



# UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y  
DEL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN  
PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ADMISNITRACIÓN PARA DESASTRES  
Y GESTIÓN DEL RIESGO

TEMA:

ZONIFICACIÓN DEL SECTOR DE JOYOCOTO DEL CANTÓN  
GUARANDA POR FALLAS GEOLÓGICAS CERCANAS Y SUS FACTORES  
INFLUYENTES EN LA AMENAZA SÍSMICA PERIODO MAYO-SEPTIEMBRE  
2023.

**AUTORES:**

MARTHA YADIRA CARGUA CORTEZ  
GALO ANTONIO HERNÁNDEZ SOLORZANO

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

ING. JUAN CHIRIBOGA

GUARANDA – ECUADOR – 2023

El suscrito Ingeniero Juan Chiriboga, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal de Bolívar

**CERTIFICA**

Que la Srta. **MARTHA YADIRA CARGUA CORTEZ** portadora de la cedula de ciudadanía N° 0202362968, y el Sr. **GALO ANTONIO HERNANDEZ SOLORZANO** portador de la cedula de ciudadanía N° 1726399825, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la CARRERA DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACION PARA DESASTRES Y GESTION DEL RIESGO, modalidad presencial, una vez revisado el documento "ZONIFICACIÓN DEL SECTOR DE JOYOCOTO DEL CANTÓN GUARANDA POR FALLAS GEOLÓGICAS CERCANAS Y SUS FACTORES INFLUYENTES EN LA AMENAZA SÍSMICA PERIODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023", pueden continuar a realizar el proceso del empaste del proyecto de investigación presentado.

Guaranda 14 de noviembre del 2023.

Atentamente.



.....  
Ing. Juan Chiriboga

Tutor del Proyecto de Investigación

## Declaración de Derechos Del Autor

**BIBLIOTECA  
GENERAL****Declaración De Derechos Del Autor****DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros Martha Yadira Cargua Cortez y Galo Antonio Hernández Solórzano portadores de la Cedula de identidad N° 0202362968 y 1726399825 en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación; Zonificación del sector de Joyocoto del cantón Guaranda por fallas geológicas cercanas y sus factores influyentes en la amenaza sísmica en el periodo mayo-septiembre 2023, modalidad presencial, de conformidad con el Art 114 del CODIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente investigación es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamo que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martha Cargua Cortez', written over a horizontal line.

**Martha Yadira Cargua Cortez**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Galo Hernández Solórzano', written over a horizontal line.

**Galo Antonio Hernández Solórzano**

## Certificado del Tutor

### **CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR**

Guaranda, 18 de agosto del 2023

El suscrito Ing. Juan Alfredo Chiriboga Pinos MSc, en calidad de Docente-Tutor del trabajo de investigación de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar.

#### **CERTIFICA:**

Que el proyecto de investigación titulado: **“ZONIFICACIÓN DEL SECTOR DE JOYOCOTO DEL CANTÓN GUARANDA POR FALLAS GEOLÓGICAS CERCANAS Y SUS FACTORES INFLUYENTES EN LA AMENAZA SÍSMICA PERIODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023”** realizado por los autores: Martha Yadira Cargua Cortez y Galo Antonio Hernández Solórzano, ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente:

0909900524

**JUAN ALFREDO  
CHIRIBOGA  
PINOS**

Firmado digitalmente  
por 0909900524  
JUAN ALFREDO  
CHIRIBOGA PINOS  
Fecha: 2023.08.18  
09:23:58 -05'00'

Ing. Juan Alfredo Chiriboga Pinos MSc

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO**

## Dedicatoria

A mi ser interior, por siempre ser mi mejor aliado en circunstancias difíciles, porque soy una persona que nunca se rinde ante las adversidades de la vida y estoy en un mejoramiento continuo, soy dedicado, disciplinado, inteligente, con valores y principios éticos que me permiten tomar decisiones correctas en la vida, así que la primera dedicación es para mí, estoy orgulloso de mi crecimiento personal, intelectual y profesional escogiendo bien a las personas con las que me rodeo, también a mis padres Elena Solórzano y Walter Hernández que siempre me han impartido los valores y principios para formar un gran ser humano, a mis hermanos Karen Hernández, David Zapata, quienes forman parte de mi vida y la hacen más linda y a una persona muy especial Yadira Cargua quien creyó fiel mente en mí, en mi capacidad y me ha dado su apoyo en todo sentido.

Galo Hernández

Quiero dedicar a mis padres Martha Cortez y Luis Cargua por apoyarme incondicionalmente en mi desarrollo tanto personal como profesional, a mi tutor Ing. Juan Chiriboga y pares académicos Ing. Marysabel Barragán y al Ing. Luis Villacis por sus sabidurías y por guiarnos en el proceso y desarrollo de la presente investigación, al Ing. Paul Sánchez por brindarme su amistad, consejos y enseñanzas, a mi mejor amigo y compañero de tesis Galo Hernández por la confianza puesta en mí, paciencia y apoyo en todo mi proceso Profesional.

Yadira Cargua

## **Agradecimiento**

Agradezco a mi ser interior por ser fuerte y nunca desistir, a mis padres por a ver criado y educado de la mejor forma a un excelente ser humano, a las personas en general que fueron parte de mi crecimiento personal, a mis docentes Paúl Sánchez, Guido Tamayo, Luis Villacis, los mismos que fueron capaces de dar otra perspectiva la forma de estudio y entendimiento para la parte profesional, también a mi mejor amiga Yadira Cargua por compartir experiencias en el ámbito personal y profesional.

Galo Hernández

Quiero agradecer principalmente a mi padre Dios por no dejarme caer ante las adversidades que he tenido que pasar, a mis padres Martha Cortez y Luis Cargua por brindarme todo el apoyo y darme la mejor herencia como ha sido de formarme como un gran ser humano con valores éticos y morales, a mis hermanos Geovany, Eduardo, Jomayra y Fabricio por el gran ejemplo de valentía que me han demostrado, los consejos y apoyo que me han brindado, a mis sobrinos Antony y Naomi por llenarme con su luz esperanza y vida, finalmente como no agradecer a mi mejor compañero y amigo Galo ya que ha sido un pilar fundamental en mi vida.

Yadira Cargua

**Tema:**

ZONIFICACIÓN DEL SECTOR DE JOYOCOTO DEL CANTÓN GUARANDA POR  
FALLAS GEOLÓGICAS CERCANAS Y SUS FACTORES INFLUYENTES EN LA  
AMENAZA SÍSMICA PERIODO MAYO-SEPTIEMBRE 2023

**Índice General**

Declaración de Derechos Del Autor .....	1
Certificado del Tutor.....	2
.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimiento.....	4
Tema: .....	5
Índice General.....	5
Resumen Ejecutivo .....	10
Introducción .....	11
1 Capítulo I Problema.....	12
1.1 Planteamiento del Problema.....	12
1.2 Formulación del Problema .....	13
1.1. Objetivos.....	13
1.1.1. Objetivo General .....	13
1.1.2. Objetivo Específicos .....	13

1.2.	Justificación .....	14
1.3.	Limitaciones .....	15
2	Capítulo II Marco Teórico .....	16
2.1.	Antecedentes de la Investigación .....	16
2.2.	Bases Teóricas .....	18
2.2.1.	Tectónica de Placas .....	18
2.2.2.	Fallas Geológicas .....	18
2.2.3.	Partes de una Falla Geológica .....	18
2.2.4.	Clasificación de Fallas Geológicas de Acuerdo a su Movimiento.....	20
2.2.5.	Sismos .....	22
2.2.6.	Tipos de Eventos Sismo Tectónico .....	23
2.2.7.	Peligro Sísmico .....	24
2.2.8.	Zonificación Sísmica del Ecuador.....	24
2.2.9.	Factores que Influyen en la Amenaza Sísmica.....	26
2.2.10.	Parámetro de Evaluación.....	27
2.2.11.	Elementos Expuestos.....	28
2.3.	Marco Referencial .....	28
2.3.1.	Localización del Área de Estudio.....	28
2.4.	Sistema de Hipótesis.....	31
2.5.	Sistema de Variables .....	31

2.5.1.	Operacionalización de Variables.....	32
2.6.	Definición De Términos .....	34
3	Capítulo III Metodología.....	36
3.1.	Nivel de la Investigación .....	36
3.2.	Diseño de la Investigación.....	36
3.3.	Población y Muestra .....	36
3.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información .....	36
3.5.	Técnicas de Procesamiento de Información .....	38
4	Capítulo IV Resultados Alcanzados .....	45
4.1.	Resultado 1.- Identificación de fallas geológicas que se encuentran cercanas al sector de Joyocoto en un radio de 5km, calculando el desplazamiento, magnitud máxima, PGA, e intensidad sísmica. ....	45
4.2.	Resultado 2.- Evaluar el nivel de amenaza sísmica en el que se encuentra el sector de Joyocoto de la ciudad de Guaranda. ....	48
4.3.	Resultado 3.- Determinar los elementos como: edificaciones, predios, vías que podrían sufrir efectos de sitio (daños) ante el nivel de amenaza sísmica .....	60
5	Capítulo V.....	67
5.1.	Comprobación de Hipótesis.....	67
5.2.	Conclusiones.....	68
5.3.	Recomendaciones .....	69
6	Anexos .....	70

