



# Tsunamis recientes en Chile : Nuevos conocimientos y herramientas para estimar el impacto por tsunamis en ciudades puerto

## Estudio piloto en la ciudad de Iquique



# Centro de Excelencia Fondap de Conicyt para la Investigación sobre Desastres

**CIGIDEN**



# CIGIDEN

## Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres

- 4 Universidades
- 7 Investigadores principales
- 22 Investigadores asociados
- 7 Investigadores postdoctorales



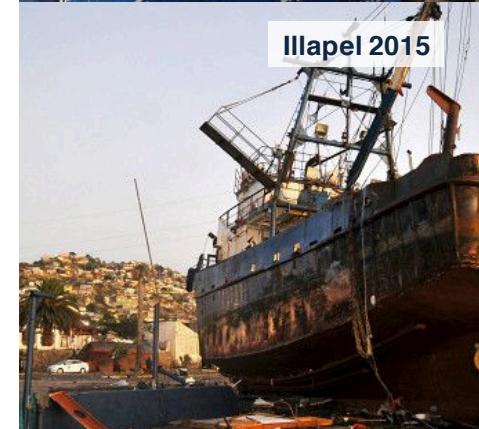
# Visión

- Investigadores de clase mundial en geociencias, ingeniería y ciencias sociales capaces de generar, comunicar y transferir avances científicos y tecnológicos en reducción de riesgos y resiliencia
- Investigación interdisciplinaria para entender, anticipar y mitigar las posibles consecuencias de los desastres con un enfoque sistémico y multi-amenaza

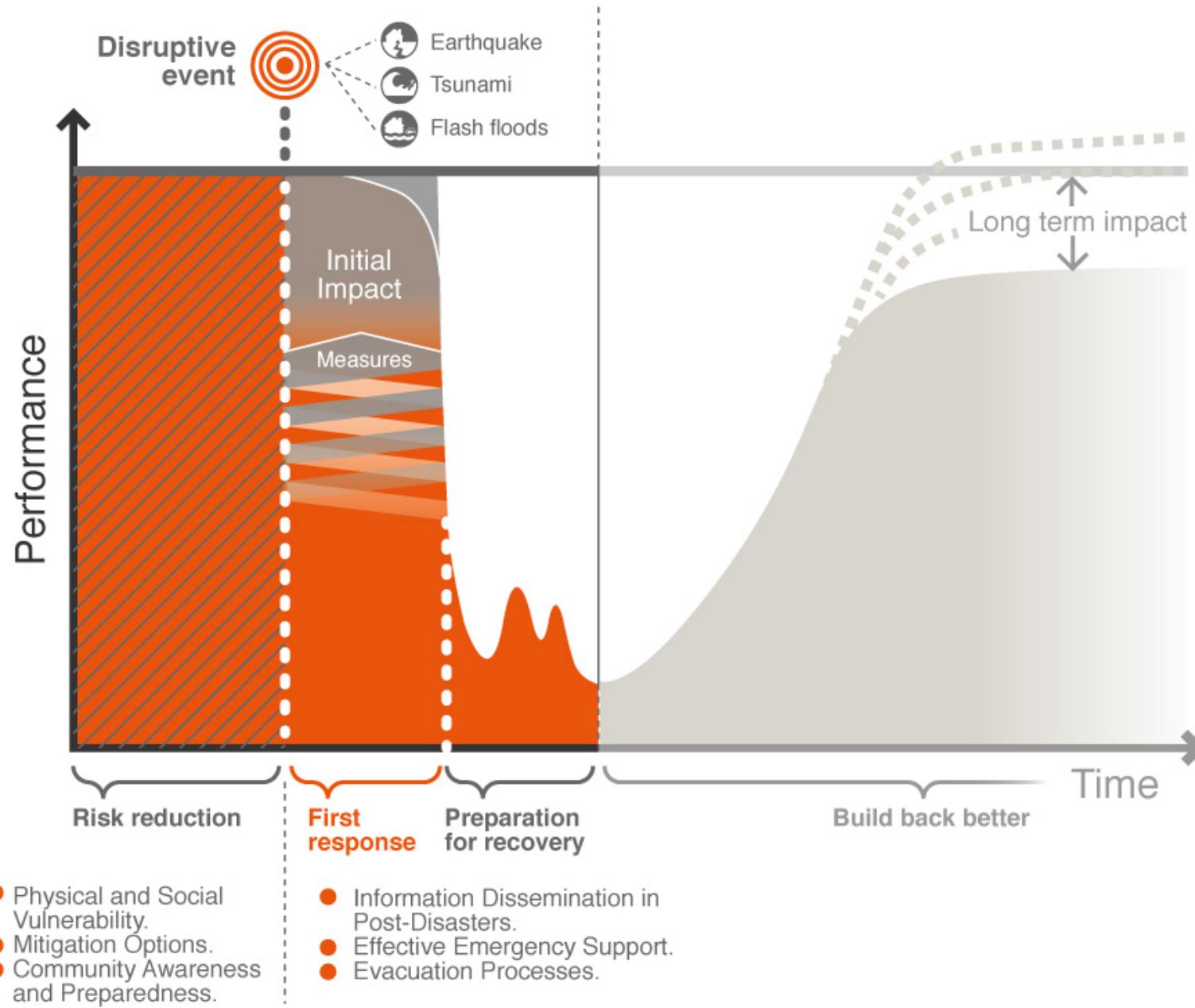


# Misión

- Contribuir desde la ciencia en la **construcción de capacidades, cambios institucionales y culturales** para **reducir el riesgo y aumentar la resiliencia** de la sociedad
- Apoyar el **diseño e implementación de estrategias nacionales y regionales** para la **reducción del riesgo y el aumento de la resiliencia**



