

# Detecció i notificació automàtiques de terratrèmols

Núria Romeu i Petit  
31/03/2016



# Introducció

Adquisició de dades en temps real



Processament automàtic



Notificació automàtica de la informació

# Índex

- 1. Xarxa sísmica i acceleromètrica de l'ICGC/IEA**
2. Processament automàtic
3. Notificacions automàtiques

## Exemple estació de la xarxa sísmica de l'ICGC (BB): CMAS

Exemple d'estació sísmica a CMAS (Mas de Barberans, Montsià)

Elements bàsics:

- Pou sísmic amb el sensor (velocímetre)
- Alimentació amb panells solars
- Transmissió digital via satèl·lit (VSAT)

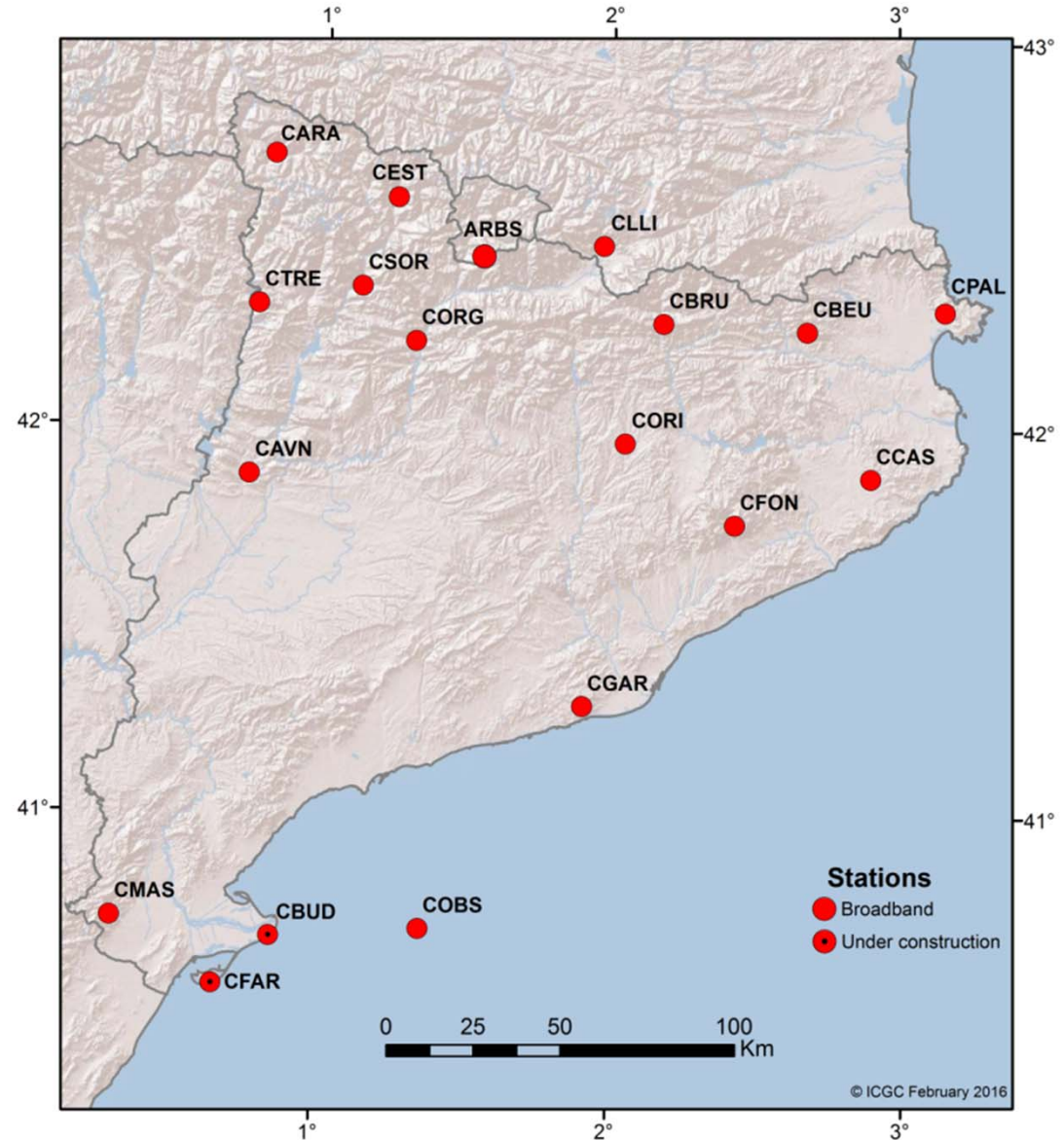


## Mapa xarxa sísmica ICGC/IEA

Criteria de selecció d'emplaçament:

- Localitzacions remotes per evitar sorolls
- Condicions geològiques: aflorament rocós
- Assegurar la detecció de la sismicitat a Catalunya

<http://www.icgc.cat/xarxasismica>



# Mapa de sismicitat de Catalunya

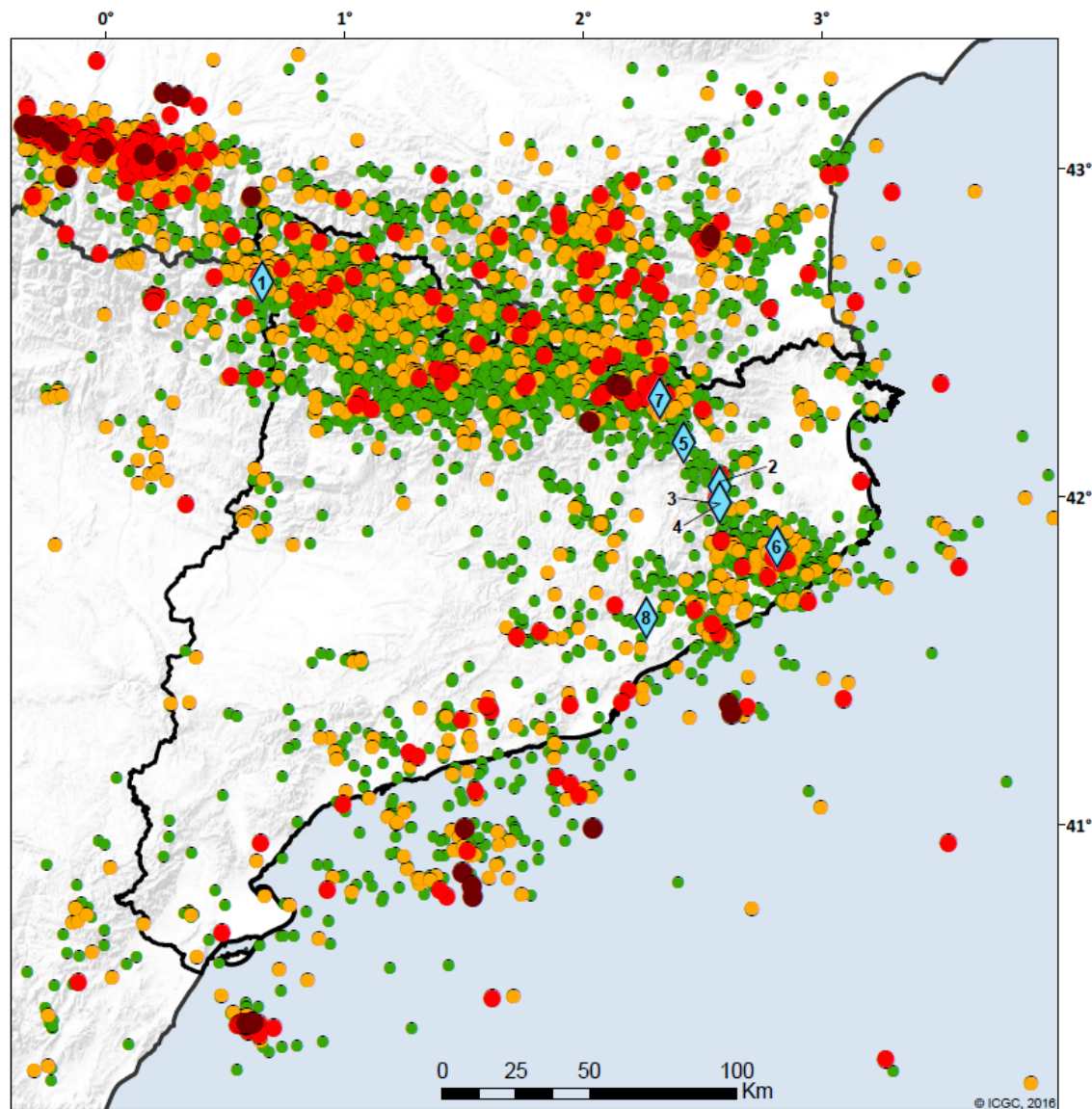
## 1984-2013 EARTHQUAKES

### MAGNITUDE

- M < 2
- 2 ≤ M < 3
- 3 ≤ M < 4
- 4 ≤ M < 5.2

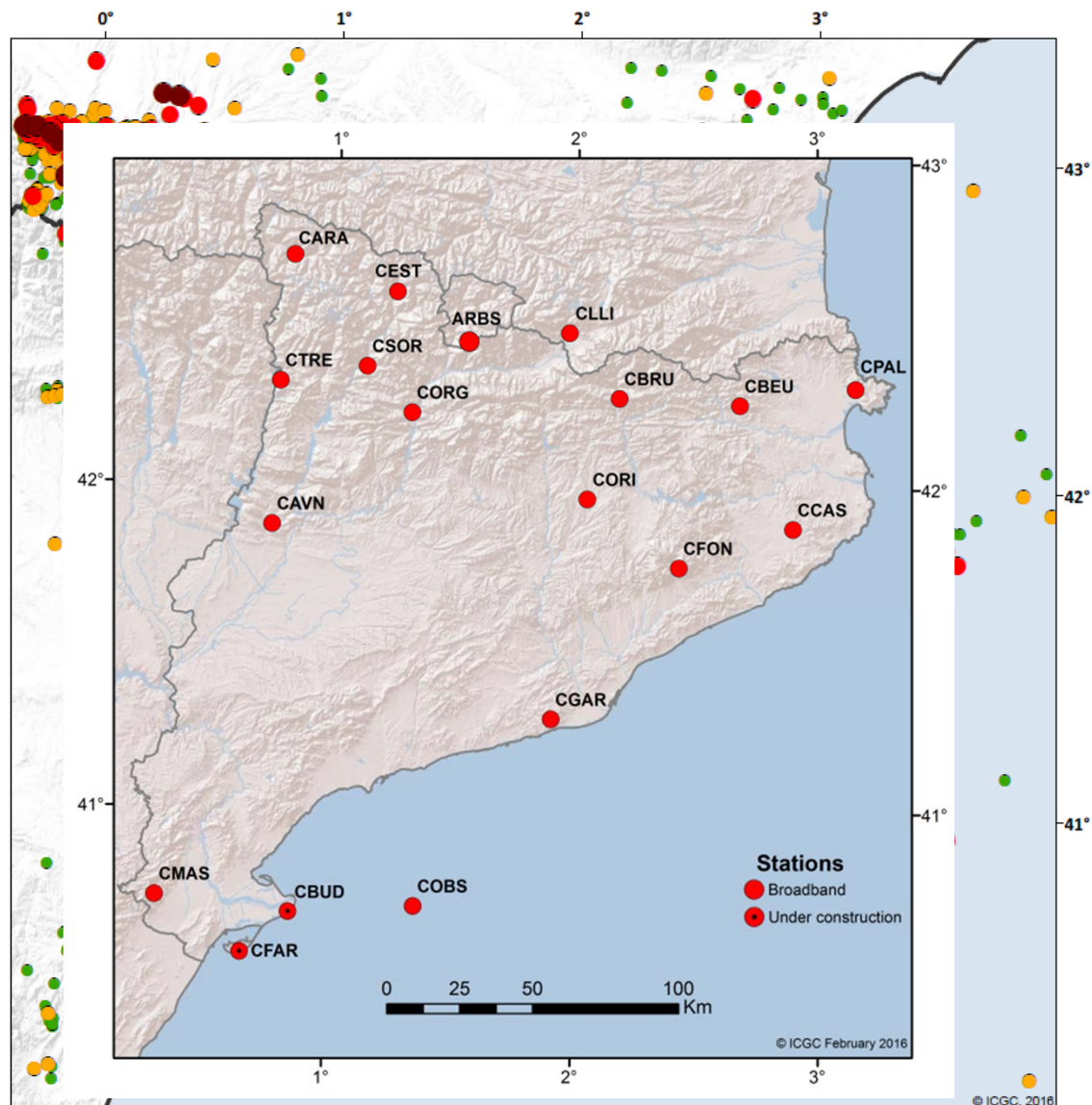
## PRINCIPAL HISTORIC EARTHQUAKES

DATA	EPICENTRAL INTENSITY	DATA	EPICENTRAL INTENSITY
1 1373.03.03	VIII-IX	5 1427.05.15	VIII
2 1427.03.13	VI-VII	6 1427.06.14	VII
3 1427.03.19	VIII	7 1428.02.02	IX
4 1427.04.22	VI-VII	8 1448.05.25	VII-VIII