7 Bibliografía.....	74
---------------------	----

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Valores de factor Z aceleración</i> .....	25
Tabla 2 <i>Límites geográficos del sector de Joyocoto</i> .....	29
Tabla 3 <i>Caracterización de fallas geológicas</i> .....	40
Tabla 4 <i>Niveles de amenaza sísmica</i> .....	43
Tabla 5 <i>Caracterización de fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto</i> .....	46
Tabla 8 <i>Edificaciones que podrían sufrir resonancia</i> .....	62

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 <i>Partes y características de una falla geológica</i> .....	19
Ilustración 2 <i>Ejemplos de fallas geológicas normales o divergentes</i> .....	20
Ilustración 3 <i>Ejemplo de fallas geológicas Inversas o convergentes</i> .....	21
Ilustración 4 <i>Ejemplos de fallas geológicas de cizalla o transformantes</i> .....	22
Ilustración 5 <i>Mapa de zonas sísmica para propósitos de diseño y valor del factor Z</i> .....	25
Ilustración 6 <i>Mapa de ubicación del sector de estudio (Joyocoto)</i> .....	29
Ilustración 7 <i>Fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto</i> .....	47
Ilustración 8 <i>Mapa de magnitudes en el sector de Joyocoto</i> .....	49
Ilustración 9 <i>Mapa de topográfico del sector de Joyocoto</i> .....	50
Ilustración 10 <i>Mapa Geomorfológico del Sector de Joyocoto</i> .....	51
Ilustración 12 <i>Mapa de perfil geotécnico del sector de Joyocoto</i> .....	53

Ilustración 13 <i>Mapa de amplificación y atenuación sísmica del sector de Joyocoto</i> .....	54
Ilustración 14 <i>Mapa de PGA en suelo del sector de Joyocoto</i> .....	55
Ilustración 15 <i>Mapa de periodo del suelo del sector de Joyocoto</i> .....	56
Ilustración 16 <i>Mapa de intensidades sísmicas del sector de Joyocoto</i> .....	57
Ilustración 17 <i>Mapa de nivel de amenaza sísmica del sector de Joyocoto</i> .....	59
Ilustración 18 <i>Afectaciones en edificaciones del sector Joyocoto</i> .....	61
Ilustración 19 <i>Resonancia de edificaciones</i> .....	62
Ilustración 20 <i>Edificaciones con intensidad</i> .....	64
Ilustración 21 <i>Lotes con posible afectación ante la amenaza sísmica del sector de Joyocoto</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 22 <i>Vías expuestas ante la amenaza sísmica</i> .....	66

## Resumen Ejecutivo

El proyecto de investigación tuvo como finalidad realizar la Zonificación del sector de Joyocoto del cantón Guaranda por fallas geológicas cercanas y sus factores influyentes en la amenaza sísmica, para ello el trabajo se realizó con la identificación de las fallas geológicas cercanas al lugar de estudio en un radio de 5 km a la redonda, seguido de la evaluación de la amenaza sísmica y finalmente la determinación de los elementos que podrían verse afectados por el nivel de amenaza sísmica. De esta manera se procedió a realizar el trabajo en varias etapas desde el relevamiento de los datos en campo como bibliográfico, hasta el procesamiento de la información de las diferentes variables que se analizaron en el sector de estudio. Los resultados que se obtuvo fue la identificación de 15 fallas cercanas, para ello se describió el tipo de falla, longitud, profundidad, desplazamiento, se calcularon sus magnitudes, aceleración e intensidades. Seguido se obtuvo el nivel de amenaza sísmica por los factores de amplificación (características propias del terreno) y parámetros de evaluación (intensidad, magnitud, aceleración, periodo de vibración suelo). Finalmente, de las 963 edificaciones el 18% se encuentra en nivel alto y el 82% en un nivel medio, para las vías hay un total de 20 949 m lineales de los cuales el 48% se encuentra en nivel alto y el 52% nivel medio ante la amenaza sísmica, para los lotes de un total de 1 341 el 47% está en un nivel alto y el 53% nivel medio ante la amenaza sísmica.

## Introducción

El origen de los sísmicos ocurridos en Ecuador es principalmente por el proceso de subducción entre la placa Nazca con la placa Sudamericana, considerada como la fuente generadora de sismos, además otra de las fuentes que pueden provocar los sismos son las fallas geológicas tanto regionales como locales, que al estar cercanas a poblados podrían causar efectos devastadores (Chunga et al., 2016). Sin embargo, el nivel de amenaza sísmica puede aumentar por las condiciones propias del terreno. De acuerdo a Vergara et al (s.f.) “existen evidencias que hay una correlación entre la intensidad que es la consecuencia de un terremoto y las características locales (geológicas, geotécnicas y topográficas)” (p.1).

“La ciudad de Guaranda se encuentra sobre una zona montañosa sumado a esto tiene un nivel alto de sismicidad a nivel país” (Barragán Taco, 2022). El sector de Joyocoto perteneciente al cantón Guaranda tiene problemas de reptación y además de la existencia de lagunas, hace que sea un sitio propenso a peligros relacionados a la amenaza sísmica, por esa razón se ve la necesidad de realizar estudios a detalle por la expansión urbanística y crecimiento poblacional (Castro Pilco, 2013).

De acuerdo a ese orden de las ideas de la presente investigación “Zonificación del sector de Joyocoto del cantón Guaranda por fallas geológicas cercanas y sus factores influyentes en la amenaza sísmica en el Periodo mayo-septiembre 2023”, tiene por objetivos identificar las fallas geológicas cercanas al sector de estudio, evaluar el nivel de amenaza sísmica con los factores que influyen y finalmente determinar los elementos que podrían verse afectados por la amenaza sísmica. De esta manera la investigación aportará al conocimiento de los peligros relacionados a la amenaza sísmica del sector de estudio y además a la planificación para un correcto ordenamiento territorial y expansión urbanística.

## 1 Capítulo I Problema

### 1.1 Planteamiento del Problema

En el territorio ecuatoriano existe una dinámica de fuertes sismos asociados a la interacción de las placas tectónicas.

Se plantea que un tramo de la placa tectónica tiene una extensión de 576 kilómetros de longitud, sin embargo, al tomar esta geodinámica desde las costas del norte del Perú hasta la parte sur de Colombia alcanzan una distancia de 756 kilómetros de longitud, por los esfuerzos de convergencia la placa de Nazca se subduce sobre la placa Sudamericana, provocando la liberación de energía produciendo eventos sísmicos de magnitudes de hasta Mw 8,8. (Chunga et al., 2016, p. 39)

Los sismos producidos en la zona de subducción (por las placas tectónicas) y sismos corticales (por fallas geológicas) pueden producir graves daños, pero esto va a depender de la magnitud, profundidad, cercanía y factores de amplificación, siendo esto una latente para las ciudades. (Lavell, 2009)

La provincia de Bolívar por sus características geomorfológicas, topográficas, litológicas y otros factores como fallas locales inciden para que el territorio se encuentre en un nivel de amenaza sísmica alta.

“Guaranda está ubicado en una zona de alta peligrosidad sísmica donde los valores del PGA (Aceleración pico del terreno) están entre 0.35g a 0.40g” (Norma Ecuatoriana de Construcción [NEC], 2015, p. 27). En este sentido, Guaranda es susceptible a los eventos sísmicos.

Una de las cuestiones importantes que se debe tomar en cuenta para la planificación de un territorio es el estudio de las amenazas y vulnerabilidades de las ciudades. Según Farfán

Monar (2021) “Se dice que la ciudad de Guaranda es alta mente vulnerable ante la amenaza sísmica, una de las razones es por el crecimiento acelerado y no planificado de las edificaciones” (p. 4).

El sector de Joyocoto por su geología, geomorfología, topografía, tipo de suelo y por la cercanía de fallas geológicas regionales como son las fallas de Milagro-Guaranda y Pallatanga, y secundarias como la falla del río Salinas, falla de la quebrada de Negroyacu, falla del Río Guaranda, falla quebrada del Mullo, falla quebrada de Guanguliquín son factores que inciden en el nivel de la amenaza sísmica del sector de estudio, debido al crecimiento acelerado de las edificaciones hace que se encuentren expuesta y vulnerable ante la amenaza sísmica (Carrilo Chimbo, 2013).

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es la incidencia de los factores influyentes y de las fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto en el nivel de la amenaza sísmica?

