

# MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN CASO DE OCURRENCIA DE TSUNAMI PARA LAS CIUDADES DE SALINAS Y BAHÍA DE CARÁQUEZ

ANDRÉS S. MATEHUS M.<sup>1</sup>; OSWALDO P. PADILLA A.<sup>2</sup>; MARIO A. CRUZ D.<sup>3</sup>;

<sup>1,2,3</sup>CARRERA DE INGENIERIA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO. Av. General Rumiñahui, s/n. Sangolquí-Ecuador. <sup>1</sup>math\_ute@hotmail.com; <sup>2</sup>ovpadilla@espe.edu.ec; <sup>3</sup>macruz@espe.edu.ec;

## RESUMEN

Ecuador, forma parte del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, una de las zonas sísmicamente más activas del planeta. Aproximadamente a 50 kilómetros al Oeste de las costas ecuatorianas, se encuentra la “fosa” oceánica, lugar en donde convergen dos placas tectónicas: la sudamericana con la del Océano Pacífico, por tanto ésta es la fuente sísmogenética más importante de Sudamérica. Los sismos con epicentros en el fondo o lecho marino, ocasionan movimientos anormales de grandes masas de agua que se perciben en las costas como olas gigantes con suficiente energía para irrumpir cientos de metros costa adentro. Este fenómeno es conocido en Japón con el nombre de “Tsunami” o “Gran ola en puerto”. En las costas ecuatorianas, desde 1906 a la fecha se han registrado al menos 6 eventos tsunamigénicos, de los cuales el más catastrófico fue el de 1906 que afectó a la naciente ciudad de Esmeraldas. Los eventos naturales mencionados justifican la necesidad de mitigar los daños que podrían causar tsunamis en nuestros balnearios, en especial a la población. Para esta investigación se seleccionó a las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, ya que un porcentaje importante de sus pobladores no tienen el tiempo necesario para salir de las zonas de riesgo. El presente trabajo se orientó a obtener un modelo de evacuación vertical a fin de salvaguardar la vida de sus habitantes y a realizar un análisis de vulnerabilidad que permita orientar acciones para una adecuada gestión del riesgo.

**Palabras clave:** Sismo, Tsunami, Riesgo, Evacuación, Vulnerabilidad.

## ABSTRACT

Ecuador is located in the "the Pacific Ring of Fire", one of the seismically most active areas of the planet. Approximately 50 kilometers offshore Ecuador, is located the oceanic trench, a place where two tectonic plates converge: the South America Plate with the Pacific Ocean plate, therefore this is the most important seismogenic source zone in South America. Earthquakes with seabed epicenters, cause abnormal movements of large masses of water that can be seen in the coasts as giant waves with enough energy to break through hundreds of meters onshore. This phenomenon is well known in Japan as "Tsunami". In Ecuador, from 1906 to date there have been at least 6 like tsunami events, of which the most devastating was in 1906 that affected the Esmeraldas coast. For this research we selected the cities of Salinas and Bahía de Caráquez, because a large percentage of its residents may not evacuate in time in a tsunami event. The present work has been aimed at obtaining a model of vertical evacuation in order to safeguard the lives of its inhabitants and vulnerability analysis, to guide actions for proper risk management.

**Key words:** Earthquake, Tsunami, Risk Assesment, Evacuation, Vulnerability.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sismos con epicentros en el fondo o lecho marino y relativamente superficiales; es decir, con hipocentros que no sobre pasen los 60 kilómetros de profundidad, ocasionan movimientos anormales de grandes masas de agua que se perciben en las costas como olas gigantes que se abaten sobre las playas con suficiente energía para irrumpir cientos de metros costa adentro.

Según el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), un tsunami de origen cercano es el más peligroso debido al escaso tiempo que las olas tardan en llegar a la costa desde su punto de origen, (entre 5 a 25 minutos, luego del sismo generador), por lo que el tiempo de reacción para las personas y entidades de socorro es muy corto.

Desde 1906 a la fecha, se han registrado al menos 6 eventos tsunamigénicos en las costas ecuatorianas con alturas promedio apenas superiores a los 2 metros, por lo que han pasado casi inadvertidas para la población, con excepción del gran tsunami de 1906 que afectó a la nascente ciudad de Esmeraldas, que según versiones de sus habitantes, prácticamente desapareció entre las turbulentas aguas<sup>1</sup>.

Para esta investigación se seleccionó a las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, ya que un porcentaje importante de sus pobladores no tienen el tiempo necesario para salir de las zonas de riesgo. El presente trabajo se orientó a obtener un modelo de evacuación vertical a fin de salvaguardar la vida de sus habitantes y a realizar un análisis de vulnerabilidad que permita orientar acciones para una adecuada gestión del riesgo.

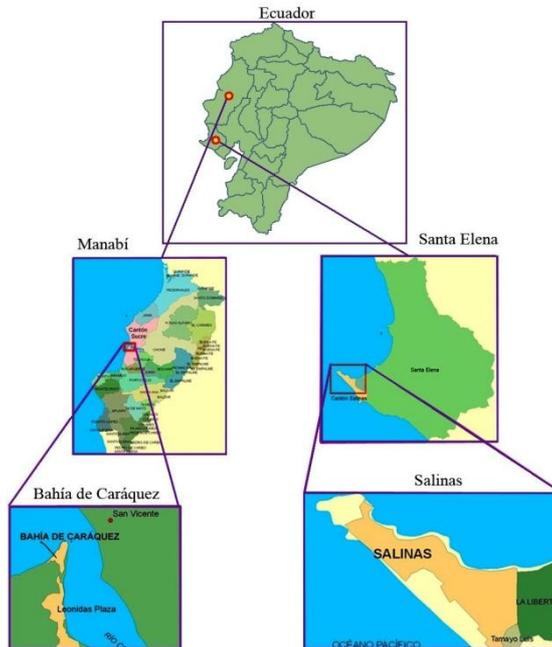
## 2. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El territorio de la costa posee gran riqueza natural al estar formada por valles y llanuras fértiles, colinas, cuencas sedimentarias y colinas de poca altitud acompañados de un clima cálido y vegetación exuberante; a su vez cuenta con 640 kilómetros de costa lo cual constituye un gran recurso de explotación turística ya que cuenta con balnearios y playas muy atractivos para los turistas nacionales e internacionales, de acuerdo a estas características se destacan las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas, hecho por el cual la población de estas, se incrementa ostensiblemente en época vacacional.