## Mapa xarxa sísmica ICGC/IEA

La distribució actual de les estacions de la xarxa sísmica està relacionada amb la sismicitat instrumental i històrica de Catalunya



## Sismòmetre submarí instal·lat a la costa de Tarragona (COBS)



*OBS* permanent instal·lat a 400m de la plataforma petrolífera Casablanca (REPSOL)





## Exemple estació de la xarxa acceleromètrica de l'ICGC/IEA: GIRR

Exemple d'estació acceleromètrica a GIRR (Girona)



Elements bàsics:

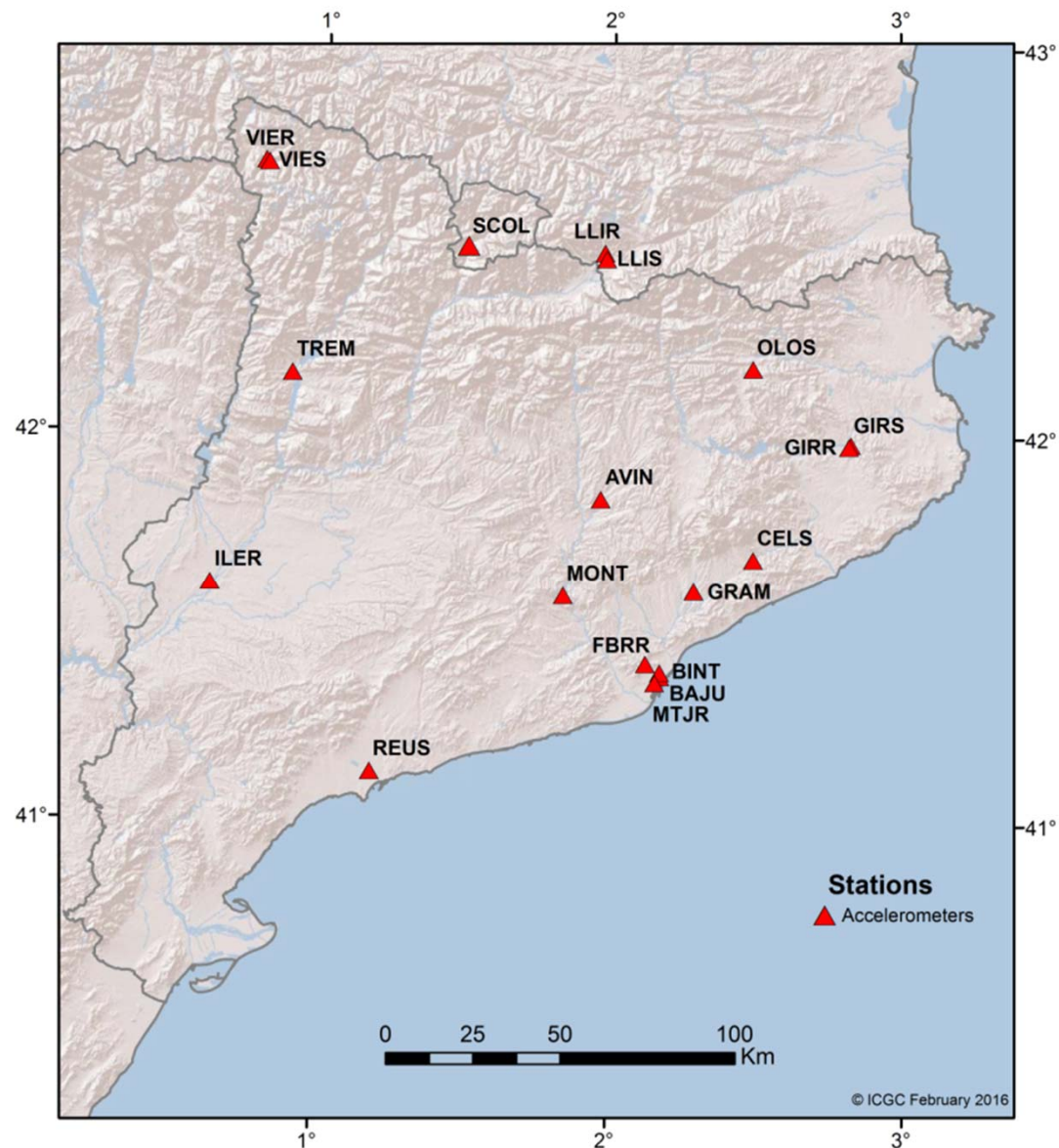
- Sensor (acceleròmetre) en contacte amb la roca
- Alimentació per xarxa elèctrica
- Connexió internet



## Mapa xarxa acceleromètrica ICGC/IEA

criteris de selecció de  
l'emplaçament:

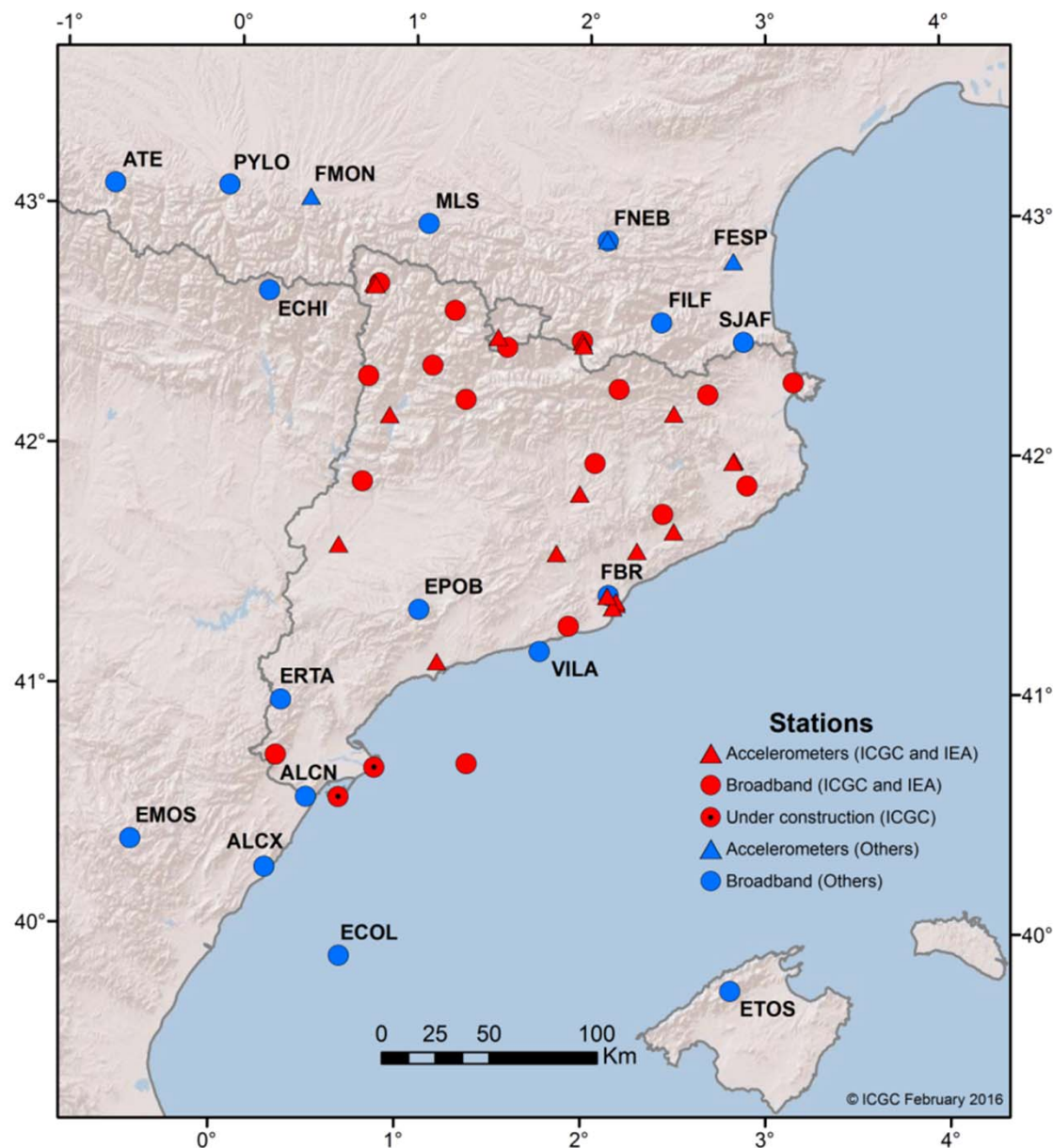
- Zones de sismicitat rellevant
- Zones densament poblades i/o amb indústries perilloses
- Zones amb diferents tipus de materials (sediments i roca) per estudis específics



## Recepció de dades d'altres estacions

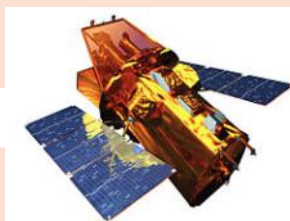
Els convenis de col·laboració amb altres organismes han fet possible la recepció en temps real d'estacions complementàries:

- *Instituto Geográfico Nacional, IGN* (6)
- *Observatoire Midi-Pyrénées, OMP* (6)
- *Bureau de Recherches Géologiques et Minières, BRGM* (3)
- ENAGAS / Obs. de l'Ebre (2)
- UPC Vilanova i la Geltrú (1)
- IEC/LEGEF / Obs. Fabra (1)



# HUB

16+1 estacions  
BB (ICGC/IEA)



retard: 8 s

3 estacions  
ACCEL (altres)

retard: 8 s

18+1 estacions  
ACCEL (ICGC/IEA)



retard: 6 s

16 estacions  
BB (altres)