### **1.1. Objetivos**

#### ***1.1.1. Objetivo General***

- Zonificar el nivel de amenaza sísmica a partir de los factores influyentes y por fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto del cantón Guaranda

#### ***1.1.2. Objetivo Específicos***

- Identificar las fallas geológicas que se encuentran cercanas al sector de Joyocoto en un radio de 5km, calculando el desplazamiento, magnitud máxima, PGA, e intensidad sísmica.
- Evaluar el nivel de amenaza sísmica en el que se encuentra el sector de Joyocoto de la ciudad de Guaranda.

- Determinar los elementos como (vías, predios y lotes) que se encuentran expuestos y podrían sufrir potenciales daños ante la amenaza sísmica.

## **1.2. Justificación**

Se ve la necesidad de zonificar el nivel de amenaza sísmica mediante la identificación de las fallas geológicas, los factores influyentes y determinar los elementos que podrían verse afectados ante la amenaza sísmica del sector de Joyocoto, siendo un insumo necesario dentro de la Gestión prospectiva del riesgo para poder minimizar el impacto y así influir en una mejor planificación del territorio, de tal manera que permita a la Unidad de Gestión de Riesgos y Unidad de Planificación del GAD de Guaranda tomar decisiones para un adecuado Ordenamiento Territorial. Al igual será una herramienta en beneficio de la sociedad para concientizar sobre el nivel de exposición al que se encuentran, motivándoles a que realicen estudios geotécnicos antes de construir sus edificaciones y en el sentido de la respuesta ante el evento sísmico la Unidad de Gestión de Riesgos y la Secretaría de Gestión de Riesgos y Emergencias puedan aplicar protocolos que faciliten la protección de las personas y los bienes en caso de un sismo.

La importancia de realizar una zonificación del nivel de amenaza sísmica del sector permite tener una mejor planificación del territorio y una mejor toma de decisiones conociendo la amenaza sísmica local en la que se encuentra, con este estudio se trabaja de forma transversal es decir, la Gestión de Riesgo de Desastres es el pilar para que otras áreas puedan desarrollar y ejecutar acciones para el mejoramiento de calidad de vida de las personas.

El sector de Joyocoto de la ciudad de Guaranda se encuentra influenciado por fallas geológicas cercanas y sumado a los factores que inciden en la amenaza, hace que la zona esté

propensa a los esfuerzos de liberación de energía, por lo que se podrían provocar graves daños a la sociedad y a los sistemas vitales que están expuestos.

Con respecto a la factibilidad de la investigación, se contempla el uso de recursos tecnológicos con los que se dispone de manera personal y también desde la institución, los cuales son computadora, programas SIG, internet y acceso a plataformas digitales, para obtener las referencias bibliográficas y metodológicas, además de la asesoría por parte del tutor de tesis, por lo cual se asume factible la conclusión del trabajo durante el tiempo estimado y así culminar con eficacia y eficiencia el estudio.

### **1.3. Limitaciones**

En el presente estudio de investigación tuvo limitaciones en los siguientes aspectos:

- Recursos económicos para los ensayos (SPT) por sus siglas test de penetración estándar y ensayos de Sísmica de refracción por sondeo eléctrico, además la falta de entrega de información en ciertas entidades del gobierno.

#### **Alcance**

- Por esta razón el alcance del proyecto es llegar a zonificar el nivel de amenaza sísmica en el que se encuentra el sector de Joyocoto, tomando en cuenta las fuentes sísmo tectónicas que sería las fallas geológicas cercanas en un radio de 5km, las cuales fueron identificadas de forma preliminar, se utilizó la herramienta SIG para poder evaluar el nivel de amenaza sísmica en el que se encuentra combinando algunas variables con datos obtenidos por otras investigaciones y procesados por los autores de la presente investigación, razón por el cual el estudio solo abarca el nivel de amenaza sísmica y la exposición de los elementos como vías, predios y lotes.

## 2 Capítulo II Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Se describen algunos estudios relacionados al análisis de fallas geológicas y su influencia en la amenaza sísmica, los cuales se describen a continuación.

En el estudio, Análisis estructural y morfotectónico al norte de Valledupar-Cesar, Colombia; contribución a los estudios de peligrosidad sísmica de la Falla Rio Seco, según el análisis estructural y morfotectónico de la falla geológica del río Seco, determinan la peligrosidad sísmica local, con datos históricos, imágenes satelitales y trabajo en campo, que permitieron evidenciar deformaciones activas a través del tiempo de las estructuras geológicas, con ello se conoce los esfuerzos, tipo de falla, obtenidos mediante la paleosismicidad. (Lascarro et al., 2020)

Uno de los factores importantes del estudio de la amenaza sísmica es determinar las intensidades macro sísmicas, magnitudes máximas y aceleraciones en suelo utilizando ecuaciones empíricas que las relacionan. Según Chunga et al. (2016):

Manifiesta que los modelos de intensidades macro sísmicas elaborados para el litoral ecuatoriano desde la distribución espacial de los sismos, de 985 datos históricos de intensidades y de máximas magnitudes estimadas para cada de una de las fallas geológicas utilizando el método de Well & Coppermish donde ha obtenido niveles de intensidades macro sísmicas, aplicando el método de Gere & Shah con rangos de magnitudes estimadas entre los 5,3 y 7,2. (p. 29)

En el estudio de Carrillo Chimbo (2013) determinación de factores geodinámicos y su relación con las fallas geológicas en el área urbana de Guaranda menciona que existe una relación entre los sismos ocurridos con las fallas geológicas locales de Guaranda, como son: la

falla del río Guaranda, falla río Salinas, falla quebrada Negroyacu y quebrada Guanguliquin, cresta de Marco Pamba-tamami, de acuerdo al catálogo histórico del IGEPN del 2010 al 2013.

(p.63)

La microzonificación sísmica de la ciudad de Guaranda, basada en la teoría de propagación de ondas en el casco urbano de la ciudad de Guaranda, a partir de la utilización de los ensayos SPT(Standart penetration test) ha caracterizado la litología de la zona de estudio obteniendo el análisis de amplificación de las ondas sísmicas, llegando a la conclusión que la ciudad de Guaranda está en un nivel de amenaza alta con una aceleración de 40 gals a 70 gals (Paucar Camacho, 2016).

En el estudio Estimación del periodo dominante del suelo en la gestión de riesgos en la zona urbana de Guaranda, menciona que el perfil de suelo de varios sectores de la ciudad son tipo E, D y C y en el sector de Joyocoto se evidencia suelos tipo E y D, según la NEC-2015 son suelos blandos y malos para la construcción de edificaciones con cimentaciones superficiales. (Barragán Taco, 2022)

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. *Tectónica de Placas***

El Ecuador sufre eventos sísmicos por la interacción de las placas de Nazca y la Sudamericana. Según Rodríguez (2013):

Menciona que la teoría de tectónica de placas nació a principios de 1960, pero ha sido fundamental para entender la dinámica del planeta tierra, posiblemente sea uno de los avances más significativos de esta teoría que se haya incorporado, otras ramas de estudio como la sismología y la paleontología para poder dar respuestas a interrogantes que mantenían curiosos a los científicos y a las personas en general. Entonces las placas son básicamente fragmentos de la litósfera terrestre que se encuentra en constante movimiento y su espesor varía, esto según la litosfera oceánica o continental que varía en promedio entre 60 y 200 km. (p. 120)

### **2.2.2. *Fallas Geológicas***

Las fallas geológicas son discontinuidades con movimiento esto debido a los esfuerzos tectónicos que provocan los estratos rocosos, perdiendo así su resistencia y adherencia de los materiales rocosos, las separaciones tienen diferentes direcciones pueden ser separaciones verticales u horizontales e incluso puede haber una combinación de los dos llamados oblicuos (Instituto Nacional de Prevención Sísmica [INPRES], 2009).

### **2.2.3. *Partes de una Falla Geológica***

Para entender el movimiento de las fallas geológicas es necesario comprender las partes de una falla geológica. Según Duque Escobar (2022):

**El Plano de falla** es toda la superficie en donde los dos bloques se deslizan, evidenciándose las famosas marcas de estrías por el desplazamiento de los bloques, el

espejo de falla es la parte que queda expuesta evidenciándose el movimiento del bloque, esto se lo evidencia por las estrías en el plano de falla.

**El Labio Levantado** llamado también como pie de bloque (block foot) es el bloque que queda por encima del otro bloque.

