

“MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaiso”

## LOS RIESGOS NATURALES EN LA CIUDAD DE VALPARAISO

Para una informacion mas detallada remitase a los siguientes informes oficiales y a sus autores:

- A GIS DATABASE FOR THE CITY OF VALPARAISO ([fabio.geremei@bologna.enea.it](mailto:fabio.geremei@bologna.enea.it))
- EARTHQUAKE HAZARD IN THE CITY OF VALPARAISO ([romanel@dst.units.it](mailto:romanel@dst.units.it))
- TSUNAMI HAZARD IN THE CITY OF VALPARAISO ([romanel@dst.units.it](mailto:romanel@dst.units.it))
- FIRE HAZARD IN THE CITY OF VALPARAISO ([mgonzalesl@munivalpo.cl](mailto:mgonzalesl@munivalpo.cl))
- GEOMORPHOLOGIC HAZARD IN THE CITY OF VALPARAISO ([puglisi@casaccia.enea.it](mailto:puglisi@casaccia.enea.it))

**WP 6: Realizacion de un GIS por la ciudad de Valparaiso**

Layers de cartografia basica

- DEM
- Levantamiento DGPS
- Orthofotos
- Topo-batimetria
- Otros mapas urbanos
- Mapas historicos

Layers de cartografia de peligrosidad natural

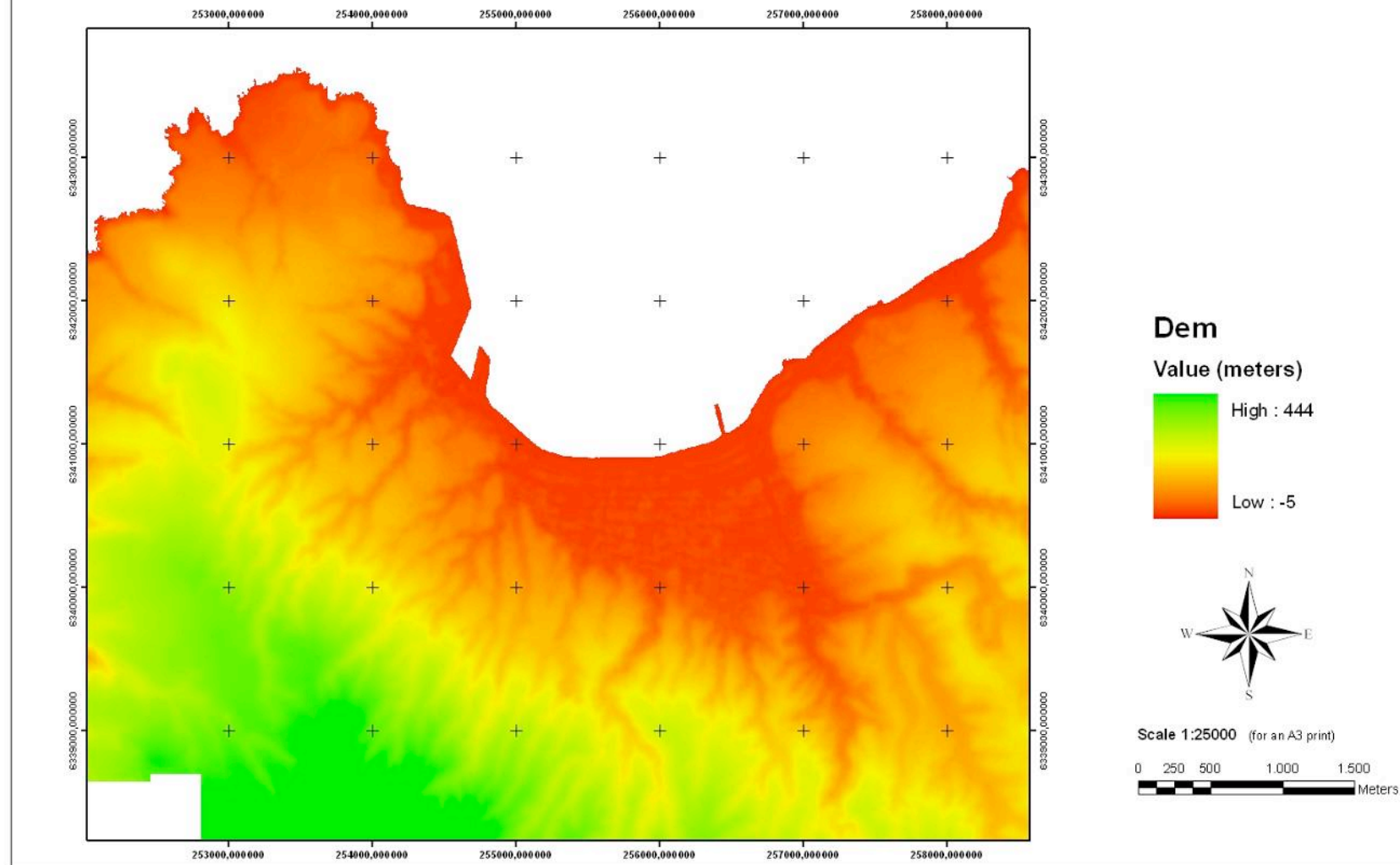
- Sismos
- Tsunami
- Incendios
- Deslizamientos

Layers de datos arquitectonicos, estructurales y de planificacion urbana del area de estudio de Cerro Cordillera



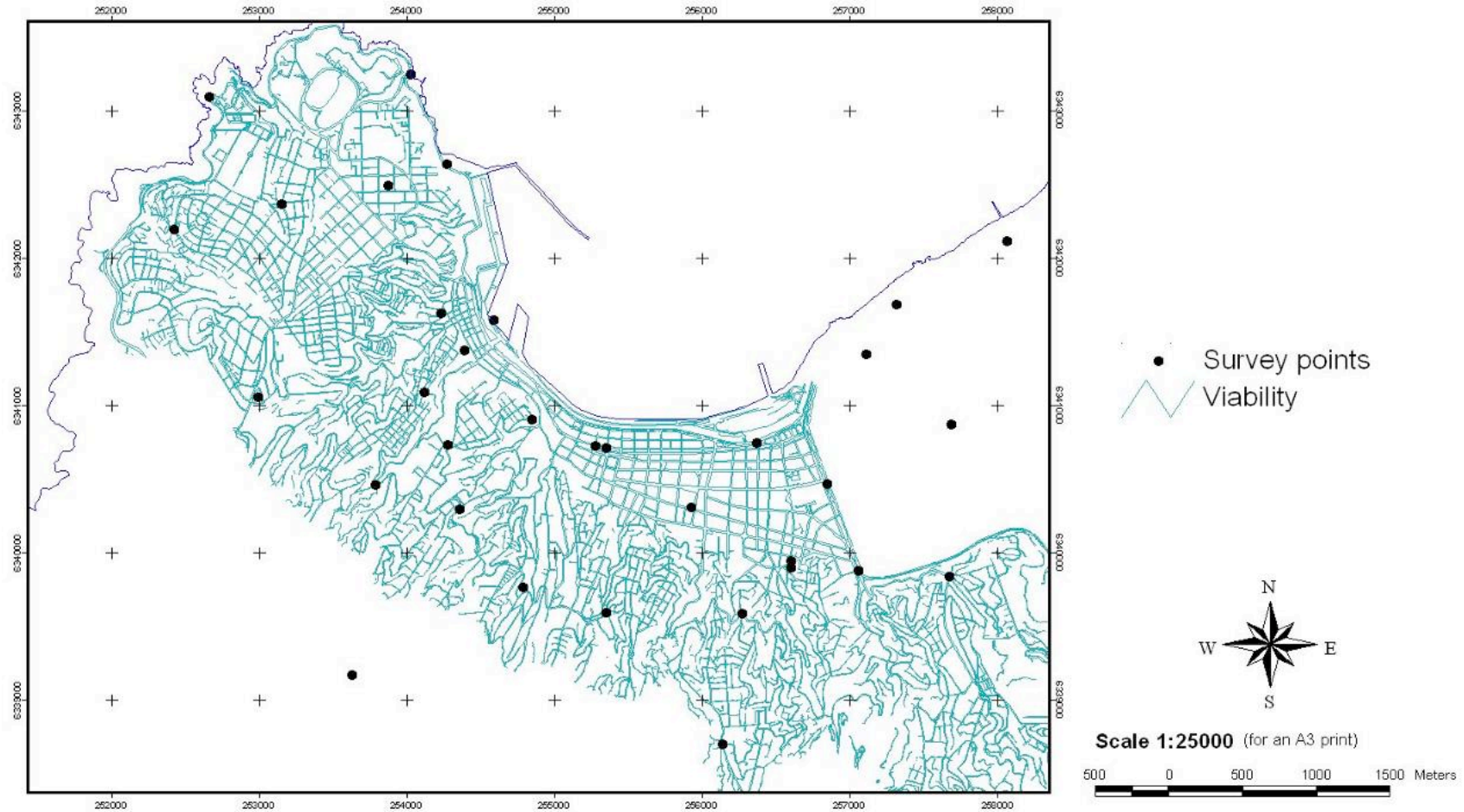
# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

5 meters DEM



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

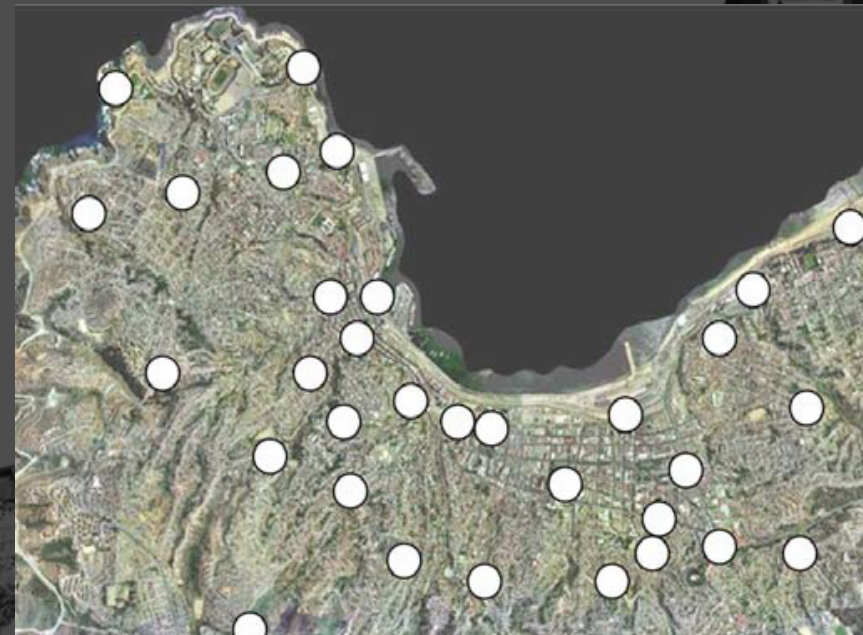
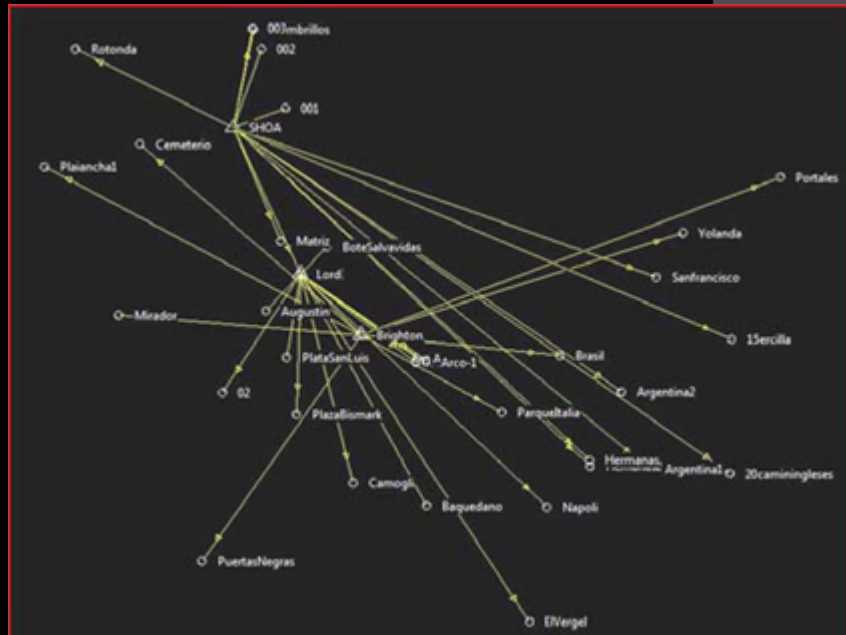
## GPS Survey



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

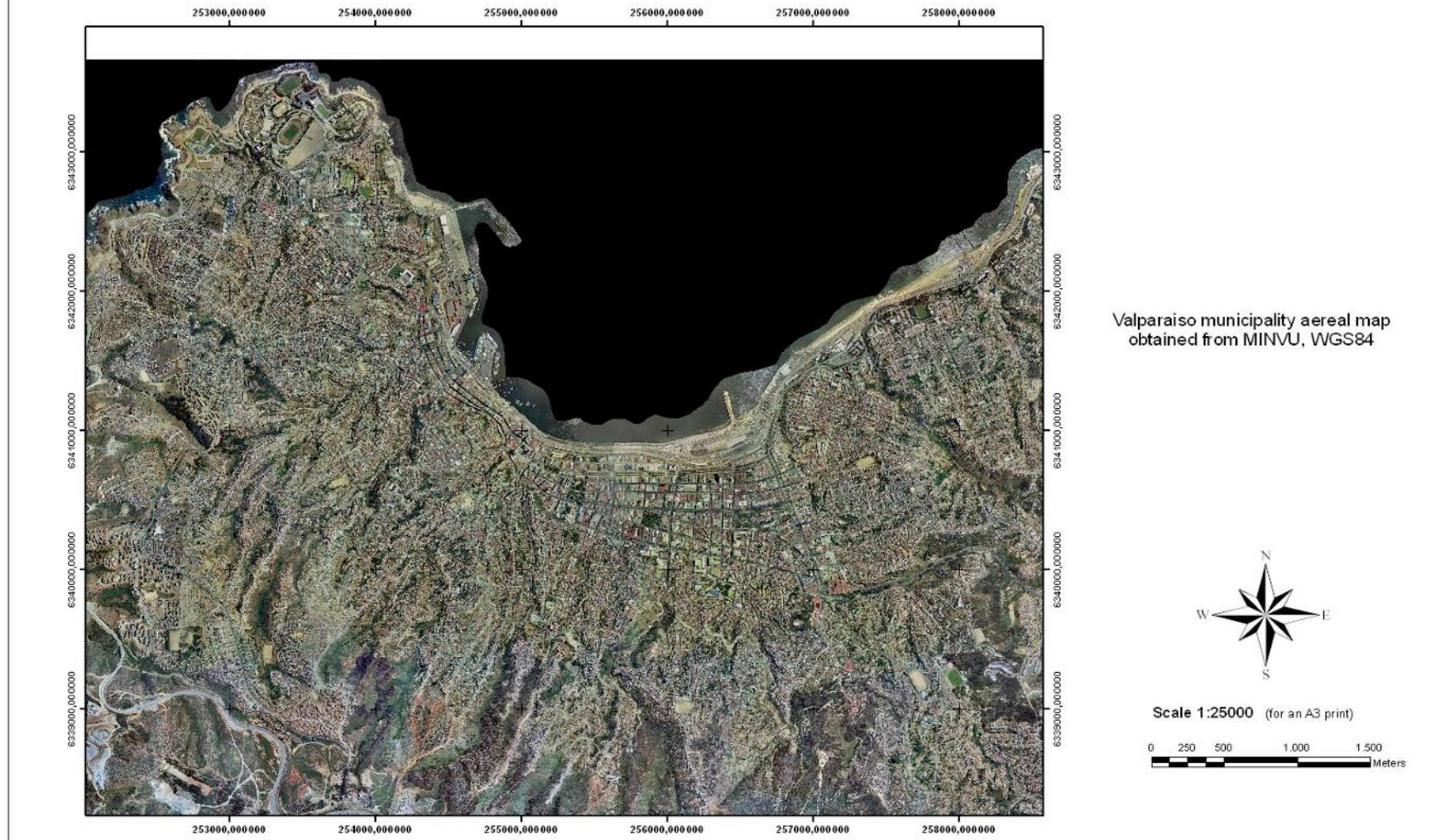


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



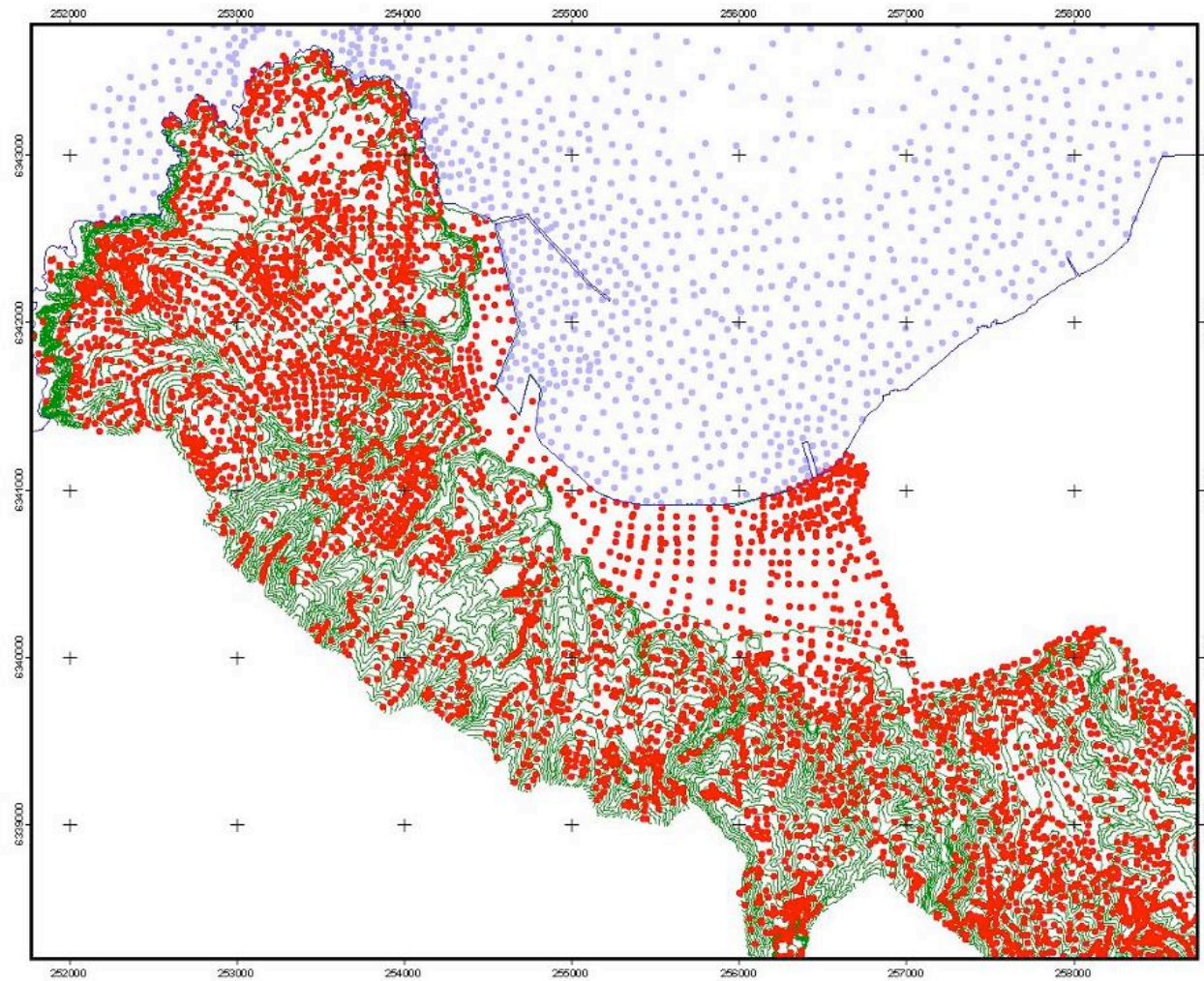
# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Aereal Map