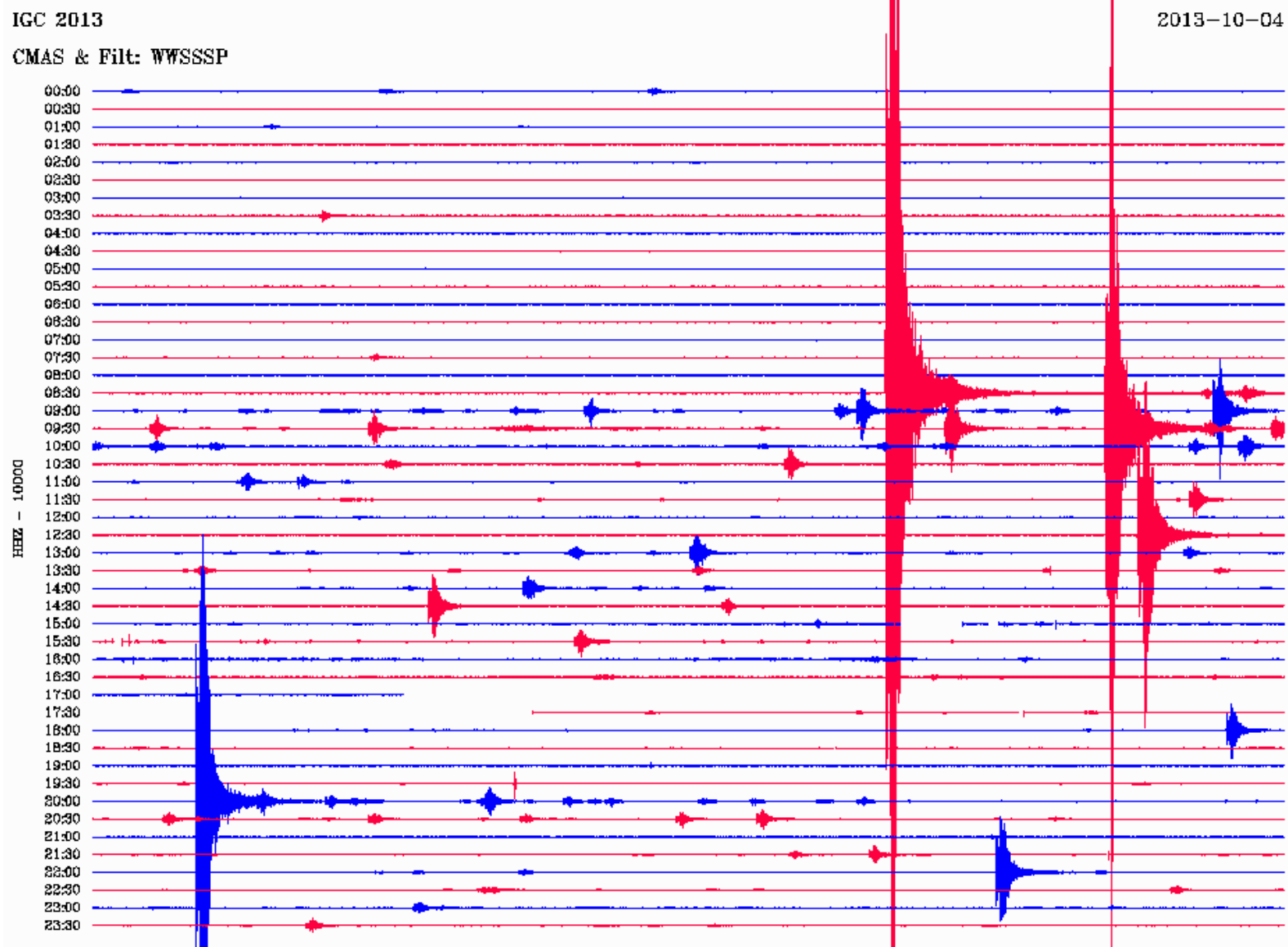
retard: 14 s



## HUB ICGC

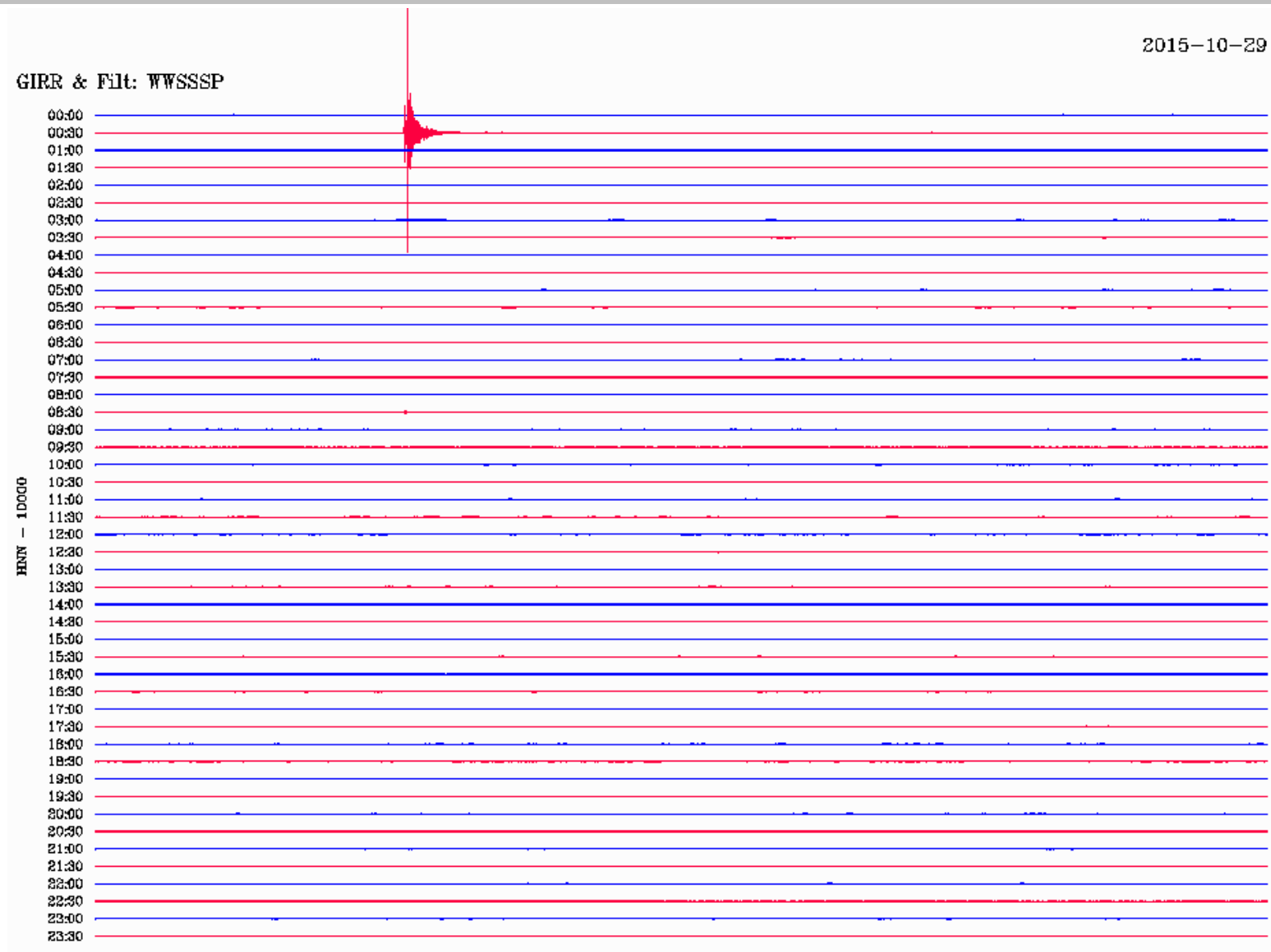
Recepció de dades sísmiques  
digitals en continu i en temps  
real

[http://www1.igc.cat/web/ca/sismologia\\_sismograma.php](http://www1.igc.cat/web/ca/sismologia_sismograma.php)



Registre (filtrat) de CMAS (component vertical) del dia 04/10/2013, durant la crisi del CASTOR



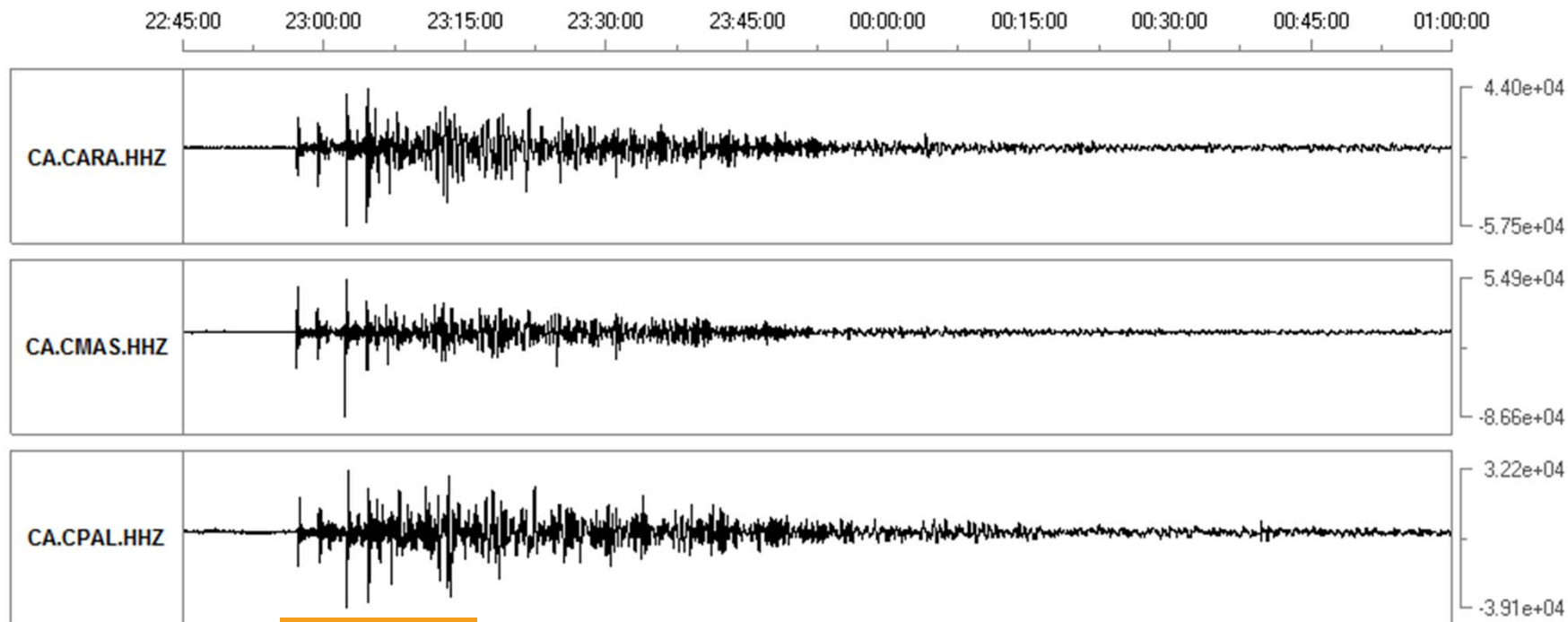


Registre (filtrat) de GIRR (component horitzontal) del dia 29/10/2015 pel sisme Alt Empordà de Ml 4.3



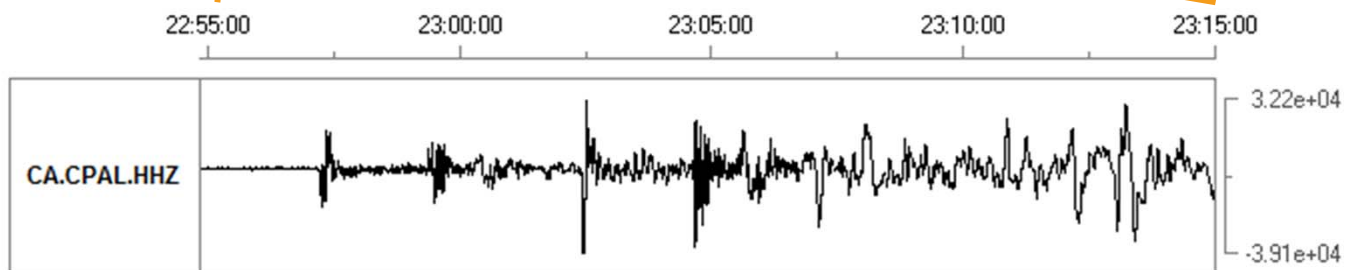
Peru Brazil Border M=7.6 NEIC  
2015/11/24\_22:45:38

