



**Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, sismo y tsunami, en San
Cristóbal (Galápagos), para la implementación de sistemas fotovoltaicos en
edificaciones existentes**

Palacios Hidalgo, Jorge Marcelo

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil

PhD. Haro Báez, Ana Gabriela

25 de enero del 2023

Herramienta de similitud de contenidos

25/1/23, 11:15

CONTROL 2

Originality report

COURSE NAME

REVISION TESIS



STUDENT NAME

JORGE MARCELO PALACIOS HIDALGO

FILE NAME

JORGE MARCELO PALACIOS HIDALGO - TESIS.GoogleDocs

REPORT CREATED

Jan 25, 2023

Summary

Flagged passages	6	0.7%
Cited/quoted passages	2	0.3%

Web matches

docplayer.es	1	0.2%
elecgalapagos.com.ec	2	0.2%
gadsantacruz.gob.ec	1	0.2%
nuestroclima.com	1	0.1%
mordorintelligence.com	1	0.1%
galapagossancristobal.com	1	0.1%
slideshare.net	1	0.1%

Certificación

1



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera De Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: “Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, sismo y tsunami, en San Cristóbal (Galápagos), para la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificaciones existentes” fue realizado por el señor *Palacios Hidalgo, Jorge Marcelo*; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de enero del 2023

Firma:



Ing. Ana Gabriela Haro Báez, PhD

C.C.1713500302



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera De Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Yo, **Palacios Hidalgo, Jorge Marcelo**, con cédula de ciudadanía n°1719901959, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, sismo y tsunami, en San Cristóbal (Galápagos), para la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificaciones existentes** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 25 de enero del 2023

Firma:

Jorge Marcelo Palacios Hidalgo

C.C.1719901959



Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Carrera De Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Palacios Hidalgo, Jorge Marcelo**, con cédula de ciudadanía n°1719901959, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales, sismo y tsunami, en San Cristóbal (Galápagos), para la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificaciones existentes"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de enero del 2023

Firma:

Jorge Marcelo Palacios Hidalgo

C.C.: 1719901959

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se los dedico: A mis padres, gracias por confiar siempre en mí y guiarme por el camino del bien. A mis hermanos, por estar en cada momento de mi vida los amo.

Palacios Hidalgo Jorge Marcelo

Agradecimientos

A Dios, por darme la fortaleza y guiarme a ser un mejor hijo.

A mis padres, Madre Inés gracias por nunca dejarme rendir, me das fuerzas siempre, Padre nunca me has dejado que me falte nada y me has guiado, que con trabajo todo se logra, los amo mucho estoy muy agradecido por tenerlos en estos momentos conmigo.

A mis hermanos, Edison me das un punto de vista diferente en la vida, interesante, que la vida hay que lucharle y sobre todo disfrutarla, Anita eres la persona más respetable, luchadora y que no se rinde ante nada, una guía en mi vida, los amo y estoy siempre para ustedes.

A mi primo, Jefferson Tapia, estas preocupado de mi vida, presente en mis problemas y alegrías sigue siempre siendo el hombre que eres.

A la ing. Ana Gabriela Haro Ph.D. por su ayuda incondicional en mi trabajo de titulación.

A la ing. Maribel Aldás Vaca Mgs. por ayudarme hasta el último momento de mi titulación.

Palacios Hidalgo Jorge Marcelo

Índice de contenidos

Herramienta de similitud de contenidos	2
Certificación	4
Responsabilidad de autoría.....	5
Autorización de publicación.....	5
Resumen	18
Abstract.....	19
Capítulo I	20
Generalidades.....	20
Introducción.....	20
Antecedentes	21
Expansión del Sistema Fotovoltaico Edificio Matriz ELECGALAPAGOS	22
Planteamiento del problema	23
Macro.....	23
Meso.....	23
Micro.....	24
Área de influencia.....	24
Área de Intervención.....	25
Justificación e importancia.....	25
Objetivos generales y específicos	26
Objetivo general.....	26
Metas.....	26
Hipótesis	27

	10
Desarrollo de la investigación.....	27
Capítulo 2	28
Marco teórico	28
Formación de las islas Galápagos	28
La tectónica de placas	28
Tipos de límite de placas	29
Cinturón de fuego del Pacífico	31
Terremoto	32
Parámetros asociados a terremotos.....	33
Tsunamis	34
Características físicas de los tsunamis	35
Fundamentos teóricos.....	35
Amenaza de sismo y tsunami	35
Amenazas históricas en Ecuador continental y Galápagos	36
Amenazas de sismo y tsunami.....	39
Amenaza Tsunamis histórico registrados en Galápagos.....	40
Efectos del tsunami en Isla San Cristóbal	41
Vulnerabilidad	42
Método FEMA P-154	43
Espectro de aceleraciones.....	44
Tipo de ocupación.....	46
Irregularidades.....	48

Tipología del sistema estructural.....	48
Consideraciones de refugio por elevación de inundaciones por tsunami	50
Energía Fotovoltaica	51
Tipos de paneles fotovoltaicos	54
Referente Japón	55
Ciudad inteligente	57
Capítulo 3	58
Caracterización del área de estudio	58
Localización geográfica:.....	58
Población Total Cantonal	58
Geografía física	59
Condición topográfica	60
Amenazas en el cantón San Cristóbal.....	60
Registro de desastres	60
Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica	61
La aceleración máxima del terreno o aceleración pico	61
Evaluación de la vulnerabilidad tsunami	65
Introducción	65
Área de estudio.....	66
Metodología: simulación numérica.....	67
Inundación por tsunami.....	68
Capítulo 4	70

	12
Metodología	70
Tipos de Investigación	70
Diseño de investigación	70
Fuentes de información.....	71
Población y muestra	71
Diseño de la muestra	71
Técnicas, Instrumentos y procedimientos	72
Entrevista semiestructurada.....	72
Procedimiento.....	75
Procesamiento y análisis de información	75
Capítulo 5	76
Resultados y análisis de la investigación	76
Clasificación de las viviendas de acuerdo con el número de pisos	76
Clasificación de las estructuras de acuerdo con el año de su construcción	77
Clasificación de las estructuras de acuerdo con el código de construcción	77
Clasificación de estructuras de acuerdo con la presencia de una construcción adicional	79
Clasificación de las estructuras según su ocupación	80
Clasificación de las estructuras según el riesgo geológico (Deslizamiento)	80
Clasificación por proximidad entre estructuras	82
Golpeteo potencial	82
Riesgo de caídas estructuras adyacentes.....	83
Clasificación por irregularidades en las estructuras	83
Clasificación de posibles peligros no estructurales	85

Clasificación de viviendas que requieren una evaluación no estructural detallada	86
Clasificación de los tipos de estructuras	87
Clasificación de las estructuras según su límite.....	88
Inundación por tsunami	90
Implementación paneles fotovoltaicos	92
Conclusiones	98
Recomendaciones	101
Bibliografía.....	103
Apéndices	108

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Base de datos de las amenazas tsunami que afectaron a Ecuador</i>	36
Tabla 2 <i>Coeficientes del espectro elástico de diseño</i>	45
Tabla 3 <i>Categorías de ocupación del manual</i>	47
Tabla 4 <i>Irregularidades según el Manual</i>	48
Tabla 5 <i>Velocidad de onda de corte</i>	61
Tabla 6 <i>Coeficientes NEC (2015)</i>	62
Tabla 7 <i>Criterios de determinación de la Región Sísmica</i>	64
Tabla 8 <i>Población urbana total de estructuras de Puerto Baquerizo Moreno</i>	71
Tabla 9 <i>Parámetros de la muestra</i>	72
Tabla 10 <i>Clasificación de las viviendas conforme el número de pisos</i>	76
Tabla 11 <i>Clasificación estructural de acuerdo con el año de construcción</i>	77
Tabla 12 <i>Clasificación estructural de acuerdo al código de construcción</i>	78
Tabla 13 <i>Estructuras que presentan construcción adicional</i>	79
Tabla 14 <i>Clasificación de estructuras conforme su ocupación</i>	80
Tabla 15 <i>Clasificación de estructuras por riesgo geológico</i>	81
Tabla 16 <i>Número total de edificaciones con potencial golpeteo</i>	82
Tabla 17 <i>Edificaciones con riesgo de caída de edificaciones adyacentes</i>	83
Tabla 18 <i>Irregularidades en elevación</i>	84
Tabla 19 <i>Irregularidades en planta</i>	84
Tabla 20 <i>Número total de casas con posibles peligros no estructurales</i>	85
Tabla 21 <i>Clasificación de las estructuras</i>	86
Tabla 22 <i>Clasificación estructural según su tipología</i>	87
Tabla 23 <i>Clasificación de las estructuras según su vulnerabilidad</i>	89
Tabla 24 <i>Clasificación de las estructuras según su vulnerabilidad</i>	91
Tabla 25 <i>Potencia total consumida por día por familia para una vivienda de 1 piso</i>	93

Tabla 26 Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de un piso	94
Tabla 27 Potencia total consumida por día por familia	94
Tabla 28 Cantidad de paneles y área solicitadas.....	95
Tabla 29 Potencia total consumida por día por familia.....	95
Tabla 30 Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de dos pisos (Dos familias	96

Índice de figuras

Figura 1 <i>Ubicación de zona de estudio. Limite cantonal de la provincia de Galápagos</i>	25
Figura 2 <i>Límite de Placa Destructivo o Convergente</i>	29
Figura 3 <i>Límite divergente o constructivo</i>	30
Figura 4 <i>Límite Transformante o lateral</i>	30
Figura 5 <i>Diagrama de proceso de formación</i>	31
Figura 6 <i>Cinturón de Fuego del Pacífico</i>	32
Figura 7 <i>Origen de un sismo</i>	33
Figura 8 <i>Cuadro comparativo entre escalas de Intensidad y Magnitud</i>	34
Figura 9 <i>Parámetros físicos de Tsunami</i>	35
Figura 10 <i>Históricos Sismos en Galápagos</i>	40
Figura 11 <i>Distribución de la energía del tsunami</i>	41
Figura 12 <i>Representación de la elevación</i>	42
Figura 13 <i>Espectro Elástico de Diseño</i>	45
Figura 14 <i>Resultados de viviendas</i>	49
Figura 15 <i>Tipología del sistema estructural</i>	49
Figura 16 <i>Recomendaciones de refugio vertical ante tsunami</i>	50
Figura 17 <i>Balance neto de energía de paneles fotovoltaicos</i>	54
Figura 18 <i>Ciudad Inteligente Sostenible de Fujisawa</i>	57
Figura 19 <i>Ubicación de zona de estudio</i>	58
Figura 20 <i>Distribución relativa de población de los censos</i>	59
Figura 21 <i>Topografía Puerto Baquerizo Moreno</i>	60
Figura 22 <i>Espectro Elástico de Diseño NEC-2015</i>	63
Figura 23 <i>Espectro Máximo Considerado</i>	63
Figura 24 <i>Formulario nivel 1</i>	65
Figura 25 <i>Área de estudio en Puerto Baquerizo Moreno</i>	67

Figura 26 Mapa de inundación por tsunami del Puerto Baquerizo Moreno.....	68
Figura 27 Niveles de inundación para el mapa de inundación.....	68
Figura 28 Mapa de inundación	69
Figura 29 Archivo físicos Departamento de catastros Gad San Cristóbal.....	74
Figura 30 Clasificación de las edificaciones	76
Figura 31 Clasificación de viviendas	77
Figura 32 Clasificación de viviendas de acuerdo al código.....	78
Figura 33 Implementación de estructuras adicionales a la original	79
Figura 34 Clasificación de las estructuras según ocupación.....	80
Figura 35 Clasificación de las estructuras por riesgo geológico	81
Figura 36 Golpeteo Potencial entre edificaciones.....	82
Figura 37 Riesgo de caída estructura más alta	83
Figura 38 Estructuras con irregularidad en elevación.....	84
Figura 39 Estructuras con irregularidad en planta	85
Figura 40 Clasificación de las estructuras	86
Figura 41 Clasificación de las estructuras	87
Figura 42 Clasificación estructural según su tipología.....	88
Figura 43 Clasificación de las estructuras según su límite	89
Figura 44 Puntos analizados implantados en el mapa de inundación.....	90
Figura 45 Separación mínima entre paneles.....	97

Resumen

San Cristóbal una isla de Galápagos, que se encuentra en una zona de alta vulnerabilidad, debido a su ubicación en la región de subducción de la Placa Nazca. Por esta razón, la isla está expuesta a terremotos de intensidad moderada a fuerte y a la amenaza de tsunami generados por el movimiento de la placa tectónica mencionada (Toulkeridis, 2011).

La presente investigación evaluó el grado de vulnerabilidad sísmica de 306 estructuras construidas en la parroquia de Puerto Baquerizo de San Cristóbal. Para ello, se aplicó el formulario de detección visual rápida, con base en el método FEMA P-154. Como resultado, se determinó que 301 estructuras (98 %) de las estudiadas no superaron el límite ≥ 2 . Adicionalmente, se evaluó la evacuación vertical en caso de tsunami, por medio del uso del método FEMA P-646. Se identificó que 20 construcciones del total de la muestra analizada, que se encontraron en la zona de inundación. Como resultado, el 80 % de las edificaciones son aptas para la puesta en funcionamiento de sistemas fotovoltaicos en la zona de nivel de altura de inundación de 2 metros.

Para finalizar, Se realizó una implementación de paneles fotovoltaicos en edificaciones de pórtico de hormigón con mampostería confinada sin refuerzo de 1 y 2 pisos con un área de 100m².

En conclusión, para minimizar el riesgo y garantizar la seguridad de las edificaciones y los sistemas fotovoltaicos en caso de sismos o tsunami, es recomendable realizar una evaluación detallada de la vulnerabilidad de la zona y de las edificaciones existentes, y tomar medidas preventivas adecuadas.

Palabras clave: amenazas naturales, vulnerabilidad sísmica y tsunami, fotovoltaicos.

Abstract

San Cristóbal is one of the islands of the Galapagos archipelago that is highly vulnerable to earthquakes and tsunamis due to its location in the subduction region of the Nazca Plate. This means that the island is exposed to moderate to strong earthquakes and the threat of tsunamis generated by the movement of the tectonic plate in the subduction zone (Toulkeridis, 2011).

The present investigation evaluated the degree of seismic vulnerability of 306 structures built in the parish of Puerto Baquerizo Moreno on the island of San Cristóbal. For this purpose, the Rapid Visual Seismic Vulnerability Screening Form for Buildings was applied, based on the FEMA P-154 method. As a result, it was determined that 301 structures (98 %) of those studied did not exceed the limit ≥ 2 . In addition, vertical evacuation in case of tsunami was evaluated using the FEMA P-646 method. It was identified that 20 buildings of the total sample analyzed were located in the inundation zone. As a result, 80% of the buildings are suitable of photovoltaic systems in the 2-meter flood level zone.

Finally, an implementation of photovoltaic panels was carried out in buildings of concrete portico with confined masonry without reinforcement of 1 and 2 floors with an area of 100m².

In conclusion, to minimize the risk and ensure the safety of buildings and photovoltaic systems in case of earthquakes or tsunami, it is advisable to conduct a detailed assessment of the vulnerability of the area and existing buildings, and take appropriate preventive measures.

Key words: natural hazards, seismic and tsunami vulnerability, photovoltaic.

Capítulo I

Generalidades

Introducción

La investigación tiene el propósito de evaluar la vulnerabilidad ante amenazas naturales como sismos y tsunamis en San Cristóbal (Galápagos), para la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificaciones existentes. Debido a la peculiar ubicación geográfica del territorio ecuatoriano, los factores geológicos y tectónicos provocan erupciones volcánicas, terremotos y tsunamis que afectan a las diversas zonas del país y, sobre todo, a las más cercanas al mar. Estos eventos han tenido resultados devastadores para todo el territorio ecuatoriano en diferentes niveles, ya que su carácter destructivo ha provocado desequilibrios socioeconómicos muy severos que han tenido consecuencias a largo plazo.

Por otra parte, el crecimiento poblacional e infraestructura irracional y desordenada han creado estructuras muy vulnerables frente a los peligros naturales a los que están expuestos. Al respecto, esta investigación se enfocará en factores geológicos de sismo regional y su afectación a la isla San Cristóbal, también a sismos ocasionados en el Cinturón de Fuego y los tsunamis provocados por efecto de este movimiento telúrico.

A continuación, se resume el proceso que se desarrolló para la evaluación de amenazas naturales en San Cristóbal para la implementación de sistemas fotovoltaicos en edificaciones existentes. Para ello, se indagó sobre el historial de desastres naturales en la zona y los datos geológicos y sismológicos disponibles.

En segundo lugar, se realizó un análisis del estado actual de las edificaciones con la evaluación de la metodología FEMA. Esta herramienta permite determinar si las construcciones seleccionadas para el estudio cumplen con los requisitos de resistencia y durabilidad necesarios para soportar los efectos de las amenazas. En este estudio, se aplicaron los métodos FEMA - 154 y FEMA- 646. Finalmente, se llevó a cabo la evaluación del nivel de vulnerabilidad de las

edificaciones. Con esos resultados, se estableció si las construcciones analizadas son adecuadas para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Antecedentes

La planificación del trazado urbano y la respuesta a los diferentes eventos naturales es fundamental para prevenir los desastres naturales. Por lo general, los estudios sobre riesgos en la construcción, se focalizan en la atención de la emergencia. Sin embargo, es necesario contemplar las estrategias de prevención como complemento a las medidas de reacción frente al desastre. Entonces, para determinar el riesgo, se deben comprender los peligros (amenazas) y las vulnerabilidades de la estructura (Augusti, Borri y Niemann, 2001). Con esta herramienta se puede elaborar normas de planeamiento urbano que reconozcan zonas de asentamiento humano e infraestructura adecuada, además de brindarle a la población información adecuada (Gonzalez de Paz et al., 2015).

Con frecuencia, se cree que un desastre es el resultado de solo eventos naturales (por ejemplo, una erupción volcánica, corrientes de viento o sismos). Sin embargo, los asentamientos humanos no consideran estos factores de peligro al momento de la construcción de las infraestructuras, por lo que tienen altos grados de vulnerabilidad. En ese sentido, es común evidenciar un alto porcentaje de pérdidas, las cuales se producen por la mala ubicación y diseño de las viviendas y obras de infraestructura. No obstante, una construcción adecuada y planificada reduce el riesgo de estos fenómenos naturales (Alcántara-Ayala, 2002).

Este problema surge a raíz de la suma entre la falta de regulación, y problemáticas sociales y económicas que afectan al sector. La combinación de vulnerabilidades físicas y sociales crea riesgo (Nájeras, 2005). Para definir este concepto, se consideran tres elementos básicos que se resumen en esta fórmula: $\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} \times \text{Exposición} \times \text{Amenaza}$ (Lerner-Lam, 2007).

También lo hacen la gravedad de los daños, las pérdidas económicas y las muertes en relación con la importancia de la preparación de la comunidad. Esto significa cumplir con las

ordenanzas de ordenamiento territorial, así como implementar diseños de edificación resistentes (Bruneau et al., 2003).

En las islas Galápagos existe un alto riesgo de desastres de origen natural, como: vientos, tsunamis, inundaciones por el evento de El Niño, sequías, erupciones por su condición de islas volcánicas, entre otras. Este trabajo se enfocará en el estudio de la amenaza sísmica y de tsunami (GADM San Cristóbal, 2020). Al respecto, según estudios y simulaciones realizadas en un escenario de terremoto y tsunami MW 8.4 producido en el Ecuador continental como escenario más cercano a las islas, la población podría evacuar en un tiempo de tres horas, antes de ser alcanzados por la primera ola del tsunami (INOCAR, 2022).

Por tanto, el cantón San Cristóbal, por su origen tectónico y volcánico está expuesto a amenaza por tsunami, debido a la sismicidad y a la activación de volcanes en el Cinturón del Pacífico. La zona es altamente sísmica, pero los movimientos telúricos de esta área se caracterizan por ser de magnitudes moderadas. Como consecuencia, nunca se ha presentado un sismo de intensidad mayor o igual a VIII (destrucción de construcciones, derrumbe de muros de piedra, deslizamientos pequeños de laderas, grietas de varios centímetros, miedo y pánico general por movimiento (INOCAR, 2022).