Las Ciudades de la costa ecuatoriana seleccionadas para esta investigación fueron Salinas, ubicada en la provincia de Santa Elena, coordenadas: 81° 0' 0' W y 2° 10' 49'' S y Bahía de Caráquez, en la provincia de Manabí, en las coordenadas 80° 25' 33' W y 0° 35' 55'' S. (Figura 1)

---

<sup>1</sup> Dirección Nacional de Defensa Civil, organismo de socorro del Ecuador, hasta el año 2008, año en el que fue reemplazada por la Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo.

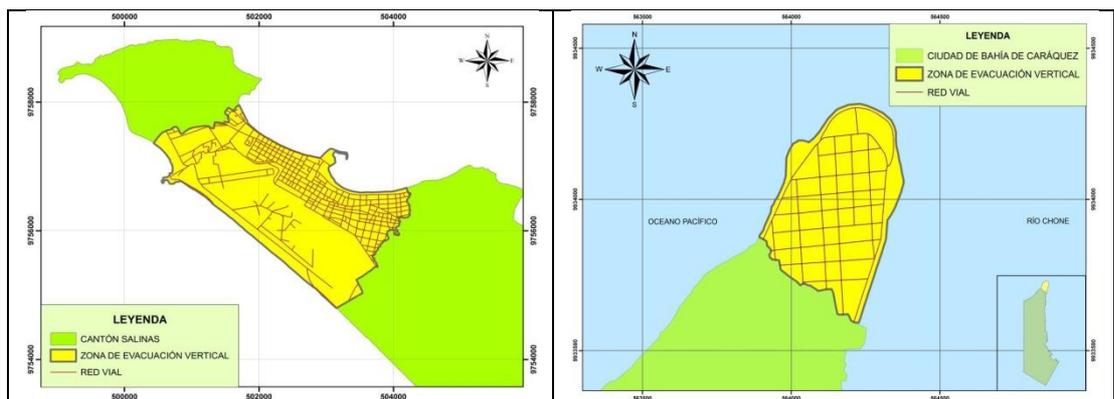


**Figura 1.** Ubicación de las zonas de estudio.

### 3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Se tuvo como insumo, las coberturas de áreas críticas (zonas donde la población no podrá evacuar a tiempo), de cada ciudad<sup>2</sup> (Figura 2). Dentro de éstas zonas se realizaron todos los procesos y análisis pertinentes para obtener las metas proyectadas.

El presente estudio se realizó sobre la base de la información obtenida de fuente primaria, es decir, todo el estudio se basó en la información recolectada en campo de los pobladores potencialmente afectados, además de la inspección visual realizada en cada una de las dos ciudades.



**Figura 2.** Áreas de estudio de Salinas y Bahía de Caráquez.

<sup>2</sup> Alvear J. *et al.* 2010

La metodología se divide en tres temáticas: sismo resistencia, vulnerabilidad y evacuación. Las mismas que contribuyen y se relacionan con la finalidad de obtener un Modelo de Evacuación Vertical, que tiene como objetivo principal salvar la mayor cantidad de vidas en las dos ciudades analizadas.

### 3.1 METODOLOGÍA SISMO RESISTENCIA

Para identificar las edificaciones sismo resistentes, fue necesario trasladarse a las ciudades objeto de esta investigación y realizar una inspección visual de las estructuras. Se procedió a configurar una ficha de información para la posterior interpretación y tabulación de datos, a continuación se presenta un ejemplo una ficha con los datos obtenidos en campo, (Figura 3).

| PHOENIX   | ESTE: 502941   | NORTE: 9756698 |
|---|--|----------------|
|  |  |                |
| <b>TIPO:</b> Edificio   | <b>FUNCIÓN:</b> Residencial  |                |
| <b>FORMA DE BASE:</b> Ovoide/Rectangular  | <b>PENDIENTE DE SUELO:</b> Plana   |                |
| <b>NÚMERO DE PISOS:</b> 11  | <b>PAREDES:</b> Hormigón Armado  |                |
| <b>EDAD:</b> 15 años  | <b>ESTADO:</b> Bueno   |                |
| <b>ENTREPISOS:</b> Hormigón Armado  | <b>TIPO DE CIMENTOS:</b> Concreto  |                |
| <b>NORMA SISMORESISTENTE:</b> SI  | <b>NIVEL DE PARQUEADEROS:</b> Subnivel   |                |
| <b>NIVEL DE INGRESO:</b> 1ero   | <b>NIVEL ULTIMO PISO:</b> 9no  |                |
| <b>PROPORCIÓN BASE/ALTURA:</b> Regular  |  |                |
| <b>OTROS ASPECTOS:</b>  |  |                |

**Figura 2.** Ficha de evaluación de estructuras.

A través de este proceso se identificaron, en ambas ciudades, las edificaciones que presentan características sismo resistentes. En Salinas se encontraron 12 edificios y en Bahía de Caráquez 9 edificios.

### 3.2 RESULTADOS SISMO RESISTENCIA

Los edificios identificados fueron sometidos a una discriminación, sobre la base de conceptos de ubicación, posicionamiento, fuentes peligrosas cercanas, espacio, accesibilidad y elevación<sup>3</sup>. Posterior a éste análisis se obtuvo los edificios idóneos para funcionar como puntos de seguridad hacia donde la población debe evacuar, (Figura 3).

