

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v4i7.0018>

## VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ZONA RURAL: EL CASO SANTA MARIANITA – MANTA – ECUADOR

### SEISMIC VULNERABILITY IN RURAL HOUSES: THE CASE OF SANTA MARIANITA - MANTA – ECUADOR

Lloor-Lloor Efren<sup>1\*</sup>; Palma-Zambrano Willians<sup>2</sup>; García-Vinces Lincoln<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Maestrante del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, UTM.  
Portoviejo, Ecuador.

<sup>2,3</sup> Docente del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, UTM.  
Portoviejo, Ecuador.

\*Correo: [elloor7768@utm.edu.ec](mailto:elloor7768@utm.edu.ec)

#### Resumen

Entre los factores que inciden en la construcción de viviendas estructuralmente vulnerables se encuentran las condiciones socioeconómicas de los sectores rurales, la escasa planificación, regulación y control para promover asentamientos humanos y la ineficiente aplicación de las técnicas constructivas con materiales locales. Por tanto, el objetivo de esta investigación se basa en determinar el índice de vulnerabilidad de viviendas rurales de la parroquia Santa Marianita de la ciudad de Manta-Ecuador, puesto que al estar ubicada en una zona costera de alta sismicidad es importante estudiar este parámetro, analizando las características técnicas de las viviendas, tales como errores arquitectónicos, estructurales y constructivos. La mayoría de estas viviendas carecen de las características antes mencionadas, con materiales de baja calidad y elaboradas por los mismos habitantes de la zona. Para la investigación se trabajó con una muestra de 25 viviendas ubicadas en las zonas abruptas de la parroquia rural, debido a que es la zona de mayor impacto según su morfología. La información de campo se recolectó por medio del formulario FEMA-154, determinando la vulnerabilidad y peligrosidad sísmica de las viviendas encuestadas, los principales daños se encuentran a nivel de mampostería, seguido de la cimentación y elementos estructurales como columnas y vigas. Los resultados obtenidos permitieron proponer recomendaciones de rehabilitación para las viviendas rurales con índices S menores a 2 y en la concientización de los habitantes al momento de ejecutar una obra.

**Palabras clave:** desastres naturales, riesgo sísmico, vulnerabilidad sísmica, viviendas.

#### Abstract

Among the factors that affect the construction of structurally vulnerable housing are the socioeconomic conditions of the rural sectors, poor planning, regulation and control to promote human settlements and the inefficient application of construction techniques with local materials. Therefore, the objective of this research is based on determining the vulnerability index of rural homes in the Santa Marianita parish of the city of Manta-Ecuador, since being located in a coastal area of high seismicity it is important to study this parameter, analyzing the technical characteristics of the houses, such as architectural, structural and construction errors. Most of these homes lack the aforementioned characteristics, with low-quality materials and made by the inhabitants of the area themselves. For the research we worked with a sample of 25 homes located in the rugged areas of the rural parish, because it is the area of greatest impact according to its morphology. The field information was collected through the FEMA-154 form, determining

#### Información del manuscrito:

**Fecha de recepción:** 01 de diciembre de 2020.

**Fecha de aceptación:** 08 de enero de 2021.

**Fecha de publicación:** 11 de enero de 2021.

the vulnerability and seismic danger of the surveyed homes, the main damages are at the masonry level, followed by the foundation and structural elements such as columns and beams. The results obtained allowed to propose rehabilitation recommendations for rural homes with S indexes lower than 2 and in raising awareness of the inhabitants at the time of executing a work.

**Keywords:** natural disasters, seismic risk, seismic vulnerability, housing.

## 1. Introducción

Históricamente, en Latinoamérica la frecuencia y magnitud de los eventos telúricos han provocado un sinnúmero de lesiones a nivel estructural, pérdidas económicas y vidas humanas (Gómez-Soberón et al., 2005). Ecuador es considerado un país de alto riesgo sísmico, debido a la interacción entre placas continentales y oceánicas que activan una zona de subducción (Moncayo, 2016). Es por esta razón que en los últimos 120 años se han producido varios fenómenos sísmicos que por su magnitud han ocasionado severos daños en distintas zonas del territorio ecuatoriano, entre los más representativos se encuentran el terremoto de Esmeraldas, 1906, con una magnitud de 8,8 Mw; el de Guayas, 1942, de magnitud 7,9 Mw y recientemente, el terremoto de Manabí, 2016, con magnitud 7,8 Mw (Chunga et al., 2016; Theurer et al., 2017).

