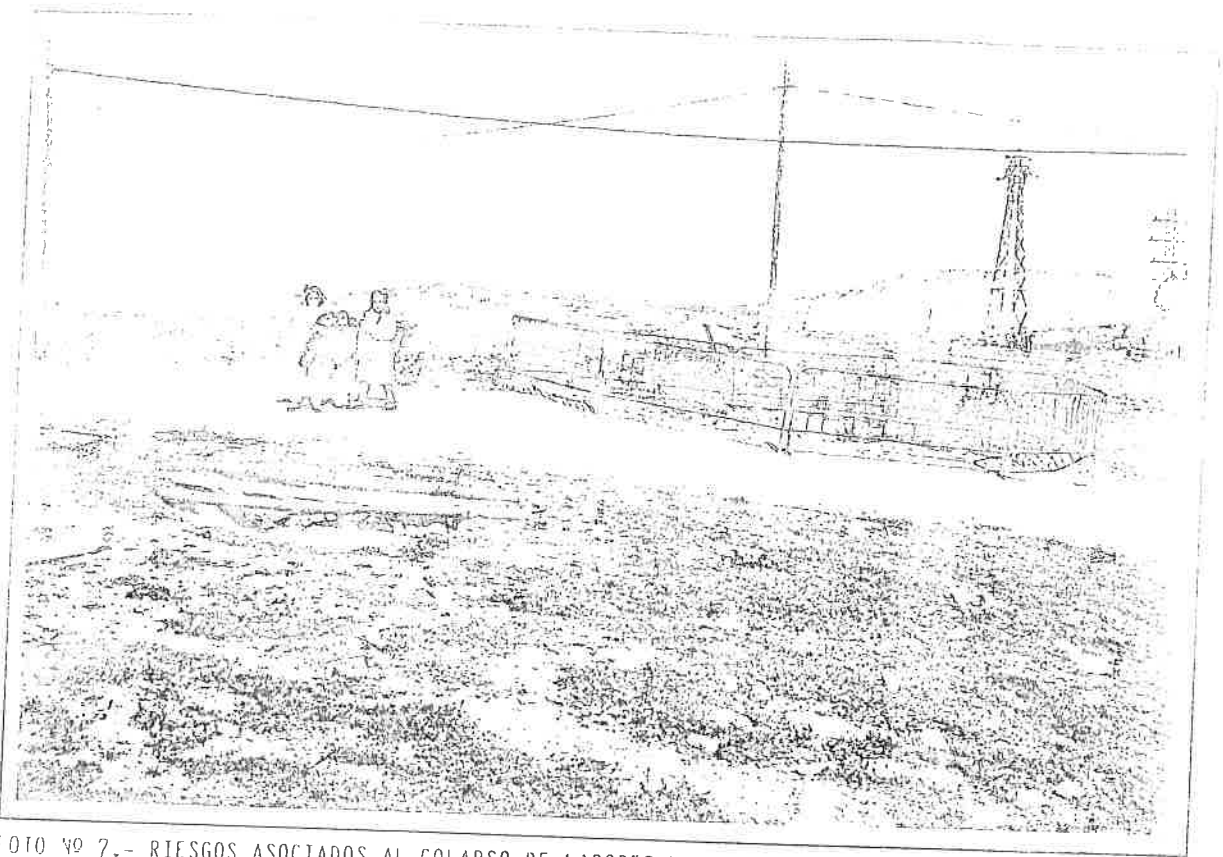
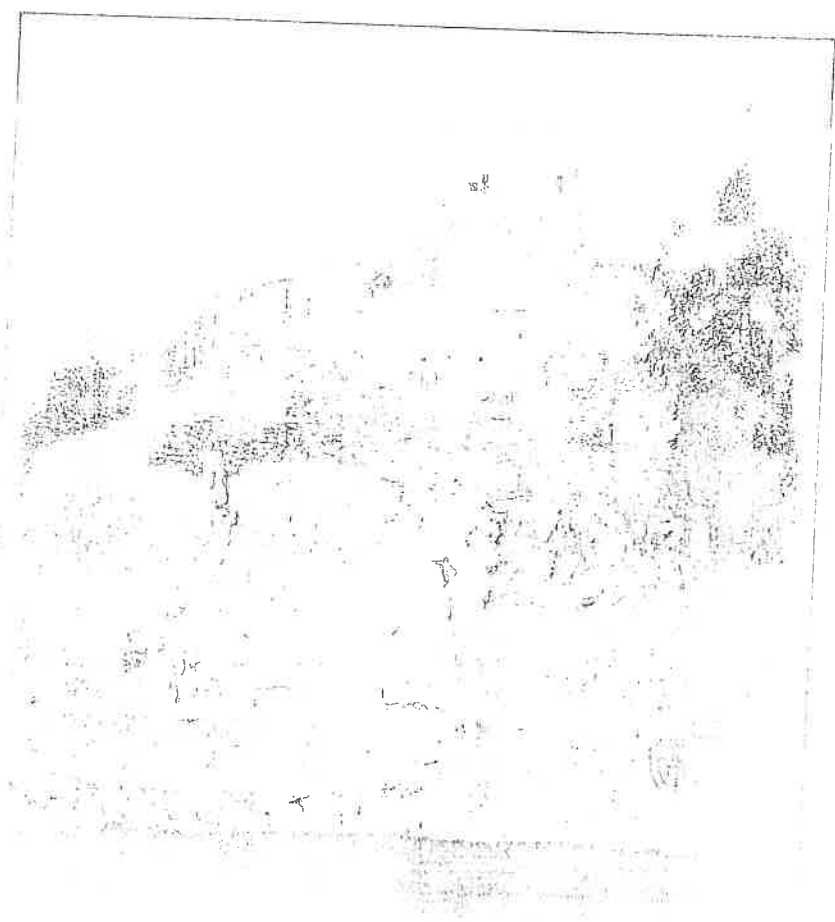