<sup>3</sup> FEMA, 2008

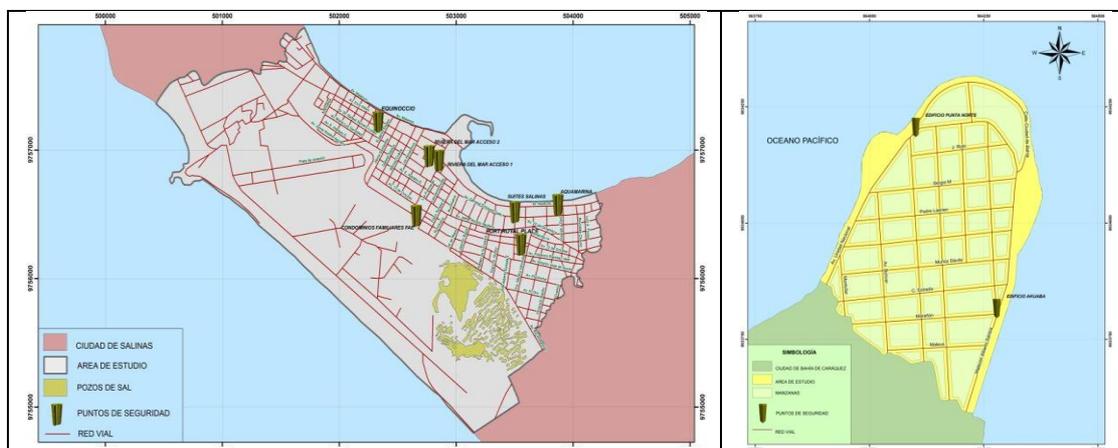


Figura 3. Puntos de seguridad de Salinas y Bahía de Caráquez.

### 3.3 METODOLOGÍA VULNERABILIDAD

Los tipos de vulnerabilidad considerados son: socioeconómica, infraestructura física, servicios básicos, servicios y organización comunitaria, vías de comunicación y percepción del riesgo, entendida, como la mayor o menor capacidad de reacción o respuesta de la comunidad ante un tsunami. Con la finalidad de obtener, homogenizar y sistematizar los datos de campo de una manera rápida, fue necesario diseñar una ficha de captura de información, con preguntas cerradas para facilitar la interacción entre encuestadores y encuestados y el posterior tratamiento de los datos.

Después de haber obtenido los datos a través de la fichas de captura de información, se procedió a crear una matriz de vulnerabilidad (Figura 4), en una hoja de cálculo, para tabular las respuestas y asignar pesos o ponderaciones según la respuesta obtenida.

| SOCIOECONOMICA  |                        |    |    |    |    |    |
|---|------------------------|----|----|----|----|----|
| PONDERACION   | CODIGO DE FICHA        | 1A | 2A | 3A | 4A | 5A |
| <b>Cuenta el barrio con casa comunal?</b>   |                        |    |    |    |    |    |
| 4   | NO                     | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 2   | SI                     | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA   |                        | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| <b>Existen dirigentes o presidentes barriales o comunales?</b>                      |                        |    |    |    |    |    |
| 4   | NO                     | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 2   | SI                     | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA   |                        | 2  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| <b>Existen áreas verdes y parques en su barrio?</b>                                 |                        |    |    |    |    |    |
| 0   | NO                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 0   | SI (amplio y adecuado) | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA   |                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <b>Que días a la semana son los más concurridos la zona turística de la ciudad?</b> |                        |    |    |    |    |    |
| 2   | LTN-VIE                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4   | FIN DE SEMANA          | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 5   | FERIADO                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA   |                        | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| <b>Que numero de personas aproximadamente visitan estas áreas a la semana?</b>      |                        |    |    |    |    |    |
| 1   | 0-50 PER               | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 2   | 50-100 PER             | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 3   | 100-200 PER            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4   | MAS 200 PER            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA   |                        | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  |

Figura 4. Fragmento de la matriz de vulnerabilidad.

Donde;

**A:** Tipo de vulnerabilidad para la amenaza de tsunami; **B:** Código de identificación de la ficha; **C:** Ponderación asignada a cada respuesta; **D:** Indicadores de vulnerabilidad; **E:** Respuestas de opción múltiple; **F:** Valor ponderado del indicador de vulnerabilidad.

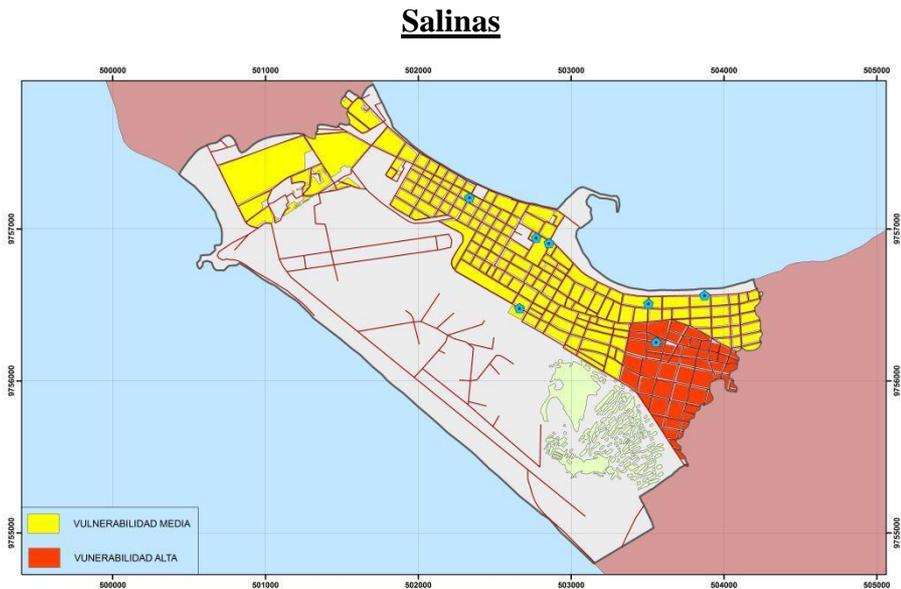
A cada opción de respuesta se le asignó un peso según el grado de influencia que ésta tenga ante la amenaza tsunami. Considerando la escala del trabajo, se clasificó a la vulnerabilidad cualitativa en 5 categorías, cada una de las cuales tiene su respectiva correspondencia cuantitativa porcentual, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Vulnerabilidades obtenidas.