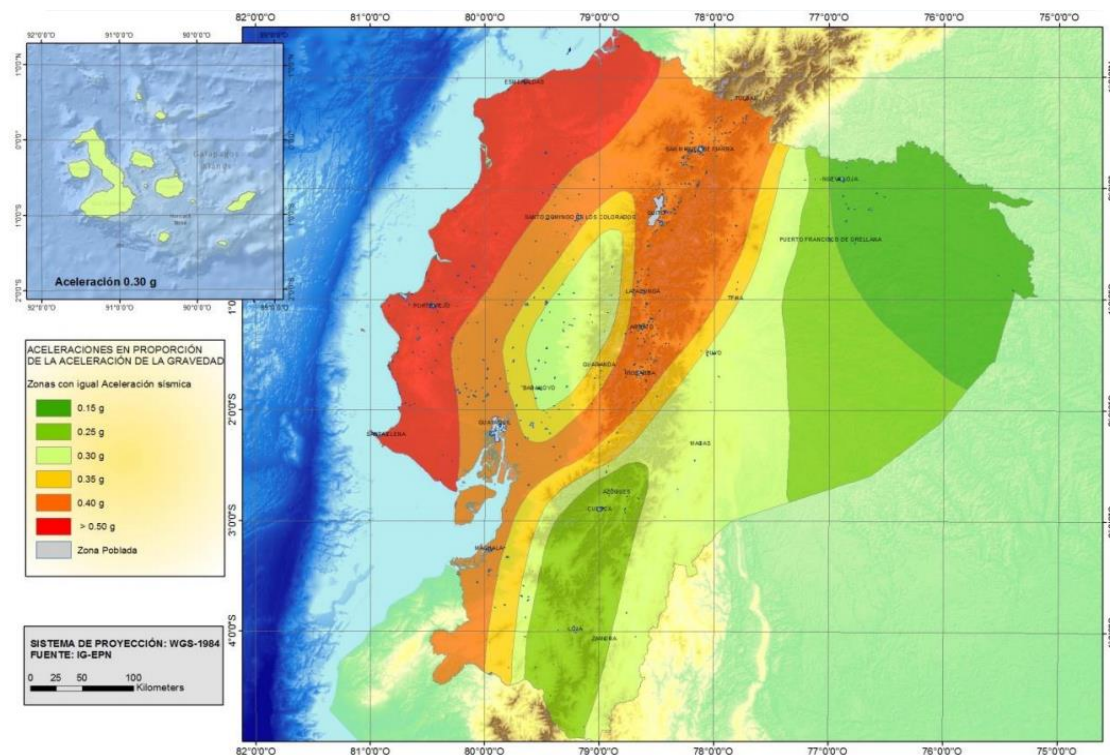
Dentro de la provincia de Manabí, se encuentra Manta, que es una ciudad costera del Ecuador, que al estar ubicada en una zona de alta intensidad sísmica ha sido objeto de eventos sísmicos con magnitudes superiores a 8 en la escala de Richter. Gran parte de la infraestructura de la ciudad presenta deficiencias constructivas que convierten a Manta en una localidad vulnerable frente a una amenaza natural de carácter sísmico. A diferencia del resto de parroquias urbanas y rurales de la ciudad, la parroquia rural de Santa Marianita tuvo una afectación leve en el sismo registrado el 16 de abril del 2016, sin embargo, existieron viviendas que presentaron fallas tanto estructurales como no estructurales (GAD Manta, 2019).

Por otra parte, en el país existe un gran porcentaje de desigualdad en la distribución de los recursos, por lo tanto, se considera que los niveles de vulnerabilidad están estrictamente relacionados con los factores sociales, la economía y el

empleo. Las comunidades pueden vivir en situaciones de riesgo, pero su seguridad también depende del manejo y la gestión que se realice para determinar el grado de peligro al que se exponen (Romero-Toledo & Romero-Aravena, 2015). El conocimiento de la vulnerabilidad sísmica es un elemento clave en la toma de decisiones para precautelar la seguridad de estas comunidades, además de proveer información para la creación y actualización de las normas de construcción. Por tanto, las consecuencias de un sismo pueden ser estimadas mediante métodos probabilísticos, en aras de minimizar su efecto, reforzando las

estructuras en zonas de alta actividad sísmica (Cuenca et al., 2019).

En la figura 1 se presenta el mapa de amenazas sísmicas según el NEC NEC-15, evidenciando que la zona de estudio (Santa Marianita) se encuentra en zona VI: peligro sísmico muy alto. Para dar respuesta a la problemática planteada, el objetivo del presente artículo científico es determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en la parroquia rural Santa Marianita de la ciudad de Manta, Ecuador.