# CIGIDEN en el Marco Conceptual de la Resiliencia





# Tsunamis recientes Mejoras en su entendimiento, metodologías y herramientas



**CONICYT**  
Ministerio de  
Educación

Gobierno de Chile

# Gran confusión y desconocimiento el 27F

**Ranchero**  
Las Últimas Noticias

www.lun.com \$250 • Regiones I, II, XI, XII y XV: \$400 • Año CVIII • N° 35.836 • Miércoles 10 de marzo de 2010

## ¿Por qué el tsunami nos pilló tan desprevenidos?

2-3

La madrugada del maremoto no hubo bengalas ni sirenas que avisaran del peligro. Una niñita que alertó a la Isla Juan Fernández o policías y bomberos que actuaron por iniciativa propia fueron más efectivos que la Onemi y el Shoal

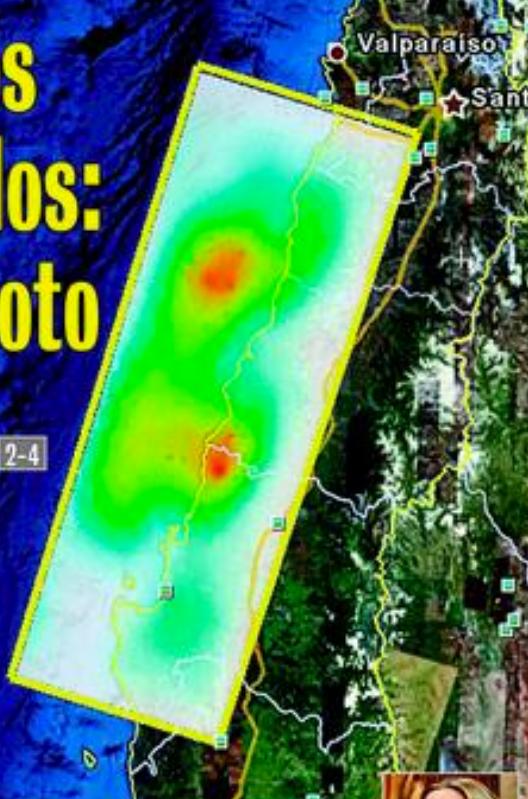
Arrollador éxito del joven que cuenta chistes en YouTube 32 | La U le aguó la fiesta a la UC en la Libertadores 20 | La casa de Cata Palacios quedó sin cimientos 34

**Ranchero**  
Las Últimas Noticias

www.lun.com \$250 • Regiones I, II, XI, XII y XV: \$400 • Año CVIII • N° 35.873 • Viernes 16 de abril de 2010

## Científicos asombrados: el terremoto fue doble 2-4

El USGS, servicio geológico de EE.UU., descubrió que tanto Cobquecura como Curicó fueron centros telúricos



Las locas teorías inglesas del apodo de "Chupete" Suazo 28 | Fernanda Hansen lloró y gritó por pregunta sobre Camiroaga 36