| <b>VULNERABILIDAD CUALITATIVA</b> | <b>VULNERABILIDAD CUANTITATIVA (%)</b> |
|-----------------------------------|--|
| MUY ALTA                          | 100                                    |
| ALTA                              | 80                                     |
| MEDIA                             | 60                                     |
| BAJA                              | 40                                     |
| MUY BAJA                          | 20                                     |

### 3.4 RESULTADOS VULNERABILIDAD

La matriz de vulnerabilidad es el instrumento que permite realizar el análisis de vulnerabilidad y constituye la base para la obtención de los demás resultados. Se obtuvo 1 mapa de vulnerabilidad parcial para cada uno de los tipos de vulnerabilidades aplicadas y 1 mapa de vulnerabilidad total para cada ciudad.



**Figura 5.** Vulnerabilidad total de Salinas.

## Vulnerabilidad Media

La zona de Vulnerabilidad Media (Figura 5, en tonalidad amarilla), ocupa un área de 1,047km<sup>2</sup> que corresponde al 93% del área urbana. A continuación se describen los factores principales que le otorgan a esta zona una vulnerabilidad media:

- Social y económico: Los pobladores, en su mayoría, son empleados públicos, trabajadores del sector privado, pequeños y micro empresarios, militares, entre otros. Sus ingresos oscilan entre 300 y 600 dólares mensuales. Este estrato social es medianamente vulnerable ante cualquier evento negativo debido que son sujetos de crédito.
- Infraestructura: A lo largo del malecón de Salinas existen numerosos edificios de varios pisos de altura (generalmente 10 pisos), con departamentos particulares (muchos de ellos de lujo), la mayor parte del año permanecen deshabitados. En la zona central de la ciudad, existen construcciones que presentan un máximo de 3 pisos de altura con materiales de construcción resistentes, en buen estado, cubierta de asbesto - cemento o losa de concreto armado. Por esto, en caso de ocurrencia de inundación por tsunami no sufrirían mayores daños en sus sistemas estructurales.



Fotografía 1. Tipo de viviendas en la zona central de Salinas.

## Vulnerabilidad Alta

La zona de Vulnerabilidad Alta (Figura 5, en tonalidad naranja), ocupa un área de 0,269km<sup>2</sup> que corresponde al 7% del área urbana. A continuación se describen los factores principales que le otorgan a esta zona una vulnerabilidad alta:

- Económico y social: La principal actividad económica de los pobladores de esta zona se centra en el trabajo informal (pequeños comerciantes, pescadores, artesanos,

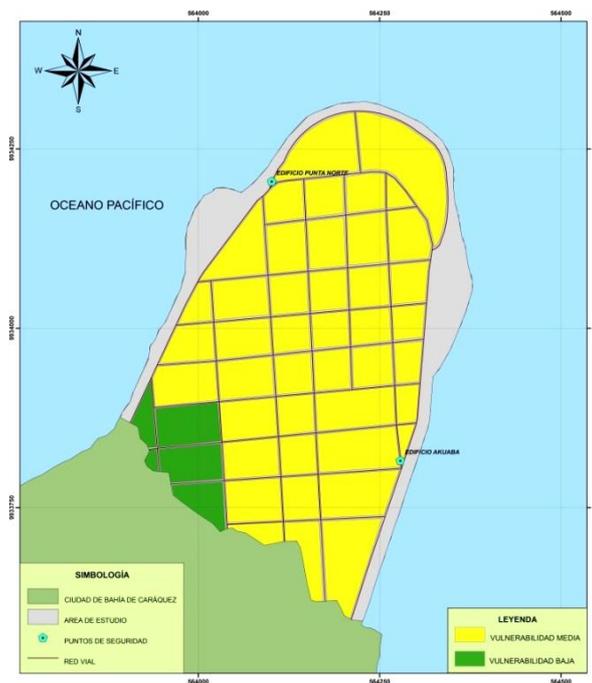
entre otros), los cuales conforman la clase social media – baja y baja. En lo social se evidenciaron altos niveles de consumo de alcohol, drogas, por lo que la zona se considera violenta y peligrosa.

- **Infraestructura:** Las viviendas son en su mayoría de uno o máximo dos pisos de altura, de materiales mixtos (madera y caña), sistema estructural de techos de vigas de madera o caña y cubierta de zinc y sistema de entresijos con entramado de madera, caña, regular estado de conservación (Fotografía 3). Por ello es evidente que al momento de producirse un sismo, estas viviendas podrían afectarse gravemente.