FOTO Nº 7.- RIESGOS ASOCIADOS AL COLAPSO DE LABORES MINERAS. HUNDIMIENTOS EN LA CONCESTON CASUALIDAD (ALDEA MORET)



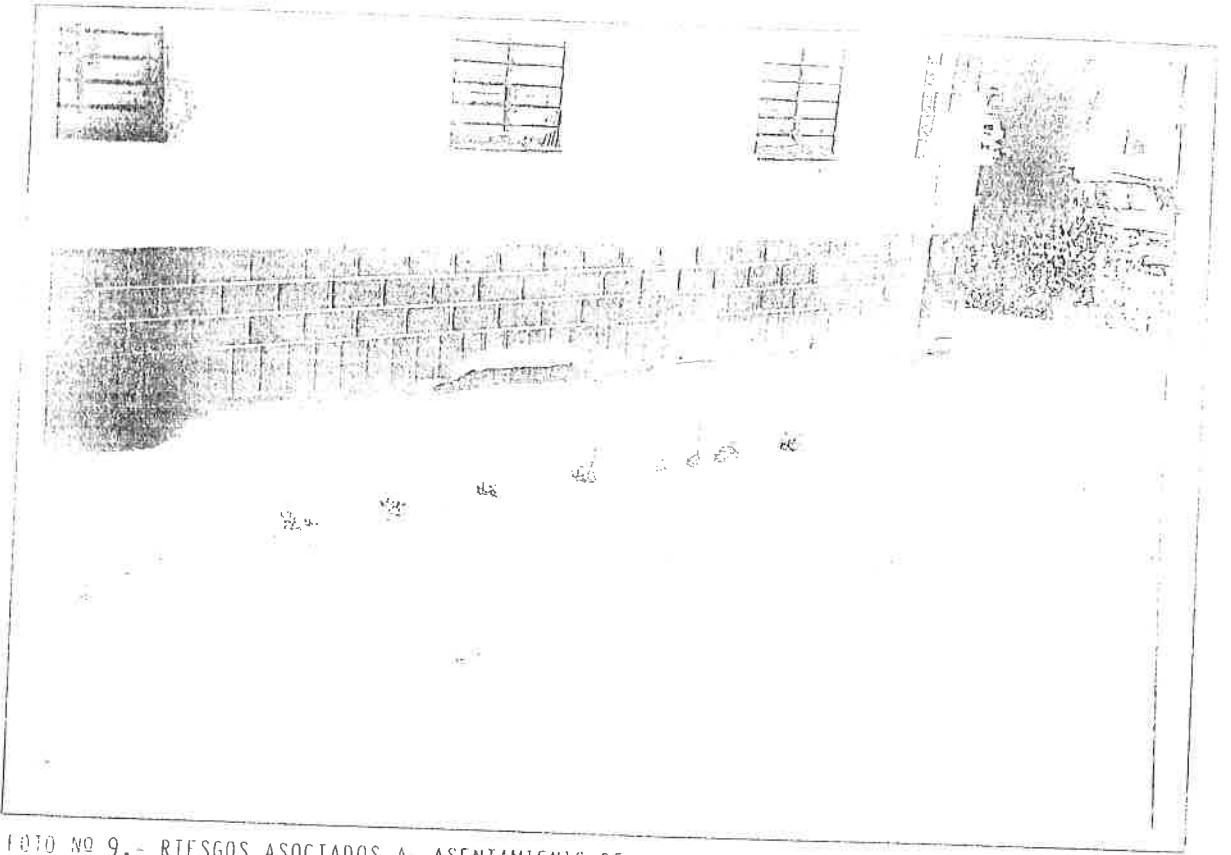


FOTO NO 9.- RIESGOS ASOCIADOS A ASENTAMIENTO DEL TERRENO. ASENTAMIENTOS DE ACERADOS EN EL POLIGONO MOCIEZUMA.