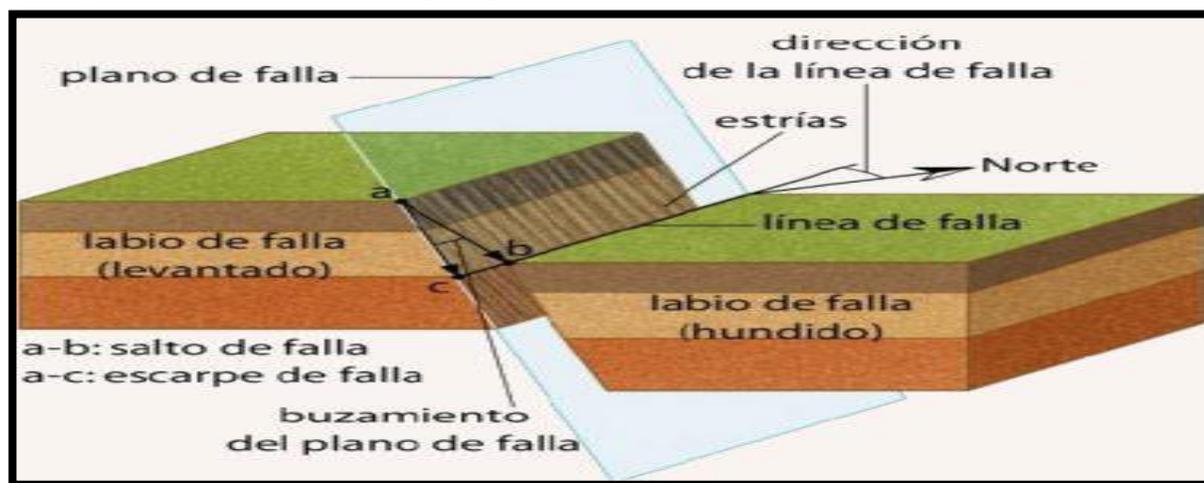
**Labio Hundido** también llamado bloque colgante (hanging wall) este es el bloque que queda por debajo del plano de falla.

**Salto de Falla** es la distancia que mide el antes y después que recorren los bloques una vez que se activan

**Escarpe de Falla** es la distancia vertical que se mide un bloque de otro. (p. 365)

### Ilustración 1

Partes y características de una falla geológica



*Nota.* Características y partes de una falla geológica. *Fuente.* Geología estructural.

Para que una falla geológica sea considerada como activa manifiestan los autores Lee et al., (2003) “La falla tiene que tener movimientos sísmicos históricos en los últimos 10000 años o a su vez en los últimos 500000 años” (p. 1).

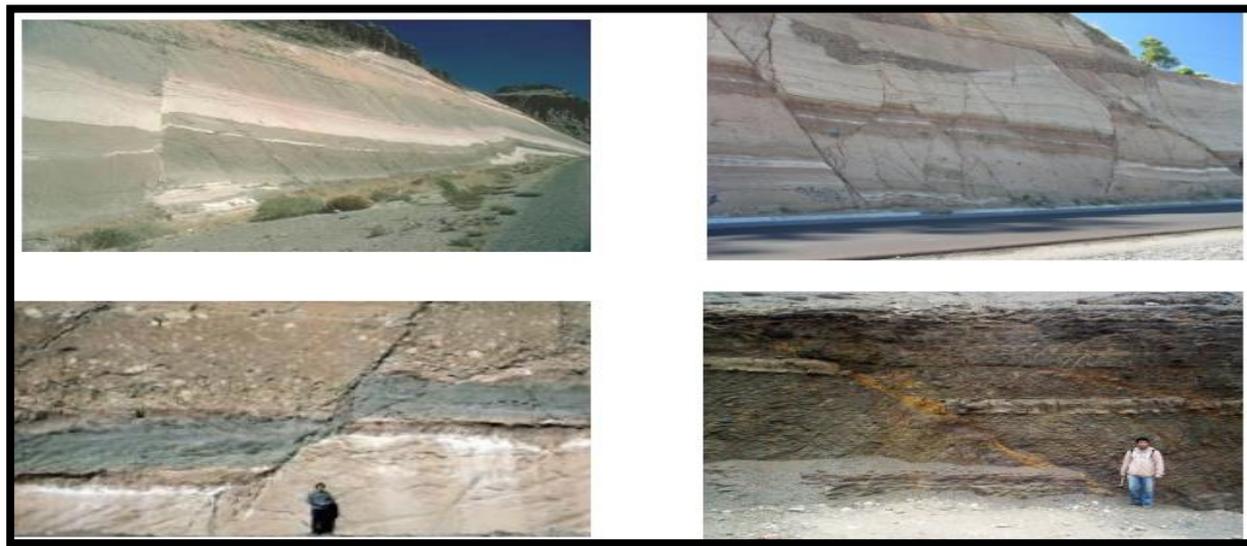
#### 2.2.4. Clasificación de Fallas Geológicas de Acuerdo a su Movimiento

Hay varias clasificaciones de los tipos de fallas geológicas que existen, sin embargo, los más comunes al encontrar son tres los cuales se van a describir a continuación:

**Fallas Normales:** Las fallas geológicas de tipo normales o llamadas también fallas divergentes son aquellas donde actúan esfuerzos de tracción o tensión vertical en sus dos bloques, esto se puede visualizar en el plano de falla donde el bloque colgante se mueve o desliza con respecto al pie de bloque, quedando en la parte inferior, este movimiento deja un desplazamiento de los bloques o también llamado salto de falla (Instituto Nacional de Prevención Sísmica [INPRES], 2009).

#### Ilustración 2

Ejemplos de fallas geológicas normales o divergentes

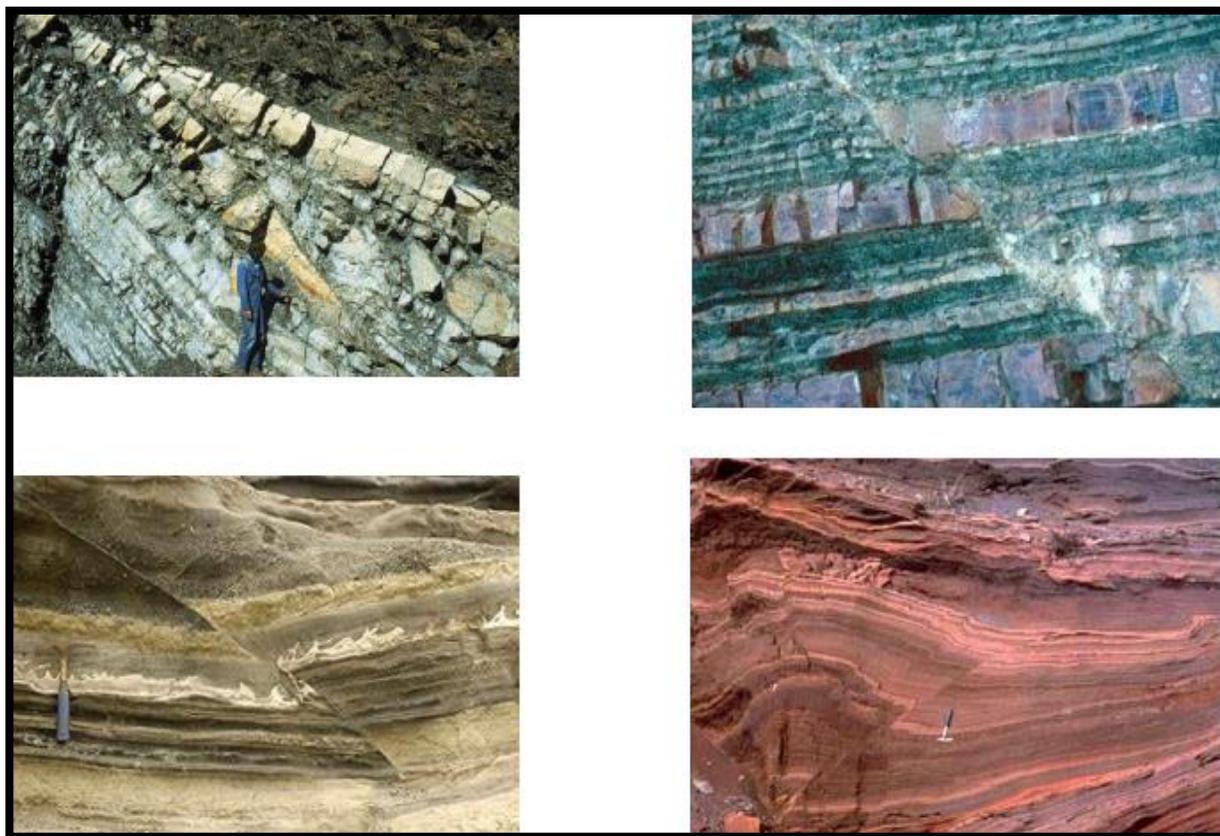


*Nota.* Se representa como es una falla geológica normal. *Fuente:* Instituto Nacional de Prevención Sísmica 2009

**Fallas Geológicas Inversas:** Las fallas geológicas de tipo inversas o llamadas también fallas convergentes son aquellas donde actúan esfuerzos a compresión de forma vertical en sus dos bloques, en general posee un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la horizontal esto se puede visualizar en el plano de falla donde el bloque colgante se mueve con respecto al pie de bloque, en algunas ocasiones se podrá observar cómo se monta un bloque con respecto al otro, este fenómeno se llama cabalgamiento (INPRES, 2009).