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Topobathimetric Map



- Coast Line
- Bathimetric points
- Height Points
- Contour lines



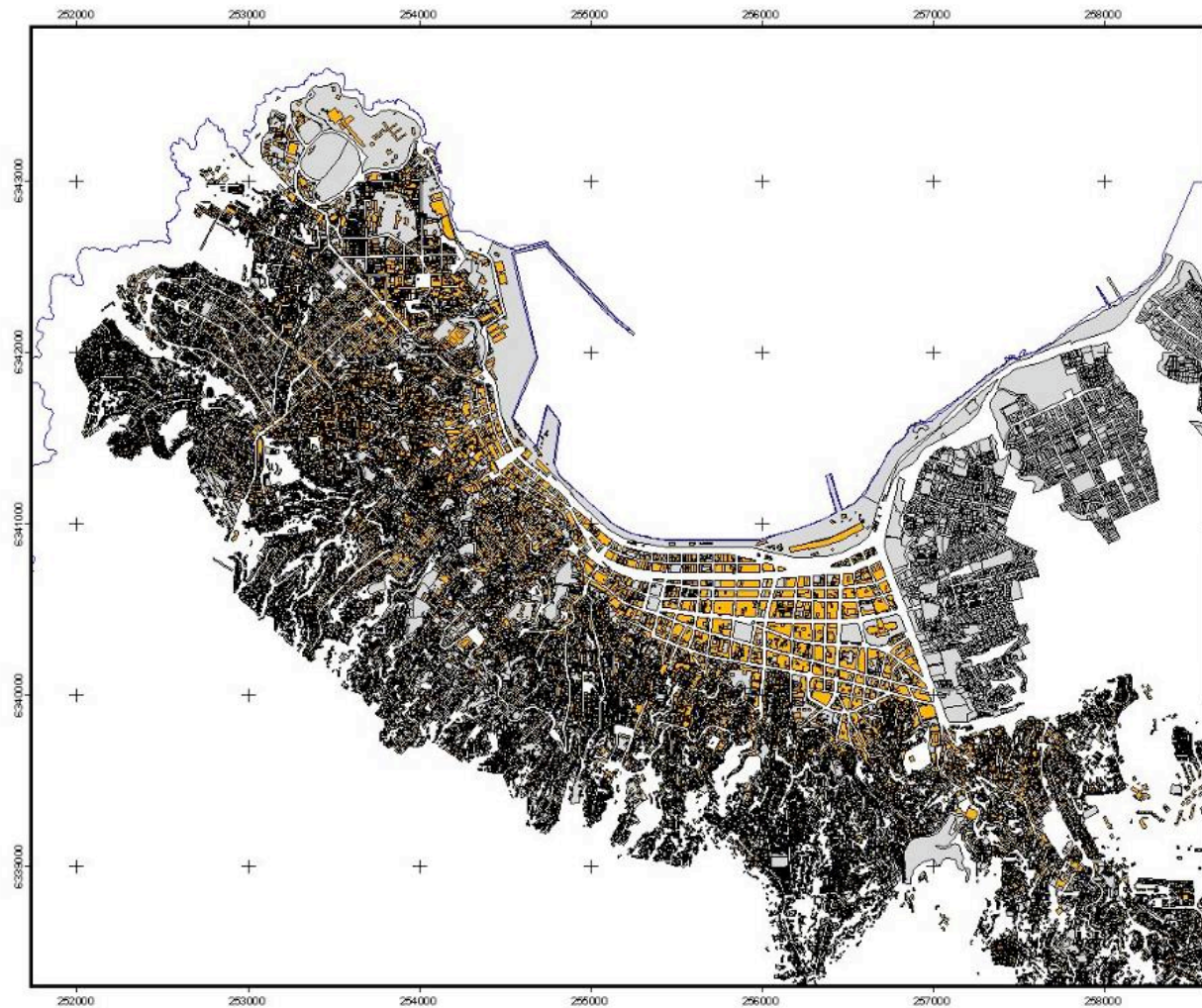
Scale 1:25000 (for an A3 print)





# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Urbanization



- Coast Line
- Buildings
- Cadastral blocks subdivision



Scale 1:25000 (for an A3 print)





## WP3: Peligrosidad sísmica

### ICTP Team:

Prof. Giuliano Panza  
Hoby Raza  
Elisa Zuccolo  
Cristina La Mura  
Dr. Fabio Romanelli  
Dr. Franco Vaccari

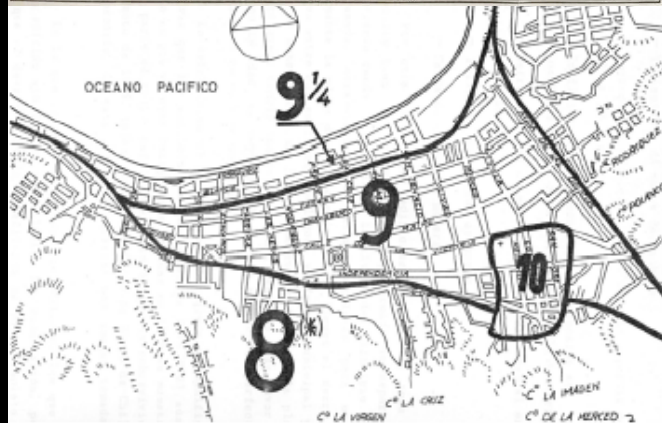
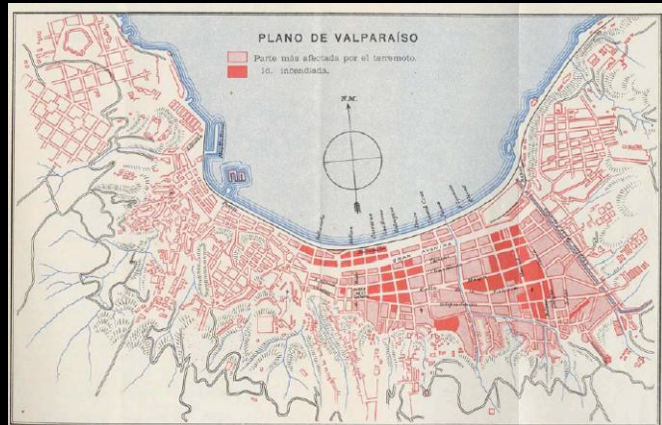
Scientific Coordinator  
PhD Student  
PhD Student  
PhD Student  
Senior Researcher  
Senior Researcher

El mayor resultado de este WP es proporcionar un **dataset** representativo del potencial desplazamiento de la roca madre, sobretodo en las iglesias en estudio (**La Matriz, San Francisco, Las Hermanitas de la Providencia**), por distintos escenarios, de manera tal de **predecir los efectos de distintos sismos de distinta magnitud.**

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## PELIGROSIDAD SISMICA

### Sismicidad histórica (1906-1985)



16 de Agosto de 1906 La Recoba del Cardenal

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaiso”

## SEISMIC HAZARD

- de modelos probabilisticos hasta escenarios deterministicos
- desde una escala regional hasta una escala local

### - cuatro escenarios sismicos

Magnitud 7.5 Ocasional (Ocurrencia: cada ≈120-140 anos, Fuerte)

Magnitud 7.8 (1985) esporadico (Ocurrencia: cada ≈200-250 anos, Muy fuerte )

Magnitud 8.3 (1906) Raro (Ocurrencia: cada ≈500 anos, desastroso)

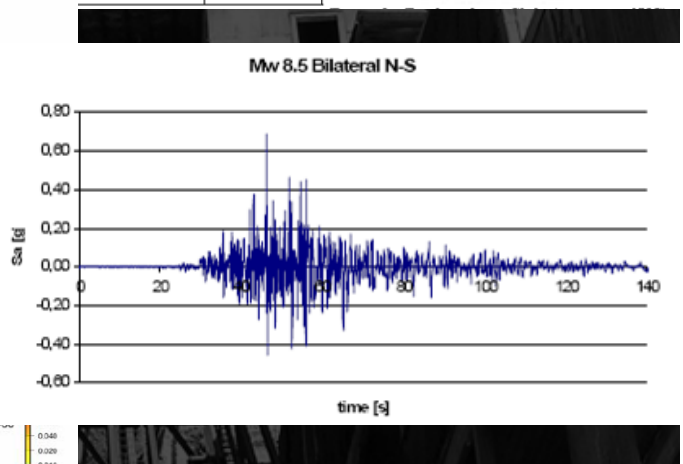
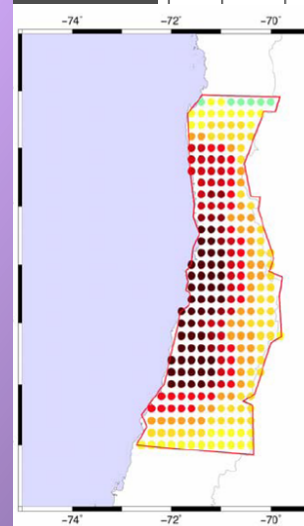
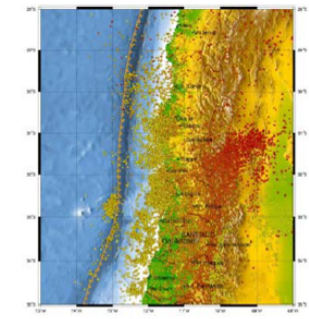
Magnitud 8.5 Exceptional (Ocurrencia: cada ≈1000 anos, catastrofico)

### Por cada escenario:

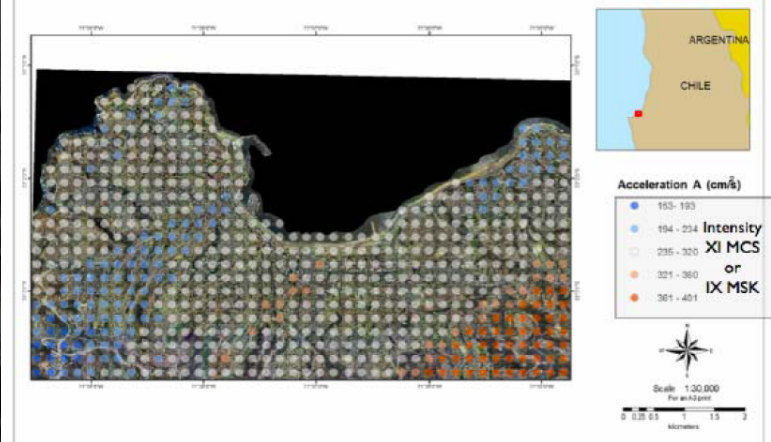
- dos tipologias de roptura: unilateral N/S y bilateral)
- Desplaciamento, Velocidad y, Aceleracion por las dos componentes horizontales del movimiento (N-S y E-W)
- realizacion de una red densa (20x20 m) por la area urbana de Valparaiso
- input sismicos especificos por las tres iglesias

Table 1: Strong earthquakes interesting Valparaiso

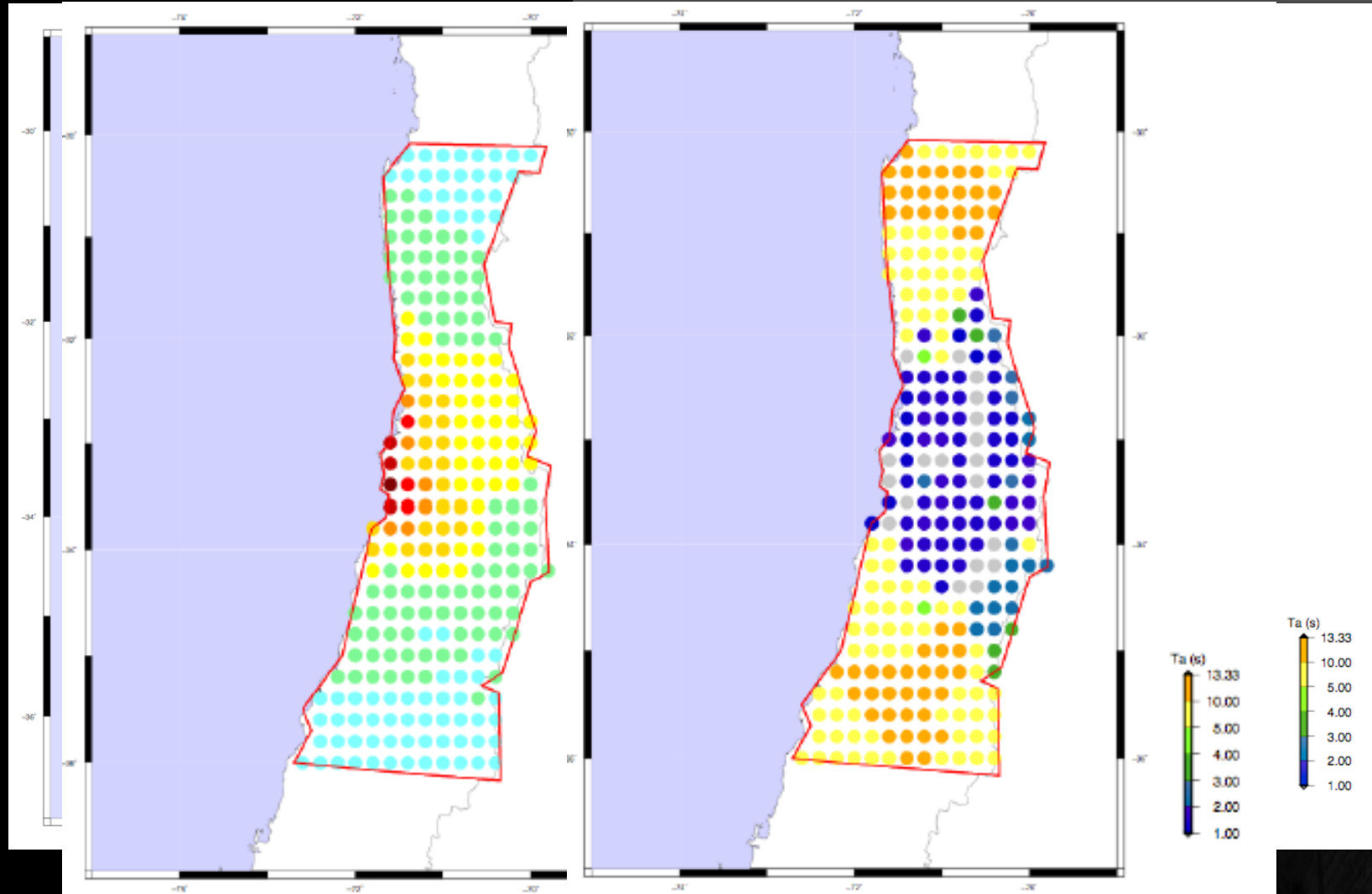
date			location	Magnitude M
year	month	day		
1730	07	08	Valparaiso, Chile	8.7
1906	08	17	Valparaiso, Chile	8.2
1965	03	28	Near Santiago, Chile	7.1
1971	07	09	Valparaiso region, Chile	7.5
1985	03	03	offshore Valparaiso, Chile	7.8



SCENARIO 1906 EARTHQUAKE: BILATERAL RUPTURE ACCELERATION NORTH-SOUTH COMPONENT



- Peligro a escala regional

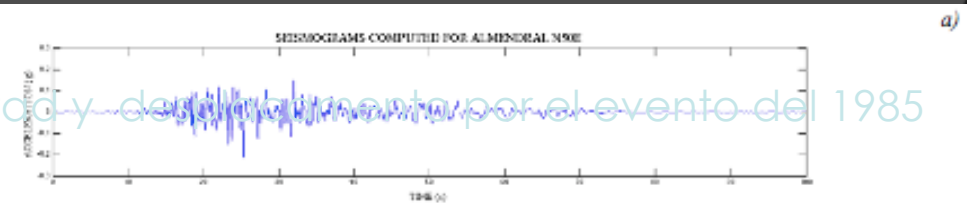


PELIGROSIDAD A NIVEL REGIONAL

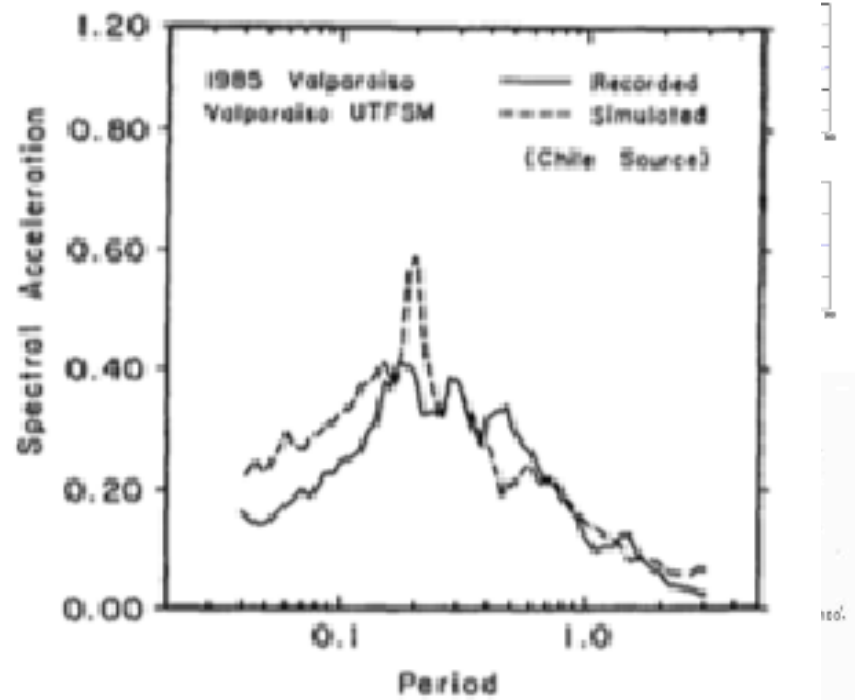
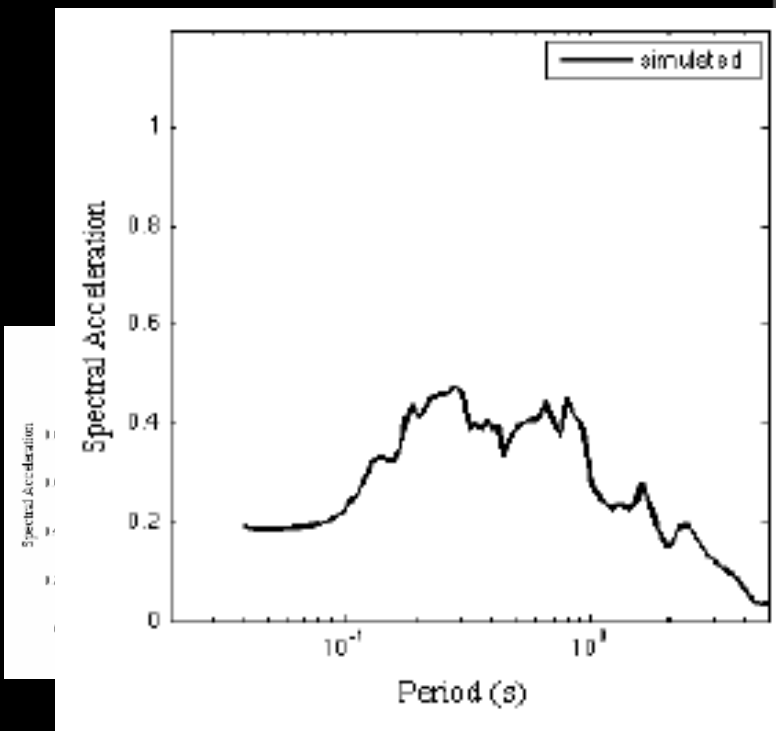
Distribucion del componente horizontal del PGA (Maxima Aceleracion al suelo ) y del maximo periodo en segundos

### Validación de los datos modelados con los datos experimentales

El Almendral station: aceleración, velocidad y desplazamiento por el evento del 1985 event.

