

**GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES POR TSUNAMIS EN EL CALLAO.
PERÚ. 2019.**

Cabrera Carranza, Carlos Francisco

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú.

ccabreracarranza@gmail.com

ccabrerac@unmsm.edu.pe

Chambi Echegaray Gina Gabriela

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú.

gchambie@unmsm.edu.pe

Espinel Pino Verónica

Universidad Técnica de Manabí Ecuador.

vespinel@utm.edu.ec

Maldonado Dongo Manuel

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima Perú.

jmaldonadodongo@hahoo.es

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en el proceso de evaluación de riesgos por Tsunamis en la zona costera del Perú, con énfasis en la Provincia Constitucional de El Callao partiendo desde la identificación de peligros y el análisis de vulnerabilidades, que permite la estimación de los riesgos de desastres correspondiente a una gestión prospectiva, el cual permite desarrollar acciones y medidas de prevención y/o mitigación frente a los eventos por Tsunamis. Consciente de la situación del peligro a la que está expuesta estas localidades costeras, por encontrarse en el ámbito del Cinturón de Fuego como también por las manifestaciones climáticas del Fenómeno de El Niño, acentúan las condiciones de vulnerabilidad por el nivel de educación y concientización de la población y los principales actores, se considera así un enfoque que contribuye al desarrollo de sus

capacidades y conocimiento para enfrentar desastres e identificar conflictos ambientales. La metodología aplicada pretende articular a la Planificación y gestión para el desarrollo; bajo estas argumentaciones, se determinan escenarios de riesgo que permiten definir acciones

Palabras claves: Gestión de riesgos, Desastres, Tsunamis, Callao.

INTRODUCCIÓN

Entre 1990 y 1999, las Naciones Unidas establecieron la Década Internacional para la Reducción de desastres naturales. Se incluyeron temas de riesgos de desastres, peligro, amenaza, vulnerabilidad, exposición, (ONU, 2014). El Informe de Evaluación Global (GAR, por sus siglas en inglés) es una evaluación bienal de la reducción del riesgo de desastres, al igual que una revisión y un análisis exhaustivo sobre las amenazas por fenómenos de origen naturales que están perjudicando a los seres humanos. El GAR contribuye a la consecución del Marco de Acción de Hyogo (MAH) a través del monitoreo de los patrones y las tendencias del riesgo, y del progreso alcanzado en la reducción del riesgo de desastres, mientras que también ofrece orientación sobre políticas estratégicas a los países y a la comunidad internacional.

Ante los eventos más recurrentes y de mayor impacto a nivel mundial causando cada vez más pérdidas humanas, físicas y económicas que vienen afectando considerablemente los procesos de desarrollo de las comunidades, ciudades, y países, *“La reducción sustancial de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto las de vidas como las de bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y las sociedades”*. (ONU, 2015)

El Perú está expuesto de manera permanente a fenómenos de origen natural que pueden desencadenar en desastres, este escenario se debe principalmente a la ubicación geográfica del país: en el borde sur oriental del Océano Pacífico -área de gran actividad sísmica y que forma parte del denominado Círculo de Fuego del Pacífico-, su proximidad a la región tropical de Sudamérica –área donde el fenómeno “El Niño” se presenta de manera recurrente- y la Cordillera de los Andes –cadena montañosa que atraviesa longitudinalmente el territorio- generan una gran variedad

de microclimas, todos estos factores incrementan de manera considerable, la vulnerabilidad del territorio peruano.

El territorio peruano es por consiguiente muy variable, siendo impactado por una multiplicidad de peligros. Pueden identificarse condiciones particulares de riesgo en la costa, en la sierra y la selva. Zonas en las que interactúan también grupos sociales muy diferentes entre sí. (UNESCO, 2011).

El Perú es uno de los países de mayor sismicidad en el mundo debido al proceso de convergencia entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, presente en su borde Oeste, dentro del proceso conocido como subducción, el mismo que da origen a los terremotos de mayor magnitud que se haya producido en el Perú. De acuerdo a la historia sísmica, se tiene referencia de la ocurrencia de más de 50 terremotos con magnitudes mayores a 7.0 Mw que han generado maremotos a lo largo de su costa, produciendo en su mayoría efectos netamente locales. Si bien es cierto, los terremotos y maremotos grandes son casi completamente aleatorios, sin embargo, podemos deducir que el periodo de retorno para un maremoto que afecte a Lima-Callao es de 55 años en promedio. (COOPI et al, 2010).

Los tsunamis son fenómenos recurrentes en la costa pacífica y otras regiones costeras del mundo han causado graves pérdidas sociales y económicas en países como Japón, Indonesia, Chile y Perú durante los últimos 15 años. El impacto de los tsunamis se materializa en pocos minutos, por tal motivo, en muchos casos no han permitido que la población litoral evacue de la zona de peligro (Tsunami del océano Indico, 2004; Japón, 2011). Ante estos hechos, el Perú reconoce su exposición a esta amenaza, y viene actualizando estrategias en la gestión del riesgo de tsunamis para enfrentar este problema a partir de sus dos últimas experiencias de emergencias por tsunami, Camaná (2001) y Pisco (2007).