# Cooperación científica entre Chile y Japón



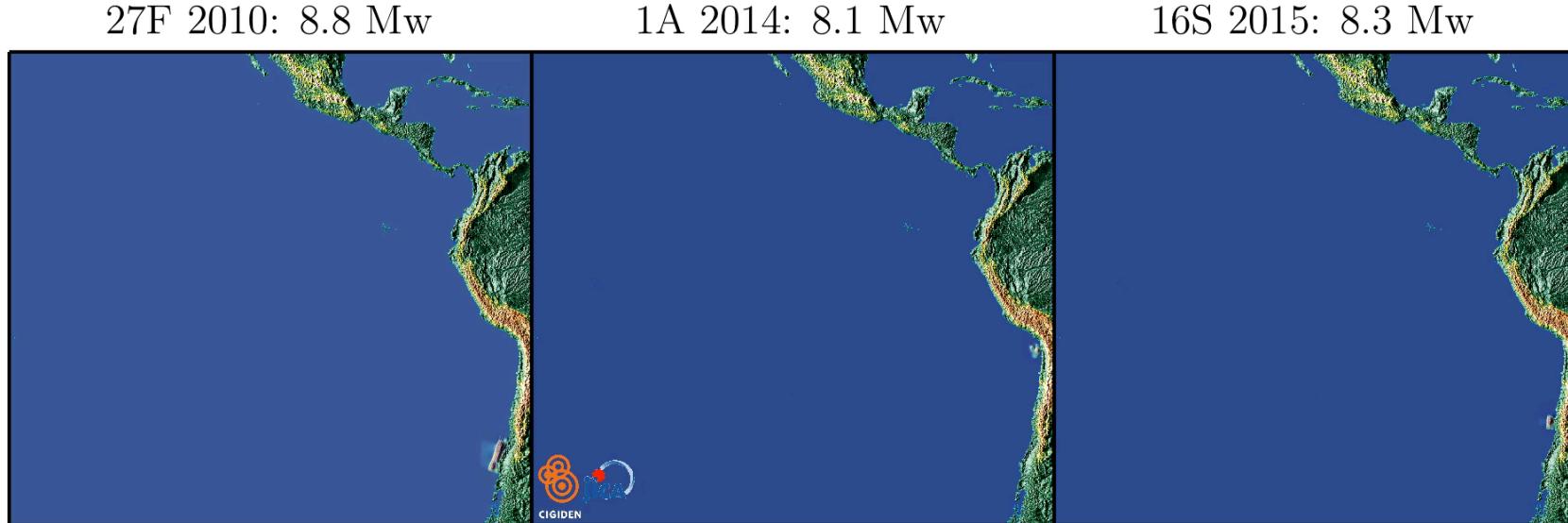
CIGIDEN

**SATREPS** For the Earth, For the Next Generation

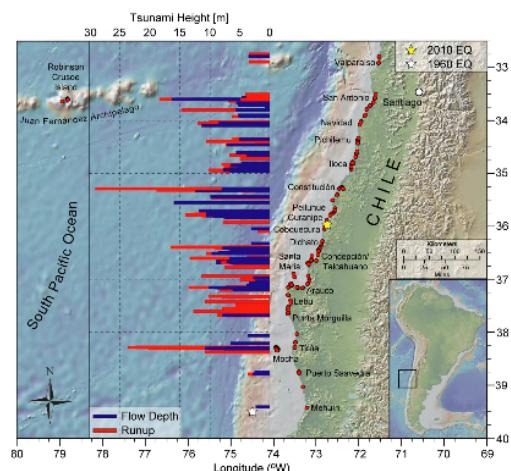


# Exportación de tsunamis desde Chile entre el 2010 y el 2015

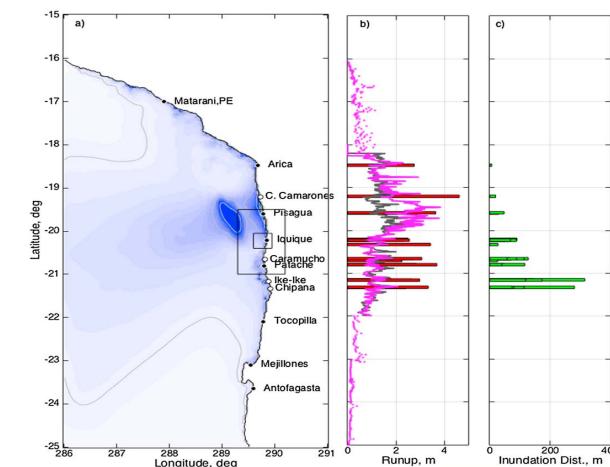
Tsunami simulation  
@CIGIDEN



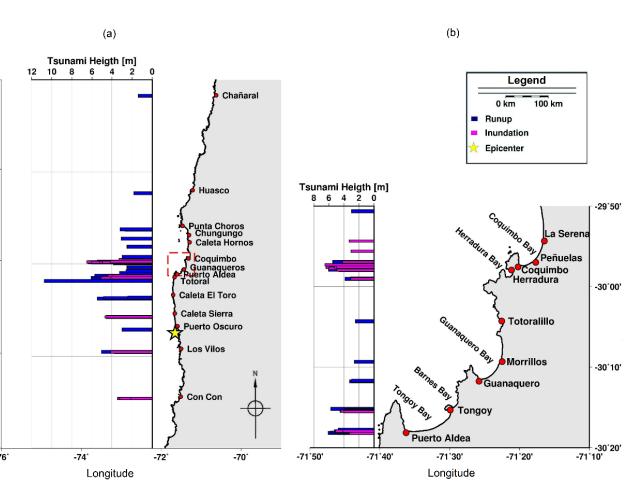
Post-Tsunami  
Surveys



Fritz et al., 2011



Catalán et al. 2015



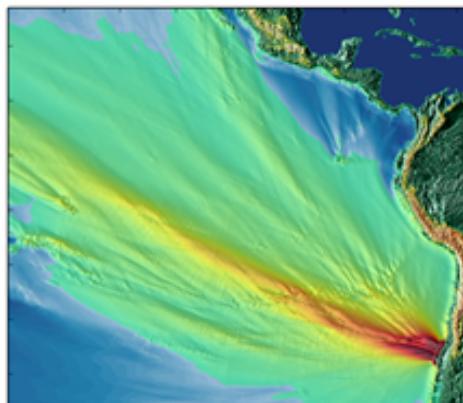
Aránguiz et al. 2015

# Exportación de conocimientos sobre tsunamis desde Chile

- Tiempos de arribo de las primeras olas a la costa son muy cortos (~10 min)
- Se producen varias subidas y bajadas de mar y las primeras olas no siempre son las más destructivas (ondas de orilla atrapadas a la costa)
- Existen bahías que pueden amplificar los tsunamis (resonancia)
- Los tsunamis pueden permanecer activos durante mucho tiempo generando inundación y daños hasta 6 a 8 hrs después del terremoto
- Las características topo-batimétricas y cercanía entre la fosa y la costa presentan grandes desafíos para la evaluación y alerta temprana de tsunamis

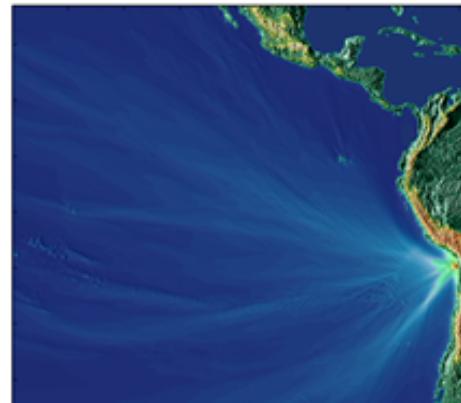
**Maule, 2010**

$M_w$  8.8



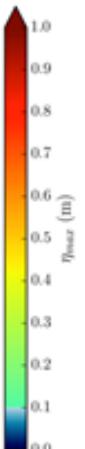
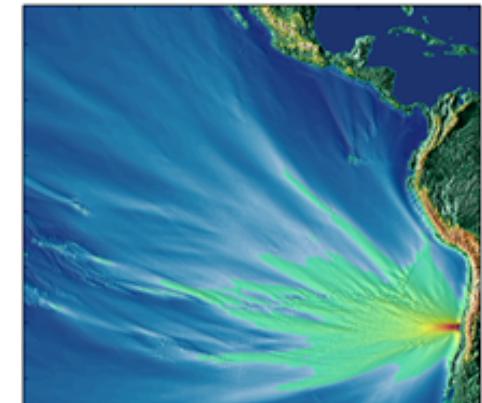
**Pisagua, 2014**