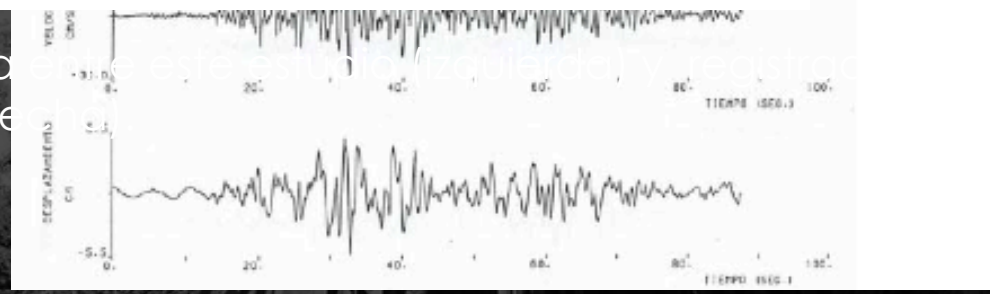


a)

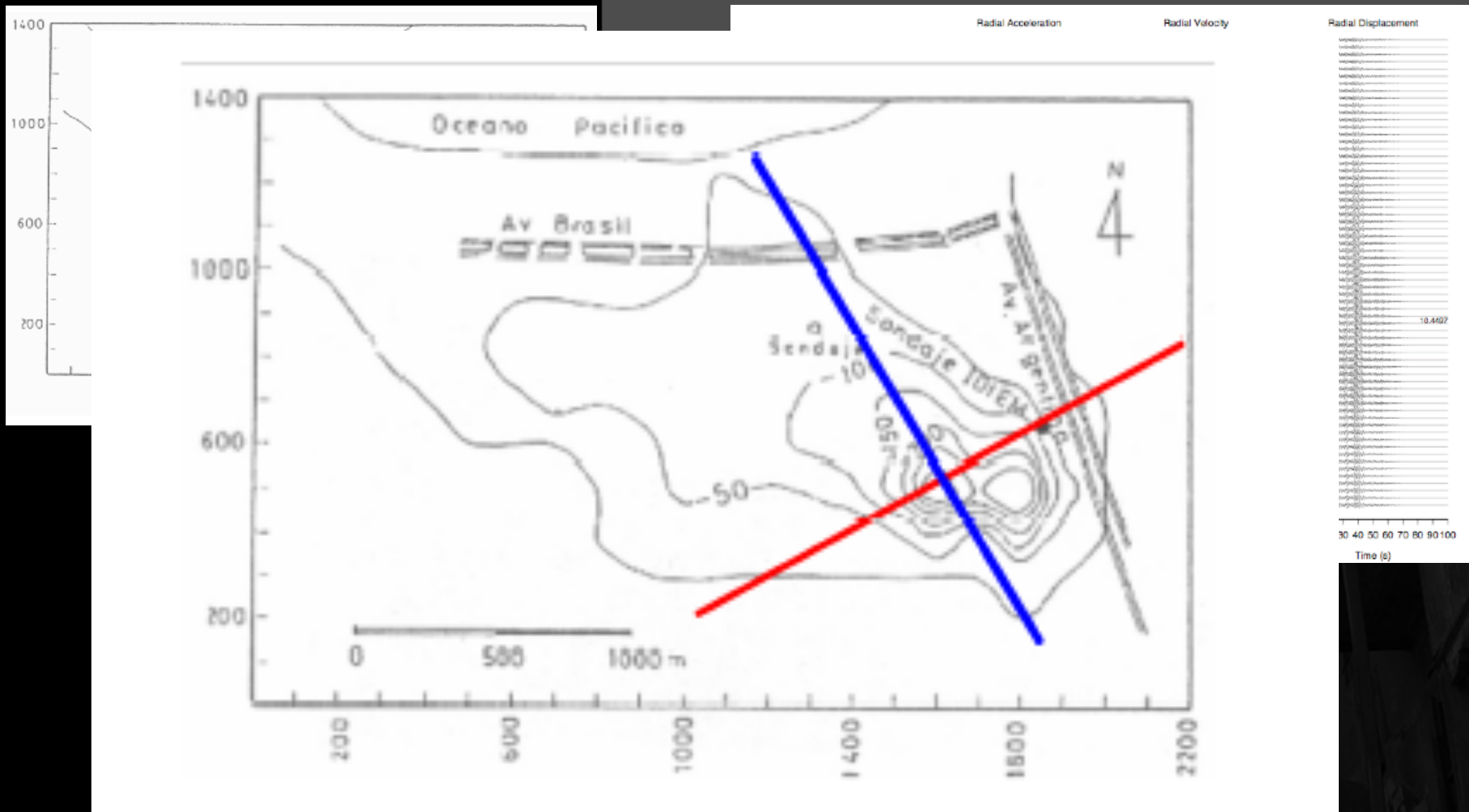


b)

Comparación del espectro de respuesta simulado por Somerville et al., 1991 (derecha)



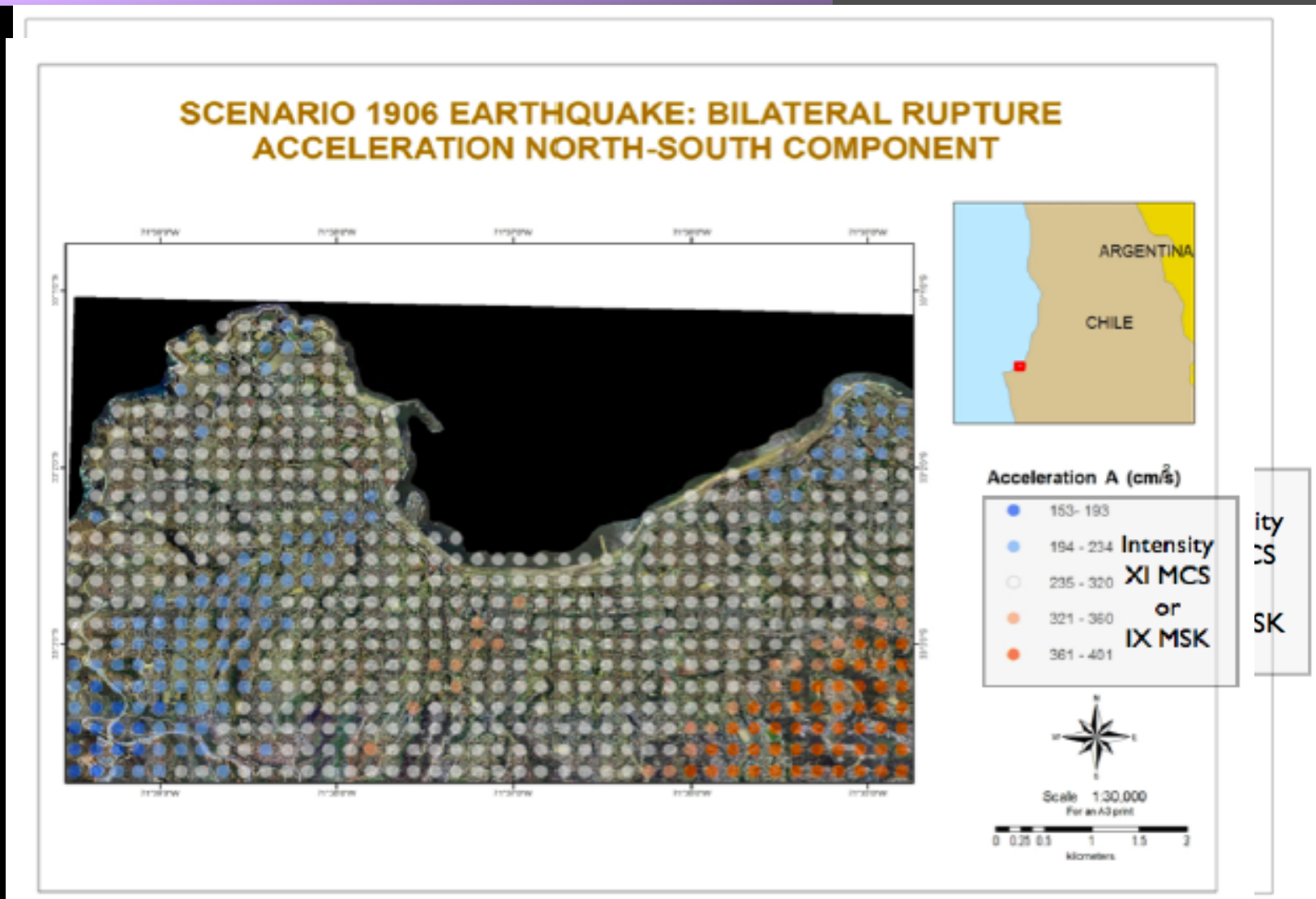
Input sísmico a escala urbana: cortes seleccionados & efectos locales



Reconstrucción de la profundidad de la roca madre en la estación sísmica de El Almendral y orientación de dos cortes a lo largo de los cuales han sido modelados los input sísmicos

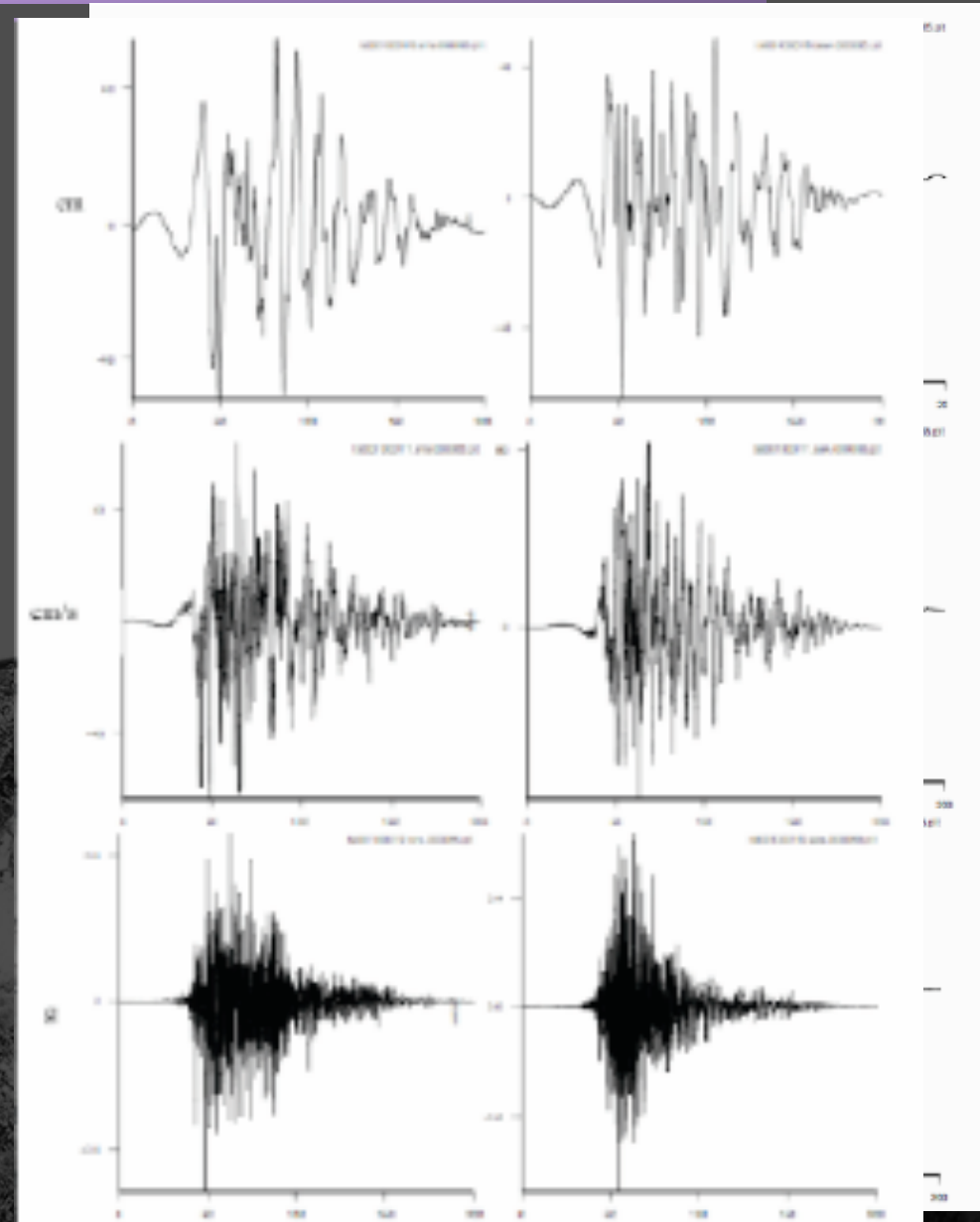
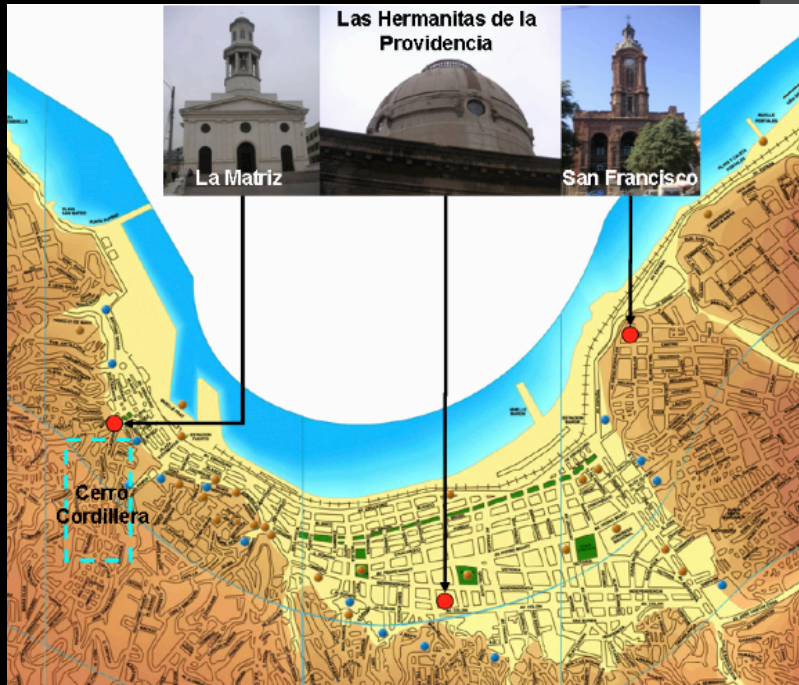


Input sismico a escala urbana



Escenario del desplazamiento del suelo en la area urbana de Valparaiso por el evento del 1985. Componente NS de la velocidad para roptura bilateral.

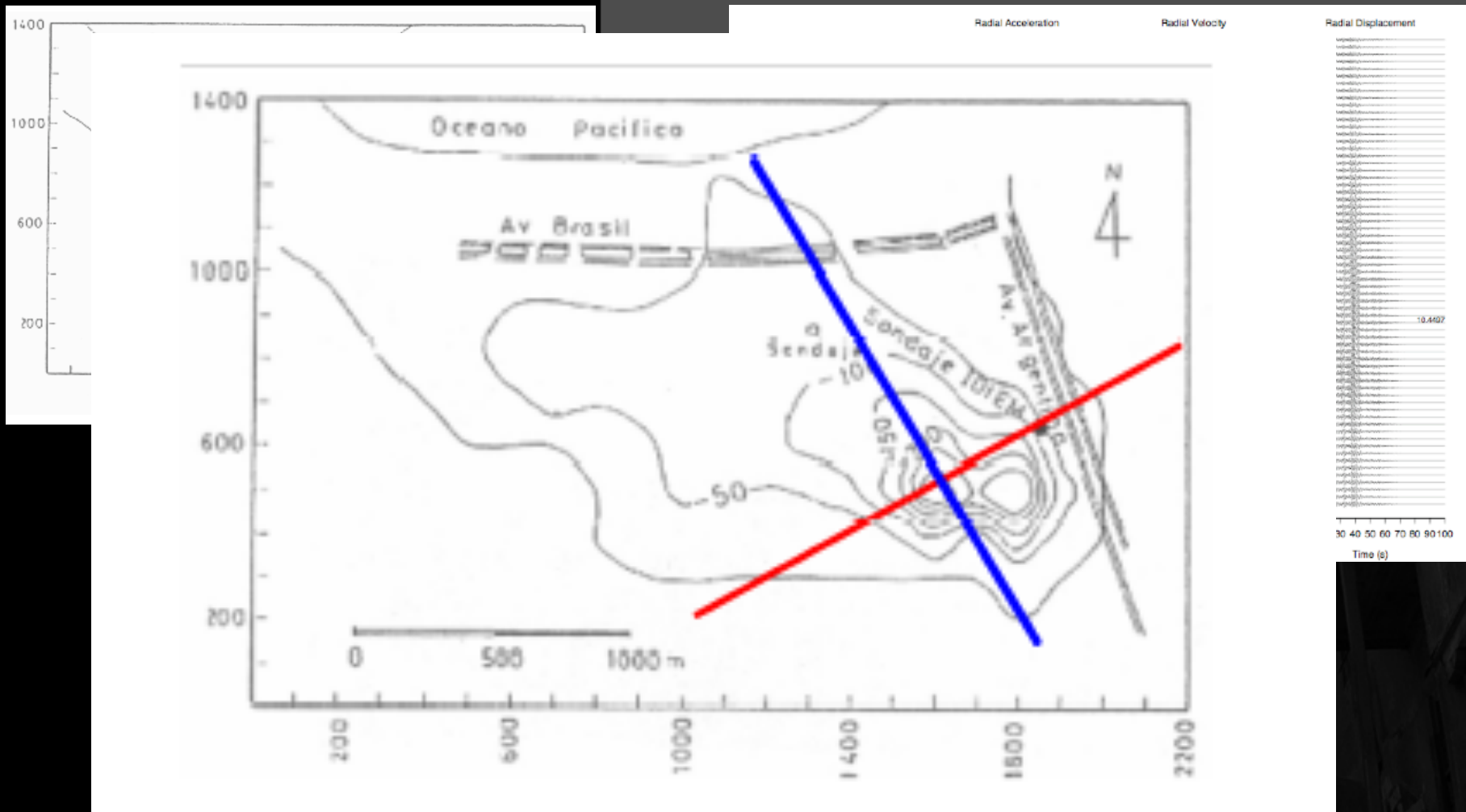
### Input sísmico a escala urbana: las 3 iglesias seleccionadas



Ejemplo de un input sísmico calculado en la Iglesia de La Matriz: 1906 escenario de ruptura bilateral.

Desplazamiento, velocidad y aceleración por los dos componentes horizontales

Input sísmico a escala urbana: cortes seleccionados & efectos locales



Reconstrucción de la profundidad de la roca madre en la estación sísmica de El Almendral



Input sísmico a escala urbana: efectos locales

Por lo tanto, un importante resultado general de las análisis conducidos es que los efectos locales debidos por el espesor de los sedimentos sueltos (mas de 300 m) que estan sobre la roca madre en el area de El Almendral, puede causar una amplificacion mayor de 1 de la intensidad sísmica media de toda la ciudad

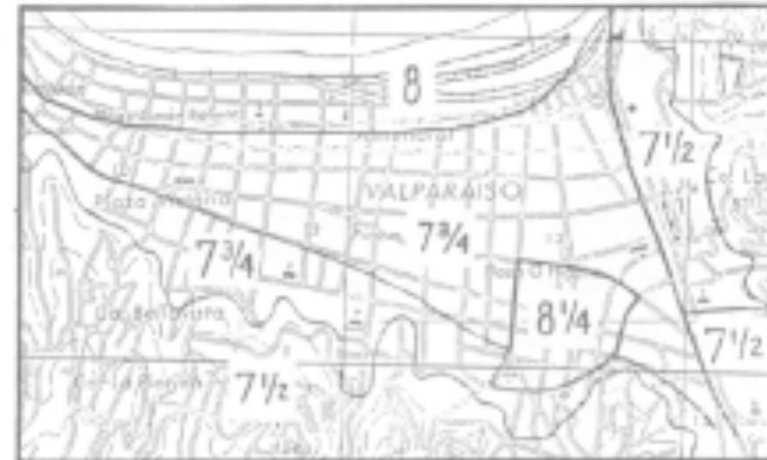


Figure 41: MSI intensities of 1961 Chile Central earthquake at El Almendral (Garcés et al., 1999).



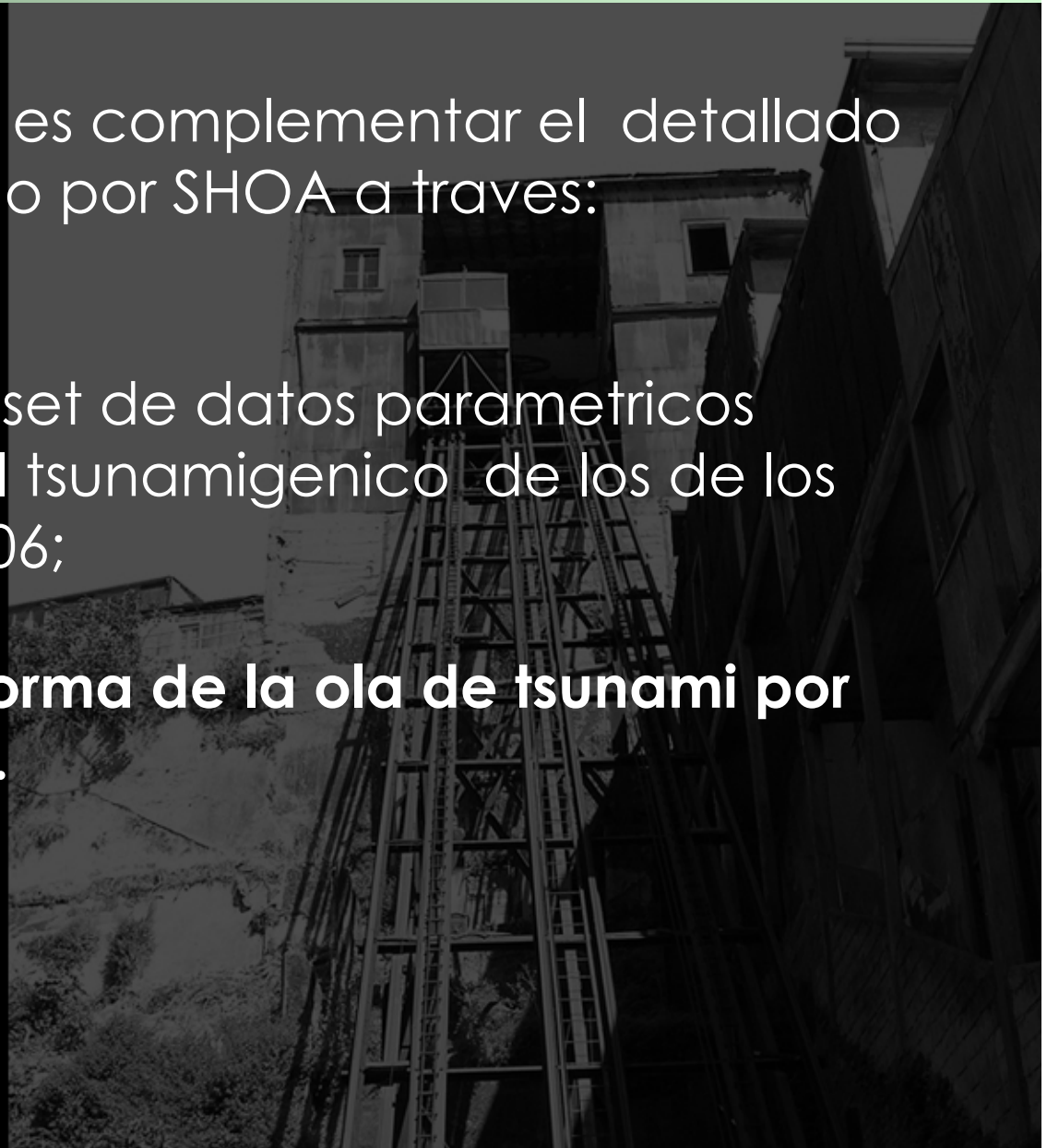
Figure 42: MSI intensities of 1966 earthquake at El Almendral (Saragoni, 2006).

