



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

PLAN DE CAPACITACION EN GESTION DE RIESGO DE DESASTRE Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

BLOQUE 2 EVALUACION DE RIESGO DESASTRES

Caso de estudio:

EVALUACIÓN PROBABILÍSTICA DE LA PELIGROSIDAD Y LA VULNERABILIDAD FRENTE A
DESASTRES NATURALES BASADOS EN
PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE TRUJILLO (PERÚ)

CAPITULO 7 TSUNAMIS

DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

MINAM

2014

Presentación:

Mg. Ing. Eden Atalaya Haro

eatalaya@minam.gob.pe

edenhar@hotmail.com

www.minam.gob.pe



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.1.2 Objetivos del estudio

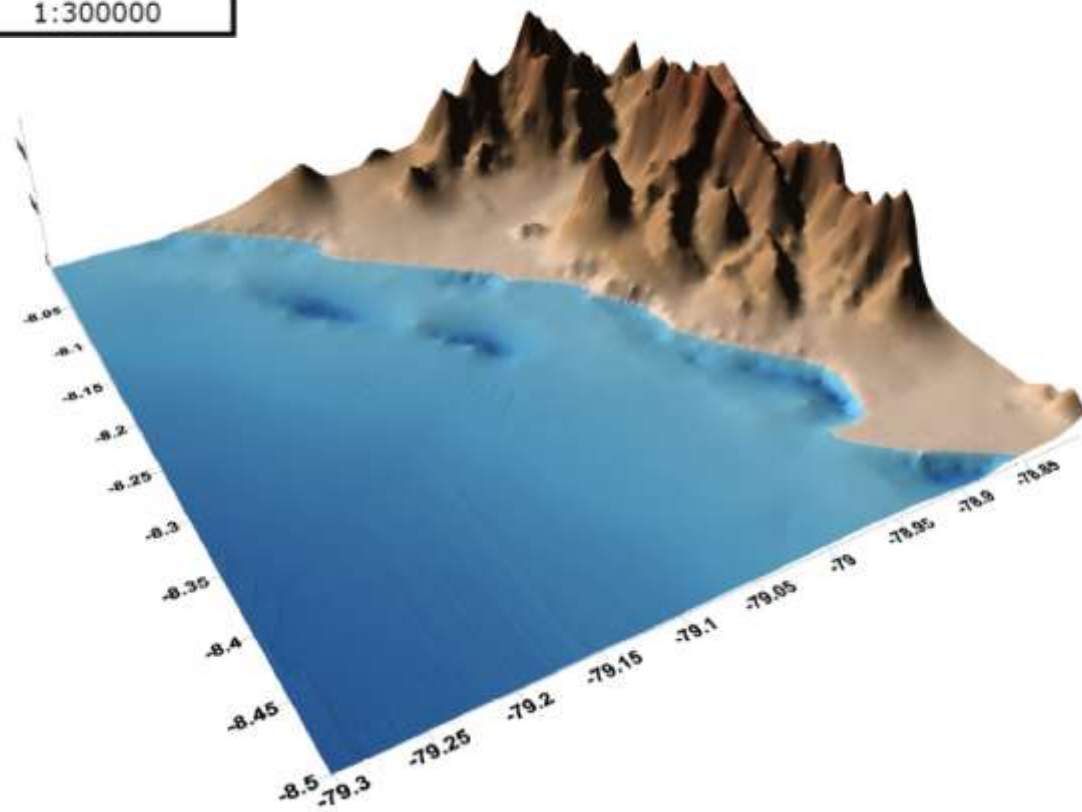
Dada la ocurrencia histórica de tsunamis en las costas de Perú, y que se desea identificar de forma global la exposición al impacto de tsunamis, se propone como objetivo de este estudio, evaluar la peligrosidad frente a tsunamis en la región costera de Trujillo. Como resultado del estudio se han elaborado mapas de inundación asociados al impacto de potenciales eventos de tsunami y mapas de riesgo por tsunami para personas y edificaciones.

12.2. Caracterización de la zona en estudio

12.2.2 Topo-Batimetría de la zona de estudio

- Batimetría exterior incluyendo zona de subducción: batimetría GEBCO (UNESCO).
- Batimetría cercana y local: Cartas náuticas y campañas batimétricas

CARTA NÁUTICA	ESCALA
Isla Lobos de Tierra to Salaverry	1:300000
Salaverry to Punta Cabeza de Lagarto	1:300000



12.3 Caracterización de fuentes tsunamigénicas

12.3.2 Antecedentes de estudios de sismicidad y tsunamis en la zona

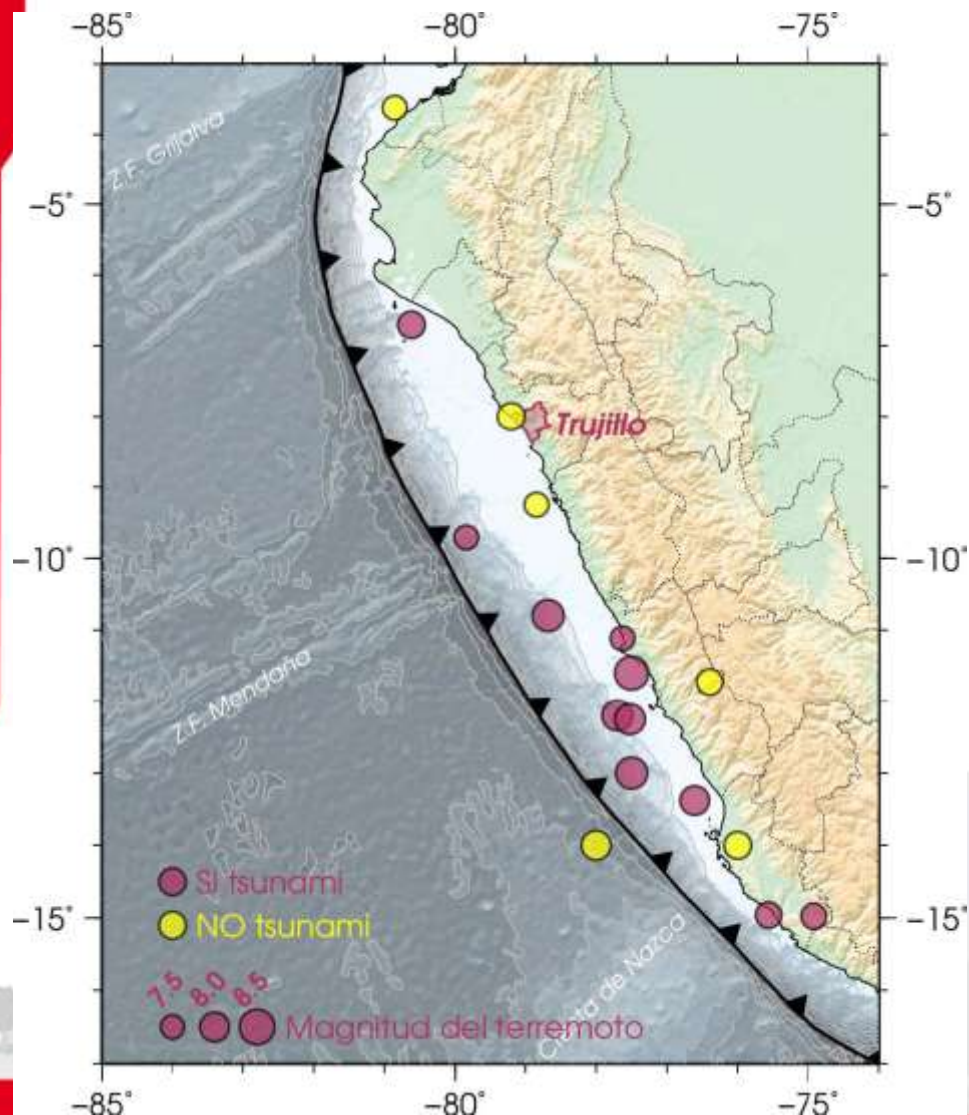
- 1) Una revisión de los eventos históricos ocurridos en la zona y sus características y
- 2) Un análisis de las características geológicas de la zona de subducción Sudamericana en Perú.

Tabla 12.1 Se muestran los eventos sísmicos con magnitudes superiores a 7.5.