$M_w$  8.2

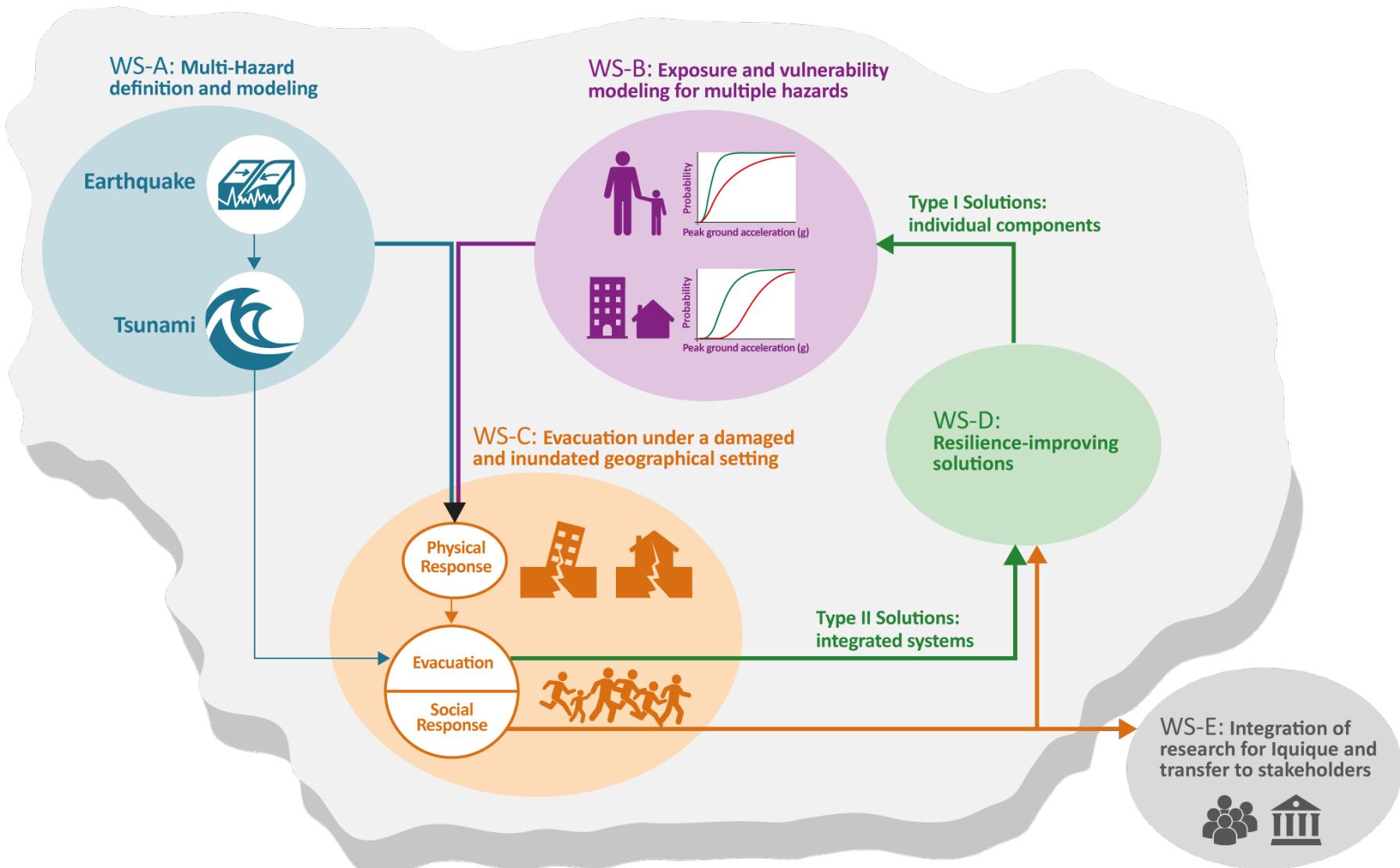


**Illapel, 2015**

$M_w$  8.3



# Enfoque integrado para la evaluación del riesgo



# Caso de estudio en la ciudad de Iquique

## Integration of research for risk assessment:

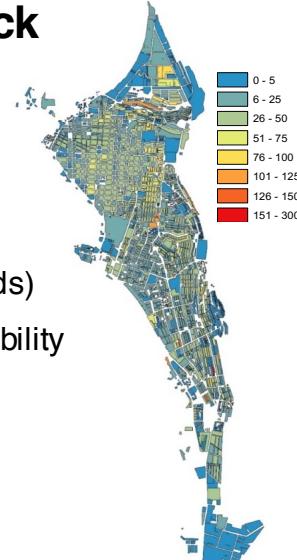
damage and loss assessment for deterministic scenarios in Iquique

### 1. Hazard Characterization

- Deterministic earthquake scenarios
- Synthetic PGA/PGV maps
- Tsunami inundation maps

### 2. Exposure model for Iquique Building count per Block

- Night and daytime population distribution
- Essential facilities (health, education, emergency).
- Lifelines (water, electricity, roads)
- Liquefaction/landslide susceptibility
- Building type distribution



### 3. Physical vulnerability

- Development and adaptation of seismic fragility curves
- Calibration using 2014 Pisagua EQ

### 4. Damage/Loss assesment

- Physical damage to buildings, essential facilities and lifelines
- Casualties
- Downtime for essential facilities and lifelines
- Economic losses