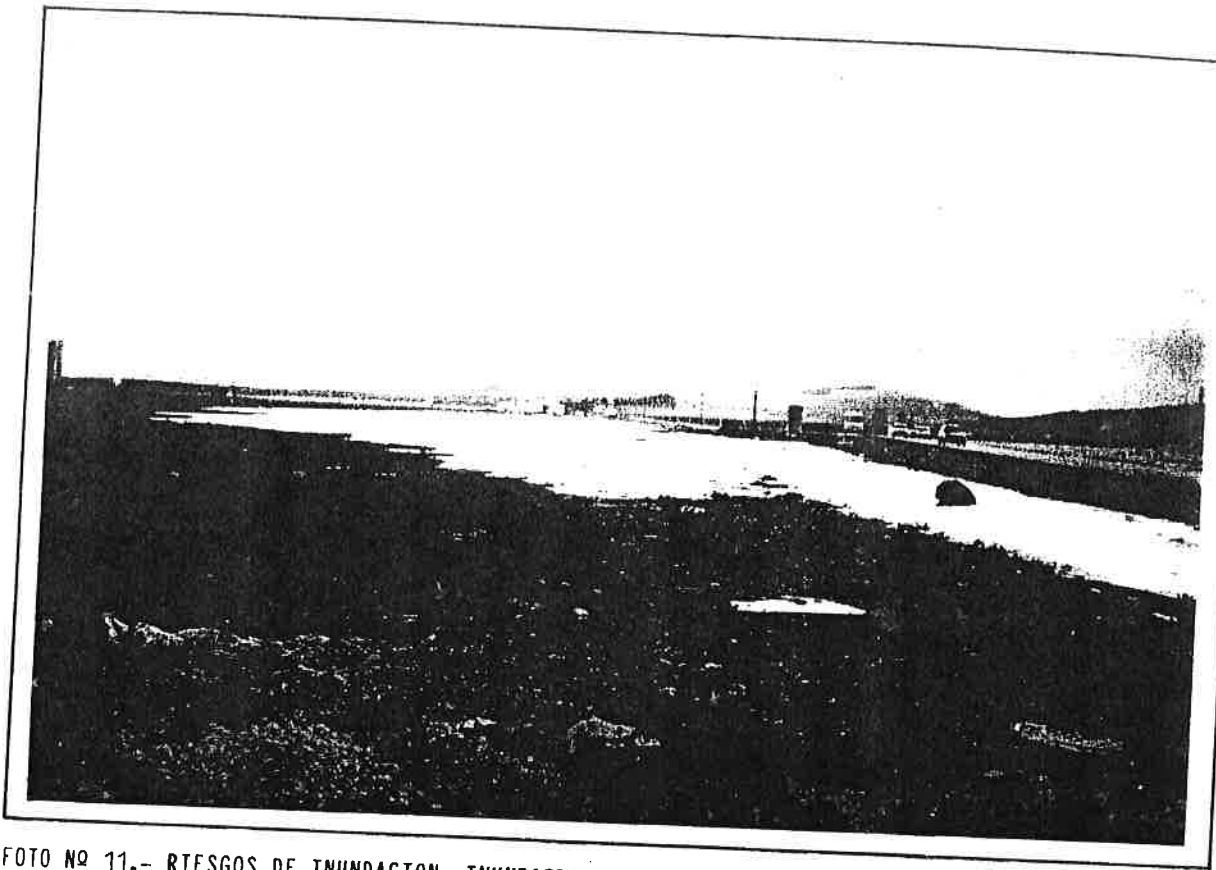


FOTO Nº 11.- RIESGOS DE INUNDACION. INUNDACION POR ENCHARCAMIENTO EN LA CAÑADA (Dic. 1.989)

