

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE POBLACIÓN E
INFRAESTRUCTURA ANTE UN ESCENARIO DE TSUNAMI EN
LA CIUDAD DE MANTA-ECUADOR**

AUTOR:

Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Gutiérrez Garcés, Leonardo Antonio

Guayaquil, Ecuador

2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____
Gutiérrez Garcés, Leonardo Antonio

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 14 de septiembre año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de vulnerabilidad de población e infraestructura ante un escenario de Tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 de septiembre de 2018

EL AUTOR

f. _____
Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de vulnerabilidad de población e infraestructura ante un escenario de Tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 de septiembre de 2018

EL AUTOR:

f. _____
Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO GABRIELA ORMAZABAL.docx (D41144232)
Submitted: 9/5/2018 4:35:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 2 %

Sources included in the report:

TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL TeresaVera.docx (D21926597)
1273-Adriano Ortega, Bruno.pdf (D29822372)
TESIS_PILLAJO_SAENZ_2018 (1).docx (D40598438)
1470981414_968_Projectofinal.pdf (D21380515)
TT Macias Mejia Kimberly-Paredes Alvarado Michelle.docx (D30235946)
<http://www.igepn.edu.ec/resumen-del-proyecto-tsunamis>
<http://www.ipgh.gob.ec/documentos/recursos/Riesgos%20Tsunami%20Costa%20ecuatoriana.pdf>

Instances where selected sources appear:

9



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
LEONARDO ANTONIO, GUTIÉRREZ GARCÉS
TUTOR

f. _____
LILIA VALAREZO MORENO DE PAREJA
DECANO DE CARRERA

f. _____
JAIME HERNÁNDEZ BARREDO
DOCENTE DEL ÁREA

f. _____
CARLOS CHON DÍAZ
OPONENTE

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las siguientes personas que han formado parte de mi carrera estudiantil:

Mi madre, María de Lourdes Salviatierra Bravo que creyó en mi en todo momento para realizar este proyecto.

Mi padre, José Arturo Ormazábal Valderrama que fue un ejemplo de perseverancia de cómo alcanzó sus metas y eso fue lo que me motivó a seguir adelante.

Mi mejor amigo, hermano y compañero de vida Bryan Francisco Calderón Coronel que sin su optimismo de salir adelante y ser mejor cada día creo que nunca hubiera dado lo mejor de mí para lograr esta meta.

Dedico a estas tres personas más importantes en mi vida el último trabajo para concluir una etapa más de la que había esperado tanto tiempo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por hacer posible que este proyecto de vida se cumpla, por nunca dejarme sola y siempre estar presente en cada paso que doy, también del mismo modo agradezco a mis padres que me ayudaron en todo aspecto para poder asegurar mi futuro con mi educación, gracias a mis abuelos por confiar en mi desde pequeña porque siempre me ven como una hija la cual están orgullosos. Asimismo, a mi mejor amigo por ser mi apoyo incondicional desde que empecé la vida universitaria. Le doy gracias a todos mis profesores, mis amigos y aquellas personas que me encontré a lo largo del camino, gracias por llenar mi vida de nuevas experiencias así sean buenas y malas, ustedes fueron los que hicieron que el recorrido día a día haya valido la pena porque de cada uno aprendí y tomé lo mejor.

Gracias a todos, los llevaré siempre en mi corazón.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivo Específico.....	4
1.3 Justificación del Tema	5
1.4 Alcance.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Descripción del área	6
2.2 Condiciones Oceanográficas	8
2.3 Demografía	8
2.3.1 Población Permanente	9
2.3.2 Población turística	9
2.4 Edificaciones	10
2.5 Métodos de aplicación	11
2.5.1 Métodos para estimación de impacto sobre la población y edificios.....	11
2.5.2 Métodos de Evaluación de Fragilidad y Vulnerabilidad Estructural.....	12

2.5.3	Métodos PTVA Y BTV	12
2.5.4	Funciones de fragilidad	13
CAPÍTULO 3.....		17
3	MARCO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS	17
3.1	Selección y descripción del tsunami para un impacto extremo.....	17
3.2	Determinación de la vulnerabilidad basado en índices.....	21
3.3	Resultados basado en índices de vulnerabilidad	23
3.4	Evaluación de la vulnerabilidad de la población por Funciones de Fragilidad.....	25
3.5	Cálculo de la vulnerabilidad de los edificios utilizando funciones de fragilidad.....	27
3.6	Vulnerabilidad basada en índice de edificios.....	28
3.7	Consideraciones especiales en el análisis de la vulnerabilidad de los edificios por fragilidad y funciones de índice de vulnerabilidad	30
3.8	Limitaciones del enfoque analítico evaluación de la vulnerabilidad	30
CAPÍTULO 4.....		31
3.9	Conclusión.....	31
3.10	Recomendaciones.....	31
REFERENCIAS		32

Ilustraciones

<i>Figura 1. Mapa de la República del Ecuador (Instituto Geográfico Militar)</i>	7
<i>Figura 2. Cartografía , Ciudad de Manta (IGM)</i>	7
<i>Figura 3. Curvas de daños a cargo de las Funciones de Fragilidad DS_i (i=1,2,3,4,5).</i>	14
<i>Figura 4. Función de Fragilidad por Banda Aceh (Indonesia)</i>	15
<i>Figura 5. Polígono referencial de datos batimétricos en las costas de Manta (entre 18-20 km mar adentro)</i>	18
<i>Figura 6. Área sísmica que muestra ubicación de placas, plano de falla, terremotos y fuente sísmica modelada.</i>	20
<i>Figura 7. Pronóstico de zona de inundación en Manta</i>	24
<i>Figura 8. Vulnerabilidad de edificaciones en la zona de Tarqui</i>	29

Tablas

<i>Tabla 1. Viajes a la provincia de Manabí y Santa Elena (2017)</i>	10
<i>Tabla 2. Funciones de fragilidad con parámetros, se muestra la media(μ) y la varianza(σ) de las curvas</i>	15
<i>Tabla 3. Factores de Vulnerabilidad para edificaciones</i>	23
<i>Tabla 4. Resultados de edificaciones vulnerables a la inundación</i>	29

RESUMEN

Ecuador es un país con frecuentes eventos sísmicos y tsunami-génicos, porque se ubica en una zona de subducción entre las placas de Nazca y Sud-América. El objetivo principal del trabajo es evaluar la vulnerabilidad de la población e infraestructura frente a un evento de tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador. Para evaluar las infraestructuras se utilizaron las funciones de fragilidad e índice de vulnerabilidad y para la población se estudió únicamente con las funciones de fragilidad. Manta cuenta con una población de 226,477 habitantes permanentes y una variabilidad de turistas alta donde se eligieron los 9 días de feriados nacionales durante el año que permitió evaluar el escenario más peligroso para la población. Se propuso un hipocentro: 40 km al noroeste de Manta, profundidad oceánica: 3 km y magnitud de momento: 8 para realizar la simulación, del análisis se obtuvo inundaciones del 8.61% del total de la ciudad. Los análisis realizados por las funciones de fragilidad demostraron que 190.654 personas estarían perjudicadas en enero, evidentemente resultaran más indefensos los menores de edad, ancianos, grupos discapacitados y turistas, para el caso de las estructuras se calculó un valor de 20.625 afectadas por el tsunami, esto representó el 36.45% en las estructuras que estaban comprometidas en las zonas de inundación con un rango de 3.077- 3.375 m de máxima profundidad de inundación. El resultado de este trabajo ayudará a la identificación de áreas peligrosa y seguras, edificios de refugio, rutas y tiempos de evacuación en esta ciudad con concentración poblacional y turística.

Palabras Claves: *Tsunami, Manta, Funciones de fragilidad, población, riesgo.*

ABSTRACT

Ecuador is a country with frequent seismic and tsunami-gene events, because it is located in a subduction zone between the plates of Nazca and South America. The main objective of the work is to assess the vulnerability of the population and infrastructure in the face of a tsunami event in the city of Manta-Ecuador. In order to evaluate the infrastructures, the fragility and vulnerability index functions were used and for the population it was studied only with the fragility functions. Manta has a population of 226,477 permanent inhabitants and a high tourist variability where the 9 national holidays were chosen during the year that allowed to evaluate the most dangerous scenario for the population. A hypocenter was proposed: 40 km northwest of Manta, oceanic depth: 3 km and magnitude at the time: 8 to perform the simulation, the analysis obtained floods of 8.61% of the total city. The analysis carried out by the fragility functions showed that 190,654 people would be harmed in January, obviously minors, old people, disabled groups and tourists would be more defenseless, for the case of the structures a value of 20,625 affected by the tsunami was calculated, this represented 36.45% in the structures that were involved in the flood zones with a range of 3,077- 3,375 m maximum flood depth. The result of this work will help to identify dangerous and safe areas, refuge buildings, routes and evacuation times in this city with population and tourist concentration.

Key words: Tsunami, Manta, Fragility Functions, population, risk.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

Los tsunamis son considerados eventos naturales que provocan desastres a medida que van avanzando, dañando edificaciones y provocando la pérdida de vidas humanas de acuerdo con la intensidad del suceso. Algunos se originan por caída de meteoritos, erupción volcánica, y en nuestro caso a estudiar por movimientos telúricos debido al desplazamiento de placas submarinas (IOC, 2016). Este tipo de tsunamis son producidos por sismos con profundidad de hasta 60 km y con magnitudes de 7.5 pero esto puede depender del tiempo o la energía liberada.(INOCAR, 2018) . Asimismo, el otro parámetro es el momento sísmico que se mide en un rango mayor a 10^{22} N-m, todas estas mediciones son realizadas por INOCAR (Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada) y USGS (United States Geological Survey). Durante la historia de los tsunamis encontramos que la mayoría han ocurrido en el Océano Pacífico, esta zona presenta límites convergentes y zonas de subducción que provocan la principal actividad volcánica y sísmica en el planeta.(IGEPN, 2018) . Existen dos eventos que marcan la historia en el mundo a causa de tsunamis: el caso del Océano Índico de 2004 y Tohoku de 2011(Vanderveken, Guha-Sapir, Below, Hoyois, & McClean, 2016). El tsunami más grande registrado fue el Océano Índico con un terremoto de magnitud 9.3 que golpeó a 12 países de los más afectados fueron Indonesia, Sri Lanka, India y Tailandia dejando muertes de 228.000 personas (IOC, 2016). Por otra parte el tsunami de Tohoku fue el más grave con un terremoto de magnitud 8.9 que arrasó 400 km dentro de la costa de Japón, destruyendo una central nuclear y matando a 20.000 personas aproximadamente (Vanderveken et al., 2016).