Fecha	Longitud	Latitud	Magnitud	Referencia	Tsunami?
09/07/1586	-77,7	-12,2	8,1	Silgado, 1978	SI
14/02/1619	-79,2	-8	7,8	Silgado, 1978	NO
12/05/1664	-76	-14	7,8	Silgado, 1978	NO
20/10/1687	-77,5	-13	8,2	Silgado, 1978	SI
28/10/1746	-77,5	-11,6	8,4	Silgado, 1978	SI
12/12/1908	-78	-14	8	EHB	NO
24/05/1940	-77.629	-11.119	7.5	EHB	SI
24/08/1942	-74.92	-14.975	7.7	EHB	SI
01/11/1947	-76.396	-11.727	7.7	EHB	NO
12/12/1953	-80.857	-3.619	7.5	EHB	NO
20/11/1960	-80.62	-6.704	7.8	EHB	SI
17/10/1966	-78.68	-10.799	8.2	EHB, Lomnitz y Cabré, 1968	SI
31/05/1970	-78.842	-9.248	7.5	EHB	NO
03/10/1974	-77.523	-12.253	8.1	EHB	SI
21/02/1996	-79.845	-9.708	7.5	EHB	SI
12/11/1996	-75.563	-14.96	7.7	EHB	SI
15/08/2007	-76.61	-13.38	8	EHB	SI

12.3 Caracterización de fuentes tsunamigénicas

12.3.2 Antecedentes de estudios de sismicidad y tsunamis en la zona

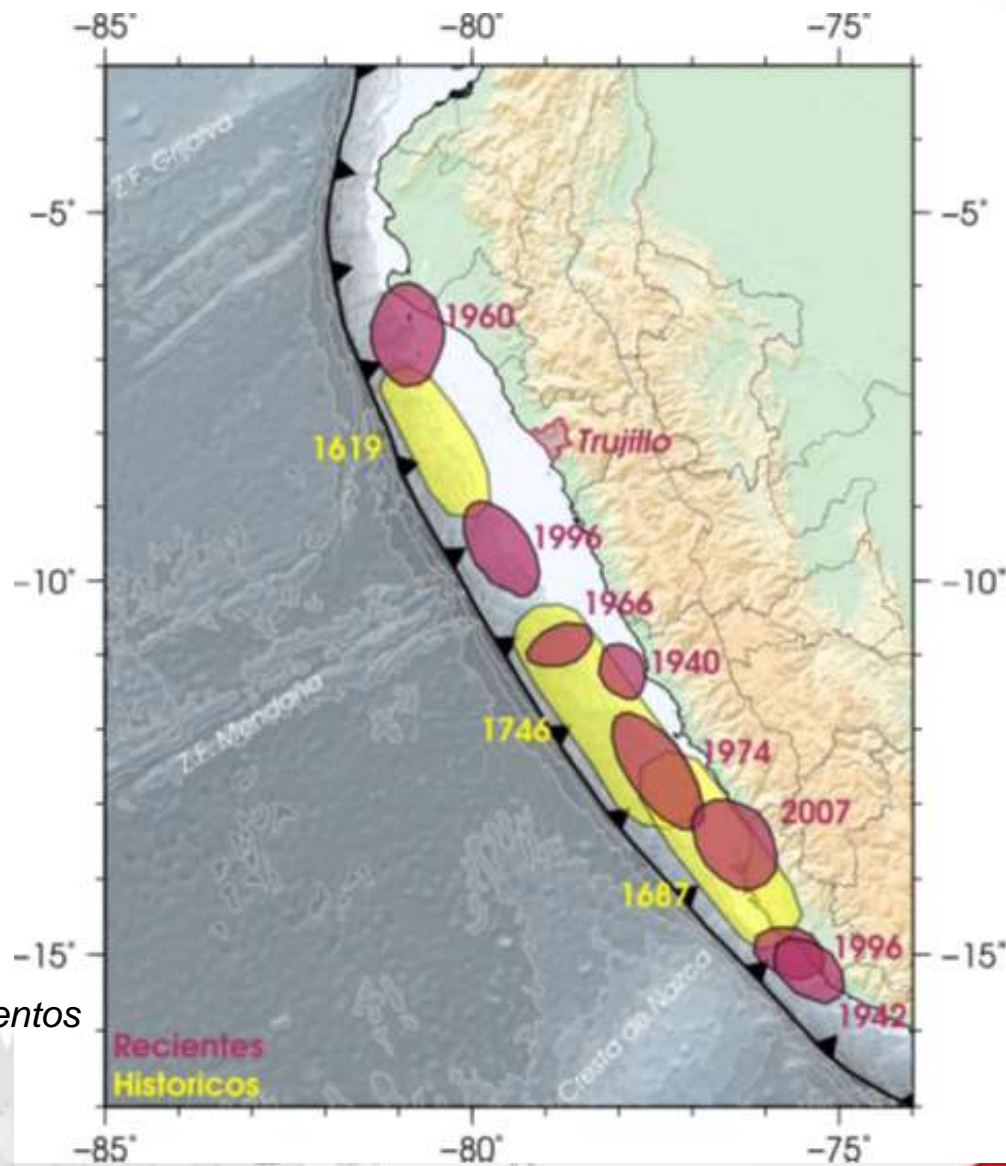


Mapa de epicentros de los eventos detallados en la Tabla 12.1. El tamaño del círculo es proporcional al tamaño del terremoto. En color morado los eventos con tsunami asociado.

12.3 Caracterización de fuentes tsunamigénicas

12.3.3 Análisis tectónico

la ocurrencia de eventos tsunamigénicos está claramente condicionada por la presencia de la Zona de Fractura de Mendaña; al norte de ésta no han ocurrido grandes eventos mientras que al sur han tenido lugar los más importantes



Áreas de rotura estimadas para los grandes eventos recientes e históricos



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.3 Caracterización de fuentes tsunamigénicas

12.3.3 Análisis tectónico

A partir de la revisión bibliográfica llevada a cabo y el análisis de la sismología y tectónica de la zona, recogidos en la tabla 12.1, nos lleva a plantear dos escenarios básicos para el riesgo de tsunami en la costa de Trujillo:

Por un lado, un evento gigante en la parte sur de Trujillo con unas características similares al evento de 1746, mayor que los eventos de 1974 o 2007;

Y por otro un evento menor de tipo terremoto – tsunami, como el de 1619 o 1960, ocurriendo frente a la costa de Trujillo

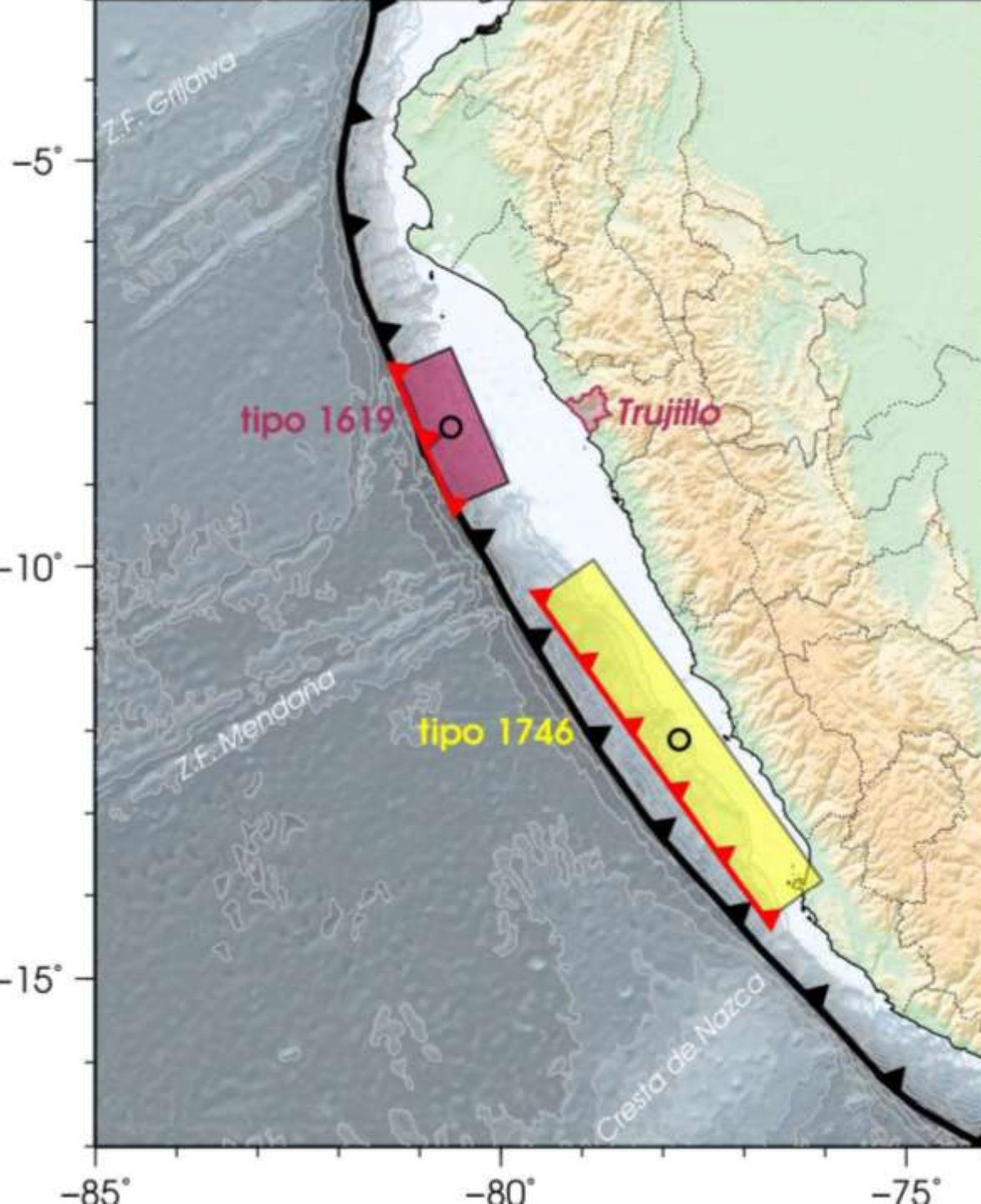
12.3.4 Propuesta de fuentes tsunamigénicas