**Figura 1.** Mapa de amenaza sísmica según NEC-15

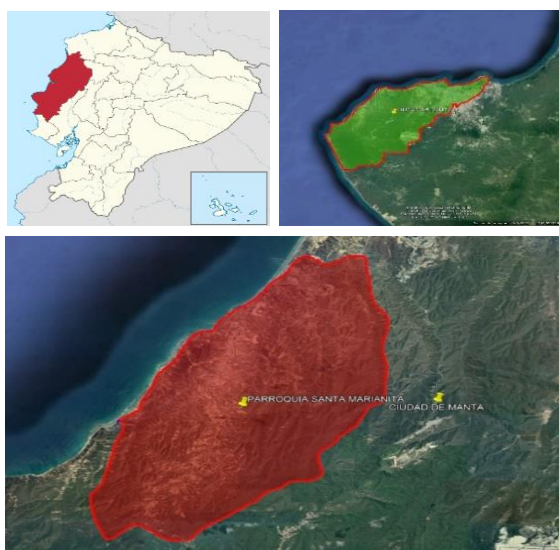
## 2. Metodología

### 2.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación empleado en el presente trabajo es descriptivo, con un enfoque cualitativo; puesto que se utilizó el método FEMA para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica; esto en dependencia de la información reportada por Guaicha & Fabian (2017), quienes manifiestan que el formulario FEMA-154 valora rápidamente la vulnerabilidad de una vivienda, obteniendo así un análisis inicial por parte del investigador.

### 2.2. Ubicación y localización

Santa Marianita es una parroquia rural de la ciudad de Manta, Manabí, Ecuador. La figura 2 muestra la zona en estudio.



**Figura 2.** Población de estudio

Esta parroquia se encuentra localizada en las siguientes coordenadas: Latitud 0°59'35.58" S y Longitud 80°51'25.88" O, en la costa ecuatoriana.

### 2.3. Tareas de investigación

Entre las tareas de investigación propuestas se presentan las siguientes:

i) Realizar la búsqueda de literatura científica que aporte conocimientos en el área de vulnerabilidad sísmica en viviendas de sectores rurales; efectuar la revisión y discusión de la bibliografía obtenida.

ii) Definir las variables aplicadas en el estudio según el formulario FEMA-P-154; evaluar el contexto situacional de las viviendas ubicadas en la parroquia Santa Marianita de Manta, Ecuador; realizar la recolección de la información in situ en cada una de las viviendas definidas como parte de la muestra de la investigación; determinar posibles fallos no estructurales de la vivienda y las cualidades en cuanto al diseño.

iii) Caracterizar el nivel de vulnerabilidad de las viviendas ubicadas en la parroquia Santa Marianita de Manta, Ecuador;

determinar el cumplimiento de los parámetros técnicos de construcción en las viviendas muestreadas en relación a la vulnerabilidad sísmica "S".

iv) Análisis de los resultados y posibles soluciones estructurales a viviendas con valores "S" menores a 2; proponer una guía de recomendaciones para la construcción de viviendas en la zona de estudio y en otras zonas de similares características.

#### **2.4. Métodos, técnicas y procedimientos de investigación.**

En el desarrollo del proyecto se utilizó el método de la experimentación científica; mediante técnicas como la observación y la entrevista (técnicas de campo).

Una vez obtenida la vulnerabilidad sísmica de las viviendas evaluadas, se aplicó el método analítico, también se aplicó el método inductivo y el análisis cuantitativo de la información mediante técnicas de estadística descriptiva. Finalmente, se realizó un análisis según el criterio de expertos que han aportado con estudios relevantes en el campo de la vulnerabilidad sísmica, y se registró la información obtenida, en

aras de proponer recomendaciones para la construcción y reforzamiento de viviendas en zonas con vulnerabilidad ante eventos sísmicos. En lo que respecta a procedimientos, las técnicas de observación y entrevistas fueron desarrolladas en base a la metodología de recolección de la información propuesta por Flores (2015), en dependencia del esquema planteado en el formulario FEMA-154:

- Información existente de las viviendas que se vayan a analizar.
- Identificación de forma y clase de la vivienda, ver el esquema tanto en planta como en elevación.
- Adjuntar fotos relevantes de la vivienda a analizar.
- Nivel de ocupación de la vivienda, clasificación del tipo de suelo de la vivienda y posibles fallos no estructurales de la vivienda.
- Sistema resistente, resaltando la valoración estructural de la vivienda.
- Cualidades y deficiencias en cuanto al diseño estructural de la vivienda.



- Valor final de “S” en relación con todos los parámetros anteriormente mencionados, considerando si es necesaria una nueva evaluación sísmica.

## 2.5. Población y muestra de la investigación.

La población de la investigación desarrollada a partir del instrumento FEMA-154 corresponde al número de edificaciones y/o viviendas radicadas en la parroquia rural Santa Marianita de la ciudad de Manta.

