



## Jornadas técnicas de gestión de taludes

**Procesos de karstificación y su incidencia  
sobre las obras lineales**

*Presentación elaborada por:*

**Marta López Sierra**

**Licencia en Geología**

**Máster en Ingeniería Geotécnica por la Universidad  
Complutense de Madrid (1999).**

Barcelona, 26 de noviembre de 2015

# Índice

## 1 Definición e Introducción Teórica

## 2 Incidencia sobre las Obras Lineales

### 2.1 Formas Kársticas

#### 2.1.1 Dolinas. Fenómenos de Colapso

#### 2.1.2 Dolinas. Fenómenos de Subsistencia

### 2.2 Incidencia sobre las obras lineales

## 3 Métodos de Investigación y Control

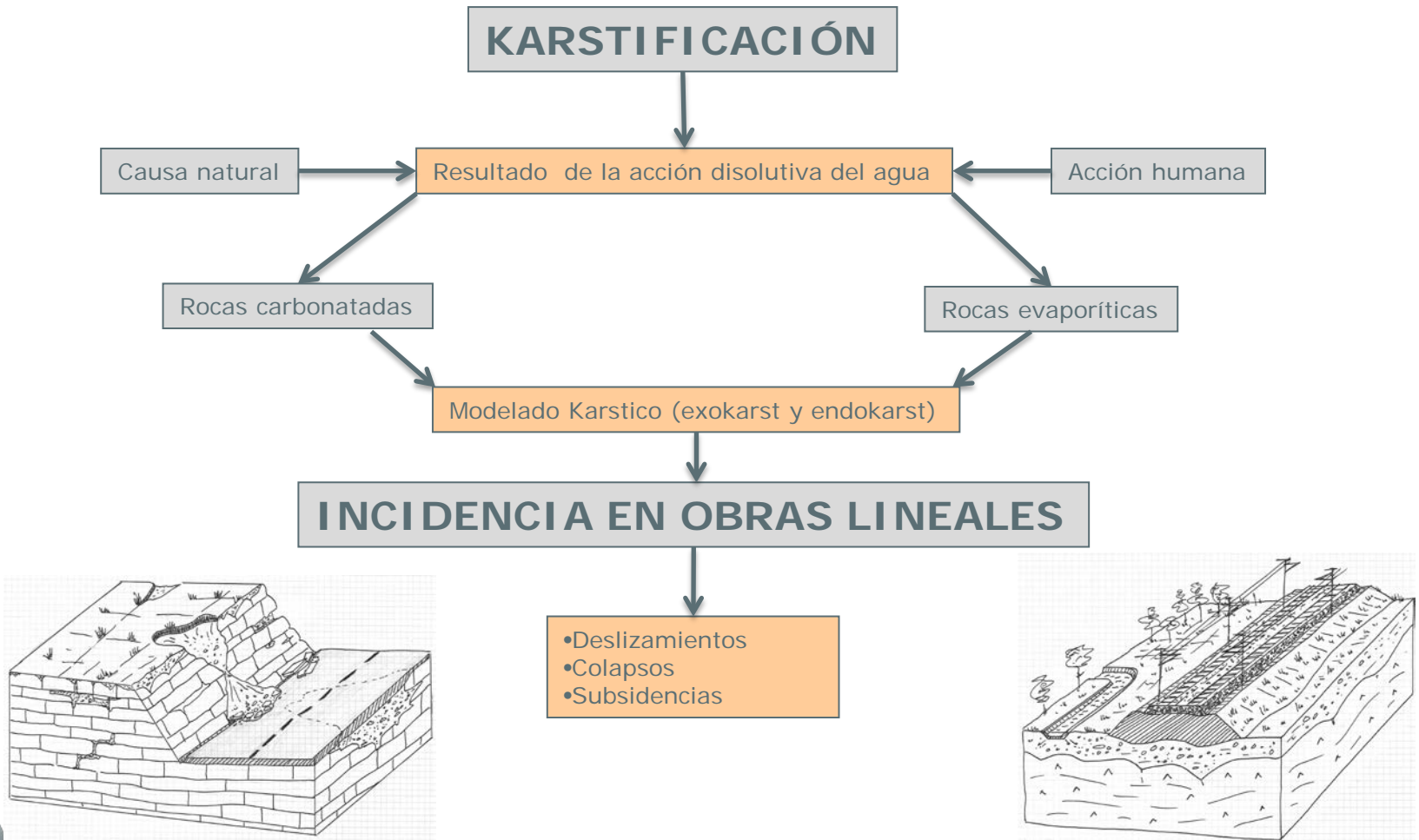
### 3.1 Métodos de Investigación

### 3.2 Métodos de control

## 4 Solución y Actuaciones

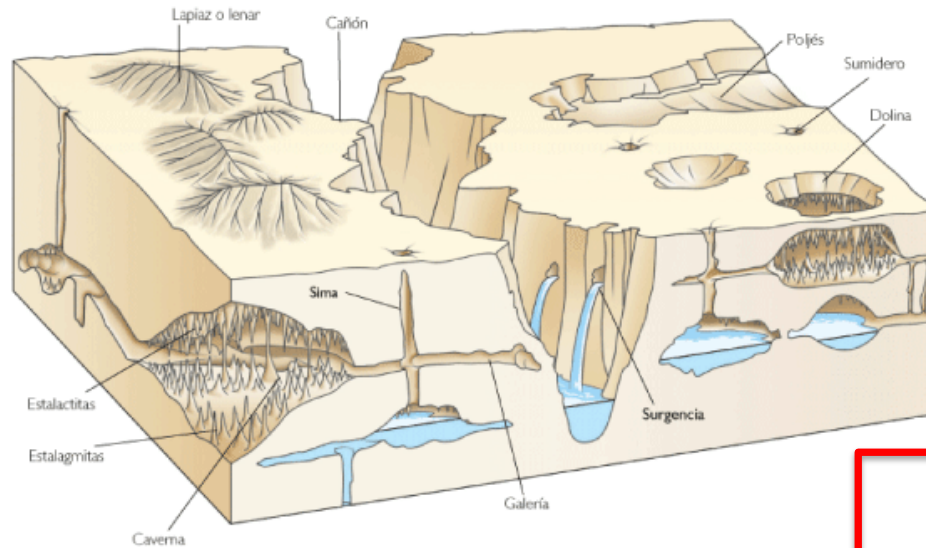