Por otro lado, la evaluación de la vulnerabilidad y evaluación del riesgo por tsunami es fundamental para la Gestión de Riesgos de desastres en zonas costeras habitadas, en especial, si son metrópolis con importantes intereses sociales, políticos y económicos como es el caso de las ciudades del Callao y Lima, que concentran 10 millones de residentes. Cabrera et al, (2019), en un estudio realizado en las localidades de Callao, Camaná y Paita en el Perú, da a conocer que la gestión de

riesgos de desastres es un proceso social que tiene por finalidad prevenir, reducir y controlar los factores de riesgo de desastre en la población, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastres por tsunamis en áreas costeras litorales, teniendo en cuenta la dimensión económica, social, jurídica, organizacional, tecnológica, económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible.

En tal sentido la presente investigación evalúa la Gestión de riesgos de desastres por tsunami bajo el enfoque de sostenibilidad económica, social y ambiental en la zona costera litoral del Callao.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en la Área costera litoral del Callao, Lima, Per, durante el año 2019.

Se consideraron tres momentos, el primero la construcción del marco conceptual en base a teorías y enfoques propuestos por las Naciones Unidas y los acuerdos internacionales, considerando para ello que se analizaran las distintas dimensiones desde un enfoque integral para determinar el grado de vulnerabilidad de las poblaciones expuesta a eventos de origen natural de mayor recurrencia en las zonas de estudio .Luego se realizaron las visitas de campo a fin de tomar contacto con las autoridades y los pobladores, realizar encuestas, tomas de muestras, registro de fotos y recopilación de información. La tercera fase comprende los trabajos de gabinete para la elaboración del informe final según los resultados a partir de los datos obtenidos en campo que permite construir los escenarios de riesgo, y determinar las acciones de preparación y mitigación a eventos futuros. Así, mismo se ha considerado la Metodología de (CENEPRED, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Perú es uno de los países de mayor sismicidad en el mundo debido al proceso de convergencia entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, presente en su borde Oeste, dentro del proceso conocido como subducción, el mismo que da

origen a los terremotos de mayor magnitud que se haya producido en el Perú. De acuerdo a la historia sísmica, se tiene referencia de la ocurrencia de más de 50 terremotos con magnitudes mayores a 7.0 Mw que han generado maremotos a lo largo de su costa, produciendo en su mayoría efectos netamente locales, (COOPI et al, 2010).

El Callao, presenta una recurrencia de tsunamis frecuente, en comparación al resto del litoral (Carpio & Tavera, 2002; Lockridge, 1985; Soloviev & Go, 1975). Por tal motivo, el peligro y la probabilidad de la llegada de un tsunami destructivo a la costa central del Perú es muy alta, debido de su localización dentro la gran cuenca del Pacífico.

Las ciudades de Lima y el Callao se encuentran emplazadas sobre una amplia planicie costera; la cual está constituida por depósitos de gravas, arenas y arcillas provenientes de la sedimentación fluvial del río Rímac y la erosión eólica y marítima del litoral y la zona está compuesta por material conglomerádico no consolidado, cuyo grosor completo se desconoce. Asimismo, la línea litoral está conformada por bahías, puntas y ensenadas. Además, por socavamiento, se han formado el levantamiento de terrazas marinas desde el distrito de La Perla hasta Chorrillos, al sur de Lima (INGEMMET, 1992).

En referencia a los estudios de tsunami elaborados en el Callao, estos se han enfocado principalmente en el aspecto del peligro (Adriano et al., 2013, 2014; COOPI et al., 2010; Jiménez et al., 2013; Mas et al., 2013, 2014; Tavera, 2014). Sin embargo, en materia de vulnerabilidad física y exposición, aún queda mucho por avanzar. A modo de ejemplo, se pueden mencionar dos trabajos relacionados al análisis de la vulnerabilidad y exposición ante tsunamis: Mas et al. (2013), quienes realizan una simulación de evacuación poblacional (horizontal y vertical) en el distrito de La Punta (Callao) y el otro, elaborado por la COOPI et al. (2011), con un Plan de emergencias ante sismos y/o tsunamis para el distrito del Callao (Cuisano & Martinez, 2016).

La Provincia Constitucional del Callao se encuentra ubicada en la costa central del Perú, entre las coordenadas geográficas 11° 47' 50" y 12° 07' 30" de latitud sur, y 77° 04' 40" y 77° 11' 40" de longitud Oeste, incluyendo la zona insular. Limita por el Norte, con los distritos de Santa Rosa y Ancón, por el Este con los distritos de Puente

Piedra, San Martín de Porres, Cercado de Lima y San Miguel, y por el Sur y Oeste con el Océano Pacífico. Asimismo, se conforma política y administrativamente por seis distritos: Callao, Ventanilla, Carmen de la Legua Reynoso, Bellavista, La Perla y La Punta; con un área de 146.98 km². Figura 1.

