

MODELADO NUMÉRICO DE TSUNAMI EN EL TERMINAL PORTUARIO DEL CALLAO Y CAUCE DEL RÍO RÍMAC

Julio César Martínez y Hernando Tavera

Dirección de Sismología - Instituto Geofísico del Perú, julio.martinez@igp.gob.pe; hernando.tavera@igp.gob.pe

RESUMEN

En el presente estudio se propone el escenario de generación, propagación e inundación probable para el Terminal Portuario del Callao y cauce del río Rímac a consecuencia del tsunami producido por un sismo de magnitud 8.5 Mw con epicentro frente al Callao. Este tsunami, de carácter local, afectaría principalmente al área costera con inundaciones hasta una distancia de 1.8km. tierra adentro, siendo mayor a lo largo del cauce del río Rímac, con aproximadamente 2.1 km. Empleando datos batimétricos y topográficos de alta resolución espacial como valores de entrada en el modelo numérico TUNAMI-N2 se realizó la simulación del tsunami, obteniéndose parámetros como los de tiempo de arribo de las olas, máxima altura de inundación “run-up”, velocidades de desplazamiento y el mapa de inundación. El procedimiento empleado puede ser generalizado para posibles escenarios en la costa peruana. Esta información es de utilidad para las autoridades a efectos de realizar la gestión del riesgo correspondiente.

INTRODUCCIÓN

El Perú está ubicado en una región de interacción de placas tectónicas. La subducción de la Placa oceánica de Nazca por debajo de la Placa continental Sudamericana da origen a un gran número de sismos. De ellos, el 80% ocurren frente al borde occidental de la zona costera del país, con hipocentros ubicados a profundidades menores que 60 km, lo que presenta una alta probabilidad de ocurrencia de tsunamis.

Dentro de este contexto y de acuerdo con la historia sísmica del Perú, uno de los mayores desastres, que a la fecha se ha producido en su región central, ocurrió el 28 de octubre de 1746 a las 22:30 hora local. Las ciudades de Lima y el Callao fueron remecidas por un fuerte sismo de magnitud estimada mayor a 8.5 Mw e intensidad del orden de X en la escala de Mercalli Modificada. La ubicación del epicentro, estimado con base en la información macrosísmica histórica, estuvo en el mar al NW del Callao. El fenómeno cosísmico más importante fue la ocurrencia de un tsunami local que destruyó a la ciudad del Callao e inhabilitó su puerto. Este tsunami produjo la muerte de más de 4 800 personas, quedando sólo 200 sobrevivientes. De los 23 barcos anclados en el puerto, 19 fueron hundidos y 4 llevados por las olas tierra adentro; uno de ellos, el bergantín San Fermín, fue varado en lo que ahora corresponde a la esquina del mercado del Callao, donde se encuentra una Cruz Blanca, a 1.5 km tierra adentro, Martínez (2014).

Hoy en día, un evento de esta naturaleza alteraría el orden demográfico, social y económico de la Región Callao y de Lima Metropolitana. En tal escenario, el Terminal Portuario del Callao sería gravemente afectado; por lo tanto, es indispensable conocer, de la mejor manera posible, el peligro que representa un tsunami y la vulnerabilidad a la que está expuesta la Región Callao a fin de gestionar su riesgo y así evitar o reducir el impacto del posible desastre.

En este estudio, se determina, caracteriza y cartografía el peligro relacionado con la ocurrencia de un tsunami en el Terminal Portuario del Callao y la influencia del mismo sobre el cauce del río Rímac. Una forma de conocer las zonas de inundación por tsunami es a partir de la estimación del potencial daño que este produciría, lo cual es posible realizarse mediante la simulación numérica. La importancia del presente estudio está enmarcada dentro de la generación de un posible escenario sobre el cual se debe ejecutar una adecuada gestión del riesgo ante un posible desastre por tsunami.

ÁREA DE ESTUDIO

Para el modelado numérico de la zona de inundación por tsunami en el terminal Portuario del Callao y el cauce del río Rímac, se definió el área de estudio mostrada en la Figura 1.