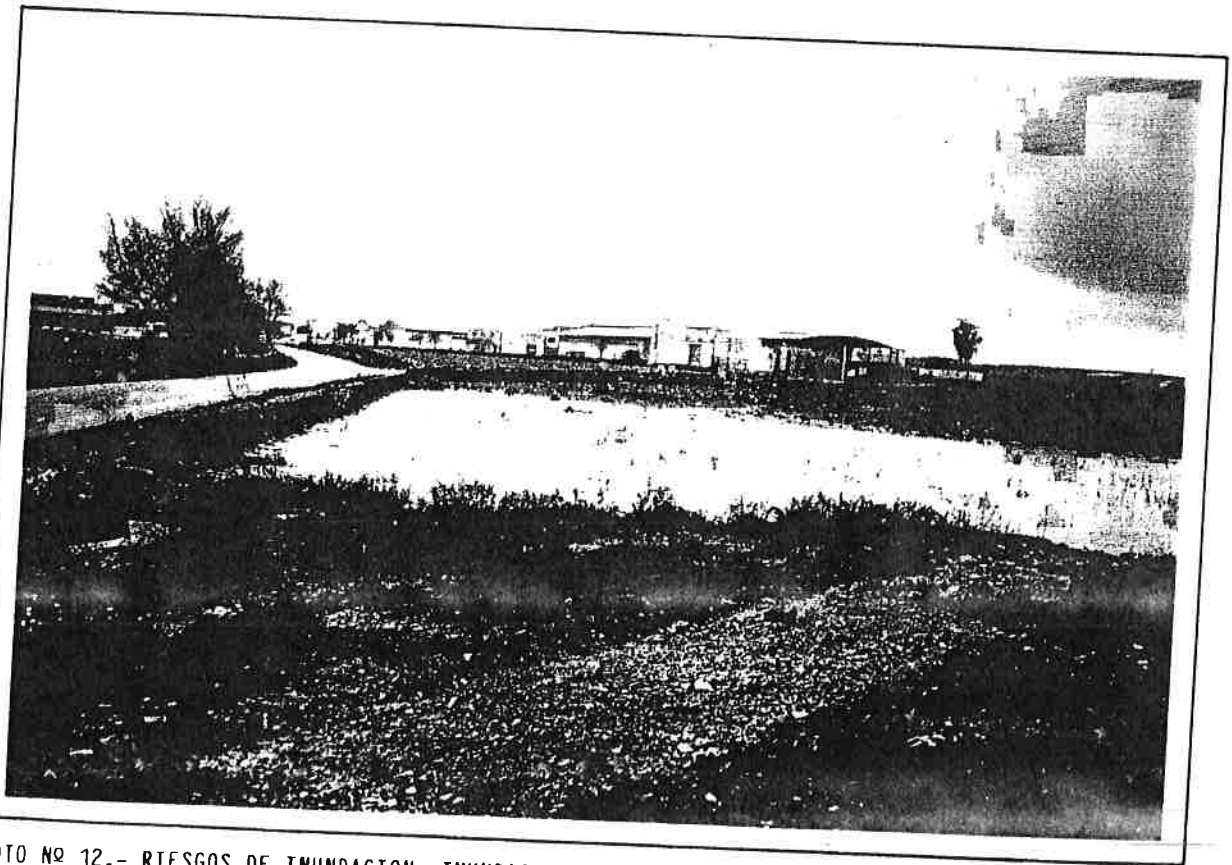


FOTO Nº 12.- RIESGOS DE INUNDACION. INUNDACION PRODUCIDA POR EL ARROYO DEL CONCEJO EN LOS PRA-
DOS DEL ESPIRITU SANTO (Dic. 1.989)