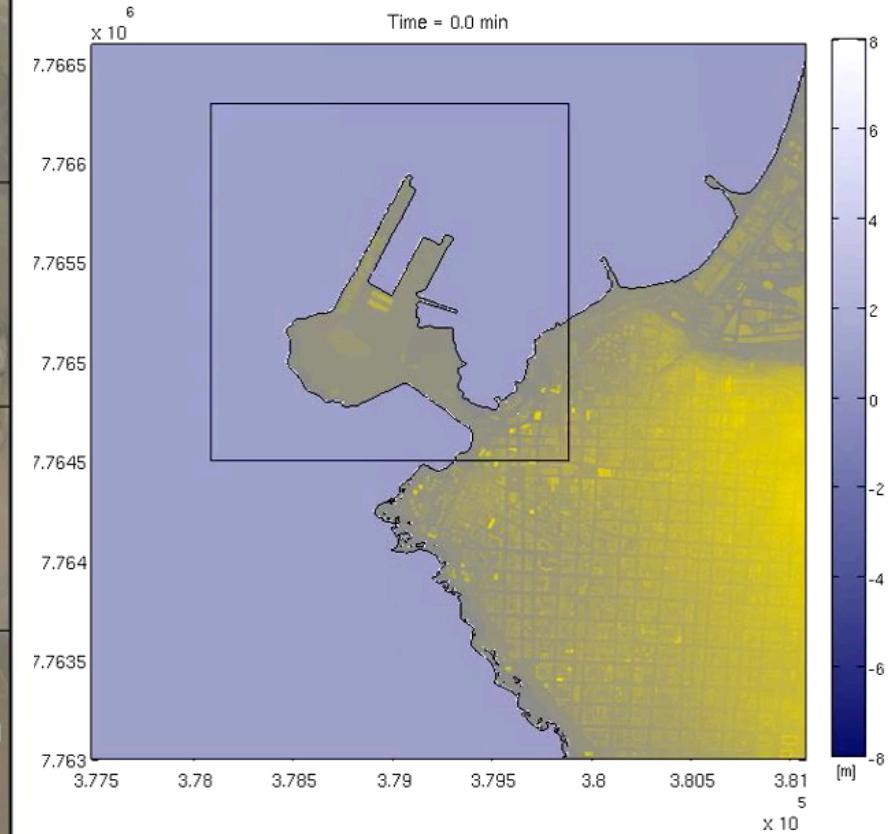


### 5. Network risk assessment and evacuation modelling

# Tsunami producido por un posible terremoto 9 Mw en el gap sísmico

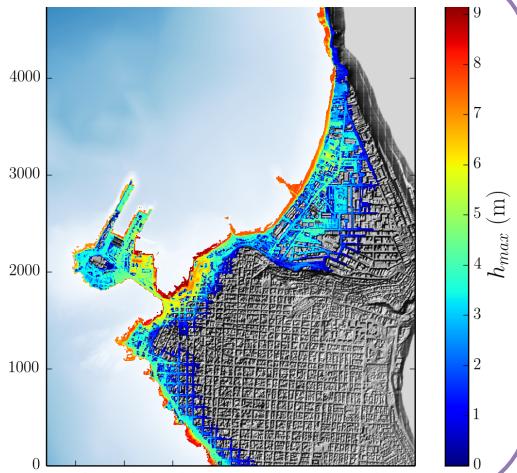


Desarrollo y validación de herramientas y metodologías de simulación y estimación de daños por tsunamis