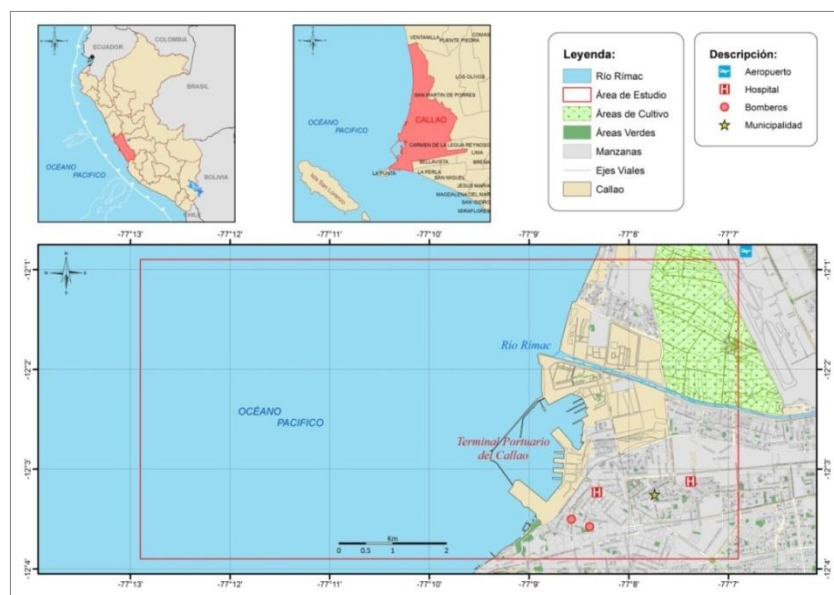


Figura 1 Área de Estudio. Se aprecia el Puerto del Callao y el cauce del río Rímac.

MODELO NUMÉRICO TUNAMI-N2

Para modelar el proceso de generación, propagación e inundación de tsunami se utilizó el modelo numérico TUNAMI-N2, el cual fue desarrollado por investigadores de la universidad de Tohoku de Japón bajo la dirección del Dr. Fumihiko Imamura (2005).

Para una determinada condición de la fuente sísmica, este modelo simula la generación, propagación e inundación del tsunami con una exactitud aceptable (comparado con estudios disponibles de tsunamis históricos); Koshimura (2009). Así mismo, proporciona datos del tiempo de arribo de la primera ola, la altura de ola del tsunami en una determinada región costera, las zonas inundables por el tsunami, la velocidad de desplazamiento en costa. Para ello, se requiere que la información del proceso de ruptura de la fuente sea precisa, y además que los datos batimétricos y topográficos sean de alta resolución. En la medida que las condiciones iniciales que alimentan al modelo fueran obtenidas con suficiente densidad y calidad de información, los resultados serán más aproximados a las condiciones reales.

DATOS

Para realizar un correcto proceso del modelado numérico para tsunami se requiere conocer los siguientes parámetros y datos:

PARÁMETROS DE LA FUENTE SÍSMICA: El resumen de los parámetros considerados para la fuente sísmica a emplear en el modelo numérico TUNAMI-N2 se muestra en la Tabla 1:

Magnitud (Mw)	Angulo de Rumbo	Angulo de Buzamiento	Angulo de Deslizamiento	Largo (km)	Ancho (km)	Longitud de Deslizamiento (km)	Profundidad (km)	Coordenadas Epicentroide	
								x	y
8.5	326°	18°	90°	310	105	5.0	30.0	-77.6	-12.2

Tabla 1. Resumen de los parámetros de la fuente sísmica.

DATOS BATIMÉTRICOS: Los datos batimétricos utilizados en el modelo numérico se muestran en la Tabla 2:

Base de Datos	Resolución Espacial	Fase del Tsunami
Gebco08/Etopo1	270 m.	Generación y Propagación
Gebco08/Etopo1	90 m.	Propagación
Carta Batimétrica 223	30 m.	Propagación
Carta Batimétrica 2236	10 m.	Propagación e Inundación

Tabla 2. Resumen de los datos batimétricos empleados.

DATOS TOPOGRÁFICOS: Los datos topográficos utilizados en el modelo numérico se muestran en la Tabla 3:

Base de Datos	Resolución Espacial	Fase del Tsunami
Gebco08/Etopo1	270 m.	Generación y Propagación
Gebco08/Etopo1	90 m.	Propagación
SRTM-30	30 m.	Propagación
ASTER-GDEM, Levantamiento Topográfico y Catastral	10 m.	Propagación e Inundación

Tabla 3. Resumen de los datos topográficos empleados.

DATOS CATASTRALES: Los datos catastrales del número de pisos de los lotes comprendidos en el área de estudio fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Esta información permitió generar un campo de alturas para caracterizar los edificios como si fueran cotas topográficas que se añadieron a la base de datos topográficos existente. Este procedimiento permitió aumentar la resolución espacial del modelo digital de elevación.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en el modelado numérico para un posible tsunami generado por un sismo de magnitud 8.5 Mw, el Terminal Portuario del Callao sería afectado por olas de hasta 8 metros de altura que arribarían a la zona costera en un tiempo de 18 minutos aproximadamente. La inundación longitudinal alcanzaría una distancia de 1,5 km con una velocidad de desplazamiento de 36 km/hora. En la Tabla 4 se muestra una comparación de los resultados obtenidos para el Terminal Portuario, el río Rímac y la Base Naval.

	Magnitud 8.5 Mw			
	Tiempo(min)	Altura(m)	Velocidad (km/hora)	Inundación (km)
Base Naval del Callao	18	7,3	27	1,8
Rio Rímac	18	8,0	32	2,1
Terminal Portuario del Callao	18	7,8	36	1,5

Tabla 4. Resultados obtenidos para el probable escenario de tsunami en la zona de estudio.