Estas viviendas se encuentran en su mayoría en las laderas escarpadas de la parroquia rural de Santa Marianita. Se realizó un muestreo no probabilístico por cuotas, esto con la finalidad de generar una muestra representativa que abarque al menos tres tipologías constructivas existentes en la localidad en estudio.

Según el último censo realizado en Ecuador (INEC, 2010), la población de la parroquia rural de Santa Marianita es de 2708 habitantes, por lo tanto, según estas estadísticas, se estima que en promedio hay 677 viviendas, este valor corresponde al universo de la investigación realizada bajo el instrumento FEMA-154. Por su parte, el tamaño de la

muestra se determinó mediante la fórmula que se muestra a continuación (Aguilar-Barojas, 2005), tomando un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 10%.

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

**Donde:**

n: muestra.

N: población (677).

z: valor de z crítico en función del nivel de confianza. Para un 95% de confianza, z: 1,96.

p: proporción poblacional que presenta el fenómeno en estudio (0,5).

q: proporción poblacional que no presenta el fenómeno en estudio (p+q=1).

e: límite de error muestral (10%).

$$n = \frac{677 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2(677 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 84$$

Por consiguiente, se ha determinado analizar este número de viviendas y/o edificaciones que se encuentren radicadas en la parroquia Santa Marianita de Manta, Ecuador, a partir

de la aplicación del instrumento FEMA-154.

Por otra parte, se aplicaron entrevistas dirigidas a los habitantes de la parroquia, en donde se tomó como universo de la investigación a la población de la localidad, que corresponde a 2708 personas. A partir de la fórmula antes descrita se pudo obtener una muestra representativa.

$$n = \frac{2708 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2(2708 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$
$$n = 91$$

Considerando que según el INEC, en cada familia ecuatoriana habitan en promedio 4 personas, la muestra de 91 personas corresponde a 23 familias, aproximadamente. Por lo tanto, se estableció una aproximación a 25 familias que habitan en viviendas independientes de la parroquia Santa Marianita.


## 2.6. Recolección de la información


Se recolectó la información en la localidad antes mencionada, mediante observación estructurada y sistematizada en el formulario FEMA-154. Además, se realizaron entrevistas a los propietarios o habitantes de las viviendas ubicadas en los barrios 10 de agosto, El Paraíso, San Antonio y 12 de octubre; dichos barrios están ubicados en las zonas más vulnerables de la parroquia Santa Marianita, de manera que esta zona tendría mayores afectaciones al presenciar un evento sísmico. Se determinaron las condiciones actuales en las que habitan como dato adicional. También se obtuvieron datos acerca de las condiciones laborales de los participantes, ya que es el factor primordial para el mantenimiento de sus viviendas.

A continuación, en la figura 3 se propone el formulario FEMA-154, que fue aplicado en el marco de la presente investigación.


Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos  
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos

Nivel 1  
MUY ALTA Sismicidad





PLANTA



ELEVACION

BOSQUEJO

**Dirección:** Santa Mariana, Barrio 10 de agosto

**Código Postal:**

**Otra identificación:** Vivienda de dos plantas con ladrillo visto

**Nombre del Edificio:** SIN

**Uso:** Vivienda

**Latitud:** 0°59'16.24"N **Longitud:** 80°50'51.26"O

**S:** SIN **SI:**

**Inspector(s):** Edwin Loor Loor **Fecha/Hora:** 10/11/2020

**No. Pisos:** Niveles superiores: 2 Niveles inferiores: Año de Construcción: 1991

**Superficie total del Suelo (sq. ft.):** 203.01m<sup>2</sup> **Código año:** SIN

**Adiciones:** ☐ Ninguna ☒ SI, Años Construcción: 2009

**Ocupación:**

Asamblea	Comercial	Ser. Emergencia	<input type="checkbox"/> Histórico	<input type="checkbox"/> Albergue
Industrial	Oficina	Escuela	<input type="checkbox"/> Gobierno	
Utilidad	Almacén	Residencial	Unid. 1	

**Tipo de Suelo:**

A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>	D	<input type="checkbox"/>	E	<input checked="" type="checkbox"/>	F	<input type="checkbox"/>	No sé
Roca		Roca		Suelo		Suelo		Suelo		Suelo		Si No sabe, asumir Tipo D.
Dura		Debil		Densa		Duro		Blando		Pobre		

**Riesgos Geológicos:** Localización: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf: Si/No/No sé

**Adyacencia:** ☐ Golpes ☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente

**Irregularidad:** ☐ Vertical (tipo/severidad)

☐ Planta (tipo)

y una abertura en la losa en el área de la escalera.