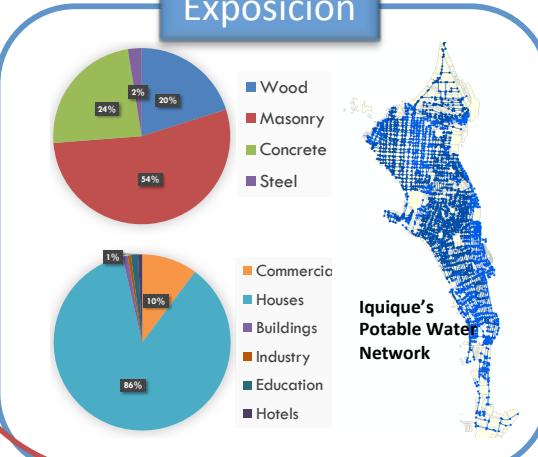


# Evaluación de daños por tsunami

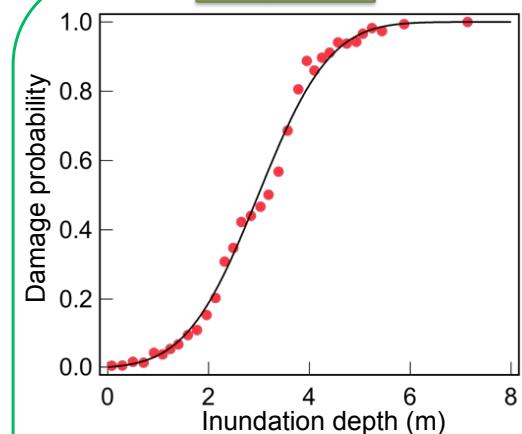
Mapas de Amenaza



Exposición

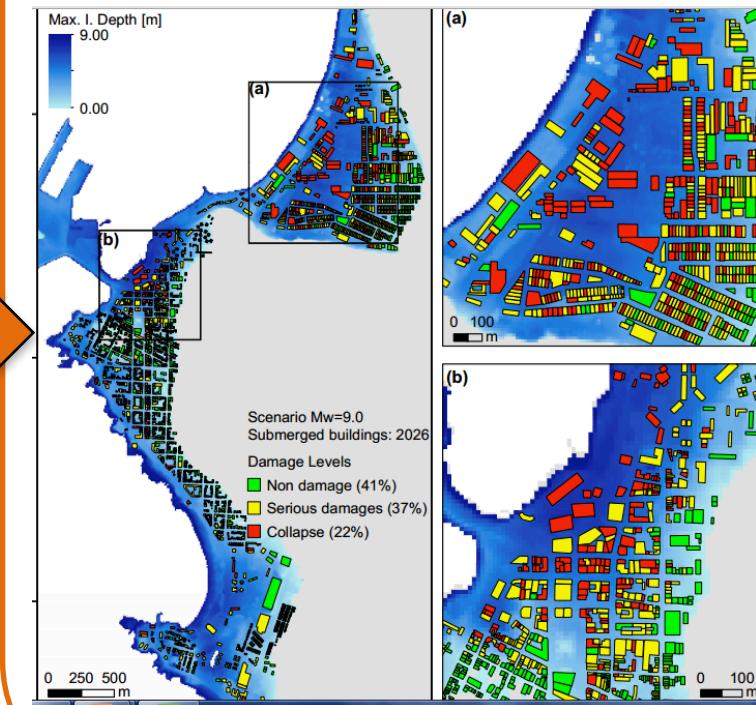


Fragilidad



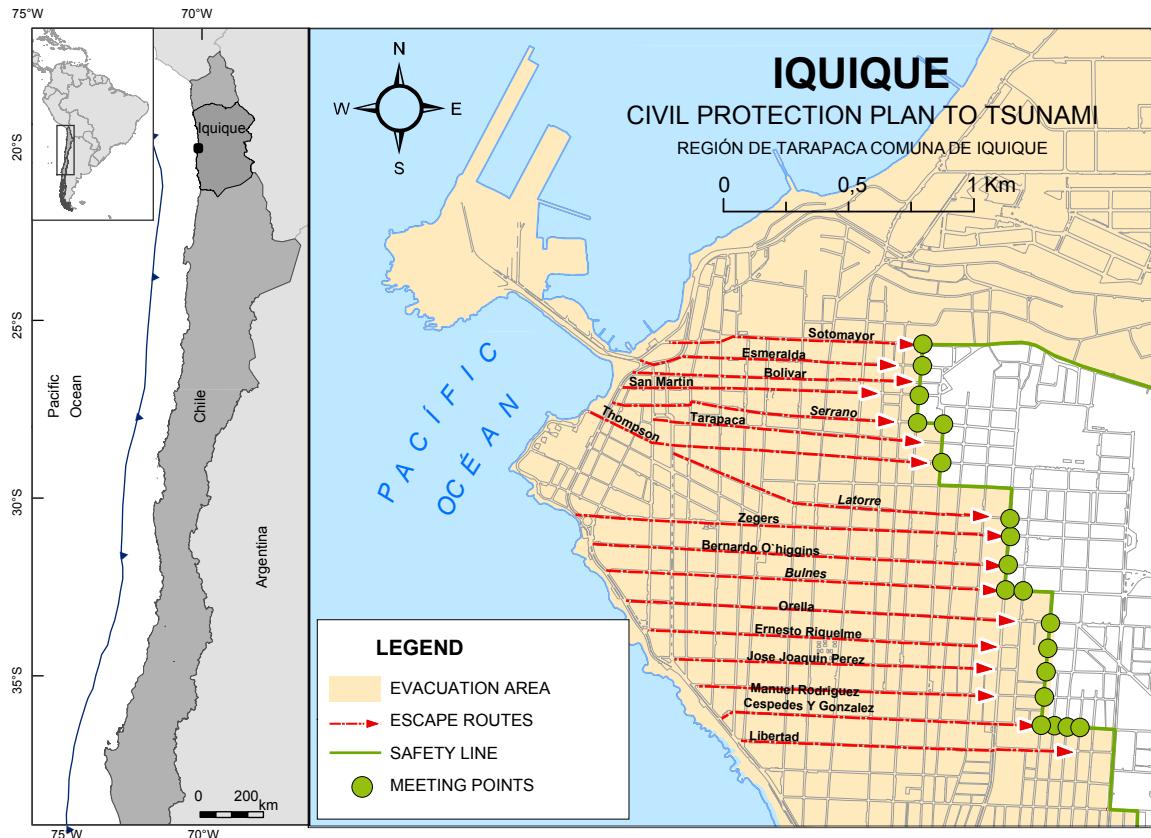
Fragility curve of houses and buildings against tsunamis (Koshimura et al., 2009)