### Ilustración 3

*Ejemplo de fallas geológicas Inversas o convergentes*



*Nota.* Se representa como es una falla geológica inversa. *Fuente:* Instituto Nacional de Prevención Sísmica 2009

**Fallas Geológicas Cizalla:** Las fallas geológicas de tipo cizalla o llamadas también fallas transformantes o de desgarre pueden ser sinextral o dextral esto depende hacia donde sea el desplazamiento o desgarre de forma horizontal en sus dos bloques, un claro ejemplo de este tipo de fallas es la de San Andrés (INPRES, 2009).

#### Ilustración 4

*Ejemplos de fallas geológicas de cizalla o transformantes*



*Nota.* Se representa como es una falla geológica de cizalla. *Fuente.* Instituto Nacional de Prevención Sísmica 2009

#### 2.2.5. Sismos

Los eventos sísmicos son vibraciones que se dan en el interior de la tierra y son ocasionados por la liberación de energía acumulada, este proceso se da por el roce y sometimiento de las rocas a grandes esfuerzos, esta dinámica ocurre a lo largo de una falla que a su vez llega a superar la resistencia de los bloques por lo que se rompen y provocan la liberación de energía que se transforma en vibraciones del suelo, esta energía liberada que se transforma en

vibraciones se las conoce como ondas sísmicas que parten donde ocurre la rotura o llamado también hipocentro (Hernández Ortiz, 2012).

### **2.2.6. Tipos de Eventos Sismo Tectónico**

Los eventos sísmicos se pueden clasificar en varios, sin embargo, se van a explicar los más comunes que ocurren en Ecuador, se verá desde los más profundos hasta los más superficiales.

**Sismos de intraplaca** se caracterizan por que la rotura de la falla o hipocentro va en un rango de 70 a 200 km de profundidad, este tipo de eventos sísmicos liberan grandes cantidades de energía, los registros sísmicos indican que al propagarse las ondas sísmicas se van atenuando por ende disminuirá la intensidad (Duque Escobar, 2022).

**Sismos de Interplaca** se caracterizan por que la rotura de falla o hipocentro va en un rango de 30 a 70 km de profundidad, este tipo de eventos sísmicos pueden liberar grandes cantidades de energía, las ondas sísmicas al llegar a la superficie son sentidas y pueden producir daños moderados dependiendo de los factores locales (Duque Escobar, 2022).

**Sismos Corticales** se caracterizan por la activación de fallas geológicas regionales y locales y su hipocentro va en un rango de 1 a 30 km de profundidad, este tipo de eventos sísmicos pueden llegar a liberar moderadas cantidades de energía, pero al provocarse la rotura de forma muy superficial las ondas sísmicas son sentidas y pueden producir cuantiosos daños como colapsos de estructuras, efectos de sitio, efectos en la superficie terrestre como licuefacción, volcanes de arena, socavones, subsidencia (llamados efectos cosísmicos) incluso la destrucción completa de ciudades, esto por los factores locales y la calidad de las construcciones (Duque Escobar, 2022).

### **2.2.7. Peligro Sísmico**

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico donde hay una dinámica entre las ondas sísmicas y el suelo, este movimiento se da en un periodo de tiempo determinado y sus parámetros de aceleración del suelo y roca, velocidad, magnitud, intensidad o desplazamiento son medidos (Norma Ecuatoriana de Construcción [NEC], 2015).

Por esta razón y para la evaluación del peligro sísmico, es necesario caracterizar las áreas donde pueden producirse eventos sísmicos o también llamadas fuentes sísmicas tectónicas. Después se establecen leyes estadísticas para definir el comportamiento del sísmico de un área determinada, estas fuentes sísmicas y de amortiguación de movimiento de la tierra tienen niveles de intensidad de movimiento o valores máximos de aceleración que se esperan en un lugar y en un intervalo de tiempo concluyente (Mena Hernández, 2002).

### **2.2.8. Zonificación Sísmica del Ecuador**

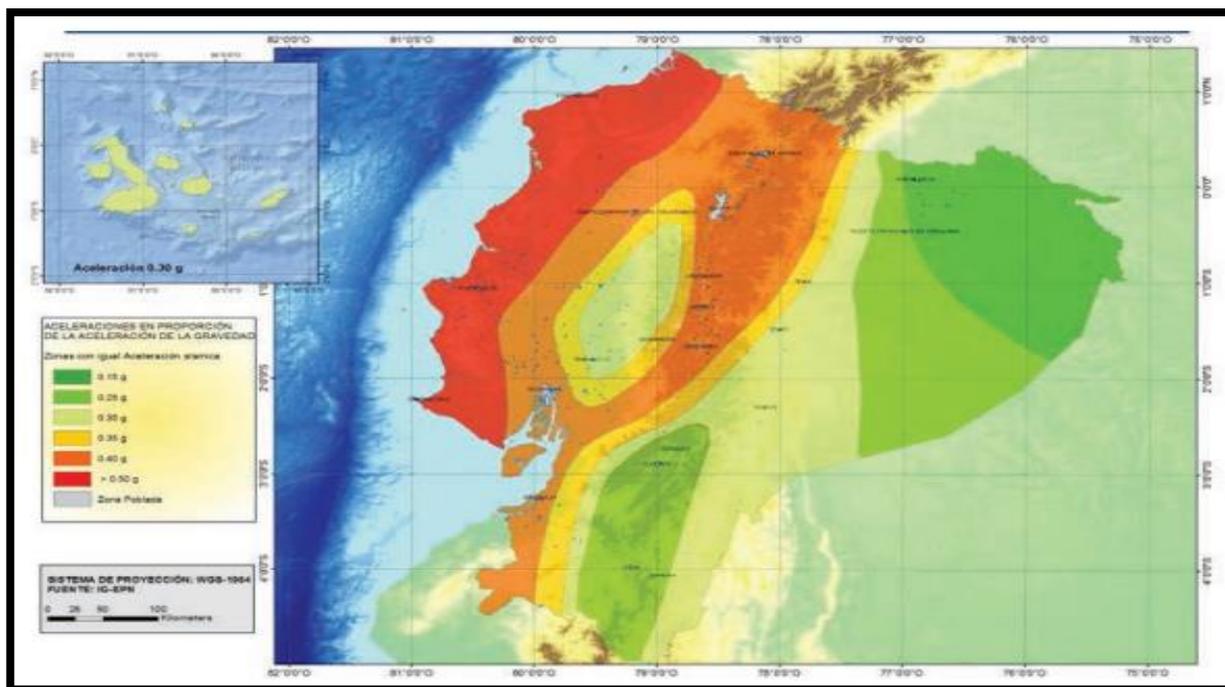
La amenaza sísmica es representada como la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico, los valores calculados en términos de aceleración en roca de todo el país van desde 0.15g-0.5g según en el mapa de zonificación sísmica para el diseño de edificaciones, para un sismo con tiempo de retorno de 475 años que es un evento sísmico representativo (NEC , 2015).

En el estudio para el análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica, determinan que para poder obtener la peligrosidad o amenaza sísmica es necesario estimar la magnitud esperada en un tiempo de retorno establecido, y para ello se utilizan varias metodologías con el fin de poder tener un mejor modelo y que sea más cercano a la realidad posible, establecen que es necesario tener datos de microzonificación sísmica a

detalle, estudios geológicos y geotécnicos para poder de esta forma entender cómo se va a comportar el suelo ante la excitación de las ondas sísmicas (Iglesias et al., 2006).

### Ilustración 5

*Mapa de zonas sísmica para propósitos de diseño y valor del factor Z*



*Nota.* Se representa como se encuentra zonificado sísmicamente de forma macro el Ecuador con aceleraciones en roca para un periodo de retorno de 475 años. **Fuente:** NEC-DS-Peligro Sísmico 2015.

A continuación, se detalla en la siguiente tabla los valores de aceleración en roca para un tiempo de retorno de 475 años.

**Tabla 1**

*Valores de factor Z aceleración en roca*

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G. 2023

**Fuente:** Norma de Construcción Ecuatoriana diseño sismo resistente NEC-(2015).

## **2.2.9. Factores que Influyen en la Amenaza Sísmica**

### **2.2.9.1. Factores de amplificación o locales**

Los factores locales son características intrínsecas del medio o la naturaleza, y la amenaza puede aumentar si estos factores son desfavorables para el medio en el que le rodea, para ello se definirá a continuación los factores condicionantes que inciden en la amenaza sísmica del sector de Joyocoto.

**Perfil Geotécnico:** Para el autor Duque Escobar (2017) “El perfil geotécnico forma parte esencial de los principios de ingeniería que estudia las propiedades físicas, mecánicas del suelo y roca, para saber el comportamiento del mismo ante un evento sísmico” (p. 7).

**Litología:** Para el autor Suarez Diaz (1998) la litología “se define como al estudio de los diferentes materiales existentes en la corteza terrestre ya sea en roca y suelo caracterizando su origen o génesis es decir verificamos el tipo de suelo según la metodología SUCS o AASHTO” (p. 152).