El área de estudio se encuentra localizada sobre una planicie costera y fondo de valle del río Rímac, y cuenta con una amplia bahía donde se localiza el principal puerto del país. Además, el uso predominante de su suelo es residencial, el cual se inserta en la conurbación más importante del país, conformada por la Región Callao y Lima Metropolitana (ciudad capital de país). La importancia de esta metrópoli radica en sus factores socioeconómicos y naturales: en el año 2012 contribuyó al país con el 48% del PIB nacional, al año 2015 concentró a casi 10 millones de personas y durante su proceso histórico ha registrado el mayor número de sismos y tsunamis en el país (Carpio & Tavera, 2002).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informa que 1 millón 28 mil habitantes residen en la Provincia Constitucional y se estima que en el año 2021 esta población alcanzará a 1 millón 100 mil habitantes. Del total de la población de la Provincia Constitucional de Callao, el 39,6% (406 mil 760 habitantes) viven en el distrito del Callao, el 37,5% (385 mil 596 habitantes) en Ventanilla. Le sigue el 7,0% (71 mil 859 habitantes) que reside en Bellavista, el 5,9% (60 mil 977) en Mi Perú, el 5,7% (58 mil 917) en La Perla, el 4,0% (40 mil 765) en Carmen de la Legua Reynoso y el 0,3% (3 mil 270 habitantes) en el distrito de La Punta.

En el año 2015, el Producto Bruto Interno de la Provincia Constitucional del Callao creció en 1,8% y representó el 9,4% del PBI del departamento de Lima; en tanto que la Provincia de Lima contribuyó con el 83,0% y las otras provincias del departamento de Lima con el 7,6%.

El Callao, se caracteriza por presentar una gran actividad portuaria debido al intenso tráfico comercial y a una importante actividad pesquera. Según se expresa en el Plan Nacional de Desarrollo Portuario (PNDP), año 2011, el Terminal Portuario del Callao es el principal puerto del país, siendo el puerto líder en el tráfico de contenedores a nivel de Sudamérica.

El crecimiento del área urbana en la Provincia Constitucional del Callao es el resultado de la interacción de diversos factores sociales, económicos, políticos, a través de un proceso histórico que tiene lugar en un espacio físico concreto, definido como el territorio provincial.

El Sistema Urbano del Callao, por su forma de nacimiento y expansión urbana presenta una estructura céntrica – muy ligada al crecimiento de Lima Metropolitana -- con fuertes desequilibrios respecto a la totalidad del territorio, con claras diferencias en los niveles de desarrollo, grados de urbanización, niveles de contaminación, servicios básicos y los consecuentes efectos sociales como acceso a la educación y salud.

Por otro lado, este distrito experimenta el deterioro urbano de las zonas antiguas, agudizado por problemas de tugurización y hacinamiento de viviendas, por la antigüedad de la infraestructura y por el cambio del uso residencial al comercial.

En el distrito del Cercado del Callao, se concentran la mayor parte de las áreas Urbanas destinadas a Otros Usos, donde se encuentran los equipamientos e infraestructura mayor (aeropuerto y puerto). Asimismo, en este distrito se encuentra la mayor área de Uso Industrial respecto al resto de los distritos de la provincia.

Desde el punto de vista físico, el tsunami es un maremoto con un tren de ondas gravitacionales de período largo generadas por una perturbación en la superficie oceánica, debido, por lo general, a un sismo o una violenta alteración del fondo oceánico. Al acercarse a la costa en forma de ondas, parte de la energía cinética que poseen durante la propagación se transforma en energía potencial, originando grandes olas cuando llegan a la costa (DHN, 2012) y tiene las siguientes fases: generación, propagación e inundación. Durante los últimos 500 años impactaron 33 tsunamis sobre el área de estudio, a una frecuencia promedio de 15.2 años, el último registrado fue en 1974 y el más extremo el de octubre de 1746, siendo el peor escenario conocido: Tsunami del 28 de octubre de 1746 cuya magnitud osciló entre Mw 8.6 y Mw 9.0 (Dorbath et al., 1990; Jiménez et al., 2013; Mas et al., 2015, 2014). El sismo destruyó la ciudad Lima, la capital del Virreinato del Perú y su principal puerto del Callao () (Carcelén, 2011; Jiménez et al., 2013; Mas et al., 2015; Pérez-Mallaína, 2005; Quiroz Chueca, 1999; Seiner-Lizárraga, 2011; Walker, 2012).

Debido a la historia sísmica del Perú y al peligro que representa el efecto cosísmico conocido como tsunami o maremoto, el año de 1970 se crea el Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis, gerenciada por la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), entidad encargada de procesar la información sísmica para dar la alerta correspondiente. En el año de 1997 la DHN y el CISMID (Centro Peruano Japonés de Mitigación e Investigación de Desastres) elaboraron un mapa de inundación para la zona del Callao y la Punta, en base al método de Yamaguchi (COOPI et al., 2010). El cálculo de la altura máxima de la ola del maremoto en la línea de costa se estima mediante la fórmula de Yamaguchi. También se considera la altura de ola de braveza y el promedio de pleamares superiores. La altura total de la ola frente a la línea de costa de la localidad en estudio viene a estar dada por la suma de estos tres parámetros, corregida por la pendiente del terreno (COOPI et al., 2010). Así mismo, para determinar los peligros, se toman los procedimientos aplicados por el Proyecto SIRAD (COOPI et al., 2010): En la primera etapa, definieron la zona o área de trabajo con las coordenadas geográficas (latitud y longitud) obtenidas con la ayuda del programa Google Earth. En la segunda etapa, se documentaron las observaciones macrosísmicas y maremotogénicas de acuerdo a los documentos históricos. En la tercera etapa, realizaron el estudio y el modelado de la fuente sísmica que mejor se adapte a las observaciones macrosísmicas históricas. Este fue el dato de entrada del modelado de la dinámica del maremoto. Tomaron en cuenta dos escenarios sísmicos: $M_w = 8.5$ (escenario más probable) y adicionalmente un $M_w = 9.0$ (peor escenario). En la cuarta etapa, realizaron el modelado de la dinámica del maremoto. Para esto el área de Lima Metropolitana fue dividida en 4 zonas: Zona I, Ancón y Ventanilla; Zona II, Callao y Costa Verde; Zona III, Villa (Chorrillos) y Lurín y Zona IV, Lurín y Pucusana. En la quinta etapa, analizaron los resultados obtenidos en el modelado con respecto a las observaciones macrosísmicas y maremotogénicas. Finalmente, en la sexta etapa, desarrollaron la cartografía para Lima Metropolitana y el Callao, en dos escenarios sísmicos. Luego al aplicar el modelo numérico de simulación para cada una de las zonas, se obtuvo algunos resultados para el cálculo de la máxima altura de la ola en la línea de costa y el tiempo de arribo de la primera ola. Según los testimonios históricos, la máxima altura de la ola en el maremoto de