En varios lugares del mundo existen estas amenazas de tsunamis de los cuales muchos investigadores han propuesto la evaluación del riesgo para estos eventos y del cual se basan en algunos sistemas ya conocidos.

El tsunami del Océano Índico fue analizado en dos países Indonesia y Tailandia, fue razón suficiente para estudiar a detalle las funciones de fragilidad. Las funciones de fragilidad permiten demostrar como la profundidad de inundación y la velocidad de corriente pueden producir daños. (Lagos, Cisternas, & Mardones, 2008). Elaboraron la detección de imágenes con alta resolución para recopilar los datos de edificios dañados (Koshimura, Oie, Yanagisawa, & Imamura, 2009). Se desarrollaron funciones de fragilidad para edificios dañados en Tailandia que tenían distintos tipos de materiales de construcción (Anawat Suppasri et al., 2016). Adicionalmente tenemos la aplicación y validación del modelo PTVA-3 en las Islas Eolias de Italia que busca la evaluación de la vulnerabilidad de los edificios a causa de los tsunamis. La evaluación se desarrolló con la última versión de Ppathoma Tsunami Model (es decir, Modelo PTVA3), de (Dall'Osso, Gonella, Gabbianelli, Withycombe, & Dominey-Howes, 2009), este modelo calcula la vulnerabilidad relativa (RVI) para cada estructura inundada (Dall'Osso et al., 2010) . Aplicando este método se tuvo que recopilar diferentes atributos como material de construcción, número de pisos, hidrodinámica del subsuelo, tipo de cimientos (condición), preservación, número de niveles subterráneos, etc. (Dall'Osso et al., 2010). Por otra parte, tenemos que la mayoría de los estudios se han centrado en el riesgo que sufre la población, por esta razón se enfocan en las partes costeras y zonas bajas que son propensas a inundaciones y daños inmediatos. Muchos investigadores propusieron el análisis de la población con los tiempos de viaje peatonal (Wood & Schmidlein, 2013) para estimar la población expuesta en zonas de riesgo (A. Suppasri, Imamura, & Koshimura, 2012) , b) y correlacionar el riesgo de la población con la capacidad de evacuación (Taubenböck et al., 2013) .

Por ejemplo, (Anawat Suppasri et al., 2016) con la recopilación de datos de población y mortalidad se pudo revisar la variación espacial para el tsunami Great East Japan (GEJ) 2011, que con profundidades de inundación y estimaciones de daños en edificios desarrollaron fórmulas empíricas (Vera San Martín, Rodríguez Rosado, Arreaga Vargas, & Gutierrez, 2018).

También (Latcharote, Leelawat, Suppasri, & Imamura, 2017) basó sus estudios en tiempos de llegada de la ola y expectativa de evacuación, de acuerdo a la edad, sexo y topografía del lugar para estimar las tasas de mortalidad del tsunami GEJ 2011 (Vera San Martín et al., 2018).

El Ecuador está situado a 50km de una fosa oceánica donde convergen las placas de Nazca y Sud-América, su extensión es de 9000 km paralelo a la orilla del pacífico recorriendo las costas de Colombia, Ecuador, Perú y Chile (Contreras, 2014). Entre la zona de Colombia y Ecuador existe una tasa de convergencia de aproximadamente 5-8 cm / año (Kanamori & McNally, 1982; Scholz & Campos, 2012) provocando terremotos que constituyen mecanismos de activación, tamaño y recurrencia de estos eventos (Harbitz, Løvholt, & Bungum, 2014). Históricamente Ecuador ha registrado seis eventos tsunami-génicos en los años 1906,1933,1953,1958,1979,1998 en su mayoría frente a las costas de Manabí y Esmeraldas que varían entre 6.8 y 8.8 de magnitud en la escala de Richter (DeHOWITT, ACOSTA, & SQUEZ, 2008). Los estudios determinan que las mayores intensidades esperadas son en las provincias de Esmeraldas y el Norte de Manabí con intensidades de hasta IX grados.(M. Energía y Minas, OEA, IG-EPN, 1992) (DeHOWITT et al., 2008) . Además en el terremoto de Pedernales del 2016 con magnitud de 8-8.1 se evidenció que en la zona de Tarqui de la ciudad de Manta hay un potencial depósito de tsunamis.(Chunga et al., 2017)

Manta es una ciudad costera ubicada en la provincia de Manabí que cuenta con una poblacional alta, recibe gran cantidad de turistas tanto nacional como internacional y goza de un puerto marítimo que la ubica como una de las ciudades más visitadas del Ecuador(GAD, 2014). Sin embargo, aunque el área es de alto riesgo para un evento de tsunami, no existen estudios que determinen el impacto de este sobre la población e infraestructura de esta ciudad.

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la vulnerabilidad de población e infraestructura en la ciudad de Manta-Ecuador, es decir estudiar el riesgo de colapso o pérdida por exposición a desastres naturales. Esto conlleva a la simulación de un tsunami de tal forma que provoque el impacto más desfavorable en esta ubicación. El escenario de impacto extremo que se eligió fue de acuerdo con el historial de terremotos y tsunamis realísticos en la zona. Considerando las temporadas altas (es decir, los días de feriado nacional) siendo el caso más crítico se calculó los peligros nacionales en base a los residentes y turistas de la ciudad.

1.1 Antecedentes

Ecuador es susceptible a terremotos y tsunamis ligados a la zona de subducción entre las placas sudamericana y la placa de Nazca. En particular, terremotos asociados a generación de tsunamis han sido detectados en 10 ocasiones en el último siglo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad de la población y edificios ante un evento natural de tsunami en la ciudad de Manta- Ecuador.

1.2.2 Objetivo Específico

- Calcular la vulnerabilidad de edificios y población en la ciudad de Manta-Ecuador ante una ola tsunami-génica en función de un caso extremo de impacto de acuerdo con las condiciones históricas del sitio.

1.3 Justificación del Tema

De acuerdo con los acontecimientos sucedidos en el Ecuador es inevitable fijar la mirada ante un evento de tsunami en las zonas costeras como es el caso de la ciudad de Manta, sabiendo que es uno de los lugares más turísticos del país debemos reconocer que los principales afectados son las personas y las estructuras, es totalmente necesario realizar un estudio de esta ya que no se tiene información precisa acerca de la evaluación de riesgo en la población e infraestructura. Esta información evidentemente nos servirá para planificar rutas de escapes, encontrar lugares seguros, estimar tiempos de evacuación, entre otros y por ende con estos estudios podremos proteger la vida humana y estructuras del sitio.

1.4 Alcance

Obtener las cantidades de personas y estructuras afectadas por un evento de tsunami en la ciudad de Manta.

Conocer cuáles son las áreas de inundaciones, profundidad y alcance del impacto de una ola de tsunami.

Concientizar a futuro un plan de gestión de riesgo con información más precisa de un probable impacto de tsunami.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción del área

El cantón de Manta perteneciente a la provincia de Manabí del país Ecuador está ubicado en el perfil costanero con coordenadas geográficas de 00° 57' 5,744" S de latitud sur y 80° 42' 57,318" W de longitud oeste, figura 1. El área territorial en toda su extensión es de 306 Km² (Instituto Geográfico Militar), la ciudad de Manta es la zona céntrica y la de mayor concentración poblacional. Esta ubicación tiene una altitud media de 6 m.s.n.m. y se sitúa geográficamente en el paralelo 0° 57' de latitud sur y en el meridiano 80° 43' de longitud oeste. Este cantón está limitado por el océano Pacífico en el lado oeste, cantón Montecristi en el sur y Jaramijó con Montecristi al este. (Barcia Ruíz, 2015)

Manta se identifica como una ciudad baja que consta de zonas montañosas que provienen de la cordillera de Chongón-Colonche con elevaciones de hasta 360 m.s.n.m., en las zonas urbanas que corresponde al centro de la ciudad las elevaciones van desde 0 hasta 83 m.s.n.m. cerca de la playa y sus alrededores respectivamente. El río Manta cruza toda la zona urbana del sur hasta el norte con una distancia de 8 km y amplitud de 700 m. Esta ciudad se divide en 2 partes : la parte baja que tiene una altura de 6 hasta 40 m.s.n.m. y parte alta entre 45 y 120 m.s.n.m. .(Barcia Ruíz, 2015)

Adicionalmente, este cantón es considerado un portuario industrial y pesquero ya que posee un puerto marítimo donde se concentra la mayor actividad comercial de la ciudad. Generalmente su rendimiento de movilización varía de 15 a 21 contenedores por hora y 60 ton con productos de pesca por hora, además tenemos por esta vía marítima la llegada de los cruceros que durante el año nos visitan muy a menudo. (Autoridad Portuaria de Manta)



Figura 1. Mapa de la República del Ecuador (Instituto Geográfico Militar)

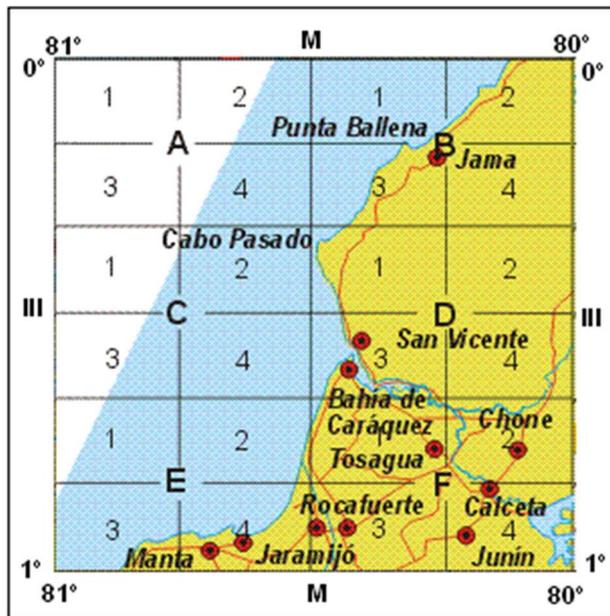


Figura 2. Cartografía, Ciudad de Manta (IGM)

2.2 Condiciones Oceanográficas

Manta está ubicada en una de las zonas costeras de la provincia de Manabí, es caracterizada por tener las franjas más sobresalientes con respecto al norte del Ecuador. En estos márgenes existen movimientos del mar muy significativos verificado por la oceanografía y meteorología del sitio. En efecto existe dinámica e implica que las olas se encuentran en constante oscilación arrastradas por la cantidad de energía que llega directamente desde el océano Pacífico con una dirección noroeste. Asimismo la consecuencia de todas estas acciones dentro de la costa provocan una transportación de sedimentos y recurrentes erosiones tras los procesos de lavado de material.(L. Vera 2009)

El oleaje en las playas de Manta tiene una altura de aproximadamente de 0.60 m y frente al puerto en enero del año 2001, se midieron magnitudes máximas en la capa superficial los estados de flujo y reflujo de 0.93 m/s y 0.77 m/s respectivamente con dirección al noreste en pleamar y bajamar. El promedio de velocidades es 0.43 m/s en flujo y 0.19 m/s en reflujo con dirección noreste.(L. Vera 2009)

2.3 Demografía

Los datos geográficos del Sistema Nacional de Información (SNI) y sus atributos fueron utilizados para el análisis y para el diseño de mapas. Los datos de población y vivienda se obtuvieron de Software REDATAM (Recuperación de DATA para áreas pequeñas por microcomputadora), la información del programa de gestión del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), y el base de datos geográficos de INEC y SNI (INEC 2018; SNI 2017).