**Peligros:** ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o anclado de madera pesada

**Cerda de Exterior:** ☐ Parapetos ☐ Apéndices

**Otros:**

**COMENTARIOS:**

Se realizó una ampliación de un segundo nivel

☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1																		
FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (MCS SW)	S5 (URM/F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM/NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1
Irregularidad Vertical Grave, VL 1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL2	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Irregularidad de planta, PL1	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Pre-Código	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Posterior año de Referencia	1.9	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5	
Suelo Tipo A o B	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1
Suelo Tipo E(1-3 Pisos)	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	-0.1
Suelo Tipo E(>3 Pisos)	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	NA
Puntaje Mínimo Suelo	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0
<b>FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1: SMIN</b>																		
<b>0.6</b>																		

**Alcance de Control**

Exterior: ☐ Parcial ☒ Total ☐ Aéreo

Interior: ☒ Ninguna ☐ Visible

Dibujo comentado: ☐ Si ☒ No

Tipo de fuente de Suelo:

Tipo de fuente peligro Geológico:

Persona de Contacto:

**INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ?**

☒ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2 ☐ No

Peligros No estructurales: ☒ Yes ☐ No

**OTROS RIESGOS**

**¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?**

☐ Golpesado potencial a menos SL2 (línea de corte) se conoce

☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes

☒ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo dañan significativos / deterioran al sistema estructural.

**ACCION REQUERIDA**

**Evaluación detallada estructural requerida?**

☒ Si, tipo de edificio desconoce FEMA u otro edificio.

☐ Si, el resultado da menos que el de corte

☐ Si, si presentan otros peligros.

☐ No

**Evaluación detallada no estructural recomendada?**

☒ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria.

☐ No, no hay peligros no estructurales identificados. No sé

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

**Leyenda**

MRF= Momento resistente marco	RC= Concreto Reforzado	URM INF= Mampostería de relleno no reforzada.
BR= Marco armistrado	SW= Muro de Corte	TU= Levantarse
MH= Casas Manufacturadas	FD= Diafragma Flexible	
LM= Metal ligero	RD= Diafragma rigido	

Figura 3. Formulario FEMA-P-154 -nivel 1, de muy alta sismicidad

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Tipo de vivienda

Del total de participantes de la investigación, el 61% indica que sus condiciones actuales no son

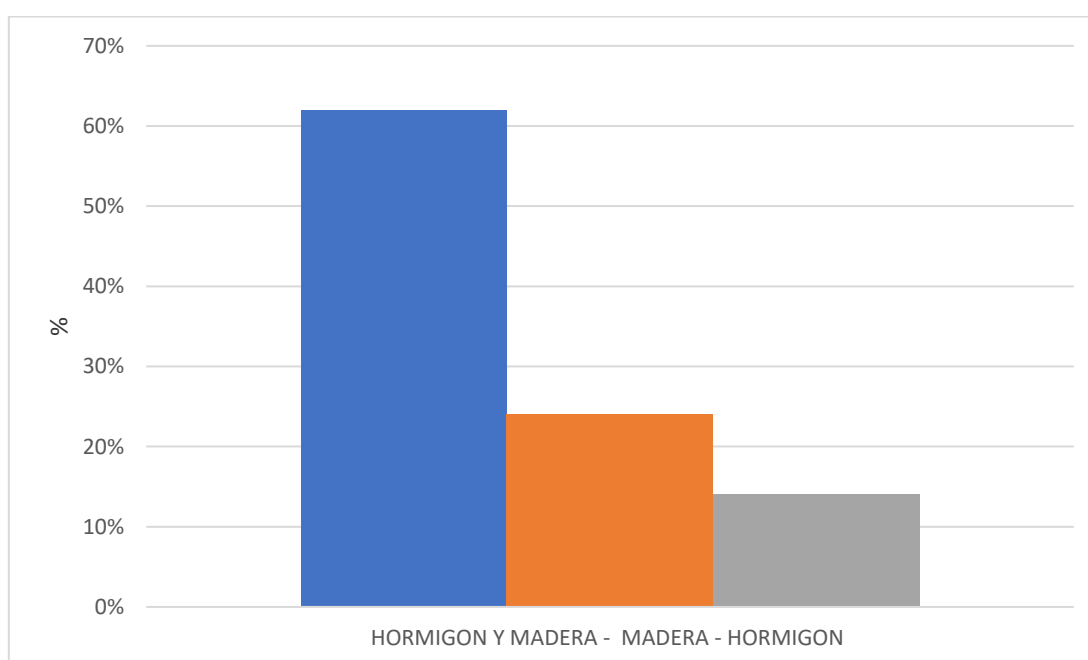
mejorables desde la perspectiva de una vivienda digna que satisfaga las necesidades, esto en función de sus ingresos económicos, ya que este sector rural de Manta depende principalmente de las actividades



pesqueras, aunque también se evidencia una dependencia por las actividades turísticas.

