

# Microzonificación sísmica de la ciudad de Huelva (ALERTES-RIM)

A. Macau<sup>(1)</sup>, S. Figueras<sup>(1)</sup>, B. Benjumea<sup>(1)</sup>, F.M. Alonso-Chaves<sup>(2)</sup>, R. Puig<sup>(1)</sup>, A. Gabàs<sup>(1)</sup>, F. Bellmunt<sup>(1)</sup> y A. Roca<sup>(1)</sup>

(1) Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

(2) Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva



## Índice de la presentación

➤ **Objetivo: evaluación de la respuesta sísmica a escala local en la ciudad de Huelva**

- Zona de estudio: ciudad de Huelva
- Exploración geofísica del subsuelo
  - Resultados directos ( $f_0$ )
  - Definición de la columna de suelo ( $V_S(z)$ , profundidad basamento)
- Modelización de la respuesta sísmica del suelo
- Microzonación sísmica de la ciudad
- Conclusiones



## Zona de estudio: ciudad de Huelva

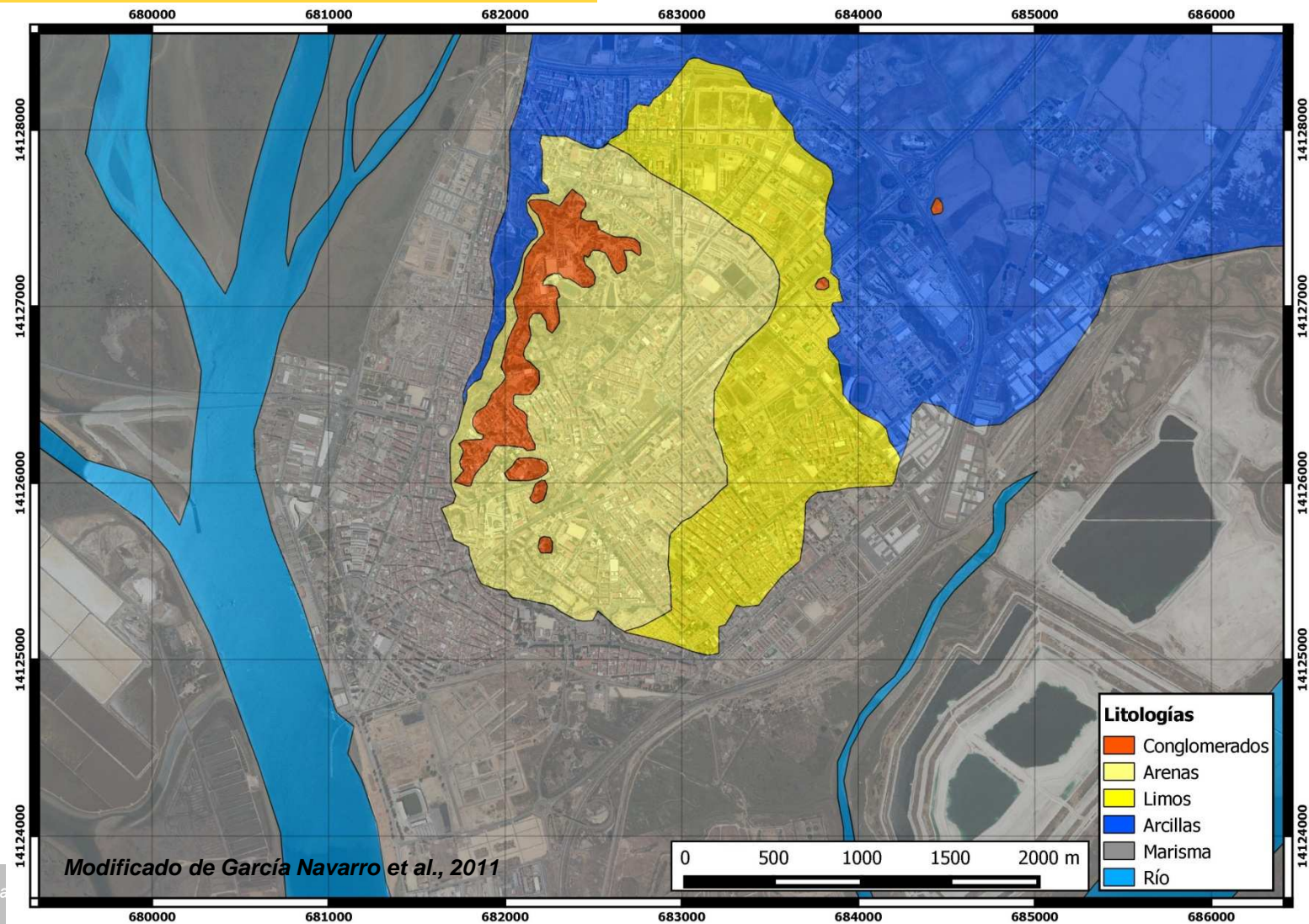


- 146000 habitantes (2015)
- Superficie término municipal: 151 km<sup>2</sup>
- Zona urbana: 15 km<sup>2</sup>



# Zona de estudio: ciudad de Huelva

## Geología de la ciudad de Huelva



## Zona de estudio: ciudad de Huelva

- Peligrosidad sísmica (2002)



NCSE-02:

0.1g



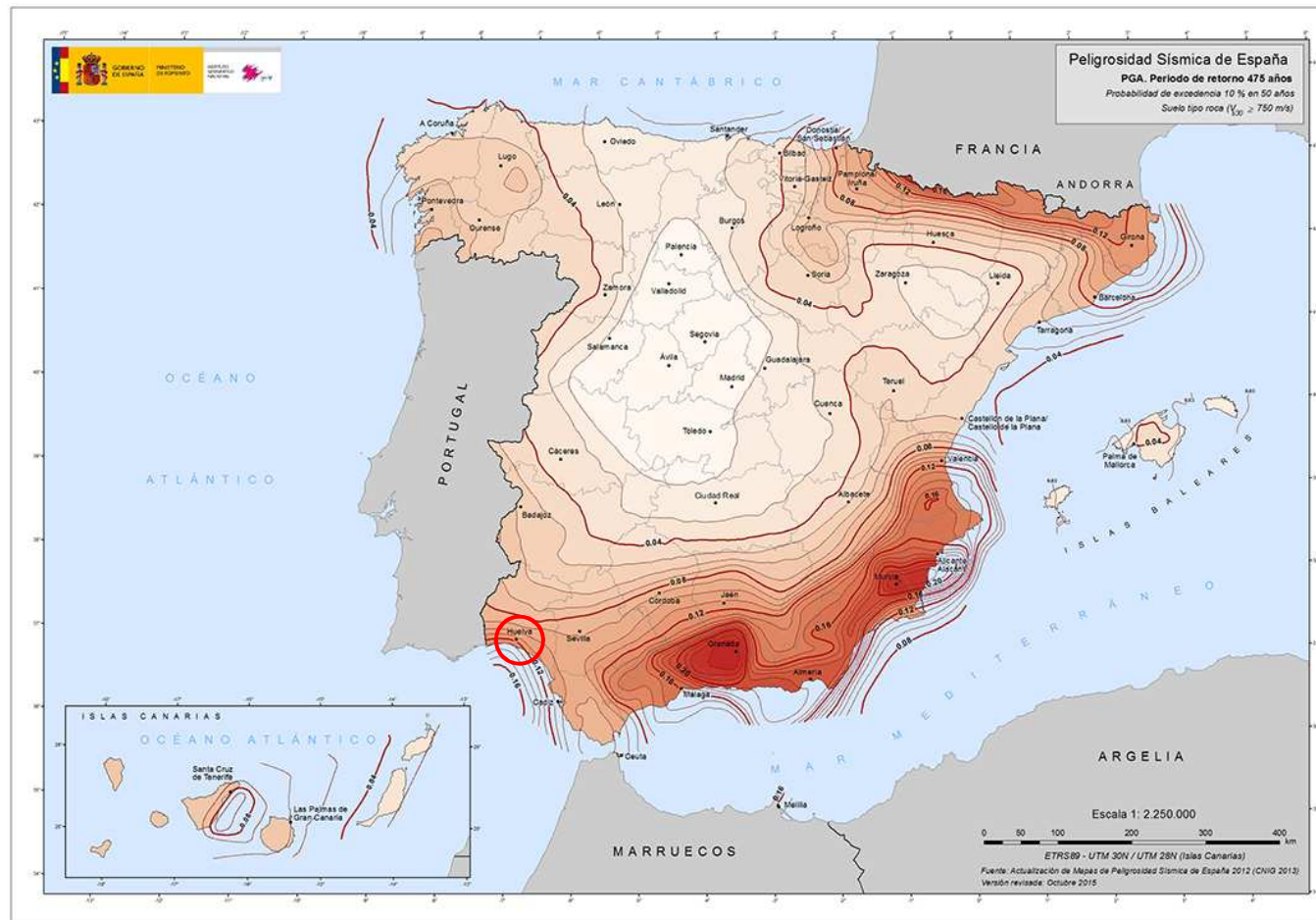
VII/VIII



## Zona de estudio: ciudad de Huelva

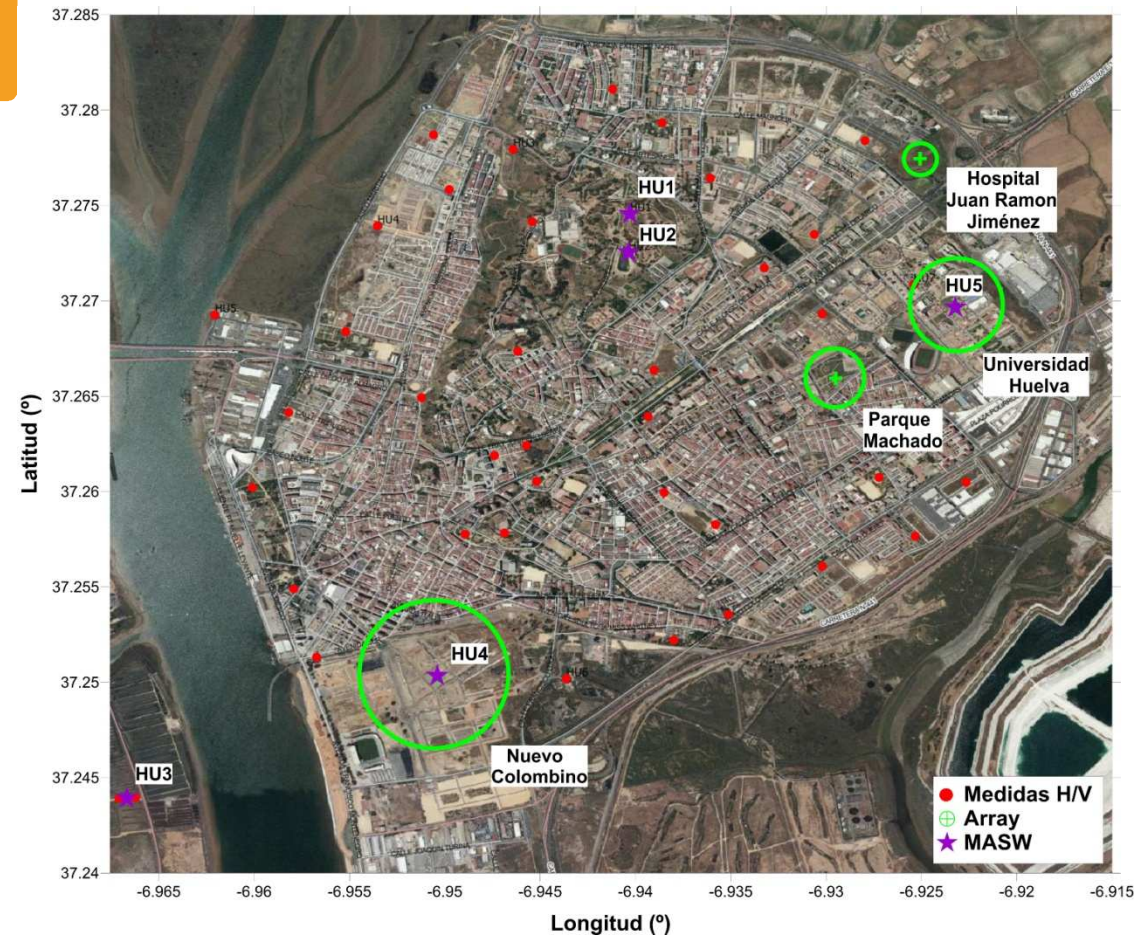
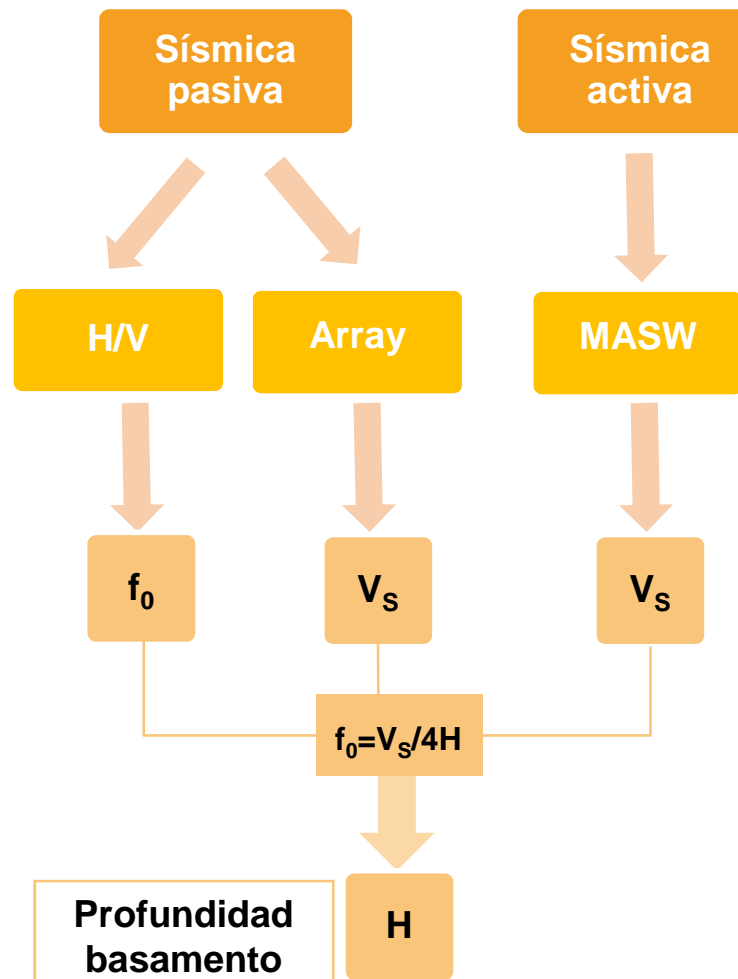
**Pero...**

- Peligrosidad sísmica (2015)



# Exploración geofísica del subsuelo

- Métodos utilizados:
  - 45 puntos H/V
  - 4 arrays
  - 5 perfiles MASW (ondas superficiales)