**Fotografía 2.** Construcciones mixtas y vetustas en la zona de alta vulnerabilidad.

### **Bahía de Caráquez**

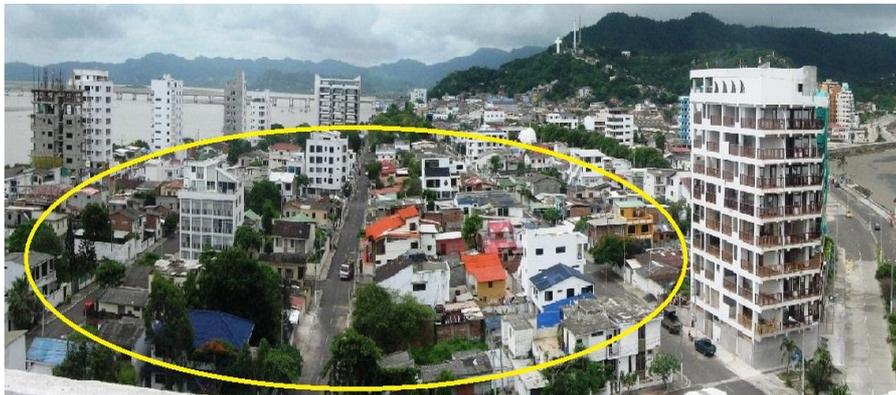


**Figura 6.** Vulnerabilidad total de Bahía de Caráquez.

## Vulnerabilidad Media

La zona de vulnerabilidad media (Figura 6, en tonalidad amarilla), ocupa un área de 0,132km<sup>2</sup> que corresponde al 92% del área total de estudio. A continuación se describen los factores principales que le otorgan a esta zona una vulnerabilidad media:

- **Infraestructura:** A lo largo del “Malecón Virgilio Ratti”, predominan los edificios de 9 pisos de altura (generalmente), con departamentos particulares (muchos de ellos de lujo). Hacia el centro del área de estudio existen edificaciones con una altura que oscila entre los 2 y 5 pisos, sistema estructural principal de concreto armado, entrepisos de concreto armado, techos con estructura metálica y cubierta de planchas de asbesto - cemento o losa de concreto armado, (Fotografía 4).



**Fotografía 4.** Zona central del área de estudio de Bahía de Caráquez.

- **Percepción del riesgo:** Se evidenció un alto grado de interés para participar en actividades de gestión de riesgos (simulacros, capacitaciones en autoprotección ciudadana), y, a la vez, un total desconocimiento e imprudencia en cuanto a las consecuencias que podría acarrear la ocurrencia de un tsunami. (Fotografía 5).



**Fotografía 5.** Personas divirtiéndose durante una marejada.

## Vulnerabilidad Alta

La zona de vulnerabilidad baja (Figura 6, en tonalidad verde), ocupa un área de 0,013km<sup>2</sup> que corresponde al 8% del área total de estudio. A continuación se describen los factores principales que le otorgan a esta zona una vulnerabilidad alta:

- Infraestructura: Existen construcciones con una altura que oscila entre los 2 y 5 pisos, sistema estructural principal de concreto armado, techos con estructura metálica y cubierta de planchas de asbesto - cemento o losa de concreto. En la zona Oeste del malecón se ha construido un muro de cemento armado en cuya base se ha colocado enrocado para protegerlo del oleaje (Fotografía 6).



Fotografía 6. Muro de protección.

- Servicios básicos: En la zona central, en su mayoría los habitantes cuentan con todos los servicios básicos disponibles, sin embargo, ésta zona, en particular, presenta problemas en cuanto a la cobertura de telefonía celular, además de presentar intermitencias en el servicio de agua potable, por lo que muchas de las viviendas se abastecen mediante cisternas (Fotografía 7) o pozos de agua.



Fotografía 9. Cisternas en la zona de vulnerabilidad baja.

### 3.5 METODOLOGÍA MODELO DE EVACUACIÓN

Se generaron los distintos escenarios de tiempo restando los tiempos de evacuación (ascenso a un edificio de 10 pisos), obtenidos por 4 sujetos de prueba con distintas condiciones físicas, sexo y edad de los tiempos calculados de llegada de la primera ola del tsunami<sup>4</sup>.

Sobre la base de tiempo de los escenarios obtenidos (Tabla 2), y a través de la utilización de herramientas del software Arcgis, versión 9.3, se obtuvieron las áreas de cobertura de evacuación (ACE), modelos de tiempos de movilización, accesibilidad y evacuación para cada ciudad, utilizando la metodología indicada (Figura 7).