La figura 4 indica el tipo de vivienda que se presenta en la población investigada, evidenciado que el 62% de los participantes posee viviendas mixtas (hormigón armado y madera), el 24% posee viviendas de madera y

el 14% posee el sistema de hormigón armado. La muestra seleccionada señala como observación que “el gobierno municipal no se ha manifestado en cuanto a sus necesidades de primer orden como lo son el agua potable y alcantarillado sanitario ya que sería un impulso para tomar acciones al mantenimiento de sus viviendas”.



**Figura 4.** Tipos de vivienda según la estructura

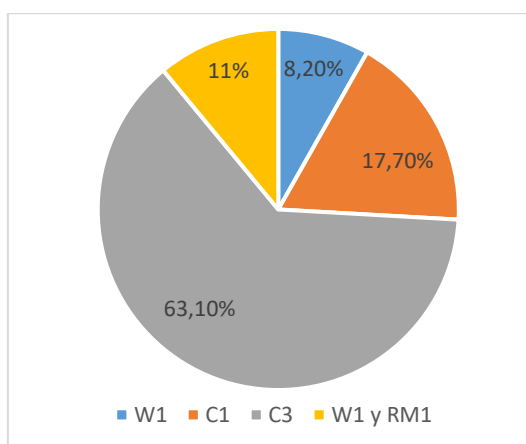
De la misma forma, se menciona que según la tabla 1, en la zona de estudio evaluada se detectaron las siguientes tipologías de viviendas: el 8,2% corresponde a viviendas con una tipología W1; el 17,7% a C1; el 63,1% a viviendas de tipo C3 y el

restante 11% a viviendas W1 y RM1. En la tabla 1, se definen las características y especificaciones de cada uno de los tipos de viviendas detectados en la presente investigación.

**Tabla 1.** Tipos de viviendas observadas en la parroquia rural de Santa Marianita

Especificación	
Tipología	Porcentaje
W1: Pórtico de madera ligera, para vivienda unifamiliar o multifamiliar de uno o más pisos (Viviendas de madera).	8,2%
C1: Pórtico de concreto resistente al momento (Viviendas de Hormigón armado).	17,7%
C3: Pórtico de Hormigón con albañilería no reforzada (Viviendas de hormigón, mampostería no reforzada).	63,1%
W1 y RM1: Pórtico de madera ligera, para vivienda unifamiliar o multifamiliar de uno o más pisos de altura con mampostería reforzada con piso rígido y techo de estructura metálica o madera con paneles de zinc o paja (viviendas mixtas)	11%

**Fuente:** Mahoney (2015)



**Figura 4.** Tipos de viviendas en función del porcentaje obtenido

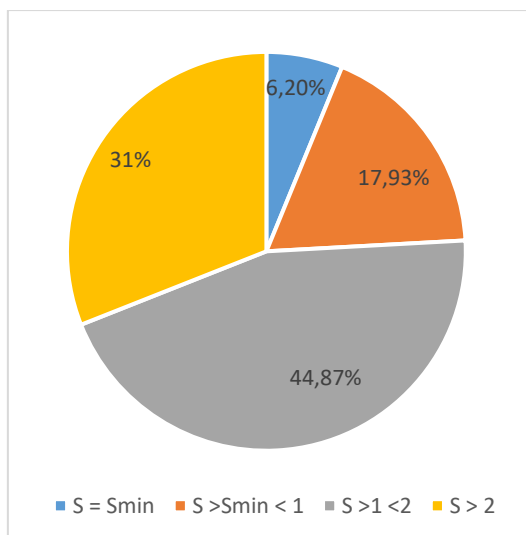
### 3.2. Índice de vulnerabilidad

Mediante el desarrollo de la investigación se llevó a cabo la aplicación del formulario FEMA-154, determinándose que el 31% de la muestra total tiene una valoración “S” mayor a 2. El 69% de la muestra total tiene un valor “S” inferior a 2; de este último porcentaje, el 65% corresponde a fallas estructurales a nivel de mampostería, un 26% representa a daños estructurales tanto en mampostería como en cimentación, y el 9% restante presenta fallas a nivel de tipología de suelo, uniones columna-viga, daños en mampostería severos, boquetes de puertas, ventanas con daños críticos y alguna de estas viviendas no poseen cubierta. En la tabla 2 y figura 5, respectivamente, se evidencia la vulnerabilidad sísmica de las viviendas en dependencia del parámetro “S”. En este sentido, la solución para las viviendas rurales que presentan los inconvenientes señalados, es que el mantenimiento se debe realizar de carácter urgente y debe fundamentarse en las cualidades estructurales dictadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), para que de este modo se promueva la

construcción de viviendas con parámetros estructurales que le permitan responder frente a un posible evento sísmico.