Figure 43: MSA intensities of 1990 earthquake at El Almendral (Saragoni, 2009).

## WP4: Peligrosidad por tsunami

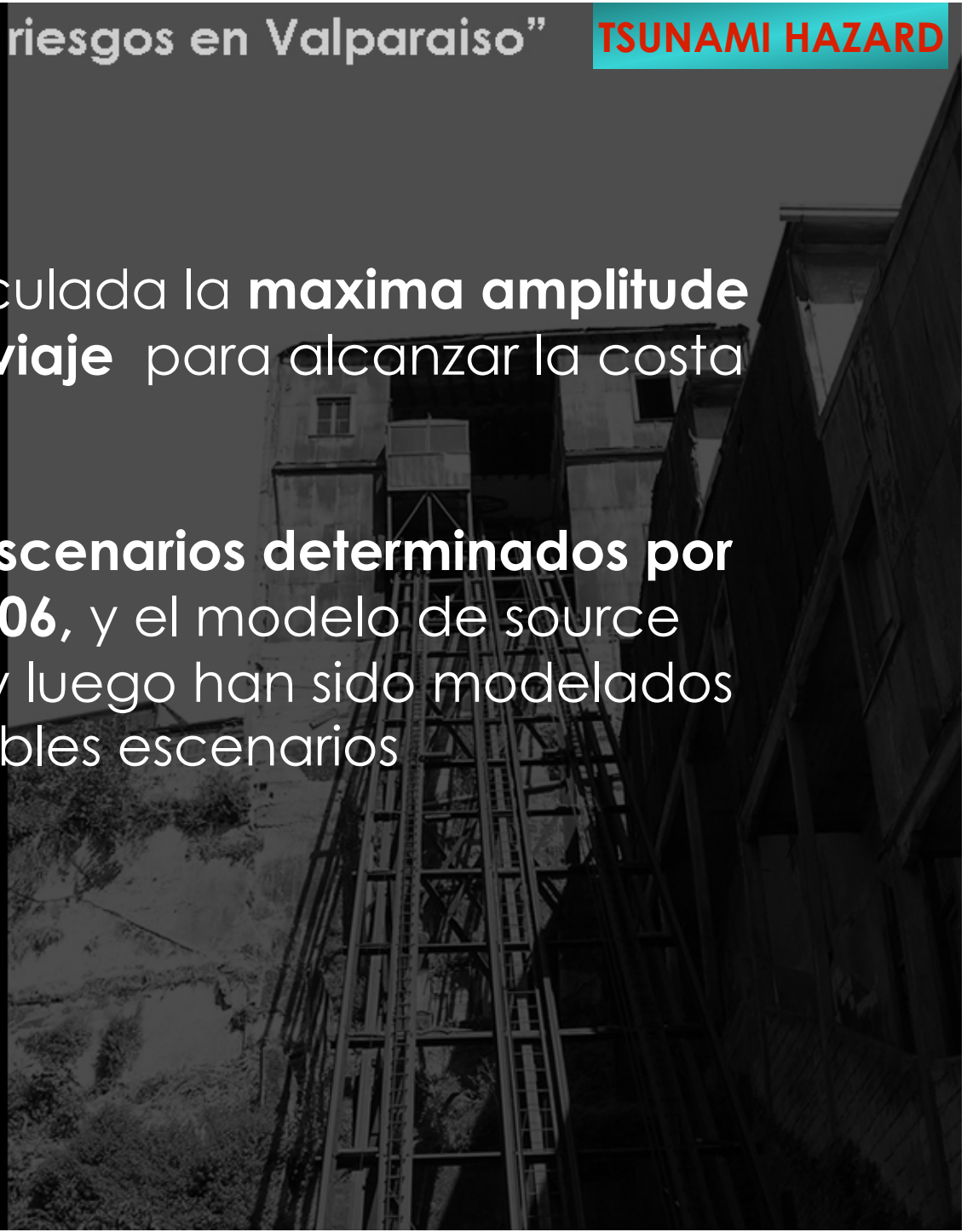
El objetivo del trabajo es complementar el detallado estudio ya desarrollado por SHOA a través:

- a) Constucción de un set de datos parametricos acerca el potencial tsunamigenico de los de los sismos de 1985 y 1906;
- b) modelacion **de la forma de la ola de tsunami por distintos escenarios.**



En particular ha sido calculada la **maxima amplitud de la ola** y el **tiempo de viaje** para alcanzar la costa desde la source area.

Han sido adoptado los **escenarios determinados por los eventos del 1985 y 1906**, y el modelo de source area descrito por SHOA y luego han sido modelados los tsunami por otros posibles escenarios



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## TSUNAMI HAZARD

colaboración con SHOA y OGP

- “escenarios eventos (1985 e 1906)” y “source models” por estudios del SHOA
- Desarrollo de otros posibles escenarios
- Escenarios de Tsunami a Valparaíso:

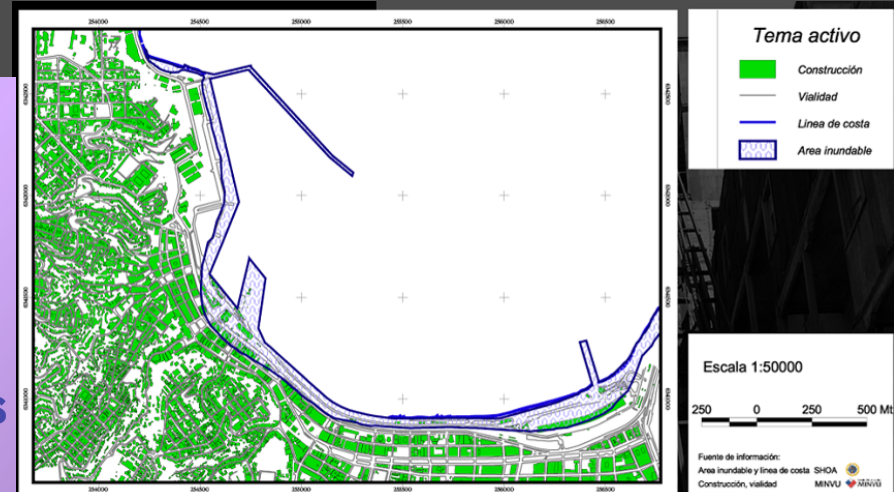
Magnitud 7.0 Frecuent (Ocurrencia: cada ≈70-80 years)

Magnitud 7.5 Ocasional (Ocurrencia: cada ≈120-140 years, fuerte)

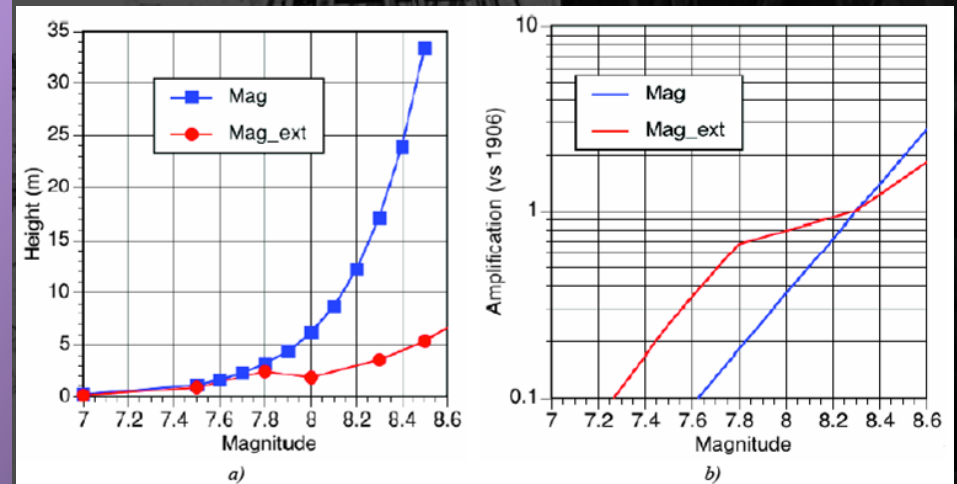
Magnitud 7.8 (1985) Sporadic (Ocurrencia: cada ≈200-250 years, Muy fuerte)

Magnitud 8.3 (1906) Rare (Ocurrencia: cada ≈500 years, Desastroso)

Magnitud 8.5 Exceptional Occurrence Period cada≈1000 years, Catastrofico)

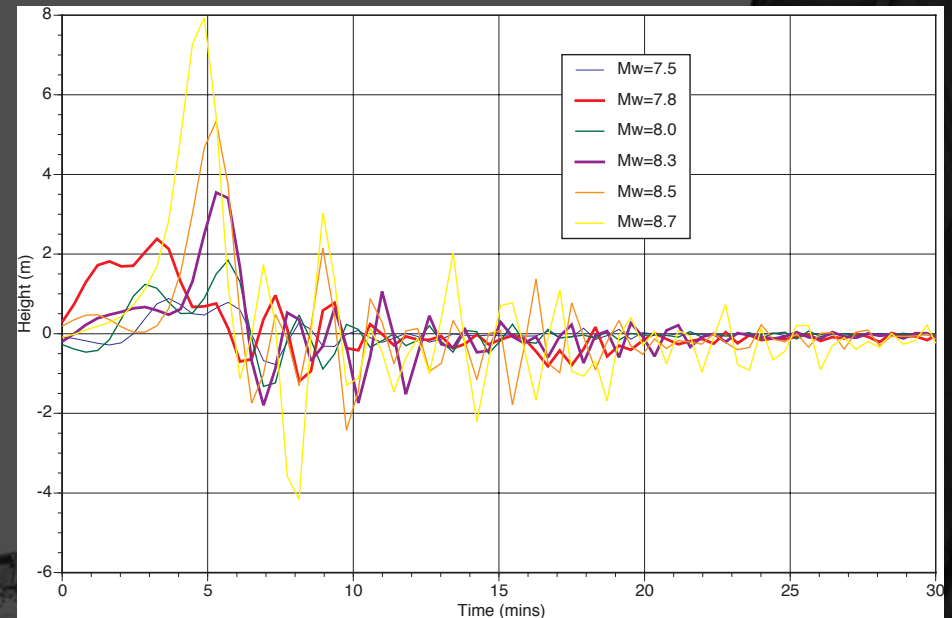
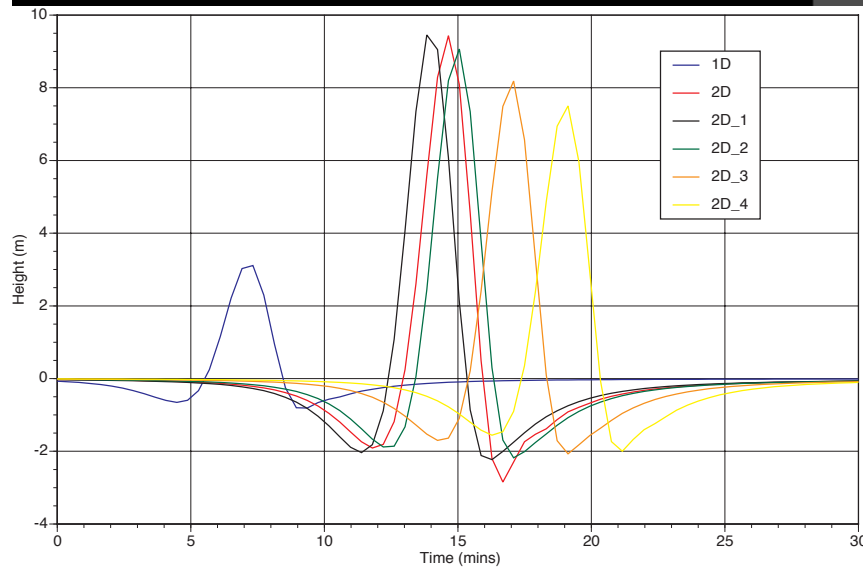


Mapa inundación por tsunami (SHOA)



a) Altitud máxima b) amplificación en relación al evento de referencia (sismo 1985) por sismos de escenarios

### Modelos del heterogenidad lateral & source area extensa



Señales de Tsunami calculado por el sismo de referencia (1D) y distintos modelos de heterogeneidad lateral (2D).

Señales de Tsunami calculado en Valparaíso (acerca 50 km) por distintas magnitudes (desde 7.5 hasta 8.7) con un modelo de source area extensa

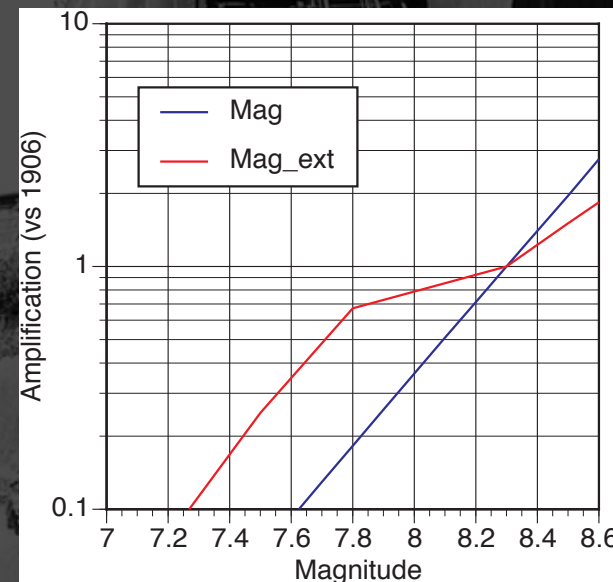
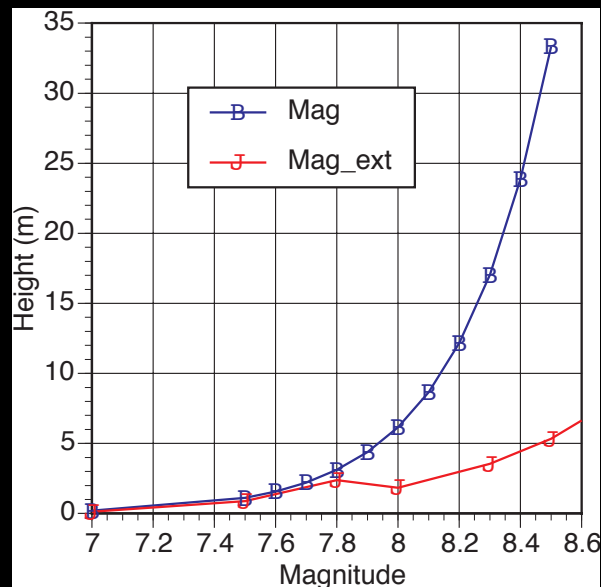




### Conclusiones

Usando como base el mapa producido por el SHOA (1999) relacionado con el evento del 1906, un upper bound del factor de multiplicación por la peligrosidad por tsunami ha sido usada por distintos escenarios.

La altitud de la ola ha sido calculada por una source area puntual y extensa en relacion con la magnitud y la amplificación (usando como referencia el nivel del año 1906)



- Altitud maxima de la ola (por una source area puntual y extensa)
- amplificación comparada al evento de referencia (sismo del 1906) por los sismos considerados.

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

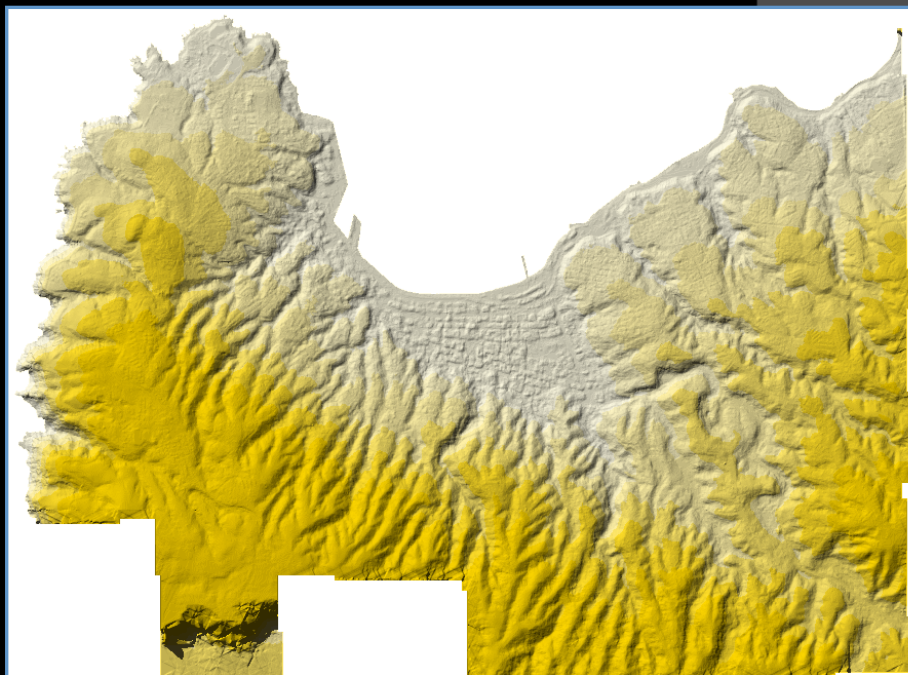
## WP1: Análisis en Área de riesgo de incendio en Valparaíso

Primera etapa de análisis de acuerdo a un Sistema de Información Geográfico (GIS)

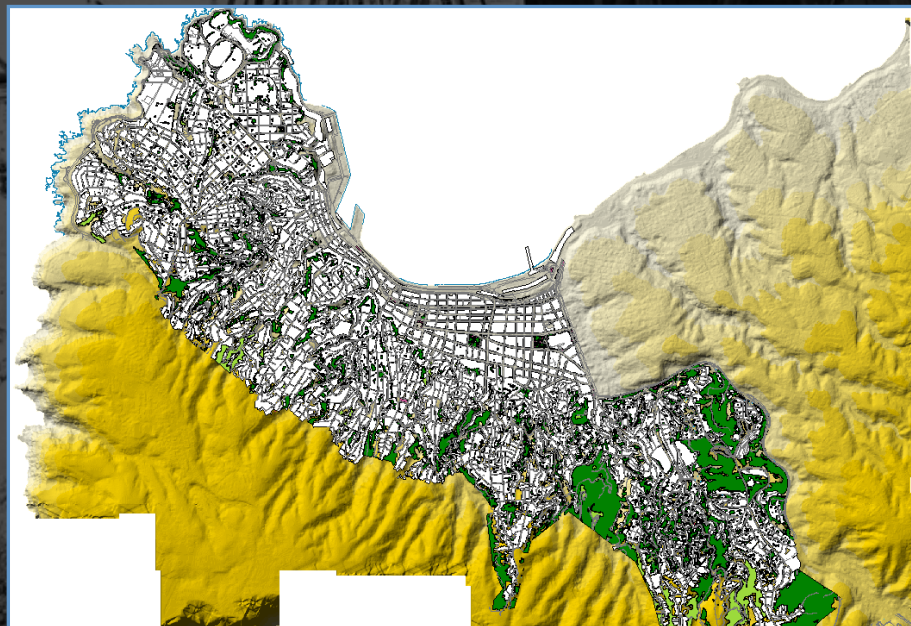


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Capas basicas de informacion