Expansión del Sistema Fotovoltaico Edificio Matriz ELECGALAPAGOS

En San Cristóbal se han realizado trabajos previos sobre la aplicación de sistemas fotovoltaicos como una medida de prevención frente a los riesgos naturales que enfrenta la isla. Al respecto, la Empresa Eléctrica Galápagos desarrolló un proyecto fotovoltaico (1MW F.V/2,2 MW Almacenamiento de Energía), que tuvo una inversión de USD 6,8 millones y se concretó gracias a la cooperación de la empresa coreana KIAT. El proyecto inició su fase experimental en octubre de 2021 y generó 157,16 MW hasta el fin de ese año (ELECGALAPAGOS S.A., 2021, p. 1).

A más de ello, se inició el proceso para la incorporación de un sistema de micro generación fotovoltaica de 26,28 KW en el Edificio Matriz de ELECGALAPAGOS en San

Cristóbal. Este sistema servirá de base para la implementación del proyecto de edificio inteligente. Adicionalmente, el sistema de micro generación que se instaló en el edificio sede de ELECGALAPAGOS en San Cristóbal, generaría aproximadamente el 80% de la demanda energética del edificio, lo que equivale a 36,5 MW. De esta manera, se evitan 2.518,98 galones de diésel y se evita que se liberen 23,07 toneladas de dióxido de carbono al año. El presupuesto para la adquisición de equipamiento es de USD 104 955 sin contar los impuestos (ELECGALAPAGOS S.A., 2019).

Frente a este escenario y en consideración sobre el nivel de riesgo de la zona, este estudio se desarrolla con la finalidad de conocer el nivel de vulnerabilidad existente del cantón Santa Cristóbal. Así el objetivo es evaluar el riesgo de las edificaciones del área descrita, con el fin de determinar la factibilidad de la instalación de paneles fotovoltaicos.

Planteamiento del problema

Macro

“La energía es vital para nuestra propia existencia como seres vivos. Pero desde que aprendimos a generarla, almacenarla, moverla y usarla, la energía también se ha convertido en un motor clave del desarrollo. Está presente todos los días y todas las noches”(RICYT,2022) .

En esta línea, la energía solar fotovoltaica se ha convertido en un mercado consolidado que ha tenido un crecimiento durante el periodo de 2010-2016. Al respecto, Correia et al., comentan que en esos años: “la tasa de crecimiento global de las instalaciones fotovoltaicas fue del 40 %, una cifra que supera con creces la de otros sectores de la industria tecnológica” (Correia et al., 2018, p.2).

Meso

Hasta 2017, el 2.7% de la población de Ecuador no tenía acceso a la electricidad. Muchas personas todavía no tienen acceso a la electricidad en el mundo moderno. Esto se debe a que muchos lugares son de difícil acceso y tienen terrenos difíciles. Al cambiar a paneles solares, más personas tendrían acceso a la electricidad (Huiracocha, 2018).

Micro

La ubicación geográfica de las Islas Galápagos es un factor de riesgo en sí mismo, debido a que es proclive a experimentar amenazas como sismos, vientos, tsunamis, e inundaciones, las cuales suceden en el océano Pacífico. Pese a no tener una fuente cercana para la generación de sismos-tsunamis, el área de las islas está dentro de la ruta obligatoria de los tsunamis que transitan por el océano (Rentería et al., 2012). En ese sentido, los terremotos del 28 de febrero del 2010 y el 11 de marzo del 2011, de 8,8 y 9,0 puntos dentro de la escala de momento sísmico, respectivamente, provocaron tsunamis que afectaron a las islas. (Lynett et al., 2013).

A más de ello, este factor de riesgo debe ser considerado al momento de diseñar proyectos de implementación de energía solar en las islas. Al respecto Buitrón afirma que: Galápagos actualmente operan en su visión crítica de cómo van a implementar una nueva matriz energética. Otro elemento clave es considerar la necesidad de normativa, población y actores clave para generar políticas energéticas o planes específicos de futuro para el Archipiélago (Buitrón, 2015, p. 8).

En resumen, la comprobación de si una estructura ya existente es segura y viable económicamente es fundamental para garantizar la seguridad y la viabilidad técnica de la instalación de sistemas de energía solar en estructuras ya existentes de San Cristóbal, lo que a su vez puede contribuir a reducir los gastos a largo plazo.

Área de influencia

La investigación de este proyecto está enfocada en la provincia de Galápagos, la cual está conformada por tres cantones: San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno), Santa Cruz e Isabela.

- Sociedad: muchas comunidades y pequeñas empresas se beneficiarán de energía limpia y barata.
- Científico: se desarrollarán técnicas para la instalación de sistema fotovoltaico en las infraestructuras de la isla.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad de las estructuras de Puerto Baquerizo Moreno ante las amenazas naturales (sismo y tsunami) que afectan a la Isla San Cristóbal, para generar una propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos.

Objetivos específicos

- a) Recopilar información bibliográfica disponible proveniente del archipiélago de las Galápagos y del cantón San Cristóbal.
- b) Recopilar información en las que se identifiquen todas las amenazas naturales (sismo y tsunami) que afectan a la isla San Cristóbal.
- c) Recopilar información existente del tipo de infraestructura que se han construido en Puerto Baquerizo Moreno.
- d) Entender las nuevas metodologías para evaluación virtual de riesgos ante amenazas naturales (sismo y tsunami).
- e) Caracterizar y cuantificar las amenazas naturales (sismo y tsunami) y la vulnerabilidad estructural de edificaciones.
- f) Implementar paneles fotovoltaicos en edificaciones de Puerto Baquerizo Moreno.

Metas

- a) Levantamiento de información y tipología de las estructuras existentes en el Puerto Baquerizo Moreno.
- b) Obtención de resultados del análisis de los datos por medio de los métodos a utilizar.
- c) Diseño de propuestas para la instalación de paneles fotovoltaicos.

Hipótesis

Las propuestas para instalación tecnológica y segura de paneles fotovoltaicos contribuirán para el cambio a energía solar, por lo cual la afectación será mínima o nula, ante cualquier amenaza producida por los efectos naturales y su costo- beneficio será moderado.

Desarrollo de la investigación

El capítulo 1 expone los antecedentes y objetivos de la investigación. Además, describe el planteamiento y delimitación del problema y la metodología para realizar el trabajo de campo y el análisis de información de este trabajo, que tiene como eje de la evaluación.

Por otro lado, el capítulo 2 contiene el marco teórico, que explica las teorías utilizadas para contextualizar científicamente las características y elementos que interviene en las amenazas naturales de tsunamis y sismo en la zona de Galápagos. Por otra parte, en el capítulo 3 se explica la aplicación de la metodología, a partir de la descripción de las técnicas de recolección y análisis. Igualmente, se ofrece una caracterización completa del área de estudio para entender a nivel técnico los valores y referencias. Además, se indica cómo se aplican los métodos FEMA P-154 y FEMA P-646.

En el capítulo 4 se expondrá la forma de llevar a cabo la investigación, la recolección de la muestra, los métodos y los instrumentos que se emplean para recolectar información, además de finalizar con el procesamiento de la misma. En el capítulo 5 se explican los resultados obtenidos tras procesar y analizar la información. Como cierre, el capítulo 6, expresa las conclusiones y recomendaciones más importantes obtenidas durante todo el proceso de investigación.

Capítulo 2

Marco teórico

A continuación, se explicará la teoría de la formación de las islas Galápagos, los parámetros asociados a sismos y tsunamis con datos históricos en Ecuador continental e insular y, finalmente el método a utilizar para la evaluar la vulnerabilidad con parámetro generales de los mismos.

Formación de las islas Galápagos

El movimiento de placas es un concepto ampliamente conocido como placas tectónicas. Gallardo y Toulkeridis (2008) afirman que la Tierra está formada por grandes placas que se mueven alrededor de su superficie, las cuales se parten, chocan o se deslizan entre ellas. Como resultado, se produce una actividad geológica intensa, la cual ocurre en los límites de la placa. A continuación, se describen estos fenómenos.

La tectónica de placas

De acuerdo con Tarbuck et al. (2005), en 1968, la idea de que la tierra se separa en múltiples capas se remonta a la unión de los conceptos. Esto condujo a la creación de la teoría de la tectónica de placas, que se considera la base de todas las demás teorías geológicas. Explica cómo se mueve la capa exterior de la Tierra a través de la subducción y expansión del fondo del océano, lo que a su vez crea continentes, océanos y cadenas montañosas.

En promedio, las placas litosféricas se mueven a una velocidad de aproximadamente cinco centímetros por año. Se mueven lentamente de un lado de la Tierra al otro. Este movimiento es causado por la distribución desigual del calor dentro de la Tierra. A una profundidad cercana al manto, los materiales calientes se elevan y circulan dentro del sistema de convección del planeta.

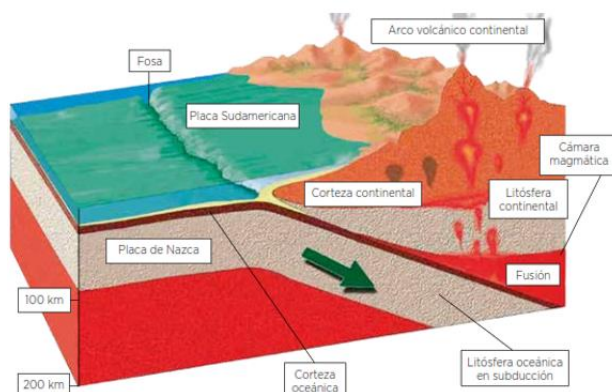
Al mismo tiempo, las láminas más frías y densas de la litosfera oceánica descienden al manto, lo que pone en movimiento la capa externa rígida de la Tierra. Por último, los roces

entre las placas litosféricas de la Tierra son los responsables de los terremotos, la creación de volcanes y la deformación de grandes masas de roca en las montañas (Tarbuck et al., 2005).

Tipos de límite de placas

Figura 2

Límite de Placa Destructivo o Convergente



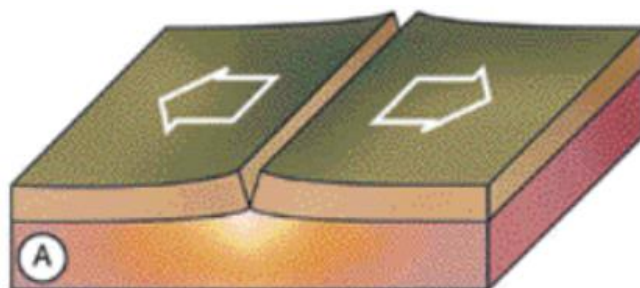
Nota. Tomado de *Esquema del borde occidental Reproducida*, por Gardeweg, 2015, Convi.com.

Tarbuck et al. (2005) indica que, la roca caliente del manto rellena las fracturas creadas a medida que las placas se alejan de la línea central de la dorsal. Mientras esto sucede, el magma se enfría lentamente y se endurece en una nueva capa de suelo oceánico. En un continuo proceso, las placas se separan y se forma una nueva litosfera oceánica entre ellas, gracias a la que se forman los volcanes como es el caso de los que existen en las islas Galápagos.

En la Figura 3 se puede apreciar cómo las placas se mueven de manera opuesta para formar nuevos dorsales.

Figura 3

Límite divergente o constructivo.

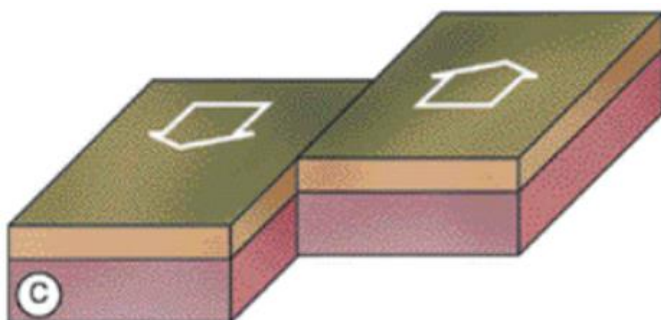


Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites divergentes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2018, Bast.com.

Duarte y Schellart (2016) afirman que los límites de placas transformantes son aquellos en los que dos placas se mueven una al lado de la otra sin convergencia o divergencia apreciable. Además, son en donde el deslizamiento a lo largo de la falla de límite de placa tiene predominantemente un movimiento horizontal.

Figura 4

Límite Transformante o lateral



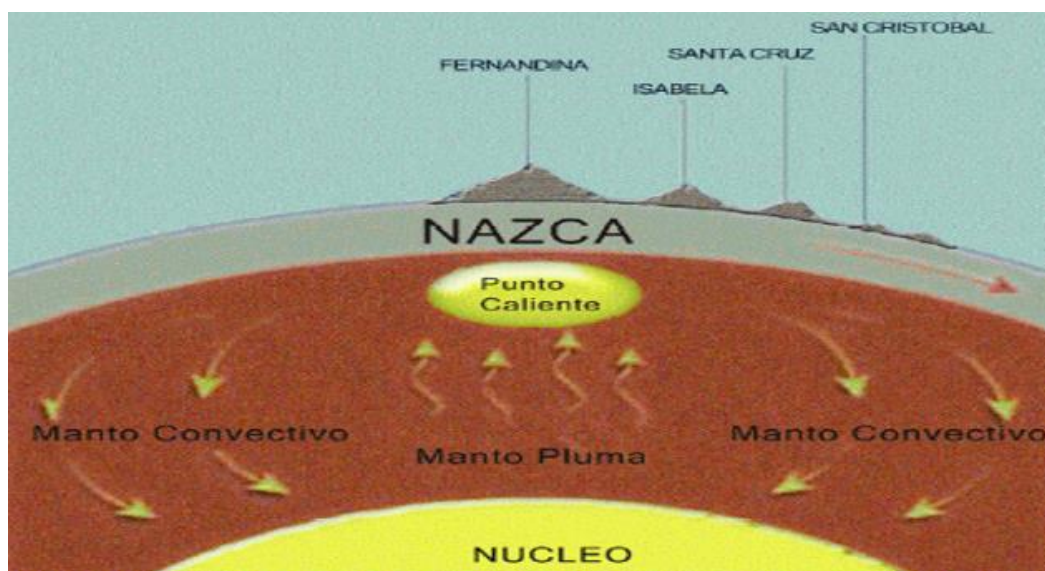
Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

El punto caliente contribuye al magma que fluye hacia los nuevos volcanes. El magma se suministra en un proceso que dura más de 90 millones de años (Ma), por otro lado, la placa litosférica se desplaza miles de kilómetros en el mismo periodo, lo que alejó a los volcanes de su fuente, causando su extinción.

Asimismo, dos picos asísmicos, que están formados por la cordillera NE móvil de Cocos y la occidental de Carnegie. Hasta ahora, las cordilleras asociadas a las placas de los Cocos y de Nazca, respectivamente, han sido consistentes (Gallardo y Toulkeridis, 2008, s.p.), lo cual se puede observar en la Figura 5.

Figura 5

Diagrama de proceso de formación



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

Cinturón de fuego del Pacífico

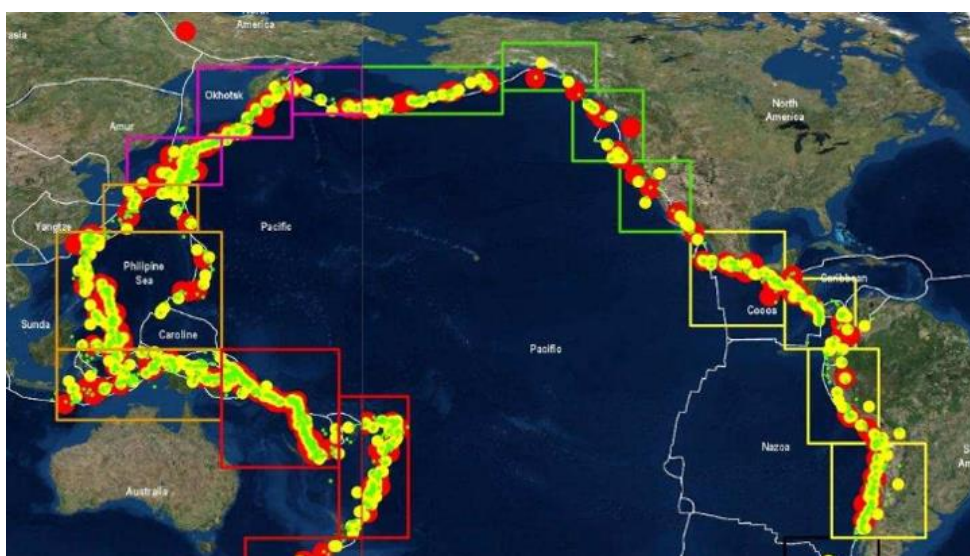
El Anillo de Fuego del Pacífico está formado por el movimiento de placas tectónicas debajo de la superficie terrestre. Cada placa tiene 80 kilómetros de espesor y encaja pero no está completamente unida. Esto se debe a que las placas se mueven como resultado de un

fenómeno que tiene lugar a miles de kilómetros por debajo de la superficie terrestre (Miguel Castro 2021).

La línea estudiada por sismólogos de todo el mundo, como se observa en la Figura 6 se extiende 40 000 kilómetros y recoge los peores terremotos y tsunamis. Su actividad sísmica y volcánica representa una amenaza potencial para sus cientos de millones de habitantes.

Figura 6

Cinturón de Fuego del Pacífico



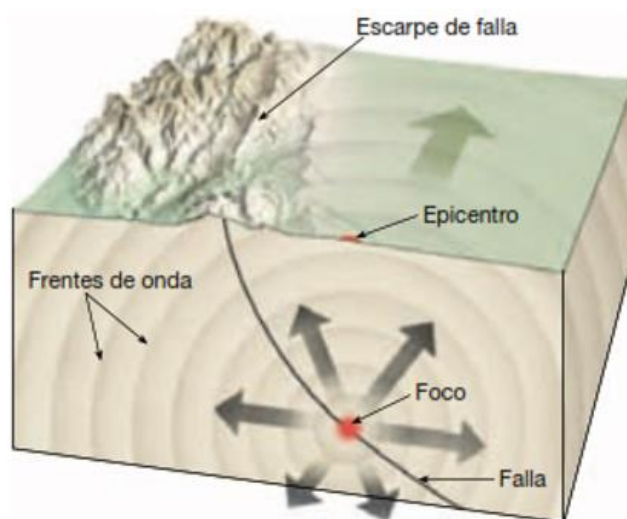
Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

Terremoto

Para Vidal (1994) un terremoto es un movimiento o vibración que se produce en la corteza terrestre debido a la acumulación de energía. Por lo tanto, La fricción de falla es inherentemente inestable, lo que hace que los terremotos sean fenómenos de corta duración, lo que provoca desplazamientos que generan ondas sísmicas que provocan movimientos en la superficie. En la figura 7 se muestra el foco, que es el área del interior de la Tierra donde se origina el desplazamiento inicial. Por el contrario, el epicentro es el lugar en la superficie sobre el foco.

Figura 7

Origen de un sismo



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

Parámetros asociados a terremotos

Los elementos que definen un sismo son su lugar y momento de ocurrencia, además de su magnitud. A continuación, se describen estos parámetros.

Para encontrar el epicentro se utilizaban los sismogramas. El primer paso consistía en comparar varias estaciones en un evento sísmico con la diferencia de tiempo de llegada entre las ondas S y las ondas P. Ahora, con la utilización de nomogramas se obtiene la distancia del epicentro, la magnitud con la máxima amplitud de onda y la magnitud del terremoto.

Existen dos medidas del tamaño del terremoto, que son intensidad y magnitud. Molina et al. (2004) indica que el primer parámetro es cualitativo, puesto que nace para asignar tamaño a los terremotos que ocurrieron antes de la llegada de los instrumentos sísmico.

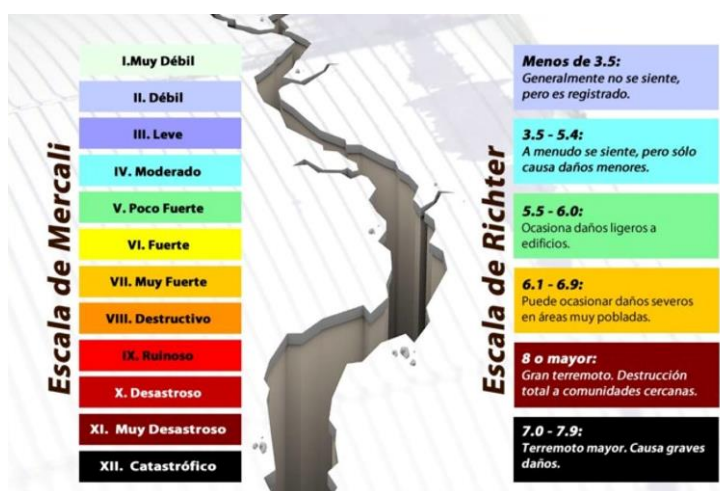
En cambio, Jiménez et al. (2013) la intensidad de un terremoto mide la fuerza o daño causado por el movimiento de la Tierra en un lugar específico. En consecuencia, esto confirma que los terremotos son un reflejo de la agitación natural entre el planeta y sus efectos sobre las

personas y los edificios. Sin embargo, existe otra perspectiva que se refiere a la escala propuesta por Giuseppe Mercalli en 1902. Esta iniciativa se origina a causa del impacto del terremoto (daño en las edificaciones y sensaciones que experimentan las personas y no en los registros sismográficos).