Podemos sugerir dos escenarios posibles como peores casos para la costa de Trujillo:

- *Un gran terremoto de interfase en la zona central de la subducción en Perú con características similares al evento de 1746.*
- *Un terremoto – tsunami en la zona norte de la subducción en Perú con características similares al evento de 1960, y probablemente similar al de 1619, frente a la costa de Trujillo.*

Parámetros para modelar las fuentes tsunamigénicas propuestas

Fuente	Longitud km	Anchura km	Area km ²	Dirección °	Buzamiento °	Cabeceo °	Deslizamiento m	Top falla km	Bottom Falla km	Mo Nm	Magnitud Mw	Localizacion hipocentral (Geo)		
												X	Y	Prof. (km)
Tipo 1746	530	96	50880	324	15	90	11.1	5	30	2.82E+22	8,9	-77.80048	-12.10888	17,5
Tipo 1619	200	86	17200	335	10	90	14.6	0	15	2.51E+21	8,2	-80.61635	-8.29625	7,5



Localización y área de rotura de las fuentes tsunamigénicas propuestas.

El círculo marca el centro de la rotura.

El evento tipo 1619 es un terremoto – tsunami (lento) con una magnitud MW 8.2.

El evento tipo 1746 es un terremoto de interfase corriente abarcando la rotura de toda la interfase de subducción desde la Cresta de Nazca hasta la Zona de Fractura de Mendaña, este evento ha sido modelado con una magnitud MW 8.9.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.4 Metodología para la elaboración de mapas de inundación y peligrosidad



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.4 Metodología para la elaboración de mapas de inundación y peligrosidad

12.4.1 Planteamiento del problema.

Existen dos tipos de mapas de inundación: determinísticos y probabilísticos.

En el caso de mapas probabilísticos se tiene en cuenta la incertidumbre de las distintas variables involucradas (localización de epicentros, magnitudes sísmicas, nivel del mar, parámetros de mecanismos de generación, etc), y se hace un estudio probabilístico basado en la generación de una base de datos numérica a partir de la simulación numérica de cientos de escenarios combinando los distintos parámetros de incertidumbre y la generación sintética de eventos en los próximos miles de años

Debido al alto coste computacional de los mapas probabilísticos y, sumado a esto, la falta de información para la caracterización de mecanismos focales en las fuentes, **se ha optado por elaborar mapas determinísticos** que reflejen los peores “**casos creíbles**” de tsunami entendiendo como tales, aquellos que se basan en eventos históricos de terremotos de gran magnitud y proximidad a la zona de estudio



12.4.2 Hipótesis y criterios de trabajo

Los mapas de inundación que se elaboran en el presente estudio, se basan en la caracterización de escenarios asociados a los peores “casos creíbles” de tsunami de origen cercano,

1.-GENERACIÓN

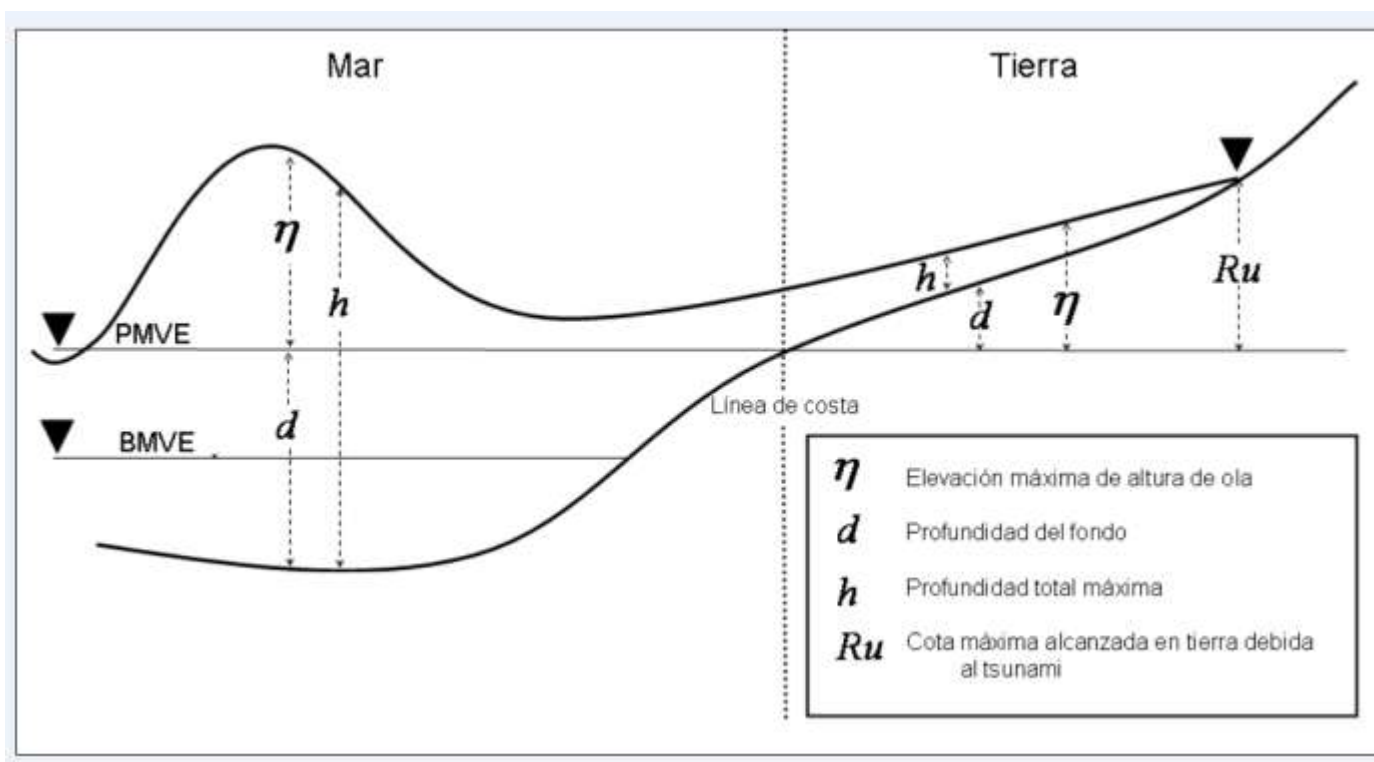
- **Escenario 1,**
Fuente Sur: Asociada al evento de 1746, con una magnitud de 8.9
- **Escenario 2,**
Fuente Central: Asociada al evento de 1619, con una magnitud de 8.2

2.-PROPAGACIÓN

La propagación de los eventos se ha llevado a cabo mediante el modelo numérico C3 (Cantabria+Comcot+tsunami/claw), el cual se describe con detalle en el siguiente apartado. A partir de la topobatimetría detallada, los distintos eventos de tsunami se generan y propagan desde las fuentes hasta la costa.