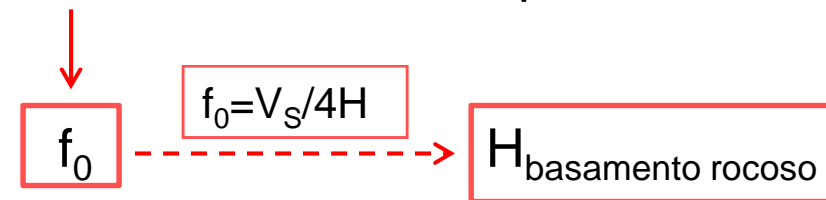


## Exploración geofísica del subsuelo

- Digitalizador: SARA SL06
- Sensor: Lennartz LE-3D 5 s.
- Muestreo: 200 Hz
- Registro: 30-40 minutos



- Método del cociente espectral H/V





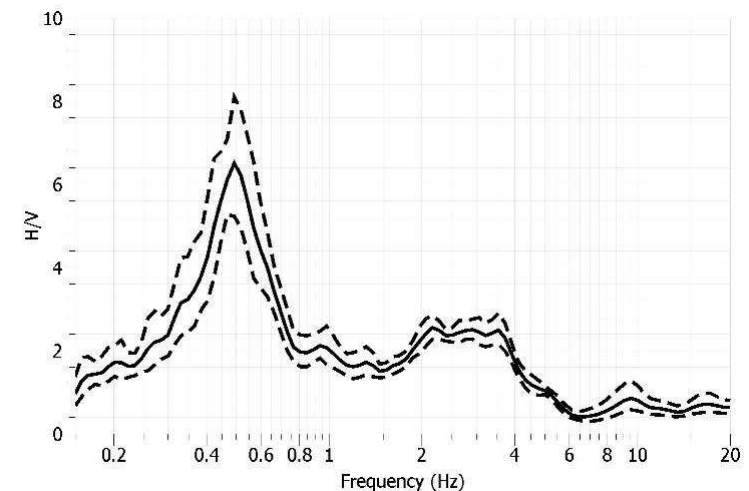
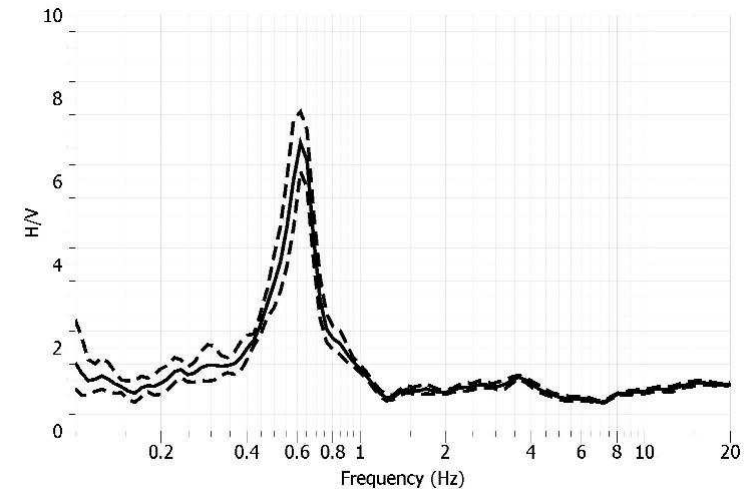
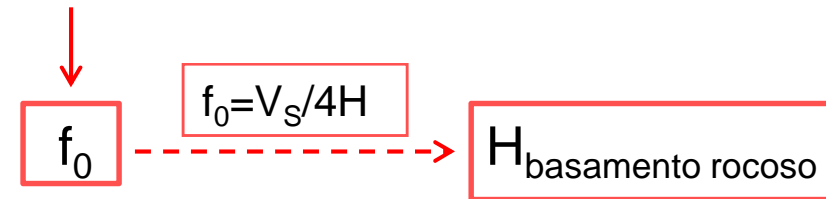
## Exploración geofísica del subsuelo

- Digitalizador: SARA SL06
- Sensor: Lennartz LE-3D 5 s.
- Muestreo: 200 Hz
- Registro: 30-40 minutos



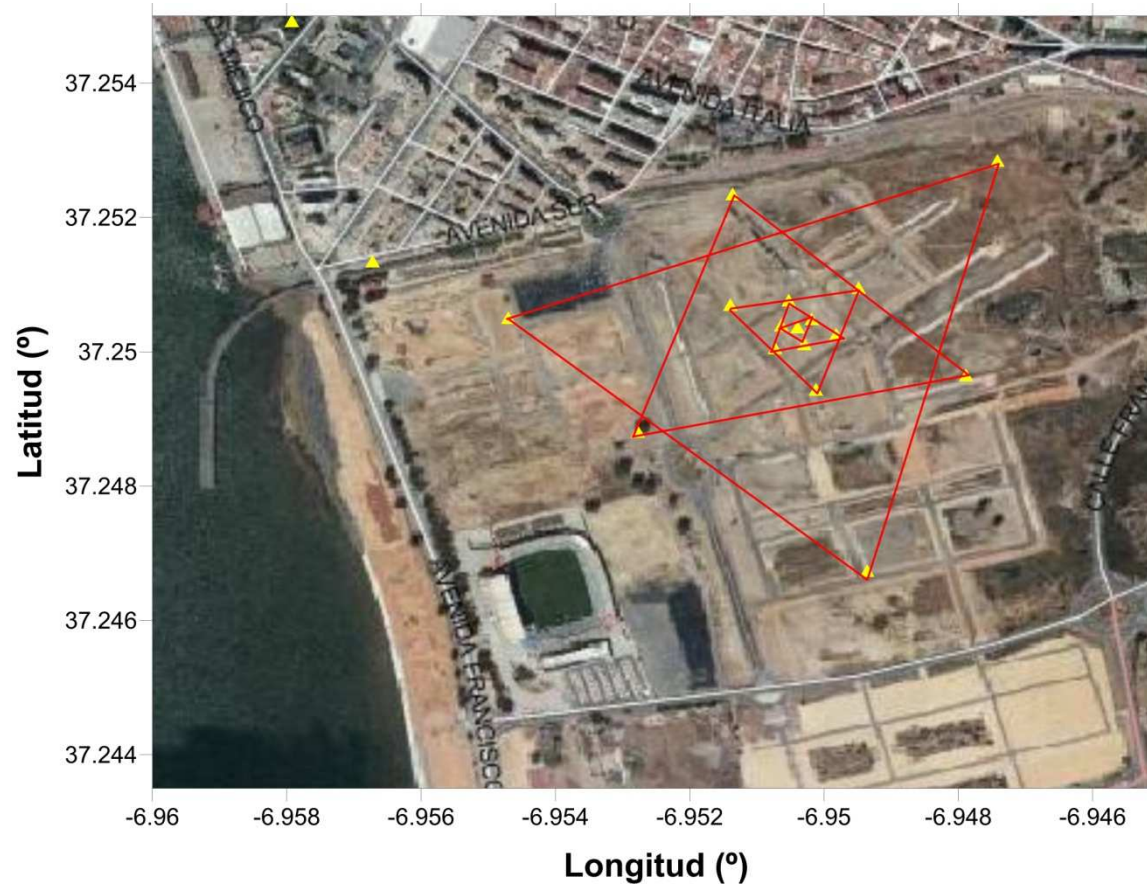
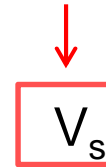
Todos los puntos de medida muestran amplificación.  
Picos claros.  
Valores altos de amplitud H/V.