El último censo realizado en el Ecuador fue en el año 2010 pero se tienen las proyecciones al año 2017 y es a partir de estos datos que se establecieron dos grandes grupos para la investigación, los cuales son los residentes permanentes y turistas.

2.3.1 Población Permanente

Los habitantes permanentes se definen en dos sectores: el rural y urbano . La zona rural cuenta con 217.553 personas y la zona urbana con 8.924 personas (es decir, 49.19 % hombres y 50.81% mujeres, 59.77 % de la población tiene menos de 30 años). Esto da un total de 226.477 habitantes en la ciudad. Mientras que en el estudio se utilizaron las proyecciones de los sitios oficiales de la ciudad con referencia del año 2017. Evaluando la información se llegó a considerar el crecimiento demográfico para el lugar como el 1.01 % desde el 2010 al 2017, esto tuvo como resultado la cantidad de 256.293 habitantes.

2.3.2 Población turística

La variación de la población en la ciudad de Manta a nivel turístico durante todo el año es notable, las fechas durante los días de feriados nacionales y la temporada de verano son aquellos donde las masas incrementan en forma significativa y es de interés necesario que sirva como parámetro de vulnerabilidad para nuestro estudio.

El turismo nacional no está tan controlado por el ministerio de turismo, ellos tienen datos medidos en provincia más no por cantones y por eso desarrollan proyecciones de acuerdo con las tasas de ocupación, entre otros. El análisis del año 2017 mostró que con destino a la provincia de Manabí tuvimos aproximadamente 1'112.917 visitantes.

La situación turística según el INEC en el caso de entradas y salidas de extranjeros y ecuatorianos se resume a que hay 19.200 personas con arribo a la ciudad de Manta en el año 2016. La cantidad de visitas a este destino sobrepasa el número de turistas a Salinas ya que solo cuenta con un ingreso de 3.255 personas. Esto quiere decir que la zona de Manta es de mayor importancia para la afectación poblacional.

Por otra parte, tenemos el turismo internacional, pero por vía marítima, según la Autoridad Portuaria de Manta registró una cantidad de 22.187 turistas en el año 2017.

El Ministerio de Turismo ecuatoriano catalogó como temporadas altas a los siguientes feriados nacionales del año:

Carnaval (febrero), Viernes Santo (abril), Día del Trabajo (mayo), Día de la Independencia (mayo), Declaración de Independencia (agosto), Día de la Independencia de Guayaquil (octubre), Día de los Muertos (noviembre), Navidad y Año Nuevo (diciembre) (MINTUR, 2018)

En la tabla 1, mostraremos el número aproximado de viajes realizados en las fechas festivas, comparando la provincia de Manabí con la provincia de Santa Elena ya que nos permite visualizar cuán importante es analizar esta zona.

Tabla 1. Viajes a la provincia de Manabí y Santa Elena (2017)

Festividades	Dias de Feriado incluyendo Fin de Semana	Total de viajes (Ecuador)	Total de viajes Santa Elena		Manabí	
			Número	Porcentaje %	Número	Porcentaje %
Carnaval	Sabado 25 Feb - Martes 28 Feb	1.300.000	184.599	14,20	168.220	12,94
Semana Santa	Viernes 14 Abril - Domingo 16 Abril	741.000	143.051	19,31	80.621	10,88
1ro Mayo	Sabado 29 de Abril - Lunes 1 mayo	776.000	91.207	11,75	116.245	14,98
24 de Mayo	Viernes 26 - Domingo 28	708.000	135.198	19,10	112.855	15,94
10 Agosto	Viernes 11 Agosto - Domingo 13 Agosto	1.150.000	171.981	14,95	143.290	12,46
9 de Octubre	Sabado 7 Octubre - Lunes 9 Octubre	803.000	94.333	11,75	75.402	9,39
2 y 3 de Noviembre	Jueves 2 Nov - Domingo 5 Nov	1.300.000	158.730	12,21	188.240	14,48
Navidad	Sabado 23 Dic - Lunes 25 Dic	464.000	44.297	9,55	57.907	12,48
Fin de año	Sabado 30 Enero - Lunes 1 Dic	975.000	153.095	15,70	170.138	17,45

2.4 Edificaciones

Las edificaciones son primordiales en una ciudad turística y Manta posee muchas de ellas. En efecto el INEC tiene una base de datos llamada "REDATAM" donde se obtuvieron los números de edificios, tipo y estado de las paredes exteriores en el sector de Manta. Las estructuras fueron construidas con varios tipos de materiales de los cuales se detallaron de la siguiente forma: hormigón, ladrillo o bloque, Adobe o tapia, madera, caña revestida o bahareque, caña no revestida y otros materiales.

El censo tuvo resultados del 12% de hormigón, el 78 % de ladrillo o bloque, madera fue del 2%, caña revestida o bahareque con el 5% y no revestida 4%, entre otros materiales. De tal modo categorizaron las estructuras como buenas, regulares o malas de acuerdo con la condición de las paredes. Obtuvimos un estado de estas edificaciones del 48% en condiciones buenas, 42% en regulares y el 9% en malas donde estas serían las más vulnerables para colapsar.

La ciudad cuenta con 67.559 edificaciones, donde encontramos los diferentes tipos de vivienda como casas o villas que representan el 76%, departamento en casa o edificio que son las estructuras de más de 2 pisos con el 13%. Por otro lado, tenemos los cuartos de alquiler, mediagua (casa con techo de una sola vertiente) con el 2% ambas. Hay ranchos con el 3%, covacha con el 1%, chozas con el 0.4%. También cuenta la ciudad con un total de 54 edificaciones entre hoteles, pensión, residencias u hostel y uno de los más importantes son los hospitales o clínicas que son solo 7.

2.5 Métodos de aplicación

2.5.1 Métodos para estimación de impacto sobre la población y edificios.

En casos de tsunami en situación extrema existen dos métodos que se pueden aplicar para estimar el impacto a la población y edificación. (a) Las funciones de fragilidad se aplican para ambos casos y para nuestro estudio analizamos el riesgo de los habitantes estacionarios y transitorios por separado. (b) La vulnerabilidad en función de índices como respuesta de daño en una estructura según (Tarbotton, Dall'Osso, Dominey-Howes, & Goff, 2015) . Actualmente en este estudio se recopiló la información

necesaria para trabajar con las personas y edificaciones para su posterior predicción ya que no ha existido un daño por impacto de tsunamis.

2.5.2 Métodos de Evaluación de Fragilidad y Vulnerabilidad Estructural.

Los métodos para evaluar la fragilidad y vulnerabilidad estructural son necesarios para estimar los daños y las pérdidas a futuro. El trabajar con estos métodos dependerá del uso de las funciones estocásticas las cuales representan la probabilidad de daño o pérdida debido a la intensidad generada por un tsunami.(Anawat Suppasri et al., 2015)

En nuestro caso en particular no contamos con tsunamis que hayan afectado a las estructuras directamente en la ciudad de Manta, pero haremos una simulación lo más próxima con el método PTVA y Funciones de Fragilidad. El análisis permitirá relacionar la intensidad del tsunami supuesto que ayudará a generar una capa de inundación para luego evaluar las estructuras existentes con sus respectivos daños.

Entonces creando las relaciones de fragilidad logramos combinar los datos de inundación con los daños que puedan tener los edificios de acuerdo con su tipo de construcción.

2.5.3 Métodos PTVA Y BTV

Los métodos que se han propuesto referentes a este estudio de vulnerabilidad son los siguientes:

El método de PTVA (evaluación de vulnerabilidad del tsunami de Papathoma) (Dominey-Howes & Papathoma, 2007; Papathoma & Dominey-Howes, 2003) y el método de BTV (Construcción de vulnerabilidad de un tsunami) (Omira et al., 2010) . Estos procedimientos clasifican y dan valores a diferentes coeficientes que contribuyen en el análisis de daño del tsunami, donde los valores han sido observados y medidos en función a los acontecimientos de tsunamis pasados. Los coeficientes estadísticos están relacionados a los siguientes factores: la profundidad de inundación , el material de construcción y el número de pisos. El resultado de

vulnerabilidad se evalúa para cada edificio en base a los valores proporcionados.

Por otra parte, estos métodos también consideran para la evaluación las siguientes características: para qué ambiente está funcionando la edificación (residencial, comercial, industrial, hospital, servicios de emergencia o público), número de fila, orientación y entorno.

El estudio con el método PTVA provee muchas maneras de evaluar las estructuras en diferentes aspectos, esto puede relacionarse con los daños que provocó el tsunami en las estructuras de acuerdo con los parámetros que los afectan. Sin embargo, este método contribuye con un sentido cualitativo que respeta la siguiente fórmula:

$$\text{VULNERABILIDAD} = \text{FRAGILIDAD} \times \text{MODELO DE PÉRDIDA}$$

Donde,

Vulnerabilidad: es la probabilidad de pérdidas (financieras y víctimas) en un tsunami de cierto rango de intensidad específica.

Fragilidad: es la probabilidad de ocasionar daño a causa de un tsunami de cierto rango de intensidad específica.

Modelo de pérdida: son las probabilidades de pérdidas (financieras o catástrofe) para un estado de daño de la edificación.