12.4.2 Hipótesis y criterios de trabajo

2.-INUNDACIÓN

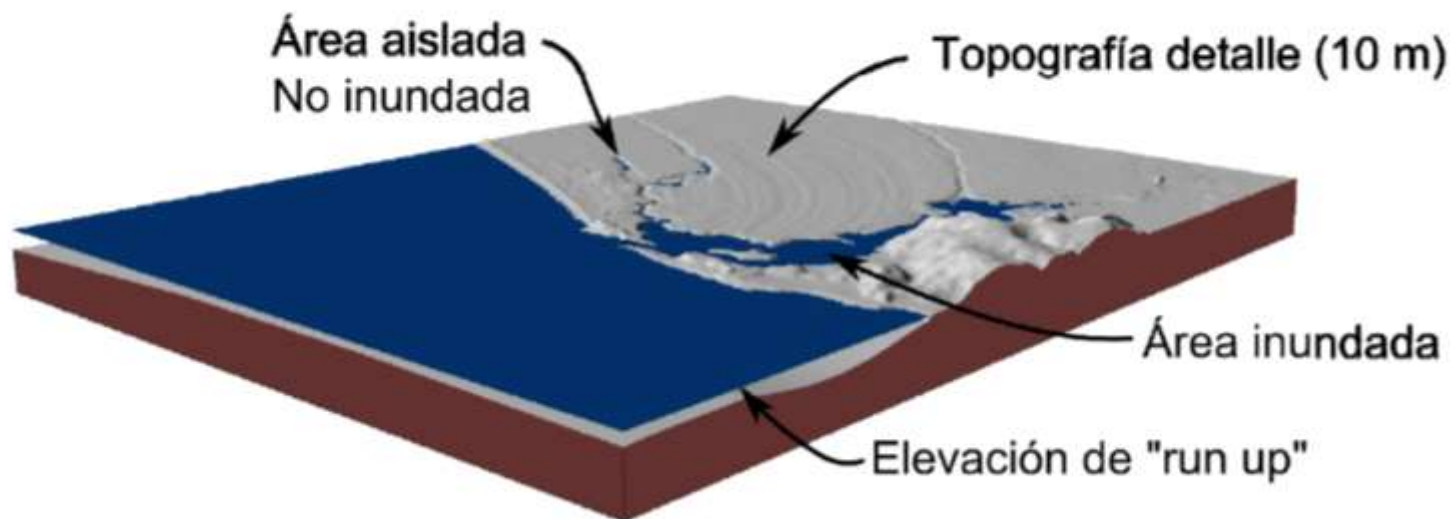




PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.4.3 Metodología utilizada





PERÚ

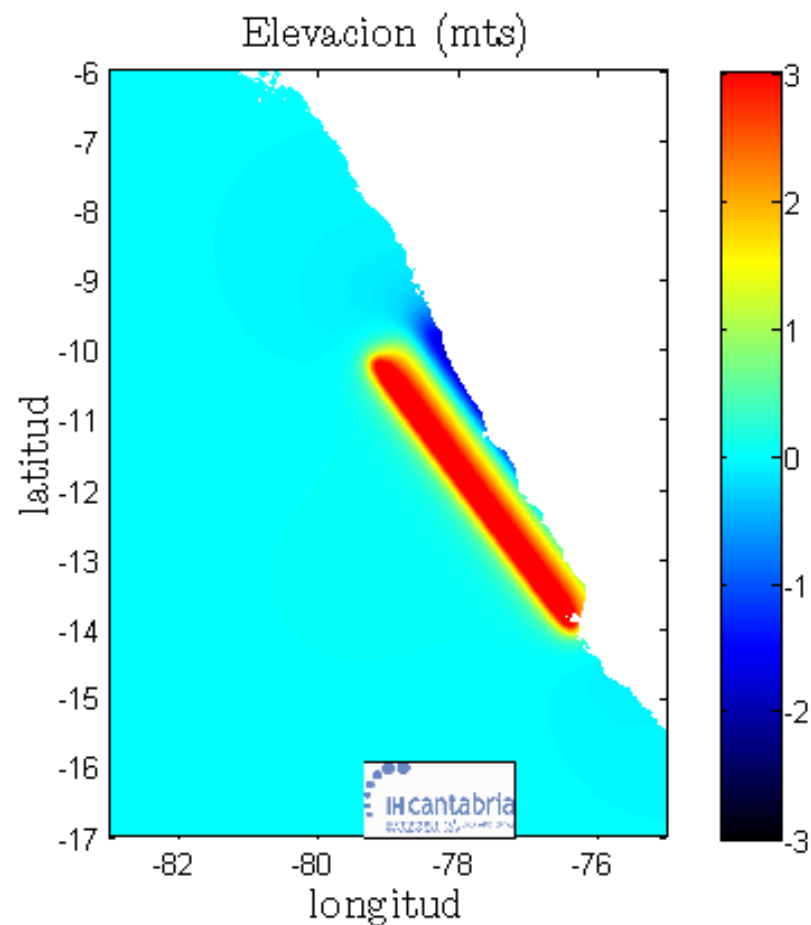
Ministerio
del Ambiente

12.5 Modelado Numérico

12.5.2 Condiciones iniciales: Fuentes tsunamigénicas

Para obtener las deformaciones iniciales del fondo marino que dan lugar a cada uno de los tsunamis modelados hemos utilizado las ecuaciones de Okada para un medio elástico

Deformación inicial vertical-Evento 1746.



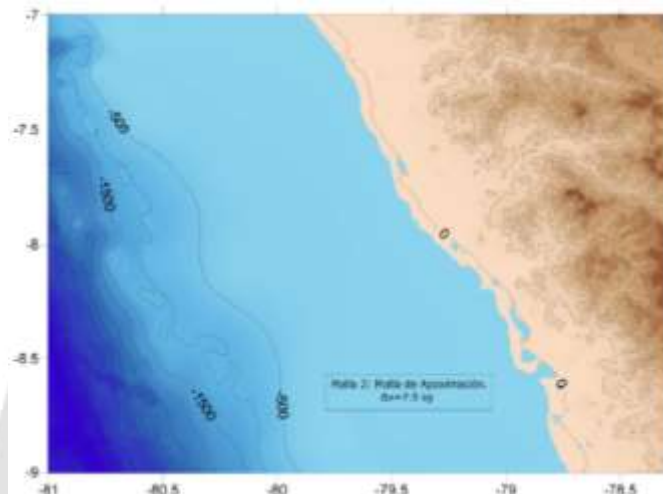
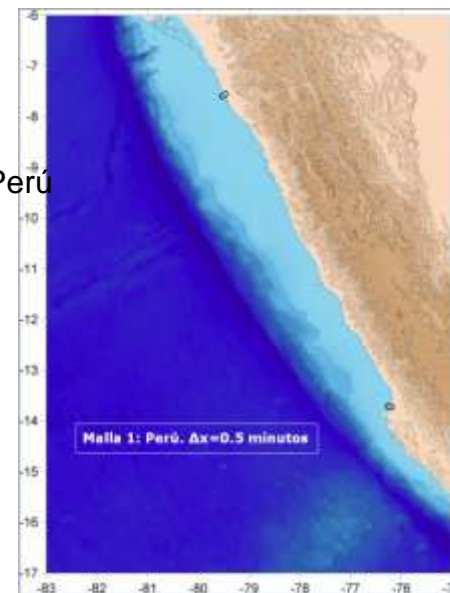
12.5.3 Condiciones de contorno: Mallas de propagación-BAATIMETRIA

Malla 1 (Malla Perú): Con una resolución de celda de $\Delta x=0.5$ minutos=920 metros, siendo el tamaño de las mallas (número de celdas) de 961×1321 . (Figura 12.9).

Malla 2 (Malla Aproximación): 628×532 (celdas), tamaño de celda de $\Delta x = 7.5$ segundos=200 metros. (Figura 12.10).

Malla 3 (Malla Trujillo): 1200×900 (celdas), tamaño de celda de $\Delta x = 1.5$ segundos = 30 metros. (Figura 12.11).

Figura 12.9. Malla de Perú utilizada para las propagaciones.





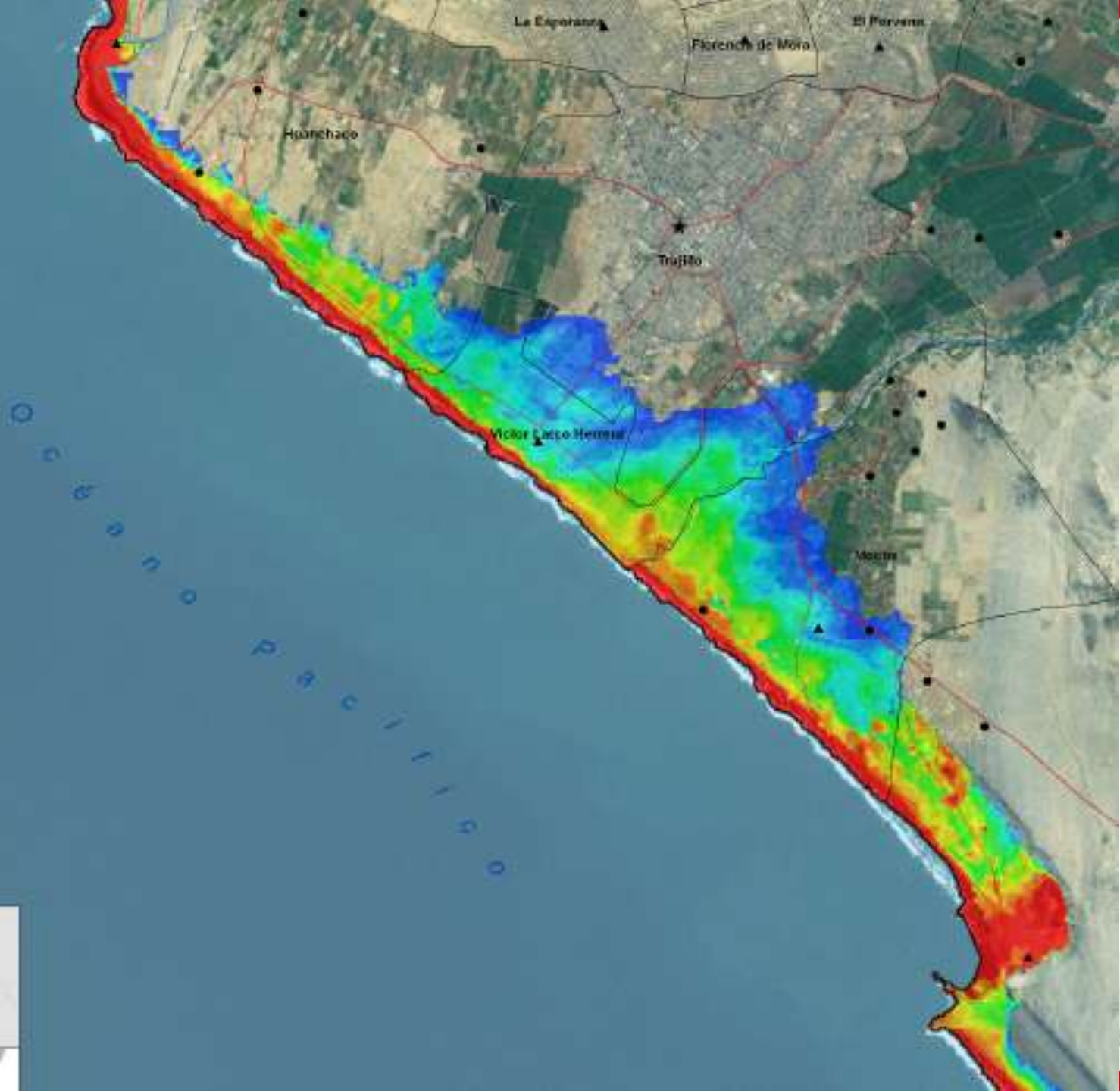
PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.6.1 Mapas de inundación