- Método del cociente espectral H/V



## Exploración geofísica del subsuelo

- Técnica de array

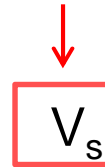


- Array triangular
- Radio máximo: 400m
  - 25-55-100-250-400 m
- Equipo utilizado:
  - 7 Sismómetros Lennartz 3D-5s
  - 7 Sara SL06
- Muestreo 200 Hz
- Longitud de registro:
  - 20 – 90 minutos
- Procesado (FK y SPAC):
  - <http://www.geopsy.org>



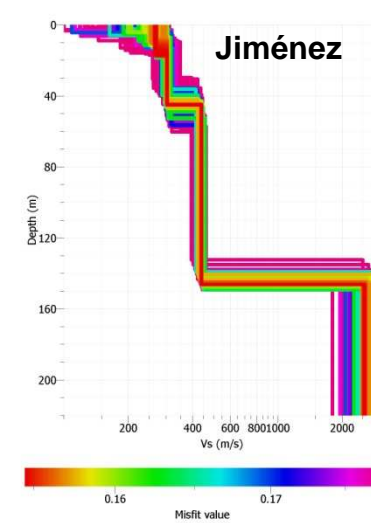
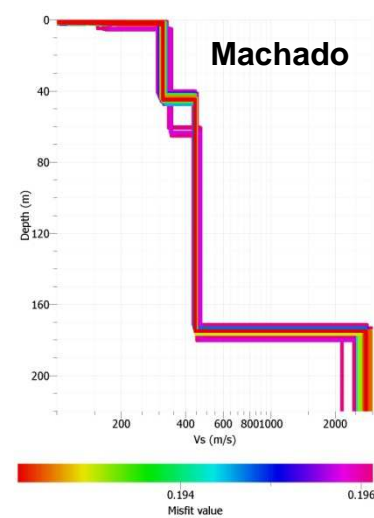
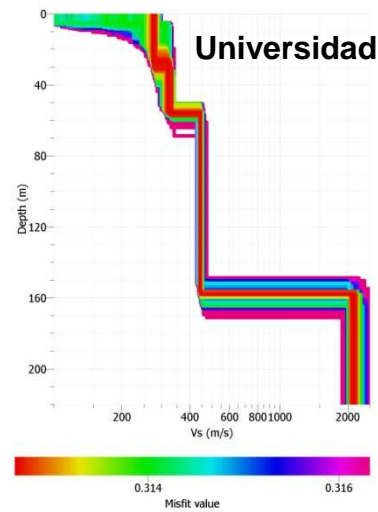
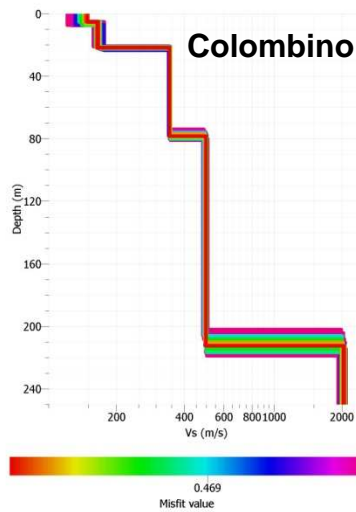
# Exploración geofísica del subsuelo

## ■ Técnica de array



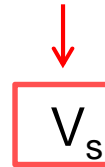
La mejor solución es la que tiene menos error (rojo).

Los 4 perfiles de  $V_s(z)$  llegan al basamento rocoso.



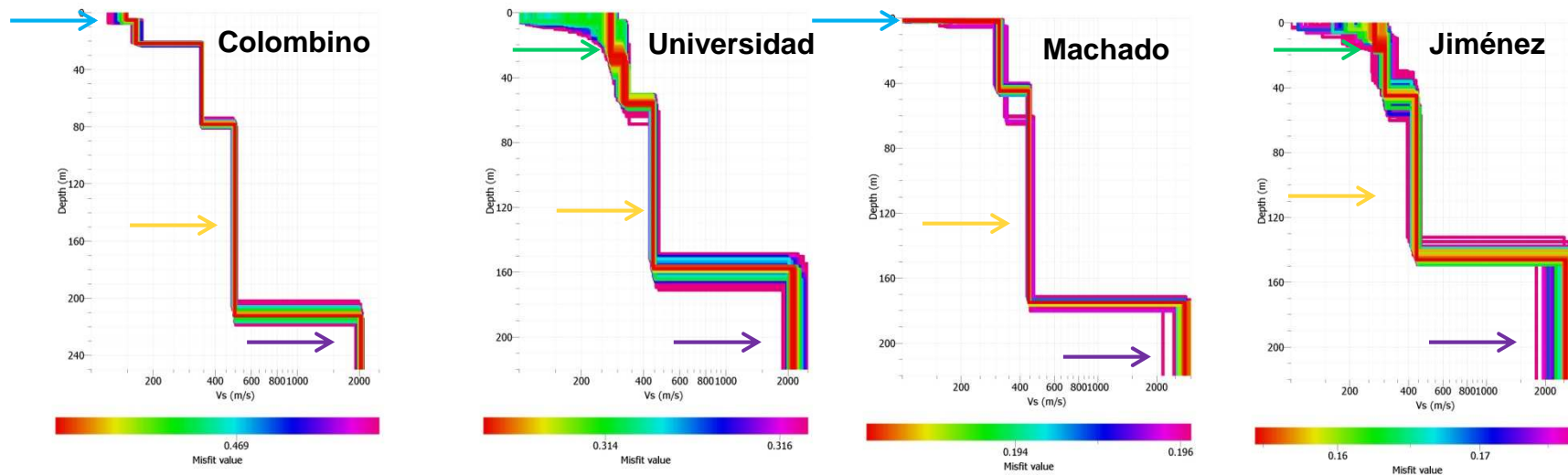
# Exploración geofísica del subsuelo

## ■ Técnica de array



La mejor solución es la que tiene menos error (rojo).

Los 4 perfiles de  $V_s(z)$  llegan al basamento rocoso.



- $V_s$  superficial (10m) en Colombino y Machado  $< 150$  m/s (marismas y limos)
- $V_s$  superficial (10m) en Universidad y Jiménez  $< 250$  m/s (arcillas)
- $V_s$  suelos profundos  $\sim 450$  m/s
- Basamento rocoso  $> 2000$  m/s