2.5.4 Funciones de fragilidad

Las funciones de fragilidad evalúan la posibilidad de daños que provoca un evento de tsunami esto nos permite utilizar la profundidad de inundación como una medida de intensidad (IM).(Vera San Martín et al., 2018) .Las funciones empíricas de vulnerabilidad avanzan para diversos eventos naturales, como terremotos (Kircher, Nassar, Kustu, & Holmes, 1997) ,inundaciones (Büchele et al., 2006; Engineers, 1996) , las mareas de

tempestad (Pistrika & Jonkman, 2010) y los tsunamis. Una función de fragilidad describe la probabilidad de condición , que se puede llegar alcanzar o se excede para cierta magnitud de riesgo determinado (Choi, DesRoches, & Nielson, 2004; Singhal & Kiremidjian, 1996).

A continuación, se presenta la fórmula:

$$P = P(ds \geq DS_i | x_d)$$

Donde D_s representa la condición aproximada de daño del edificio, D_{s_i} es la condición de daño a cargo de las funciones de fragilidad y x_d comprende el peligro que puede tener la estructura. (Fig. 3).(Tarbotton et al., 2015). El resultado de este método describirá un rango de los daños de las estructuras que tienden a ser más complejas, esto quiere decir que podremos estimar valores que sean los más próximos a nuestro estudio.

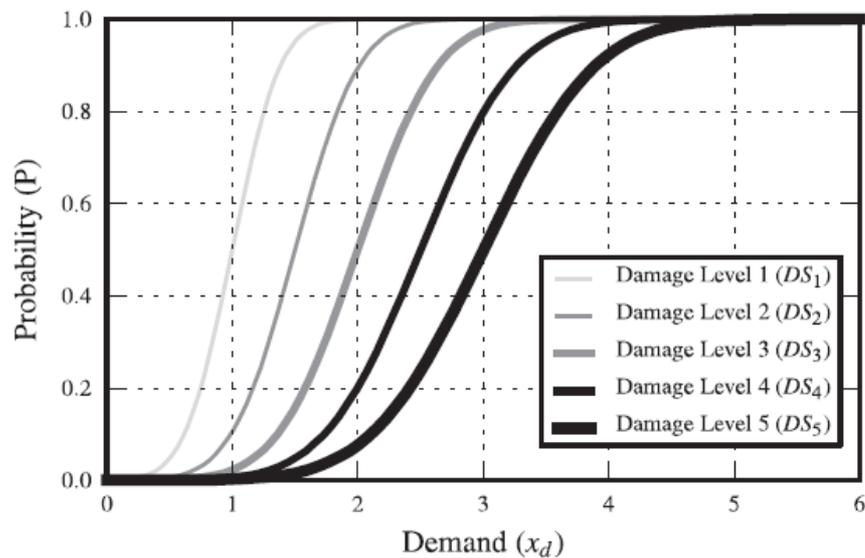


Figura 3. Curvas de daños a cargo de las Funciones de Fragilidad DS_i ($i=1,2,3,4,5$).

En este caso no poseemos las curvas de fragilidad en el área de estudio, pero a partir de otras investigaciones nos acogemos a las curvas hechas en Banda Aceh , país Indonesia por (Koshimura et al., 2009). De modo que evaluamos la probabilidad de daños en las estructuras (edificios) y

afectación en la población en concordancia a las características mismas de sus edificaciones, tabla 2.

Tabla 2. Funciones de fragilidad con parámetros, se muestra la media(μ) y la varianza(σ) de las curvas

Parámetros de las Funciones de Fragilidad	Elementos afectados	
	edificaciones	personas
μ	2.99	3.75
σ	1.12	1.35
R2	0,99	0,80

La figura 4 contempla la curva de Banda Aceh que se creó con los parámetros de las funciones de fragilidad, que nos permitió hallar los porcentajes de probabilidad de daño interceptando los máximos de inundación con la curva.

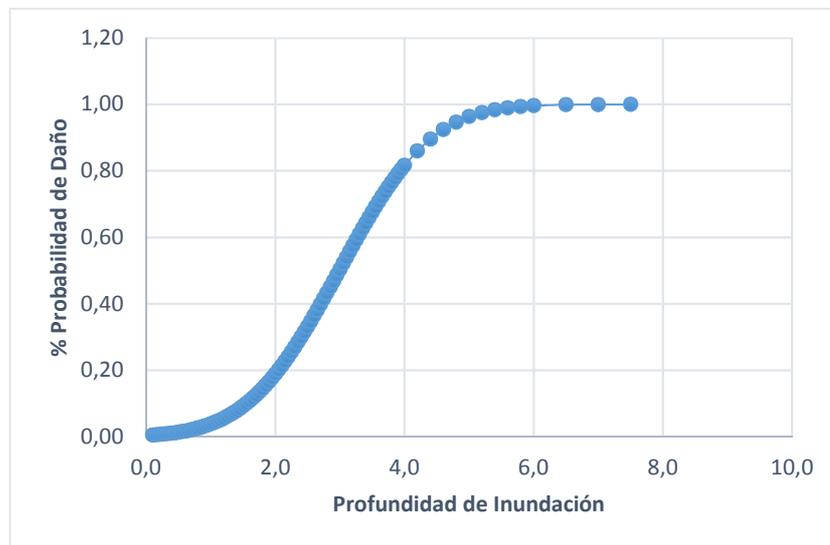


Figura 4. Función de Fragilidad por Banda Aceh (Indonesia)

Los daños probables se calcularon con el uso de las funciones de fragilidad, se usaron los siguientes pasos:

(A) se separaron en sectores los edificios (información del censo mínimo requerido desagregado) y la población se agrupó para determinar la máxima profundidad de inundación y la media en cada grupo de análisis;

(B) La profundidad es representada con el eje X para conseguir el valor de la probabilidad de daño con respecto al eje Y a partir de las funciones de fragilidad ; (C) el factor de probabilidad de daño se multiplicó por el resultado del número de edificios en sectores y para el otro caso se multiplicó con el número de personas en bloques ; (D) obtuvimos los resultados y se detallaron en el literal C para adquirir una aproximación total de las estructuras dañadas y la afectación de la población en el área de estudio, luego se demostraron en un mapa. Al momento de llevar a cabo el análisis de daños, se lo realizó por medio del programa de Sistema de Información Geográfica (GIS) del cual se elaboraron intersecciones de capas pertenecientes a los edificios e inundación con su debida información demográfica. Con respecto a las funciones de fragilidad se estimó la probabilidad de daño con los datos máximos de profundidad de inundación para cada sector, bloque. (Vera San Martín et al., 2018)

CAPÍTULO 3

3 MARCO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

3.1 Selección y descripción del tsunami para un impacto extremo

Durante los acontecimientos históricos o las simulaciones desarrolladas por métodos matemáticos se encuentran los escenarios más catastróficos que causan un impacto extremo.

La zona estudiada en las costas de Manta contiene una serie de eventos sísmicos, figura 3. Se presentaron magnitudes entre 4 – 6 grados en la escala de Richter, con variaciones en profundidades de 7 a 10 km y otros de 33 km a distancias entre 13, 30 hasta 50 km según los datos tomados por la (USGS, 2018)- Seleccionamos estos datos ya que se consideró que los tsunamis que tienen más efectos perjudiciales son los más cercanos es decir los que se ubican localmente afirmó Espinoza (1990). Como también un factor más fue el enjambre en Manta evaluado en el 2005, que permitió ver la localización de un grupo de sismos y modelar las ondas para determinar los mecanismos focales, la profundidad y el momento sísmico (Vaca, Régnier, Bethoux, Alvarez, & Pontoise, 2009).

Se requiere una simulación de tsunami con algunos datos a considerar que son: la información sobre la batimetría, la rugosidad de la superficie y las estructuras contra impactos en la costa. La simulación se realiza también con dominios de mallas entre 5 o 10 m y hay que reconocer las duraciones de las ondas de propagación. Así también debe considerarse las diferentes distribuciones de desplazamiento a lo largo de la falla. Sin embargo hay que tener en cuenta que los datos tiempo-historia se descartan si es que no producen daños significativos para la generación del tsunami pronosticado (Petrone, Rossetto, & Goda, 2017).

La Universidad de Tohoku hizo un modelo de análisis numérico para la Investigación de NEAR-tsunamis, campo (TSUNAMI V.N2 software, Control de Desastres Centro de Investigación, Japón) se utilizó para la propagación de un tsunami y la inundación de simulaciones numéricas igual a las características descritas anteriormente.

Una vez analizados los parámetros de selección nos vamos a los datos batimétricos frente a las costas de Manta, figura 5 que fueron obtenidos a partir de la base de datos del INOCAR . Para ello se delimitó el siguiente polígono de referencia con sus respectivas coordenadas:

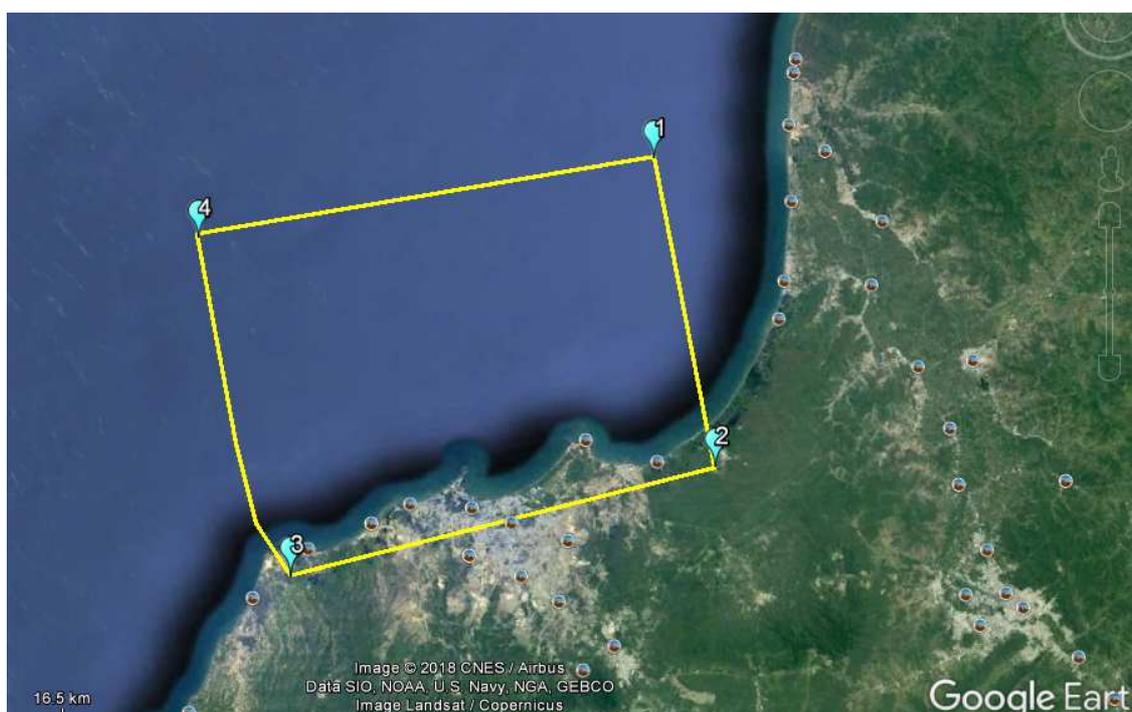


Figura 5. Polígono referencial de datos batimétricos en las costas de Manta (entre 18-20 km mar adentro)

A continuación, se muestran los puntos delimitados para el área seleccionada:

PUNTOS	LATITUD	LONGITUD
1	-0.786948°	-80.592308°
2	-0.953928°	-80.593184°
3	-0.969182°	-80.819397°

4	-0.785186°	-80.836926°
---	------------	-------------

A partir de este polígono se obtuvo la batimetría con la mejor resolución del área de estudio. Los datos se encuentran proyectados en la zona 17S con el nivel de referencia horizontal "Datum WGS-84" y con el nivel de referencia vertical "MLWS" donde las profundidades se presentan con signo positivo.