>2h

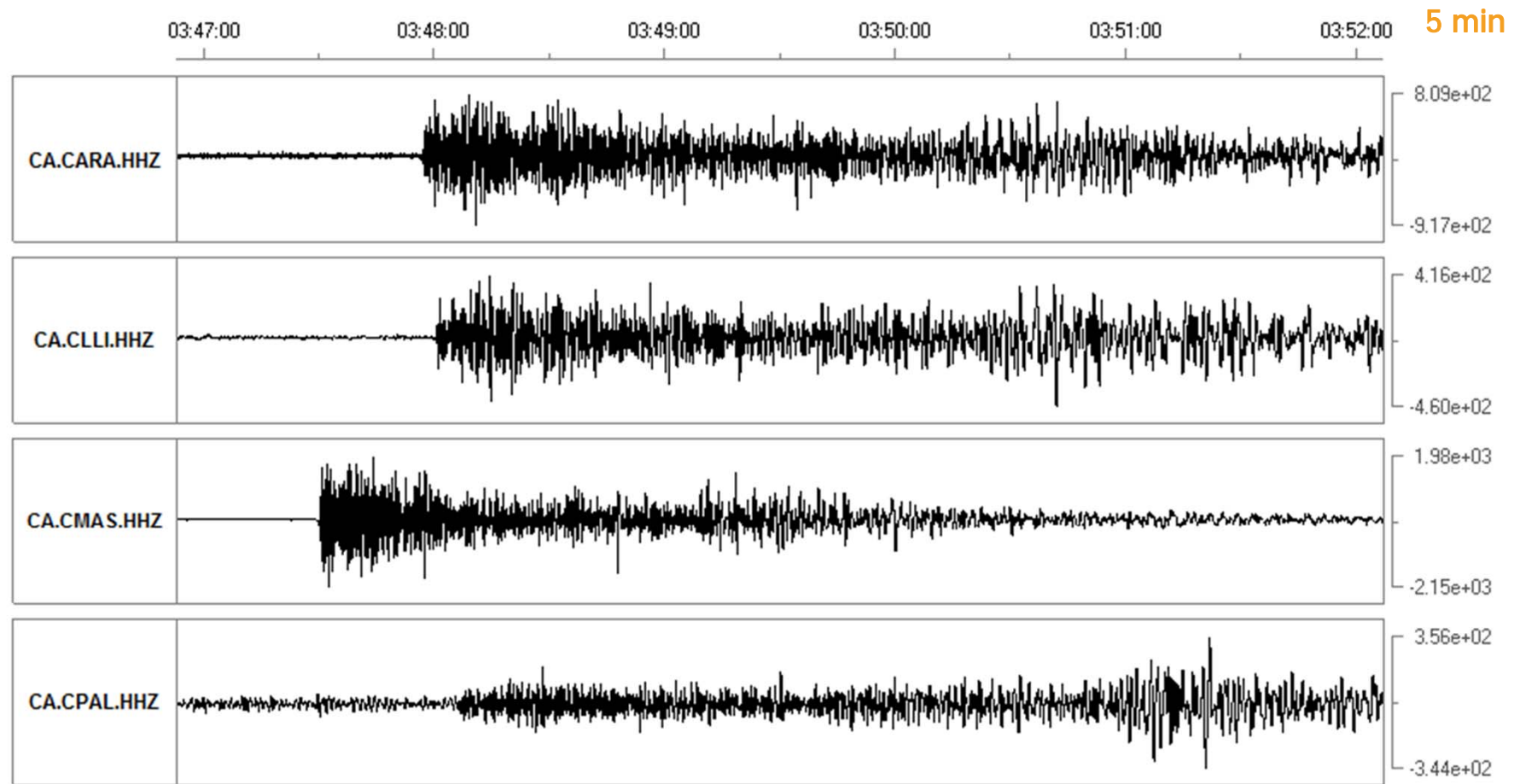


© ICGC

20 min



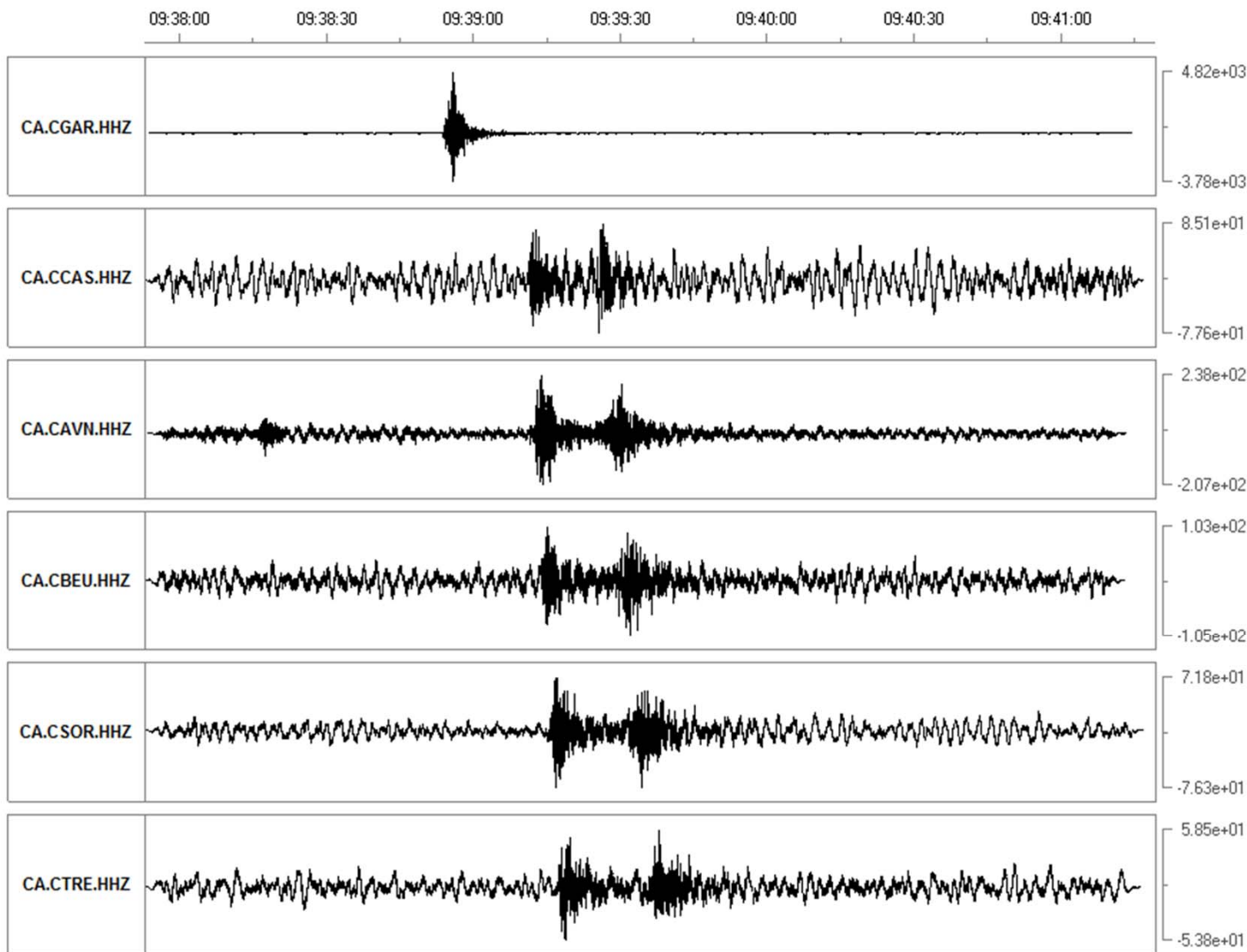
**Alborán Sur M=5.1 IGN  
2016/02/22\_03:46:02**



© ICGC



**Garraf M=1.7 ICGC  
2014/09/17\_09:38:52**

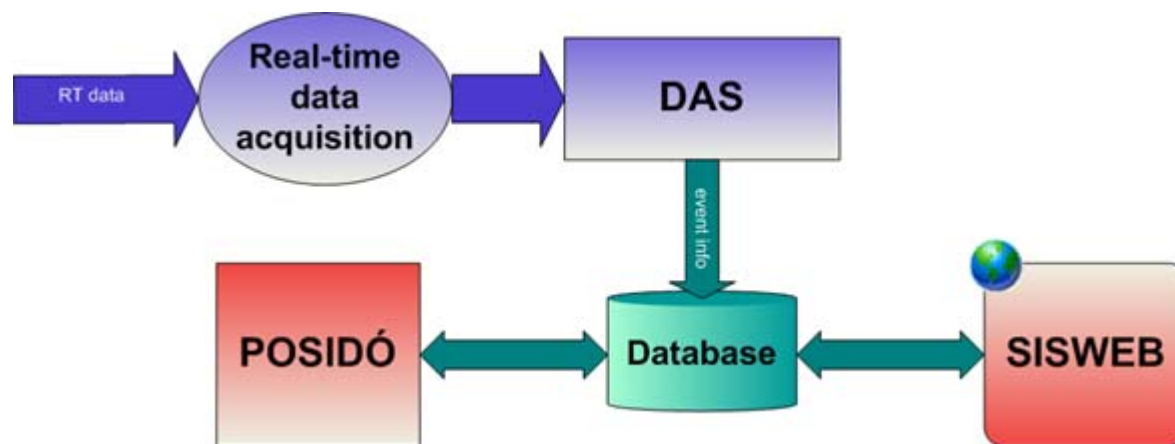


# Índex

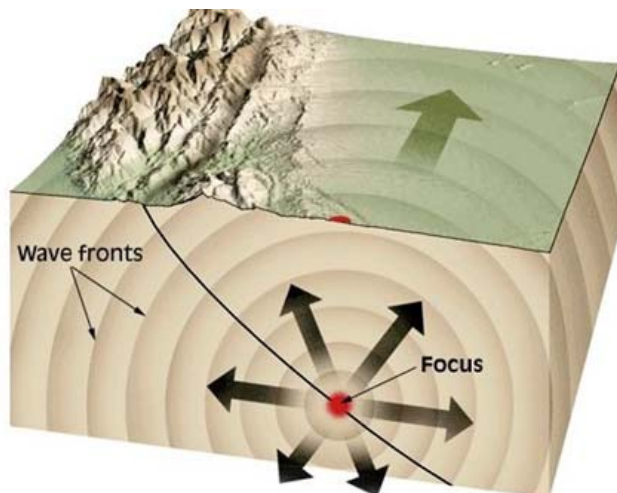
1. Xarxa sísmica i acceleromètrica de l'ICGC/IEA
- 2. Processament automàtic**
3. Notificacions automàtiques

## Sistema DAS

- El sistema de **D**eterminació **A**utomàtic de **S**ismes locals (DAS) té com a objectiu proporcionar els paràmetres hipocentrals d'un sisme d'una manera automàtica, ràpida i fiable
- DAS es va desenvolupar el 2005 a partir d'*Earthworm*, un projecte del servei geològic dels Estats Units (USGS) modificat i configurat per adaptar-lo a les necessitats de l'ICGC i a les particularitats de la seva xarxa