PER





12.6.1 Mapas de inundación para el evento de 1619



Proyecto:
Evaluación Probabilística de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad frente a Desastres Naturales basados en proyecciones de Cambio Climático en la provincia de Trujillo

BID
Banco Interamericano de Desarrollo

Ministerio del Ambiente
Ministerio del Ambiente

Peligrosidad por arcos de personas Evento 1619

INCantabria
Instituto Tecnológico de Cantabria

UC
Universidad César Vallejo

The Provincial South American Datum 1956
UTM 17N
Universal Transverse Mercator

Problema:

LEYENDA

- Distritos Trujillo
- ★ Capital Departamental
- ▲ Capital Distrital
- Centro Poblado
- Red de Carreteras asfalto
- Red Fluvial

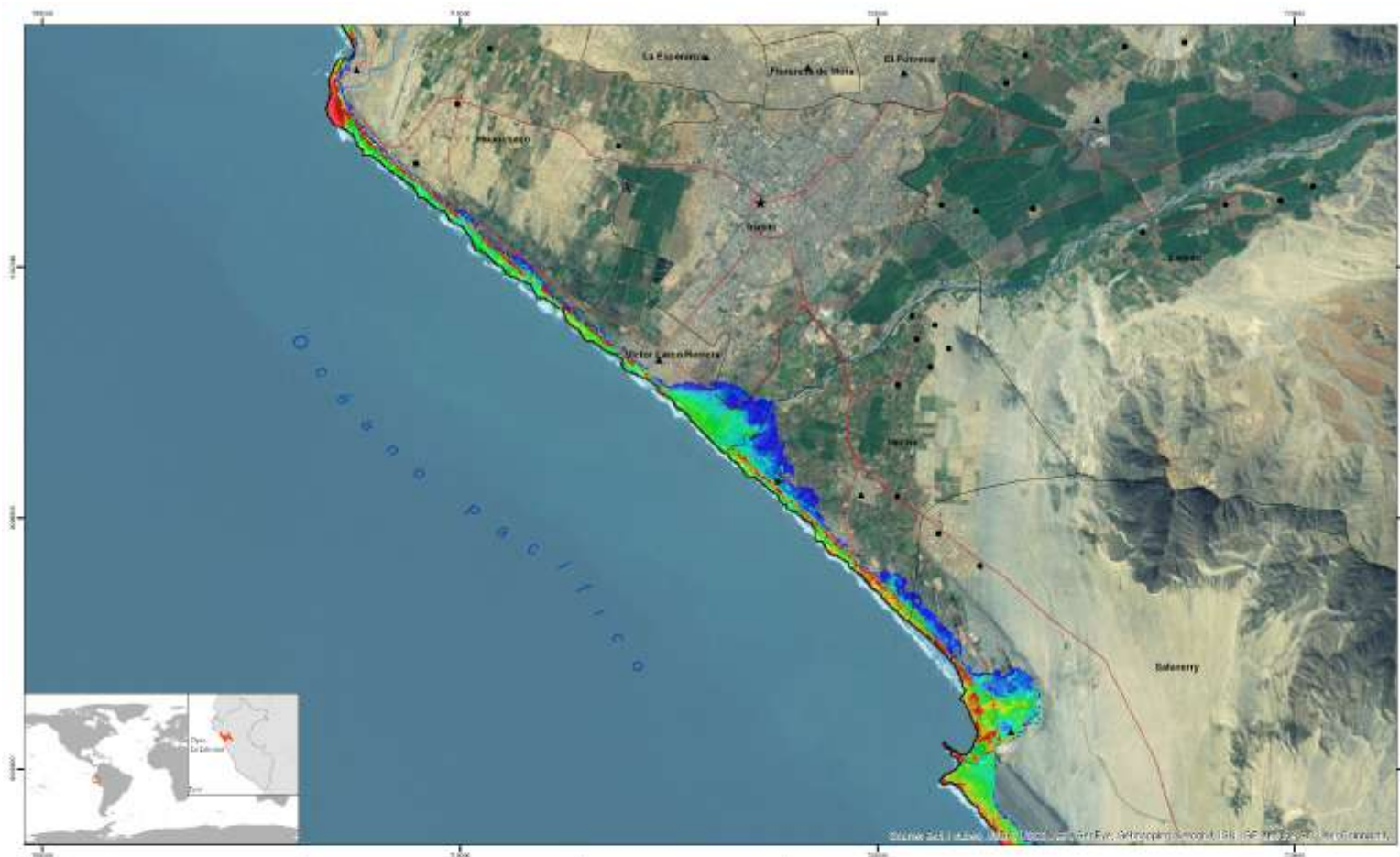
Nivel de peligrosidad (Joukman et al. 2008)

18	0.6 - 1.35	1.35 - 2	2 - 5	5
Alto	Bajo	Medio	Alto	Muy alto





12.6.1 Mapas de inundación para el evento de 1619



Proyecto
Evaluación Probabilística de la Poligresidad y la Vulnerabilidad frente a Desastres Naturales basados en proyecciones de Cambio Climático en la provincia de Trujillo

Profundidad máxima para el nivel de mareas Evento 1746

The Provisional South American Datum 1956
UTM 17S
Universal Transverse Mercator
Escala: 1:50,000

LEYENDA

- Distrito Trujillo
- ★ Capital Departamental
- ▲ Capital Distrital
- Centro Poblado
- Red de Comunicaciones
- Red Fiscal

Profundidad máxima

0 2 4 6 8 10 m

Medida desde el nivel de pleamar medio UCm



12.6.1 Mapas de inundación para el evento de 1619





PERÚ

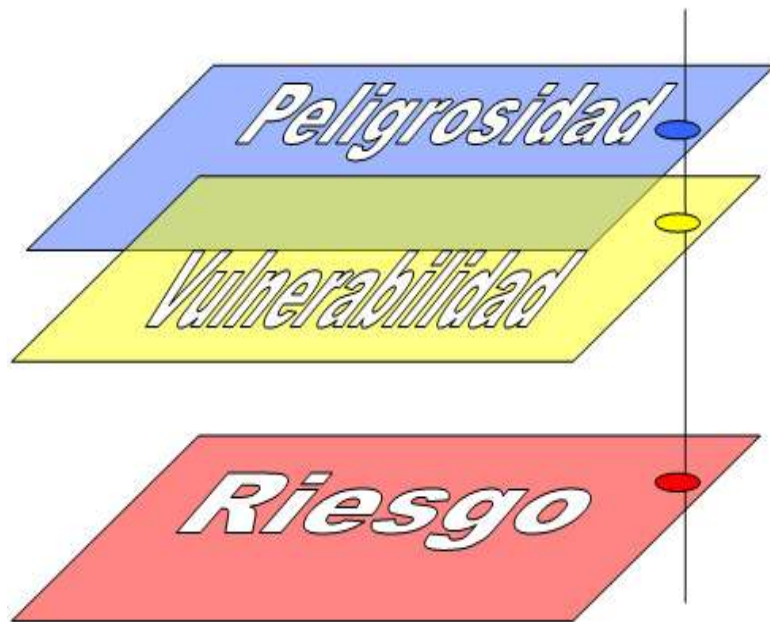
Ministerio
del Ambiente

12.7 Mapa de Riesgo



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



$$R = P \times V$$



12.7.1 Riesgo Humano

VULNERABILIDAD

- o Personas en edad sensible (>65 y <10)
- o Tasa de analfabetismo
- o Tasa de discapacitados
- o Tasa de pobreza extrema
- o Tasa de igualdad