A partir de la zona de falla ubicada a poca distancia de Manta decidimos establecer lo siguiente:

El epicentro que elegimos está situado al suroeste de Manta, a una distancia de 40 km de la zona costera y con una profundidad un poco superficial. Mostramos las características de falla e hipocentro en la figura 6. Lo que nos lleva a pronosticar cuantitativamente los efectos del tsunami (Rentería, 2012) . En el estudio actual según el INOCAR dice que en el caso que llegue a existir una ola de tsunami hacia las costas del Ecuador se pronostica que arribará entre 10 a 30 minutos.

A fin de basarnos en una estadística válida para la simulación del tsunami, cuidadosamente analizamos la zona tectónica de estudio y su sismicidad en función de los datos históricos y las hipótesis más cercanas a la realidad. Las fuentes sísmicas que agrupamos de acuerdo al área cerca de Manta fueron los terremotos sucedidos en los años (1958 , 1906 por esmeraldas) , donde deducimos un caso hipotético de un terremoto de magnitud de momento xxx (metro w) (Ioualalen, 2014).

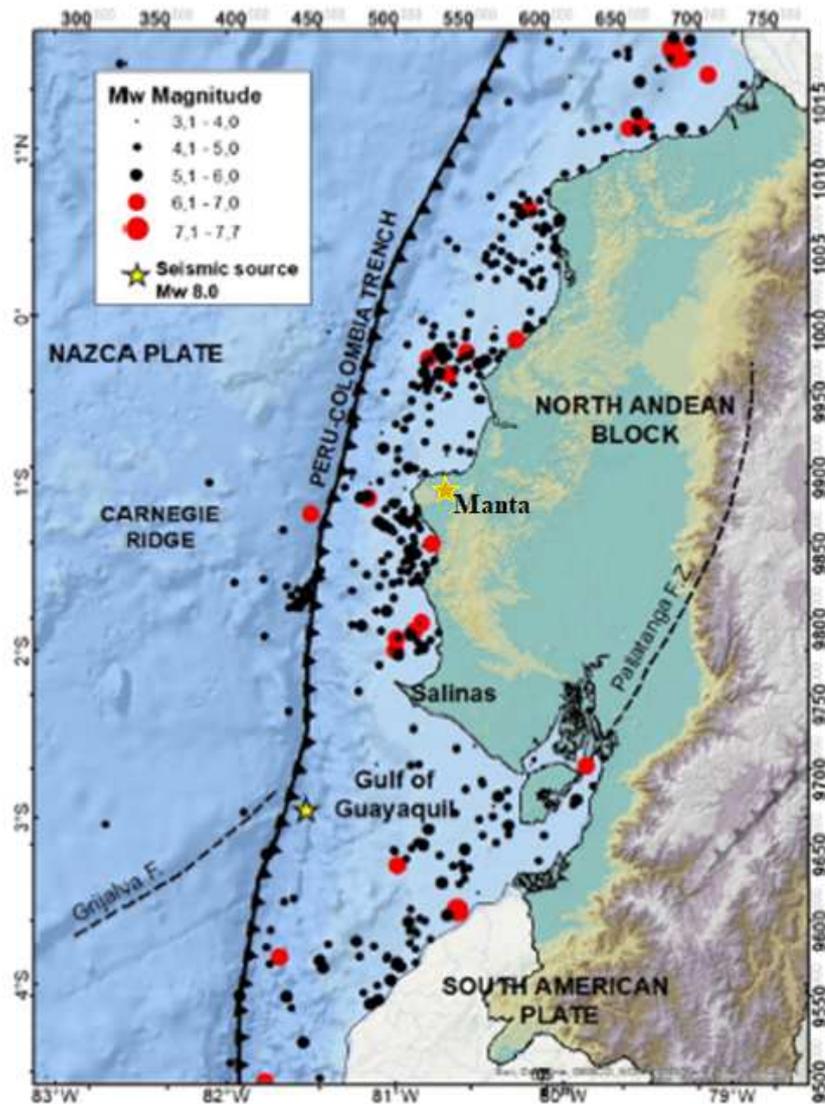


Figura 6. Área sísmica que muestra ubicación de placas, plano de falla, terremotos y fuente sísmica modelada.

Longitude:	81.1° W	Depth:	3 Km	Strike:	30°
Latitude:	0,9° S	Slip:	8 m	Rake:	120°
Moment magnitude (Mw):	8	Fault plane length:	120 Km	Dip:	20°
		Fault plane width:	70 Km		

Según la figura 6. Los terremotos están representados por círculos, los mayores de 6.1 color rojo y los menores de color negro. Estos datos se recopilaron por USGS y utilizamos de ellos el registro desde 1900 hasta el 2018 con profundidades de 70 km.

3.2 Determinación de la vulnerabilidad basado en índices.

La Evaluación de Vulnerabilidad del Tsunami de Papathoma (PTVA) es un modelo que se aplicó en este estudio con el fin de determinar la vulnerabilidad de los edificios en los tsunamis por un índice de vulnerabilidad (Dall'Osso, Dominey-Howes, Tarbotton, Summerhayes, & Withycombe, 2016). La reciente evaluación estudia el diseño de la estructura, edificación, ubicación y las características ambientales. Precisamente, el riesgo de las edificaciones ante un tsunami es causado por la combinación de agentes tanto físicos, naturales y antropogénicas de las estructuras (Dall'Osso et al., 2009; Dominey-Howes, Dunbar, Varner, & Papathoma-Köhle, 2010; Omira et al., 2009; Papathoma & Dominey-Howes, 2003), así como también los factores económicos-sociales, culturales y estadísticos de población en el ámbito. (Dominey-Howes & Papathoma, 2006; Papathoma & Dominey-Howes, 2003). Debido a que este evento también involucra a la población, analizamos la vulnerabilidad en ella. Por lo tanto, generamos en el sitio de estudio una base de datos geográficos de los edificios. En el programa de Sistema de Información Geográfica (GIS), se creó una capa que representa los objetos geográficos de tipo punto, esto quiere decir que figura los edificios del sector perjudicado. Una manera para analizarla fue mediante una digitalización a partir de las imágenes disponibles en Google Earth. En la capa anteriormente hablando se ingresaron los atributos de los objetos gráficos (edificios). Por otro lado, estas características fueron usadas para analizar la vulnerabilidad en beneficio de los atributos.

Para realizar la estimación de la vulnerabilidad de las estructuras se consideran características como: materiales y métodos de construcción, el número de pisos, diseño de planta, la posición y forma del edificio o edificación, los años y condición de la estructura, la estructura de cimentación, las edificaciones vecinas, muros en torno a las paredes o puertas, la función del edificio, la longitud hasta el margen de la costa, la topografía de la costa, el comportamiento marino (condiciones de mareas), la cantidad de ondas del tsunami, el tiempo de inundación, la concentración permanente de la población, la cantidad de personas por edificio.

Además, la planificación de la población, factores socioeconómicos, el conocimiento del peligro y el nivel de apreciación, información o amenazas disponibles, la posibilidad de los habitantes de evacuar la zona de inundación.(Dall'Osso et al., 2009; Dominey-Howes et al., 2010; Dominey-Howes & Papathoma, 2006; Leelawat, Suppasri, Charvet, & Imamura, 2014; Omira et al., 2009; Papathoma & Dominey-Howes, 2003). Cada uno de estos factores pueden ser visibles mediante imágenes satelitales y asimismo dependen algunos de las inspecciones in situ. Mediante el levantamiento realizado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda a raíz del terremoto del 2016 se recopiló información de la parroquia de Tarqui de la cual nos vamos a basar. Adicionalmente, para encontrar la distancia a la línea de costa nos guiamos por la ubicación de las edificaciones y medimos en el programa de Google Earth que permite obtener una distancia muy aproximada. Toda la información recolectada se extrapola a los bloques seleccionados (Dominey-Howes et al., 2010). Hubo 4 factores que se estimaron para este estudio donde se fijó un peso para cada parámetro, tabla 3. Los factores descritos en la tabla tienen cada uno un valor asignado en rangos del 1 al 5 , que representa el aumento de la vulnerabilidad (Omira et al., 2009). Una vez asignado los valores, se divide para la sumatoria de la multiplicación del peso por el máximo valor asignado.

Vulnerabilidad = (Profundidad de inundación x 4) + (Distancia a la línea de costa x 3) + (Número de pisos x 2) + (Tipo de material x 1) / 39

Tabla 3. Factores de Vulnerabilidad para edificaciones

Factor	Clases	Valor	Peso
Tipo de Material	Hormigón	1	1
	Madera/caña	2	
	Mixta	3	
	otros	4	
Número de Pisos	5 o más	1	2
	3 o 4	2	
	2	3	
	1	4	
Distancia horizontal a la línea de costa	0-100 m	5	3
	100-200m	4	
	200-300m	3	
	300-500m	2	
	500 o más m	1	
Profundidad de inundación	0-2m	1	4
	2-4m	2	
	4-6m	3	

3.3 Resultados basado en índices de vulnerabilidad

Los resultados obtenidos son los siguientes:

La afectación de la zona abarcó una inundación que cubrió aproximadamente 26.37 km² tanto en la zona urbana como en la rural, figura 7. Según el modelo que se predijo tuvo una altura de 3.3746 m. La simulación mostró que una pequeña parte de la ciudad resultaría inundada representando un 8.61 % del total. La extensión de la inundación desde la costa hacía adentro de la ciudad está entre 0.89 km a 2.82 km en la zona oeste y hasta el puerto respectivamente, para la zona de Tarqui tuvimos extensiones de 760 m. Además, en los resultados analizados se predijo que las inundaciones más altas se darían en las costas ubicadas al norte del cantón Manta con profundidad media de hasta 2.03 m.