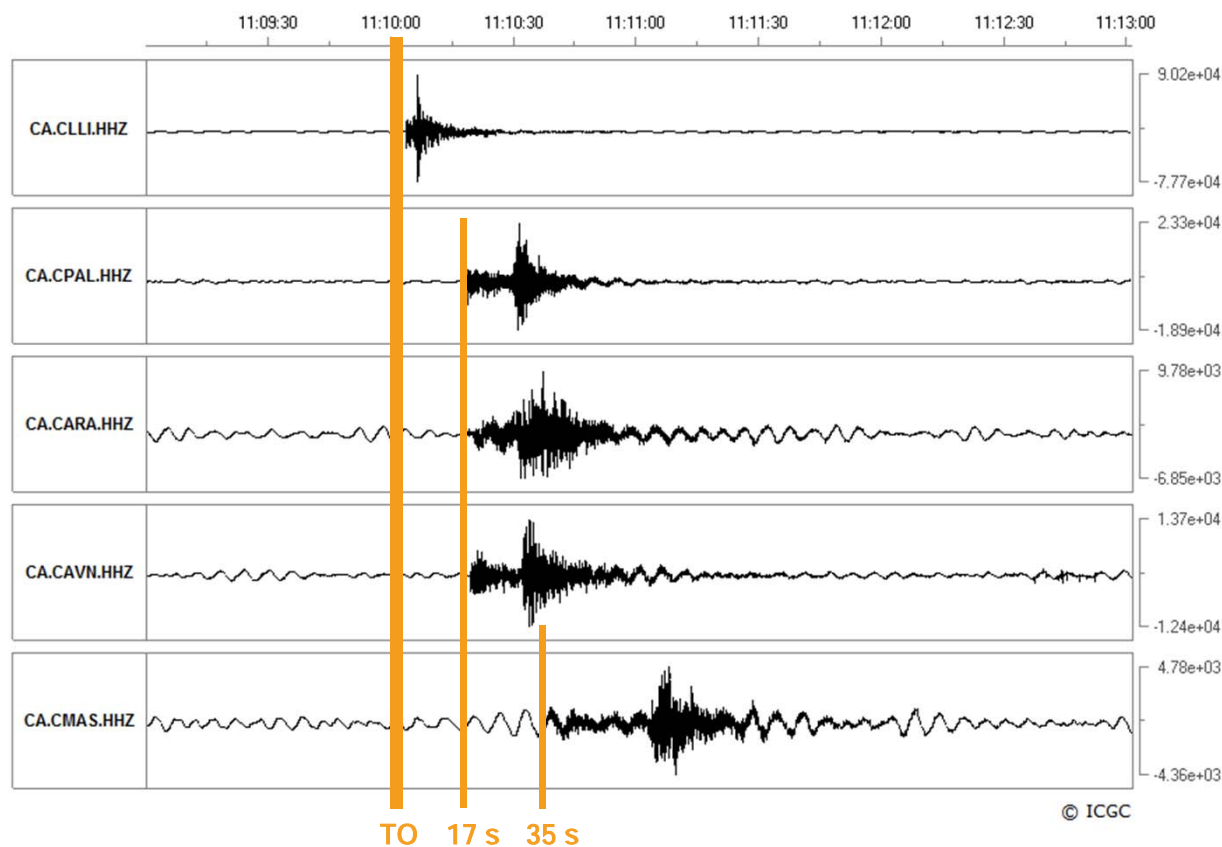
## Recepció de dades



Ocurrència del sisme  
(Temps Origen):

18/11/2015 11:10:00.60 TU

En pocs segons, les ones sísmiques es propaguen fins a les estacions: CLLI als 3 s, CPAL i CARA als 17 s, CMAS als 35 s.



## Detecció automàtica

## TO + entre 17 i 26 s

⇒ Detecció de les primeres 4 lectures automàtiques: ARBS, CBRU, CBEU, FILF

- Les estacions envien les dades a l'ICGC i es processen en paral·lel
- Es necessiten uns 3 s de processament automàtic per detectar les arribades de les ones sísmiques (lectures de fases)
- Amb un mínim de 4 lectures coherents es declara l'esdeveniment

```

10 6 0 7623 ARBS CAHHZ U0 20151118111006.99 553 1837 2372
20151118.UTC_11:10:17 grid_stack, mhit = 0

10 6 0 7624 CBRU CAHHZ U0 20151118111004.07 10849 20262 13620
20151118.UTC_11:10:25 grid_stack, mhit = 8

10 6 0 7625 CBEU CAHHZ U0 20151118111010.82 280 1481 2120
20151118.UTC_11:10:25 grid_stack, mhit = 12

10 6 0 7626 FILF CAHHZ U0 20151118111008.47 840 237 665
20151118.UTC_11:10:26 grid_stack, mhit = 16

Grid counts, depth = 1.3 km.
starting location 2015Nov18 1110 0.59 42.3613 1.9501 6.0

grid_stack : npix = 4
iter : 0 Start 0.23 42.3613 1.9501 6.04
iter : 1 Free 0.02 42.3297 1.9569 6.04
iter : 2 Free 0.01 42.3285 1.9570 6.04
20151118.UTC_11:10:26 hyp : 13814 2015Nov18 1110 0.35 42.3285 1.9570
6.04 4
par : dmin = 18.9, ravg = 40.2, gap = 183.7
pck : ARBS CAHHZ P OU 36.70 6.99 -0.00 <0.17>
pck : CBRU CAHHZ P OU 18.88 4.07 -0.00 <0.29>
pck : CBEU CAHHZ P OU 59.58 10.82 0.08 <0.09>
pck : FILF CAHHZ P OU 45.72 8.47 -0.00 <0.13>
rms : 0.01, dmin = 18.88
  
```

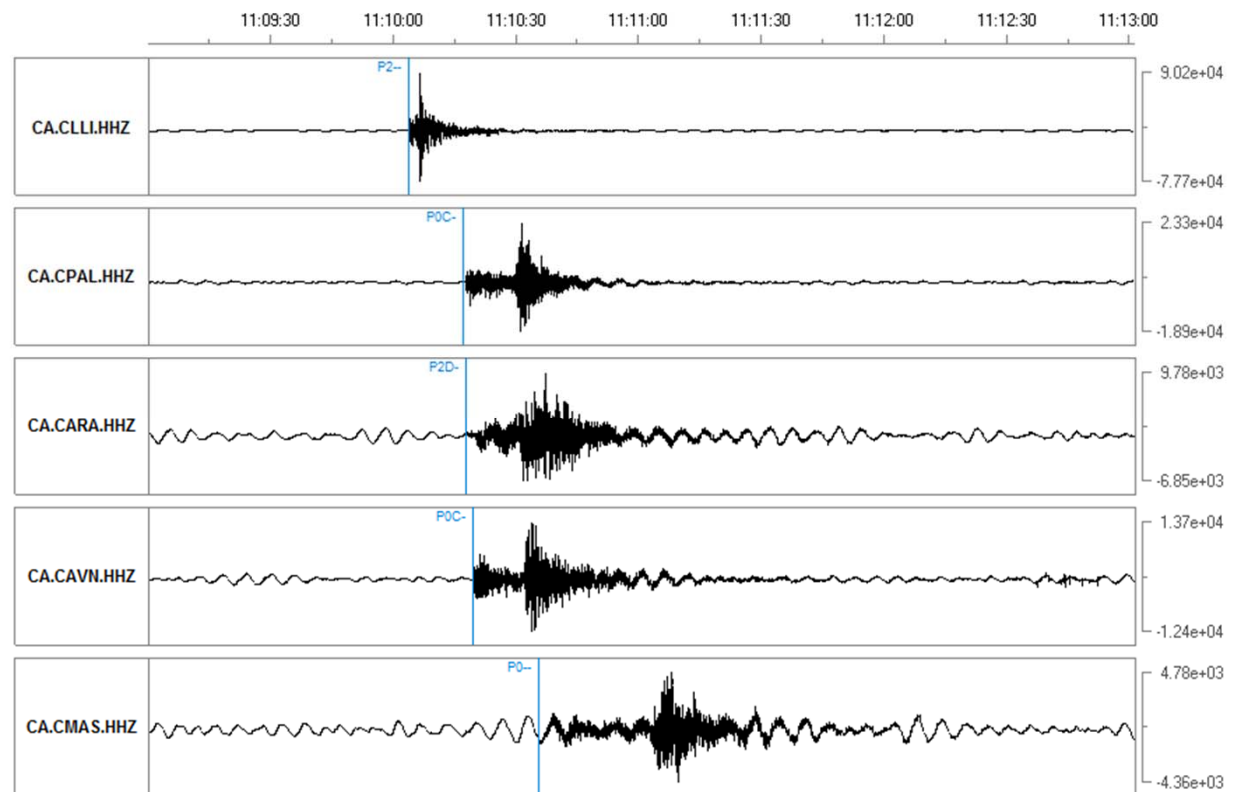
⇒ Declaració de l'esdeveniment

## Detecció automàtica

### T0 + 1.5 min

⇒ Es detecten i associen un total de 22 lectures de fase

Les resta de lectures de fase detectades es van associant a l'esdeveniment declarat sempre que estiguin dins d'uns intervals de temps calculats a partir del model de propagació de les ones

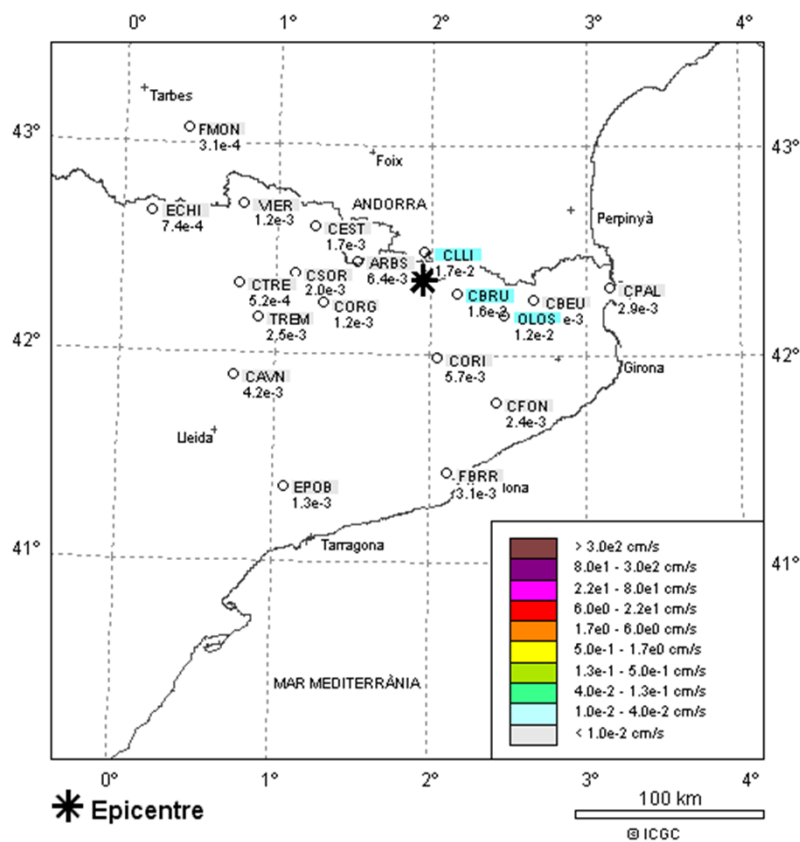


# Determinació epicentral automàtica

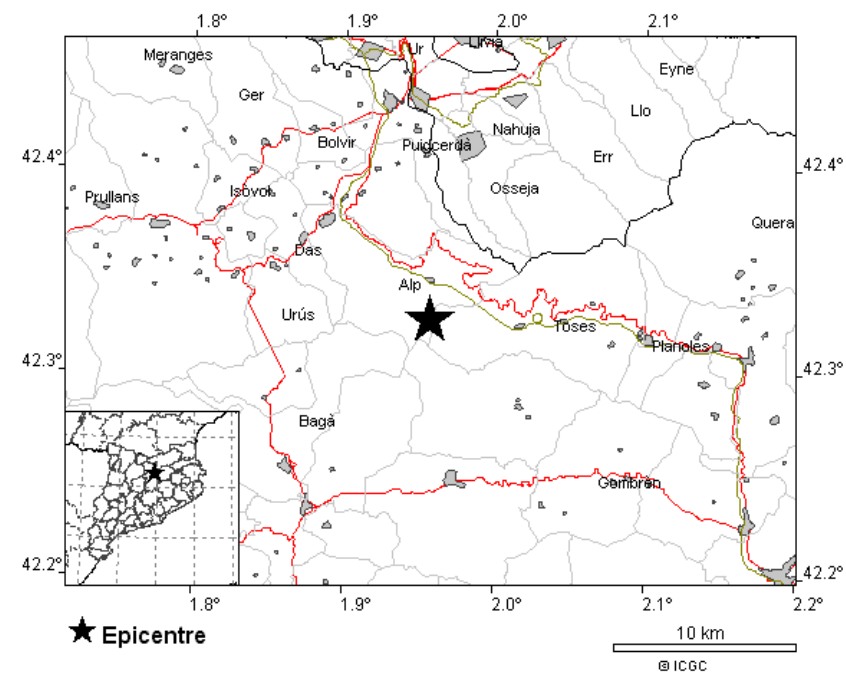
## TO + 3 min

- ⇒ Localització de l'esdeveniment
- ⇒ Càlcul de la magnitud local (Richter)
- ⇒ Tractament per obtenir els valors màxims d'acceleració i velocitat en les estacions