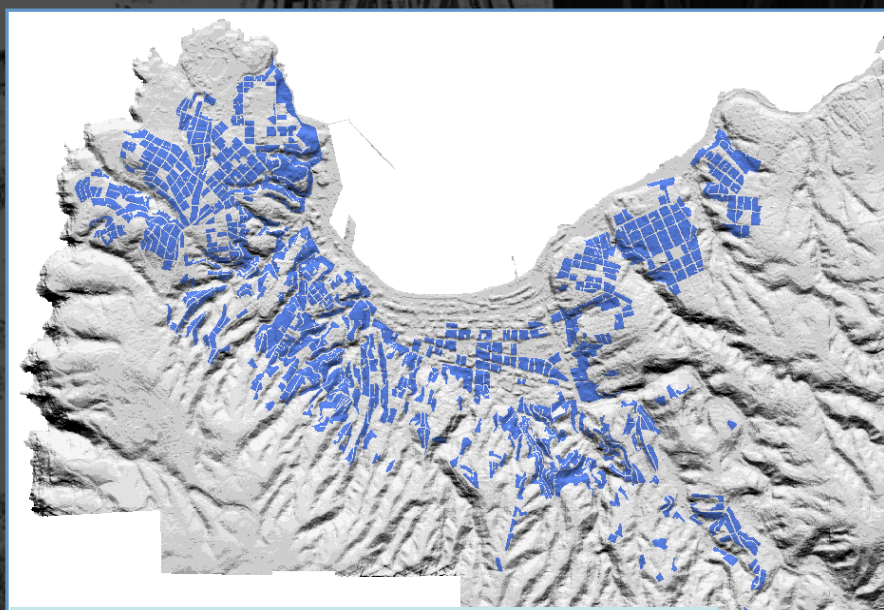
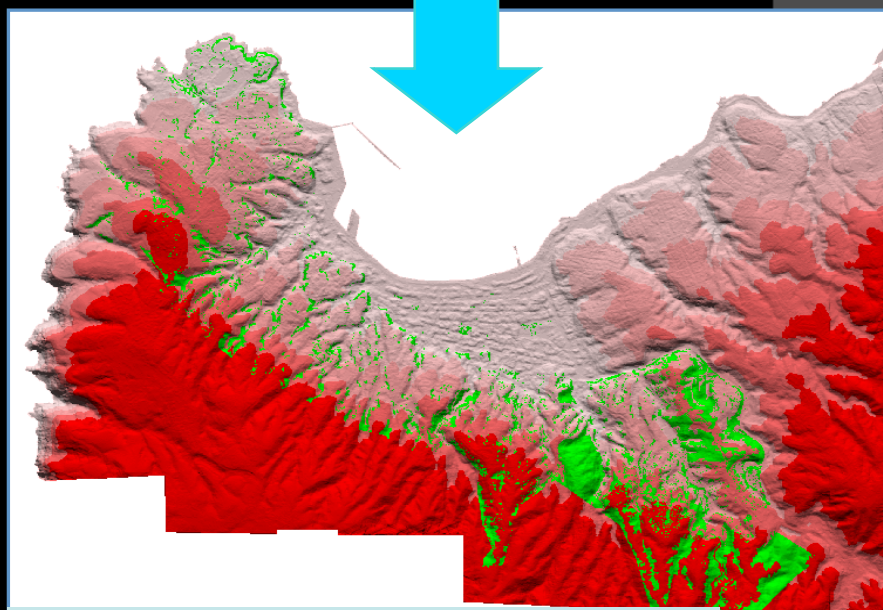
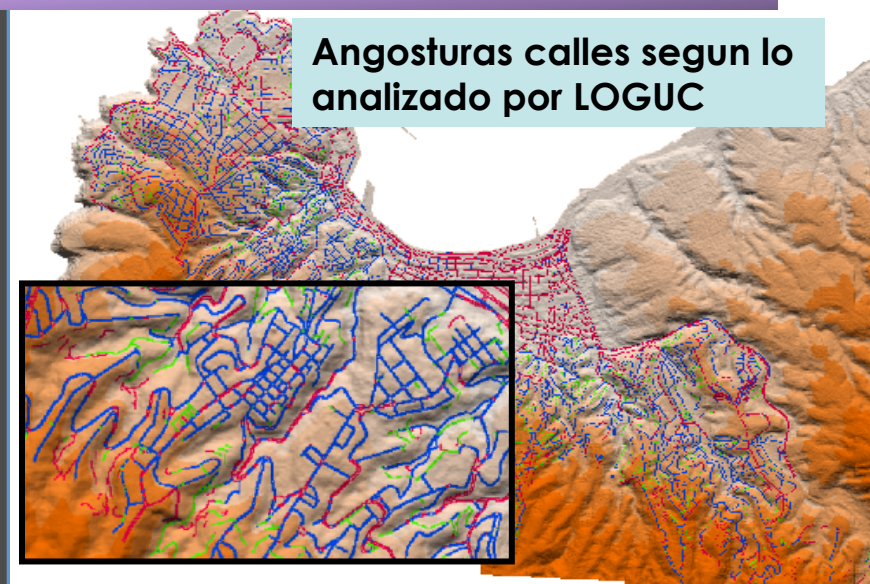
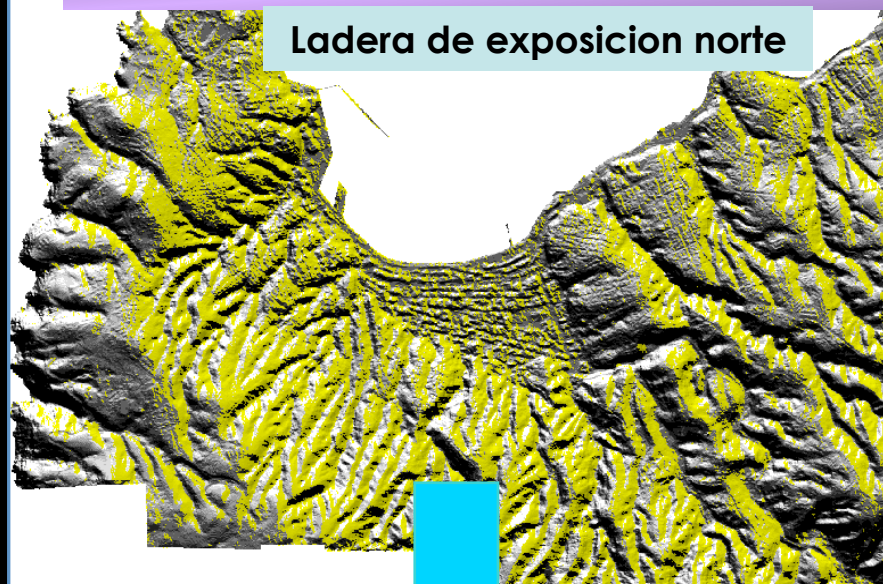
- DEM 5x 5 m
- VIALIDAD
- COBERTURA VEGETAL
- EXPOSICION DE PENDIENTES
- CANTIDAD DE PREDIOS
- ÁREA DE MANZANAS



Informaciones entregadas por el SAF 2005

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Capas de informaciones extraídas funcionales a la analisis

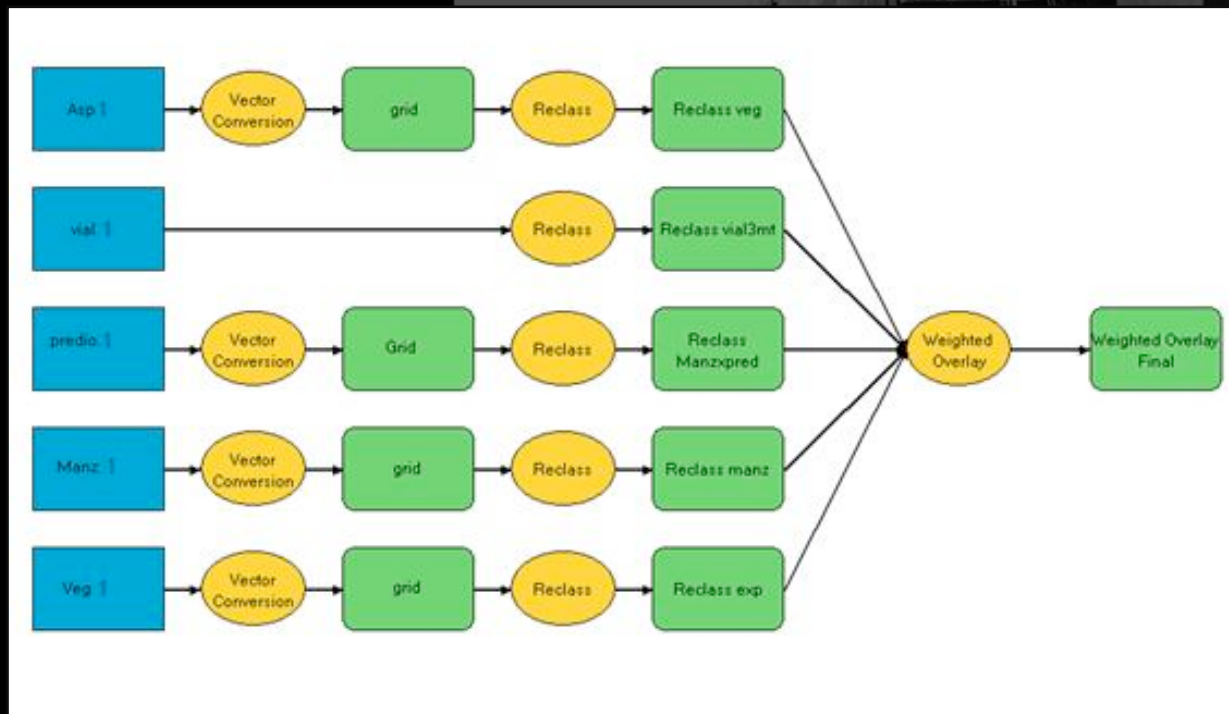


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Ponderación de variables

NIVEL DE INCIDENCIA DE VARIABLES	
0	NULA
3	ALTA
2	MEDIA
1	BAJA

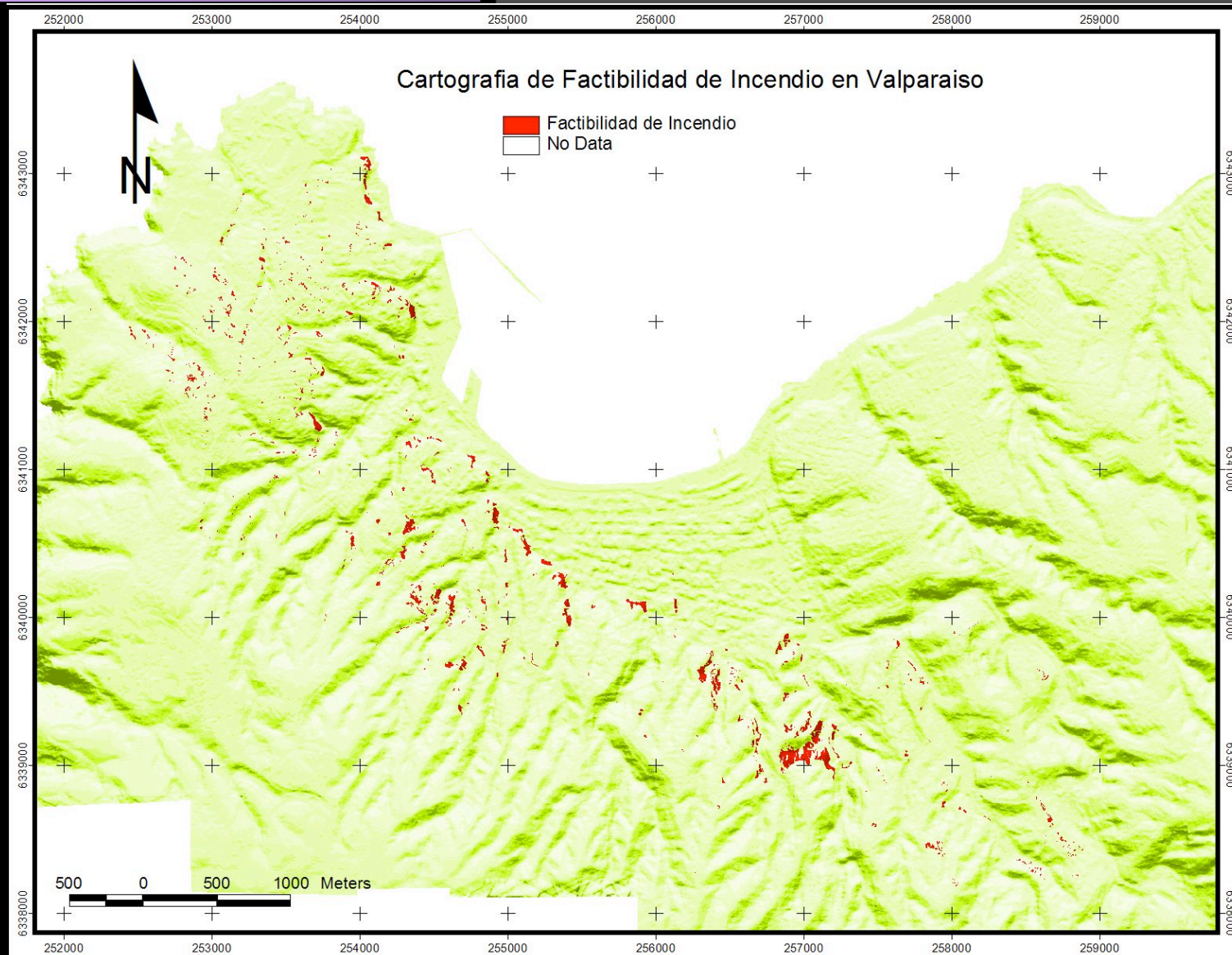
	VIALIDAD	VEGETACION	EXPOSICION	HABITACION	AREAS	TOTAL	PORCENTAJE
VIALIDAD		0	0	3	2		20
VEGETACION	0		3	1	1		26
EXPOSICION	0	3		0	0		16
PREDIOS	3	3	1		3		19
AREAS	3	2	1	2			19
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>31</b>	<b>100</b>



Aplicacion de acuerdo a la ponderacion de variables

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## CARTOGRAFÍA RESULTANTE

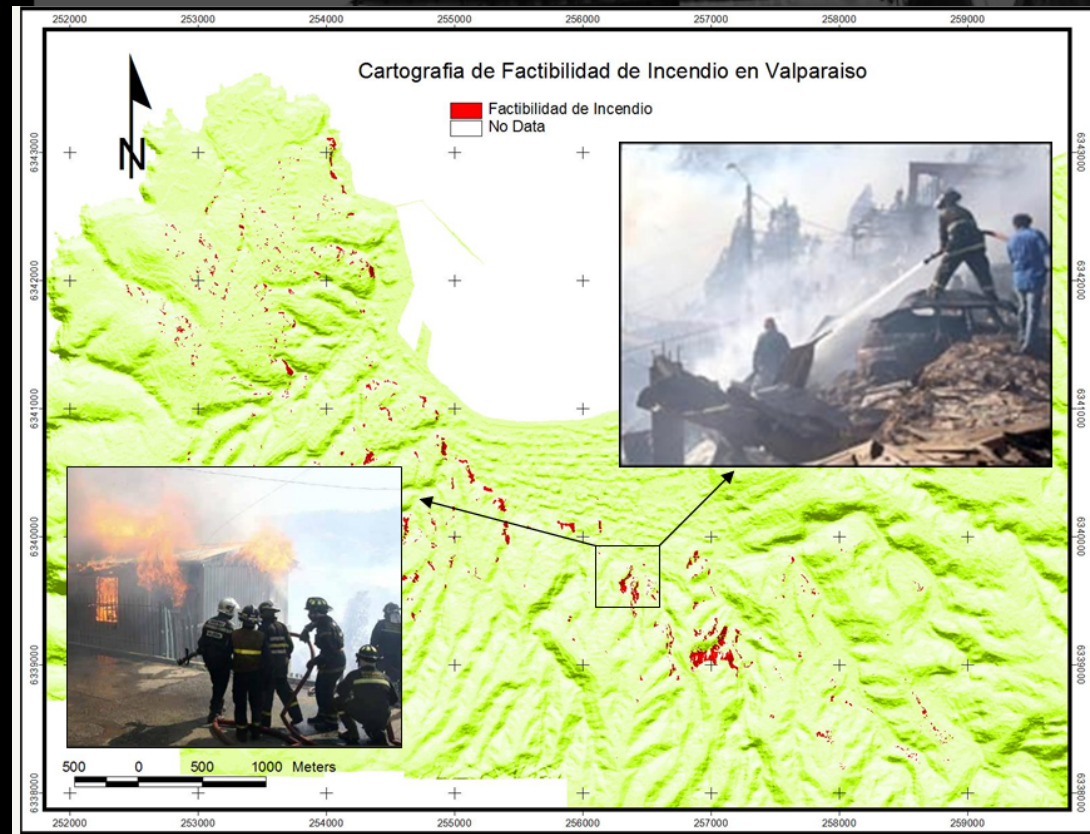


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Análsis regresiva

20:05 Destrucción total de 60 casas, 15 quemados -dos graves- y dos desaparecidos deja el peor incendio, en años, en Valparaíso

Un saldo de destrucción, dramas familiares y graves lesionados, ha dejado hasta el momento un incendio iniciado a las 16:30 horas en el cerro La Cruz. Bomberos, a esta hora, estima entre 60 y 70 las casas destruidas. Hay varias personas quemadas, entre ellas un bombero que tendría un alto porcentaje de su cuerpo quemado y está en riesgo vital. El calor, el fuerte y cambiante viento y, presuntamente una irresponsable quema para fabricar carbón en una quebrada, son las causas principales de este siniestro, el más grande de las últimas décadas (estrella, 15-01-2008)





# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Variables SIG, aporte a mayor nivel de análisis

### **VIVIENDA**

- ✓ Año de construcción de la vivienda
- ✓ Tipo de material de construcción
- ✓ Altura en pisos de la vivienda
- ✓ Área de la vivienda
- ✓ Sitio eriazo

### **VIALIDAD**

- ✓ Largo de calle
- ✓ Tipología de calles (pavimentada, no pavimentada, huella, pasaje y puente)

### **AREAS VERDES Y ESPARCIMIENTO**

- ✓ Ubicación de árboles
- ✓ Ubicación de palmeras
- ✓ Ubicación de plazas y otros espacios públicos

### **SOCIODEMOGRÁFICAS**

- ✓ Nivel socioeconómico
- ✓ Cantidad de personas por vivienda
- ✓ Definición etaria según áreas

### **FISICAS**

- ✓ Porcentaje inclinación de Pendientes
- ✓ Mayor exposición solar según hora del día
- ✓ Altura de áreas propuestas a análisis

### **EQUIPAMIENTO**

- ✓ Ubicación de alcantarillados
- ✓ Postes de luz

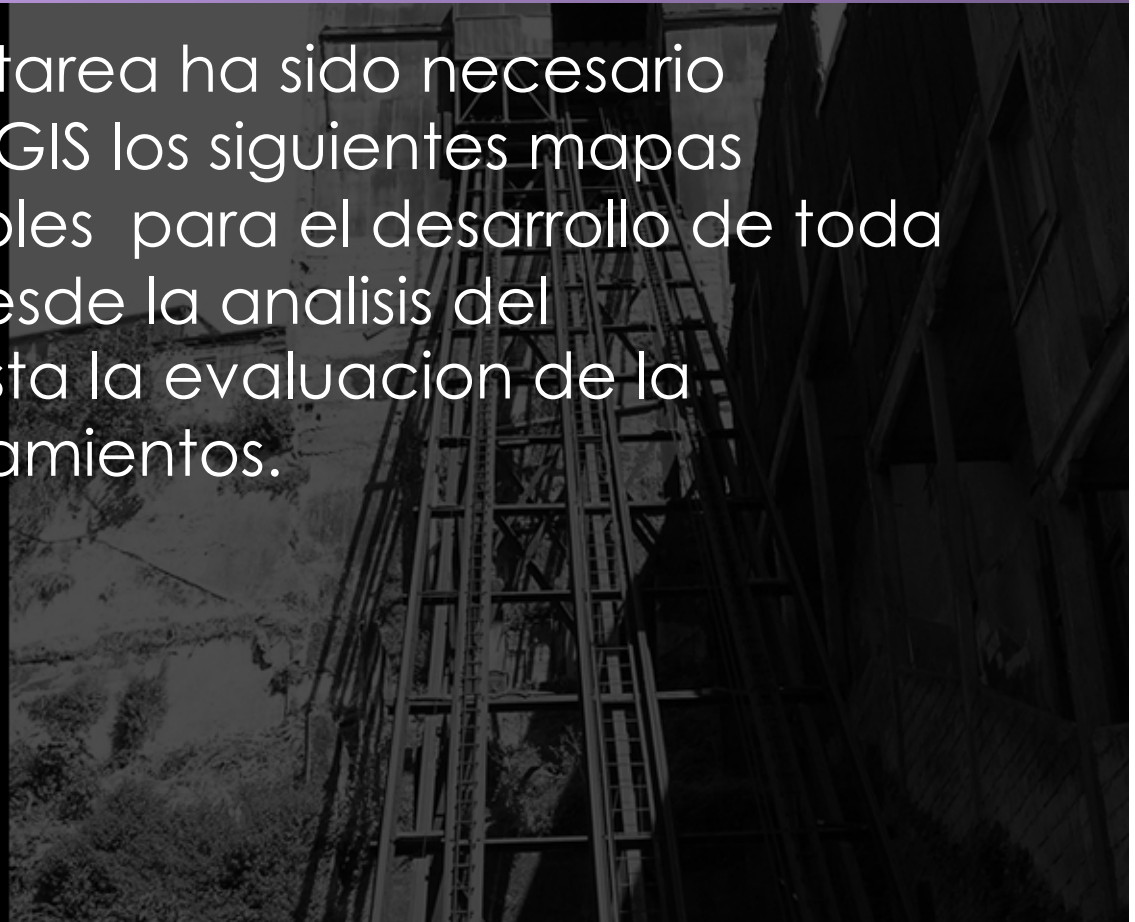
### **COMERCIALES**

- ✓ Ubicación de comercio y Tipos de comercio
- ✓ Centros de educación
- ✓ Fábricas
- ✓ Empresas
- ✓ Otros