1746 fue de 24 m en la zona de los acantilados de la Costa Verde, según el presente trabajo dicha altura es de 25 m en la misma zona. Esto valida, en cierta forma, la aplicación del modelo. Con respecto al tiempo de arribo del maremoto, los registros dicen que llegó casi a la media hora al Callao, el modelo da un tiempo de 22 min, cercano al valor histórico estimado.

En la figura 1, se presenta el Mapa de Inundación por Tsunami actualizado de la Punta - Callao, se desarrolló tomando en cuenta el Límite Máximo de Inundación de Carta de Inundación por Tsunami - 2014 (Hidronav), Imagen Batimétrico y una Imagen Satelital Geoeye-1 - 2018. En base a esta imagen satelital se actualizo la línea de costa, las rutas de evacuación, las zonas de refugio y se añadió la capa de distancias máximas del límite en metros. Asimismo, se corrigió los nombres de avenidas, jirones, calles y toponimia; y por último se mejoró la estética del diseño cartográfico.

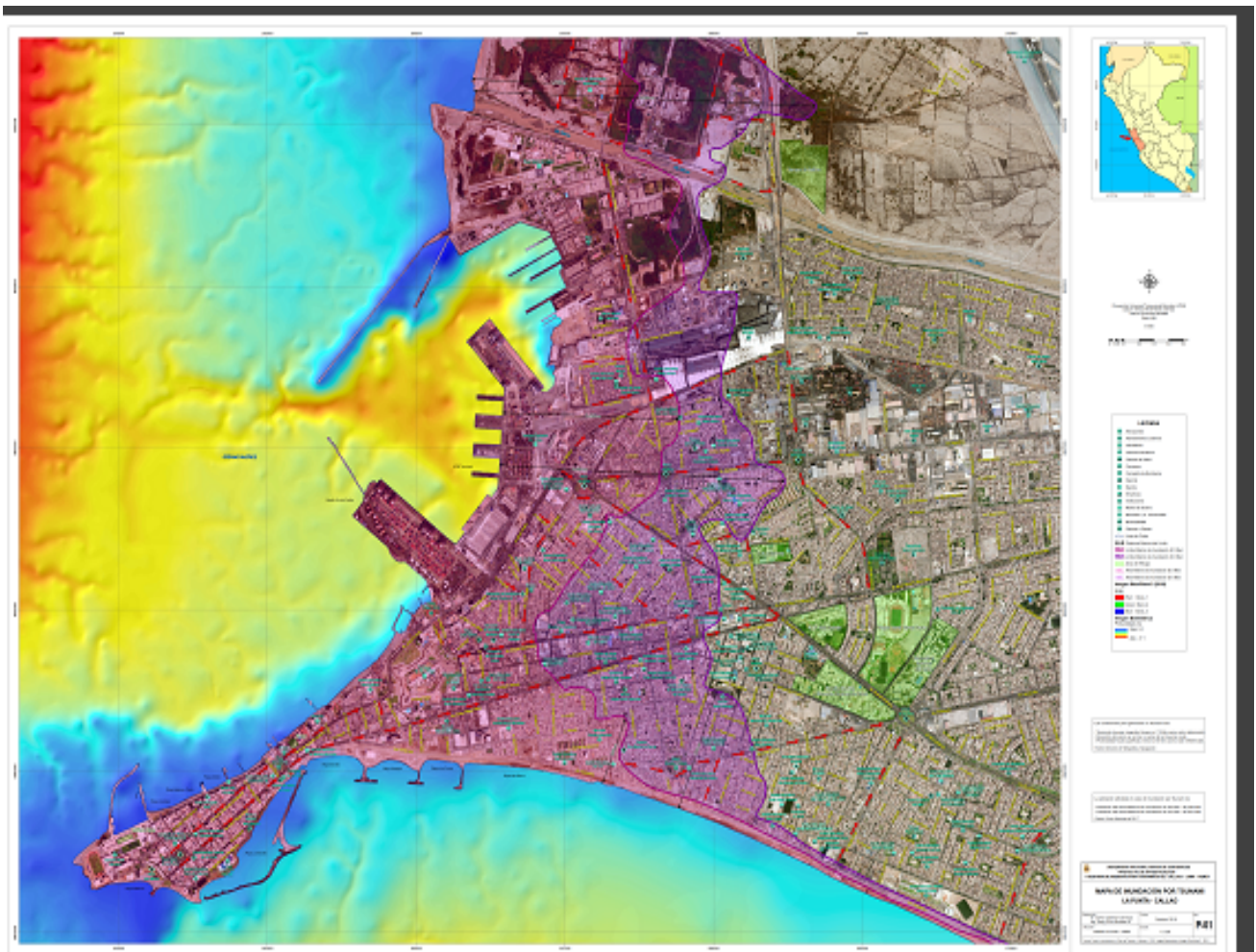


Figura 1. Mapa de inundación del Callao. Elaboración propia. 2109

En base a los factores condicionantes Pendiente y Altura sobre el nivel del mar y Unidades Geomorfológicas y factores desencadenantes (magnitud y frecuencia del sismo) se determina los niveles de riesgos, Tabla 1.

Tabla 1. Niveles de peligro

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.271	$\leq P \leq$	0.483
ALTO	0.141	$\leq P <$	0.271
MEDIO	0.070	$\leq P <$	0.141
BAJO	0.035	$\leq P <$	0.070

Elaboración propia, 2019.

En la siguiente tabla 2 se muestra la matriz de peligros. El área de estudio cuenta con dos niveles de peligro predominantes: Muy Alto y Alto. El nivel Muy Alto se determinó para el área de Inundación con doble probabilidad de ocurrencia según los escenarios de sismo tsunamigénico Mw 8.5 y Mw 9.0 y; el nivel Alto, para el área de inundación con una sola posibilidad de inundación, sismo Mw 9.0.

Tabla 2. Matriz de peligros

NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN
Peligro Muy Alto	Área de inundación ante dos escenarios por sismo tsunamigénico de Mw 8.5 y Mw 9.0. Zonas en línea costera. Llanura costera y < 10 msnm
Peligro Alto	Área de inundación ante un escenario por sismo Tsunamigénico de Mw 8.5. Zonas cercanas a la línea costera. Llanura costera entre 10 y 15 msnm.
Peligro Medio	Áreas colindantes a la zona de inundación por tsunami. Zonas relativamente alejadas de la Línea de costera. Llanura costera entre 15 y 25 msnm.
Peligro Bajo	Áreas fuera de la zona de inundación. Zonas alejadas de la línea de costa. Llanura costera y

fondo de valle > 25 msnm

Elaboración propia. 2019.