La magnitud de un terremoto es un parámetro que indica la energía elástica que se ha liberado en el foco. En la actualidad no existe un acuerdo absoluto sobre cómo medir este parámetro, ya que se han creado varias escalas, dependiendo de los parámetros que se midan en el sismograma. La magnitud se asigna de acuerdo a la escala ML, o magnitud local Richter (Mézcuca y Martínez, 1983).

Figura 8

Cuadro comparativo entre escalas de Intensidad y Magnitud



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

Tsunamis

Es un fenómeno natural que se produce como resultado de un terremoto que ocurre en el fondo marino (Smith, 2013). Adicionalmente, los tsunamis surgen cuando el movimiento de los bloques de la falla tiene un componente vertical importante o por grandes deslizamientos submarinos (Vidal, 1994).

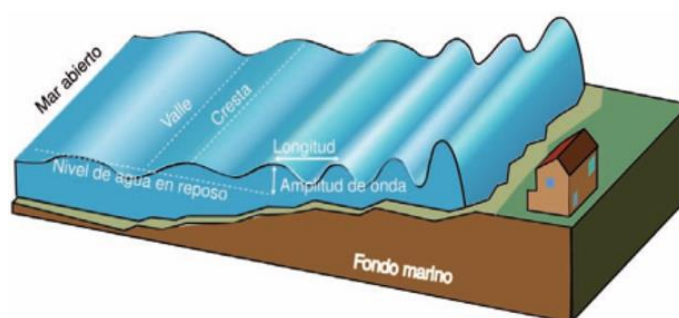
Según Vidal (1994) las olas creadas por el derrumbamiento del suelo oceánico aumentan su altura (pueden llegar a medir hasta 30 metros) y alcanzan las costas, especialmente en las ensenadas. Debido a su gran peligrosidad, existe una red de alerta de prevención de tsunamis.

Características físicas de los tsunamis

Mofield et al. (1999) afirman que el poder destructivo de un tsunami es mucho mayor que el de un fuerte oleaje en una tormenta. La energía de las olas se propaga desde el foco provocado por este fenómeno hasta la costa, disminuyendo su velocidad de propagación mientras aumenta su altura, la cual dependerá de la topografía de la zona. Por otra parte, los tsunamis se pueden describir mediante parámetros físicos: (Lander y Lockridge, 1989), los cuales se muestran en la Figura 9.

Figura 9

Parámetros físicos de Tsunami



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

Fundamentos teóricos

Amenaza de sismo y tsunami

Una falla geológica es una rotura en las rocas que se mueve y provoca sismos, debido a las grandes fuerzas a las que está sometida (Rivadeneira et al., 2007). La plataforma continental de Ecuador está situada en la parte costera de la Cuenca del Pacífico y, por lo

tanto, se ve afectada por tsunamis debido a la actividad sísmica intensa (Gusiakov, 2005). Los países con un historial de terremotos en sus registros enfrentan importantes amenazas potenciales de desastres naturales. Esto incluye riesgos para la infraestructura, las actividades económicas e incluso la vida humana (Alegria et al., 2016).

Amenazas históricas en Ecuador continental y Galápagos

En las costas ecuatorianas y Galápagos se han producido tsunamis, que han tenido efectos destructivos leves y graves, los cuales han dependido de su intensidad. En la Tabla 1 se presenta un histórico de 58 registros de sismos, a consecuencia de estos se formaron tsunamis que afectaron al territorio continental e insular. Las fechas en la base de datos estándar de información reflejan eventos desde 1586 hasta 2012 que ocurrieron cerca o lejos de Ecuador. Fuera de este marco de tiempo, pueden ocurrir muchos cambios en el día del mes, según las zonas horarias UTC.

Tabla 1

Base de datos de las amenazas tsunami que afectaron a Ecuador

Fec		Terrem		Hipoce		Tsun									
						Run-									
1	15	7	1	8	Perú	-	-	6	I	2	S	S	S	3	1.2.3.4
2	16	6	1	8	Perú	-	-	4	I	S	S	S	S	2	1.2.3.4
3	17	1	2	8	Perú	-	-	3	I	2	S	S	4'	3	1.2.3.4
4	18	1	1	7	Perú	-	-	3	I	1	S	S	S	1	1.3.4
5	18	1	3	S	Ecuad	-	-	S	C	S	S	S	S	S	3.4
6	18	1	1	7	Ecuad	-	-	1	C	S	S	S	S	1	3.4
7	18	5	2	S	Perú	-	-	S	I	2	S	S	S	1	1.3.4
8	18	4	2	S	Perú	-	-	S	I	0	>2	S	S	2	1.3.4
9	18	1	8	S	Perú	-	-	S	I	2	S	S	5	1	1.3.4
1	18	8	1	9	Chile	-	-	2	I	1	4	S	25	3	1.3.4
1	18	8	1	7	Ecuad	0.4	-	S	C	S	S	S	S	1	3.4
1	18	5	1	8	Chile	-	-	2	L	2	S	S	2'	3	1.3.4
1	18	5	1	S	Perú	-	-	S	I	S	S	S	S	1	1.4
1	18	1	1	S	Colom	2.3	-	S	C	S	S	S	S	1	4
1	18	1	2	S	Perú	-	-	S	L	S	S	S	5	2	1.3.4
1	18	9	7	7	Pana	7.3	-	4	I	3	S	S	S	1	1.3
1	19	1	3	8	Ecuad	1.0	-	2	C	5	5	S	1'	2	1.3.4.5.
1	19	2	7	6	Ecuad	1.0	-	S	C	S	S	S	S	1	4.8.9
1	19	1	1	S	Perú	-	-	3	I	1	S	S	S	1	1.3.4
2	19	1	2	6	Ecuad	-	-	1	C	S	2	2	0	1	1.4.6
2	19	5	2	7	Colom	4.6	-	1	C	1	S	S	S	1	3.4.7
2	19	3	4	8	Japón	4	1	4	L	6	0	S	6	1	1.3.4
2	19	1	4	9	Rusia	5	1	2	L	1	1	S	4'	2	1.3.4
2	19	2	1	5	Perú	-	-	3	I	0	S	S	S	1	1.3.4
2	19	1	1	7	Perú	-	-	3	C	1	0	S	7	1	1.3.4.6
2	19	3	9	8	Alaska	5	-	2	L	2	0	S	S	2	1.3
2	19	1	1	7	Colom	1.0	-	2	C	S	5	S	1	2	1.3.4.6.
2	19	2	7	7	Perú	-	-	1	C	0	S	S	0	0	1.3.4
2	19	5	2	9	Chile	-	-	3	L	2	1	0	2'	4	1.3.4
3	19	1	2	6	Perú	-	-	3	I	9	S	S	66	1	1.3.4

Fec				Terrem				Tsun							
				Hipoce				Run-							
3	19	3	1	6	Costa	8.1	-	1	I	0	S	0	0	0	1.3.4
3	19	3	2	9	Alaska	6	-	7	L	6	0	1	1	2	1.3.4
3	19	2	4	8	Alaska	5	-	3	L	1	0	S	0	1	1.3
3	19	1	1	8	Perú	-	-	3	I	3	S	0	1	1	1.2.3.4
3	19	1	2	7	Chile	-	-	3	L	0	S	0	0	0	1.3
3	19	9	3	7	Perú	-	-	3	I	2	S	S	S	1	1.3
3	19	8	1	8	Rusia	4	1	2	L	5	0	0	0	0	1.3.4
3	19	5	3	7	Perú	-	-	4	I	1	S	S	S	S	1.3
3	19	1	3	8	Perú	-	-	1	I	1	S	S	0	1	1.2.3
4	19	1	1	8	Colom	1.6	-	2	C	6	>2	S	6	2	1.3.4.6.
4	19	3	3	8	Chile	-	-	3	L	3	0	S	0	0	1.3.4
4	19	9	1	8	Méxic	1	-	2	I	3	0	0	9'	1	1.3.4
4	19	5	7	8	Alaska	5	-	3	L	0	0	0	0	0	1.3.4
4	19	9	2	7	Nicara	1	-	4	I	9	0	0	1	2	1.3.4
4	19	1	9	8	Méxic	1	-	3	I	5	S	0	50	1	1.3.4
4	19	2	2	7	Perú	-	-	1	C	5	S	0	7	1	1.3
4	19	2	2	7	Méxic	1	-	2	I	0	S	0	0	0	1.3
4	19	6	1	7	Alaska	5	-	3	L	1	S	0	0	0	1.3
4	19	8	4	7	Ecuad	-	-	3	C	S	S	S	4	0	1.3.9
5	20	6	2	8	Perú	-	-	3	I	8	S	0	26	1	1.3.4
5	20	1	2	9	Sumat	3.3	9	1	L	5	S	0	25	4	1.3
5	20	1	1	8	Rusia	4	1	1	L	0	S	0	0	0	1.4
5	20	8	1	8	Perú	-	-	3	I	1	S	0	5	1	1.2.4
5	20	3	1	7	Islas	-	-	3	L	0	0	0	0	0	1.4
5	20	9	2	8	Islas	-	-	1	L	2	S	0	2	2	1.4
5	20	2	2	8	Chile	-	-	2	L	2	S	1	2	3	1.4
5	20	3	1	9	Japón	3	1	2	L	3	S	>	20	3	1.4.10
5	201	6	7.6	Nueva	-	-	17				SD	0.	0		1

Nota. Tomado de *Terremotos de campo cercano y lejano a Ecuador y Galápagos*, por Contreras, 2012, UTC.

De acuerdo con Contreras (2012), los tsunamis más relevantes de la tabla anterior tienen las siguientes características:

- Según el Catálogo CERECIS de 1985, la magnitud de un terremoto el 31 de enero de 1906 fue $M_s = 8.6$. La profundidad del sismo fue de 25 kilómetros. Los daños cerca de Medellín y Guayaquil se extendieron 1200 kilómetros de norte a sur. Abarcaba 350 kilómetros de ancho a lo largo de la latitud de Bogotá. La superficie total del terremoto de 300.000 kilómetros cuadrados aturdió a los alrededores. Algunos autores afirman que un tsunami afectó a Tumaco, Colombia —así como a los pueblos aledaños— luego de un terremoto. Afirman que la primera ola golpeó 20 minutos después del sismo inicial y luego una segunda llegó unas cuatro horas después de la primera. Supuestamente, una tercera ola también golpeó algunos lugares aproximadamente cuatro horas después de la segunda.

- 2 de octubre de 1933: En la Península de Santa Elena, ocurrió un sismo en los 2°S y 81°O; su magnitud fue de 6,9 en la escala de Richter. El sismo rompió un cable submarino ubicado a 25 kilómetros al sur de Salinas y provocó importantes oscilaciones en el nivel del mar en La Libertad. Un sismo de magnitud 8 se registró a las 10:30 de la mañana. Como resultado, el océano disminuyó de tamaño al reducir inmediatamente su distancia a la costa. Poco después de esto, el océano volvió a crecer a su tamaño y altura originales en tiempos de marea alta y marea baja con una hora de diferencia. A las 12:00 horas, el mar descendió a su punto más bajo y volvió a su altura original a las 14:00 horas (p. 57). Se puede derivar una nueva comprensión de este evento de las circunstancias que lo rodean. Las oscilaciones del mar de 3,5 horas de duración de este evento se asemejan mucho a sus instancias regulares de 10 horas de duración. Con una amplitud aproximada entre 2 y 2,5 metros, las olas del tsunami no fueron turbulentas; produjo una inundación en su camino hacia la costa.
- 12 de diciembre de 1953: Ecuador y Perú comparten frontera en la costa norte de la península de Santa Elena. Durante un sismo que tuvo lugar a 3,4 grados sur y 80,6 grados oeste, cuya magnitud fue de 7,3, se produjeron oscilaciones de aproximadamente 20 centímetros en esta costa. La falta de información sobre la frontera entre Ecuador y Perú y el tsunami de La Libertad indica que este evento fue destructivo y distante de la zona. No hay datos significativos de olas disponibles para este evento.
- 19 de enero de 1958: Según los informes, a las 2:07 p.m. un terremoto ocurrió en la región fronteriza de Colombia y Ecuador. Su centro estaba ubicado en las coordenadas 1.37°N y 79.34°W; su magnitud fue de 7,8 en el Catálogo CERECIS 1985. Algunos informes también indicaron que la magnitud y las coordenadas fueron diferentes para este evento. Un tsunami causado por este terremoto casi hundió un barco frente a Esmeraldas. El tsunami causó cuatro muertes; la ola se estrelló contra la costa entre 2 y

5 pies de altura (Lockridge, 1984). Las olas dañaron la costa norte de Tumaco y Esmeraldas.

- 12 de diciembre de 1979: A las 7:59 am 3 segundos, un sismo de magnitud 7.9 afectó la frontera entre Ecuador y Colombia. La ubicación de este evento fue 1,6 grados norte y 79,4 grados oeste, con una profundidad aproximada de 33 kilómetros. Artículos periodísticos de la época mencionan que el terremoto produjo un tsunami que dañó las tierras de Colombia. No hubo víctimas ni daños significativos en Ecuador a causa de este evento.

En conclusión, Contreras (2012) afirma de los 58 tsunamis registrados en la costa ecuatoriana desde 1586 hasta 2012, 10 (17,2 %) fueron destructivos y tuvieron efectos devastadores tanto en el litoral continental (7) como en las islas Galápagos (2) y en ambos territorios (1).

Amenazas de sismo y tsunami

Las islas Galápagos son distintas a las tierras ecuatorianas continentales debido a su aislamiento y al hecho de que se originan procesos naturales y una combinación de ellos. La región de los archipiélagos tiene mayor cantidad de rocas y sedimentos volcánicos que de rocas carbonáticas y sedimentos volcánicos (Toulkeridis, 2011).

Debido a que las islas se encuentran por encima del punto caliente de Galápagos, no están cerca de ninguna frontera de las placas, por lo tanto, los movimientos sísmicos que se presentan en o cerca de las islas son casi exclusivamente provocados por el magma o actividad volcánica (Filson et al., 1973). Además, se encuentra en un rango bajo y sin consecuencias. No obstante, existe un terremoto que sobresale en las islas, que ocurrió el 4 de junio de 1954, y que fue de 6,3 MW en la escala de Richter (Acharya, 1965), como se aprecia en la Figura 10.

Figura 10

Históricos Sismos en Galápagos



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

Amenaza Tsunamis histórico registrados en Galápagos

Según Contreras(2012), la cronología de los tsunamis ocurridos en Ecuador se divide en tres etapas: un tsunami es una ola oceánica de gran amplitud (entre 5 y 60 minutos) y longitud de onda (100 a 300 km), que se origina por una perturbación a gran escala en el océano.

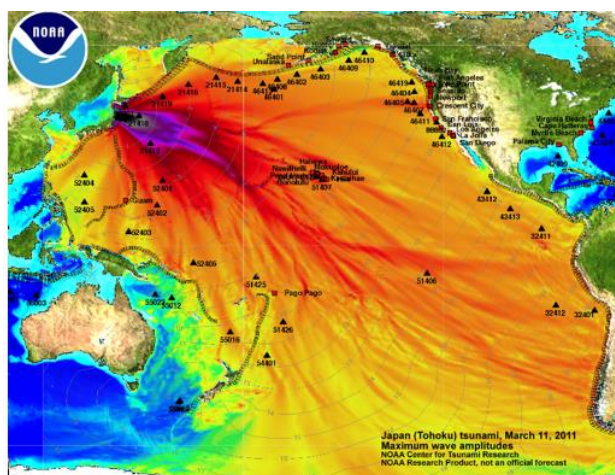
Lo expuesto por los investigadores, se llega a la conclusión, que las islas Galápagos desde los registros de 1969 hasta la actualidad han recibido registros de amenazas de sismos por efecto de origen geológico y volcánico. Esto es menor al de las fallas a su alrededor y que la amenazas por tsunami son recurrentes por sismos de origen lejano.

Por otra parte, se expondrá brevemente los terremotos y tsunamis más relevante de los últimos años que causó efecto en todas las islas Galápagos. Al respecto Rentería et al., (2012) afirma que las Islas de Galápagos están expuestas a los tsunamis generados por sismos en la costa ecuatorial, así como por los que se producen en otras zonas del Pacífico, que forman parte del cinturón de fuego.

En primer lugar, uno de los tsunamis más fuertes que enfrentó la región insular ecuatoriana fue el que ocurrió en 2011 con epicentro en Japón de magnitud 9MW y localizada en (38°N;142.4°E). Rentería et al. (2012) mucha gente cree que las Islas Galápagos se salvaron del poder destructivo del tsunami gracias a las acciones tomadas en 10 horas. Las olas generadas impactaron sobre desoladas costas, sin causar ninguna víctima en la población (Rentería et al., 2012).

Figura 11

Distribución de la energía del tsunami



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com

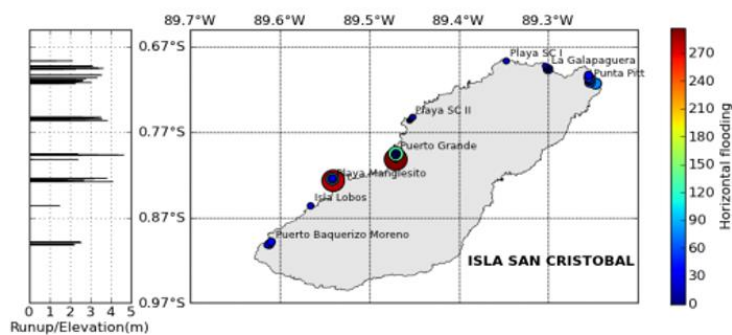
Efectos del tsunami en Isla San Cristóbal

En el extremo sur occidental de la isla San Cristóbal, donde vive la mayoría de la población humana de la isla (GADM San Cristóbal, 2020). Debido a su ubicación, el cantón está parcialmente protegido, por lo que, en caso de presentarse un tsunami, los efectos negativos pueden ser menores. Sin embargo, el tsunami de la isla de 2011 provocó los cambios más significativos en el ecosistema con respecto a su ubicación y magnitud (Rentería et al., 2012).

Según Rentería et al (2012) Si bien el tsunami en Puerto Baquerizo Moreno no causó daños mayores, la inundación que provocó fue el único efecto que tuvo. Las personas afectadas al tsunami reportaron marcas similares al agua en sus hogares, similares a las que deja la lluvia normal. Puerto Baquerizo Moreno reporta las mayores mediciones de inundación horizontal. Los datos recogidos en esta región muestran una distancia de 46,9 metros entre dos puntos. La Figura 12 muestra estos datos, junto con las mediciones de la elevación del flujo de 2,6 metros.

Figura 12

Representación de la elevación



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com.

Vulnerabilidad

El daño a un edificio resulta naturalmente de la susceptibilidad del edificio a un evento específico. Esto se llama vulnerabilidad (Lagomarsino & Cattari, 2013).

Las evaluaciones de vulnerabilidad sísmica brindan información sobre el daño esperado a un edificio, área o grupo de edificios en caso de un terremoto específico. El propósito de estos estudios es determinar si se esperan daños para que se puedan buscar alternativas apropiadas para minimizar las pérdidas. Esto se debe a que minimizar las pérdidas puede reducir la carga financiera de futuros terremotos (Yépez et al., 1995).

Según Mattos (2014), los tres tipos de vulnerabilidad sísmica son estructural, no estructural y funcional, las cuales se explican a continuación:

- a) Vulnerabilidad estructural: se refiere a los daños que pueden sufrir las estructuras debido a un movimiento sísmico, lo cual tiene como consecuencia su debilitamiento o colapso y la afectación de los habitantes de la edificación.²
- b) Vulnerabilidad no estructural: explica los daños que pueden sufrir los elementos no estructurales, como serían los que son ocasionados por un terremoto, que pueden provocar fisuras en paredes y techos.
- c) Vulnerabilidad funcional: es clase de vulnerabilidad que engloba los daños que puede sufrir una edificación que se derrumbe parcialmente, la cual podrá ser ocupada. Para que vuelva a ser funcional, será necesario reforzar la estructura. Crear un plan de contingencia con anticipación es crucial porque algunos terremotos causan daños significativos a la propiedad y muertes (Mattos, 2014).