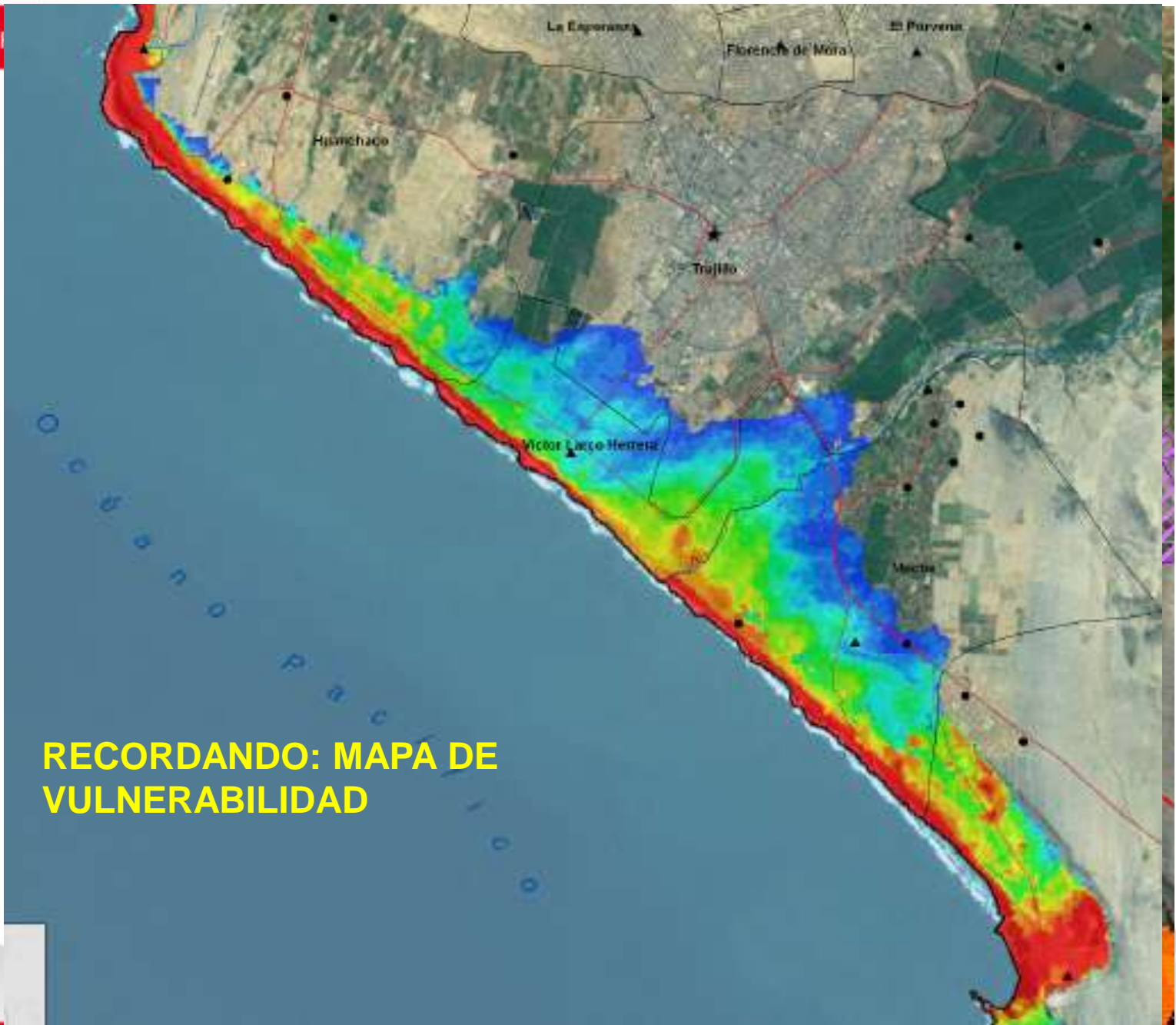
$$R = P \times V$$

PELIGRO:

En este caso, se ha estudiado, para el evento pésimo asociado a 1619, el riesgo por tsunamis para personas y edificaciones.



PER



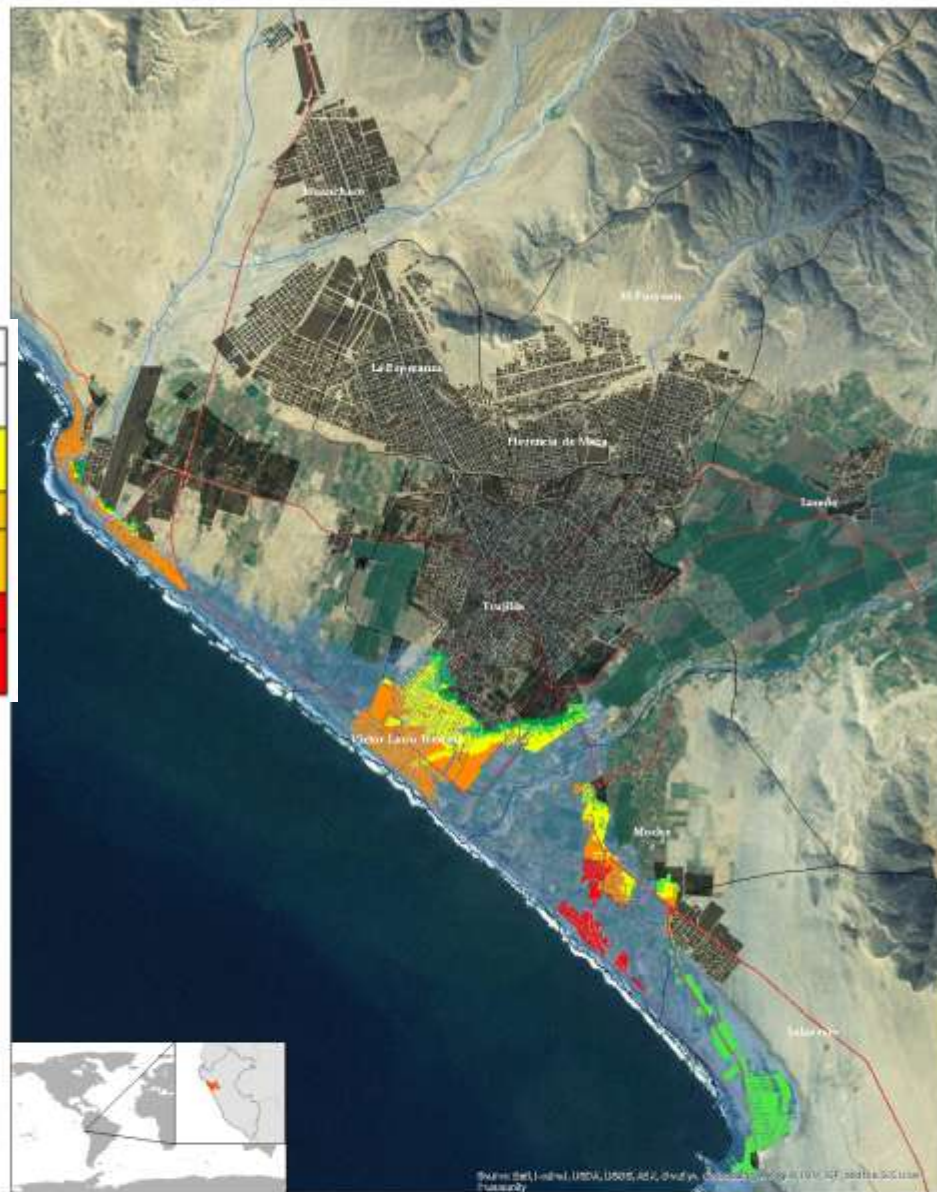
RECORDANDO: MAPA DE VULNERABILIDAD

Figura 12.22. Mapa de riesgo Humano

Vulnerability	Hazard				
	1 (Very Low)	2 (Low)	3 (Medium)	4 (High)	5 (Very High)
1 (Very Low)	VL (1)	L (2)	L (3)	L (4)	M (5)
2 (Low)	L (2)	L (4)	M (6)	M (8)	H (10)
3 (Medium)	L (3)	M (6)	M (9)	H (12)	H (15)
4 (High)	L (4)	M (8)	H (12)	H (16)	VH (20)
5 (Very High)	M (5)	H (10)	H (15)	VH (20)	VH (25)

Riesgo	Población afectada
Muy bajo (1-2)	2.179
Bajo (2-4)	5.142
Medio (5-9)	15.820
Alto (10-16)	54.740
Muy alto (20-25)	7.247

De esta manera, la población total afectada ascendería a 85.000 personas. De ellas, 62.000 se encontrarían en zonas de alto riesgo, con alta potencialidad de fallecimiento.