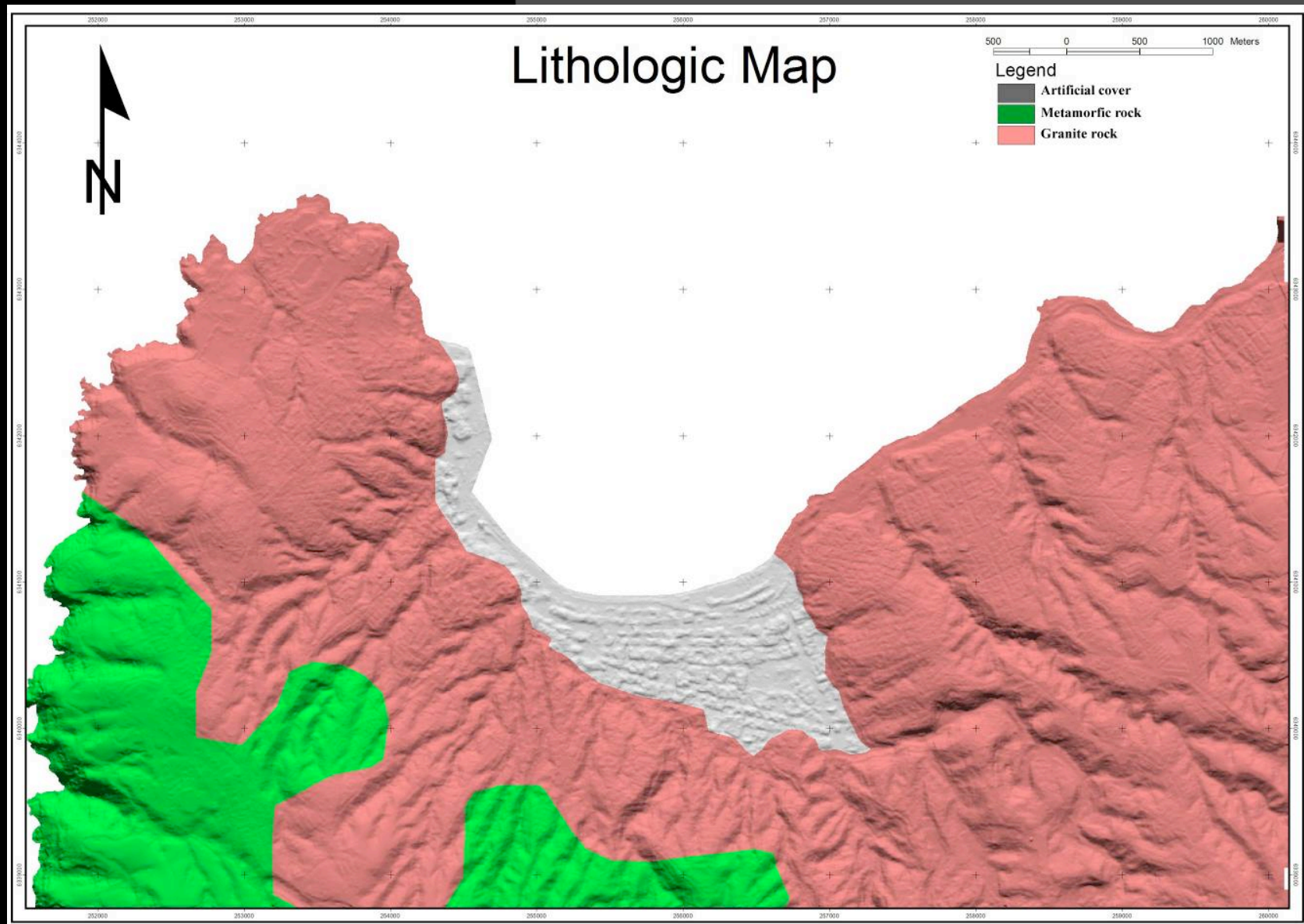
## WP 1: PELIGROSIDAD GEOMORFOLOGICA DE LA CIUDAD DE VALPARAISO

### Metodología para la evaluación de la susceptibilidad por deslizamientos

Para cumplir con esta tarea ha sido necesario producir en ambiente GIS los siguientes mapas temáticos imprescindibles para el desarrollo de toda la metodología que desde la análisis del deslizamiento lleva hasta la evaluación de la peligrosidad por deslizamientos.

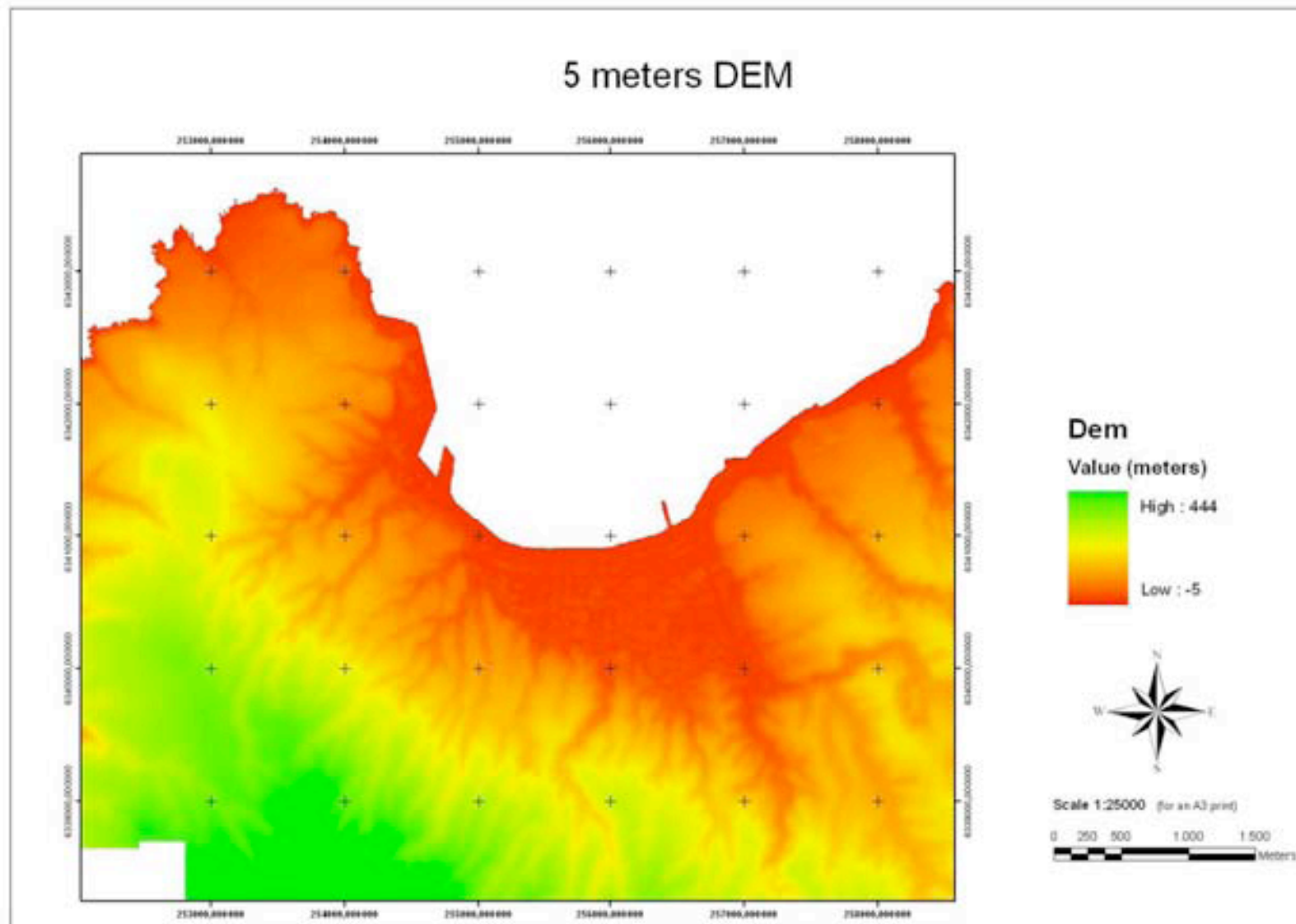


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



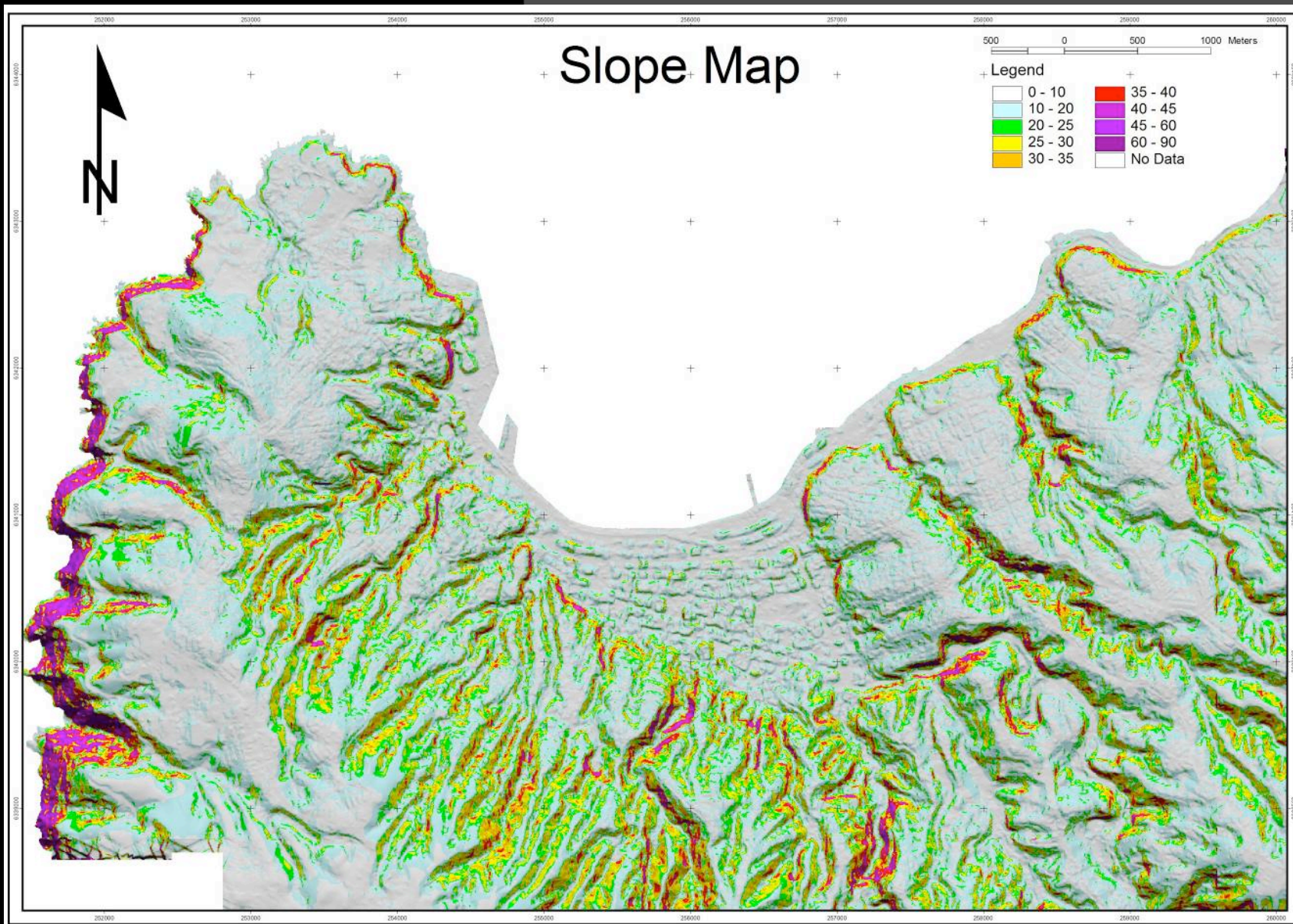
Mapa litológico reconstruido por trabajos anteriores

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



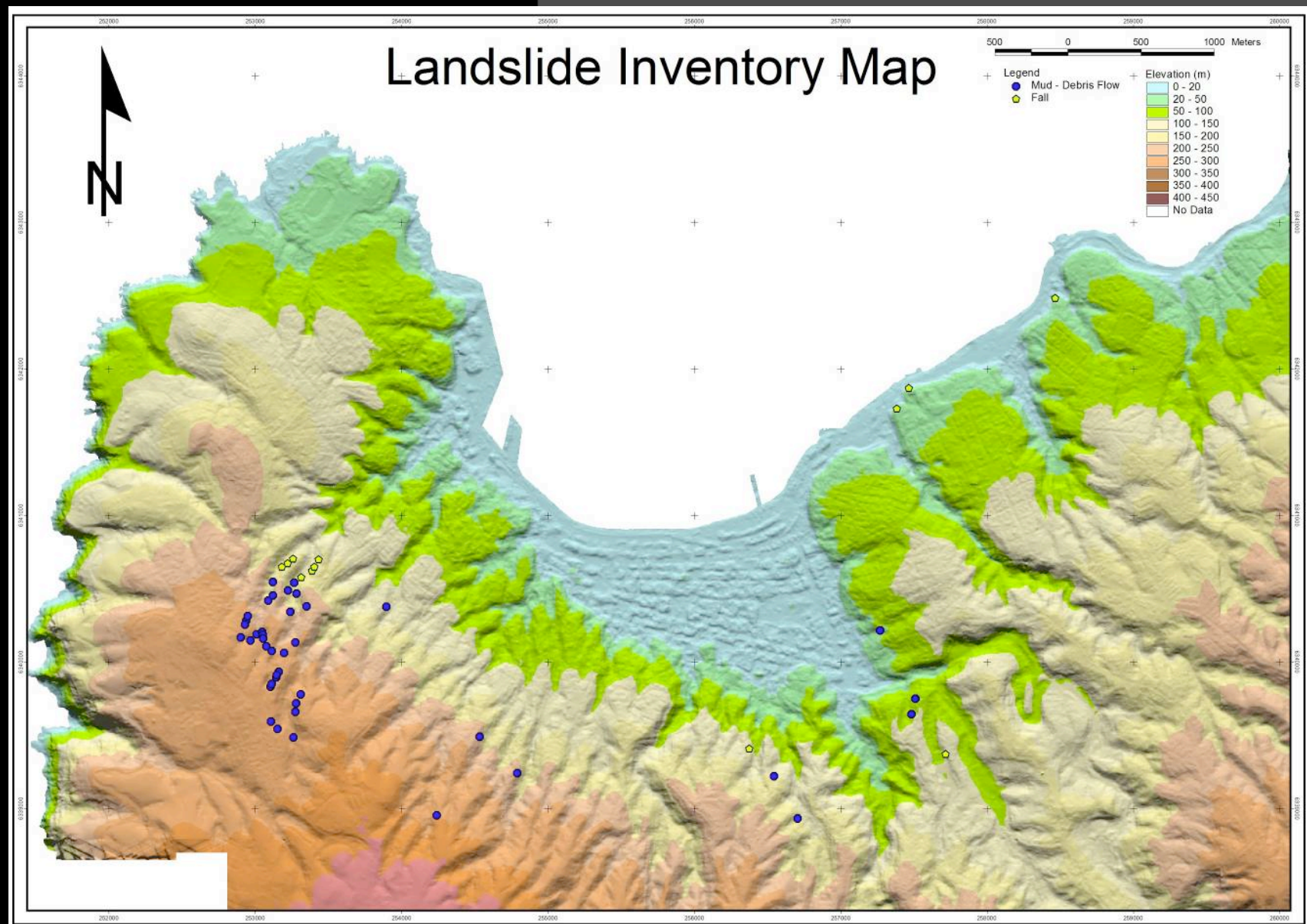
DEM construido directamente con tecnicas fotogrametricas desde las fotos aereas a escala 1:15.000 y 1:20.000 entregadas por el SHOA

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



Mapa de pendientes extraída por el DEM 5x5m

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



Inventario de los deslizamientos constuido por trabajo de campo y analisis de las fotos aereas

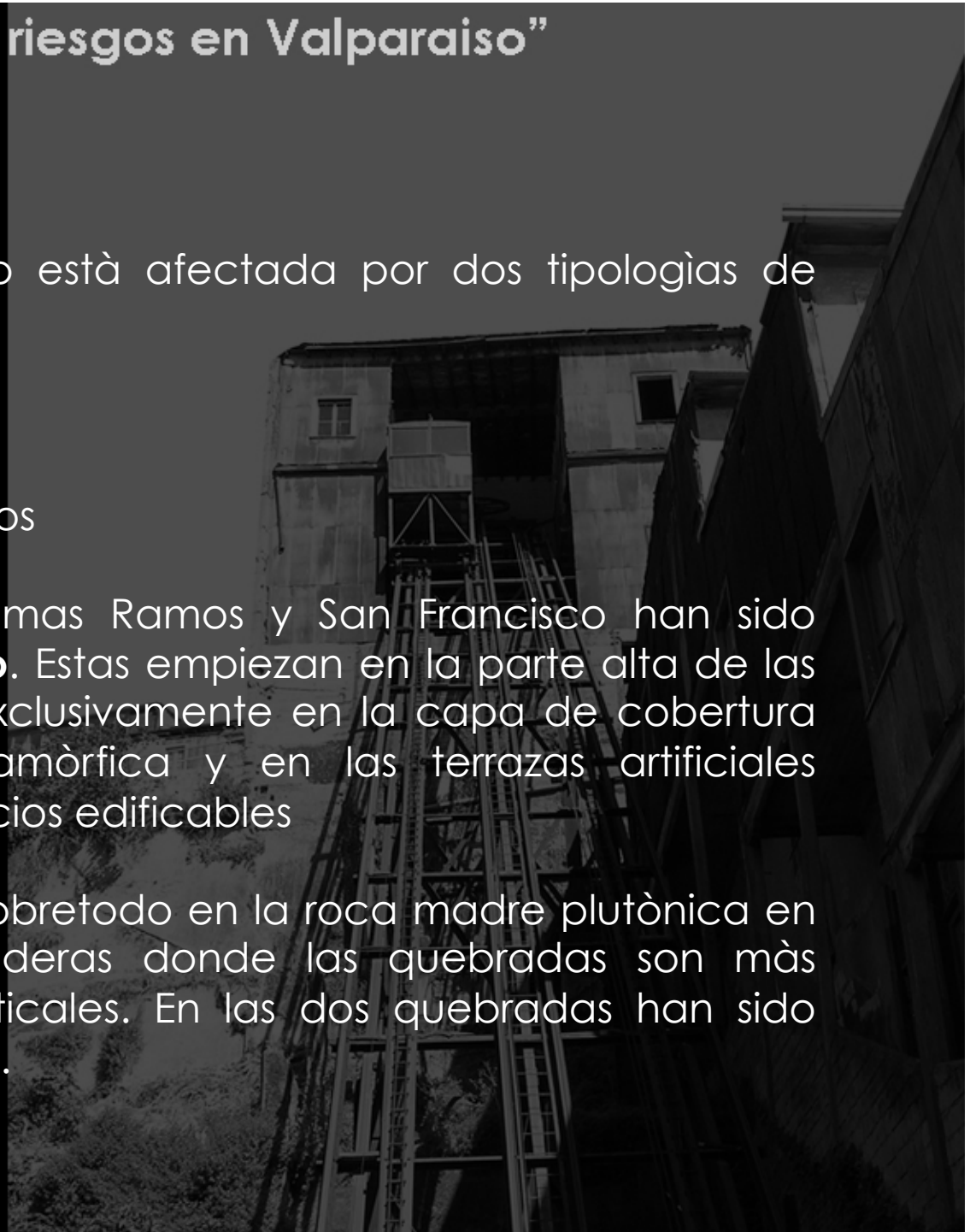
## “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

El área urbana de Valparaíso está afectada por dos tipologías de deslizamientos:

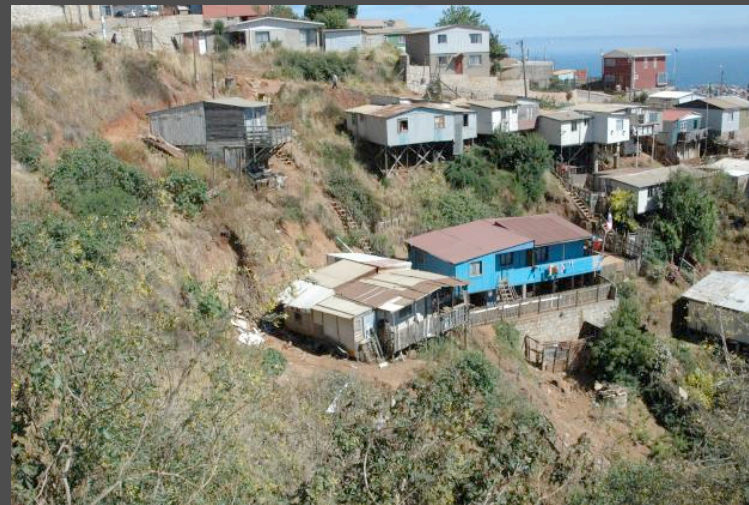
- Coladas de lodo y detrito
- Derrumbes y desprendimientos

En las dos quebradas de Tomas Ramos y San Francisco han sido censadas 41 **coladas de lodo**. Estas empiezan en la parte alta de las quebradas y se desarrollan exclusivamente en la capa de cobertura sobretodo de la roca metamórfica y en las terrazas artificiales construidas para obtener espacios edificables

Los derrumbes se desarrollan sobretodo en la roca madre plutónica en la parte mediana de las laderas donde las quebradas son más estrechas y hay paredes verticales. En las dos quebradas han sido censados 12 desprendimientos.