**Tabla 2.** Valor S de las viviendas analizadas en el sector Santa Marianita

Especificación	Porcentaje
$S = S_{min}$	6,2%
$S > S_{min} < 1$	17,93%
$S > 1 < 2$	44,87%
$S > 2$	31%
Total	100%



**Figura 5.** Valor "S" de las viviendas de la parroquia Santa Marianita

Se han propuesto diferentes parámetros para estimar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, pero pocos de ellos se han relacionado con daños tras terremotos severos. De modo que Moroni et al. (2004) describieron las principales características de las

edificaciones de mampostería de bajos ingresos en Chile y se calcularon diferentes índices de vulnerabilidad. La evidencia de daños muestra que los edificios de mampostería confinada tienen un comportamiento sísmico apropiado. La situación de las edificaciones con mampostería es diferente, y es motivo de gran preocupación, considerando la gran cantidad de edificaciones de este tipo que se están construyendo actualmente con diseños que no siguen ninguna normativa, y con un comportamiento sísmico que ha demostrado ser insatisfactorio en terremotos anteriores (Valente et al., 2019).

Otro estudio se refiere de forma similar a la presente investigación, proporcionado diferentes escenarios de daño sísmico en la localidad de Tlajomulco, México. Este estado se encuentra bajo un alto riesgo sísmico por su proximidad a zonas sísmicas muy activas. El riesgo sísmico aumenta por la presencia de viviendas autoconstruidas con alto grado de vulnerabilidad. Se identificaron cuatro tipologías de vivienda: adobe, mampostería no reforzada, mampostería mal confinada y confinada. La evaluación

de la vulnerabilidad sísmica se desarrolló mediante una versión actualizada del método del índice de vulnerabilidad con el uso de nueve parámetros en lugar de once y sin la necesidad de planos y otra información gráfica detallada; la correlación permitió determinar cuatro escenarios de daños para 15.000 edificios. En caso de una intensidad de grado VI, 2583 casas con vulnerabilidad alta y muy alta sufrirían un daño reparable importante (Preciado et al., 2020).

Estos resultados permiten a las autoridades locales gestionar el riesgo sísmico. Para mampostería pobremente confinada y mampostería no reforzada, se recomienda la inserción de confinamientos de concreto o malla de alambre de acero soldada para aumentar la resistencia al corte y a la flexión. Para las casas de adobe, se recomienda la adición de malla de alambre o el uso de fibras naturales y madera.

#### 4. Conclusiones

El formulario FEMA P-154 – nivel 1 fue empleado para determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones ubicadas en la parroquia Santa Marianita de Manta,

Ecuador. Se concluye que la vulnerabilidad sísmica que presentan las viviendas de la parroquia rural Santa Marianita es de incidencia alta, con afectaciones latentes en más de la mitad de las edificaciones. Se determinó que el 69% de estas viviendas no cumplen con las especificaciones técnicas propuestas en la Norma Ecuatoriana de Construcción, puesto que presentan un valor “S” inferior a 2, por ende, frente a un evento telúrico estas viviendas no son garantía de seguridad estructural. Esto sugiere que estas edificaciones deben ser evaluadas en una escala mayor, precisamente en el nivel 2 del formulario en mención.

Por otra parte, es evidente que en este sector rural predominaron las viviendas de tipo C3, caracterizadas por un pórtico de hormigón con albañilería no reforzada, en lo que se define como viviendas de hormigón y mampostería no reforzada; seguidas de la tipología C1, que cuentan con una estructura de pórtico de concreto resistente al momento (edificaciones de hormigón armado).

Adicionalmente, se contrastó la información obtenida en el método FEMA P-154, a través de

observaciones y entrevistas realizadas a los habitantes del sector, con lo cual se comprueban las falencias de las viviendas tanto a nivel estructural como no estructural, así como las dificultades socioeconómicas propias de los sectores rurales, en los que se dificulta la construcción y reparación de edificaciones bajo criterios que respeten completamente las bases de las normas de la construcción.