Los elementos expuestos del sector sur del distrito del Callao comprenden a elementos expuestos susceptibles (Población, viviendas, institución educativa, centro de salud, servicios públicos básicos, entre otros) que se encuentren en la zona potencial del impacto del tsunami, y que podrían sufrir los efectos ante la ocurrencia o manifestación del peligro.

Se cuenta con 66,694 habitantes, está considerado como elementos expuestos susceptibles ante el impacto del peligro, se cuenta con 19,016 viviendas, la mayoría de las viviendas son casa independiente, y en menor porcentaje son viviendas improvisadas, y la población promedio cuenta con los servicios de agua potable y energía eléctrica. Se identificaron 104 Instituciones Educativas del tipo de gestión pública (MINEDU), registrando al año 2016.

Para analizar la vulnerabilidad de los elementos expuestos al respecto a la parte sur de la Provincia Constitucional del Callao se ha trabajado de manera semicuantitativa. Para determinar los niveles de vulnerabilidad en el Sector Sur del Distrito del Callao, se ha considerado realizar el análisis de los factores de la vulnerabilidad en la dimensión social y económica, utilizando los parámetros para ambos casos, según detalle.

En el análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos respecto al área de estudio, se tomó en cuenta. En la dimensión social: Fragilidad (Grupo etéreo, discapacidad) y Resiliencia (Nivel educativo, tipo de seguro, beneficiarios de programas sociales). En la dimensión económica: Fragilidad (Cercanía a la línea costera, material de paredes) y Resiliencia (Régimen de tenencia). **N ECONÓMICA** En la tabla 3, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 3. Niveles de Vulnerabilidad

NIVEL		RANGO		
MUY ALTO		0.266	$\leq V \leq$	0.476
ALTO		0.146	$\leq V <$	0.266

MEDIO		0.075	$\leq V <$	0.146
BAJO		0.037	$\leq V <$	0.075

Fuente. CENEPRED

El nivel de Estratificación de la Vulnerabilidad está dado en la siguiente tabla 4)

Tabla 4. Estratificación de la Vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGOS
Vulnerabilidad Muy Alta	Grupo Etario predominantemente de 0 a 5 años y mayores de 65 años; con discapacidad para usar brazos y piernas; sin ningún nivel y/o inicial; no cuenta ningún tipo de seguro; cuenta con el beneficio del programa social de papilla o yapita y/o Cuna más. Tiene distancia muy cercana a la línea de costa; material predominante de las paredes es estera; posee régimen de tenencia alquilada.	$0.266 \leq V \leq 0.476$
Vulnerabilidad Alta	Grupo Etario predominantemente de 6 a 11 años y de 60 a 64 años; con discapacidad visual; con nivel educativo de primaria; cuenta con seguro de SIS; cuenta con el beneficio social del programa Juntos y/o Pensión 65 y/o otros. Tiene distancia cercana a la línea de costa, material	$0.146 \leq V < 0.266$