**Geomorfología:** Permite estudiar las diferentes formas que presentan los relieves, sus estructuras que se han ido formado, la geomorfología es una de las ciencias importantes para conocer el proceso de formación de la corteza terrestre, es decir las formas como colinas, montañas, formaciones aluviales, coluviales que son características importantes en la dinámica de un sismo (Genchi, 2012).

**Pendiente:** El grado de inclinación que posee un terreno, según Ibañez et al, (2010) “menciona que es la relación existente entre el desnivel y la distancia”. Esto se lo puede expresar ya sea en grados o porcentaje y este factor permite que mientras más elevado sea el terreno mayor será la aceleración de las ondas sísmicas y mientras más plano la onda sísmica desacelera.

### **Fuente sismo tectónica**

Son aquellos que desde su punto de partida pueden originar eventos, sucesos o situación que ocasiona efectos peligrosos para los elementos expuestos, las fuentes sismo tectónica pueden ser la zona de subducción o fallas geológicas, pero se recomienda que para hacer una evaluación se debe escoger uno solo, razón por la cual cada zona actúan de forma diferente (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2017).

**Magnitud:** Es una medida que permite conocer la potencia en un sismo y los resultados son emitidos por los instrumentos llamados sismogramas o acelerograma, a la magnitud se lo puede medir de diferentes formas de acuerdo al método que utilicen: Magnitud local (MI) o de Richter, magnitud de coda (Mc), magnitud de ondas de cuerpo (Mb), magnitud de ondas superficiales (Ms), magnitud del momento (Mw), magnitud de energía (Me) (Lagos Ortíz, 2014).

#### **2.2.10. Parámetro de Evaluación**

Permite verificar que un objeto o medio de estudio cumple con los estándares propuestos, en este caso los parámetros de evaluación para la amenaza sísmica son considerados el periodo de suelo, PGA e intensidad, que son características a ser consideradas en un sismo.

**Periodo del Suelo (Ts):** conocer el periodo del suelo es de gran importancia porque de acuerdo al tipo de suelo será la amplificación de la onda sísmica y por ende va haber un mayor movimiento sobre la estructura y para ello se utiliza un método denominado Nakamura o que a su vez también se lo llama cociente espectral (Delgado et al., 2021).

**PGA:** que en sus siglas en ingles significa (Peak Ground Acceleration), es la variación de la velocidad en un tiempo determinado al cuadrado, en este caso es la aceleración de las ondas sísmicas en los estratos rocosos y es medida en gals ( $\text{cm/s}^2$ ) o gravedad ( $\text{m/s}^2$ ). Según la NEC

(2015)“Guaranda se encuentra en un nivel alto de zonificación de las aceleraciones en roca con valores  $0.35g > PGA < 0.4g$ ” (p. 27).

**Intensidad:** Es una medida que permite ver los daños causados o la materialización del evento sísmico en la superficie terrestre. La escala de intensidad fue propuesta por primera vez por Giuseppe Mercalli la cual constaba de 10 ítems valorizada en números romanos, y la que actualmente se llama MSK aumentada a 12 ítems (Lagos Ortíz, 2014).

### ***2.2.11. Elementos Expuestos***

Se puede definir como aquellos elementos que son vitales para el funcionamiento de una localidad, como son: hospitales, unidades educativas, iglesias, estadios, sistema vial, sistema de agua potable y alcantarillado, sistema de eléctrico, lotes, entre otros, los mismos que se encuentran dentro del área de influencia de un evento peligroso.

## **2.3. Marco Referencial**

### ***2.3.1. Localización del Área de Estudio***

El Ciudad de Guaranda está ubicado en la parte centro del Ecuador, el mismo que tiene una extensión física de 189 ha, con una temperatura promedio de  $13^{\circ}\text{C}$  y  $22^{\circ}\text{C}$ , dentro de la ciudad encontramos al sector de Joyocoto (**ver Ilustración 1**) el cual se encuentra ubicado en las coordenadas UTM Zona 17 M **ESTE:** 721771.68 m y **NORTE:** 9825603.45m, a una elevación promedio de 2856 m.s.n.m, es uno de los cuatro sectores que se encuentran ubicados dentro de la parroquia urbana Ángel Políbio Chávez pertenecientes al cantón Guaranda, el sector de estudio Joyocoto tiene una extensión física de aproximadamente 99 ha, colinda hacia el norte con el sector de Tomabela, al Sur con el sector del Indio Guaranda, al Este con el sector del Dorado, primero de Mayo y los trigales, al Oeste con el río Salinas (PDOT Guaranda, 2020).

Tabla 2

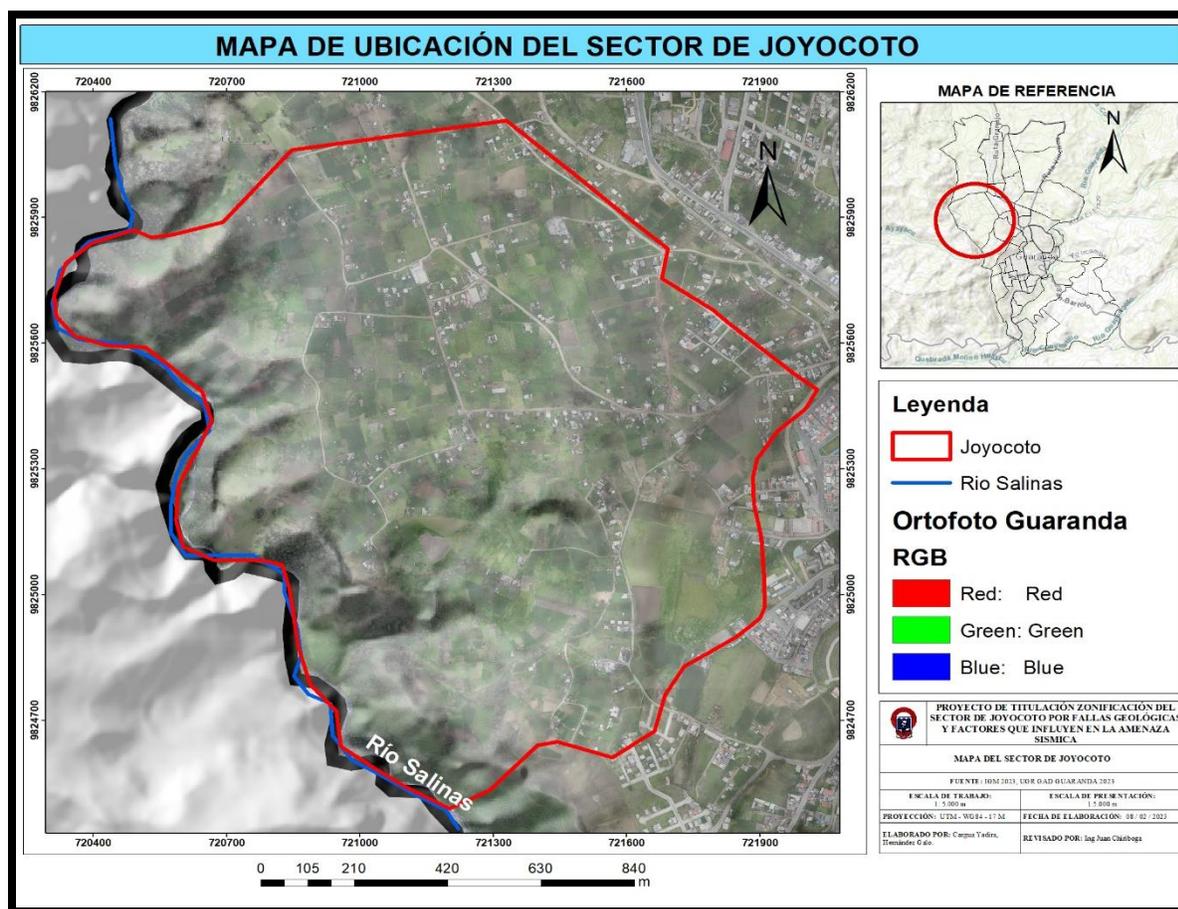
Límites geográficos del sector de investigación Joyocoto.

Límites Geográficos	
Norte	Tomabela
Sur	Indio Guaranda
Este	El Dorado, Primero de mayo y los trigales
Oeste	Río Salinas

*Nota.* Se elabora el cuadro de los límites del sector de Joyocoto.

Ilustración 6

Mapa de ubicación del sector de estudio (Joyocoto)



*Nota.* Se representa el mapa del sector de estudio *Elaborado por:* Cargua, M., & Hernández, G.,

**Geología local:** La unidad predominante de la geología son los volcánicos de Guaranda, la ciudad se encuentra sobre una depresión que posiblemente surge de un evento tectónico del pleistoceno, al acumularse esfuerzos de tipo compresionales se formaron bloques, donde unos se levantaron y otros de fueron hundiendo, razón por la cual se le dio el nombre de depresión y la formación de colinas. Consta de piroclastos de pómez, lapilli y tobas finas de las ultimas erupciones de los volcanes. Además, está formado el basamento por rocas volcánicas básica a intermedias, siendo impermeables y muy duras (Castro Pilco, 2013).