## 5. Recomendaciones

A partir de la investigación realizada se ha determinado un alto índice de viviendas rurales con vulnerabilidad sísmica en la localidad de Santa Marianita, encontrándose con una problemática que es latente en gran parte de las edificaciones de la costa ecuatoriana y asociándose a factores como la falta de estudios de suelo, la escasa planificación constructiva y un deficiente control y seguimiento de obras civiles. Todos estos factores, sumados al elevado riesgo sísmico de las zonas costeras, potencian los efectos adversos de un evento sísmico, que podría generar cuantiosas pérdidas de carácter humano y económico. Por consiguiente, se requiere adoptar medidas que permitan

disminuir los potenciales efectos de un evento sísmico, principalmente en las zonas rurales. Desde esta perspectiva, se requiere que los habitantes de estos sectores conozcan los riesgos a los que se exponen las construcciones y la necesidad de implementar sistemas constructivos seguros, basados en diseños que apliquen las normativas de construcción vigentes; asimismo, los profesionales de la construcción deben realizar los estudios pertinentes e implementar tipologías de viviendas acordes a las características y necesidades estructurales que demandan las edificaciones de estas comunidades.

En concordancia con las incidencias detectadas en las viviendas del sector rural Santa Marianita se sugiere promover desde la esfera gubernamental gestiones que den acceso a créditos y ayudas económicas para los habitantes de aquellas viviendas que presentan un alto índice de vulnerabilidad sísmica, en concordancia con un Programa de mejoramiento de viviendas rurales, que garantice condiciones de habitabilidad adecuadas y que además proporcionen seguridad frente a posibles eventos sísmicos.



## Bibliografía

- Chunga, K., Quiñonez, M., Huaman, F., Besenzon, D., Mulas, M., Garcés, D., Larreta, E., Michetti, A., & Gorshkov, A. (2016). *Geología de Terremotos y Tsunami*. Quito, Ecuador: Sección Nacional del Ecuador del Instituto Panamericano de Geografía en Historia.
- Cuenca, D., Castillo, H. L. C., Ojeda, F., Jaramillo, C., & Castillo, D. (2019). Caracterización Multifractal de la Actividad Sísmica en las provincias de Esmeraldas y Manabí. *Brazilian Applied Science Review*, 3(4), 1859-1871.
- Flores, R (2015). *Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del Distrito de Samegua, Región Moquegua*. Tesis de grado. Universidad José Carlos Mariátegui. Obtenido de: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UJCM\\_ce85437a966967def7e7921c95875065/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UJCM_ce85437a966967def7e7921c95875065/Details)
- GAD Manta. (2019). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural Santa Marianita*, 233. Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta: GAD.
- García-Arribas, R. (2016). *Evaluación sísmica de los edificios existentes. Utilidad de los métodos aproximados*. En: Actas de CONTART 2016. La Convención de la Edificación. (pp. 69-78). Granada: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Granada.
- Gómez-Soberón, C., Ordaz-Schroeder, M., & Tena-Colunga, A. (2005). *Leyes de atenuación en desplazamiento y aceleración para el diseño sísmico de estructuras con aislamiento sísmico en la costa del Pacífico*. In Proceedings, XV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.
- Guaicha, F. (2017). *Estudio de vulnerabilidad sísmica del colegio 9 de octubre aplicando la norma ecuatoriana de construcción mediante metodología FEMA 154*. Trabajo de pregrado. Unidad Académica de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Machala. Obtenido de: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11080/1/TUAIC\\_2017\\_IC\\_CD0034.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11080/1/TUAIC_2017_IC_CD0034.pdf)
- Moncayo, M. (2016). Enfoque de energía sísmica liberada: en busca de las características del comportamiento sísmico de Ecuador e identificación de las amenazas sísmicas. *Alternativas*, 17(3), 224-230. DOI: 10.23878/alternativas.v17i3.231

- Moroni, M. O., Astroza, M., & Acevedo, C. (2004). Performance and seismic vulnerability of masonry housing types used in Chile. *Journal of performance of constructed facilities*, 18(3), 173-179.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2004\)18:3\(173\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3828(2004)18:3(173))
- Preciado, A., Ramirez-Gaytan, A., Santos, J. C., & Rodriguez, O. (2020). Seismic vulnerability assessment and reduction at a territorial scale on masonry and adobe housing by rapid vulnerability indicators: The case of Tlajomulco, Mexico. *International journal of disaster risk reduction*, 44, 101425.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101425>
- Romero-Toledo, H., & Romero-Aravena, H. (2015). Ecología política de los desastres: vulnerabilidad, exclusión socio-territorial y erupciones volcánicas en la patagonia chilena. *Magallania (Punta Arenas)*, 43(3), 7-26.
- Theurer, M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Cordova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. *Ingeniería*, 21(2), 55-64.
- Valente, M., Milani, G., Grande, E., & Formisano, A. (2019). Historical masonry building aggregates: advanced numerical insight for an effective seismic assessment on two row housing compounds. *Engineering Structures*, 190, 360-379.  
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.04.025>