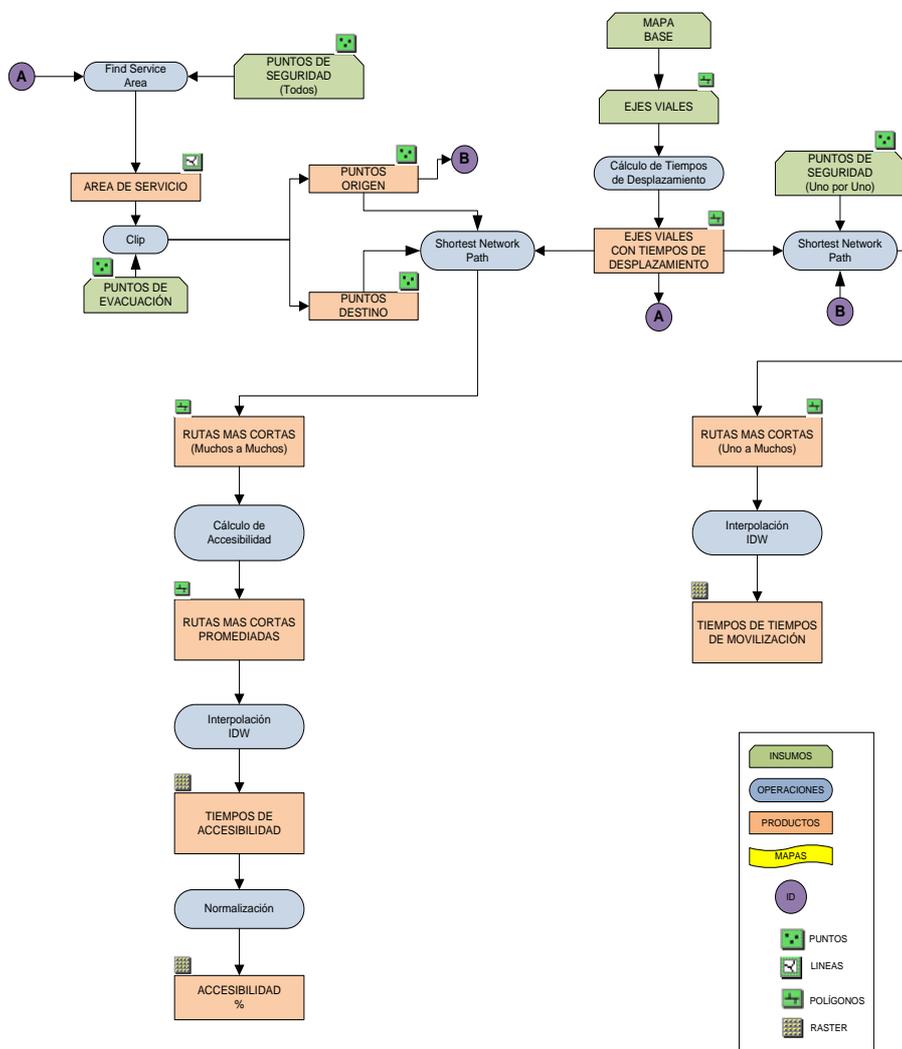


Figura 7. Metodología aplicada.

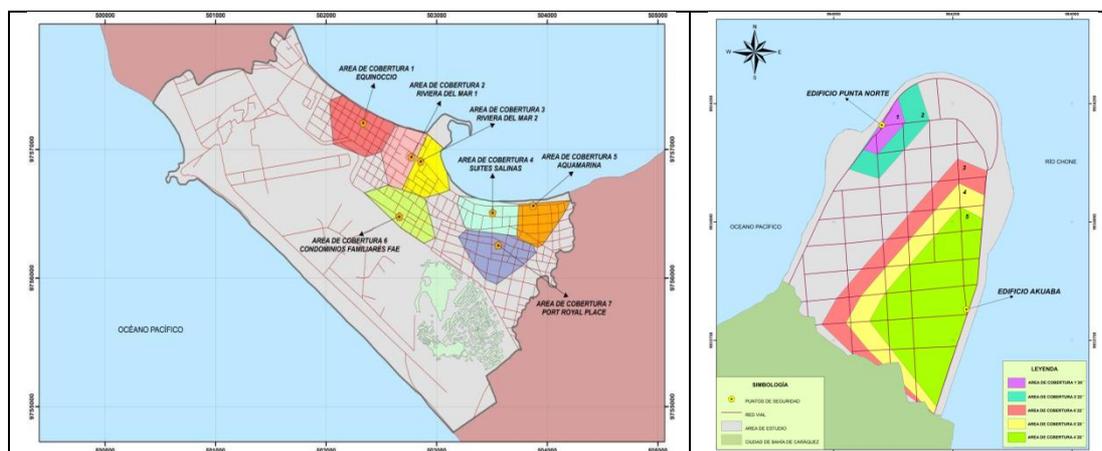
<sup>4</sup> Espinosa J. 1990.

**Tabla 2.** Tabla de escenarios para cada ciudad.

| CIUDAD            | ESCENARIO   | TIEMPO | (T) DECIMAL |
|-------------------|-------------|--------|-------------|
| SALINAS           | ESCENARIO 1 | 7'20'' | 7,33        |
|                   | ESCENARIO 2 | 8'22'' | 8,36        |
| BAHÍA DE CARÁQUEZ | ESCENARIO 1 | 0'20'' | 0,33        |
|                   |             | 4'20'' | 4,33        |
|                   | ESCENARIO 2 | 1'20'' | 1,33        |
|                   |             | 5'20'' | 5,33        |
|                   | ESCENARIO 3 | 2'22'' | 2,36        |
|                   |             | 6'22'' | 6,36        |

### 3.6 RESULTADOS MODELO DE EVACUACIÓN

#### 3.6.1 Áreas de Cobertura de Evacuación



**Figura 8.** Áreas de cobertura de las dos ciudades.

A partir de las áreas de cobertura de evacuación delimitadas y mediante el índice de densidad poblacional del área urbana de cada ciudad<sup>5</sup>, se obtuvo la cantidad de personas que podrían ser evacuadas y las que no tendrían opción de hacerlo. Salinas (Tabla 3), Bahía de Caráquez (Tabla 4).

**Tabla 3.** Cifras finales de evacuación de Salinas.

| TEMPORADA    | INDICADORES        | ESCENARIO 7'20'' | ESCENARIO 8'22'' |
|--------------|--------------------|------------------|------------------|
| ÉPOCA NORMAL | POBLACION TOTAL    | 2425             | 2425             |
|              | POBLACION EVACUADA | 1076             | 1261             |
|              | PERDIDAS HUMANAS   | 1350             | 1164             |
| ÉPOCA        | POBLACION TOTAL    | 4851             | 4851             |

<sup>5</sup> GADs de Salinas y Bahía de Caráquez, 2011.

|                   |                         |             |             |
|-------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| <b>VACACIONAL</b> | POBLACION EVACUADA      | 2151        | 2522        |
|                   | <b>PERDIDAS HUMANAS</b> | <b>2699</b> | <b>2329</b> |