**Geomorfología:** La geomorfología de Guaranda va desde plano-escarpe-plano, teniendo forma de gradas, Guanujo está conformado en su mayoría de colinas medianas y un pequeño porcentaje de zonas urbanas y valles encañonados, en los sectores de Joyocoto, Negroyacu, centro de Guaranda hasta llegar a las Colinas y el Peñon existen vertientes convexas, mientras que en los sectores Fausto Bazantes, 9 de Octubre, 5 de Junio, Marco Pamba y La Merced consta de valles encañonados y finalmente en los sectores el Aguacoto, Vinchoa, Casipamba comprende de zonas cóncavas (Castro Pilco, 2013).

**Tipo del perfil del suelo:** En el sector de Joyocoto predomina el perfil de suelo tipo E y D basado en la NEC-2015, según estudios previos que se han realizado en todo el casco urbano de la ciudad de Guaranda, este tipo de suelos son malos por su baja resistencia y posiblemente exista una amplificación de las ondas sísmicas, con velocidades de ondas de corte de 192 m/s (Barragán Taco, 2022).

## 2.4. Sistema de Hipótesis

¿Las fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto y sus factores locales inciden en la amenaza sísmica del sector?

**H<sub>0</sub>:** Las fallas geológicas cercanas y sus factores locales no inciden en la amenaza sísmica del sector.

**H<sub>1</sub>:** Las fallas geológicas cercanas y sus factores locales si inciden en la amenaza sísmica del sector.

## 2.5. Sistema de Variables

**Variable independiente:**

Fallas geológicas y sus factores influyentes

**Variable dependiente:**

Zonificación del nivel de la amenaza sísmica

### 2.5.1. Operacionalización de Variables

#### Variable Independiente

Dimensión	Definición	Indicadores	Escala	Técnicas e instrumentos
Fuente Sísmica	La fuente sísmica es donde se produce la geodinámica interna entre bloques y pueden liberar energía.	Tipo de falla	Normal Inversa Cizalla	Experimental Bibliográfica
		Longitud de la falla geológica	Falla A primaria Falla B secundaria	Experimental Bibliográfica
		Distancia fuente-sitio	Distancia de la falla al sector de estudio Joyocoto.	Experimental Bibliográfica
		Magnitud estimada	1-2 2.1-3 3.1-4 4.1-6 6.1-7	Empírico bibliográfico
Factores locales o de amplificación	Los factores locales son aquellos propios del lugar, estos ayudan a que la onda sísmica al momento de pasar por estas zonas sea más perjudicial para los elementos que se encuentren asentados.	Topografía	0-12% 13-25% 26-40% 41-70% >70%	Experimental Bibliográfica
		Geotecnia	Tipo de suelo A Tipo de suelo B Tipo de suelo C Tipo de suelo D Tipo de suelo E y F	Experimental Bibliográfica
		Litología	Afloramiento rocoso Arenas Limos de baja plasticidad Limos de alta plasticidad Arcillas	Experimental Bibliográfica
		Geomorfología	Mesetas Lomas Drenajes impedidos y coluvios Colinas Laderas	Experimental Bibliográfica
	El parámetro de evaluación no es más que	PGA en suelo	0.01-0.25 0.25-0.5 0.5-0.9	Ecuaciones empíricas Bibliográficas

<b>Parámetro de evaluación</b>	variables adicionales que aumentan la peligrosidad, en este caso sería como se representa la amenaza.		0.9-1.2 ≥1.2	
		Ts (periodo espectral)	0.11 0.22 0.33 0.44 ≥0.44	Razones espectrales H/V método de Nakamura
		MSK (Intensidad sísmica)	I II-III IV-VI VII-VIII IX-XII	Ecuaciones empíricas

### Variable Dependiente

<b>Dimensión</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>
Zonificación sísmica	La zonificación sísmica es determinar mediante un mapa las áreas de la superficie terrestre como se encuentra y su comportamiento al momento de pasar las ondas sísmicas.	Nivel de amenaza	Muy alta Alta Media Baja	Ecuaciones propuestas por los autores de esta investigación, representadas en un mapa de amenaza sísmica.
Elementos expuestos	Son elementos que se encuentran en la superficie y que podrían ser afectados por la amenaza sísmica.	Vías	Metros lineales	Mapa de exposición
		Predios	Lotes	Mapa de exposición

## 2.6. Definición De Términos

**Amenaza geológica:** “La amenaza geológica es un fenómeno de la geodinámica interna o externa que al materializarse puede causar consecuencias graves en las ciudades, infraestructura, trastornos sociales, económicos y ambientales” (Gonzales et al., 2018).

**Desastre:** El desastre es definido por los autores de esta investigación como la interrupción en el funcionamiento de las actividades de una comunidad o sociedad en general por la ocurrencia de un evento peligroso y que las capacidades de las mismas no son suficientes para poder atenderla y es necesario pedir ayuda al nivel de gobierno superior que corresponda.

**Exposición:** La exposición es definido por los autores de esta investigación cuando se encuentra una localidad, ciudad, infraestructuras, servicios, etc., que se encuentran dentro del rango de una amenaza presente en el territorio y que pueden ser afectados.

**Evaluación de amenaza:** es la acción de cuantificar el peligro o amenaza mediante fórmulas matemáticas y herramientas SIG de un lugar determinado, con valores establecidos por los propios investigadores o a su vez guiándose por metodologías existentes.

**Factor Z:** El valor Z es la aceleración sísmica también denominada PGA (aceleración pico del terreno), que es la cuantificación de las zonas en la que se encuentra el Ecuador según esta descrito en la norma vigente (NEC , 2015).

**Gestión Prospectiva:** La gestión prospectiva es definido por los autores de esta investigación como las acciones realizadas antes de que pasen, es decir poder identificar, evaluar y tomar acciones sobre las amenazas y vulnerabilidades presentes en el territorio antes de que se desencadene el evento y se materialice los daños con mucha más fuerza.

**Periodo de vibración del suelo:** El periodo del suelo es el tiempo en el que transcurre dentro de un movimiento ondulatorio de las ondas sísmicas al pasar por los diferentes estratos

del suelo, la duración será más cuando sean perfiles de suelos malos o blandos y duraran menos cuando el perfil del suelo sea bueno o roca.

**Reducción de riesgos:** La reducción de riesgos de desastres se basa en el componente del ciclo de la gestión de riesgos, y es reducir al máximo las consecuencias negativas o devastadoras en términos económicos, sociales, ambientales y a la vida, que son producidas por que se desencadena un evento peligroso (Nations, United, 2015).

**Zonificación:** La zonificación es la división de la superficie terrestre de acuerdo a los diferentes niveles ya sea de amenaza, vulnerabilidad o riesgo (NEC , 2015).

**Geodinámica:** La geodinámica interna y externa están relacionados, razón por la cual la energía interna se manifiesta como la activación de volcanes o sismos que genera expresiones en la superficie terrestre como son las elevaciones y con la actuación de los factores externos como es la erosión generaran cambios en el volumen de las elevaciones (Guevara Salas, 2013).

**Geodinámica externa** es aquella que estudia las fuerzas exógenas actuantes sobre la corteza terrestre, las cuales modifican la forma de la corteza terrestre, además los factores que se encuentran externamente donde su observación es de forma directa, es decir se pueden ir meteorizando, erosionando y desplazando los materiales y a su vez generando una modelación sobre el paisaje. (Carrilo Chimbo, 2013, p. 4)

**Geodinámica interna.** Es aquella que desde el interior de la tierra van declinando o elevando la corteza terrestre y como su palabra lo dice son factores internos que no se los puede observar de forma directa, como es la interacción de las placas tectónicas, donde la geodinámica estudia toda la estructura interna de la tierra. (Carrilo Chimbo, 2013, p. 4)

### 3 Capítulo III Metodología

#### 3.1. Nivel de la Investigación

**Descriptiva:** Se va a describir cual será el nivel de amenaza sísmica en la que se encontrará el sector de Joyocoto producida por fallas geológicas y cada uno de los factores que pueden amplificar la onda sísmica como es el (tipo de suelo, litología, geomorfología, topografía) su fuente sismo tectónica con la liberación de energía medida en (magnitud) y su parámetro de evaluación medida en (aceleración en suelo (PGA), periodo del suelo (Ts) e Intensidad sísmica (MSK)).

**Tipo de investigación:** Se trabajará con un tipo de investigación mixta debido que se tendrá valores cuantitativos del nivel de amenaza y cualitativo debido a que se tendrá cualidades de las variables que se utilizarán para poder saber cómo influyen en el nivel de amenaza.