	predominante de las paredes es de madera; posee régimen de tenencia a cedida por el centro de trabajo y/u otro hogar o institución	
Vulnerabilidad Media	Grupo Etario predominantemente de 12 a 17 años y de 45 a 59 años, con discapacidad mental o intelectual; con nivel educativo secundaria; cuenta con seguro Essalud; cuenta con el beneficio del programa social de Vaso de Leche y/o Comedor Popular y/o Desayuno o almuerzo y/o Canasta Alimentaria. Tiene distancia poco lejos a la línea de costa, material predominante de la paredes quincha (caña de barro) / Adobe o tapia y/o piedra con barro; posee régimen de tenencia propia pagando a plazos.	$0.075 \leq V < 0.146$
Vulnerabilidad Baja	Grupo Etario predominantemente de 30 a 44 y de 18 a 29 años; con otras discapacidades o no tienen discapacidad; con nivel educativo superior no universitario y/o superior universitario, posgrado o similar; cuenta con seguro de las Fuerzas Armadas (FFAA) - Policía Nacional Peruana (PNP) o con seguro privado; cuentan con el beneficio Techo propio o Mi vivienda o no cuentan con beneficio de programa social. Tiene distancia lejos o muy lejos	$0.037 \leq V < 0.075$

	a la línea de costa, material predominante de las paredes es de Ladrillo o bloque de cemento y/o Piedra o sillar con cal o cemento; posee régimen de tenencia Propia, por invasión y/o Propia, totalmente pagada y otros.	
--	---	--

Elaboración propia. 2019

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona de influencia, se junta el nivel de peligro y el nivel de vulnerabilidad obteniéndose el Riesgo (Tabla 5)

Tabla 5. Estratificación del riesgo

Nivel de Riesgos	Descripción
Riesgo Muy Alto	Área de inundación ante dos escenarios por sismo tsunamigénico de Mw 8.5 y Mw 9.0. Zonas en línea costera. Llanura costera y < 10 msnm. Grupo Etario predominantemente de 0 a 5 años y mayores de 65 años; con discapacidad para usar brazos y piernas; con nivel educativo; no cuenta ningún tipo de seguro; cuenta con el beneficio del programa social de papilla o yapita y/o Cuna más. Tiene distancia muy cercana a la línea de costa; material predominante de las paredes es estera; posee régimen de tenencia alquilada.
Riesgo Alto	Área de inundación ante un escenario por sismo tsunamigénico de Mw 8.5. Zonas cercanas a la línea costera. Llanura costera entre 10 y 15 msnm. Grupo Etario predominantemente de 6 a 11 años y de 60 a 64 años; con discapacidad visual; con nivel educativo de primaria; cuenta con seguro de SIS; cuenta con el beneficio

	<p>social del programa Juntos y/o Pensión 65 y/o otros.</p> <p>Tiene distancia cercana a la línea de costa, material predominante de las paredes es de madera; posee régimen de tenencia a cedida por el centro de trabajo y/u otro hogar o institución</p>
Riesgo Medio	<p>Áreas colindantes a la zona de inundación por tsunami. Zonas relativamente alejadas de la línea costera. Llanura costera entre 15 y 25 msnm.</p> <p>Grupo Etario predominantemente de 12 a 17 años y de 45 a 59 años, con discapacidad mental o intelectual; con nivel educativo secundaria; cuenta con seguro Essalud; cuenta con el beneficio del programa social de Vaso de Leche y/o Comedor Popular y/o Desayuno o almuerzo y/o Canasta Alimentaria.</p> <p>Tiene distancia poco lejos a la línea de costa, material predominante de las paredes quincha (caña de barro) / Adobe o tapia y/o piedra con barro; posee régimen de tenencia propia pagando a plazos</p>
Riesgo Bajo	<p>Áreas fuera de la zona de inundación. Zonas alejadas de la línea de costa. Llanura costera y fondo de valle > 25 msnm.</p> <p>Grupo Etario predominantemente de 30 a 44 y de 18 a 29 años; con otras discapacidades o no tienen discapacidad; con nivel educativo superior no universitario o superior universitario; cuenta con seguro de las Fuerzas Armadas (FFAA) - Policía Nacional Peruana (PNP) o con seguro privado; cuentan con el beneficio Techo propio o Mi vivienda o no cuentan con beneficio de programa social.</p> <p>Tiene distancia lejos o muy lejos a la línea de costa, material predominante de las paredes es de Ladrillo o bloque</p>

	de cemento y/o Piedra o sillar con cal o cemento; posee régimen de tenencia Propia, por invasión y/o Propia, totalmente pagada y otros
--	--