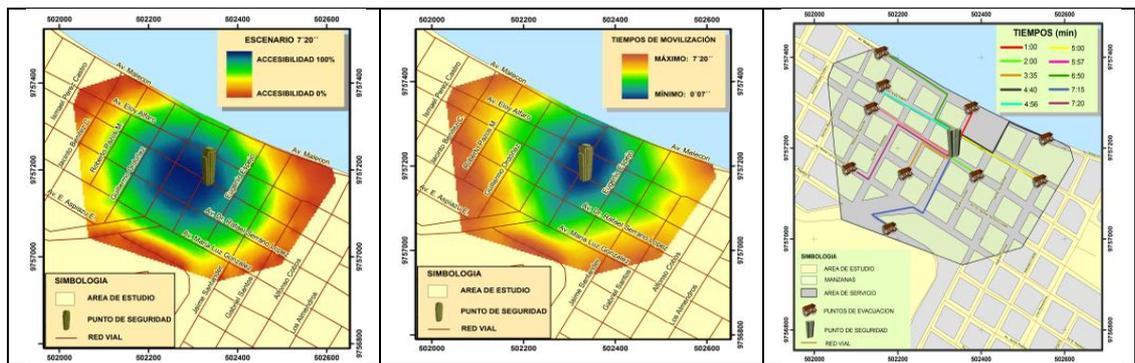
**Tabla 4.** Cifras finales de evacuación de Bahía de Caráquez.

| VALORES                 | ESCENARIO 1 | ESCENARIO 2 | ESCENARIO 3 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| POBLACION TOTAL         | 677         | 677         | 677         |
| POBLACION EVACUADA      | 159         | 237         | 343         |
| <b>PERDIDAS HUMANAS</b> | <b>518</b>  | <b>440</b>  | <b>334</b>  |

### 3.6.2 Modelo de Evacuación

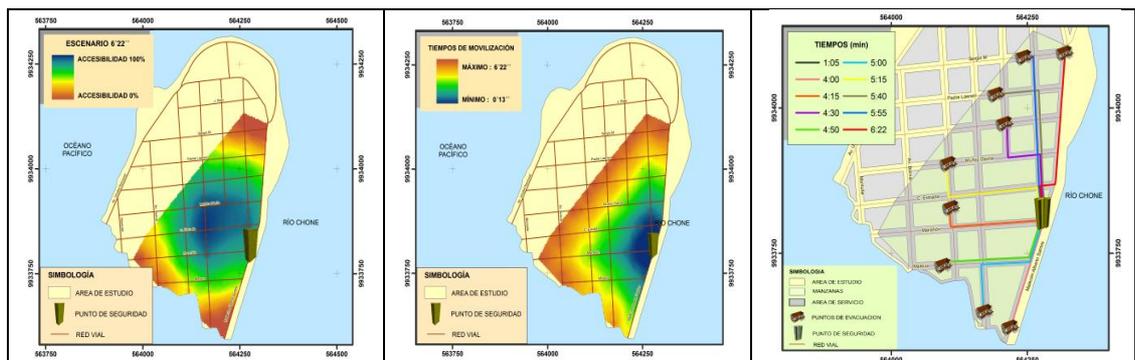
Se obtuvieron modelos de accesibilidad, tiempos de movilización y rutas de evacuación para cada área de cobertura de los puntos de seguridad en cada uno de los escenarios generados en ambas ciudades.

Se presenta el modelo de evacuación vertical del Edificio Equinoccio para el escenario más crítico (7'20''), correspondiente a la Ciudad de Salinas, (Figura 9)



**Figura 9.** Modelo de evacuación vertical para Edificio Equinoccio.

Se presenta el modelo de evacuación vertical del Edificio Akuaba de acuerdo al escenario de 6'22'', correspondiente a la Ciudad de Bahía de Caráquez, (Figura 10).



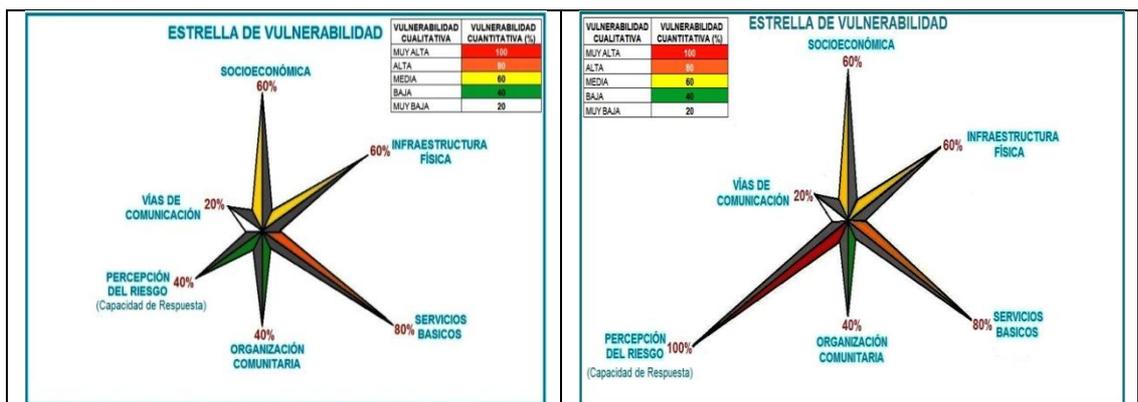
**Figura 10.** Modelo de evacuación vertical para Edificio Akuaba.

- **Accesibilidad:** Está expresada en porcentaje, en el modelo se representa con tonalidad azul la zona con un valor de accesibilidad del 100%, es decir, dentro de esa zona es más fácil trasladarse de un punto hacia cualquier destino, y en tonalidad roja se encuentran los porcentajes cercanos al 0% por lo tanto son las zonas más difíciles de acceder desde cualquier punto de evacuación.
- **Tiempos de Movilización:** Se representa a través del valor de tiempo que le lleva a una persona en trasladarse de un punto de evacuación hacia el punto de seguridad más cercano, como es lógico la zona con los tiempos de movilización más bajos es la directamente más cercana al punto de seguridad y viceversa los tiempos más altos se encuentran en los extremos más alejados del punto de seguridad.
- **Rutas de Evacuación:** Las rutas de evacuación óptimas (no necesariamente las más cortas), se las obtuvo a partir de la cobertura lineal de los tiempos de movilización. Con esta cobertura se puede obtener la ruta con su respectivo tiempo de movilización desde cualquier punto de evacuación hacia el punto de seguridad.