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



Terrazas artificiales en la cabeza de las quebradas (sx) para la constuccion de edificios (dx).



Efectos de coladas de lodo en la terrazas artificiales



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



Desprendimientos en la parte mediana de las laderas

## “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

- 1 Sector alto con quebradas anchas y pendiente
- 2 Sector bajo sin quebradas y pendiente inferior a  $10^\circ$ , área permeable o impermeable superficialmente de todo.
- 3 de recibos de las acumulaciones de los deslizamientos desarrollan derrumbes a lo largo de las laderas provenientes en los sectores 1 y 2



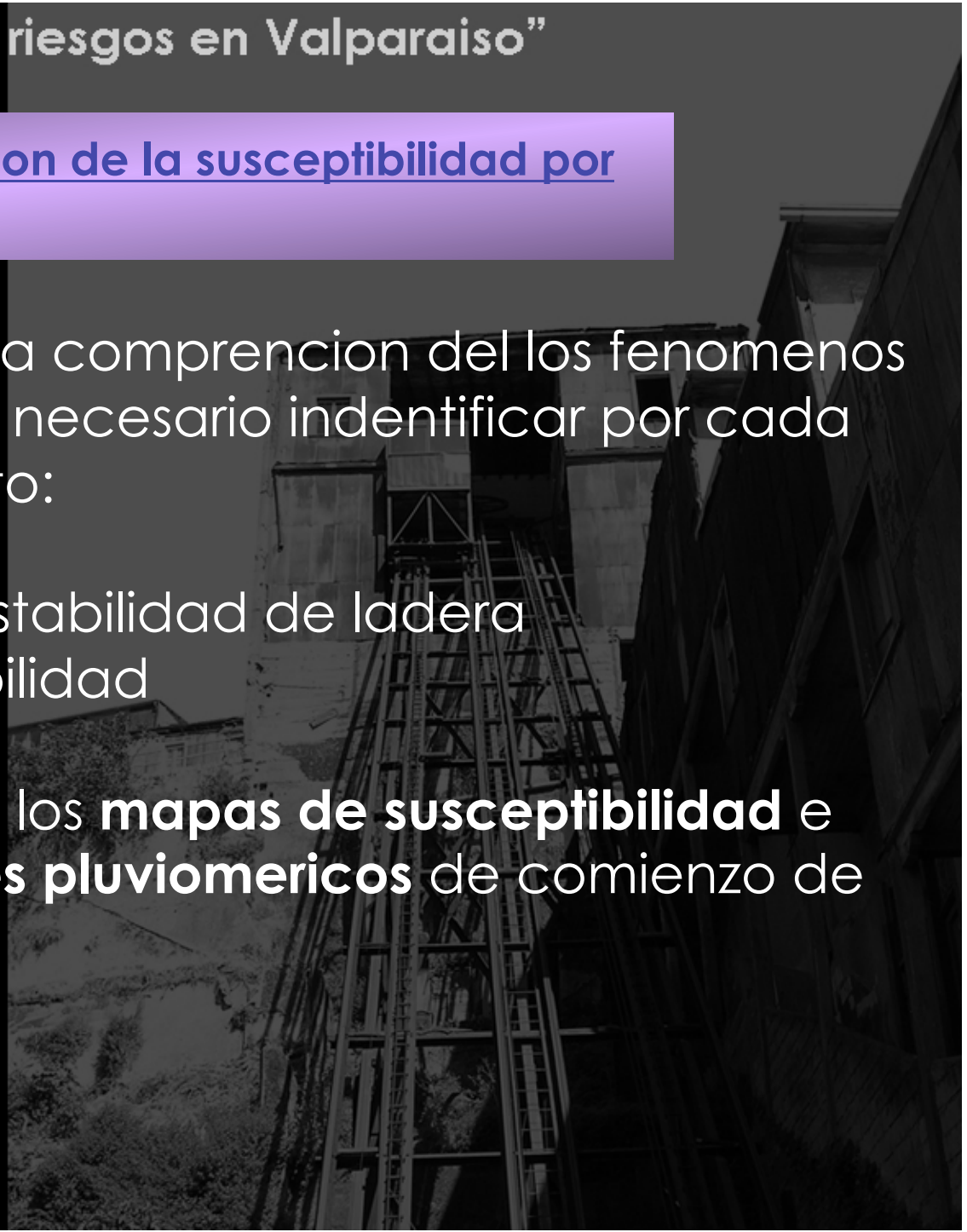
# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Metodología para la evaluación de la susceptibilidad por deslizamientos

Después del censo y de la comprensión de los fenómenos de deslizamiento ha sido necesario identificar por cada tipología de deslizamiento:


- los parámetros de la inestabilidad de ladera
- la función de susceptibilidad

Luego han sido redactados los **mapas de susceptibilidad** e identificados los **umbrales pluviométricos** de comienzo de los fenómenos



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Parametros de inestabilidad



Tipologia de deslizamiento	Intervalos de pendiente	
	Roca plutonica	Roca Metamorfica
Coladas de lodo	11-38	11-38
Derrumbes	26-43	28-43

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Funcion de susceptibilidad

Con esta se atribuyen pesos distintos por cada intervalo de pendiente y para cada tipología de roca en función del número de deslizamientos que se verifican en cada intervalo.  
Este enfoque ha conducido a identificar la siguiente función de susceptibilidad

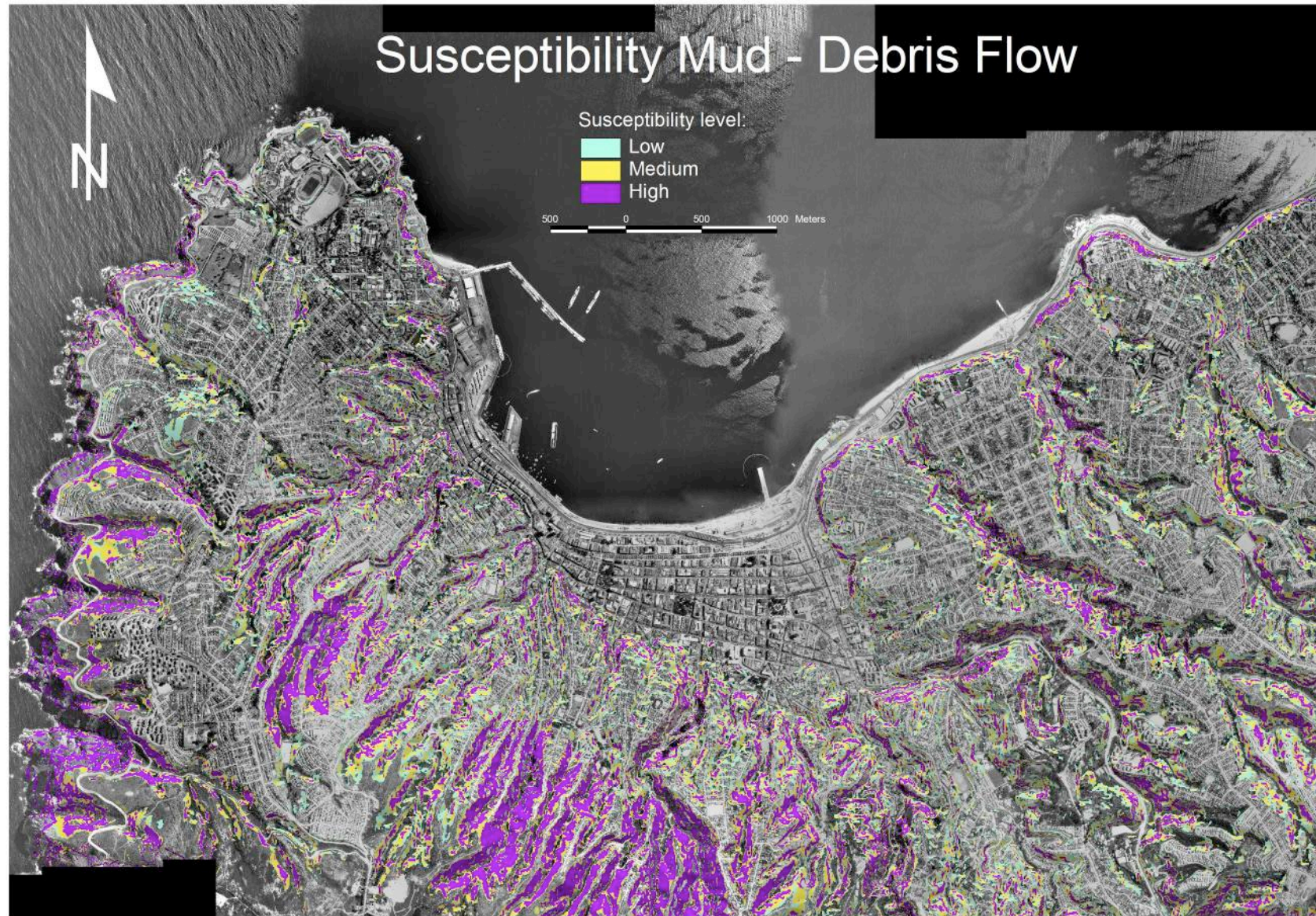
### SUSCEPTIBILIDAD POR LAS COLADAS DE LODO Y LOS DERRUMBES

$$[(slpind) * (litind)] / 9$$

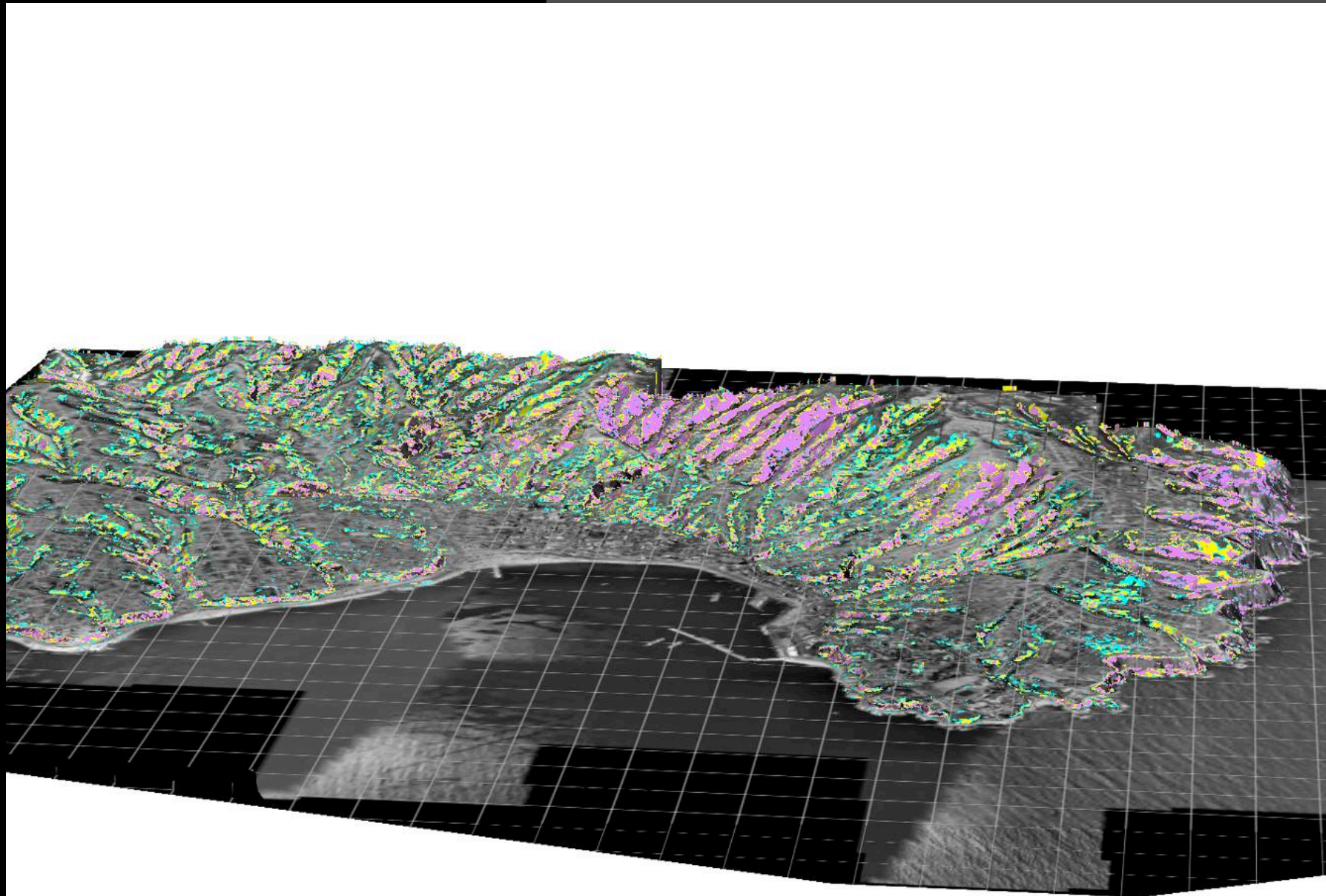
Donde **slpind** es el peso atribuido a cada intervalo de pendiente y **litind** es el peso atribuido a la litología

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Mapas de susceptibilidad

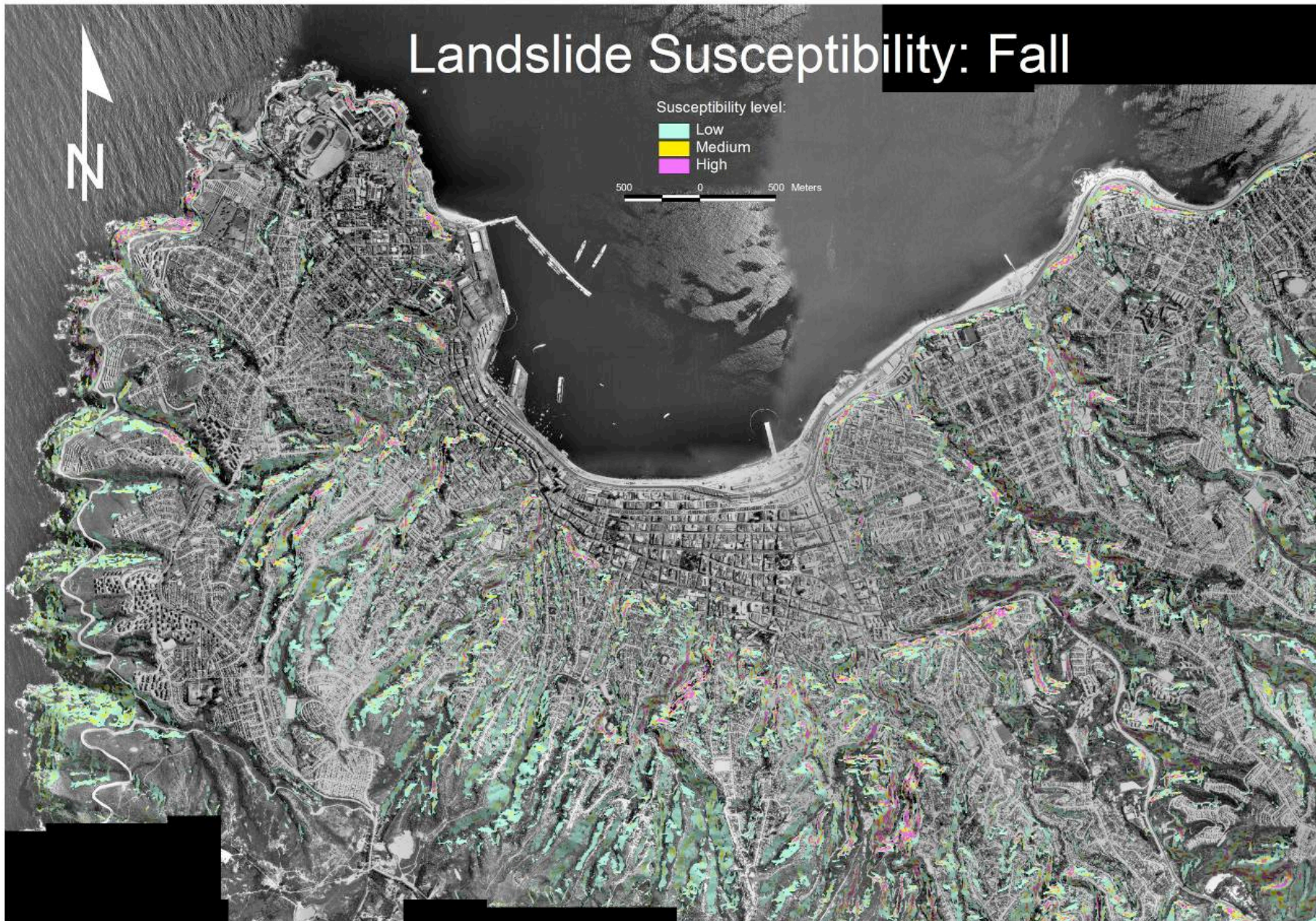


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



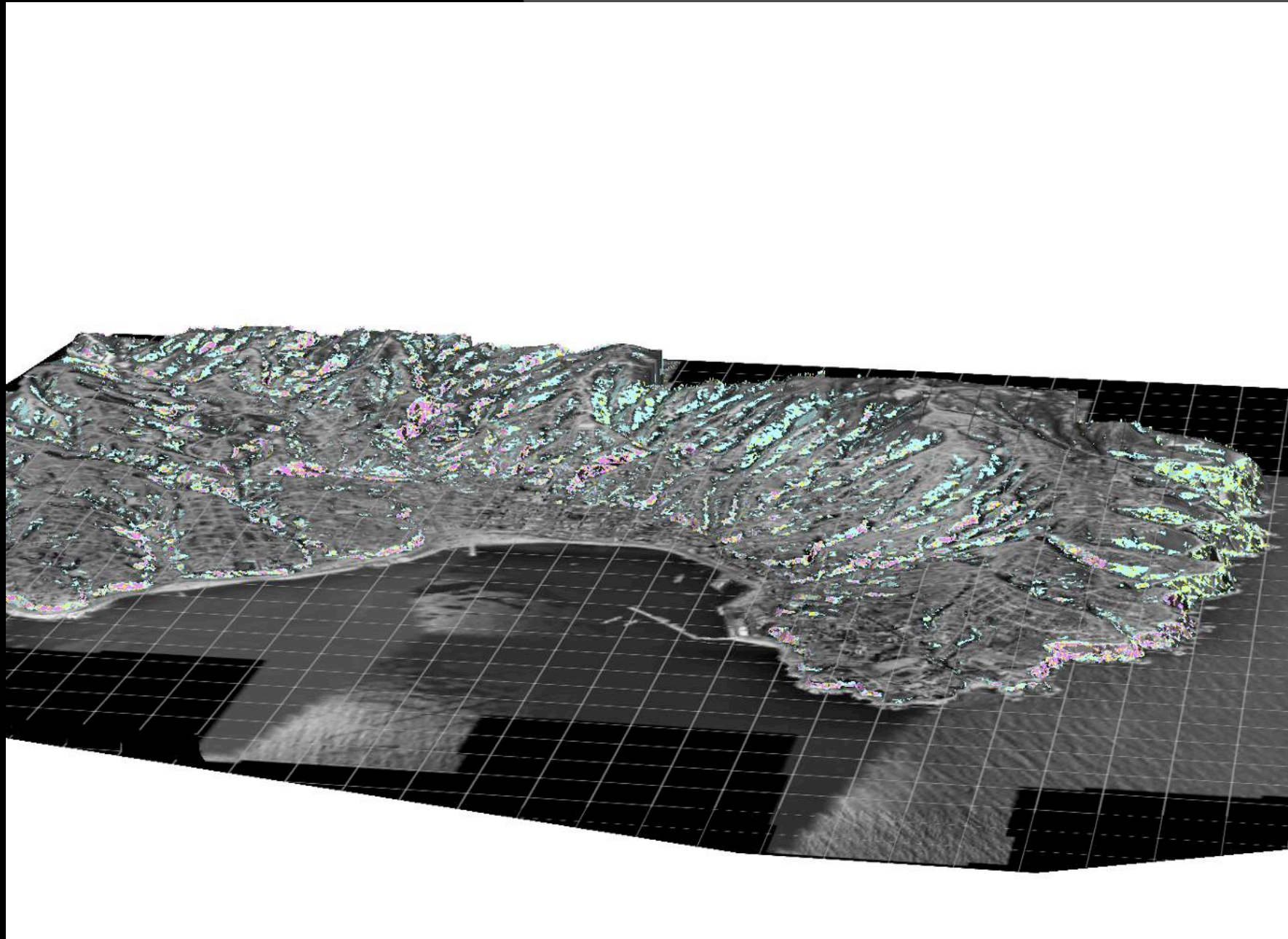
# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Landslide Susceptibility: Fall