Método FEMA P-154

Los edificios pueden presentar riesgos en su estructura, lo cual debe ser evaluado por un experto en diseño sísmico. Para evaluar se requiere de un formulario de toma de datos y un estudio del frontispicio. Ambas tareas deben ser completadas por alguien que mire el exterior y de ser posible el interior de la estructura.

Para esta medición se ha desarrollado el método de detección visual rápida según FEMA P-154 (2015), que proporciona los medios para identificar, registrar y examinar edificios con cualidades sísmicas potencialmente peligrosas. Este instrumento se basa en un formulario que consta de dos etapas. La presente investigación aplica la primera etapa o nivel 1 de inspección, en las que se incluye la información sobre el uso del edificio y su tamaño, Se necesitan fotografías, bocetos y datos sobre el comportamiento sísmico para crear una partitura. Esta puntuación calcula el comportamiento sísmico probable del edificio, en función de los datos recopilados (FEMA P-154, 2015, p.42).

El método P-154 (2015) plantea la inspección visual rápida, lo cual se explica en estas líneas, La forma de un edificio determina los puntajes básicos necesarios para diferentes estructuras. Después de elegir un formulario, un evaluador puede modificar la puntuación base en función de cualquier factor atenuante, como métricas de rendimiento, que deba agregarse o restarse.

Los puntajes se pueden modificar al incluir más información sobre la estructura del edificio. Esto incluye información sobre el material utilizado y cualquier reparación anterior. Al calcular la probabilidad de que un edificio se derrumbe durante un sismo de cierta magnitud, el puntaje es equivalente al máximo sismo considerado, que es MCE (FEMA P-154, 2015).

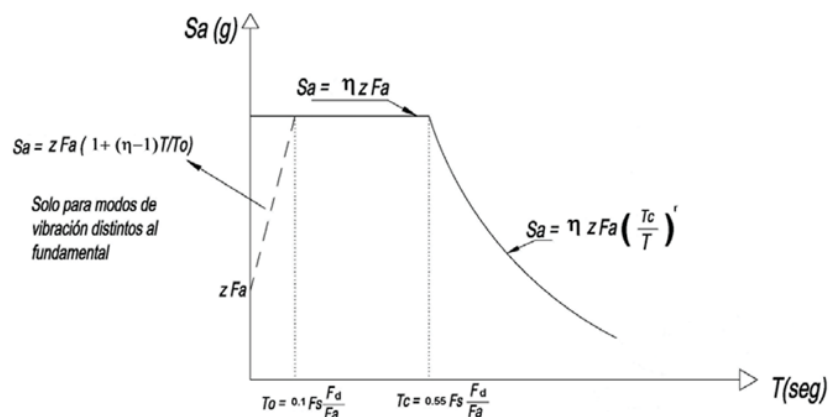
Como se menciona en los párrafos anteriores, existen dos formularios, el primero formulario contiene, esto implica examinar el Código de Construcción, el tipo de suelo, las irregularidades en la construcción y las notas generales de construcción. A esto le sigue una puntuación que tiene en cuenta cualquier tipología del edificio que se está evaluando y las deficiencias causadas por las irregularidades. Se describen también otros peligros no estructurales (Rodríguez et al., 2021).

Espectro de aceleraciones

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a , es determinado de acuerdo con la NEC (2015), lo cual se explica en la Figura 13 y la Tabla 2.

Figura 13

Espectro Elástico de Diseño



Nota. Tomado de *Tipos de límites entre placas: límites transformantes*, por Gallardo y Toulkeridis, 2008, Limite.com.

Tabla 2

Coeficientes del espectro elástico de diseño

Parámetro	Descripción
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
F_a, F_d, F_s	Coeficientes de amplificación de suelo
T	Período fundamental de vibración de la estructura.
$T_0 = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a}$	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Parámetro	Descripción
$T_c = 0.55F_s \frac{Fd}{Fa}$	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g.
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

Nota. Tomado de *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad*. Tomado de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022, MDS.

Tipo de ocupación

De acuerdo con el *Manual de procedimiento* del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2022) y FEMA P-154 (2015) la ocupación de las edificaciones tiene una clasificación que se describe en la Tabla 3.

Tabla 3*Categorías de ocupación del manual*

Tipo de Ocupación	Descripción
Asamblea	Son lugares públicos de reunión, donde se reúnen personas en una sola habitación, por ejemplo: teatros, auditorios, centros comunitarios, iglesias, salas de espectáculo.
Comercial	Se refiere a empresas de cualquier tipo que no entren en otras categorías, instituciones financieras, restaurants, centros comerciales, edificios de estacionamiento.
Servicios de emergencia	Este tipo de uso hace referencia a las edificaciones que prestan sus servicios ante un evento sísmico, por ejemplo: Estaciones de policía, bomberos, hospitales, casas de salud, centros de comunicaciones.
Público	Comprende todas las edificaciones estatales, que no sean consideradas como servicios de emergencia.
Histórico	Considera a las edificaciones patrimoniales.
Industrial	Se incluye todo tipo de industria, como fábricas, plantas de ensamblaje, grandes almacenes, bodegas y la industria pesada.
Oficina	Este tipo de uso incluye a los típicos edificios de oficina, casas de oficina y sitios de gestiones.

Nota. Tomado de *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad*. Tomado de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022, MDS.

Irregularidades

Una irregularidad geométrica se define como la reducción de la dimensión en planta en al menos un 30 % en relación con el piso adyacente (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022). Según lo descrito en el *Manual de procedimiento* del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2022), las irregularidades se clasifican en tres categorías, las cuales se sintetizan en la Tabla 4.

Tabla 4

Irregularidades según el Manual

Irregularidad	Descripción
Verticales graves	Aquellas que tienen un efecto adverso significativo en el rendimiento del edificio.
Verticales moderados	Aquellas que tienen un efecto adverso menos significativo en el rendimiento del edificio.
En planta	Es aquella cuando el sistema de piso tiene discontinuidad es apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del edificio.

Nota. Tomado de *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad*. Tomado de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022, MDS.

Tipología del sistema estructural

Dentro de esta categorización, el profesional responsable será el encargado de identificar y evaluar las tipologías dispuestas en el *Manual de procedimientos* del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2022).

Figura 14

Resultados de viviendas



Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

Figura 15

Tipología del sistema estructural

Simbología	Tipología	Descripción
W1	<p>Madera</p> 	<p>Cuando todos los elementos estructurales como las vigas, columnas, bastidores, celosías, armaduras son de madera natural o laminada. Estas estructuras son de uno o dos pisos máximo y de peso ligero. La falla más común de estas edificaciones está en las uniones de elementos estructurales.</p>
URM	<p>Mampostería sin refuerzo</p> 	<p>Muros de paredes portantes de ladrillo, bloque, adobe, bahareque, sin refuerzo de varillas de acero.</p>
C3	<p>Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo</p> 	<p>Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero.</p>

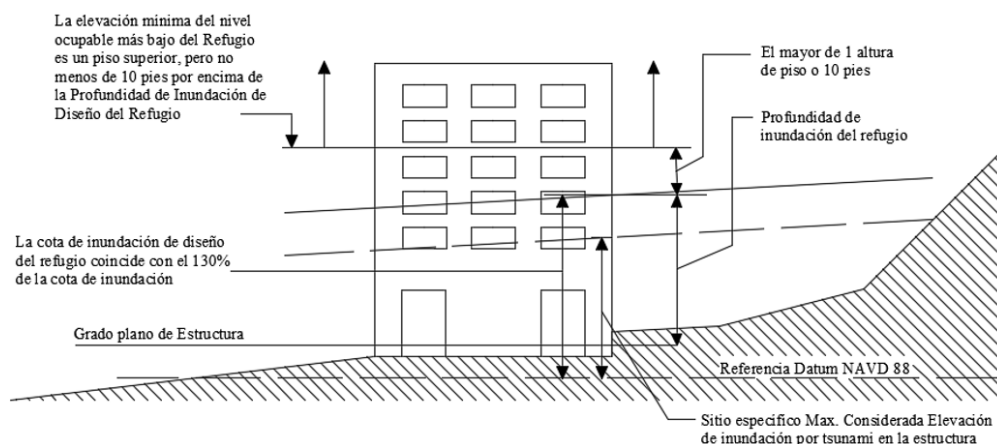
Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

Consideraciones de refugio por elevación de inundaciones por tsunami

La zona de refugio funciona como una estructura de evacuación vertical y para que sea eficaz debe situarse muy por encima del nivel máximo de inundación por tsunami previsto en el lugar. Para determinar la elevación adecuada del refugio, teniendo en cuenta las aproximaciones significativas necesarias para estimar la elevación del enlace ascendente del tsunami, la dificultad que implica tener en cuenta el chapoteo de las olas y el nivel de ansiedad experimentado por quienes buscan refugio dentro del edificio (FEMA P-646, 2019).

Figura 16

Recomendaciones de refugio vertical ante tsunami



Nota. Elevación mínima de refugio vertical. Ilustración de los requisitos para la elevación mínima del nivel de refugio (ASCE, 2016) Modificado de (FEMA P-646, 2019).

Por otra parte, lamentablemente el tsunami de Japón en 2011 cobró varias vidas que se encontraban en refugios, por lo que, conllevó a que la norma ASCE/SEI 7-16 (2016) asuma una elevación máxima de inundación por tsunami al 30 % más de lo predicho por los análisis de inundación. A más de ello, la distancia entre el nivel del agua y el refugio, o también llamada francobordo, que será el valor mayor entre un piso o tres metros (10 ft), es decir, la elevación

mínima que debe tener un refugio en una estructura de evacuación vertical es la elevación máxima de agua más un 30 % más el valor mayor entre la altura de un piso y 3 m (10 ft) (Baldrige et al., 2009).

Energía Fotovoltaica

La energía renovable se refiere al conjunto de fuentes energéticas como las que provienen del sol, la fuerza del viento o del agua, el calor de la tierra y otros más. Las energías presentes de la naturaleza son escasamente utilizadas para generar electricidad, pese a que ayudan drásticamente a mejorar los niveles de contaminación ambiental. A continuación, se explica en qué consisten las fuentes de energía renovable

Energía solar:

La electricidad y el calor se producen cuando la radiación electromagnética solar se recolecta a través de células fotovoltaicas, helióstatos o colectores solares. Estas tecnologías aprovechan la energía del sol y la utilizan para producir electricidad o calor (Vivanco Font, 2020, p. 3).

Radiación solar:

Es la energía emitida por el sol mediante ondas electromagnéticas, la cual es aprovechada por la Tierra para generar procesos atmosféricos y controlar el clima. Estos rayos ultravioletas son peligrosos para la salud, pero la atmósfera del planeta absorbe la radiación para que los efectos no sean nocivos para la humanidad. Al respecto Arancibia y Roberto explican que:

Se estima que el Sol seguirá proporcionando vida en la Tierra durante otros 5.000 millones de años. Es la fuente de una cantidad inagotable de energía, por eso se le llama fósil viviente. El Sol libera 62.600 vatios por metro cuadrado de su superficie, o 62.600 kilovatios. Esto ha estado ocurriendo desde que se formó el planeta hace 4.500 millones de años (Arancibia y Roberto, 2010, p. 1).

Los sistemas fotovoltaicos son los elementos que se encargan de transformar la energía solar en energía eléctrica, también llamada módulo fotovoltaico. Esta energía debe ser acondicionada de corriente continua a corriente alterna por medio de inversores, que serán conectadas directamente o en paralelo a la red pública. Este sistema permite a los usuarios cogenerar electricidad para autoconsumo o para el despacho al sistema público (Fernández García y Cervantes Torres, 2017).

Los sistemas solares fotovoltaicos son usados en un amplio margen de aplicaciones desde centrales que generan megavatios hasta pequeños sistemas que generan kilovatios que pueden incorporarse a una vivienda, comercio o una industria. Comúnmente se los instalan en las cubiertas existentes en módulos de paneles fotovoltaicos. Al respecto Schumann indica que:

La tecnología fotovoltaica moderna utiliza el proceso físico de la luz solar que convierte directamente la radiación electromagnética en corriente eléctrica. Este proceso se conoce como fotovoltaica y utiliza materiales semiconductores. Los materiales semiconductores contienen electrones de valencia, que son los electrones en la última capa de la estructura de un átomo. Cuando los fotones de la luz solar se unen a estos electrones, se genera una carga positiva dentro del núcleo. Esto hace que los enlaces se rompan y los electrones circulen a través del material, formando una corriente eléctrica (Schumann, 2005, p. 2).

Según el informe de Reni (2020), la capacidad de generación de nuevas energías renovables aumentó a más de 200 gigavatios en 2019. El 57% de esto fueron plantas solares, eólicas e hidroeléctricas. El 5% restante de los nuevos generadores de electricidad provino de la bioenergía, la geotermia y la energía termosolar concentrada (CSP).

Instalaciones de paneles fotovoltaicos

Las instalaciones fotovoltaicas y sus sistemas de soporte estructural deben diseñarse de forma que ofrezcan un comportamiento seguro para la vida en caso de movimiento del suelo provocado por sismo y viento de diseño. La seguridad vital significa que se espera que las

instalaciones fotovoltaicas no supongan un peligro para la vida, por ejemplo, si se desprenden del tejado, se deslizan por el borde del tejado, superan la capacidad de carga descendente del tejado o dañan las claraboyas, los sistemas eléctricos u otros elementos o equipos del tejado de forma que se ponga en peligro la seguridad de los ocupantes. Por lo que respecta a la seguridad de la vida humana, los daños en elementos no estructurales y las deformaciones son aceptables, siempre que no supongan una amenaza para la vida humana. (STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION OF CALIFORNIA, 2012).

Según la resolución Nro. ARCONEL - 042 (2018), aplicable a empresas distribuidoras y usuarios regulados, quienes deseen instalar un sistema de paneles fotovoltaicos cuya capacidad máxima no supere los 100 kW y su producción sea consumida dentro de sus instalaciones. Sobre el procedimiento para la instalación y autorización de los paneles la normativa de la ARCOTEL estipula lo siguiente:

1. El consumidor deberá solicitar a la compañía distribuidora que evalúe la posibilidad de conectar a la red de distribución a su propiedad, detallando la cantidad máxima de artefactos que se pueden instalar.

2. La compañía que suministra el servicio evaluará la cantidad máxima de corriente que puede circular por el punto de conexión, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: la capacidad por cortocircuito de corriente, la regulación de voltaje y la cantidad de corriente que ingresa a través de un alimentador de baja o media tensión

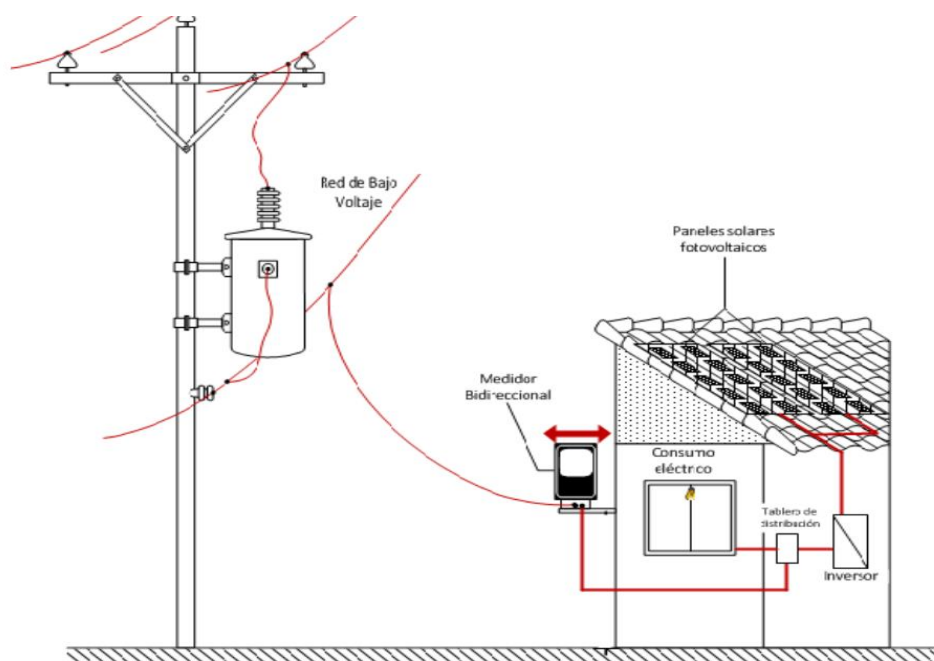
3. Esta solicitud deberá presentarse ante una empresa distribuidora dentro de los diez días hábiles siguientes a la recepción de sus resultados. Estos resultados determinan la posibilidad de una conexión. Este documento tiene una validez de tres meses y puede ser presentado por el consumidor (p. 9).

Adicionalmente, la resolución tiene una nota aclaratoria que explica que, un contrato suministra energía eléctrica por 20 años, contados a partir de la fecha de entrada en operación.

Transcurrido este tiempo, los consumidores deberán desconectar su suministro de la red de la distribuidora (ARCONEL, 2018, p. 10).

Figura 17

Balance neto de energía de paneles fotovoltaicos



Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por

INEC, 2015. Portalweb.com

Tipos de paneles fotovoltaicos

Es el tipo de panel más antiguo debido a que se encuentra formado por un solo cristal de silicio puro. La efectividad de las células monocristalinas es mayor en un rango del 15 al 20 % en relación con otros tipos existentes. Este es el más utilizado para la fabricación de naves espaciales, calculadoras de mano y en zonas urbanas (comerciales y residenciales) que utilizan como fuente de energía la luz solar.

Este tipo de paneles poseen un aspecto negro ante la presencia de radiación solar. Entre sus principales ventajas se encuentran: producción de mayor cantidad de energía, pueden ser reciclados y su vida útil es de alrededor de 25 años. En cambio, sus desventajas son: su elevado

costo de fabricación, cuando la temperatura incrementa se puede llegar a perder entre un 0.3 % y un 0.5 % de su eficiencia y posee alto porcentaje de desperdicio.

El panel solar policristalino se encuentra formado por más de un cristal de silicio (como indica su nombre). Este es uno de los más comunes y su fabricación es más amigable con el medio ambiente ya que, es utilizada una mayor cantidad de silicio, produciendo menor cantidad de desperdicio. Sin embargo, tiene una eficiencia baja que varía entre el 13 % y 16 %, por tanto, su vida útil es menor, ya que puede dañarse con mayor facilidad en temperaturas elevadas y necesitan de gran cantidad de espacio para su fabricación.

Este tipo de panel se encuentra formado por películas delgadas de semiconductores depositadas sobre plástico, metal o vidrio. Su costo de fabricación es más económico que los dos tipos antes mencionados. Por esta razón, su eficiencia es baja, al igual que su vida útil. A más de ello, son altamente susceptibles a la intemperie. Por lo que, su principal aplicación es en la elaboración de calculadoras, relojes de bolsillo, receptores de radio, entre otros elementos electrónicos de baja potencia. Cabe mencionar que este tipo de panel no puede ser aplicado en uso doméstico, ya que ocupan una gran cantidad de espacio.

Referente Japón

A raíz del accidente nuclear de Fukushima, Tokio optó por la utilización de nuevas fuentes de energía, constituyéndose la energía fotovoltaica como una de las alternativas más eficientes en cuanto al uso de un tipo de energía ecoeficiente, de esta forma, se fundaron empresas dedicadas a la implementación de esta alternativa como Shizen Energy. Esta compañía ha logrado producir 5 GW de energía renovable para el 2022.

En gran parte de Japón se ven casas e incluso algunos grandes edificios con paneles solares. A finales de 2010, el país asiático registró 137 000 viviendas con paneles solares, frente a las 73 000 de 2005. Las ventas han subido y bajado en función de la disponibilidad de subvenciones para tenerlos. (FACTS AND DETAILS, 2012).

En 2008, un sistema típico de generación de energía solar para una casa se vendía por 20 000 dólares, que representa el 25 % más que en Estados Unidos. El gobierno espera reducir el precio a la mitad para 2011. Además, Japón quiere multiplicar por 10 la generación solar de electricidad del nivel de 2008 para 2020 y por 40 para 2030. A medida que bajan los precios de la tecnología solar, en Japón aumenta el número de usuarios, además, las casas que funcionan con energía solar e incluso las fábricas que funcionan con energía solar son cada vez más comunes. (FACTS AND DETAILS, 2012).