### 3.7 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

Se obtuvieron resultados de 6 tipos de vulnerabilidades: socioeconómica, infraestructura física, servicios básicos, servicios comunitarios, percepción del riesgo (conocimiento del medio, de los eventos negativos y capacidad de respuesta) y vías de comunicación y un modelo que predice los resultados e incidencias de una evacuación vertical en función de las variables que intervienen en la misma, considerando las particularidades de Salinas y de Bahía de Caráquez.

En la figura 11 se observan los distintos tipos de vulnerabilidades analizadas en cada ciudad y su nivel, expresado en porcentaje, frente a la amenaza tsunami.



**Figura 11.** Estrellas de Vulnerabilidad de Salinas y Bahía de Caráquez respectivamente.

Los resultados obtenidos permiten identificar a través del grado de vulnerabilidad, las fortalezas y debilidades de la población residente en las áreas de estudio, además, con los modelos de accesibilidad, movilización y rutas de evacuación se pueden

identificar las zonas que presentan más facilidades para la consecución de una evacuación rápida y ordenada. Todos en conjunto constituyen los insumos básicos para un Plan de Gestión de Riesgos o de Contingencia, que, con el aporte de esta investigación, deberían realizar los Organismos de Socorro y Respuesta tanto públicos como privados.

#### 4. CONCLUSIONES

- Para los fines de esta investigación se consideró el peor escenario a ocurrir, a fin de incorporar variables que incluyan las condiciones más desfavorables que puedan presentarse, para tener un mayor margen de seguridad que permita salvar la mayor cantidad de vidas humanas.
- El análisis de vulnerabilidad realizado en las áreas de estudio correspondientes a las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, dio como resultado para la población de Salinas una vulnerabilidad media – alta; para Bahía de Caráquez la vulnerabilidad es media – baja para misma amenaza, (inundación por tsunami).
- De acuerdo a los mapas de accesibilidad y tiempos de movilización obtenidos para ambas ciudades, quienes habitan en las áreas más cercanas a los puntos de seguridad tienen más probabilidad de alcanzar los puntos de seguridad considerando los factores tiempo, impedancia y accesibilidad (dependiendo de las condiciones de la red vial).
- Con los modelos y coberturas obtenidos para las dos ciudades, se puede obtener la ruta y tiempos óptimos desde cualquier lugar dentro del área de cobertura de evacuación (ACE) hacia el punto de seguridad.

#### 5. RECOMENDACIONES

- El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), debería realizar un modelo matemático que arroje los tiempos de llegada de la primera ola de un tsunami, a las costas de los puertos considerados estratégicos (Esmeraldas, Bahía de Caráquez, Manta) por consideraciones turísticas, económicas, entre otras, tomando en cuenta varios escenarios o localizaciones epicentrales de sismos tsunamigénicos.
- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) de ambas ciudades, a través de ordenanzas municipales, deberían exigir, incorporar en planos y diseños, modificaciones en los emplazamientos, escaleras y accesos inferiores de los edificios a construirse, e igualmente, exigir modificaciones en los edificios existentes a fin de mejorar los accesos a los mismos y a los pisos superiores y terrazas.
- Se recomienda que la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos a través de las instituciones de educación superior, realizar estudios de esta índole utilizando

escalas de detalle, de preferencia a nivel catastral, con la finalidad de que en un solo mapa se puedan representar las rutas de evacuación óptimas conjuntamente con su valor de movilización y accesibilidad.

- El Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, a través de la ESPE, socialicen este estudio en las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, a través de las capitanías de puerto y de las unidades gestión de riesgo que funcionan en los GAD's, para disminuir las vulnerabilidades detectadas y optimizar las capacidades de respuesta y atención de la población y entidades de socorro, respectivamente.

## 6. RECOMENDACIONES

- Alvear, J. Accesibilidad y Modelo de Evacuación para Salinas y Bahía de Caráquez. Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 2010.
- 
- Alvaro, S. Conceptos Sobre Riesgo, Comisión Nacional de Actividades Espaciales. Argentina, 2008.
- 
- Salazar O; Luis C; Luis M. Gestión Comunitaria de Riesgos, Manual No. 2. Perú, 2002.
- 
- Wilches – Chaux, G. Desastres, Ecologismo y Formación Profesional: Herramientas para la Crisis. Servicio Nacional de Aprendizaje. Colombia, 1989.
- 
- INGEOMINAS. Memoria Explicativa del Mapa de Zonificación Geotécnica por Licuación del Área Urbana del Municipio de Tumaco y sus Zonas Aledañas. Colombia, 2003.
- EPN, UNESCO. Terremoto de Bahía de Caráquez Lecciones por Aprender. Ecuador, 1998.
- PNUD. Propuesta Metodológica de Análisis de Vulnerabilidades. Ecuador, 2012.
- FEMA. Guía para el Diseño de Estructuras para Evacuación Vertical. Estados Unidos, 2008.
- Padilla, O. Análisis y Representación de Tiempos de Evacuación en el Valle de Los Chillos frente a una Eventual Erupción del Volcán Cotopaxi. Ecuador, 2006.
- Maskrey A. (Compilador). Los Desastres No son Naturales. La Red, 1993.
- Fernández, A. (Compiladora). Ciudades en Riesgo, Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres. La Red, 1996.
- Lavell, A. (Compilador). Viviendo en Riesgo, Comunidades Vulnerables y Prevención de Desastres en América Latina. La Red, 1997.
- Wilches – Chaux, G. Auge, Caída y Levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y Soldador o Yo voy a Correr el Riesgo. La Red, 1998.