Evaluación Probabilística de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad frente a Desastres Naturales basados en proyecciones de Cambio Climático en el área metropolitana de Trujillo.

Riesgo Humano por tsunami
 Simulación del evento 1679 nivel de pluma

The International South American Datum 1956
 UTM 17S
 Universal Transverse Mercator

Escala: 1:100,000

LEYENDA:

- Districto Trujillo
- Maritimor
- Red de Comunicaciones
- Red Fluvial

Riesgo Humano:

- 1-2
- 2-4
- 5-9
- 10-16
- 20-25

Logos: UNEP, Ministerio del Ambiente, INCOE, UC, and others.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Riesgo Humano

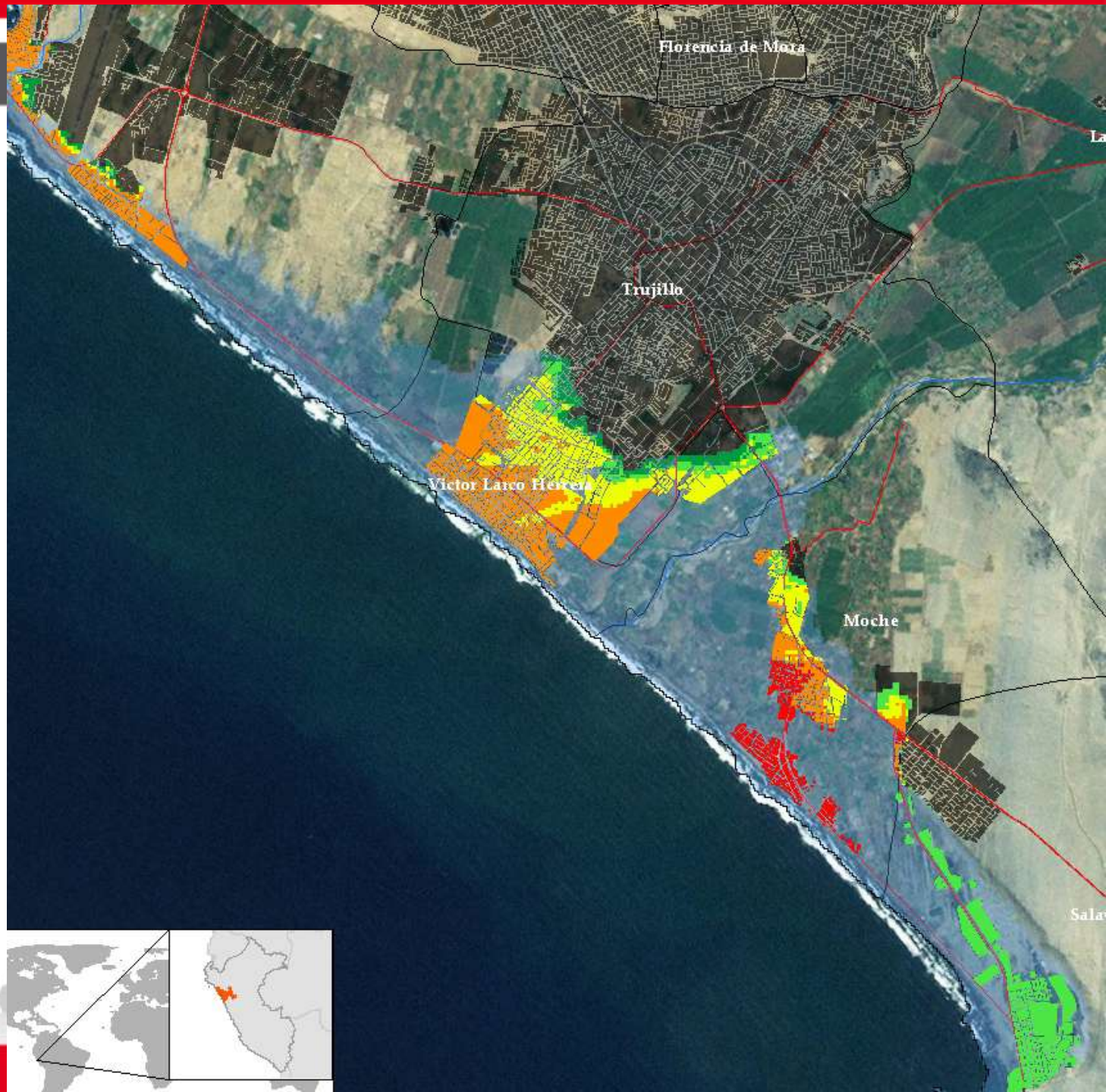
1 - 2

2 - 4

5 - 9

10 - 16

20 - 25



Florencia de Mora

Trujillo

Victor Larco Herrera

Moche

Salav



12.7.2 Riesgo para las edificaciones

- Materiales de construcción
- Gestión de agua
 - Abastecimiento
 - Saneamiento

Matriz de riesgo para el cálculo del riesgo para edificaciones. En azul, los datos de profundidad (Peligrosidad, en metros). En amarillo, la clasificación en función de la vulnerabilidad. En rojo, el riesgo proporcionado en niveles de daño

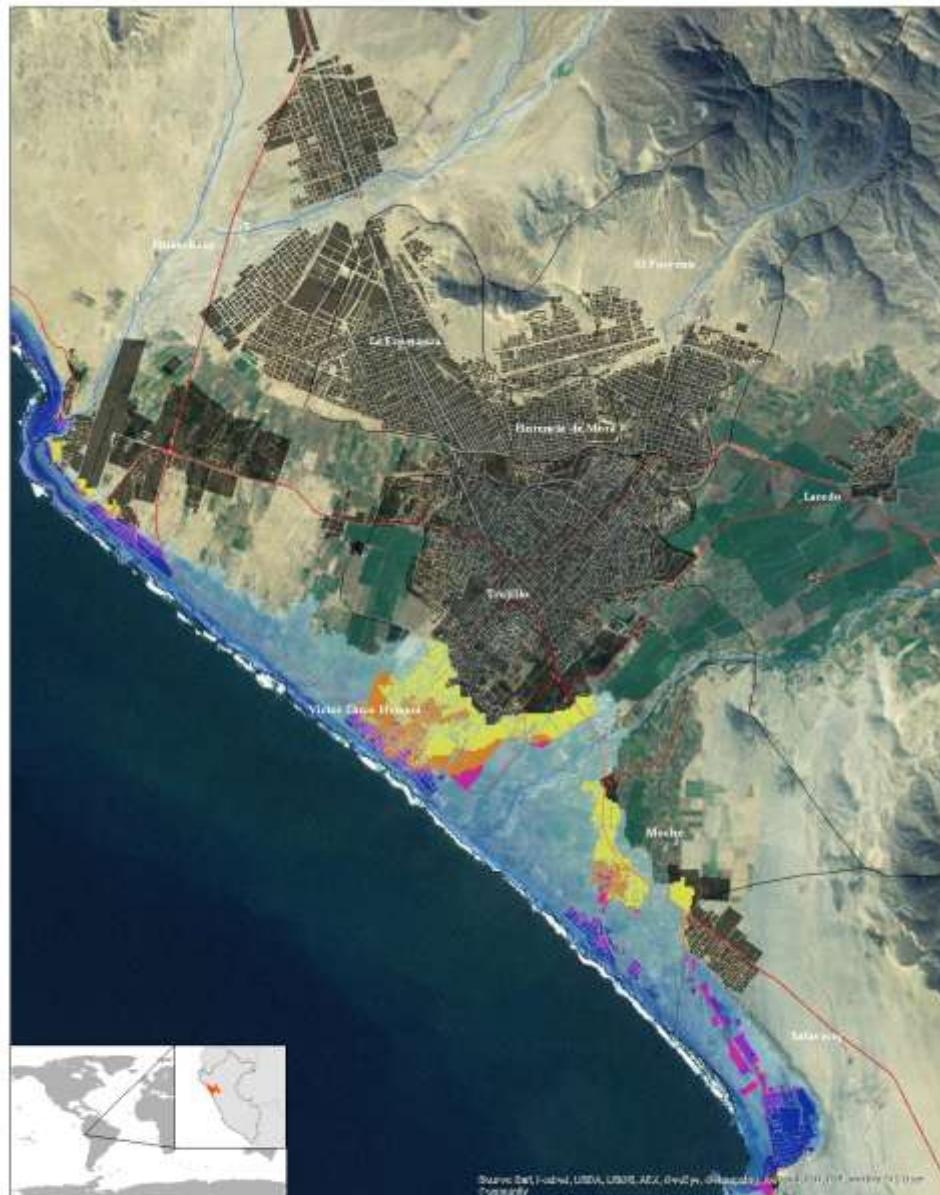
TSUNAMI	Daño0	Daño1	Daño2	Daño3	Daño4	Daño5
<i>Precaria</i>	0	1.8	2.2	2.6	3.8	MAXIMO
<i>Frágil</i>	0	2	3	4	5	MAXIMO
<i>Resistente</i>	0	2	4.5	6.5	9	MAXIMO