Estos valores sugieren que la población que se encuentre en el Terminal Portuario o en sus cercanías, tendría un tiempo estimado de 18 minutos para evacuar la zona costera antes de quedar completamente inundada por las olas del tsunami. Así mismo, el valor de velocidad de propagación de las olas plantea como posible escenario el desplazamiento de “containers” y barcos que se encuentran en el Terminal Portuario.

El cartografiado de las zonas inundables y de mayor riesgo, permite considerar que el Terminal Portuario del Callao es altamente vulnerable; así como, la Base Naval del Callao, La Fortaleza del Real Felipe, Los Asentamientos Humanos: Acapulco, Tiwinza, Sarita Colonia, Juan Pablo II, Barrio

Obrero Frigorífico, Puerto Nuevo, San Juan Bosco, Ciudadela Chalaca, Chacaritas, El Carmen y las urbanizaciones de Chucuito y el Barrio Fiscal N°1, ver Figura 2.

Respecto al río Rímac, se observó una inundación longitudinal a lo largo del cauce de 2.1 km, lo cual se puede explicar debido a la baja pendiente que presenta el cauce del río. Esta longitud de inundación en el cauce del río Rímac nos indica un probable punto de embalse producido por materiales arrastrados por el tren de olas del tsunami. Es posible determinar la inundación hacia aguas arriba principalmente en base a la alta resolución de los datos topográficos, con los cuales se caracterizó apropiadamente el cauce del río.

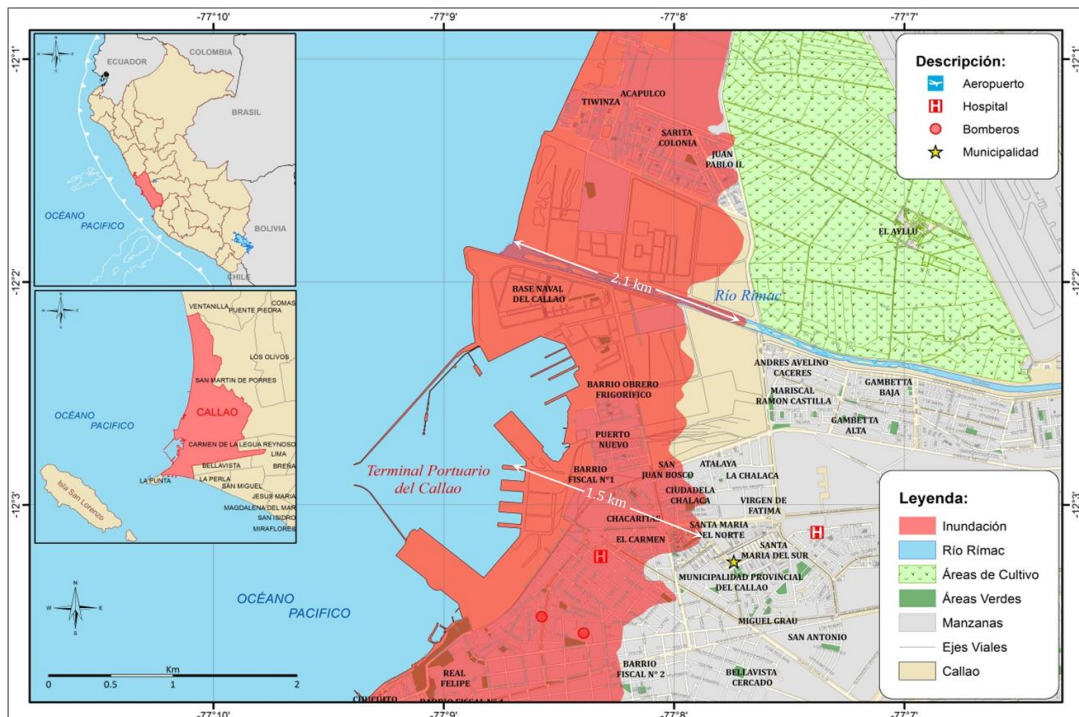


Figura 2. Mapa del área inundable por tsunami en el área portuaria del Callao y el río Rímac.

El mapa de inundación tiene una aplicación directa en la planificación urbana que ejecuta la autoridad municipal y en la elaboración de los planes de evacuación y protección civil. La importancia de conocer las áreas potencialmente inundables es manejar las zonas de riesgo y seguras, estas zonas deberían poseer un ordenamiento territorial diferenciado por el peligro de un tsunami.

REFERENCIAS

1. Imamura F. (2005). Tsunami Modelling Manual. Tsunami Engineering School of Civil Engineering, Asian Inst. Tech. and Disaster Control Research Center, Tohoku University.
2. Koshimura S. (2009). Tsunami-Code Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation of Tsunami. Disaster Control Research Center School of Engineering, Tohoku University.
3. Martínez, J.C. (2014). Dinámica y Modelado Numérico de un Tsunami en el Terminal Portuario del Callao y Zonas Adyacentes, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.