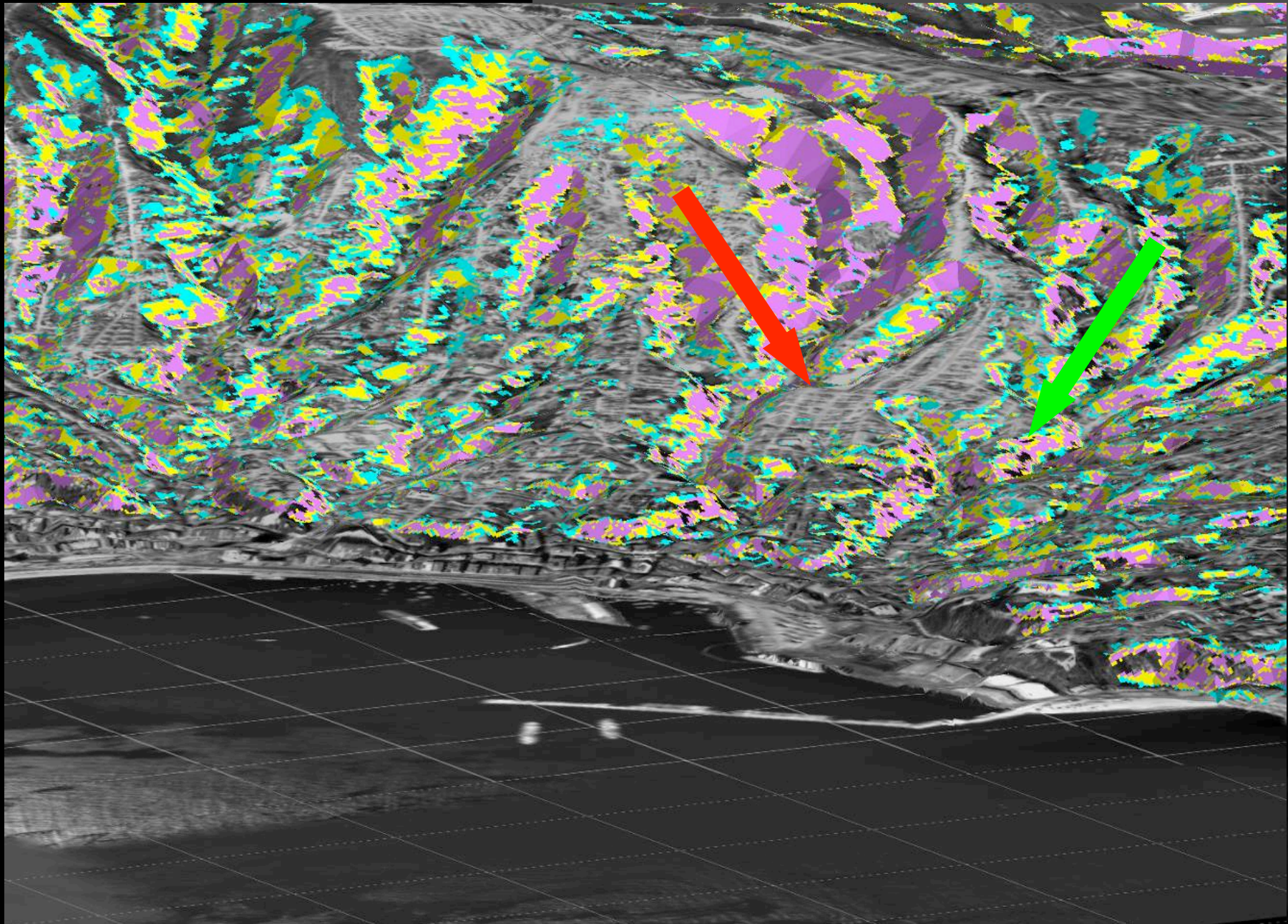


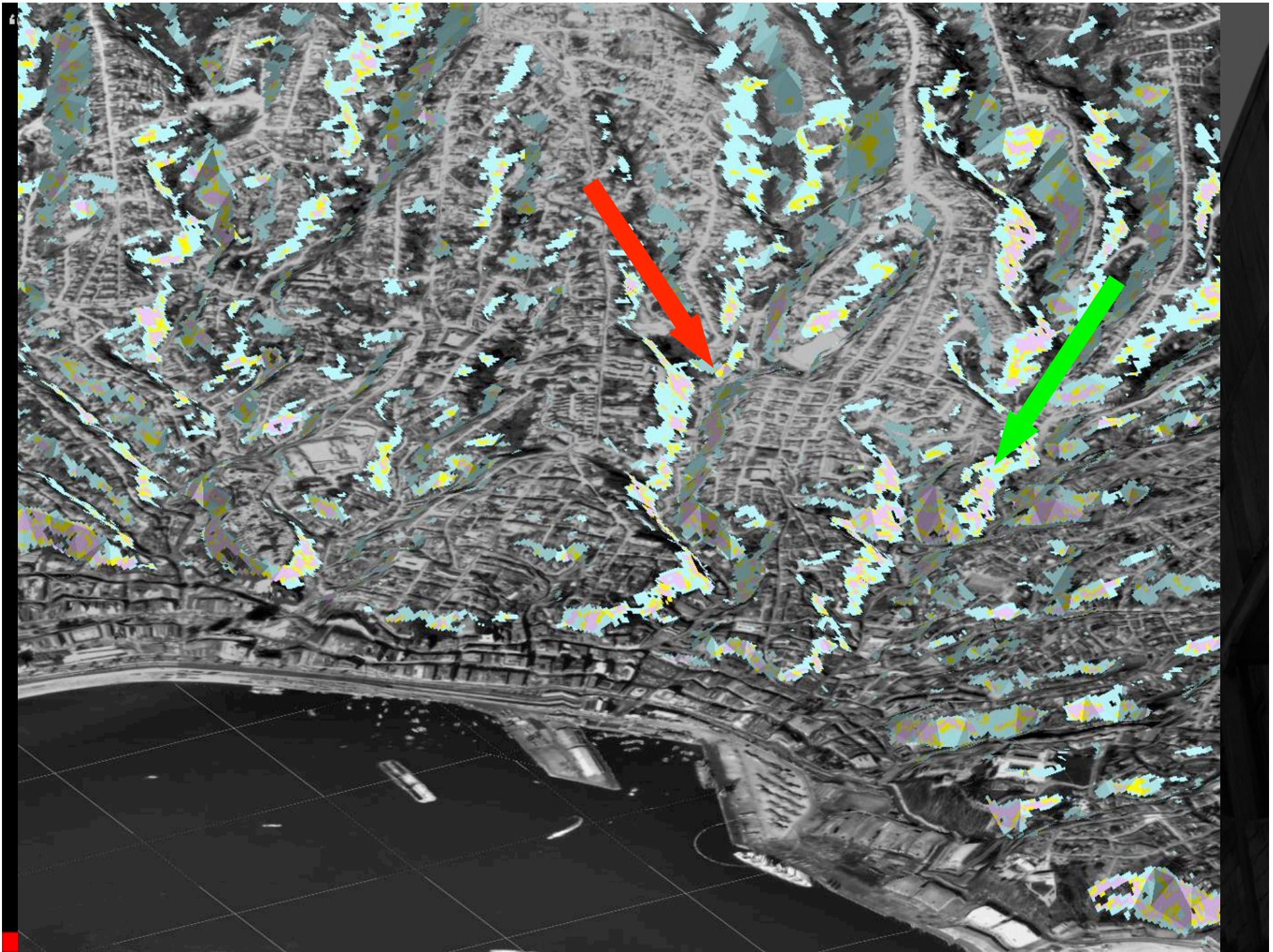


# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”



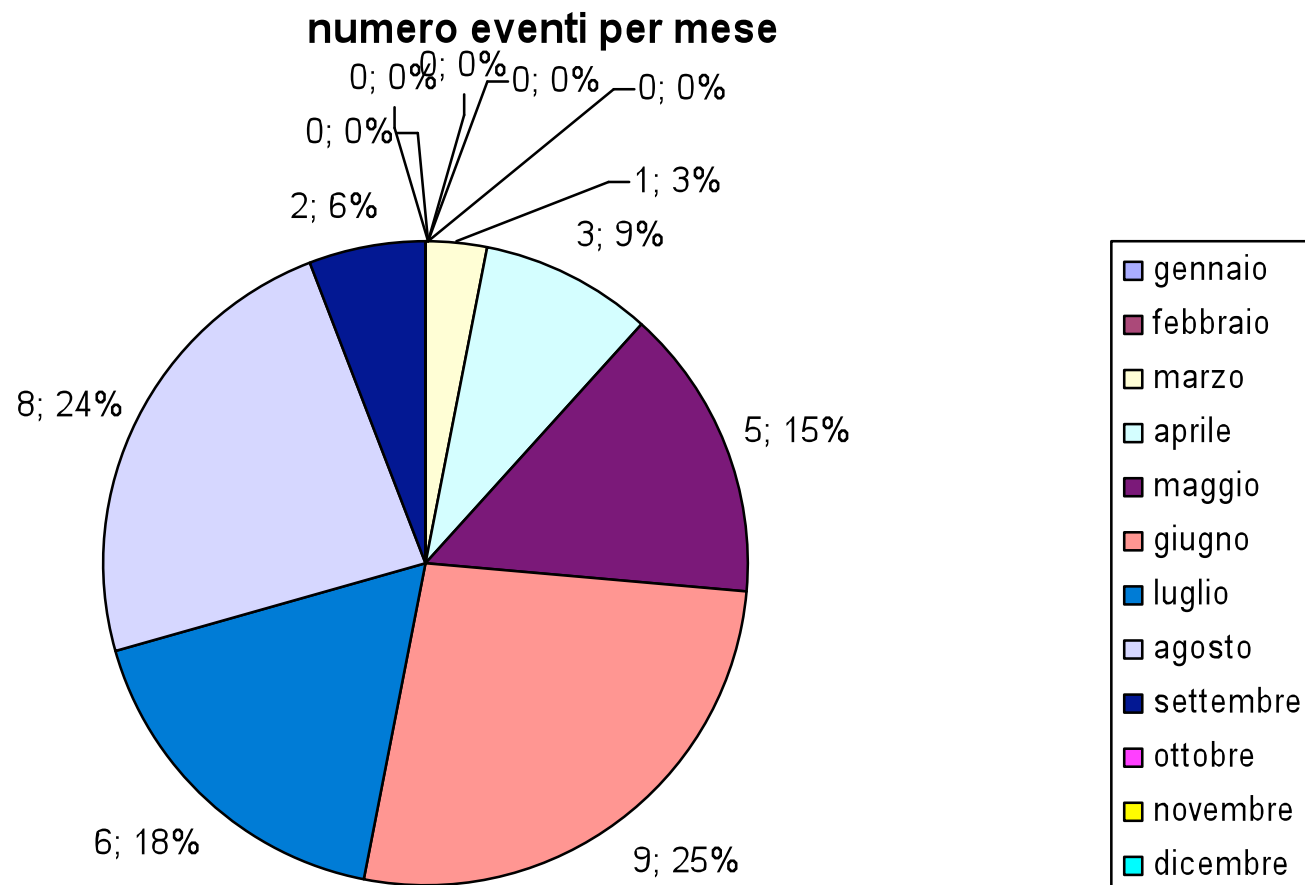
# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”





# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaiso”

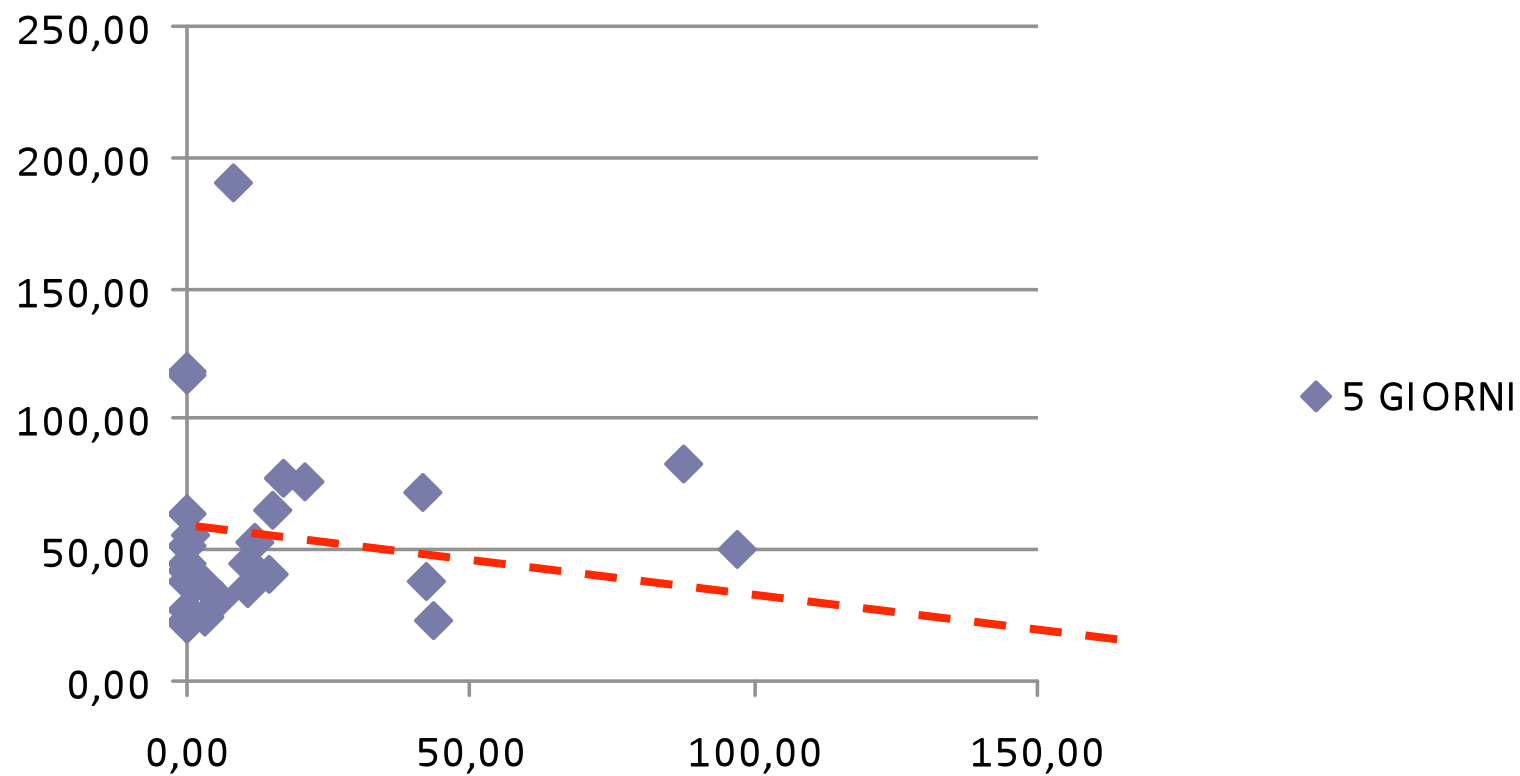
## Umbrales pluviometricos



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaiso”

## Umbrales pluviometricos

### 5 GIORNI



# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

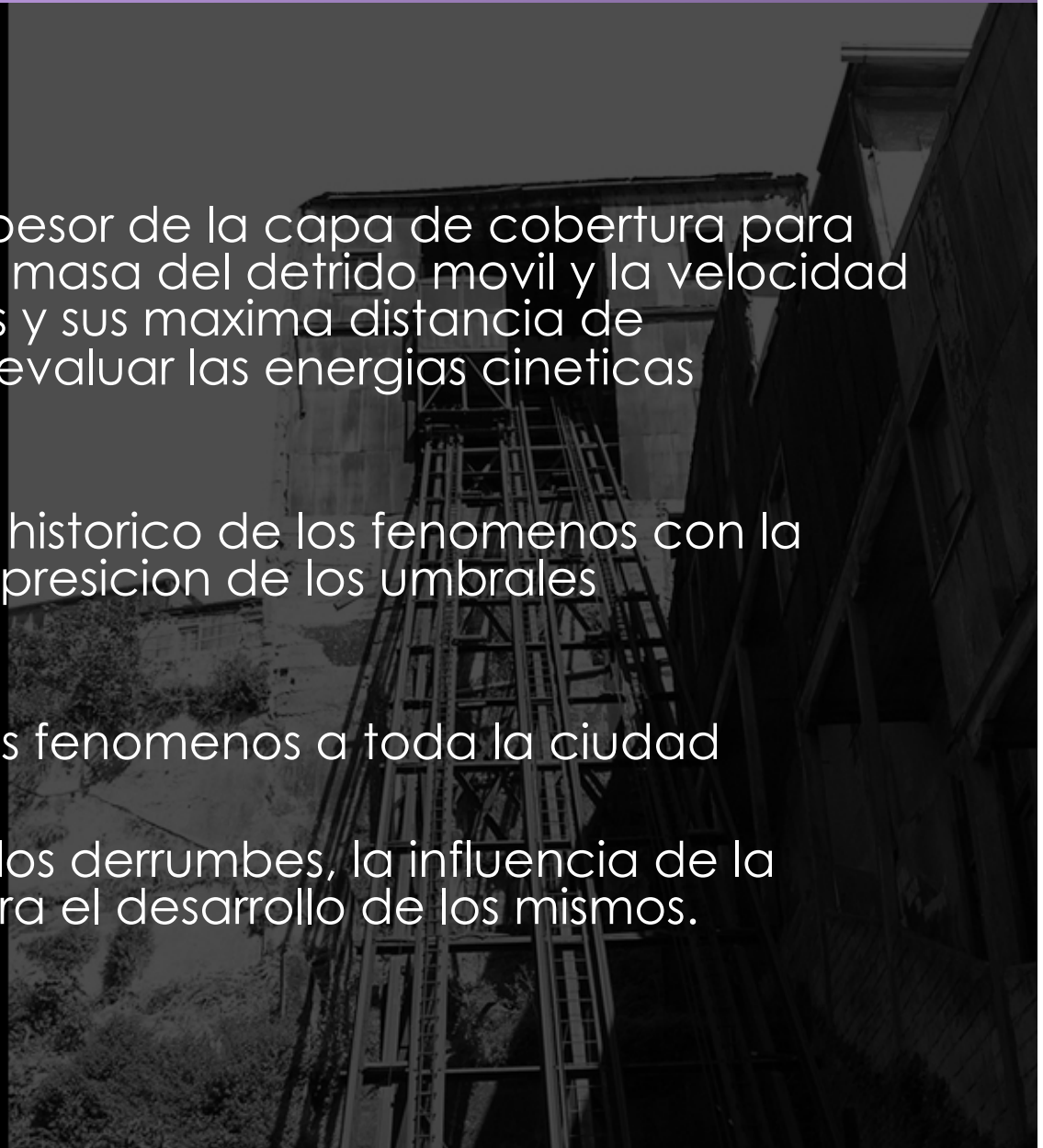
## Conclusiones

- Desde el levantamiento de campo, los análisis efectuados y los umbrales provisionales indentificados se puede afirmar que la situación de estabilidad geomorfológica de la ciudad de Valparaíso es muy grave.
- La desordenada y veloz urbanización de la parte alta de los cerros con la construcción de terrazas y la ocupación del fondo de las quebradas misma sin ningún ordenamiento territorial empeora muchísimo la ya grave situación aumentando también el riesgo para los ciudadanos.
- Además como sucedió hace unos años en Avenida Francia la parte baja de la ciudad que es la más densamente poblada en eventos de fuerte intensidad puede ser invadida por el lodo afectando la incolumidad de los ciudadanos mismos

# “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

## Acciones futuras

- Reconstrucción del espesor de la capa de cobertura para evaluar el volumen y la masa del detrito móvil y la velocidad de los flujos potenciales y sus máxima distancia de propagación al fin de evaluar las energías cinéticas esperados
- Completar el catalogo historico de los fenomenos con la finalidad de mejorar la presicion de los umbrales pluviometricos.
- Extender el censo de los fenomenos a toda la ciudad
- Evaluar sobre todo en los derrumbes, la influencia de la aceleracion sismica para el desarrollo de los mismos.



## “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

Muchas organizaciones Chilenas han cooperado estrechamente en el trabajo con los expertos italianos en la evaluación de la peligrosidad natural de la ciudad de Valparaíso

- Municipalidad de Valparaíso (sobre todo, “Oficina de Gestión Patrimonial OGP” y oficina del Medio Ambiente,
- Regional Civil Defense (“OREMI”);
- SHOA (“Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile”); en particular el dr. Dante Gutierrez (SHOA) por la peligrosidad por Tsunami y al servicio fotogrametrico
- Valpomío (“Programa de Recuperación y Desarrollo Urbano de Valparaíso”)
- Bomberos de la Bomba Italiana
- Bote Salvavidas de Valparaíso
- La Universidad Catolica con los Profesores Jorge Negrete Sepulveda y Maria Eliana Portal y los alumnos Francesca Fagandini Ruiz, Antonio Villanueva Villa, Tomas Matias Andres, Andres Rees Catalan
- La Universidad de Playa Ancha con los Profesores Manuel Munoz Luza y Carlos Romero y el alumno Javier Cañete Valdivia
- Universidad del Chile, de Santiago, con los Profesores R. Saragoni, y M. Astroza y los estudiantes S. Ruiz and T. Sturn) for the Seismic Hazard





## “MAR VASTO” - “Manejo de riesgos en Valparaíso”

Un gracias particular por el geografo Mauricio Sebastian Gonzalez Loyola por su cooperacion cietifica y tecnica (OGP) y por el Arch. Sotero Apablaza Minchel (OGP), por la supervision y capacidad organizativa y tecnica.

PERO SOBRETUDO GRACIAS A LOS DOS  
POR SUS AMISTAD