Mientras que las inundaciones más bajas se darán en la zona oeste con una profundidad media de 2.33 m . En la zona urbana tuvimos afectaciones en las parroquias de Los Esteros, Manta, San Mateo y Tarqui y en la zona rural la inundación no llegó hasta las parroquias. Esta evaluación mostró que las playas de Tarqui, los esteros y entrando a murciélagos son las más peligrosas, donde se sitúa una gran cantidad de turismo y población. Sin dejar a un lado debemos considerar el puerto de la ciudad que según nuestros análisis tendría una inundación de 3.07 m ya que como es una punta sería el primer lugar donde pegarían las olas. Las consecuencias a este evento también provocan los daños en las estructuras, incluyendo el aeropuerto de la ciudad que se ubica en la base militar de manta y así compromete este escenario la vida de muchas más personas.

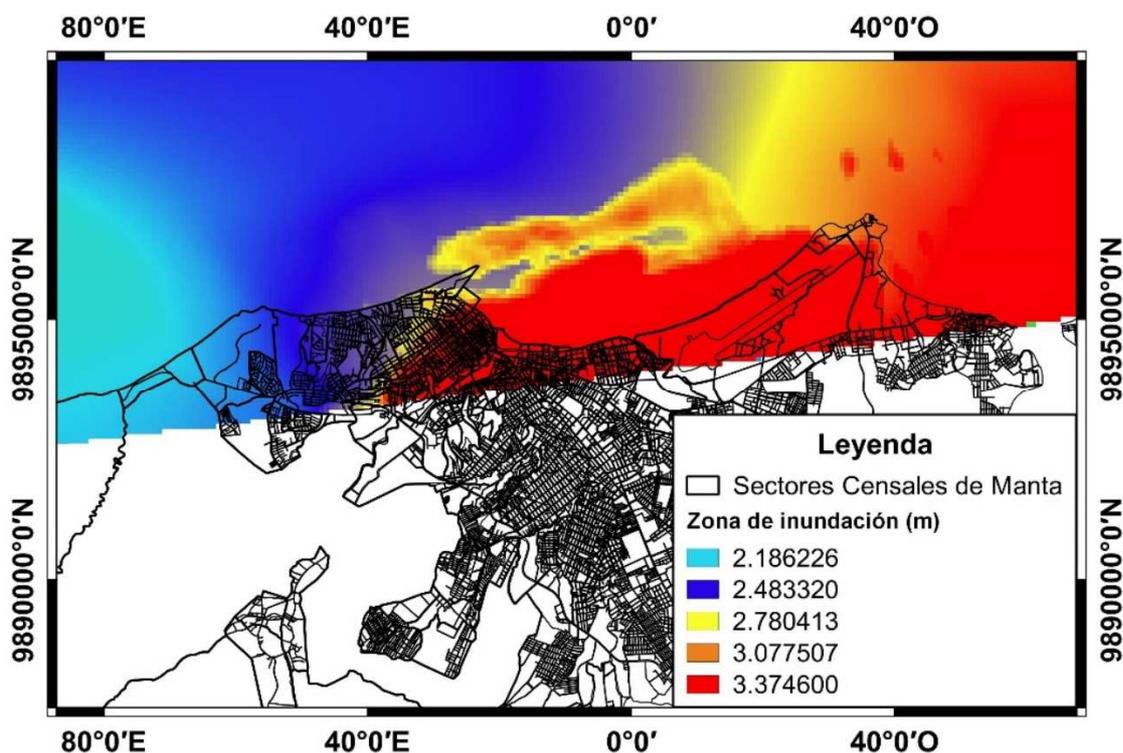


Figura 7. Pronóstico de zona de inundación en Manta

3.4 Evaluación de la vulnerabilidad de la población por Funciones de Fragilidad

La ciudad de Manta en su población contempla una cantidad de personas variables durante el año por motivos de feriados nacionales. La evaluación de la población en una zona de peligro tsunami-génico es importante para reducir las pérdidas de vidas en caso de inundación.

Para evitar grandes pérdidas humanas se establecen mapas de tiempo de viaje que permiten a los encargados de emergencias visualizar la variación espacial en el tiempo de evacuación. (Wood & Schmidlein, 2012).

Cuando se estima el tiempo que viaja la ola para provocar una escena de inundación a causa del tsunami ayuda a identificar las áreas que no pueden ser evacuadas antes de que llegue la primera ola.

A medida que se van desarrollando estas estimaciones se combinan los tiempos de viajes y el número de personas que no logran evacuar a tiempo , se hace un análisis más profundo y se elaboran planes de evacuación y respuestas de emergencias adicionales.(Fraser et al., 2014) Muchos trabajos son desarrollados con métodos más variables en escenarios de exposición de población , horarios de evacuación , velocidades , modelos de distancia peatonal y así mismo el modelo de tráfico que perjudica las rutas de evacuación, entre otras.

Como Manta se encuentra cerca de la zona de subducción nos podemos acoger al caso de Napier , la Bahía de Hawke, Nueva Zelanda donde está cerca de una falla igual y plantea un método de afectación a la población. (Citar Power, 2013; Fraser et al, 2014).

Los edificios que sean de dos plantas quizás puedan ser útiles y alcancen una altura suficiente como para ser refugio, pero esto no es tan posible si la edificación se encuentra en zonas cercanas hasta 1 km de distancia de la costa. Las evaluaciones estructurales son indudablemente para tener claro cuáles son los edificios resistentes a los tsunamis en la ciudad. (Fraser et al., 2014)

La exposición se obtiene de los datos recopilados por los censos poblacionales, donde también se pueden encontrar las distribuciones de población durante la noche . Existen muchas maneras de representar la cantidad de población en día vs tiempo. Según (Cousins,2009) se halla la capacidad máxima de edificación determinada por la zona , los registros de empleo (Wood & Schmidlein, 2012) tasas de escolaridad , empleo y número de vehículos (Southworth, 1991) . Las distribuciones variables de la población son motivos de duda, lo que lleva a realizar las simulaciones basadas en procesos estocásticos.

El turismo local está fomentado por nueve días festivos nacionales que son planeados los fines de semana en periodos de 3 a 4 días, todos ellos son aprobados por las leyes. Una vez obtenidos algunos los datos oficiales de los viajes a Manta puesto que no existe información a detalle, se procesaron y se analizaron, las estadísticas oficiales fueron elaboradas por el Ministerio de Turismo (MINTUR, 2018) . Como vemos en la tabla 1 hay meses en las que la densidad poblacional probablemente va a crecer por el incremento de viajes realizados a Manta. Mientras tanto tenemos a los residentes permanentes que son 256.293 proyectados en el año 2017, entonces como resultado el total de personas entre los residentes permanentes y turistas aproximados son épocas más altas. Al contrario, en épocas medias altas de acuerdo con las fechas festivas los turistas varían, por ejemplo, según los cruceros en enero llegan 8.960 personas y en marzo 8.866, sin contar los viajes terrestres. Un análisis demostró que del 12.4% de viajes realizados a Manabí, el 61.3% van con destino a la ciudad de Manta, pero este valor no es certero.

El total de las partes más céntricas de Manta tienen un área de 56 km² los cuales por zonas turísticas se concentran en un 11% que representa 6.5 km². En efecto, la vulnerabilidad de la población comienza a aumentar significativamente por las grandes aglomeraciones en las playas. Por ejemplo, las playas más turísticas son la de El Murciélagos, Tarqui, Los Esteros, Barbasquillo, entre otras y se encuentran al alcance de la afectación. Las playas mencionadas cuentan con áreas de 170.000 ,23.000,

9.000 y 3.000 m² para los turistas respectivamente , haciendo un aproximado en Qgis mediante capas polígonos.

Los hoteles que se encuentran oficialmente registrados en la base de datos del Ministerio de Turismo y adicionalmente son evaluados desde el 1 al 5, dan estadías a cierta capacidad de personas. La capacidad total que ofrecen es de 7.906 plazas turísticas, pero también contamos con un promedio de tasa de ocupación del 62.63 % de la cual sacamos un promedio que oscila entre 1.06 noches / personas.

La vulnerabilidad en la ciudad de Manta en las épocas festivas se determinó separando la población en dos grupos:

Los habitantes que son permanentes y los turistas. Los residentes permanentes tuvieron un total de afectación de 78.757 personas usando las Funciones de Fragilidad, esto representa un 34.77 % de la población total expuesta de inundación. En el mes de enero dicho antes se recibe a 8.960 personas según la Autoridad Portuaria de Manta. Con el fin de hallar una aproximación más real de afectación consideraremos un 61.3% de viajantes a la ciudad de Manta referente al total de viajes de enero a la provincia de Manabí con un total de 103.119 turistas. Esto quiere decir que el total de personas afectadas serían 190.654. No podemos desagregar esta información porque no contamos con las estadísticas reales.

3.5 Cálculo de la vulnerabilidad de los edificios utilizando funciones de fragilidad

En el análisis de vulnerabilidad para las edificaciones no consideramos todos ya que no existe información del levantamiento catastral de la ciudad de Manta. Recopilamos solo los datos existentes que fue la parroquia de Tarqui del cual nos centramos propiamente de estas estructuras. Sin embargo, Manta tiene 67.559 edificaciones de las cuales solo escogimos 56.573 de la información que estaba levantada. Usando las funciones de fragilidad logramos determinar que el total de edificaciones afectadas fueron 20.625, que representan el 36.45 % de toda la ciudad, pero no contamos las zonas que no hay levantamiento catastral. La profundidad máxima de inundación

varió entre 3.077 y 3.375 m, mientras que los daños probables están en el rango de 30 y 65 %.

En el mapa de la ciudad de Manta se realizó una escala de colores para identificar las edificaciones que fueron afectadas. Al noreste de Manta tuvimos una probabilidad de daño del 64.28 % y se vieron afectados una gran cantidad de estructuras. Por otro lado, nos ubicamos en la zona suroeste de la ciudad y tuvimos una probabilidad de daño entre 54% y alejándose de la zona céntrica hasta un 24,03% de cantidad de estructuras afectadas. A fin de lograr resultados más importantes nos ubicamos en la zona donde tenemos mayor base de datos. En el sector de Tarqui la probabilidad de daño fue de 65%. Estas evaluaciones nos dan resultados muy aproximados de las edificaciones afectadas, pero no precisamente una información real de los daños.