Se espera que los japoneses reintroduzcan pronto las subvenciones nacionales a la energía solar. También se espera que cree incentivos para que las compañías eléctricas compren electricidad generada con energía solar. El gobierno proporciona a las empresas unos 25 millones de dólares al año para desarrollar este tipo de fuente energética (Global Energy Network Institute, 2022).

Japón es el país que más rápido está promoviendo la energía fotovoltaica y ahora lidera el mercado fotovoltaico mundial. De hecho, el 45% de los paneles fotovoltaicos del mundo se fabrican en Japón. Las ventajas de la fotovoltaica son su alta fiabilidad, bajo coste de explotación, respeto al medio ambiente, modularidad y menor coste de construcción. Igualmente, el consumidor puede vender a la compañía eléctrica el exceso de electricidad que produce durante el día. A esto se suma que el gobierno japonés ofrece subsidios para financiar los costes de instalación, con lo que busca fomentar la fotovoltaica en los hogares. Adicionalmente, también está planeando el proyecto "Energía del desierto", destinado a establecer sistemas de generación de energía fotovoltaica a gran escala en los desiertos, en cooperación con la Universidad Nacional de Mongolia (Global Energy Network Institute, 2022).

El Gobierno Metropolitano de Tokio declaró que pretende aplicar un nuevo sistema a partir de abril de 2025 que obligue a los constructores y promotores a instalar paneles solares en los nuevos edificios y casas. La medida podría convertir a Tokio en la primera prefectura de Japón

en exigir la instalación de paneles solares en todas las casas nuevas, según funcionarios del gobierno metropolitano. (JIJI, 2022).

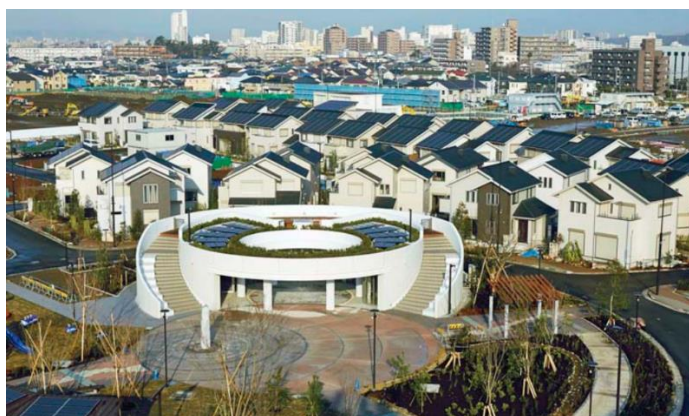
Sin embargo, conseguir la comprensión y la cooperación de los residentes y las empresas es indispensable para que el sistema se ponga en marcha sin problemas. Además, el gobierno debe trabajar para mejorar un programa de subvenciones y que el sistema sea ampliamente adoptado. (Global Energy Network Institute, 2022). A medida que Japón mejore el coste y la eficiencia de estas tecnologías solares, podrá exportar estos sistemas a todo el mundo en beneficio de todas las naciones y de la economía japonesa.

Ciudad inteligente

Construida en el lugar que ocupaba una antigua fábrica de Panasonic, Fujisawa se ha convertido en el hogar de 2 000 personas. Los hogares vienen equipados con paneles solares, sistemas de monitoreo inteligente y acceso a datos sobre el uso de energía. Esto ayuda a los residentes a controlar su uso de energía en el hogar y en el vecindario (Euronews, 2021).

Figura 18

Ciudad Inteligente Sostenible de Fujisawa



Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

Capítulo 3

Caracterización del área de estudio

Localización geográfica:

El cantón de San Cristóbal abarca una extensión de 558 km², de los cuales el 85% está cubierto por el Parque Nacional Galápagos, como indica la Figura 19 y el resto pertenece al área urbana y rural. De acuerdo con la descripción del GAD de este cantón (GAD SAN CRISTOBAL, 2021).

Figura 19

Ubicación de zona de estudio



Nota. Tomado de *Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos*, por INEC, 2015. Portalweb.com

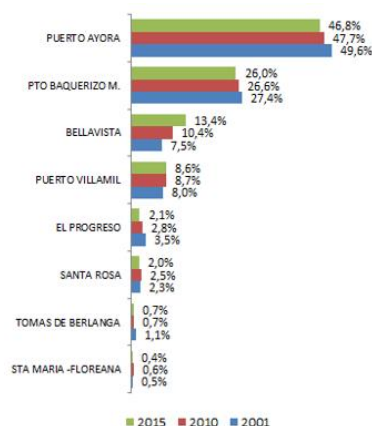
Población Total Cantonal

El (INEC) (2015) indica que la población del cantón San Cristóbal alcanzó los 7 199 habitantes en 2015, los cuales estaban distribuidos en la zona urbana y rural del cantón con una tasa de crecimiento del 0.8 %. Estos datos proyectan que habrá 8113 habitantes para

2030. En la Figura 20 se muestra que San Cristóbal tiene a la segunda parroquia más poblada de Galápagos y por eso fue seleccionada para este estudio.

Figura 20

Distribución relativa de población de los censos



Nota. Tomado de *Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos*, por INEC, 2015. Portalweb.com

Geografía física

La isla San Cristóbal tiene un relieve montañoso que está formado por rastros de lava petrificada, cenizas y piedra pómez. A más de ello, según el GAD cantonal, tiene estas características:

La isla presenta una variedad de lagos y acantilados redondeados, con un borde más afilado en el medio. El lago más grande de la isla se encuentra en la parte sur; Laguna El Junco está parcialmente encerrada por acantilados y playas. Dado que las irregularidades de la isla forman una forma irregular, a veces se la denomina cabeza de hacha (GADM San Cristóbal, 2020, p. 32).

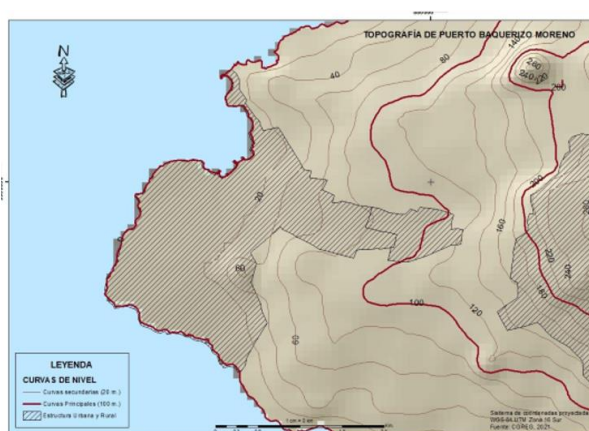
Adicionalmente, de acuerdo con Oviedo y los datos del GAD San Cristóbal (2015) la isla tiene estos elementos geográficos: Los canales que recorren el centro de una ciudad transportan agua hasta la costa. Muchos de estos canales incluyen salidas a la línea de costa; otros no. El canal debajo de la Escuela Divino Niño termina en Playa de Oro.

Condición topográfica

La topografía de la Isla San Cristóbal es descrita por el GADM San Cristóbal (2020) de esta manera. El área de Shipwreck Bay tiene una costa con acantilados bajos, pero sin puntos altos en elevación. La isla de Isla San Cristóbal tiene una elevación de 759 metros sobre el nivel del mar. El Cerro San Joaquín es el punto más alto de la isla. La línea costera irregular presenta afloramientos rocosos naturales que subdividen el cuerpo de una masa volcánica redondeada. Pequeñas playas de arena fina biogénica separan estas formaciones rocosas.

Figura 21

Topografía Puerto Baquerizo Moreno



Nota. Tomado de *Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos*, por INEC, 2015. Portalweb.com

Amenazas en el cantón San Cristóbal

Registro de desastres

Debido a la localización del cantón San Cristóbal en una isla de origen volcánico, los factores de riesgos se relacionan con los sismos y tsunamis. De acuerdo con el GAD cantonal

este territorio también está expuesto a eventos como sequías e inundaciones provocadas por lluvias (GADMSC-UGRM, 2012).

Históricamente no existen registros de eventos de tsunamis provocados por sismos cercanos que afectaron la zona costera de Puerto Baquerizo Moreno. Sin embargo, como se explicó anteriormente, el tsunami provocado por el terremoto de Japón el 11 de marzo de 2011 provocó daños en parte del perfil costero de la isla San Cristóbal, Manglesito, Puerto Grande, Cerro Brujo, sus olas alcanzaron entre 300 m. a 500 metros, las cuales arrasaron con los manglares y playas, lo cual cambió del perfil costero (GADMSC-UGRM, 2012).

Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica

La aceleración máxima del terreno o aceleración pico

Debido a la falta de estudios de microzonificación de suelos en la Isla San Cristóbal, se ha optado por tomar de referencia un sitio de emplazamiento que se asemeje a su evolución geológica, condiciones estratigráficas y actividad sísmica.

Composición geológica son factores clave para determinar una caracterización del tipo de perfil de suelo mediante la velocidad de onda de corte (V_s), tal como se describe en el literal 3.2.1. de la NEC (2015).

Tabla 5

Velocidad de onda de corte

Composición del Suelo	V_{s30} (ft/s)			Tipo de Suelo (NEC15)
	Min.	Máx.	Mediana	
Basalto	890	1902	1365	C

El espectro elástico se determina conforme lo establecido en (NEC) (2015), para lo que se toma en cuenta los coeficientes de perfil del suelo (Z , F_a , F_d , F_s). Conforme lo establecido

en el capítulo III de la NEC (2015), la Isla San Cristóbal posee un valor de Z igual a 0.30g, ubicándose en la zona sísmica III. A continuación, se indican los valores de los coeficientes dependientes del perfil de suelo (tipo C).

Tabla 6

Coeficientes NEC (2015)

Coeficiente	Valor
Fa	1.25
Fd	1.19
Fs	1.02
r	1
η	2.48

Una vez determinados los factores dependientes del emplazamiento se procede a calcular los periodos T_o y T_c , como se muestra a continuación.

$$T_o = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.1 * 1.02 \frac{1.19}{1.25}$$

$$T_o = 0.097 \text{ s}$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.02 \frac{1.19}{1.25}$$

$$T_c = 0.534 \text{ s}$$

Finalmente, con las fórmulas descritas en la NEC 15 se realiza la curva de espectro elástico.

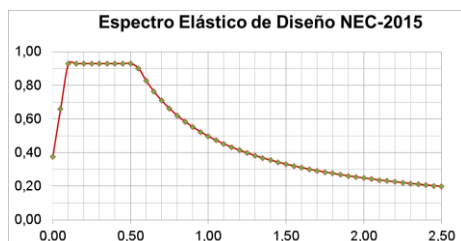
$$S_a = \eta z F_a$$

$$S_a = \eta z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

Sobre esto, Aguiar (2018) explica que: “Una buena parte de Proyectistas Estructurales determinan el sismo MCE (Máximo sismo considerado) multiplicando el sismo de diseño por 1.5; de esta manera se halló el espectro del NEC-15 para el sismo MCE”.

Figura 22

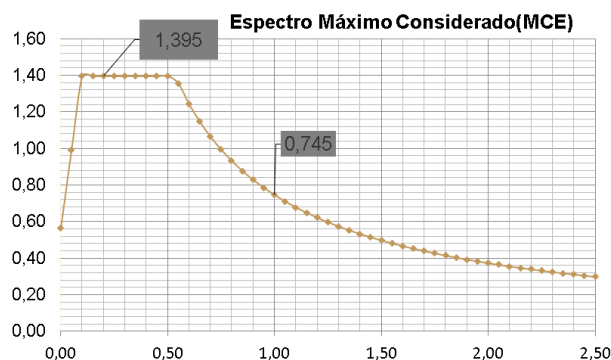
Espectro Elástico de Diseño NEC-2015



Nota. Tomado de *Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos*, por INEC, 2015. Portalweb.com

Figura 23

Espectro Máximo Considerado



Nota. Tomado de *Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos*, por INEC, 2015. Portalweb.com

El MIDUVI (2022) detalla en el *Manual de procedimiento de las edificaciones* que se deberá realizar una evaluación visual aquellas construcciones que presenten vulnerabilidad correspondiente al FEMA P-154 (Lizundia et al., 2014).

Para proceder a emplear ese formulario es necesario determinar el nivel de sismicidad al que se encuentra expuesta la estructura, para lo cual, se requiere establecer la clasificación de la región sísmica, la cual se describe en la Tabla 7 especificada en la norma ASCE/SEI 41-13 (2013).

Tabla 7

Criterios de determinación de la Región Sísmica

Región sísmica	Respuesta de aceleración espectral, S_s (Periodo corto)	Respuesta de aceleración espectral, S_1 (Periodo largo)
Baja	$S_s < 0,250g$	$S_1 < 0,10g$
Moderada	$0,250 \leq S_s < 0,50g$	$0,100 \leq S_1 < 0,200g$
Moderadamente alta	$0,500 \leq S_s < 1,00g$	$0,200 \leq S_1 < 0,400g$
Alta	$1,000 \leq S_s < 1,50g$	$0,400 \leq S_1 < 0,600g$
Muy alta	$S_s \geq 1,500g$	$S_s \geq 0,600g$

Nota. Región sísmica Muy Alta. Extraído de ASCE (2016).

Los valores obtenidos de aceleración del espectro de la NEC15 mayorado 1,5 veces para el presente trabajo fueron de 1.395 g para el periodo corto (0.2 s) y 0.746 g para el periodo largo (1 s), para lo cual se procede a realizar la validación de la región sísmica.

Para el período corto (0.2 s):

$$S_s = 1.395 g$$

$$1.000 g \leq S_s < 1.500 g$$

\therefore *Región sísmica alta*

Para el período largo (1.0 s):

$$S_1 = 0.746 g$$

$$S_1 \geq 0.600 g$$

\therefore *Región sísmica muy alta*

Finalmente, se determina la condición más crítica, en este caso, el escenario de región sísmica muy alta. Por lo tanto, se procede a emplear el formulario correspondiente a esta situación. Este formulario presenta los siguientes aspectos: datos de la edificación, datos de construcción, anexo fotográfico, ocupación, tipo de suelo, riesgos geológicos, adyacencia, grado de revisión, irregularidades, peligro de caída exteriores, otros riesgos, puntajes básicos, modificadores y puntaje final.

Figura 24
Formulario nivel 1

FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA																	
DATOS EDIFICACION						FOTO 1: <input type="checkbox"/> FOTO 2: <input type="checkbox"/>											
Edificio N°	Lote N°					sin foto											
Manzanas																	
Barrio	Manzana																
Calidad	Longitud																
CS	EST					sin foto											
Escalante	Fecha																
DATOS CONSTRUCCION																	
NOMBRE DEL PROYECTO																	
Sobre el suelo						Bajo el suelo											
Año Construcción																	
Módulo																	
Área Construcción(m²)																	
Adiciones																	
OCCUPACION																	
Aparatos		Comercio		Emergencia		Educación		Industria		Otro							
Almacén		Oficina		Residencial		Religioso		Servicio		Sin definir							
Establecimiento		Hospital		Público		Reservado		Sin definir		Sin definir							
Ocupación seleccionada																	
TIPO DE SUELO																	
A	B	C	D	E	F												
Roca	Roca	Suave	Suave	Suave	Suave												
Roca	Grava	Grava	Grava	Grava	Grava												
Tipo de suelo seleccionado						DNK-Antes tipo D											
RIESGOS GEOLÓGICOS																	
Llavesación		Deslizamiento		Rastras superficie		Sin		Sin		Sin							
NO		NO		NO		NO		NO		NO							
SI		SI		SI		SI		SI		SI							
DNK		DNK		DNK		DNK		DNK		DNK							
ADYACENCIA						GRADO DE REVISIÓN											
Riesgo caída						Exterior											
Lugares						Puntos revisados											
IRREGULARIDADES						OTROS RIESGOS											
Elevación						Código potencial											
Planta						Riesgo de caída de edificios adyacentes											
PELIGRO CAÍDA EXTERIORES						Riesgo prologico a tipo de suelo F											
Chimeneas						Riesgo importante o deterioro sistema estructural											
Revest. Pintado						Ocupación o adyacencias											
Revest. Pintado																	
Adiciones																	
Tipo de estructura																	
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1 - SL1																	
PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)																	
	W1	W2A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RMI	RM2	URM	URM
	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.4	1.2	1.0	1.5	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1	1.1
PUNTAJE BÁSICO																	
IRREGULARIDADES	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Irregularidad vertical Grava-V1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Irregularidad vertical Moderada-V1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Irregularidad en planta P1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCION																	
Código moderno (antes de 2011)																	
Código moderno (desde 2011 pero antes de 2015)																	
Código moderno (construido a partir de 2015)																	
RISGO																	
Suelo Tipo A o B	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suelo Tipo D	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suelo Tipo E (o F) (Piso)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Tipo de suelo E (o F) (Piso)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Paraje Mismo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
PUNTAJE FINAL NIVEL 1 - SL1 + SMR																	
Puntaje básico																	
VOL																	
PC1																	
CÓDIGO																	
SUELO																	
TOTAL																	

Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

Evaluación de la vulnerabilidad tsunami

Introducción

La Isla San Cristóbal presenta un elevado riesgo ante la presencia de todo tipo de tsunamis debido a características propias del sitio como que es una zona altamente sísmica y

volcánica cuya superficie es de 558 km², el punto con mayor elevación es de 730 msnm. Además, alberga a una gran parte de la población de fauna endémica del archipiélago, la cantidad de habitantes de la isla es de alrededor de 7200 (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022).

En este sentido, los efectos colaterales que los tsunamis tendrían en este sitio serían altamente destructivos tanto en el aspecto económico como en el social, razón por la cual los organismos técnicos se han visto obligados a buscar métodos de prevención que ayuden a mejorar la respuesta de la comunidad ante la presencia de tsunamis. Uno de los principales métodos es la elaboración de mapas de inundación, los cuales se actualizan en función de la disponibilidad, densidad y calidad de datos (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022).

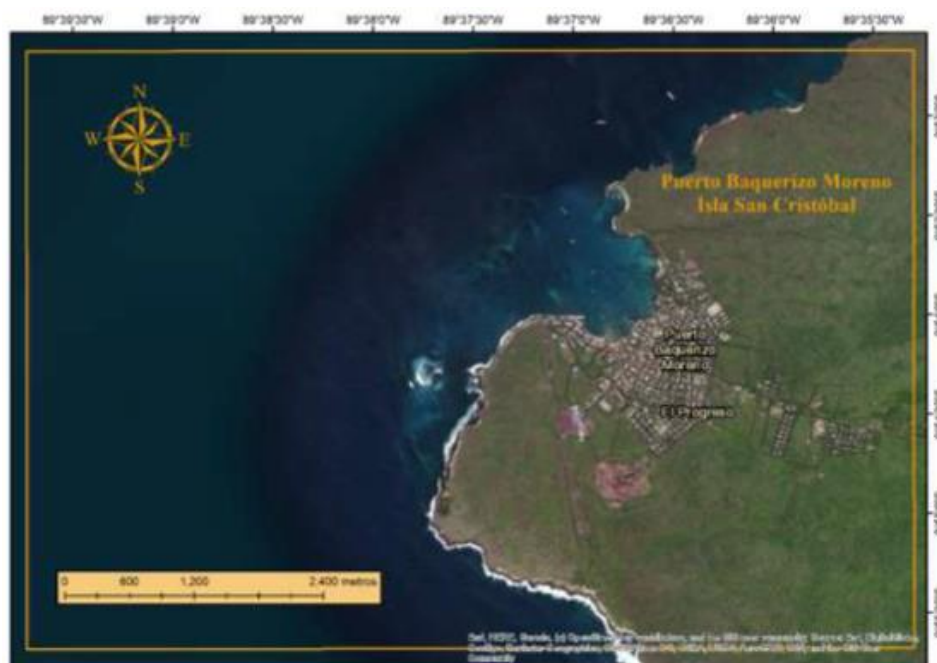
Los mapas de inundación contienen información sobre las zonas potencialmente inundables a causa de un tsunami. Para el presente estudio, se utiliza la última versión de este instrumento que corresponde a la versión dos (INOCAR, 2022).

Área de estudio

En el mapa presentado a continuación se muestra el área de estudio, mismo que corresponde a la zona poblada del Puerto Baquerizo Moreno.