Elaboración propia, 2019

En este contexto, el estudio de investigación realizado concuerda con estudios realizados por el CISMID quienes han realizado investigaciones concernientes a la evaluación del riesgo sísmico, donde analizan estructuras de las construcciones, los materiales, el comportamiento dinámico de las mismas a través de simulaciones y ensayos de laboratorio (CISMID & UNI, 2013). Después de relacionar los resultados del CISMID, de niveles de riesgo alto y muy alto por sismo para Lima Metropolitana y el Callao con la base gráfica referencial a nivel de manzanas del INEI, se obtuvieron que de los 17 distritos: 828,012 personas se encuentran residiendo en zonas de riesgo sísmico muy alto y 942,109 personas en área con riesgo alto, totalizando 1,770,121 habitantes. Tavera, (2014), en estudios realizados sugiere la existencia de dos zonas de máximo acoplamiento sísmico entre placas que darían origen, frente a la zona costera de la región central del Perú, a un sismo con magnitud del orden de 8,8Mw. De presentarse este sismo, la obtención de registros teóricos de aceleración sugiere que Lima Metropolitana y El Callao soportarían niveles de sacudimiento del suelo mayores a 500 cm/s². Las simulaciones numéricas realizadas para proponer escenarios de tsunamis producidos por sismos de magnitudes 8,5 y 9,0 Mw en las zonas costeras de Lima Metropolitana y El Callao, muestran que los distritos y/o zonas de alta vulnerabilidad son Ventanilla, El Callao, La Punta, Chorrillos y Lurín. En ambos escenarios, la zona portuaria del Callao y el distrito de La Punta serían afectados en mayor magnitud."

En el marco del proyecto Mejoramiento de la tecnología de mitigación de desastres por terremotos y tsunamis en Perú (JST-JICA SATREPS), este estudio determina el mapeo de inundaciones de tsunamis para la zona costera de la ciudad de Lima, basado en modelos numéricos y dos escenarios sísmicos de tsunamis diferentes. Además, los datos de detección remota y el análisis del sistema de información geográfica (SIG) se incorporan para mejorar la precisión de los resultados de modelado numérico. Además, el impacto del tsunami se evalúa mediante la

aplicación de un índice de víctimas de tsunami (TCI) utilizando resultados de modelos de tsunami. Los resultados numéricos, en términos de profundidad máxima del tsunami, muestran una altura máxima de inundación de 6 mw 15.8 m para un escenario potencial (primer modelo fuente) y para un escenario pasado (segundo modelo fuente), respectivamente. En términos de área de inundación, la extensión máxima es de 1.3 km con una altura de carrera de 5.3 m para el primer escenario. La extensión máxima es de 2.1 km con una altura de carrera de 11.4 m para el segundo escenario. El valor promedio de TCI obtenido para el primer escenario es 0.36 para todo el dominio de inundación. El segundo escenario da un valor medio de 0.64, donde TCI igual a 1.00 representa la condición más alta de riesgo. Los resultados presentados en este documento proporcionan información importante sobre la comprensión de las características de la inundación del tsunami y, en consecuencia, pueden ser útiles para diseñar un plan de evacuación del tsunami adecuado para la ciudad de Lima. Adriano, (2013)

Cuisano, V., & Martínez, C. (2016) concuerda en el sentido que la costa central del Perú es el área que presenta los mayores registros históricos e instrumentales de terremotos y tsunamis en el país. Por lo tanto, la conurbación de Callao y Lima ha estado expuesta históricamente al peligro de una inundación de tsunami. El 28 de octubre de 1746 (hace 270 años), se registró un tsunami gigante en esta área, que fue generado por un terremoto de magnitud entre 8,5 y 9,0 Mw, y el Callao fue el más afectado por este evento. Esta investigación analiza los aspectos físicos y sociales - dimensiones económicas de la vulnerabilidad al tsunami en el sector sur de Callao. La vulnerabilidad física se obtuvo mediante la aplicación de la Evaluación de Vulnerabilidad de Tsunami de Papathoma - PTVA, y la vulnerabilidad socioeconómica se midió a través de datos registrados por el Censo de 2007. El producto de este análisis se sistematizó en el mapa de Zonificación de la vulnerabilidad al tsunami en el sector sur de la Región del Callao (Perú). Además, se identificaron las áreas más críticas y los niveles de vulnerabilidad. Finalmente, los resultados establecieron que el 63% del área total tiene una alta vulnerabilidad, principalmente debido a las variables utilizadas como materialidad e intrusión de

agua en los edificios, por la dimensión física; y hacinamiento de la población y bajos ingresos, por la dimensión socioeconómica

COOPI, PNUD-Perú (2011), explica y concuerda en el sentido que la efectividad en la respuesta ante situaciones de desastre o emergencia es una responsabilidad compartida y un proceso que integra las acciones de las entidades públicas, la participación del sector privado y la comunidad, y por ello, el presente plan se concibe como un instrumento de planificación en el marco de las operaciones y los procedimientos de emergencia, a partir del cual se desprenden y articulan otros planes y protocolos que definen ámbitos puntuales de las funciones, los riesgos o el territorio.

CONCLUSIONES

- En base a la actualización de las imágenes de satélite se actualizó la línea de costa, las rutas de evacuación, las zonas de refugio y se ha añadido la capa de distancias máximas del límite en metros.
- Los resultados establecen que el 63% del área total tiene una alta vulnerabilidad, principalmente debido a las variables utilizadas como materialidad e intrusión de agua en los edificios, por la dimensión física; y hacinamiento de la población y bajos ingresos, por la dimensión socioeconómica.
- El estudio de investigación concuerda con estudios realizados por otras instituciones como el CISMID Y EL INEI, concluyendo que los niveles de riesgo son alto y muy alto por sismo para Lima Metropolitana y el Callao siendo la zona portuaria del Callao y el distrito de La Punta los afectados en mayor magnitud.