La incidencia de las edificaciones con paredes que estaban en condiciones expuestas y comprometidas de manera estructural, éstas fueron catalogados en distintos criterios. Por ejemplo, se escogieron del sector de Tarqui un porcentaje mayor o igual que el 50% de las edificaciones con esas condiciones en función de la profundidad máxima mayor o igual a 3 metros. En esta estimación debemos considerar que la probabilidad de daño es el más alto porque las paredes son inestables y asumimos el 100% como dañado. Entonces el número de edificaciones afectadas fueron 16.449.

3.6 Vulnerabilidad basada en índice de edificios

El índice de vulnerabilidad se valoró en rangos de 0.20 hasta 0.80 y teniendo en cuenta que los valores oscilan entre 0 y 1, para asignarle niveles de probabilidad de daños se evaluó con una escala de 0.2 unidades, figura 8. El problema de nuestro análisis es que no contamos con información suficiente para encontrar la vulnerabilidad de los edificios en todo Manta, por ello escogimos solo la zona que contamos con los datos necesarios. Contamos con 847 edificaciones situadas en la parroquia de Tarqui, donde pudimos encontrar entre viviendas, edificios, hospitales, entre otros. Aproximadamente obtuvimos que el 35.3 % de vulnerabilidad de edificaciones estaba en condiciones regulares, el 41.2 % estaba en

condiciones medias, el 23.14% son altamente vulnerables, y nuestro residual fue de 0.36 %.

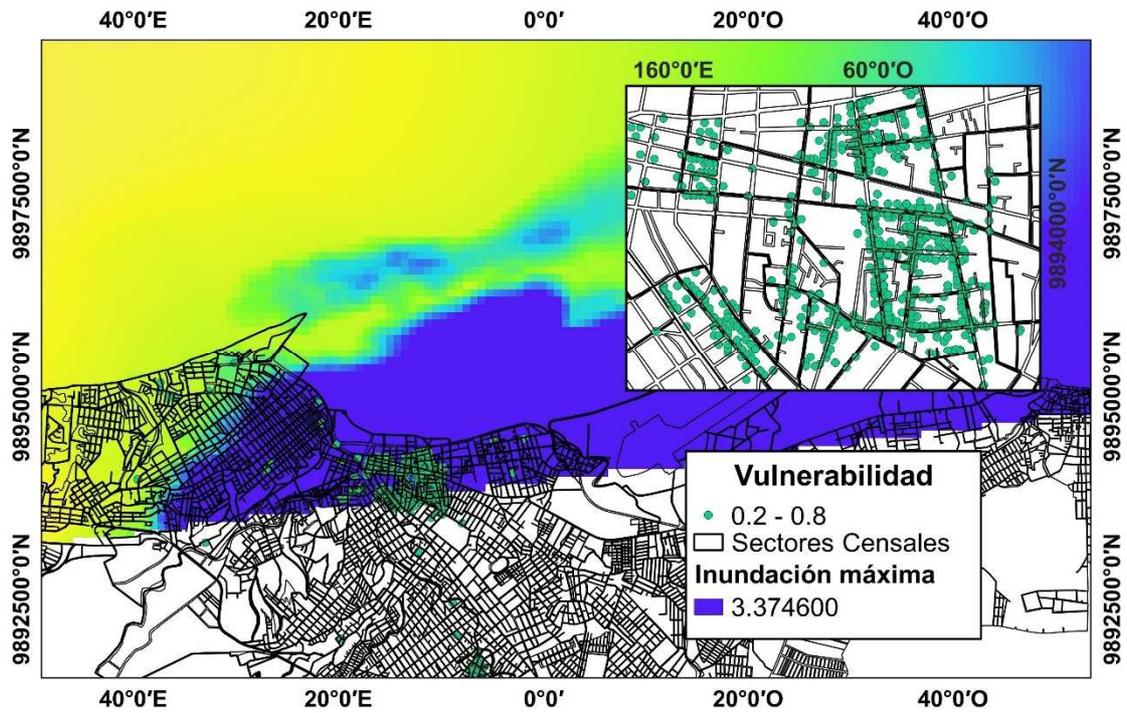


Figura 8. Vulnerabilidad de edificaciones en la zona de Tarqui

Tabla 4. Resultados de edificaciones vulnerables a la inundación

Vulnerabilidad	Nivel	Número de edificaciones	Porcentaje (%)
0 - 0.20	Bajo	0	0
0.21 - 0.40	Regular	299	35,30
0.41 - 0.60	Medio	349	41,20
0.61 - 0.80	Alto	196	23,14
0.81 - 1.00	Muy Alto	3	0,35
Total		847	100

Las estructuras con más riesgo se encuentran en esta zona de Tarqui y un poco más a sus alrededores hacia el noreste, es decir siguiendo el perfil costanero. La cercanía del borde costero y la inundación que se recibe hasta las edificaciones conlleva a que el índice esté alterado. Además, que la zona más afectada resultó ser una de las más turística. Las casas y los establecimientos de tipo comercial varían entre un índice de vulnerabilidad

de 0.4 - 0.8, los edificios entre 0.51 – 0.6, los hospitales entre 0.25 – 0.35 y los hoteles entre 0.4 – 0.61.

3.7 Consideraciones especiales en el análisis de la vulnerabilidad de los edificios por fragilidad y funciones de índice de vulnerabilidad

Aproximadamente la cantidad de edificaciones afectadas utilizando las funciones de fragilidad en el escenario de máximo impacto fue de 20.625 o el 36.46% del total de 56.573 edificaciones de los censos sectoriales levantados. Pero en realidad tenemos 67.559 significa que tenemos un residual de 10.986 edificaciones que no se han levantado digitalmente. Para estos estudios no se consideró el estado de las paredes, ni el techo, ni el suelo. En la zona afectada de Tarqui hubo muchas edificaciones importantes por ejemplo hospitales, estación de agua, escuelas, entre otros. Para el cálculo se utilizaron los mismos índices según (Vera San Martín et al., 2018).

La vulnerabilidad en base a los índices es un valor calculado para cada estructura o edificio basado en características específicas. Las funciones de fragilidad mostraron valores probables del número de edificaciones dañadas con relación a la profundidad de inundación y el daño observado por la curva tomada de Banda Aceh. Una comparación de estos dos enfoques no es factible, sin embargo, se complementan. Los resultados se basan en los datos del INEC donde no hubo información suficiente. Para los resultados de las funciones de fragilidad tuvimos el 7.38 % de edificaciones expuestas pero que no se dañaron.

3.8 Limitaciones del enfoque analítico evaluación de la vulnerabilidad

El estudio de este escenario de impacto extremo por tsunami de fuente de campo Near, lo que significa que puede haber daños por el terremoto y el tsunami es un efecto secundario. Pero en este estudio solo consideramos el efecto del tsunami en la ciudad. Asimismo, en el estudio de influencia de estructuras en el modelo de inundación no se consideró (Kaiser et al. 2011), lo que podría afectar en el modelo por sobreestimación de inundación. El problema de la ciudad es que no tenía suficiente información y no tener el

registro de la velocidad de flujo por ejemplo o las fuerzas hidrodinámicas afectan una evaluación que puede ser más detallada (Charvet et al. 2015).

Además, en este estudio cuando se utilizaron las funciones de fragilidad que se desarrollaron en Indonesia para Banda Aceh no se discriminan las edificaciones porque son con el mismo estilo de construcción. Con esta aproximación se reduce la incertidumbre (Reese et al. 2011). Por último, no se consideró el gran impacto que generan los barcos y escombros (Charvet et al. 2015) en las edificaciones y este sería un factor importante para considerar en el estudio.

CAPÍTULO 4

3.9 Conclusión

A fin de concluir el trabajo realizado mostramos que los resultados esperados no son totalmente exactos, pero básicamente son necesarios para las aproximaciones en el caso de un evento de tsunami. Las probabilidades de daño de una estructura con solo 3.37 m son del 65% de daño por lo que demuestra que se debe tener en consideración el sistema de construcción civil en esta ciudad. Al igual que las probabilidades de daño para el caso de la población debe ser tomadas a consciencia ya que necesita Manta rutas de evacuación.

3.10 Recomendaciones

Elaboramos nuestros estudios con la poca información recopilada y de esto dependen muchos los resultados, por lo que se recomienda tener la información a detalle para utilizar los métodos respectivos.

REFERENCIAS

- Barcia Ruíz, W. B. (2015). Análisis del desarrollo urbano sostenible en el cantón Manta.
- Büchle, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., . . . Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Science*, 6(4), 485-503.
- Contreras, M. (2014). *Riesgo de Tsunami en Ecuador* (Vol. 12).
- Choi, E., DesRoches, R., & Nielson, B. (2004). Seismic fragility of typical bridges in moderate seismic zones. *Engineering Structures*, 26(2), 187-199.
- Chunga, K., Michetti, A., Mulas, M., Besenon, D., Ferrario, M., Garces, D., & Ochoa, F. (2017). Intensidad MACrosísmica ESI-07 y Efectos Geológicos del Terremoto de Pedernales del 16.04. 2016 (Mw 7.8). *VIII Jornadas en Ciencias de la Tierra. Quito. Abstract*.
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., & Dominey-Howes, D. (2009). A revised (PTVA) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage. *Natural Hazards Earth System Science*, 9, 1557-1565.
- Dall'Osso, F., Maramai, A., Graziani, L., Brizuela, B., Cavalletti, A., Gonella, M., & Tinti, S. (2010). Applying and validating the PTVA-3 Model at the Aeolian Islands, Italy: assessment of the vulnerability of buildings to tsunamis. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10(7), 1547-1562. doi:10.5194/nhess-10-1547-2010
- Dall'Osso, F., Dominey-Howes, D., Tarbotton, C., Summerhayes, S., & Withycombe, G. (2016). Revision and improvement of the PTVA-3 model for assessing tsunami building vulnerability using "international expert judgment": introducing the PTVA-4 model. *Natural Hazards*, 83(2), 1229-1256. doi:10.1007/s11069-016-2387-9
- DeHOWITT, M. A. C., ACOSTA, M. C., & SQUEZ, N. E. V. (2008). Riesgos por tsunami en la costa ecuatoriana: Quito. Recuperado de: <http://www.ipgh.gob.ec/index.php/geofisica/publicaciones/67-riesgos-por-tsunamien-la-costa-ecuatoriana>.
- Dominey-Howes, D., Dunbar, P., Varner, J., & Papathoma-Köhle, M. (2010). Estimating probable maximum loss from a Cascadia tsunami. *Natural Hazards*, 53(1), 43-61. doi:10.1007/s11069-009-9409-9