Figura 25

Área de estudio en Puerto Baquerizo Moreno



Nota. Tomado de *Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos*, por INEC, 2015. Portalweb.com

Metodología: simulación numérica

El mapa de inundación se obtiene a partir de una simulación numérica de un escenario sísmico extremo real o hipotético de origen tectónico. Por tanto, existe un margen de error ante la presencia de un evento real, el cual puede diferir tanto en profundidad como en amplitud de la inundación presentada. Sin embargo, actualmente es uno de los métodos más utilizados por su confiabilidad y exactitud mayor al 80% (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022).

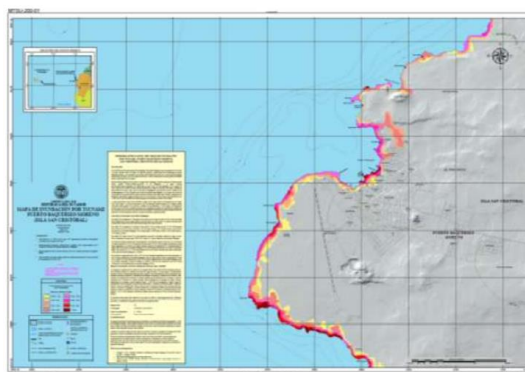
El modelo aplicado para la elaboración del mapa de inundación por tsunamis para el área de estudio fue TUNAMI N2. De acuerdo con los intereses de este estudio se eligió únicamente el área que posee la mayor cantidad de población y el escenario más crítico (máxima inundación) correspondiente a la evaluación del comportamiento de las olas en aguas poco profundas (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022).

Inundación por tsunami

El mapa de inundación se representa mediante una escala de colores, misma que se divide 8 niveles como se muestra en la siguiente figura para una marea de 1,86 m. La inundación máxima esperada sobrepasa los 7m (INOCAR, 2022).

Figura 26

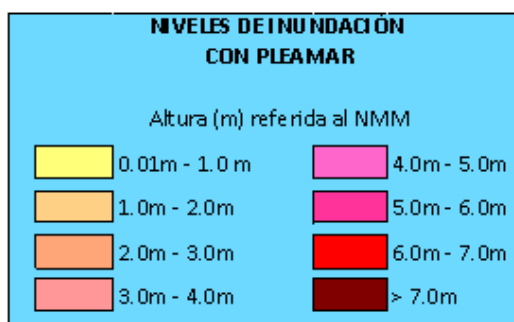
Mapa de inundación por tsunami del Puerto Baquerizo Moreno



Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

Figura 27

Niveles de inundación para el mapa de inundación

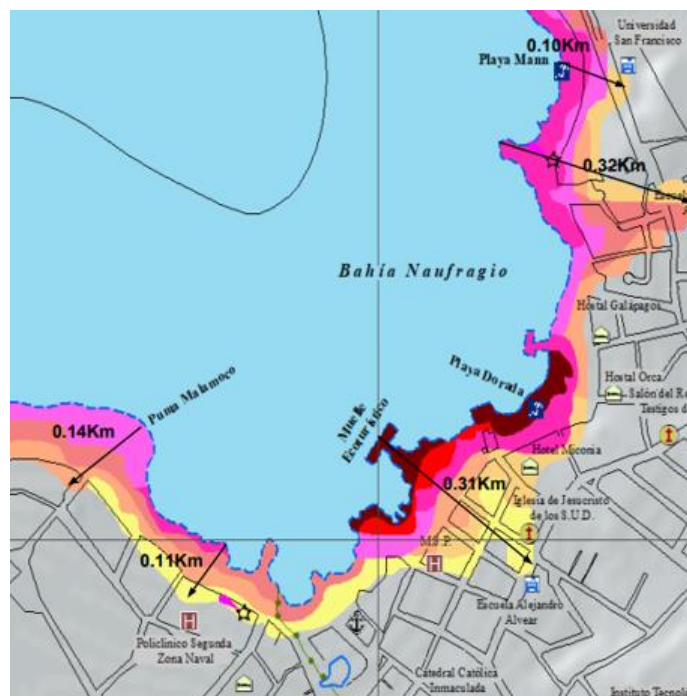


Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

A continuación, se presenta el mapa de inundación de la zona en estudio de Puerto Baquerizo Moreno, en el que se puede identificar que existe un elevado riesgo de inundación superior a los 7 m en las zonas más cercanas al océano (INOCAR, 2022).

Figura 28

Mapa de inundación



Nota. Tomado de Tipología tipo C3 es el material predominante en las islas Galápagos, por INEC, 2015. Portalweb.com

Capítulo 4

Metodología

Tipos de Investigación

La presente investigación tiene un enfoque descriptivo, que según Arias (2012) consiste en la exposición de un hecho o fenómeno. En ese sentido, el estudio explica las características y elementos importantes sobre la vulnerabilidad de San Cristóbal (Galápagos), ante amenazas naturales (sismo y tsunami).

Donde la información para la descripción del fenómeno se obtuvo mediante el trabajo de campo, que se llevó a cabo en la Isla de San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno). Con ello, se pudo analizar a profundidad sobre la evaluación del riesgo sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos en estructuras existentes.

Para la recolección y análisis de información, la investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto. Como explica Viteri (2012), este tipo de enfoque logra obtener perspectivas mucho más amplias respecto a los fenómenos de estudios, combinando métodos tanto cuantitativos como cualitativos.

En ese marco, este estudio desarrolló el componente cualitativo por medio de la combinación entre la observación y la sistematización de información documental obtenida sobre el fenómeno. Y, por otra parte, se realizó el componente cuantitativo, por medio de la recolección y análisis de datos a través de técnicas estadísticas.

Diseño de investigación

La investigación realizada es de carácter no experimental, pues las variables se observaron y analizaron dentro de su contexto, sin manipulación. Por otra parte, la investigación es transeccional, ya que los valores y los datos de estudio se obtuvieron en un tiempo específico, el cual corresponde al mes de diciembre de 2022.

Fuentes de información

Para la investigación se utilizaron fuentes primarias y secundarias. La información primaria se refiere a la información original y publicada por primera vez, la cual no ha sido alterada. Por otra parte, la información secundaria es aquella que ya ha sido sintetizada por diferentes autores especialista en el tema.

Población y muestra

Según Hernández Carrera (2014) la población es el conjunto de elementos los cuales concuerdan con ciertas especificaciones. Por lo tanto, en este estudio seleccionó como población a las construcciones urbanas de Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos, las cuales son 1505 edificaciones mayores a 49 m². Por otra parte, la muestra, como explica Gallego (2004), es un subconjunto de la población que debe ser representativa. Y su tamaño se encuentra por técnicas de diseño muestral (Arias, 2006). En el caso de esta investigación, se utilizó la técnica mixta para recopilar información, posteriormente analizar dicha muestra.

Diseño de la muestra

Según el GAD San Cristóbal (2022) la población urbana de las estructuras de Puerto Baquerizo Moreno se encuentra divididas por seis sectores descritos a en la siguiente tabla.

Tabla 8

Población urbana total de estructuras de Puerto Baquerizo Moreno

Sectores	Estructuras área>49m²
Sector 1	198
Sector 2	415
Sector 3	461
Sector 4	266
Sector 5	103
Sector 6	62
Total estructuras	1505

Tabla 9*Parámetros de la muestra*

Parámetro	Valor
N	1.505
Z	1,960
P	50,00%
Q	50,00%
E	5,00%

Técnicas, Instrumentos y procedimientos

Dentro del enfoque cualitativo de investigación se utiliza la observación directa que es una técnica en la que el investigador participa de forma activa y reflexiva con el fenómeno de estudio. Para eso, Hernández Sampieri y otros indican que debe tomar nota de “los detalles, sucesos, eventos e interacciones” (2014, p. 399).

En esta esta investigación, se aplicó la observación directa durante el proceso de trabajo de campo, en el que se acudió al lugar del estudio para evaluar la muestra. Para ello, se diseñó un formulario en el que se consideraron las siguientes variables: a) número de pisos de cada edificación, b) ocupación de las edificaciones, c) tipo de suelo (donde se encuentra la edificación), d) identificación de riesgos geológicos, e) irregularidades verticales y en planta y otros relacionados con los objetivos de este trabajo.

Entrevista semiestructurada

De manera general, la entrevista es un instrumento que permite al investigador generar un diálogo con su informante para recopilar información relacionada con sus experiencias, perspectivas o conocimientos en relación a un tema específico.

En el caso de la entrevista semiestructurada, se caracteriza por su flexibilidad, ya que “debido a su enfoque planificado, este estilo de preguntas de la entrevista tiene muchas ventajas. Permite que el entrevistador se adapte a cualquier tema potencialmente expansivo y

aclare los términos haciendo preguntas que incorporen ambigüedad. Además, reduce las barreras para una comunicación efectiva debido a su capacidad para incorporar expresiones y términos adecuados”(Díaz-Bravo et al., 2013, p.163). En ese sentido, esta técnica permite crear un ambiente de confianza entre las partes, y así el entrevistador puede realizar las preguntas planificadas y otras necesarias para recolectar datos importantes.

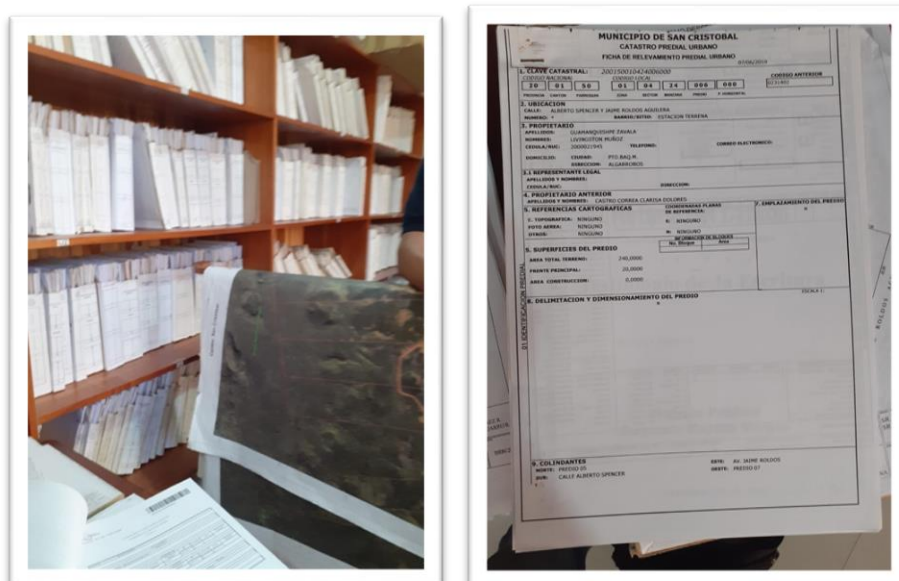
Dentro de la investigación, se entrevistaron a los dueños de las infraestructuras que forman parte de la muestra. En estas conversaciones se obtuvo información relacionada con los años de construcción, las fechas de construcción de las adiciones y otros datos necesarios para el estudio. Adicionalmente, se aplicaron entrevistas a los servidores públicos municipales que estaban encargados de las áreas de riesgos y catastros y obras públicas de la Isla San Cristóbal. De este modo, se pudieron recopilar datos oficiales sobre el estado de las construcciones que se analizaron.

Dentro del enfoque cualitativo se utiliza el diseño de investigación documental que consiste en “Métodos para registrar información de fuentes tales como pensamientos, teorías y recopilación de datos. Esto también ayuda a organizar y sistematizar la información recopilada (observaciones, conceptos, datos, etc”(Rojas, 2002, p. 179). La revisión y sistematización de documentos se utiliza para recabar información que permita contextualizar el fenómeno de estudio.

Por tanto, para esta investigación, se utilizaron los catastros de las edificaciones estudiadas que se solicitaron formalmente al GAD San Cristóbal. Cabe mencionar que varios de estos documentos no estaban sistematizados, por tanto, fue necesario recolectar los datos de cada predio de los archivos físicos del área de Catastros del GAD San Cristóbal.

Figura 29

Archivo físicos Departamento de catastros Gad San Cristóbal



Adicionalmente, se completó la información navegando y revisando las páginas webs oficiales de las entidades públicas y privadas de la Isla San Cristóbal para recolectar datos y conceptos necesarios para complementar la información de las fuentes antes mencionadas. De este modo, se pudo contextualizar de manera más amplia el objeto de estudio.

Foto georreferenciada

En la investigación con enfoque cualitativo se utilizan técnicas para sustentar la información que involucran el uso de otros códigos como la imagen. De acuerdo con García Gil, “la incorporación de recursos visuales dentro del proceso de indagación” (García Gil, 2013, p. 365). Por ello, en la investigación se utilizó la técnica de la fotografía georreferenciada para tener evidencia de la visita al predio estudiado, lo cual sirvió como sustento para la construcción del formulario.

Dentro del diseño mixto de investigación, se utiliza la encuesta para la recogida de datos sobre un fenómeno de la realidad. García y otros definen a la encuesta como una técnica de investigación que se basa en lo siguiente:

proporciona un protocolo estándar para recopilar datos y analizarlos con el fin de explorar, describir, predecir o explicar una serie de características. Recopila datos de una muestra representativa de casos para representar una población o universo más grande (Casas Anguita et al., 2003, p. 527)

Para este trabajo, se utilizó la encuesta con preguntas abiertas para enriquecer la investigación y tener un panorama general y óptimo de las estructuras existentes.

Procedimiento

El trabajo de campo de esta investigación se desarrolló en la Isla San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno), la cual tiene una población urbana de 1505 edificaciones mayores a 49 m². Después de aplicar la técnica de muestreo explicada anteriormente, se escogieron aleatoriamente 306 edificaciones para realizar el estudio. A continuación, se trazó un mapa de recorrido y se estableció un cronograma para la visita a las edificaciones. Posteriormente se realizó entrevistas para recolectar información del formulario escogido (Alta Sismicidad N1) para este estudio. De igual modo, se realizaron las entrevistas semiestructuradas a los informantes seleccionados.

Procesamiento y análisis de información

Luego de haber utilizado las técnicas e instrumentos mostrados en el formulario, se procedió a procesar la información en horas de cálculo Excel para luego ser analizados en el siguiente capítulo mediante gráficas y tablas.

Capítulo 5

Resultados y análisis de la investigación

Clasificación de las viviendas de acuerdo con el número de pisos

En la tabla que sigue se puede observar la clasificación de las casas, de acuerdo con el número de pisos, siendo 1 el número de pisos mínimo y 4 el número de pisos máximo que presentan las 306 edificaciones objeto de estudio.

Además, se puede identificar que, del total de viviendas, el 44% corresponden a viviendas de un solo piso, seguido de las viviendas de 2 pisos con un total del 39%. Finalmente, las viviendas de 3 y 4 pisos representan la minoría con un total de del 18%.

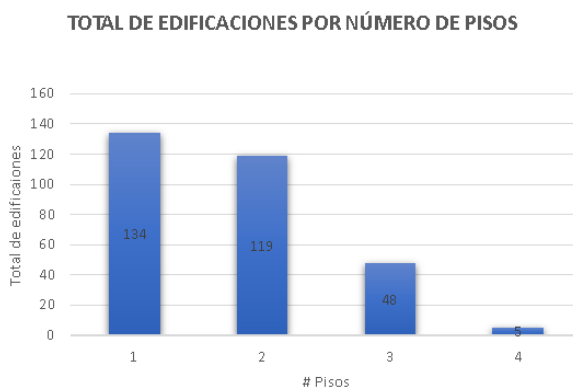
Tabla 10

Clasificación de las viviendas conforme el número de pisos

#Pisos	Subtotal estructuras	Porcentaje
1	134	44%
2	119	39%
3	48	15%
4	5	2%
Total	306	100%

Figura 30

Clasificación de las edificaciones



Clasificación de las estructuras de acuerdo con el año de su construcción

Para efectos de estudio se establecieron 5 rangos de años de construcción de las estructuras, empezando por el año 1920 hasta el 2022.

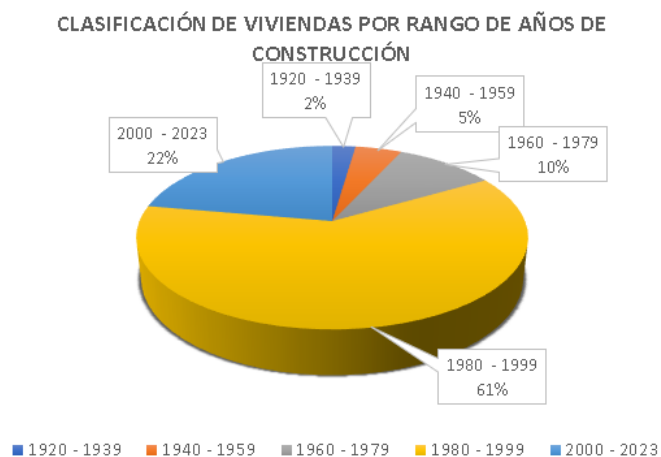
Tabla 11

Clasificación estructural de acuerdo con el año de construcción

Rango de años	Total	Porcentaje
1920 - 1939	7	2%
1940 - 1959	14	5%
1960 - 1979	30	10%
1980 - 1999	187	61%
2000 - 2023	68	22%
Total	306	100%

Figura 31

Clasificación de viviendas



Clasificación de las estructuras de acuerdo con el código de construcción

Se establecieron 3 rangos de años de construcción de las estructuras, empezando por el año 1920 hasta antes del 2000 (pre código moderno o auto construcción), luego desde el

2011 pero antes del 2015 (construidas en la etapa de transición) y desde el 2015 en adelante (código moderno NEC 2015). En la siguiente tabla y gráfico presentados se puede determinar que la mayor parte de viviendas fueron construidas a partir de año 1920 hasta el 2000.

Tabla 12

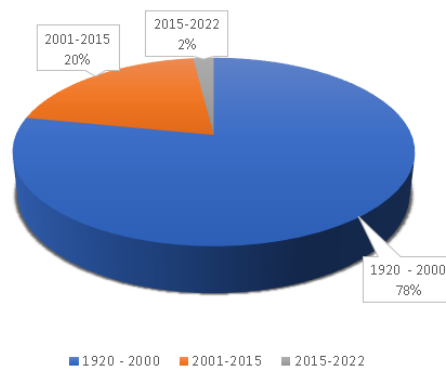
Clasificación estructural de acuerdo al código de construcción

Rango de años	Total
1920 - 2000	239
2001-2014	61
2015-2022	6

Figura 32

Clasificación de viviendas de acuerdo al código

CLASIFICACIÓN DE VIVIENDAS POR RANGO DE CODIGO DE COSTRUCCIÓN



Este 78% de edificaciones pertenecen en gran parte al Barrio Centro, Playa Oro, Peñas Bajas, Peñas Altas y Barrio Frío.

Clasificación de estructuras de acuerdo con la presencia de una construcción adicional

En la siguiente tabla se indica el total de viviendas que presentan algún tipo de construcción adicional, como cubiertas metálicas o ampliaciones ilegales. Se puede observar que del total de viviendas solo el 21 % posee algún tipo de construcción adicional.

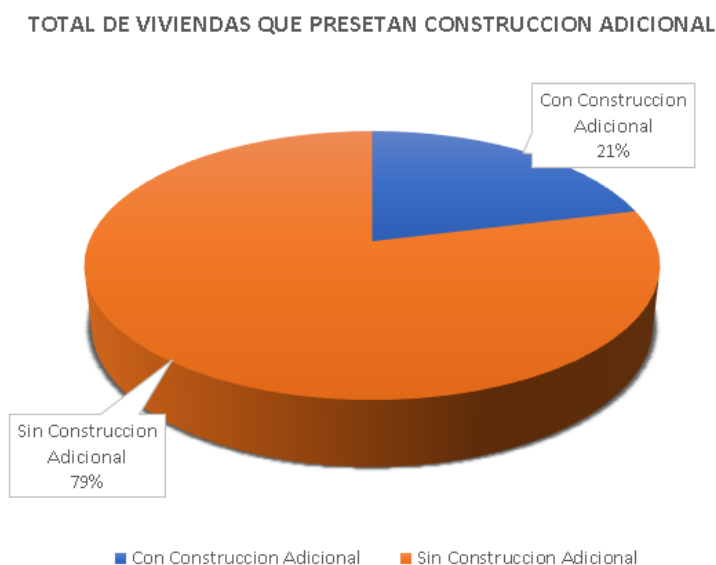
Tabla 13

Estructuras que presentan construcción adicional

Construcción adicional	Porcentaje	
Con Construcción Adicional	65	21%
Sin Construcción Adicional	241	79%
Total	306	100%

Figura 33

Implementación de estructuras adicionales a la original



Clasificación de las estructuras según su ocupación

Las estructuras fueron clasificadas en 7 tipos según el tipo de ocupación para el cual se encuentran designadas, de este modo se pudo identificar que el 51% de las viviendas son de uso residencial.