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Mapa de Riesgo por tsunami en EDIFICACIONES para el evento de 1619



<p>Evaluación Probabilística de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad frente a Desastres Naturales basados en proyecciones de Cambio Climático en la provincia de Trujillo</p>	 The Provisional South American Chart 1996 IADM 170 Universal Transverse Mercator Escala: 1:100,000 	<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none">  Carretera Trujillo  Maris costero  Red de Construcciones  Red Ferial
<p>Riesgo por tsunami en edificaciones Simulación del evento 1619</p>		<p>Strat de daño</p> <ul style="list-style-type: none">  1  2  3  4  5





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Nivel de daño



1



2



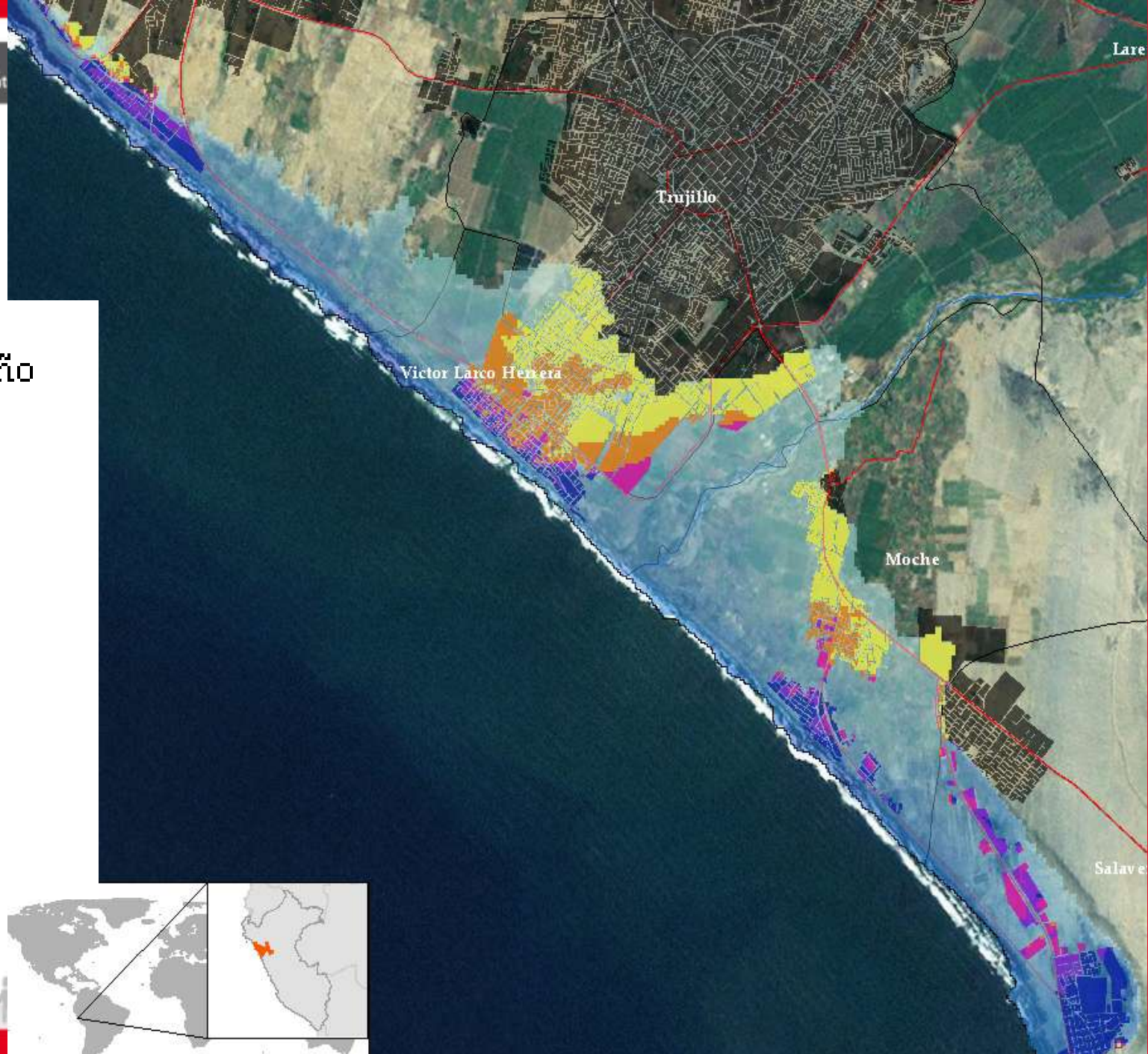
3



4



5





12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

12.8.1 Medidas estructurales

Las medidas estructurales de mitigación incluyen la reducción del riesgo a través de soluciones ingenieriles tales como el refuerzo de edificios que pudieran ser dañados en caso de tsunami, la protección de la costa usando, por ejemplo, estructuras de defensa contra tsunamis o reducir el impacto de la ola antes de que ésta alcance la costa. Estas actuaciones son específicamente importantes en aquellas zonas en las que existan edificaciones precarias, bien por construcción con materiales de baja calidad, bien por una conservación inadecuada, las cuales son especialmente vulnerables ante el embiste de un tsunami.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

12.8.2 Medidas no estructurales

- Medidas locales de planificación y protección
- Creación y cumplimiento de normas de ingeniería
- Sistema de alerta
- Divulgación pública de conocimientos
- Plan de evacuación



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

Normas de ingeniería

Las normas de ingeniería van destinadas a fomentar la construcción de edificios y estructuras portuarias más resistentes.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

Sistemas de alerta

Alerta del Pacífico en Hawaii, permite alertar a la población de Perú ante eventos lejanos de tsunami con varias horas de antelación. No obstante se hace necesario un sistema de Alerta de tsunami nacional y local (Perú) que permita alertar a la población en tiempos cortos de respuesta para fuentes cercanas (menos de 35 minutos) mediante Protocolos de coordinación y comunicación de alerta ante tsunamis establecidos no sólo a nivel internacional sino también a nivel nacional, regional y local

El evento de Japón de 2011 permitió emitir una alerta de tsunami en países de la cuenca del Pacífico, incluso en Perú. Aquel día, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra, monitoreó el evento, registrándose alturas de ola de entre 0.44 metros y 1.63 metros aproximadamente.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

Divulgación pública de conocimientos

La divulgación, la educación de la ciudadanía, puede mejorar el conocimiento sobre aspectos de los tsunamis, mediante el entrenamiento de la población local para reconocer alarmas de tsunami y proporcionar instrucciones básicas sobre la forma de actuar y como responder ante un aviso de tsunami. Preparar a la población para el peligro que supone un tsunami es un proceso largo. La concienciación comienza desde las escuelas, donde los niños aprenden los elementos básicos de seguridad ante terremotos y tsunamis. La preparación para el aprendizaje así como los folletos divulgativos, guías, etc. pueden ayudar en la mejora del conocimiento sobre tsunamis y consecuentemente, eliminar su riesgo.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

Planes de evacuación

- Entender la naturaleza del riesgo por tsunami.
- Poseer las herramientas necesarias para mitigar el riesgo de tsunami, divulgar y diseminar la información sobre este riesgo.
- Favorecer el intercambio de información entre comunidades que se encuentren en zonas de riesgo.
- Institucionalizar un plan para un desastre por tsunami.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

12.8 Resumen, recomendaciones y medidas de mitigación preliminares

Planes de evacuación

- Conocer el riesgo de tu comunidad, vulnerabilidad y exposición.
- Evitar el desarrollo en zonas de run up por tsunami para minimizar futuras pérdidas debido al tsunami.
- Establecer y configurar un nuevo desarrollo que suceda en áreas de run up de tsunami para minimizar futuras pérdidas por tsunami.
- Diseñar y construir nuevos edificios que ayuden a minimizar el daño por tsunami.
- Proteger el desarrollo existente de las pérdidas por tsunami mediante planes y proyectos de redesarrollo, actualización y reutilización.
- Tomar precauciones especiales en la localización y diseño de infraestructuras e instalaciones críticas para minimizar el daño.
- Establecer planes de evacuación.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Presentación:

Mg. Ing. Eden Atalaya Haro

eatalaya@minam.gob.pe

edenhar@hotmail.com

GRACIAS...