- Dominey-Howes, D., & Papathoma, M. (2006). Validating a Tsunami Vulnerability Assessment Model (the PTVA Model) Using Field Data from the 2004 Indian Ocean Tsunami. *Natural Hazards*, 40(1), 113-136. doi:10.1007/s11069-006-0007-9
- Dominey-Howes, D., & Papathoma, M. (2007). Validating a Tsunami Vulnerability Assessment Model (the PTVA Model) Using Field Data from the 2004 Indian Ocean Tsunami. *Natural Hazards*, 40(1), 113-136. doi:10.1007/s11069-006-0007-9
- Engineers, U. A. C. o. (1996). Risk-based analysis for flood damage reduction studies. *Manual, EM 1110-2-1619*.
- Fraser, S. A., Wood, N. J., Johnston, D. M., Leonard, G. S., Greening, P. D., & Rossetto, T. (2014). Variable population exposure and distributed travel speeds in least-cost tsunami evacuation modelling. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14(11), 2975-2991. doi:10.5194/nhess-14-2975-2014
- GAD, D. d. P. U. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Manta 2014-2019. 90.
- Harbitz, C. B., Løvholt, F., & Bungum, H. (2014). Submarine landslide tsunamis: how extreme and how likely? *Natural Hazards*, 72(3), 1341-1374. doi:10.1007/s11069-013-0681-3
- IGEPN (Producer). (2018). Resumen del proyecto de tsunamis. Retrieved from <http://www.igepn.edu.ec/resumen-del-proyecto-tsunamis>
- INOCAR (Producer). (2018). Origen de un tsunami. Retrieved from <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/que-son-los-tsunamis/71-origen-de-un-tsunam>
- IOC. (2016). *Tsunami Glossary, 2016* Retrieved from Paris:
- Ioualalen, M. M., T.; Béthoux, N.; Chlieh, M.; Ponce Adams, G.; Collot, J.-Y.; Martillo, C.; Chunga, K.; Navarrete, E. (2014). Tsunami mapping in the Gulf of Guayaqui, Ecuador, due to local seismicity. *Mar Geophys Res.* doi:10.1007/s11001-014-9225-9
- Kanamori, H., & McNally, K. C. (1982). Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 72(4), 1241-1253.
- Kircher, C. A., Nassar, A. A., Kustu, O., & Holmes, W. T. (1997). Development of building damage functions for earthquake loss estimation. *Earthquake Spectra*, 13(4), 663-682.
- Koshimura, S., Oie, T., Yanagisawa, H., & Imamura, F. (2009). Developing Fragility Functions for Tsunami Damage Estimation Using Numerical Model and Post-Tsunami Data from Banda Aceh, Indonesia. *Coastal Engineering Journal*, 51(No. 3), 243-273.

- L. Vera , M. I., M. Mindiola. (2009). Caracterización Oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la punta del Morro y Jaramijó, Ecuador.
- Lagos, M., Cisternas, M., & Mardones, M. (2008). Construcción de viviendas sociales en áreas de riesgo de tsunamis. *Revista de la Construcción*, 7(2), 4-16.
- Latcharote, P., Leelawat, N., Suppasri, A., & Imamura, F. (2017). *Developing estimating equations of fatality ratio based on surveyed data of the 2011 Great East Japan Tsunami*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Leelawat, N., Suppasri, A., Charvet, I., & Imamura, F. (2014). Building damage from the 2011 Great East Japan tsunami: quantitative assessment of influential factors. *Natural Hazards*, 73(2), 449-471. doi:10.1007/s11069-014-1081-z
- MINTUR. (2018). Statistics on Tourism. Retrieved from <http://servicios.turismo.gob.ec/index.php/portfolio/turismo-cifras/20-oferta-turistica/feriados-nacionales/282>
- Omira, R., Baptista, M. A., Miranda, J. M., Toto, E., Catita, C., & Catalão, J. (2009). Tsunami vulnerability assessment of Casablanca-Morocco using numerical modelling and GIS tools. *Natural Hazards*, 54(1), 75-95. doi:10.1007/s11069-009-9454-4
- Papathoma, M., & Dominey-Howes, D. (2003). Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (733-747).
- Petrone, C., Rossetto, T., & Goda, K. (2017). Fragility assessment of a RC structure under tsunami actions via nonlinear static and dynamic analyses. *Engineering Structures*, 136, 36-53. doi:10.1016/j.engstruct.2017.01.013
- Pistrika, A. K., & Jonkman, S. N. (2010). Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. *Natural Hazards*, 54(2), 413-434.
- Rentería, W. (2012). *Pronóstico de Tsunamis para las Islas Galápagos*. Universidad Texas/2012.
- Scholz, C. H., & Campos, J. (2012). The seismic coupling of subduction zones revisited. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B5).
- Singhal, A., & Kiremidjian, A. S. (1996). Method for probabilistic evaluation of seismic structural damage. *Journal of Structural Engineering*, 122(12), 1459-1467.
- Southworth, F. (1991). Regional evacuation modeling: A state-of-the-art review.

- Suppasri, A., Charvet, I., Macabuag, J., Rossetto, T., Leelawat, N., Latcharote, P., & Imamura, F. (2015). Building Damage Assessment and Implications for Future Tsunami Fragility Estimations. 147-178. doi:10.1016/b978-0-12-801060-0.00009-5
- Suppasri, A., Imamura, F., & Koshimura, S. (2012). Tsunami hazard and casualty estimation in a coastal area that neighbors the Indian Ocean and South China Sea. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 6(2). doi:10.1142/S1793431112500108
- Suppasri, A., Latcharote, P., Bricker, J. D., Leelawat, N., Hayashi, A., Yamashita, K., . . . Imamura, F. (2016). Improvement of Tsunami Countermeasures Based on Lessons from The 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami — Situation After Five Years. *Coastal Engineering Journal*, 58(04), 1640011. doi:10.1142/s0578563416400118
- Tarbotton, C., Dall'Osso, F., Dominey-Howes, D., & Goff, J. (2015). The use of empirical vulnerability functions to assess the response of buildings to tsunami impact: Comparative review and summary of best practice. *Earth-Science Reviews*, 142, 120-134. doi:10.1016/j.earscirev.2015.01.002
- Taubenböck, H., Goseberg, N., Lämmel, G., Setiadi, N., Schlurmann, T., Nagel, K., . . . Klüpfel, H. (2013). Risk reduction at the “Last-Mile”: an attempt to turn science into action by the example of Padang, Indonesia. *Natural Hazards*, 65(1), 915-945. doi:10.1007/s11069-012-0377-0
- USGS (Producer). (2018). Retrieved from <https://www.usgs.gov/>
- Vaca, S., Régnier, M., Bethoux, N., Alvarez, V., & Pontoise, B. (2009). Sismicidad de la región de Manta: Enjambre sísmico de Manta-2005. *Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador Desde la Costa Continental Hasta las Islas Gapapagos*, 151-166.
- Vanderveken, A., Guha-Sapir, D., Below, R., Hoyois, P., & McClean, D. (2016). *Tsunami Disaster Risk 2016: Past impacts and projections*: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. The United Nations Office For Disaster Risk reduction.
- Vera San Martín, T., Rodríguez Rosado, G., Arreaga Vargas, P., & Gutierrez, L. (2018). Population and building vulnerability assessment by possible worst-case tsunami scenarios in Salinas, Ecuador. *Natural Hazards*. doi:10.1007/s11069-018-3300-5
- Wood, N. J., & Schmidlein, M. C. (2012). Anisotropic path modeling to assess pedestrian-evacuation potential from Cascadia-related tsunamis in the US Pacific Northwest. *Natural Hazards*, 62(2), 275-300. doi:10.1007/s11069-011-9994-2
- Wood, N. J., & Schmidlein, M. C. (2013). Community variations in population exposure to near-field tsunami hazards as a function of pedestrian

travel time to safety. *Natural Hazards*, 65(3), 1603-1628.
doi:10.1007/s11069-012-0434-8



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth**, con C.C: # **0924166374** autor del trabajo de titulación: **Estudio de vulnerabilidad de población e infraestructura ante un escenario de Tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de septiembre de 2018

f. _____

Nombre: **Ormazábal Salvatierra, Gabriela Elizabeth**

C.C: **0924166374**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de vulnerabilidad de población e infraestructura ante un escenario de Tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador		
AUTOR	Gabriela Elizabeth Ormazábal Salvatierra		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Leonardo Antonio Gutiérrez Garcés		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de septiembre de 2018	No. PÁGINAS:	DE 51
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería hidráulica, Ingeniería sísmica, Ingeniería estructural		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Tsunami, Manta, Funciones de fragilidad, población, riesgo.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Ecuador es un país con frecuentes eventos sísmicos y tsunami-génicos, porque se ubica en una zona de subducción entre las placas de Nazca y Sud-América. El objetivo principal del trabajo es evaluar la vulnerabilidad de la población e infraestructura frente a un evento de tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador. Para evaluar las infraestructuras se utilizaron las funciones de fragilidad e índice de vulnerabilidad y para la población se estudió únicamente con las funciones de fragilidad. Manta cuenta con una población de 226,477 habitantes permanentes y una variabilidad de turistas alta donde se eligieron los 9 días de feriados nacionales durante el año que permitió evaluar el escenario más peligroso para la población. Se propuso un hipocentro: 40 km al noroeste de Manta, profundidad oceánica: 3 km y magnitud de momento: 8 para realizar la simulación, del análisis se obtuvo inundaciones del 8.61% del total de la ciudad. Los análisis realizados por las funciones de fragilidad demostraron que 190.654 personas estarían perjudicadas en enero, evidentemente resultarían más indefensos los menores de edad, ancianos, grupos discapacitados y turistas, para el caso de las estructuras se calculó un valor de 20.625 afectadas por el tsunami, esto representó el 36.45% en las estructuras que estaban comprometidas en las zonas de inundación con un rango de 3.077- 3.375 m de máxima profundidad de inundación. El resultado de este trabajo ayudará a la identificación de áreas peligrosas y seguras, edificios de refugio, rutas y tiempos de evacuación en esta ciudad con concentración poblacional y turística.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593-4-2000980	E-mail: gabriela.ormazabal95@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			