MAPA DE VALORS MÀXIMS ENREGISTRATS DE VELOCITAT [cm/s]  
A CATALUNYA, A ANDORRA I AL DEPARTAMENT DELS PIRINEUS-ORIENTALS



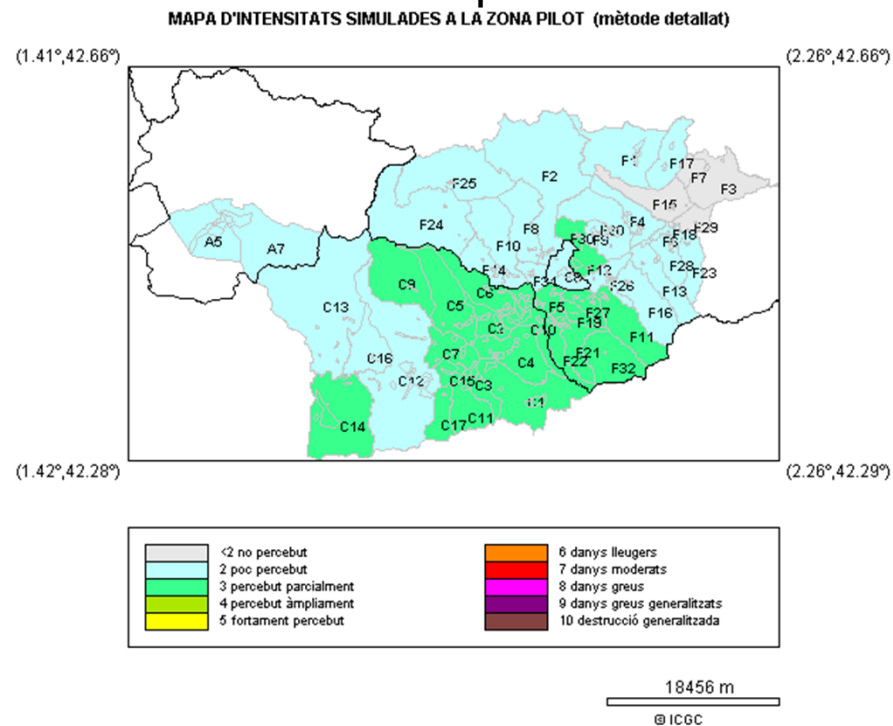
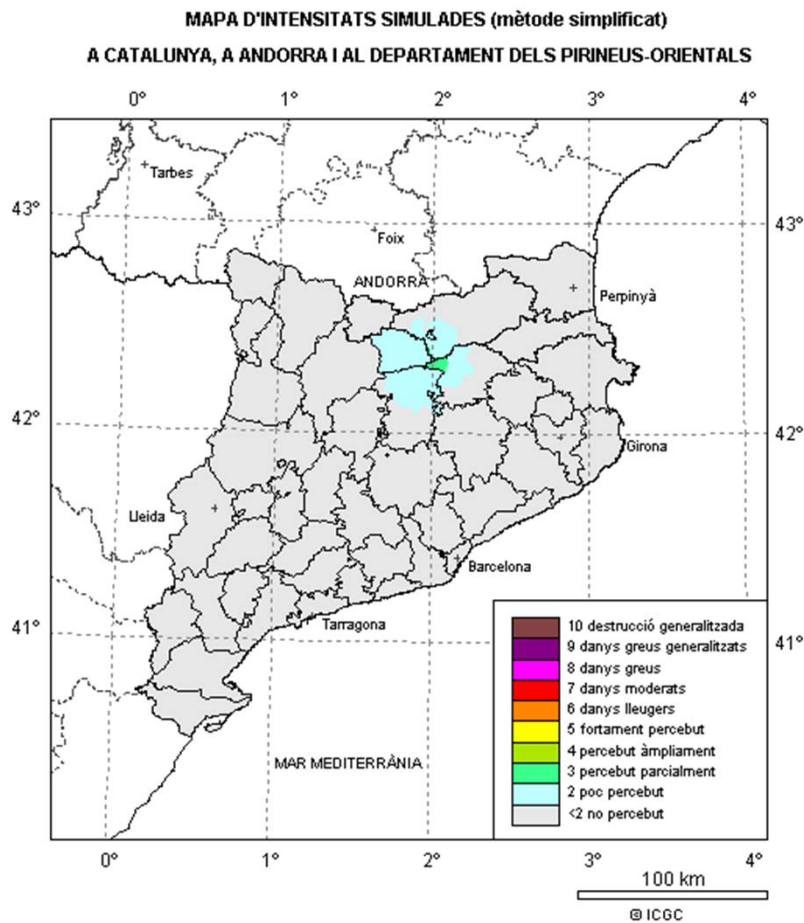
TEMPS ORIGEN (TU): 2015/11/18 11h 10m 00s      LATITUD: 42.33°      MAGNITUD: 3.1  
ZONA: Cerdanya      LONGITUD: 1.96°      PROFUNDITAT: 3 km



# Simulació automàtica

## TO + entre 4 i 5 min

- ⇒ Simulació de les intensitats percebudes i possibles escenaris de danys
- ⇒ Emmagatzematge a una base de dades ORACLE
- ⇒ Generació dels mapes



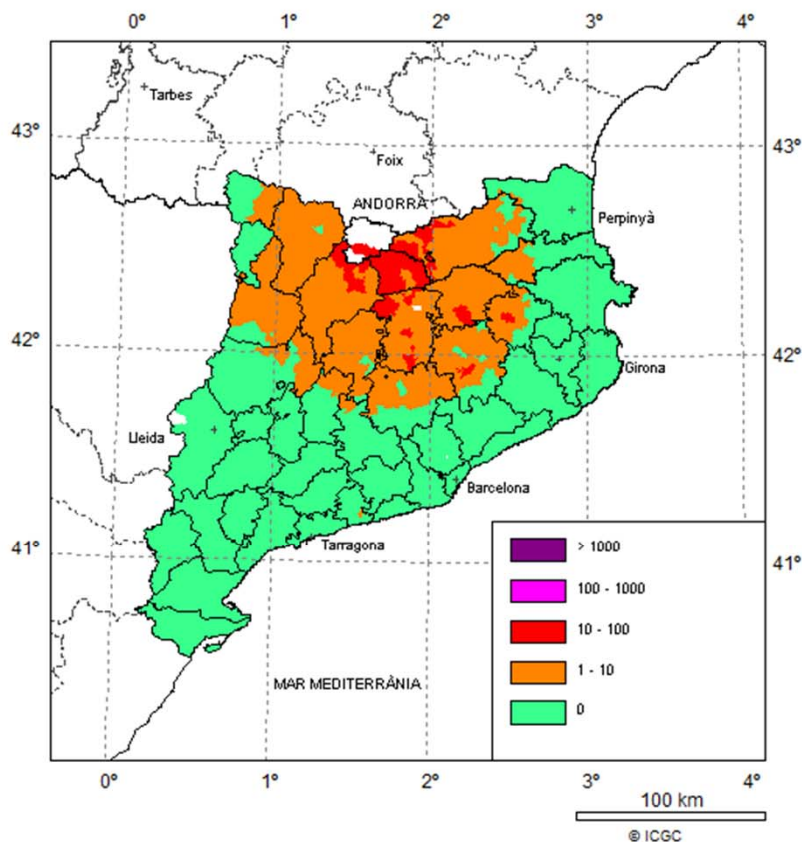


# Simulació per un CAS VIRTUAL ⇒ Cerdanya i MI 5.5

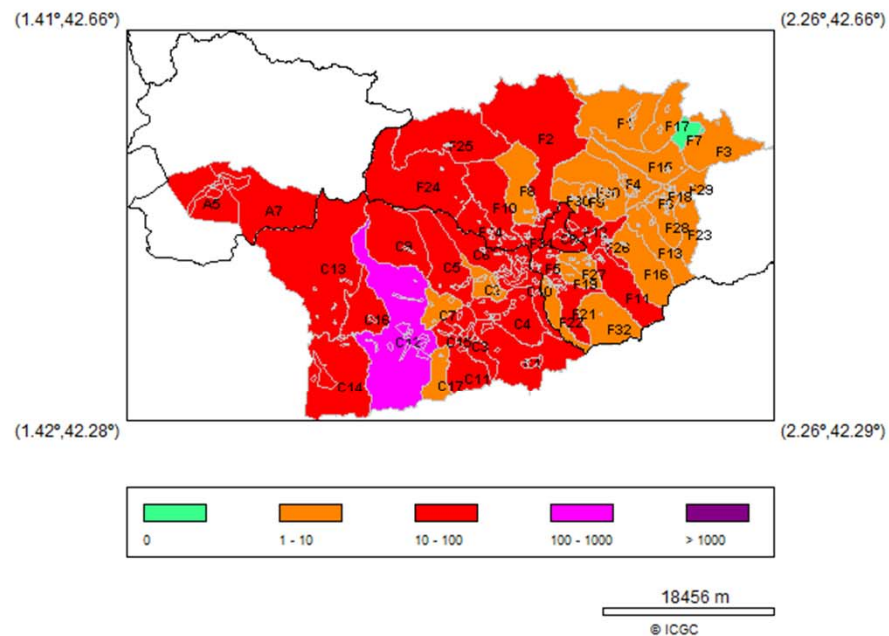
## TO + entre 4 i 5 min

- ⇒ Simulació de les intensitats percebudes i **possibles escenaris de danys**
- ⇒ Emmagatzematge a una base de dades ORACLE
- ⇒ **Generació dels mapes**

MAPA DE LA SIMULACIÓ DE 'EDIFICIS INHABITABLES' (mètode simplificat)  
A CATALUNYA, A ANDORRA I AL DEPARTAMENT DELS PIRINEUS-ORIENTALS

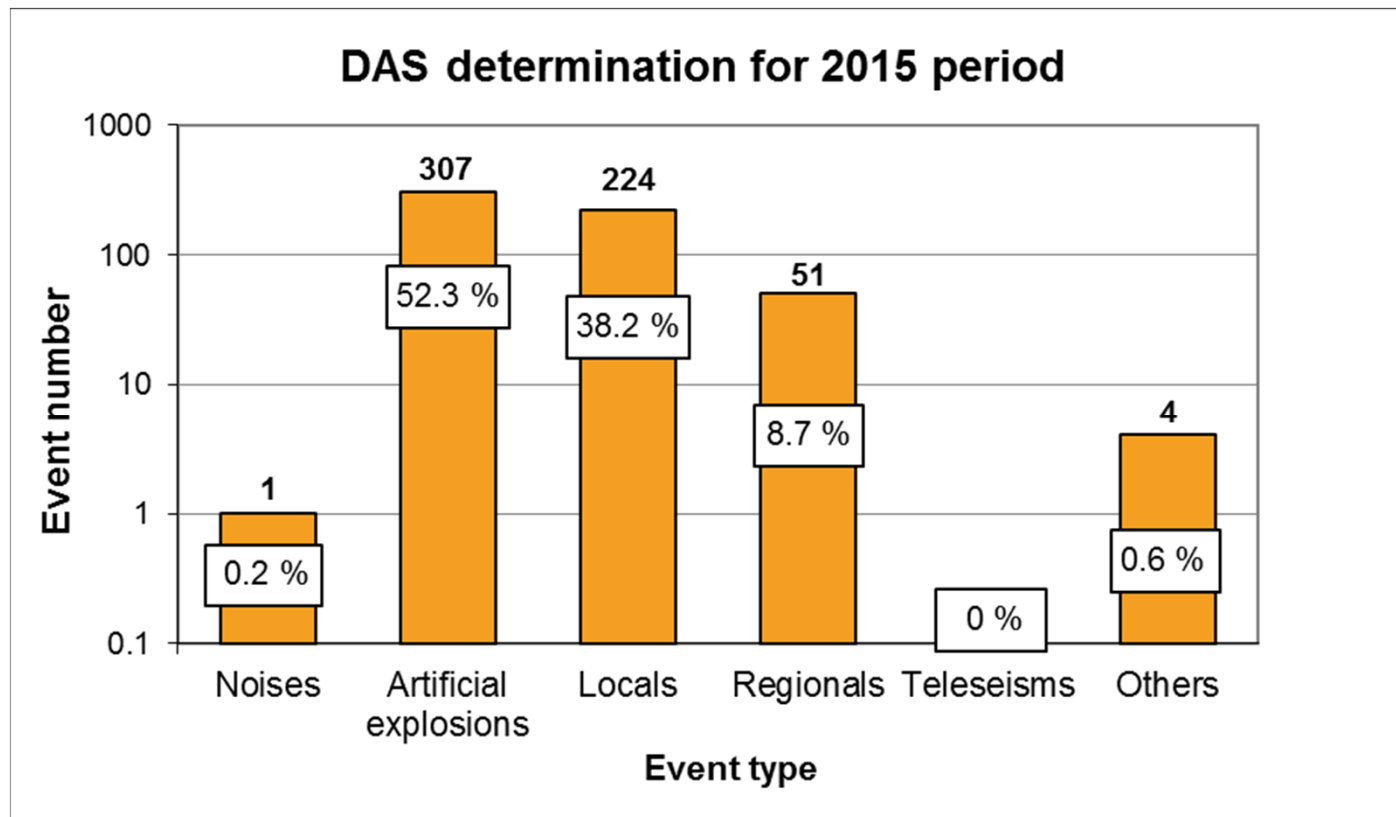


MAPA DE LA SIMULACIÓ DE 'EDIFICIS INHABITABLES' A LA ZONA PILOT (mètode detallat)