## 5 Casos Prácticos

# 1. Definición e Introducción Teórica



## 2. Modelado Kárstico.

Incidencia en las obras lineales (1/5)



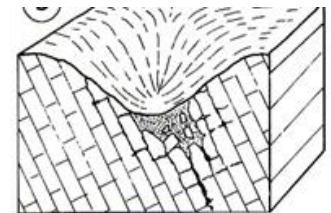
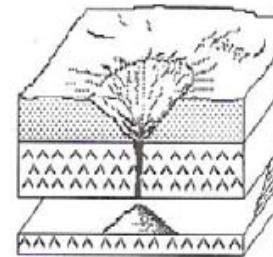
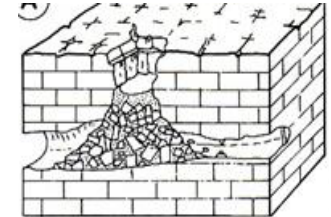
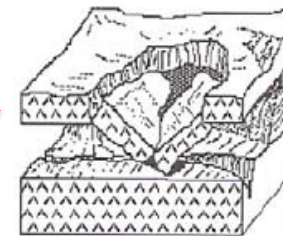
- Dolinas
- Galerías y conductos
- Sumideros
- Galerías y conductos
- Lapiaces

• Hundimiento cavidad

• Fenómeno de **Colapso**

• Pérdida gradual de material o evolución de la cavidad

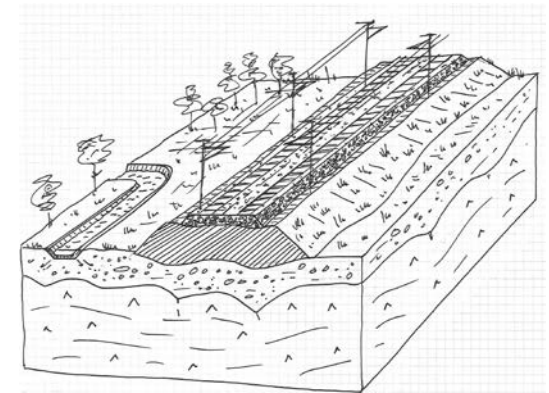
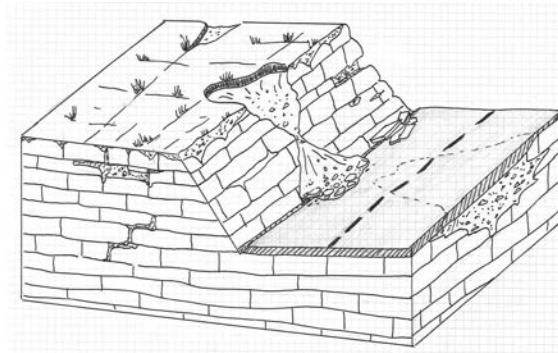
• Fenómeno de **Subsidencia**



## 2. Modelado Kárstico.

Incidencia en las obras lineales (2/5).