Daño

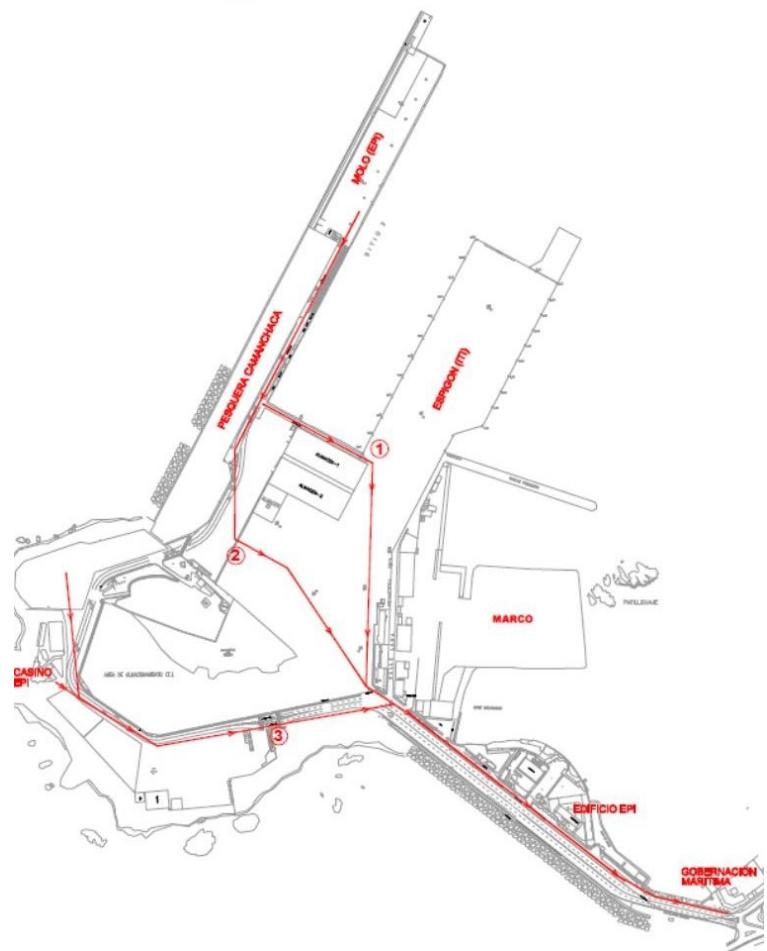


# Diagnóstico de planes de evacuación en Iquique

Plan de evacuación de la ciudad



Plan de evacuación zona puerto

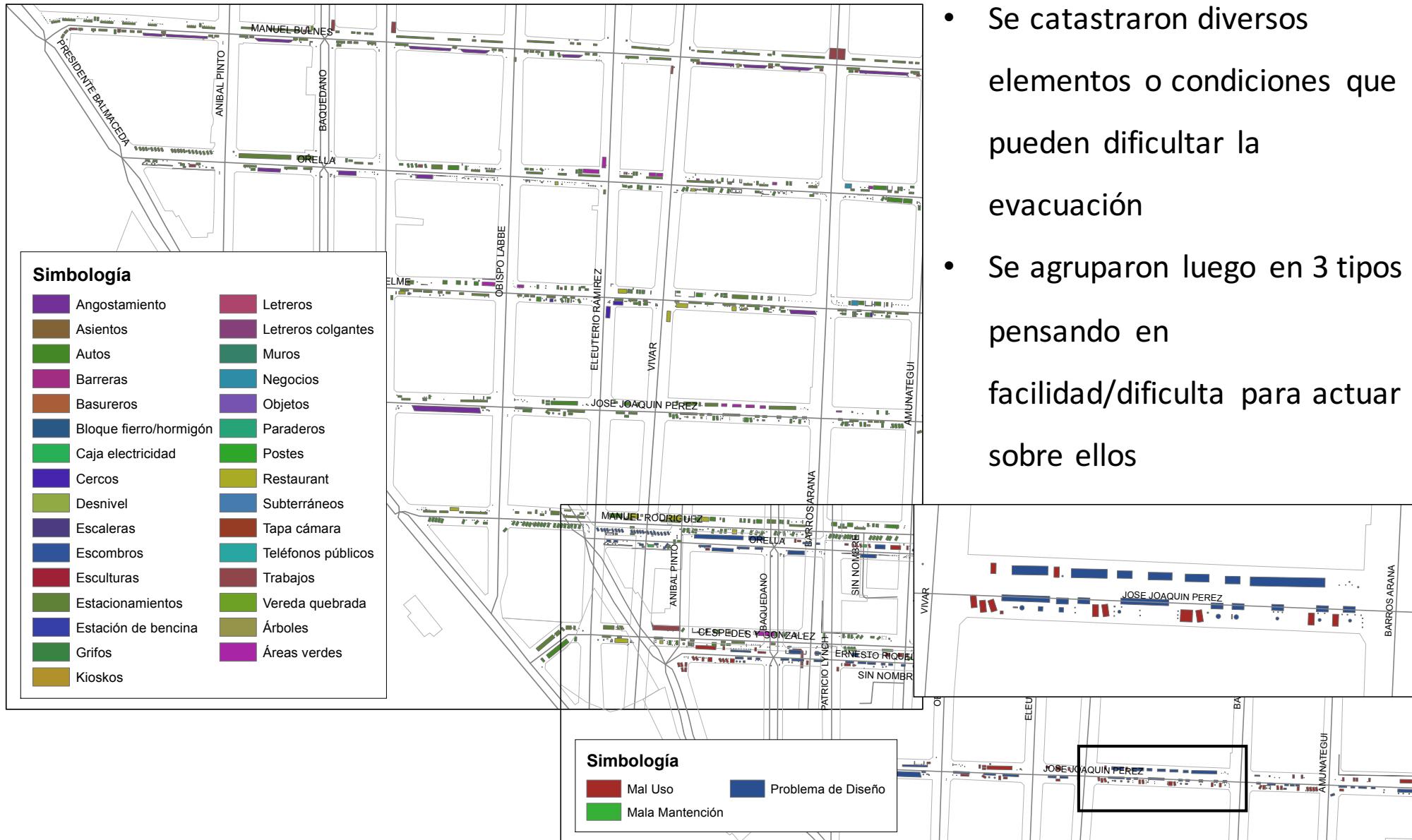


# Evaluación en terreno de vías de evacuación



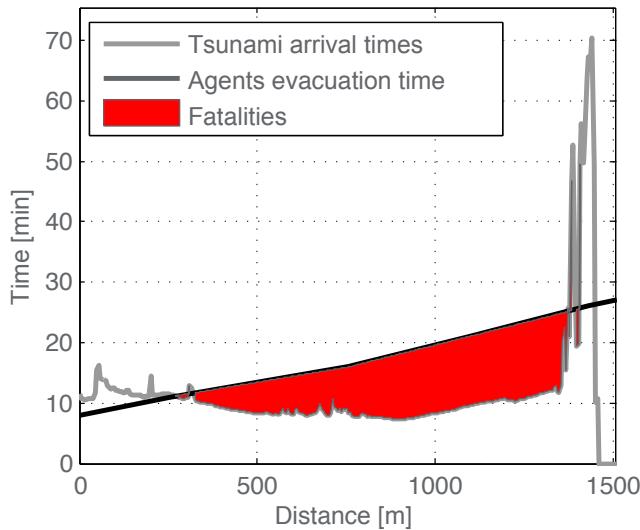
- Se realizó un mapeo detallado en terreno de las principales vías de evacuación de la ciudad
- Caracterización de la situación de las vías de evacuación
- Desarrollo de una metodología para realizar un diagnóstico y cuantificar efectos sobre el proceso de evacuación