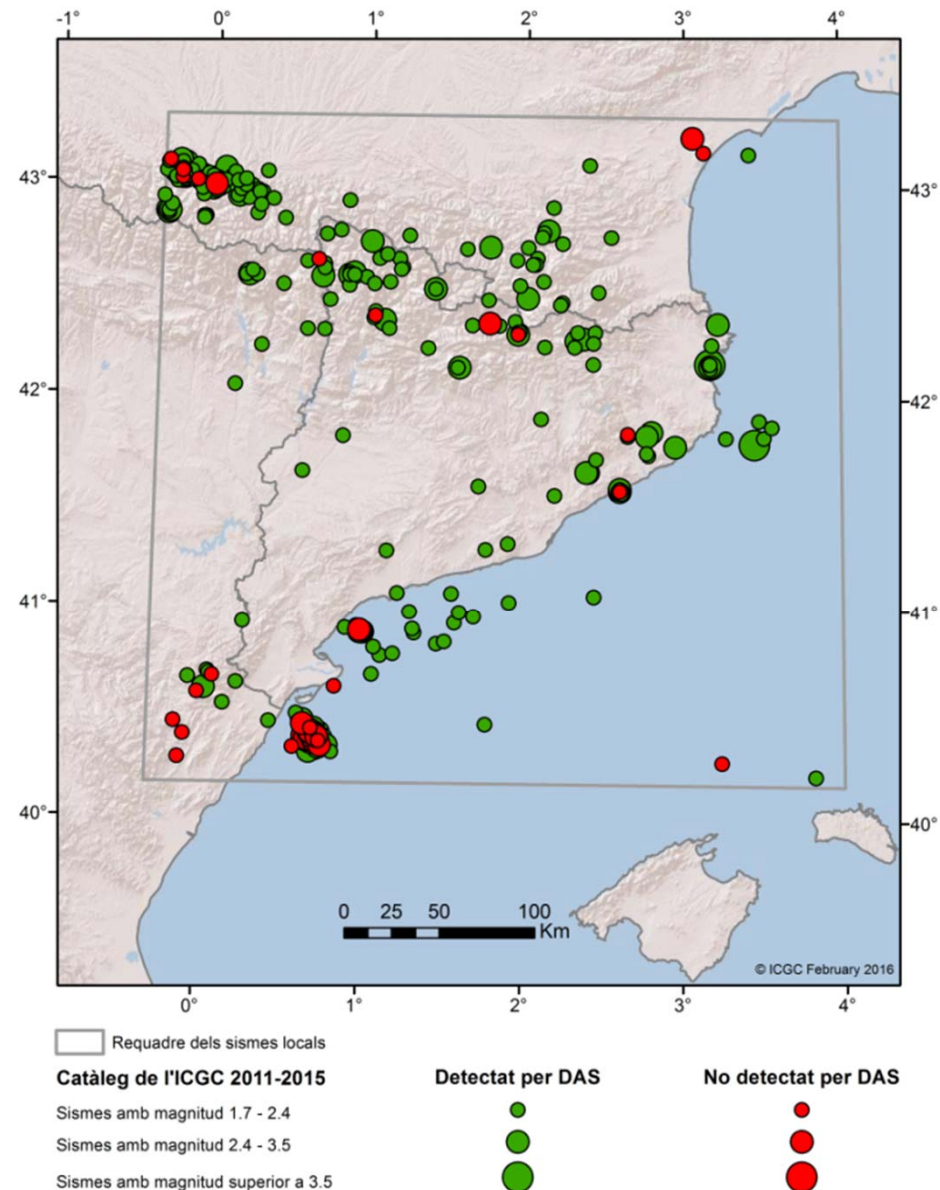
## Estadístiques de funcionament (I)

Classificació de TOTS els esdeveniments detectats per DAS durant el 2015 segons el seu tipus: sismes locals, sismes regionals, telesismes, explosions artificials i sorolls



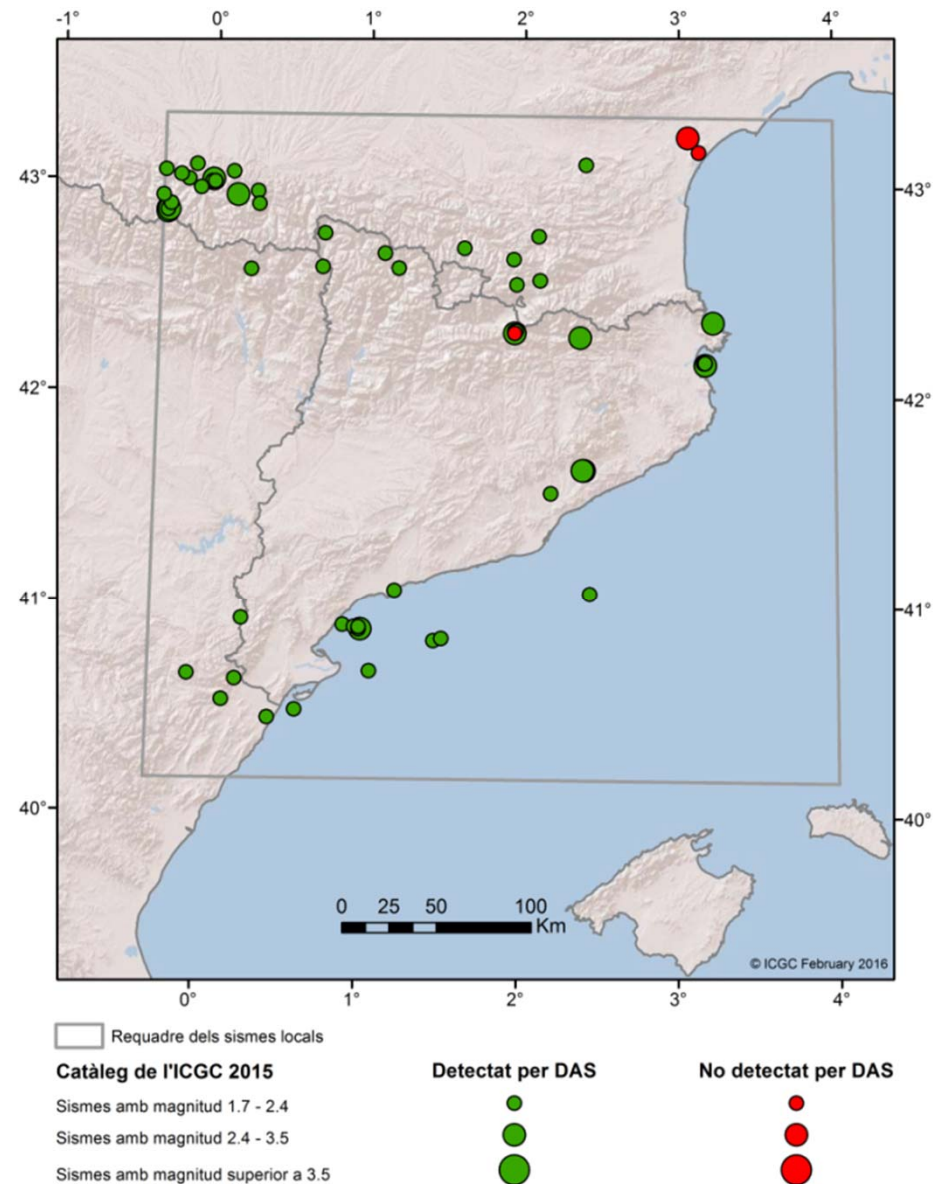
## Estadístiques de funcionament (II)

- Mapa de detecció de DAS respecte els sismes locals dels catàlegs de l'ICGC pels anys 2011 – 2015 amb magnitud local a partir de 1.7
  - $MI \geq 1.7 \Rightarrow 119 / 136 = 90 \%$
  - $MI \geq 2.4 \Rightarrow 332 / 369 = 88 \%$
- El 75 % de tots els epicentres localitzats (1033) tenen un error menor a 10 km
- El 78 % de totes les magnituds calculades (903) un error menor a 0.5



## Estadístiques de funcionament (III)

- Mapa de detecció de DAS respecte els sismes locals del catàleg de l'ICGC per l'any 2015 amb magnitud local a partir de 1.7
  - $MI \geq 1.7 \Rightarrow 60 / 64 = 94 \%$
  - $MI \geq 2.4 \Rightarrow 14 / 15 = 93 \%$
- El 74 % de tots els epicentres localitzats (211) tenen un error menor a 10 km
- El 85 % de totes les magnituds calculades (183) un error menor a 0.5



# Índex

1. Xarxa sísmica i acceleromètrica de l'ICGC/IEA
2. Processament automàtic
3. **Notificacions automàtiques**

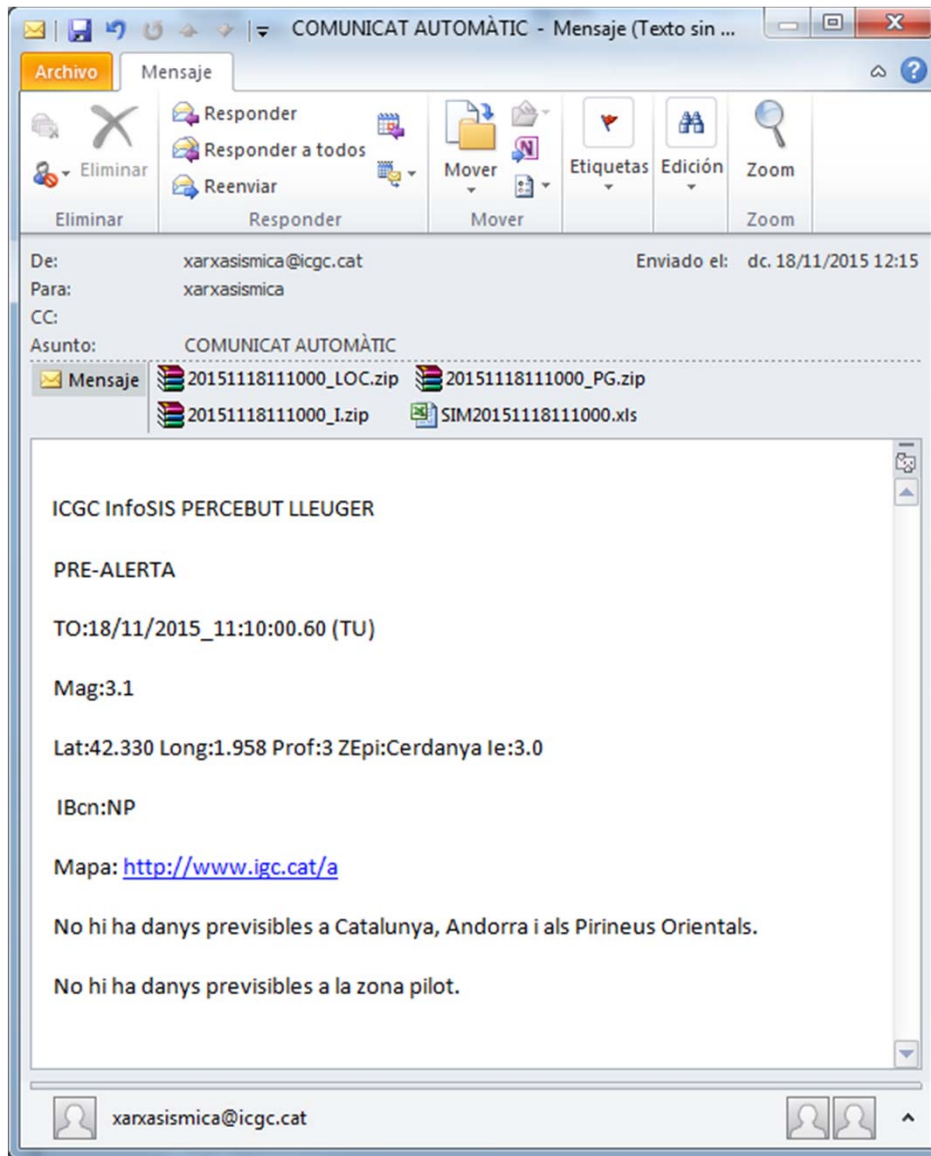
## TELEAVIS

Avaluació dels TOTS els  
esdeveniments detectats

Esdeveniment localitzat a  
Catalunya o regions properes?  
Magnitud  $\geq 2.4$ ?  
Qualitat suficient?