- Túneles
- Cimentaciones
- Presas y Embalses
- Canalizaciones y conducciones
- Taludes
- Fondos de desmonte y cimentación de rellenos



## 2. Modelado Kárstico.

Incidencia en las obras lineales (3/3).

### TALUDES

- Deslizamiento Taludes.
- Formaciones carbonatadas y arcillas yesíferas (keuper)



- Deslizamiento Talud Línea Alta velocidad.
- Paleokarst en formaciones carbonatadas. Relleno arcillas descalcificación



## 2. Modelado Kárstico.

Incidencia en las obras lineales (4/5).

### FONDOS DE DESMONTE Y CIMENTACIÓN DE RELLENOS

- Problemática en plataforma.
- Formaciones yesíferas y sales glauberíticas
- Procesos de disolución en glauberitas y aumento de volumen por re-precipitación



## 2. Modelado Kárstico.

Incidencia en las obras lineales (5/5).

### FONDOS DE DESMONTE Y CIMENTACIÓN DE RELLENOS

- Problemática en plataforma.
- Formaciones limos aluviales sobre sustrato yesífero
- Procesos de disolución y migración de finos. Fenómenos de subsidencia

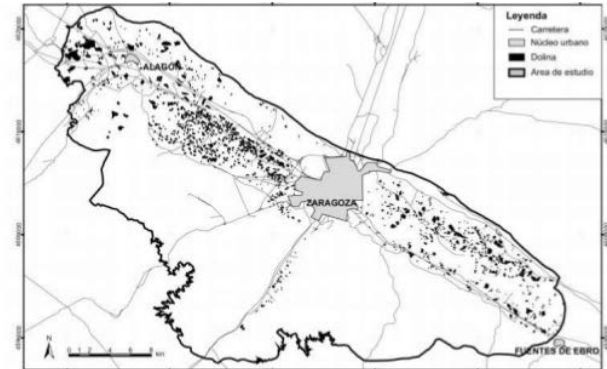
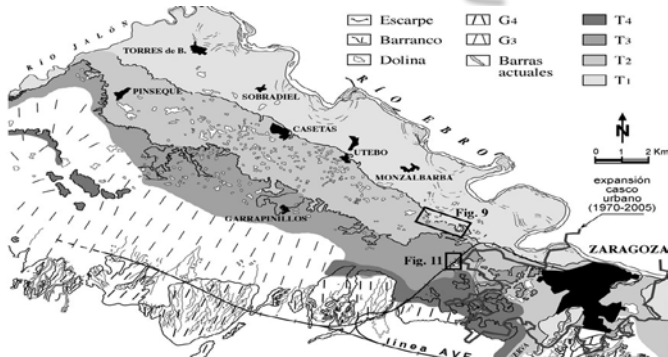


# 3. Métodos de Investigación y Control.

## Investigación (1/4).

### FASE 1. ESTUDIOS PREVIOS

- Elaboración de una completa cartografía geológica, geomorfológica
- En caso de identificación de fenómenos karsticos. Realización de completa cartografía hidrogeológica y estudio de drenaje de la zona