**Fuerte contraste de velocidades suelo-roca!!!**

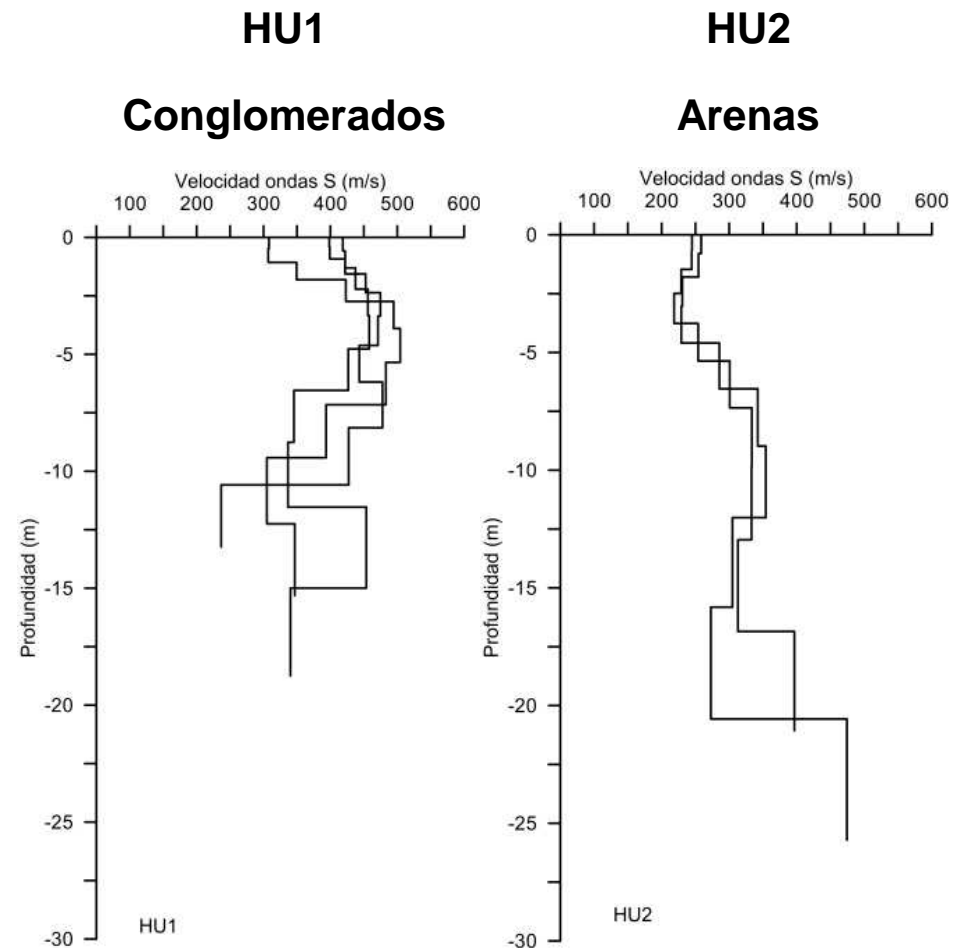


## Exploración geofísica del subsuelo

- Digitalizador: Summit DMT
- 24/48 Geófonos: Verticales 4.5 Hz
- Muestreo: 4000 Hz (0.25 ms)
- Registro: 1 – 3 segundos
- Espaciado 2.5 – 5 metros

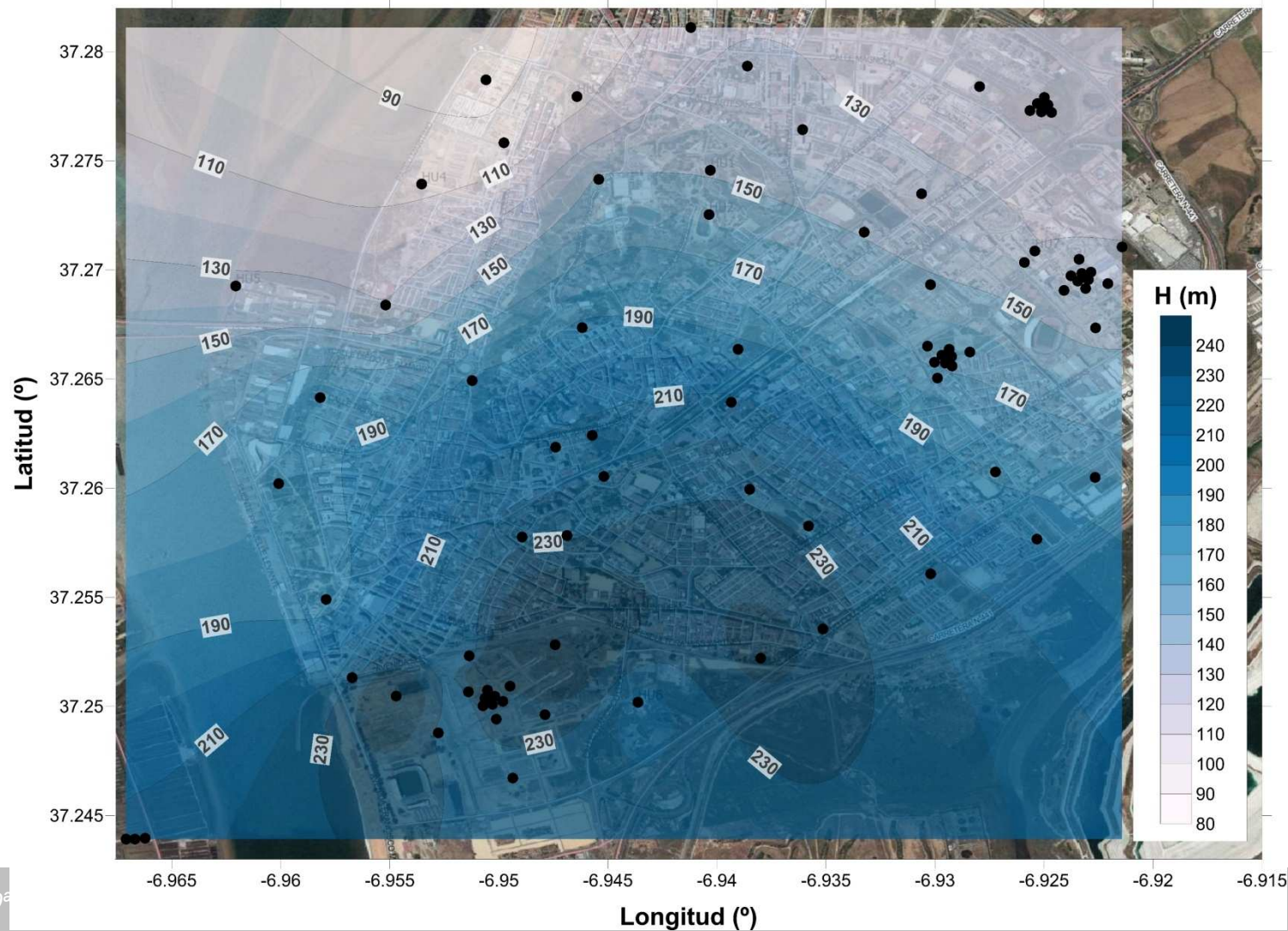


- Método MASW:  $V_s$ 
  - Superficie limitada
  - Definición alta frecuencia en array



## Cálculo de la profundidad del basamento rocoso

- Combinando  $f_0$  i  $V_S$  obtenemos la profundidad del basamento rocoso.
- Muy útil para conocer la respuesta del suelo en función de la frecuencia.



## Modelización de la respuesta sísmica del suelo

- Programa de simulación numérica: ProShake 1D lineal-equivalente

- Datos de entrada:**

- Columnas de suelo definidas a partir de la exploración geofísica, mapas geológicos e información geotécnica.
- Movimiento sísmico en roca: espectro de respuesta similar al propuesto en NCSE-02.

- Datos de salida:**

- Función de transferencia, espectro de respuesta en suelo.
- PGA, PGV, PGD, AI, etc.
- Incremento de intensidad macrosísmica:

$$\ln(AI) = 1.50 \cdot I_L - 6.42 \quad (\text{Cabañas et al., 1997})$$

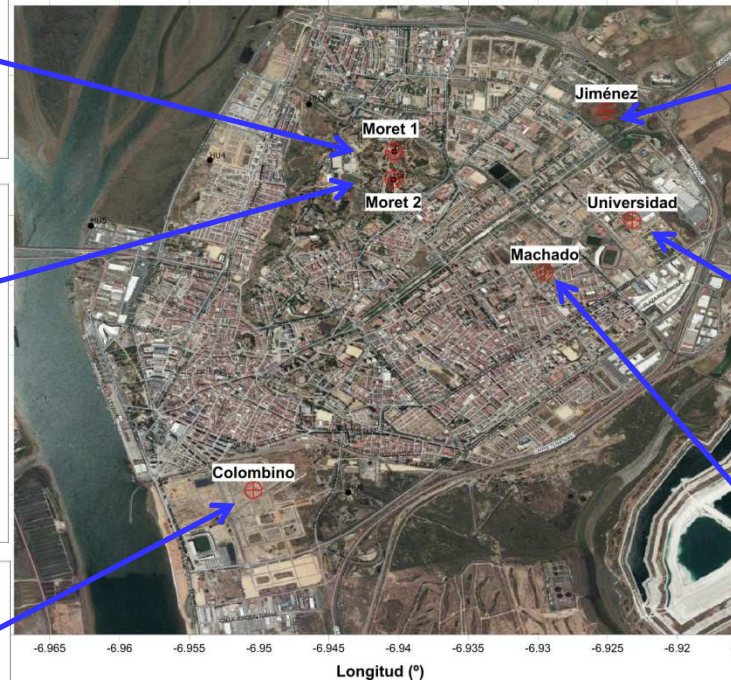
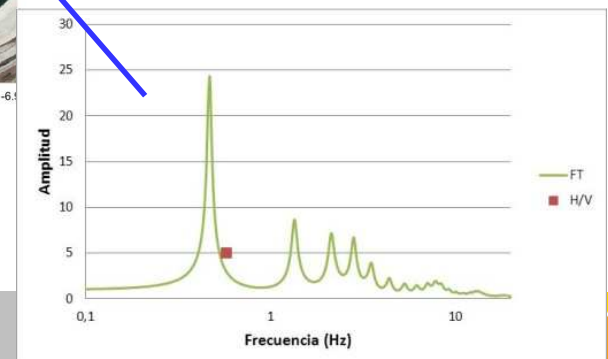
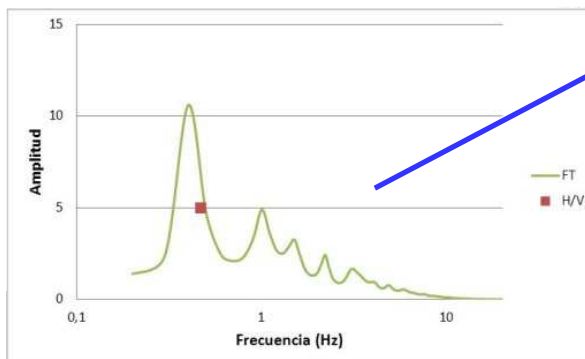
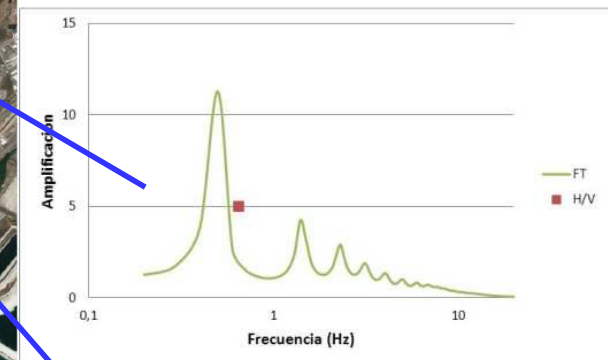
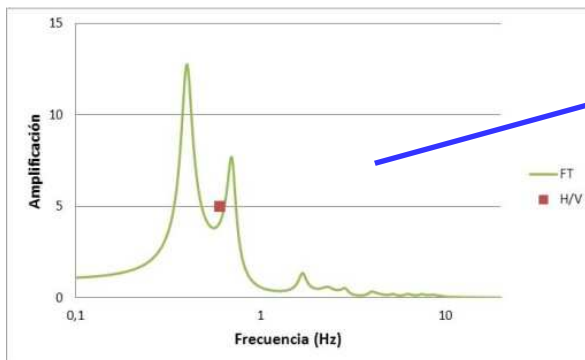
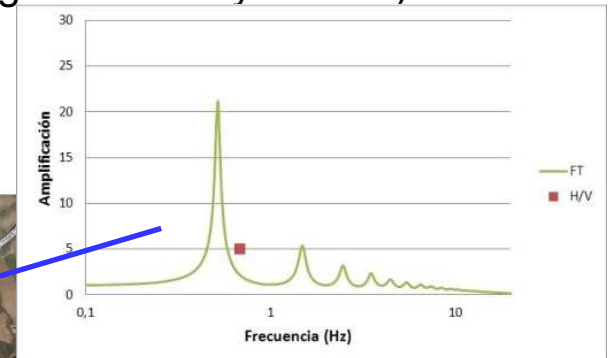
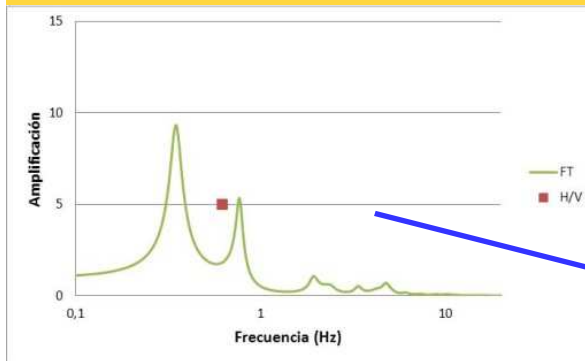


$$\Delta I = 0.66 \cdot \ln(AI_S / AI_R)$$

# Modelización de la respuesta sísmica del suelo

- Función de transferencia:
  - Amplificaciones muy elevadas en baja frec.
  - No-amplificación o desamplificación en alta frecuencia (conglomerados y arenas).

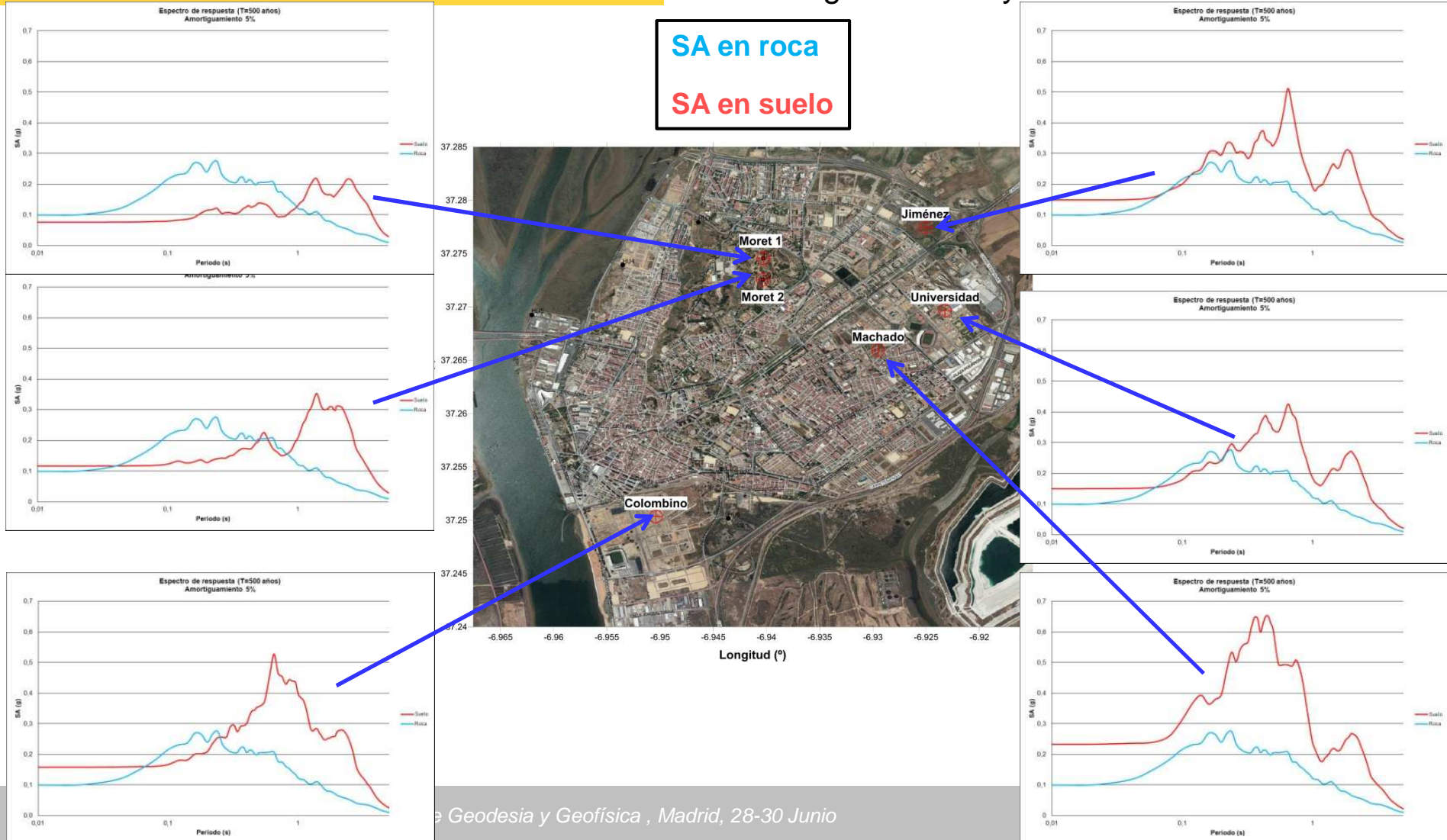
Función de transferencia  
 $f_0$  cociente espectral H/V