5 – 10 minuts

Notificació automàtica i urgent



- La notificació s'envia al grup de Sismologia i als diferents organismes de **Protecció Civil**
- Transmissió mitjançant SMS, email, FTP i FAX en **5 – 10 minuts**
- El missatge conté informació de localització i efectes estimats de l'esdeveniment amb variacions depenent del destinatari i de la magnitud

## Protocol de comunicat en cas de sisme

Notificació automàtica

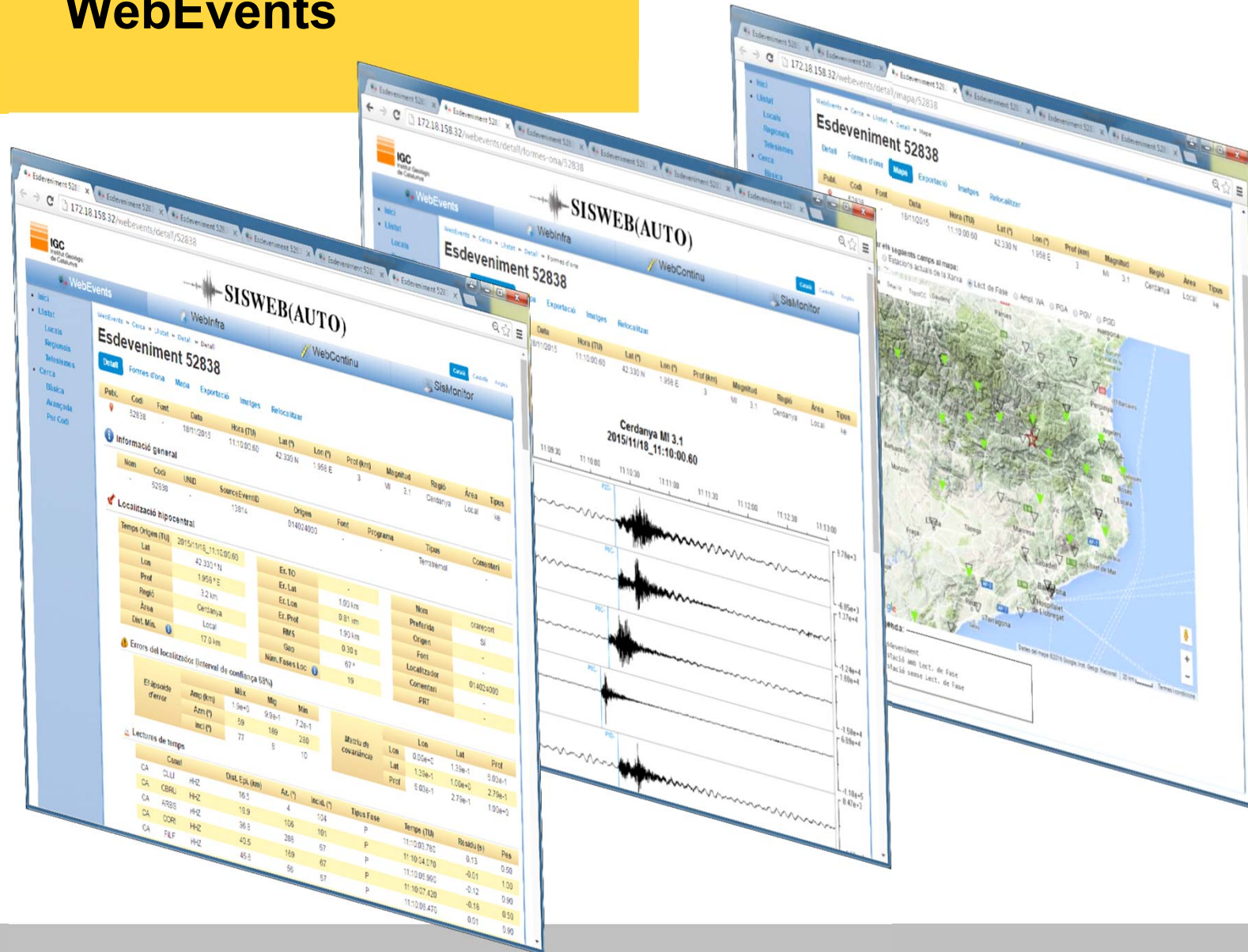
5 - 10 minuts

Sismòleg de guàrdia (24h/7)  
verifica la validesa del comunicat  
automàtic



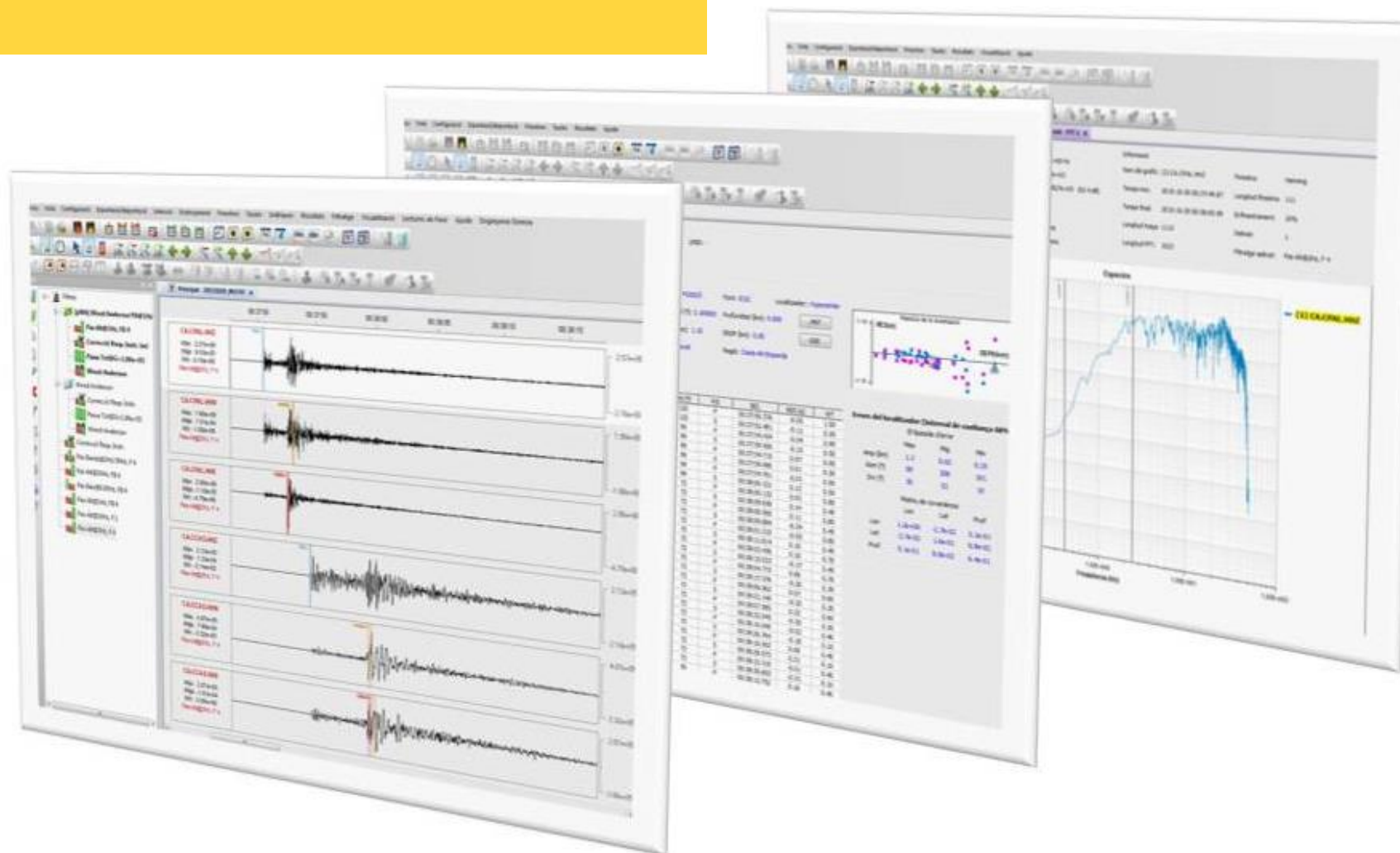
# WebEvents

## Revisió de l'esdeveniment



# POSIDÓ

## Anàlisi del sisme



## Protocol de comunicat en cas de sisme

Notificació automàtica

5 – 10 minuts

Sismòleg de guàrdia (24h/7) verifica la validesa del comunicat automàtic

< 15 minuts

Trucada a Protecció Civil (CECAT)

< 1 hora

Un comunicat enviat per correu electrònic amb la informació revisada pel sismòleg de guàrdia

## Comunicat manual verificat pel sismòleg de guàrdia

- Lliurat mitjançant correu electrònic
- Disponible al web de l'ICGC
- Dades del **sisme** i la seva percepció
- Mapes:
  - Localització
  - Simulació d'Intensitats
  - Valors de PGA i PGV

ICGC InfoSIS. Comunicat x

www.icgc.cat/sismescomact/comhistcat/20151118111000/comact.html

Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori i Sostenibilitat  
Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Generalitat de Catalunya  
Departament d'Interior  
Direcció General de Protecció Civil

**Barcelona 18/11/2015 13:19:32**  
**Informació del terratrèmol del dia 18/11/2015**

La localització provisional de l'epicentre efectuada amb els enregistraments actualment disponibles a l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya és la següent:

<b>Hora origen (Temps oficial):</b> 12:10:00	<b>Magnitud (<math>M_L</math>):</b> 3.0
<b>Latitud:</b> 42.33° N	<b>Longitud:</b> 1.96° E
<b>Zona epicentral:</b> Cerdanya	<b>Profunditat:</b> 3 km
<b>Comentaris:</b> Lleugerament percebut, sense danys, a la comarca de la Cerdanya.	

(\*) **Repercussió del sisme en funció de la magnitud:**  $M_L=3-4$  Percebut a prop de l'epicentre. Sense danys.  $M_L=4-5$  Percebut a gran part del territori. Possibles danys lleugers.  $M_L=5-6$  Percebut a tot el territori. Danys probables.

Mapa de la zona afectada amb l'epicentre marcat amb una estrella negra. Llocals mostrats: Meranges, Ger, Urús, Prullans, Isòvol, Das, Urús, Bagà, Cerdanya, Nahuja, Osseja, Err, Llo, Eyne, Quera, Planols, Foses, Ajo, Gombrau.

★ Epicentre

10 km

© ICGC

## 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