### FASE 2. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN

No destructivos

- Geo-radar
- Microgavimetría
- Tomografía Eléctrica

Destructivos

- Penetrómetros dinámicos
- Sondeos
- Calicatas

### 3. Métodos de Investigación y Control. Investigación (2/4).

TIPO DE ENSAYO	TIPO DE INVESTIGACIÓN	FUNDAMENTOS	APLICABILIDAD	VENTAJAS
NO DESTRUCTIVOS	Geo-radar	-Emisión-recepción al terreno de un pulso electromagnético	- Permite la Identificación de la geometría de las capas en el subsuelo. - Identificación de anomalías asociadas a huecos, zonas flojas, irregularidades en plataforma (capas subbalasto, capa de forma, etc)	- Rapidez en la toma de datos - Versatilidad en la configuración de las antenas - El alcance en profundidad y la resolución de la señal dependen del tipo de antena y de la configuración de las mismas
	Micro gravimetría	- Variaciones en atracción de la gravedad de los materiales debido a variaciones en la densidad de los mismos	- Identificación de geometría del terreno por contraste de densidades. - Identificación de anomalías microgravimétricas asociadas a zonas menos densas, cavidades.	- Menor rapidez de toma de datos, versatilidad, alta fiabilidad y precisión
	Tomografía eléctrica	Medida de la resistividad aparente de cada litología - El contraste de resistividades permite diferenciar litologías	- Identificación de zonas caracterizadas por una mayor humedad, zonas muy resistivas (posibilidad de cavidades)	- Rapidez de toma de datos, versatilidad
DESTRUCTIVOS	Sondeos y penetrómetros dinámicos	Perforación del subsuelo	Comprobación de la existencia de una anomalía identificada mediante técnicas geofísicas	-Más o menos caros y lentos.

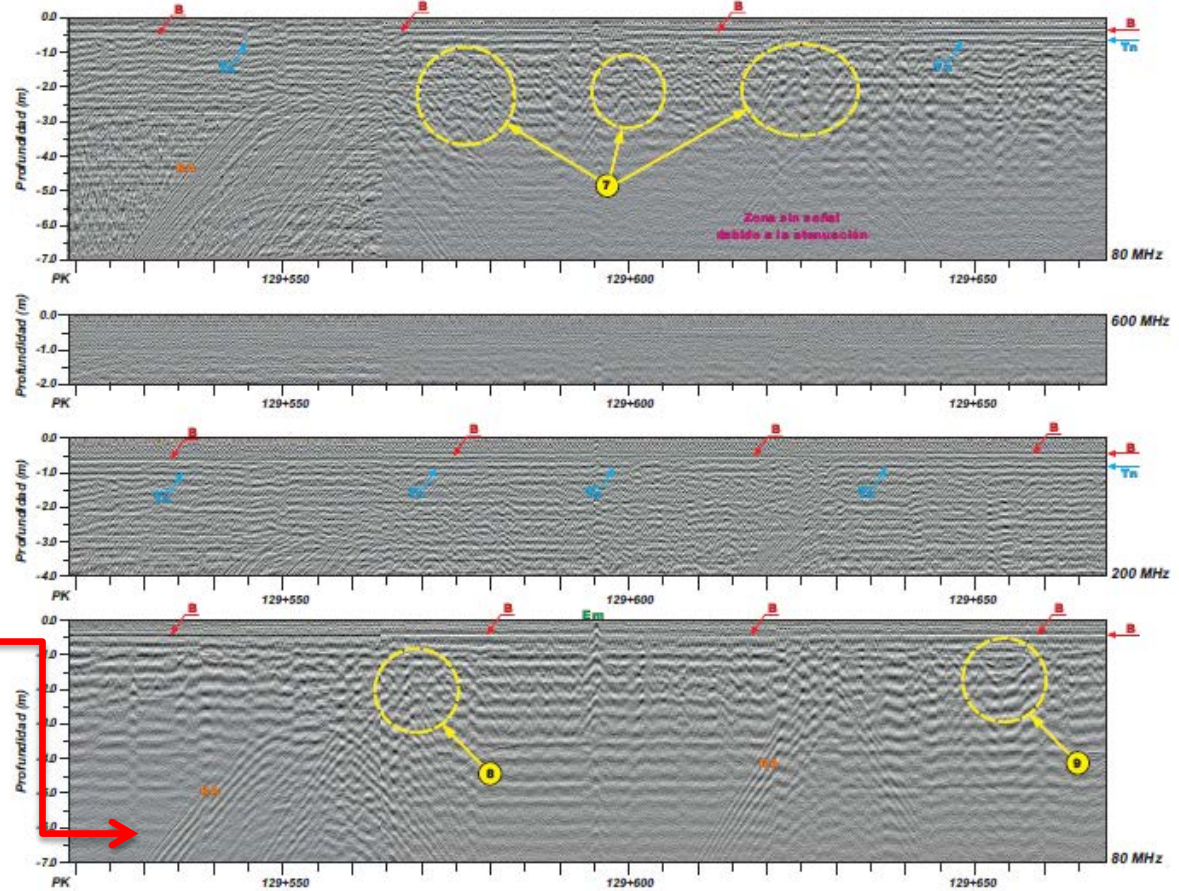
CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN



# 3. Métodos de Investigación y Control.

## Investigación (3/4).

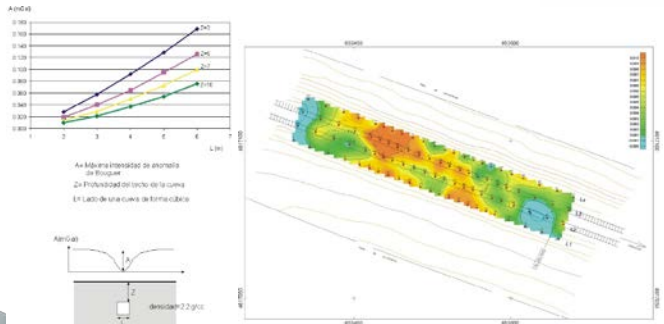
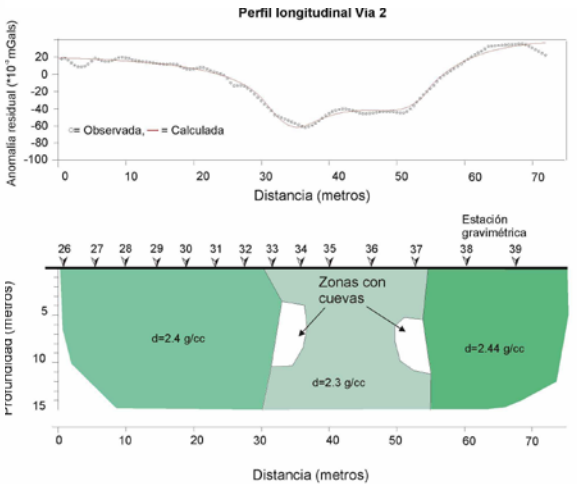
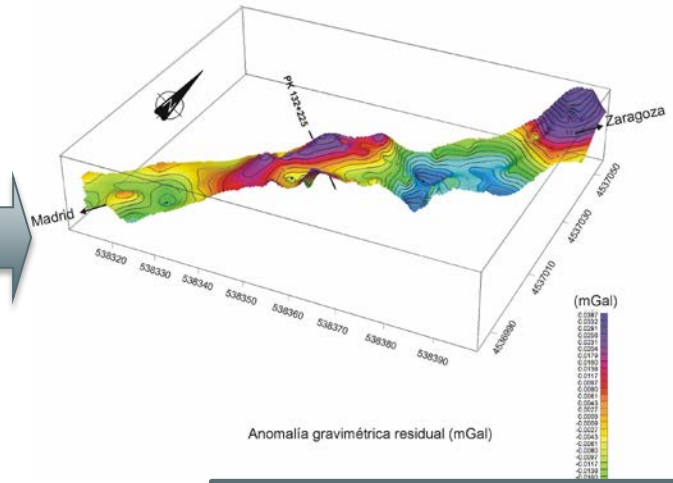
### GEO-RADAR



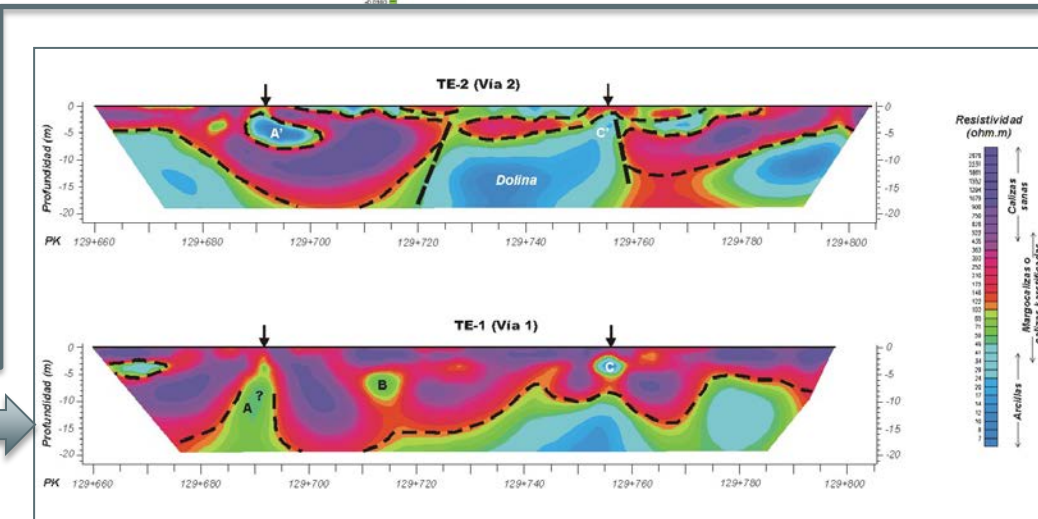
# 3. Métodos de Investigación y Control.