Tabla 14

Clasificación de estructuras conforme su ocupación

Ocupación		Porcentaje
Residencial	155	51%
Comercial	122	40%
Público	19	6%
Histórico	4	1%
Emergencia	2	1%
Educación	3	1%
Industria	1	0%
Total	306	100%

Figura 34

Clasificación de las estructuras según ocupación.



Clasificación de las estructuras según el riesgo geológico (Deslizamiento)

Las edificaciones analizadas pueden presentar algunos tipos de riesgos geológicos, sin embargo, para efectos de estudio se consideró el más importante correspondiente a riesgo por deslizamiento. A partir de los datos obtenidos se puede observar que 13 (4%) viviendas poseen

riesgo por deslizamiento, esto se debe principalmente a su ubicación topográfica de una parte de las estructuras.

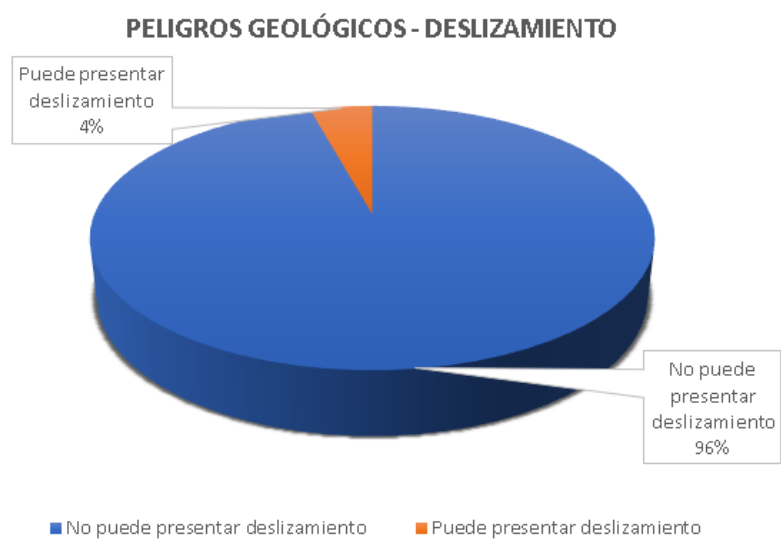
Tabla 15

Clasificación de estructuras por riesgo geológico

Peligros geológicos - deslizamiento		Porcentaje
No puede presentar deslizamiento	293	96%
Puede presentar deslizamiento	13	4%
Total	306	100%

Figura 35

Clasificación de las estructuras por riesgo geológico



Clasificación por proximidad entre estructuras

Golpeteo potencial

Existen un alto porcentaje de estructuras próximas entre si 54% del total que causan golpeteo estos están ubicados próximos al Malecón San Cristóbal punto de aglomeración de estructuras de hoteles y comercio.

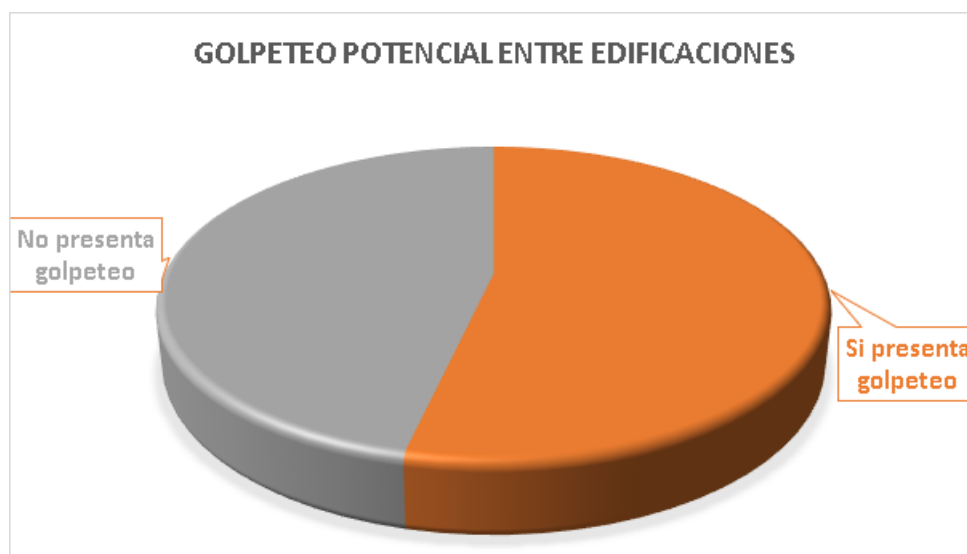
Tabla 16

Número total de edificaciones con potencial golpeteo

Golpeteo potencial	Porcentaje	
Si presenta golpeteo	164	54%
No presenta golpeteo	142	46%
Total	306	100%

Figura 36

Golpeteo Potencial entre edificaciones



Riesgo de caídas estructuras adyacentes

Según lo observado existe un 21 % de estructuras de construcciones adicionales y con un 54% de estructuras que sufren de golpeteo, entonces el riesgo de caída de otra estructura es del 22% como lo observamos en la siguiente tabla y grafica.

Tabla 17

Edificaciones con riesgo de caída de edificaciones adyacentes

RIESGO CAIDA DE UNA ESTRUCTURA MAS		
	ALTA	Porcentaje
SI	66	22%
NO	240	78%
Total	306	100%

Figura 37

Riesgo de caída estructura más alta



Clasificación por irregularidades en las estructuras

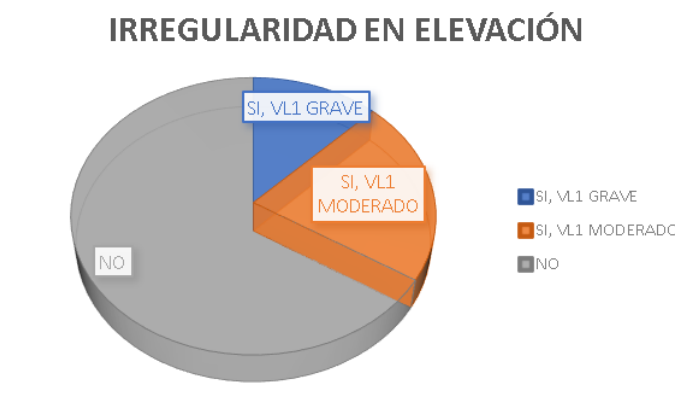
Existen irregularidades tanto en planta como en elevación que afectan el desempeño ante un evento sísmico en las estructuras, para las evaluaciones de las estructuras del FEMAP-146 se toman irregularidad en elevación

Tabla 18*Irregularidades en elevación*

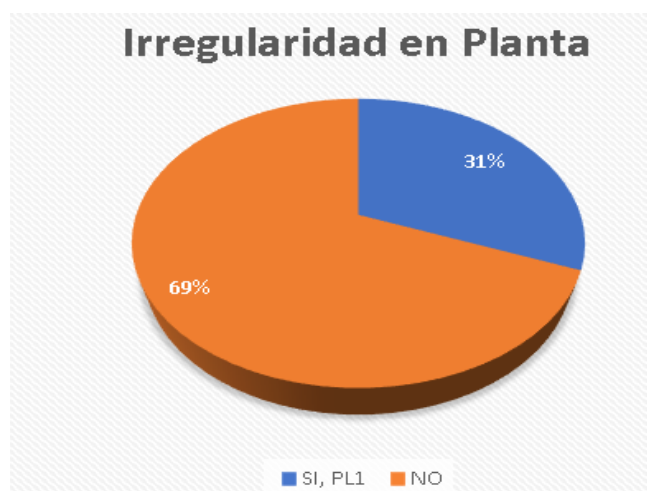
Irregularidad en elevación		Porcentaje
SI, VL1 GRAVE	38	12%
SI, VL1 MODERADO	66	22%
NO	202	66%
Total	306	100%

Figura 38

Estructuras con irregularidad en elevación

**Tabla 19***Irregularidades en planta*

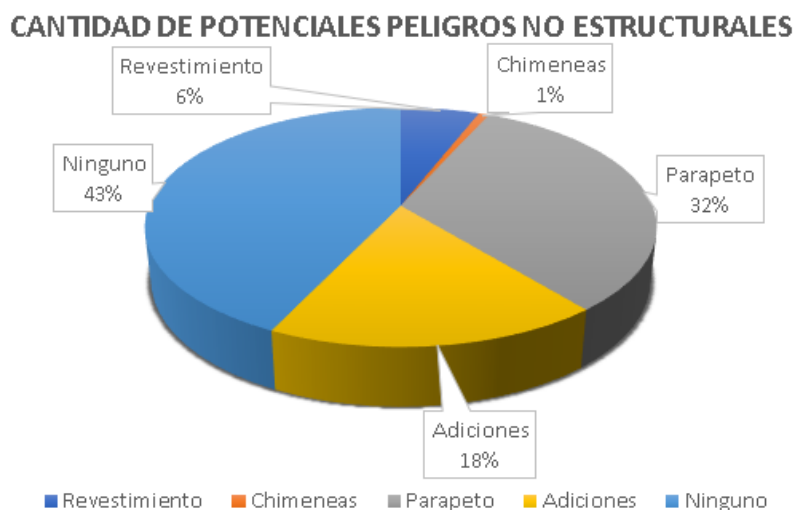
Irregularidad en planta		Porcentaje
SI, PL1	95	31%
NO	211	69%
Total	306	100%

Figura 39*Estructuras con irregularidad en planta***Clasificación de posibles peligros no estructurales**

Se puede observar que la mayoría de las viviendas no posee peligros potenciales no estructurales con el 43% del total, por otro lado, el elemento que constituye un peligro con mayor presencia son los parapetos con el 32 % seguido de las adiciones con un 18%, mismo que se encuentra conformado por aires acondicionados, letreros, antenas, etc.

Tabla 20*Número total de casas con posibles peligros no estructurales.*

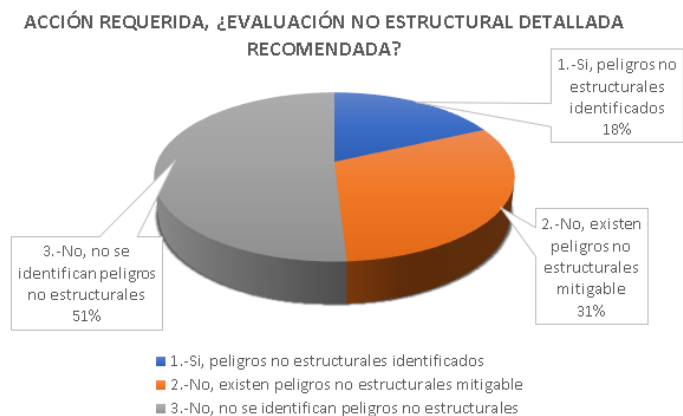
Número total de casas con posibles peligros no estructurales	
Revestimiento	23
Chimeneas	3
Parapeto	126
Adiciones	70
Ningún Peligro	167

Figura 40*Clasificación de las estructuras***Clasificación de viviendas que requieren una evaluación no estructural detallada**

Se puede observar que más de la mitad de las viviendas no necesitan una evaluación no estructural más detallada ya que pueden ser mitigables, es decir, solo tienen un potencial peligro no estructural, por otro lado, el 18% de las viviendas si necesitan una evaluación no estructural más detallada ya que poseen 2 o más peligros potenciales.

Tabla 21*Clasificación de las estructuras***Número total de casas que requieren una evaluación estructural****detallada**

1.-Si, peligros no estructurales identificados	58
2.-No, existen peligros no estructurales mitigable	101
3.-No, no se identifican peligros no estructurales	147

Figura 41*Clasificación de las estructuras***Clasificación de los tipos de estructuras**

La mayoría de las viviendas analizadas corresponden a la categoría C3 (pórticos de concreto con muros de mampostería no reforzada) con un 95%, las restantes entran en las categorías URM y W1 con un porcentaje de 1% y 4% respectivamente.

Tabla 22*Clasificación estructural según su tipología*

Número total de los tipos de estructuras	Porcentaje
C1(Pórticos de concreto armado)	2%
C3(pórticos de concreto con muros de mampostería no reforzada)	93%

Número total de los tipos de estructuras		Porcentaje
URM (paredes de apoyo de mampostería no reforzada)	2	1%
W1 (pórticos de madera livianos)	13	4%
TOTAL	306	100%

Figura 42

Clasificación estructural según su tipología.



Clasificación de las estructuras según su límite

Sobre la clasificación López et al. (2021) manifiesta la calificación obtenida de la evaluación, si esta es menor a dos, es necesario una inspección exhaustiva (López et al., 2021).

La mayor parte de las viviendas analizadas no superan el límite establecido de 2, el cual permita clasificar a las estructuras según su vulnerabilidad como se indica a continuación. Por otro lado, solo 5 estructuras del total analizado poseen un resultado superior al límite, es decir, no son vulnerables. En cambio, las 301 son vulnerables, y requieren de evaluación detallada.

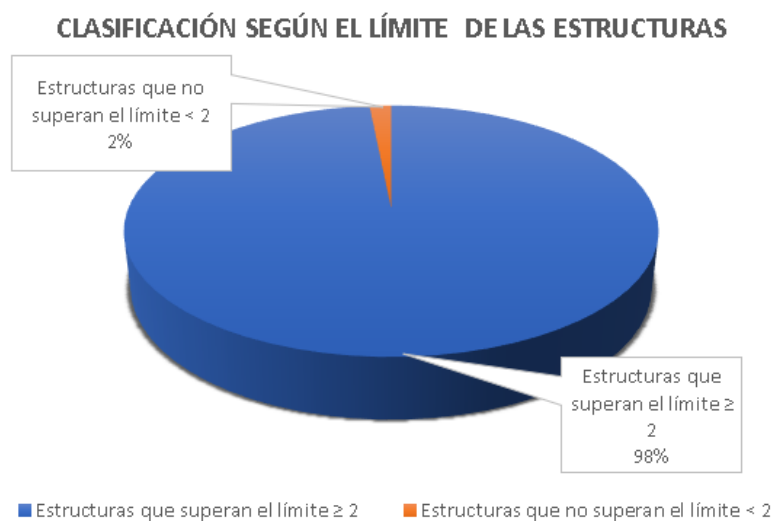
Tabla 23

Clasificación de las estructuras según su vulnerabilidad

Número de viviendas según su vulnerabilidad	
Estructuras que no superan el límite ≥ 2	301
Estructuras que superan el límite ≥ 2	5

Figura 43

Clasificación de las estructuras según su límite



Inundación por tsunami

Las alturas de ola por inundación afectan máximo a una altura nivel de 3 metros en edificaciones frente al Malecón que sean menores a dos pisos ya que la altura vertical mínima de evacuación FEMA P646 es 6.9 metros.

En los niveles de 2 y 1 metro respectivamente, afecta a las edificaciones de un piso ya que la altura vertical mínima de evacuación FEMA P646 es 5.6 metros.

Figura 44

Puntos analizados implantados en el mapa de inundación.

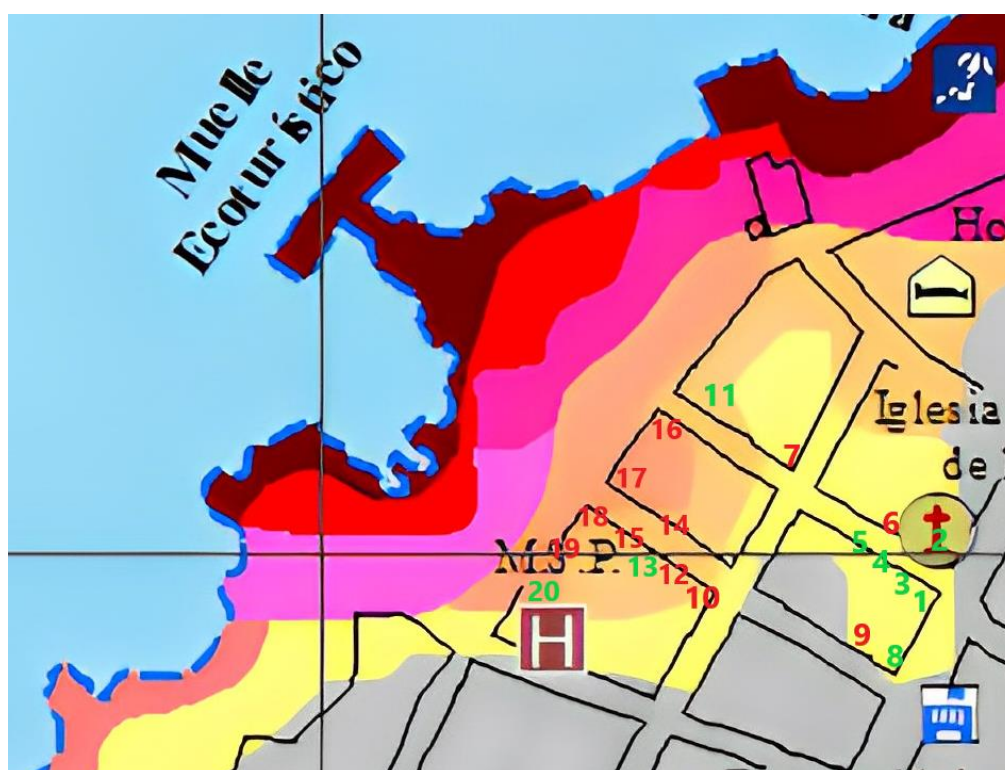


Tabla 24*Clasificación de las estructuras según su vulnerabilidad*

Inundación por tsunami producido por un sismo de magnitud Mw 8.4 considerando una marea de 1.86 metros. (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022)

Nivel Ola 1 Metro					Altura vertical	
Pto.	N°	Nro			FEMA P646	Imp. Sis. fotovoltaico
Analizado	edificación	pisos	altura(m)		(m)	
	1	266	2	6	4,3	OK
	2	267	3	9	4,3	OK
	3	268	2	6	4,3	OK
	4	269	2	6	4,3	OK
	5	270	3	9	4,3	OK
	6	271	2	6	4,3	Estr. Madera
	7	272	2	6	4,3	Estr. Madera
	8	287	2	6	4,3	OK
	9	288	2	6	4,3	Estr. Madera
	10	291	2	6	4,3	Estr. Madera
Nivel Ola 2 Metros					Altura vertical	
Pto.	N°	Nro			FEMA P646	Imp. Sis. fotovoltaico
Analizado	edificación	pisos	altura(m)		(m)	
	11	274	2	6	5,6	OK
	12	292	2	6	5,6	Estr. Madera
	13	293	3	9	5,6	OK
	14	294	1	3	5,6	NEGATIVO
	15	295	2	6	5,6	OK

Inundación por tsunami producido por un sismo de magnitud Mw 8.4 considerando una marea de 1.86 metros. (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022)

Pto.	N°	Nivel Ola 3 Metros		Altura vertical		Imp. Sis. fotovoltaico
		Nro	altura(m)	FEMA P646	(m)	
Analizado	edificación	pisos				
16	273	2	6	6,9	NEGATIVO	
17	275	2	6	6,9	NEGATIVO	
18	276	2	6	6,9	NEGATIVO	
19	277	2	6	6,9	NEGATIVO	
20	278	3	9	6,9	OK	

Las siguientes observaciones solo son comparables con la amenaza Tsunami en la zona de riesgo de inundación para la implementación de sistemas fotovoltaicos

- En el nivel de olas de 3 metros el 80% de las estructuras encuestadas son de dos pisos por lo tanto no es posible implementar sistemas fotovoltaicos.
- En el nivel de olas de 2 metros el 80% de las edificaciones son aptas para la implementación de sistemas fotovoltaicos.
- En el nivel de olas de 1 metros el 100% de las edificaciones son aptas para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Cabe recalcar que las estructuras son de dos pisos mínimo.

Implementación paneles fotovoltaicos

Respecto a la implementación de los paneles fotovoltaicos, se analizó de manera general tres modelos de casas tipo de acuerdo con la ocupación y los equipos eléctricos dentro de las mismas, asumiendo un área promedio de 100 m² por planta. El literal correspondiente a previsión

de otros servicios abarca otros dispositivos como carga de celulares, impresoras, entre otros dispositivos electrónicos, a los cuales se les ha otorgado un consumo de 20W.