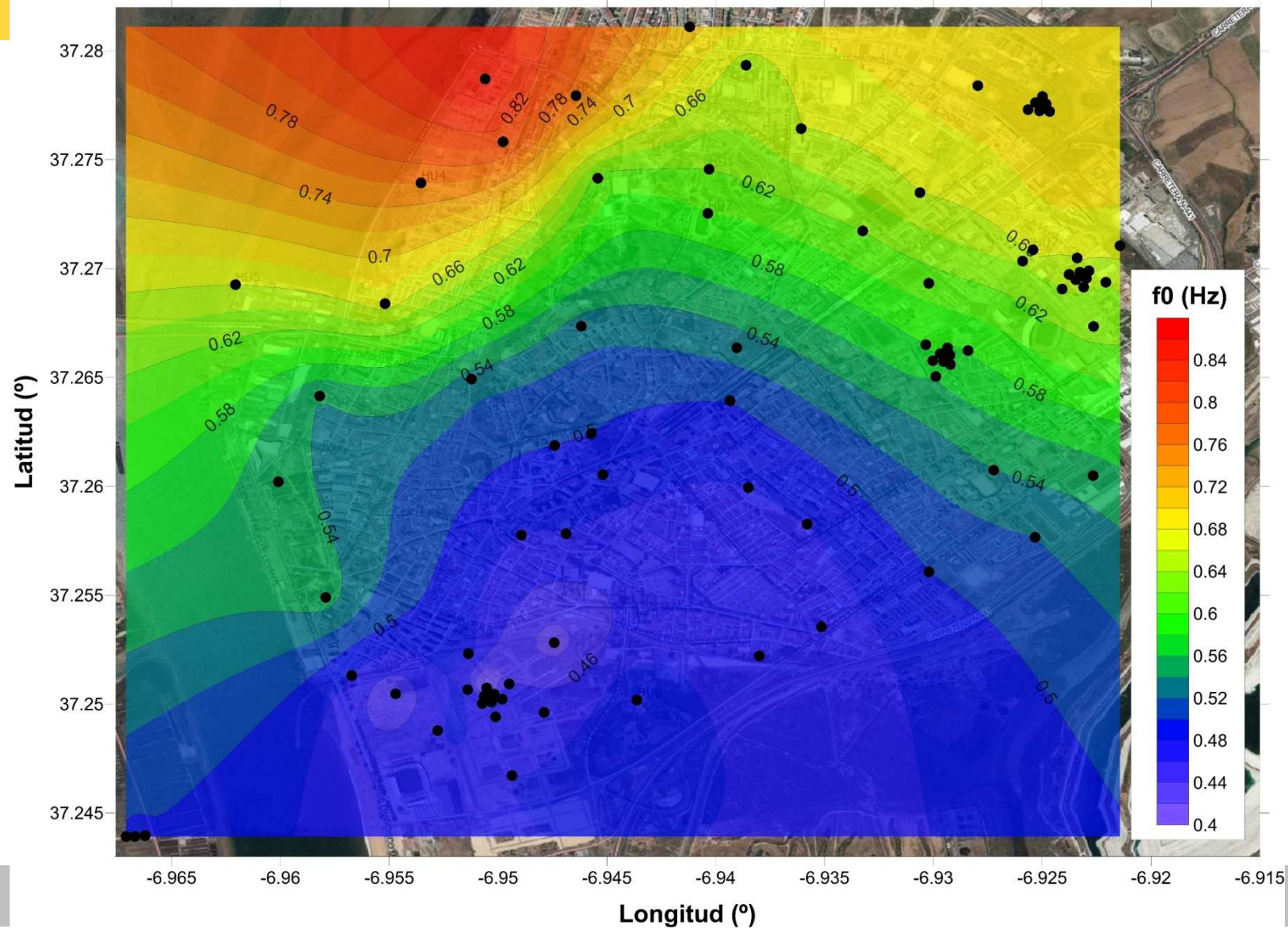
# Modelización de la respuesta sísmica del suelo

- Espectro de respuesta:
  - Amplificaciones en altos periodos.
  - Desamplificación importante en conglomerados y arenas.