## Investigación (4/4).

### MICROGAVIMETRÍA



### TOMOGRFÍA ELÉCTRICA



# 3. Métodos de Investigación y Control.

Control y mantenimiento (1/1).

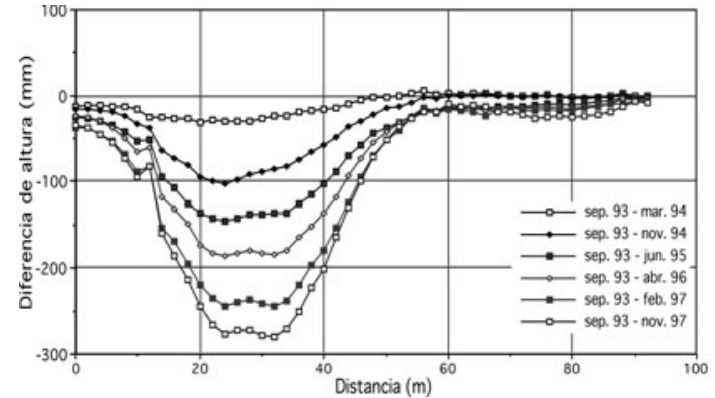
## MÉTODOS DE CONTROL

### Topografía

- Nivelación periódica, repetitiva y sistemática

### Instrumentación

- Extensómetros
- Líneas de asiento
- Piezómetros



## MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN

- Seguimiento de evolución en puntos controlados o instrumentados
- Seguimiento de evolución en zonas donde haya habido intervenciones o actuaciones correctoras.
- Mantenimiento de la red de drenaje superficial y subterráneo
- Inventario y seguimiento de elementos de drenaje en entorno.
- Inventario y seguimiento de zonas endorreicas



## 4. Soluciones y Actuaciones

### TALUDES

- Saneos, retaluzados, descabezados
- Medidas de refuerzo y confinamiento superficial (Soil nailing, mallas y redes metálicas adosadas)
- Ejecución de elementos de recubrimiento y/o contención flexibles (Encachados, Muros de escollera)
- Mejora del drenaje (Cunetas de guarda y pie, bajantes)

### FONDO DE DESMONTE Y CIMENTACIÓN DE RELLENO

Previo a la ejecución del relleno

- Saneos superficiales
- Impermeabilización de la superficie
- Ejecución de elementos de drenaje adecuados

Posterior a la ejecución del relleno

- Inyecciones. (Consolidación de zonas de subsidencia, relleno de cavidades)
- Medidas de impermeabilización
- Mejora de elementos de drenaje



# 5. Casos Prácticos

## Cavidad kárstica bajo plataforma de excavación (1/4).

- Problemática

- Karst en calizas. Abundancia de rellenos arcillosos y limosos.
- Estudio de la plataforma en fase de Proyecto (Georadar, sondeos)
- Procesos de disolución, migración de finos a favor de grietas y conductos. Finalmente Colapso localizado

• Cavidad 1x0,5 m<sup>2</sup> y 1,5 m de profundidad



• Actuaciones preliminares protocolo de investigación

1. Levantamiento de la cuneta y saneo cavidad
2. Investigación visual de la cavidad
3. Relleno con agua y observación del flujo
4. Rellenar con HM-15 hasta cota de cuneta
5. Investigación mediante Microgavimetría
6. Si se detecta anomalía microgavimétrica realización de sondeos