Tabla 25

Potencia total consumida por día por familia para una vivienda de 1 piso.

Equipo Eléctrico	Número de elementos previstos	Potencia Unitaria [W]	Potencia [W]	Número de horas de funcionamiento por día [h/día]	Potencia Total [KWh/día]
					0,3
Laptop	1	45	45	8	6
					0,3
Puntos de luz interiores	6	10	60	6	6
					0,0
Puntos de luz exteriores	2	10	20	3	6
		55			
Microondas	1	0	550	0,1	0,055
		25			
Licuada	1	0	250	0,1	0,025
		50			
Aire Acondicionado	1	0	500	5	2,5
		30			0,0
Lavadora	1	0	300	0,1	3
		20			
Refrigeradora	1	0	200	12	2,4

Equipo Eléctrico	Número de elementos previstos		Potencia Unitaria [W]	Potencia [W]	Número de horas de funcionamiento por día [h/día]	Potencia Total [KWh/día]
	Previsión de otros servicios		Futuro	20	20	1
				194		5,8
TOTAL POTENCIA				5		1

Tabla 26

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de un piso

Descripción	Valor
Potencia [Wh/día]	5810
Potencia Panel [Wh/día]	1800
Número de Paneles requeridos	4
Área panel [m2]	2
Área total paneles [m2]	8

Tabla 27

Potencia total consumida por día por familia para una vivienda de 2 pisos (Una familia)

Equipo Eléctrico	Número de elementos previstos	Potencia Unitaria [W]	Potencia [W]	Número de horas de funcionamiento por día [h/día]	Potencia Total [KWh/día]
Laptop	1	45	45	8	0,36
Puntos de luz interiores	9	10	90	6	0,54

Puntos de luz exteriores	3	10	30	3	0,09
Microondas	1	550	550	0,1	0,055
Licuada	1	250	250	0,1	0,025
Aire Acondicionado	1	500	500	5	2,5
Lavadora	1	300	300	0,1	0,03
Refrigeradora	1	200	200	12	2,4
Previsión de otros servicios	Futuro	20	20	1	0,02
TOTAL POTENCIA			1985		6,02

Tabla 28

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de dos pisos (Una familia).

Descripción	Valor
Potencia [Wh/día]	6020
Potencia Panel [Wh/día]	1800
Número de Paneles requeridos	4
Área panel [m ²]	2
Área total paneles [m ²]	8

Tabla 29

Potencia total consumida por día por familia para una vivienda de 2 pisos (Dos familias).

Equipo Eléctrico	Número de elementos previstos	Potencia Unitaria [W]	Potencia [W]	Número de horas de funcionamiento por día [h/día]	Potencia Total [KWh/día]
Laptop	2	45	90	8	0,72
Puntos de luz interiores	12	10	120	6	0,72
Puntos de luz exteriores	4	10	40	3	0,12
Microondas	2	550	1100	0,1	0,11
Licuada	2	250	500	0,1	0,05
Aire Acondicionado	2	500	1000	5	5
Lavadora	2	300	600	0,1	0,06
Refrigeradora	2	200	400	12	4,8
Previsión de otros servicios	Futuro	40	40	1	0,04
TOTAL POTENCIA			3890		11,62

Tabla 30

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de dos pisos (Dos familias).

Descripción	Valor
Potencia [Wh/día]	11620
Potencia Panel [Wh/día]	1800
Número de Paneles requeridos	7
Área panel [m2]	2
Área total paneles [m2]	14

A partir de las tablas 26, 28 y 30 se puede determinar que el caso más crítico corresponde a la vivienda de 2 pisos con una ocupación de 1 familia por planta respectivamente. Para lo cual se requieren 7 paneles fotovoltaicos ocupando un área de 14 m², en comparación de los 100m² disponibles considerados, pueden ser colocados sin interferir considerablemente en el espacio libre.

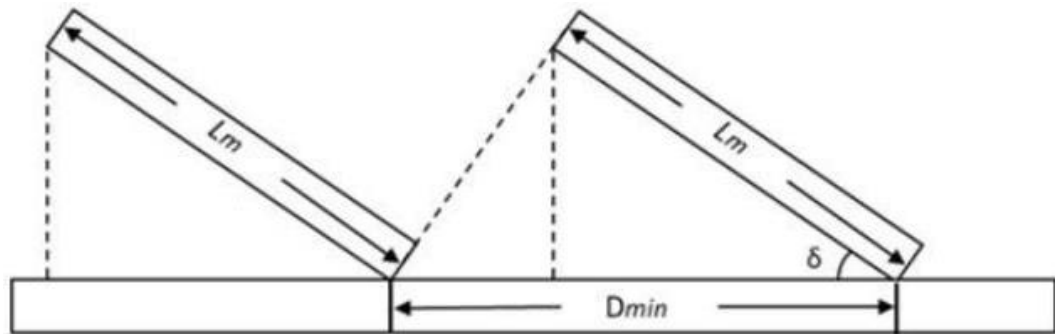
Por otra parte, considerando que la mayor cantidad de construcciones presenta como cubierta una losa de hormigón, la instalación de los paneles fotovoltaicos deberá ser realizada con un grado de inclinación de acuerdo con la latitud y longitud a la que se encuentre la vivienda. Además, la norma IEC 662305-3 especifica que se debe considerar una distancia determinada entre los paneles fotovoltaicos y sus respectivas protecciones contra rayos. Adicionalmente, los paneles solares no deben estar sujetos a ningún tipo de proyección de sombras debido a que, esto induce a una deficiencia en su desempeño. (Morales Peñafiel & Gómez Bravo, 2022).

Dicha distancia de separación entre módulos se encuentra determinada por la siguiente expresión y ejemplificada en la figura 45.

$$D_{min} = (L_m * \text{Cos}\delta) + \frac{L_m * \text{Sen}\delta}{\text{Tan}(90^\circ - \delta)}$$

Figura 45

Separación mínima entre paneles



Conclusiones

La presente de investigación tiene por objetivo Evaluar la vulnerabilidad de las estructuras de Puerto Baquerizo Moreno ante las amenazas naturales (Sismo y Tsunami) que afectan a la Isla San Cristóbal, para generar una propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos.

Para esto, se levantó información de 306 edificaciones de la Isla San Cristóbal, que formaron parte de la muestra de este estudio. Los datos se analizaron por medio de los instrumentos FEMA P-154 formulario nivel 1, el cual permitió evaluar el nivel de vulnerabilidad que tienen estas construcciones frente a la exposición a fenómenos naturales.

Es así que los resultados de la investigación revelaron que las edificaciones levantadas de 1 y 2 pisos corresponden al 83 %. Por otra parte, el 78 % de las estructuras evaluadas fueron construidas entre 1920 y 1999, antes de la aprobación del código CEC2000. En contexto, estas construcciones se erigieron de manera informal, debido a que no existió un marco legal específico. Debido a ello, según los archivos consultados, los edificios que se erigieron antes de 1992 tenían como material arena de mar, que contiene un alto grado de sales disueltas, las cuales provocan la corrosión de acero disminuyendo la capacidad de las estructuras.

Por otra parte, la falta de datos de microzonificación del Archipiélago de Galápagos demuestra que los estudios de riesgos ante tsunamis y sismos no puedan ser 100 % exactos.

De acuerdo con los resultados, el 98 % de las edificaciones requieren una evaluación estructural más rigurosa por medio del uso del formulario nivel 2. Sin embargo, los datos mostraron que el 2% de las estructuras analizadas no requieren de la elaboración del instrumento mencionado, porque corresponden a edificaciones de uso comercial con un total de pisos en el rango de 1 a 2 y de tipología C3 y C1, las cuales fueron erigidas aparentemente con el NEC 2015.

Por otro lado, se determinó que el uso del método de inspección visual rápida, FEMA P-154, es ágil y efectiva para la recolección y análisis de los datos obtenidos. Sin embargo, se requiere escoger los puntajes y formularios pertinentes para que sea aplicado correctamente. Con ello, este instrumento ayuda a la identificación de estructuras con alto grado de vulnerabilidad.

Sobre la evaluación de la vulnerabilidad de Puerto Baquerizo Moreno, se consideró un tsunami generado en la región y se excluyeron los que fueron generados por deslizamientos o por actividad volcánica. En ese sentido, se calculó, mediante una simulación, que el peor escenario de riesgo para las costas de la isla es un sismo de magnitud 8.4, que tenga como epicentro las costas de Manabí. Esto se determinó con base en un análisis histórico de tsunamis en Ecuador. Por esto, el mapa de inundación representa una herramienta útil de prevención ya que permite localizar el riesgo local, basado en las características del entorno. Esto contribuye a la gestión de emergencias.

Así también, el estudio determinó que el 50 % de las 20 estructuras que fueron afectadas por tsunami pueden contar con sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, cabe recalcar que, para ese proceso, no se mide la resistencia al impacto de fuerza lateral del tsunami de estas estructuras. Por eso, en las edificaciones menores de dos pisos, que poseen una zona de altura vertical de evacuación es 6,9 m., no es conveniente la implementación de sistemas fotovoltaicos.

El requerimiento de paneles, para abastecer la demanda energética presente en las estructuras residenciales de puerto Baquerizo Moreno, ocupa una pequeña área con respecto al área de construcción en planta asumida por lo que, la implementación de esta fuente de energía en las viviendas no representaría ningún problema en cuanto a espacio y ubicación.

Con la implementación de los paneles solares se reducirá el consumo de la energía térmica obtenida a partir de diésel presente en la Isla San Cristóbal, que representa el método más utilizado en cuanto a la generación de energía con un 89.71%, y aumentará el uso de

energía fotovoltaica dando una fuente de energía limpia, renovable e inagotable para los hogares de Puerto Baquerizo Moreno.

A pesar de las condiciones climáticas adversas, la implementación de paneles solares garantiza la presencia de energía durante las 24 horas del día debido a que, la energía se almacena durante los picos de radiación, para posteriormente ser usada cuando esta es mínima. Además, su mantenimiento no es complicado ya que, no necesita recursos complejos para su limpieza.

La opción más eficiente para abastecer de energía limpia a la Isla San Cristóbal es la implementación de paneles fotovoltaicos en cada una de las edificaciones existentes, ya que, al ser una reserva natural la mayor parte de la isla, es casi imposible construir plantas de energía fotovoltaica.

Recomendaciones

Las construcciones ilegales alrededor de Ecuador constituyen un problema social, que no ha sido atendido por las autoridades del país, a pesar de que las instituciones competentes cuentan con información suficiente sobre los riesgos a los que están expuestas las estructuras mencionadas. Por eso, es necesario que los GAD de las zonas afectadas, en especial en la zona de la Isla San Cristóbal deberían rigidizar las leyes de construcción, en las que se considere la gestión de riesgos y amenazas, en especial por eventos naturales.

Con base en esta premisa, es necesario que las autoridades realicen un constante control y seguimiento de las nuevas edificaciones y verificar que cumplan con la normativa actual de construcción. Para ello, es necesario que los GAD parroquiales estructuren bases de datos actualizadas que les permita cotejar sus archivos con los datos que registren en sus salidas a territorio.

Así también, las instituciones públicas deben sistematizar de manera más eficiente la información y actualizar periódicamente los datos que manejan sobre los riesgos y amenazas de su jurisdicción, que facilite la elaboración de un mapa de inundación por tsunamis. De este modo, el objetivo es reducir la incertidumbre y aumentar el nivel de confianza de los estudios que se realicen tanto dentro de las instituciones públicas, como por parte de centros educativos, estudiantes o investigadores.

Asimismo, es importante que esa información sea de conocimiento público para que la comunidad, el sector de la construcción y la academia puedan contar con fuentes oficiales sobre la situación actual de su entorno. En ese sentido, se recomienda que las empresas constructoras o particulares dedicados a este sector revisen los mapas de riesgos de sismo y tsunami previo a la construcción de una edificación, con el fin de evitar un menor número de daños materiales y pérdidas humanas.

Se recomienda tomar de referencia la hora del día en la cual existe la mayor cantidad de radiación solar para ubicar los paneles solares con el grado de inclinación preciso y obtener el mayor aprovechamiento de sus propiedades.

Debido a que, los paneles no pueden estar emplazados en lugares que presentan sombra, se recomienda utilizar la distancia mínima de separación entre paneles recomendada por las normativas vigentes y estar ubicados en espacios abiertos con el fin de, evitar la proyección de sombra.

Se recomienda usar paneles fotovoltaicos monocristalinos que, a pesar de tener un costo más elevado, presentan una mayor eficiencia y vida útil respecto a los paneles policristalinos y de película fina.

Las Islas Galápagos, al ser un Archipiélago con una considerable cantidad de especies endémicas, su energía debería provenir de fuentes menos contaminantes que traten de evitar efectos contraproducentes para su fauna y flora.

Bibliografía

- Augusti, G., Borri, C., & Niemann, H. (2001). Is Aeolian risk as significant as other environmental risks?. *Reliability Engineering System Safety*.
- Nájeras, J. C. (2005). El mapa de riesgos de la naturaleza. MAPFRE. Gerencia de riesgos y seguros. División de Grandes Riesgos (Vol. 23).
- Acharya, H. K. (1965). Seismicity of the Galápagos Islands and vicinity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 55(3), 609–617. <https://doi.org/10.1785/BSSA0550030609>
- Alegria, A., Caiza, L., Calvopiña, K., Lisintuña, J., Mancero, H., Molina, G., Mora, G., Pillajo, M., roman, a., vilela, p., zambrano, n., & toulkeridis, t. (2016). Análisis multi-temporal y cuantificación de infraestructura física destruida en el cantón pedernales, provincia de manabí, tras el terremoto de magnitud 7.8 mw. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1, 1–6.
- American Society of Civil Engineers. (2013). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-13). In *Seismic Rehabilitation of Existing Buildings*. American Society of Civil Engineers.
http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15247/ASCE_41-13.pdf
- Baldrige, S., Gonzalez, F., Hooper, J., Robertson, I., Walsh, T., & Yeh, H. (2009). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis. In *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis* (Third Edit, Vol. 4, Issue 6).
<https://doi.org/10.20965/jdr.2009.p0410>
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(03)70728-8)

- Contreras, M. (2012). *CronologiaDeTsunamisEnEcuador desde1586 a 2011*. 50–59.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162–167. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349733228009>
- Duarte, J. C., & Schellart, W. P. (2016). Introduction to Plate Boundaries and Natural Hazards. *Plate Boundaries and Natural Hazards*, September, 1–10. <https://doi.org/10.1002/9781119054146.ch1>
- FEMA P-155. (2015). FEMA-155: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : Supporting Documentation. In *Federal Emergency Management Agency* (Issue January).
- Fernández García, L. G., & Cervantes Torres, A. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira*. Centro de Investigación En Materiales Avanzados, S.C., 136. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1927>
- Filson, J. R., Simkin, T. L., & Leu, L. (1973). Seismicity of a caldera collapse: Galapagos Islands 1968. *Journal of Geophysical Research*, 78, 8591–8622.
- GADM San Cristóbal. (2020). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantón San Cristobal. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 1, Issue 9, p. 326).
- García Gil, M. E. (2013). El uso de la imagen como herramienta de investigación. *Campos En Ciencias Sociales*, 1(2), 363. <https://doi.org/10.15332/s2339-3688.2013.0002.07>
- Gonzalez de paz, L. V., Ortega, N., Rosales, M., & Salvatori, A. (2015). Vulnerabilidad de viviendas al viento de la localidad de Ingeniero White, Argentina. *Ciencia y Tecnología*, 1(15), 135–150. <https://doi.org/10.18682/cyt.v1i15.289>
- Gusiakov, V. K. (2005). Tsunami generation potential of different tsunamigenic regions in the Pacific. *Marine Geology*, 215(1–2), 3–9. <https://doi.org/10.1016/J.MARGE0.2004.05.033>
- Hernández Carrera, R. M. (2014). La investigación cualitativa a través de entrevistas: su

- análisis mediante la teoría fundamentada. *Universidad Internacional de La Rioja (España)*
Fecha. <https://idus.us.es/handle/11441/36261#.Y8S2uXJ9zno.mendeley>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2015). *Análisis de resultados definitivos Censo de Población y Vivienda Galápagos 2015.*
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/CPV_Galapagos_2015/Analisis_Galapagos_2015.pdf
- Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada. (2022). *Memoria Técnica: Mapa de Inundación por Tsunami Puerto Baquerizo Moreno.*
- Lagomarsino, S., & Cattari, S. (2013). Seismic Vulnerability of Existing Buildings: Observational and Mechanical Approaches for Application in Urban Areas. En *Seismic Vulnerability of Structures. Philippe Gueguen.*
- Lander, J. F., & Lockridge, P. A. (1989). *United States tsunamis.* 41,2.
- Lizundia, B., Durphy, S., Griffin, M., Hortacsu, A., Kehoe, B., Porter, K., & Welliver, B. (2014). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: FEMA 154 and FEMA 155 updates. *NCEE 2014 - 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering, January.* <https://doi.org/10.4231/D3M90238V>
- López, W., Pilco, R., & Villamizar, V. (2021). *Vulnerabilidad estructural de cuatro edificaciones en el Campus Sangolquí de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Lynett, P., Weiss, R., Renteria, W., De La Torre Morales, G., Son, S., Arcos, M. E. M., & MacInnes, B. T. (2013). Coastal Impacts of the March 11th Tohoku, Japan Tsunami in the Galapagos Islands. *Pure and Applied Geophysics*, 170(6–8), 1189–1206.
<https://doi.org/10.1007/s00024-012-0568-3>
- Mattos, F. (2014). Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio municipal del distrito de Río Negro a través del método de Hirosawa. *Universidad Nacional de Ingeniería.*
- Mézcuá, J., & Martínez, J. (1983). Sismicidad del área Íbero-Magrebí. *Publicaciones Del*

Instituto Geográfico Nacional, 203, 299.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015a). NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente. In *NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente*.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/MTOP_NEC-SE-DS.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015b). NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente. In *NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2022). *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Mofield, H. O., González, F. I., & Newman, J. C. (1999). *Tsunami prediction in US coastal regions. Coastal and Estuarine Studies*.

Molina, S., Giner, J., & Jáuregui, P. (2004). El tamaño de los terremotos intensidad y magnitud/ Sismología e Ingeniería Sísmica. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 12, 99–107.

Morales Peñafiel, A. J., & Gómez Bravo, D. A. (2022). *Dimensionamiento E Implementación De Paneles Fotovoltaicos Aplicados Al Área Residencial En Un Sector Costero De La Provincia Del Guayas, Ecuador*. 1–104.

Oviedo, B., & GAD San Cristóbal. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Cristóbal 2015-2019*. 114.

Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). (2022). *EL ESTADO DE LA CIENCIA.Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos*.

Rentería, W., Lynett, P., Weiss, R., & De La Torre, G. (2012). Informe de la investigación de campo de los efectos del tsunami de Japón marzo 2011, en las Islas Galápagos. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 17(1), 177–203.

https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta17/OCE1701

_13.pdf

- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. *Quito: Instituto Geofísico de La Escuela Politécnica Nacional-Corporación Editora Nacional.*
- Rodríguez, Y., Aguilar-Meléndez, A., & Palazzo, G. (2021). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un conjunto de edificios educacionales en Ecuador. *Argentina: 26° Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural.*
- Rojas, R. (2002). *Investigación social. Teoría y praxis* (11th ed.). Plaza y Valdez.
- Schumann, R. (2005). *¿Qué es la Energía Fotovoltaica?* Solvys Consulting, 12.
http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263746_Qu__es_la_energ_a_fv_ITER.pdf
- Tipan, M., & GAD San Cristóbal. (2022). *Agenda de reducción de riesgos Cantón San Cristóbal.*
- Toulkeridis, T. (2011). *Volcanic. Galápagos volcánico.* EDIECUATORIAL.
- Trujillo, C., Ospina, R., & Parra, H. (2010). Los terremotos: una amenaza natural latente. *Scientia et Technica Año, 16(45), 303–308.*
- Vidal, F. (1994). Los terremotos y sus causas. In *El estudio de los terremotos en Almería* (pp. 17–38).
- Vivanco Font, E. (2020). Energías renovables y no renovables. *Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile | Asesoría Técnica Parlamentaria, 9.*
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovable_ventajas_y_desventajas_final.pdf
- Yépez, F., Barbat, A., & Canas, J. (1995). *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería.* (Barbat A.H. (ed.)).

Apéndices