## Microzonación sísmica en función de $f_0$

- Método del cociente espectral H/V  
 $f_0$  varía entre 0.43 – 0.86 Hz

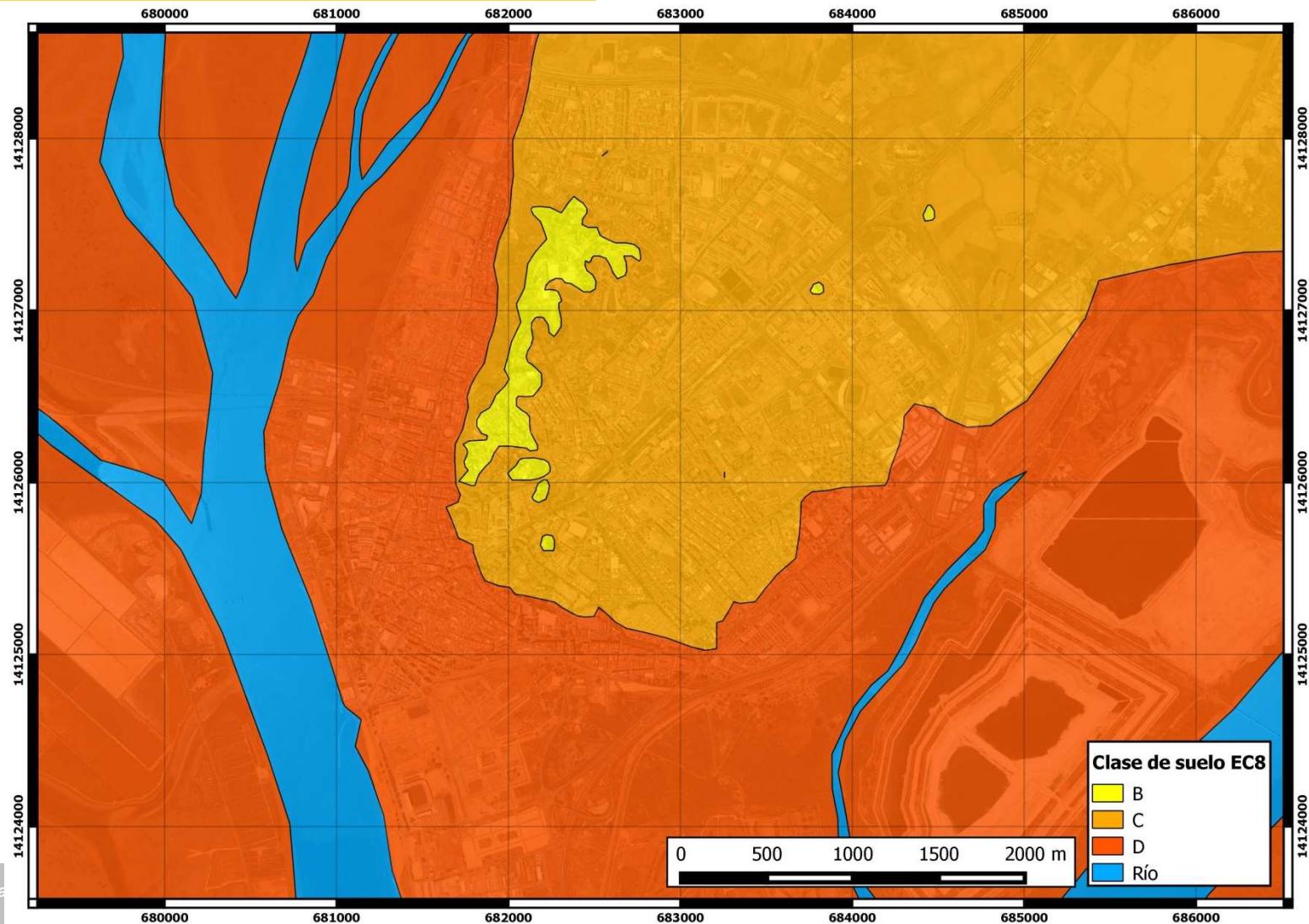


## Clasificación del suelo en función de las clases EC8

**Conglomerados: B**

**Arenas, limos y arcillas: C**

**Marismas: D**

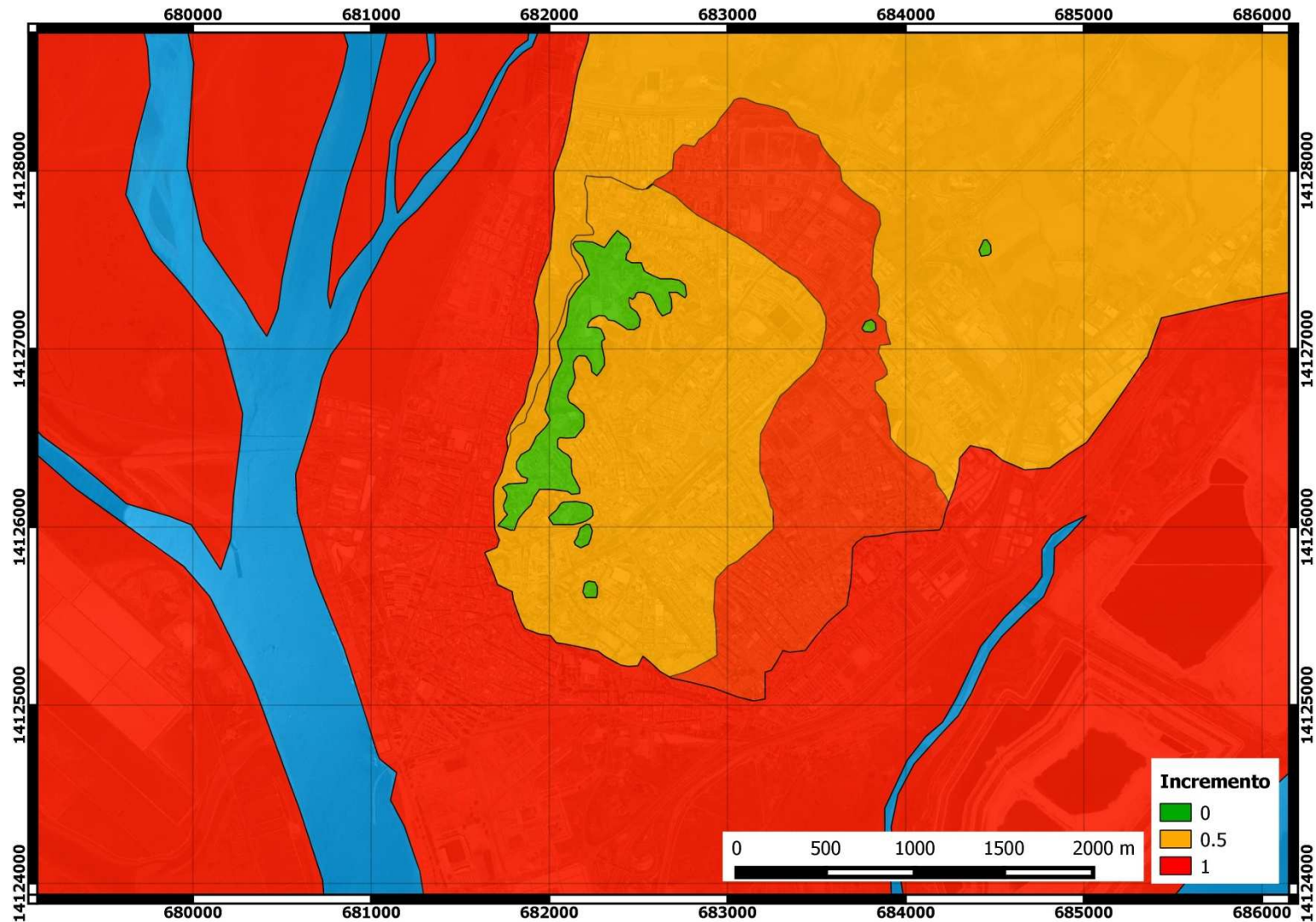


# Microzonación sísmica en función de $\Delta I$

**Conglomerados: +0.0**

**Arenas y arcillas: +0.5**

**Marismas y limos: +1.0**



## Conclusiones

- El objetivo de este trabajo ha sido la **evaluación de la respuesta sísmica local** de la ciudad de Huelva y la realización de mapas de microzonación sísmica.
- Se ha aplicado una metodología **adaptada a zonas urbanas** para caracterizar el subsuelo de la ciudad de Huelva.
- **Método H/V**: Los valores de  $f_0$  oscilan entre 0.43 y 0.86 Hz .
- **Arrays y MASW**: Perfiles de  $V_S$  hasta el basamento rocoso.
- **Modelización (ProShake)**:
  - FT amplificaciones importantes  $< 1$ Hz.
  - Desamplificación en altas frecuencias (conglomerados y arenas).
- **Clasificación EC8**:
  - Conglomerados: B. Arenas, limos y arcillas: C. Marismas: D.
- **Incremento de intensidad**:  $\Delta I=0$  en conglomerados,  $\Delta I= 0.5$  en arenas y arcillas,  $\Delta I=1.0$  en limos y marismas.
- **Se obtiene una peligrosidad sísmica elevada en una zona con considerable población e importante zona industrial.**



**Gracias por su  
atención!**

**Institut Cartogràfic i Geològic  
de Catalunya**

Parc de Montjuïc,  
E-08038 Barcelona

41°22'12" N, 2°09'20" E (ETRS89)

 [www.icgc.cat](http://www.icgc.cat)

 [icgc@icgc.cat](mailto:icgc@icgc.cat)

 [twitter.com/ICGCat](https://twitter.com/ICGCat)

 [facebook.com/ICGCat](https://facebook.com/ICGCat)

Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67

Este trabajo se incluye en el proyecto  
**ALERTES-RIM** (CGL2013-4572h-C3-2-R)  
financiado por el Ministerio de Economía y  
Competitividad.