# 5. Casos Prácticos

## Cavidad kárstica bajo plataforma de excavación (2/4).

---

1. Levantamiento de la cuneta y saneo cavidad



2. Llenado de agua y vaciado



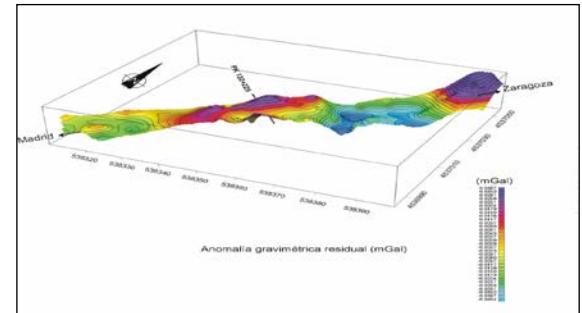
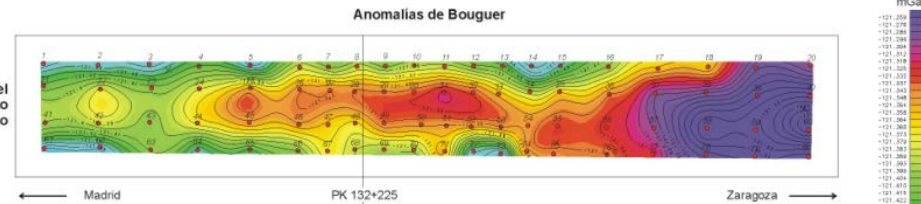
# 5. Caso Práctico

## Cavidad kárstica bajo plataforma de excavación (3/4).

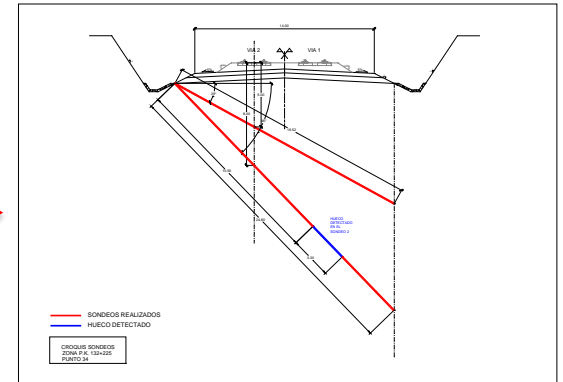
### 3. Relleno cavidad con HM-15



Antes del tratamiento del terreno



- **Microgavimetría** (2 anomalías principales. Cavidad 80-10 m3)
- **Sondeos**
- **Control topográfico continuo**



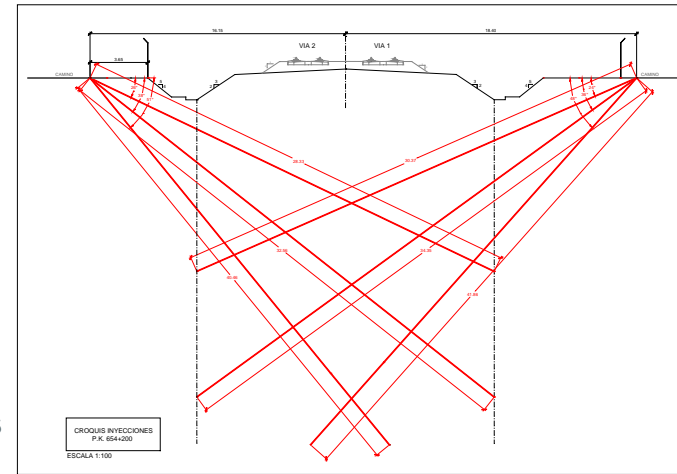
# 5. Casos Prácticos

## Cavidad kárstica bajo plataforma de excavación (4/4).

### 5. Solución adoptada

• Consolidación mediante inyecciones de mortero

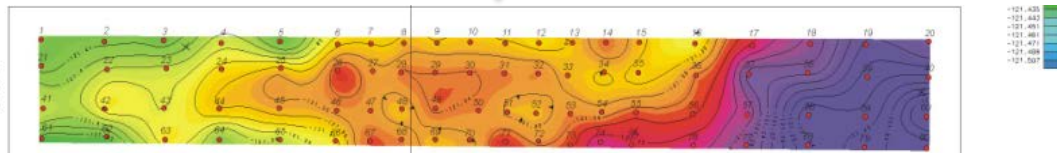
- Delimitación de zona de actuación a partir de plano de anomalías
- Delimitación de secciones de tratamiento transversales a la traza
- Cada sección se perfora e inyecta desde ambos márgenes de la plataforma, con varias inclinaciones



• Medidas de Control y Efectividad

- Establecimiento de control Topográfico continuo durante perforaciones e inyección
- Microgavimetría de contraste al finalizar las inyecciones

Despues del tratamiento del terreno



Muchas gracias

---