RECOMENDACIONES

Es de vital importancia fortalecer la incorporación de la gestión del riesgo a escala local, mediante criterios estandarizados que permitan orientar el uso del territorio considerando el riesgo de tsunami y, a su vez, una adecuada

Incorporar criterios para establecer el potencial de evacuación frente a tsunamis en los planes comunales de emergencia, lo cual ayudaría a reducir el riesgo de desastre al considerar elementos importantes, tales como las características físicas del terreno, la velocidad de evacuación de las personas según su edad, la configuración de las calles, entre otras.

Fortalecer las capacidades de la población en materia de Preparación y Respuesta ante tsunami contemplando aspectos relacionados con el sistema de alerta temprana, rutas de evacuación y zonas seguras ante tsunami.

BIBLIOGRAFÍA

Adriano, B., Mas, E., Koshimura, S., Estrada, M., & Jimenez, C. (2014). Scenarios of Earthquake and Tsunami Damage Probability in Callao Region, Peru Using Tsunami Fragility Functions, *9*(6), 968–975.

Adriano, B., Mas, E., Koshimura, S., Fujii, Y., Yauri, S., Jimenez, C., & Yanagisawa, H. (2013). Tsunami Inundation Mapping in Lima, for Two Tsunami Source Scenarios. *Journal of Disaster Research*, *8*(2), 274–282.

<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/3004>

Carpio, J., & Tavera, H. (2002). Estructura de un Catalogo de Tsunamis para el Peru. Basado en el Catalogo de Gusiakov (2002). *Boletin de La Sociedad Geologica Del Peru*, *94*, 45–59.

COOPI, PNUD-Perú, Unión Europea, Gobierno Regional del Callao, & Municipalidad del Callao. (2011). *Plan de operaciones de emergencia ante sismos y/o tsunamis: Distrito del Callao*. Callao, Perú.

[https://www.undp.org/content/dam/peru/docs/Prevenci%
c3%b3n%20y%20recuperaci%
c3%b3n%20de%20crisis/Nuevas%20publicaciones/03_PLAN%20DE%20OPERACIONES%20DE%20EMERGENCIA%20DE%20LIMA%20Y%20CALLAO.pdf](https://www.undp.org/content/dam/peru/docs/Prevenci%c3%b3n%20y%20recuperaci%c3%b3n%20de%20crisis/Nuevas%20publicaciones/03_PLAN%20DE%20OPERACIONES%20DE%20EMERGENCIA%20DE%20LIMA%20Y%20CALLAO.pdf)

COOPI, PNUD, IRD, Defensa Civil, & Unión Europea. (2010). *Proyecto SIRAD: Investigación sobre el peligro de tsunami en el área Metropolitana de Lima y Callao..*

Cuisano, V., & Martinez, C. (2016). Physical and Social Vulnerability By the Giant Tsunami of 1746 in the Southern Sector of Callao, Peru. *World Engineering Conference on Disaster Risk Reduction*, 1–12.

[https://www.academia.edu/30355635/PHYSICAL AND SOCIAL VULNERABILITY BY THE GIANT TSUNAMI OF 1746 IN THE SOUTHERN SECTOR OF CALLAO PERU](https://www.academia.edu/30355635/PHYSICAL_AND_SOCIAL_VULNERABILITY_BY_THE_GIANT_TSUNAMI_OF_1746_IN_THE_SOUTHERN_SECTOR_OF_CALLAO_PERU)

DHN, & PNUD. (2014). Mapa: Carta de inundación en caso de tsunami: La Punta, Callao. Callao, Perú: Dirección de Hidrografía y Navegación del Perú.

GORE Callao. (2009). “Estudio de la microzonificación ecológica económica - MZEE de la provincia constitucional del callao.” Callao, Perú.

Jiménez, C., Moggiano, N., Mas, E., Adriano, B., Koshimura, S., Fujii, Y., & Yanagisawa, H. (2013). Seismic source of 1746 Callao earthquake from tsunami numerical modeling. *Journal of DisasterResearch*, 8, 266–273.

Lockridge, P. A. (1985). *World data center A for solid earth geophysics tsunamis in Peru-Chile*. Boulder, Colorado: World Data Center A for Solid Earth Geophysics.

Mas, E., Adriano, B., & Koshimura, S. (2013). An integrated simulation of tsunami hazard and human evacuation in La Punta, Peru. *Journal of Disaster Research*, 8(2), 285–295.

Mas, E., Adriano, B., Kuroiwa, J., & Koshimura, S. (2015). Reconstruction Process and Social Issues After the 1746 Earthquake and Tsunami in Peru: Past and Present Challenges After Tsunami Events. In *Post-Tsunami Harzard, Advances in Natural and Technological Hazards Research* (pp. 97–109). Suiza: Springer.

Mas, E., Adriano, B., Pulido, N., Jimenez, C., & Koshimura, S. (2014). Simulation of Tsunami nundation in Central Peru from Future Megathrust Earthquake Scenarios. *Journal of Disaster Research*, 9(6), 961–967.

Soloviev, S. L., & Go, C. N. (1975). *A catalogue of tsunamis on the eastern shore of the Pacific Ocean (1513-1968)*. (Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences, Ed.). Moscow, USSR: Nauka Publishing House.

Tavera, H. (2014). *Escenario de sismo y tsunami en el borde occidental de la región central del Perú*. Lima.

<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/779>