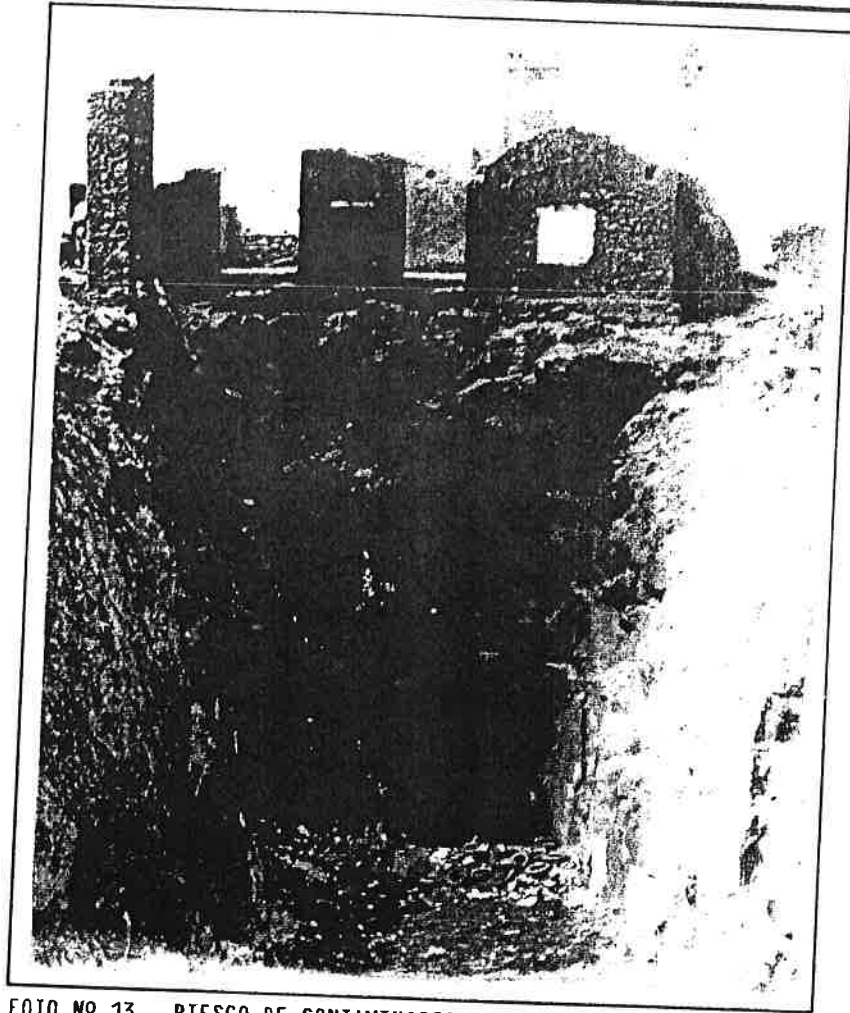


FOTO Nº 13.- RIESGO DE CONTAMINACION DE ACUIFEROS. VERTIDOS IN-
CONTROLADOS EN EL POZO MINERO MARIA ESTUARDO

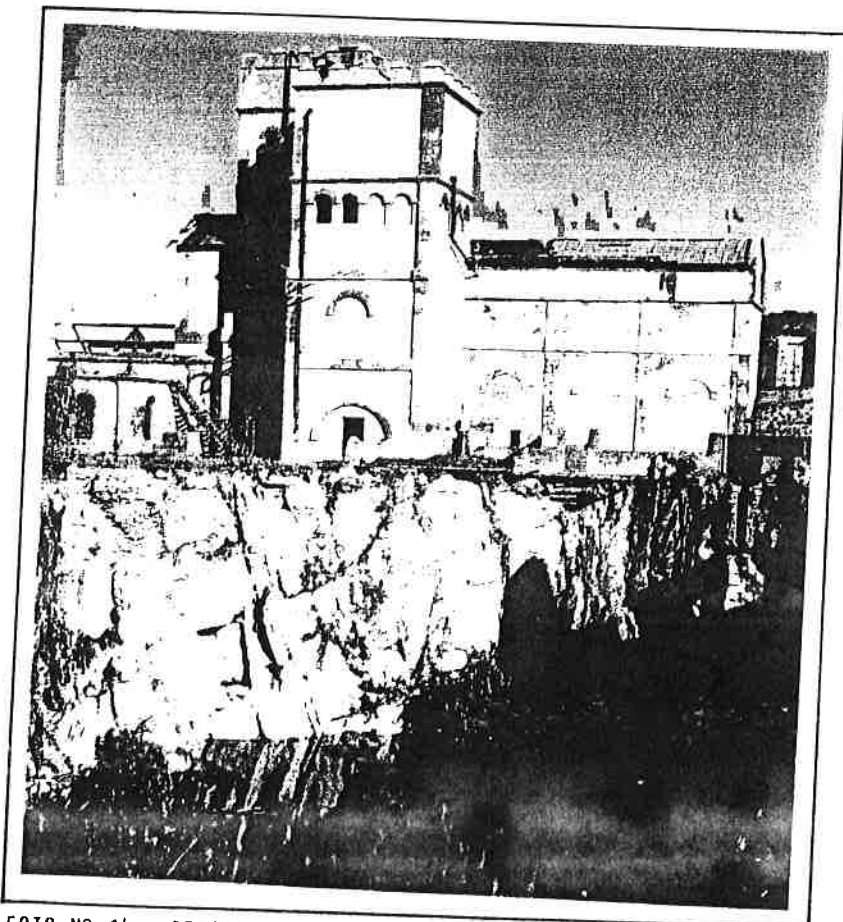


FOTO Nº 14.- RIESGO DE ACCIDENTES PERSONALES EN HUECOS POCO PRO-
TEGIDOS. DIMENSIONES DEL SOCAVON MERIDIONAL DE MINA
ABUNDANCIA