# Taxonomía para el diagnóstico de vías de evacuación

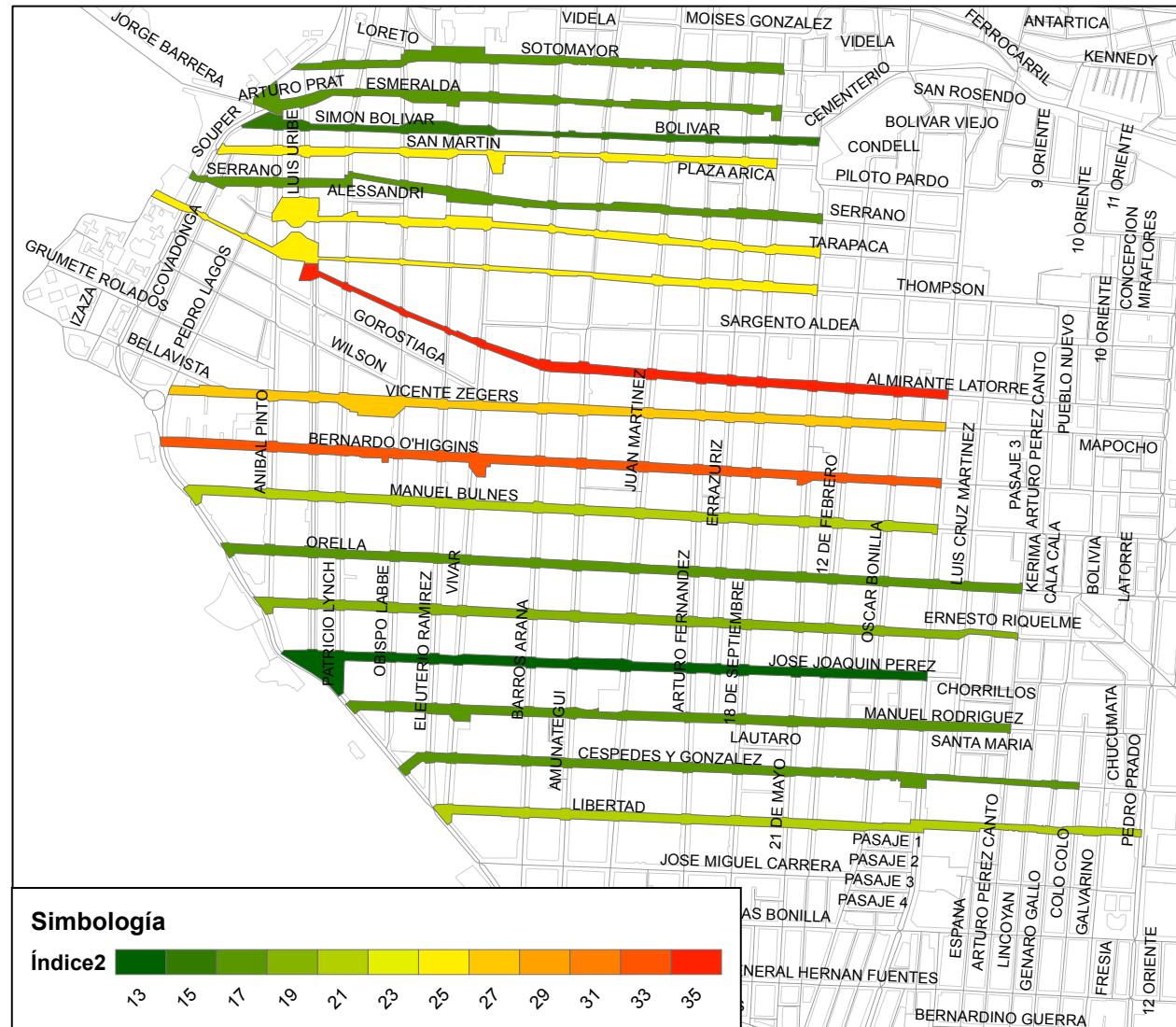


- Se catastraron diversos elementos o condiciones que pueden dificultar la evacuación
- Se agruparon luego en 3 tipos pensando en facilidad/dificulta para actuar sobre ellos

# Modelado de agentes para evaluar evacuación y medidas de mitigación



Escape routes	Fatalities
Port	629
Thompson	298
Zegers	219
Rodríguez	27
Bolívar	8
Serrano	5
Riquelme	3
Total	1189





# Conclusiones



**CONICYT**  
Ministerio de  
Educación

Gobierno de Chile

# Conclusiones



- La buena preparación de Chile frente a terremotos no tenía su correlato para los tsunamis el 27F
- Las lecciones y nuevos conocimientos se han internalizado mucho más rápido que antes gracias a una cooperación efectiva entre el mundo académico, los sectores públicos y privados, y la comunidad internacional
- Se requiere seguir fortaleciendo estas alianzas para mejorar las capacidades, metodologías e instrumentos para reducir el riesgo y aumentar la resiliencia de la sociedad

# Diseminación amplia de resultados para la concientización del riesgo



# Agradecimientos

- Programa Fondap de Conicyt
- Programa Satreps de JICA/JST
- J.C. De la Llera (UC-CIGIDEN), P. Catalán (USM-CIGIDEN), J. León (USM-CIGIDEN), R. Aránguiz (UCSC-CIGIDEN), G. González (UCN-CIGIDEN), A. Urrutia (CIGIDEN)
- Estudiantes de postgrado: J. González (UCN-CIGIDEN), G. Alvarez (UC-CIGIDEN), Marco Quiroz (UC-CIGIDEN)
- Puerto de Iquique
- Municipalidad de Iquique
- ONEMI
- SHOA