#### 3.2. Diseño de la Investigación

**Transversales:** los datos que se obtuvo en la investigación serán recolectados en el tiempo determinado es decir en un único momento.

#### 3.3. Población y Muestra

Según describe López & Fachelli (2015) “la población de una investigación no solo es representada por personas sino también a una zona desde el punto de vista geográfico” (p. 8). Teniendo en cuenta esto, el sector de Joyocoto tiene una extensión de 165ha, esto debido a que la investigación trata de zonificar el nivel de amenaza sísmica, por lo tanto, no es necesario obtener una muestra, esto debido a que la metodología de cálculo no incluye la aplicación de encuestas o entrevistas a los habitantes.

#### 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

**Fuentes primarias como:**

**Visita de campo:** Se realizará el recorrido por el sector de Joyocoto para poder diferenciar su geomorfología, escarpes que están relacionados a fallas geológicas, recolección de muestras de suelos para ser analizadas en un laboratorio y determinar qué tipo de suelo se encuentra en el sector.

**Observación directa:** Con esta técnica se logrará evidenciar de mejor forma lo que está descrito en otros estudios y poder contrastar la expansión urbanística desordenada en el sector de Joyocoto.

**Fuentes secundarias:**

Se realizará una exhaustiva búsqueda de datos de varias instituciones y documentos técnicos científicos como: tesis, libros, artículos científicos, entre otros, se describe a continuación

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Guaranda 2015-2030
- Información referente a predios, lotes y vías del sector de Joyocoto GAD del Cantón de Guaranda 2023
- Tesis de Universidades:
  - Universidad San Francisco de Quito, Universidad de Guayaquil, Universidad Estatal de Bolívar, Universidad Central del Ecuador.
- Registros sísmicos históricos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN)
- Registros sísmicos históricos del Servicio Geológico de los Estados Unidos en sus siglas en inglés (USGS)
- Libro de geología del Ecuador descripción boletín de la explicación del mapa geológico de la república del Ecuador.

- Libro de Geología y Tsunamis

### 3.5. Técnicas de Procesamiento de Información

Para el objetivo 1 se realizará la identificación y el cálculo de desplazamiento, magnitud máxima, PGA e intensidad sísmica de las fallas geológicas con un radio de 5km al sitio de estudio, teniendo en cuenta información de fallas cercanas obtenidas desde investigaciones de: Carrillo (2013), Eguez et al (2003), y de los autores de esta investigación para la identificación de las fallas que contiene la siguiente información en las columnas: (A) codificación de la falla, (B) tipo de falla (Inversa, Normal o Cizalla), (C) longitud de la falla en km, (D) profundidad de la falla en km, (E) distancia desde la falla al sector Joyocoto en km, (F) azimut, (G) distancia hipocentral en km, (H) ancho de la falla en m, (I) máximo desplazamiento(vertical u horizontal), (J) magnitud estimada en Mw, (k) PGA estimado en gals, (L) intensidad estimada en MSK, las cuales se pueden observar en la (**Tabla N°3**) se procesará estos datos básicos en el Excel mediante fórmulas matemáticas propuestas por los siguientes autores:

Pilay y Solano (2019) hacen referencia que en el estudio de Well y Coppersmith (1994) el tamaño y la forma de la rotura del plano de falla van a depender de la magnitud del sismo. Para el cálculo de las magnitudes máximas se debe tener en cuenta la longitud de la falla y para obtener el máximo desplazamiento de la falla se basa en cálculos empíricos de regresión de la magnitud y desplazamiento de la falla geológica, a continuación, se describen las fórmulas que se utilizarán.

#### **Ecuación 1. - Cálculo de máximo desplazamiento de falla**

$$Df = e^{(-1,38+1.02*Log(Lf))} \quad (1)$$

**Donde:**

**Df:** Desplazamiento de falla

**Lf:** longitud de la falla

Wesnousky (2008), propone realizar el cálculo de las magnitudes máximas con ecuaciones lineales para cada tipo de falla capaces (inversa, normal, cizalla), las cuales se describen a continuación:

**Ecuación 2.- Cálculo de magnitudes máximas falla inversa**

$$M_w = 4.11 + 1.88 * \text{Log}(L_f) \quad (2)$$

**Donde:**

**M<sub>w</sub>:** Magnitud estimada

**L<sub>f</sub>:** longitud de la falla

**Ecuación 3.- Cálculo de magnitudes máximas falla normal**

$$M_w = 6.12 + 0.47 * \text{Log}(L_f) \quad (3)$$

**Donde:**

**M<sub>w</sub>:** Magnitud estimada

**L<sub>f</sub>:** longitud de la falla

**Ecuación 4.- Cálculo de magnitudes máximas falla cizalla**

$$M_w = 5.56 + 0.87 * \text{Log}(L_f) \quad (4)$$

**Donde:**

**M<sub>w</sub>:** Magnitud estimada

**L<sub>f</sub>:** longitud de la falla

Tomando en cuenta las ecuaciones anteriores de Wesnuosky el cual menciona que no todos los tipos de fallas de una misma longitud pueden producir un sismo de igual magnitud. Stirling et al., (2013) “mencionan que las fallas que son de tipo inversa son capaces de generar sismos de gran magnitud en comparación a las fallas de tipo de normal y cizalla”. Teniendo en cuenta que dichas formulas se emplearan en el presente estudio.

Leonard (2010), propone realizar el cálculo de las magnitudes máximas con una ecuación la cual se describe a continuación:

**Ecuación 5.- Cálculo de magnitudes máximas**

$$M_w = 1,52 * \text{Log}(L_f) + 4,33 \quad (2)$$

**Donde:****Mw:** Magnitud estimada**Lf:** longitud de la falla

Para el cálculo del PGA en roca (peak ground acceleration) y de la intensidad sísmica en la escala de MSK producida por fallas geológicas corticales, donde se utilizarán las fórmulas descritas por Aguiar y Castro 2009, la cuales se describen a continuación:

**Ecuación 5.- Cálculo del PGA (Aceleración máxima del terreno)**

$$PGA(g) = \frac{10^{((0,3629+0,2355)*(3,756+1,586 Mw-1,86*LN(D+10)))}}{100} \quad (5)$$

**Donde:****PGA:** Aceleración pico del terreno en gravedad.**Mw:** Magnitud sísmica**D:** Distancia hipocentral en (km)

Para la caracterización de las fallas geológicas que influyen en la amenaza sísmica del sector de estudio se la realizará en la siguiente tabla de Excel

**Tabla 3**

*Ejemplo de caracterización de fallas geológicas en las columnas de la base de datos a utilizar*

Falla capaz	Tipo de falla	Long. de falla (Km)	Prof. falla (Km)	Distancia falla - ciudad (km)	Azimut	Distancia Hipo central (Km)	Ancho de falla	Máximo desplaz. (m) desde relaciones empíricas propuestas por Well & Coppermish, 1994 (I)	Magnitud estimada propuesta por Leonard (2010) y Wesnousky (2008) (J)	PGA en Roca, fallas corticales Aguiar y Castro (2009) (K)	Escala cualitativa MMI (Aguiar Y Castro 2009) (L)	Bibliografía, referencia citada
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	
F01												

*Nota.* Se describe las diferentes variables para la caracterización de las fallas geológicas.

**Elaborado por:** Cargua, M, & Hernández, G., 2023 Adaptado del estudio de Chunga Kervin 2010.

**Para el objetivo 2**

Se evaluará el nivel de amenaza sísmica adaptando la metodología implementada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres en sus siglas CENEPRED para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales versión 2, en la que utiliza un método de análisis de la media ponderada para cada uno de los factores que amplifican o atenúan la onda sísmica como es la (Geotecnia, Geología-Litología, Geomorfología y Topografía), además de saber la fuente sismo tectónica y la liberación de energía de un sismo como es la (Magnitud producida por fallas geológicas) y el parámetro de evaluación como son las variables (Periodo del suelo, PGA producido por fallas geológicas e Intensidad sísmica) se realizará el procesamiento de los cálculos matemáticos en Excel y serán mapeados en el software ArcMap, y obtener el mapa final de amenaza sísmica.

Para evaluar el nivel de amenaza sísmica se aplicarán las siguientes ecuaciones matemáticas.

#### **Ecuación 6.- Cálculo de susceptibilidad de la amenaza sísmica**

$$SS = FST \sum_{i=Xi}^{n=k} Xi + FA \sum_{i=Yi}^{n=k} Yi \quad (6)$$

- **SS**= Susceptibilidad Sísmica
- **FC**= Fuente sismo tectónica
- **Xi**= Peso de ponderación
- **FD**= Factor de amplificación
- **Yi**= Peso de ponderación

#### **Ecuación 7.- Cálculo de Factor de amplificación**

$$FA = PG \sum_{i=Ai}^{n=k} Ai + LT \sum_{i=Bi}^{n=k} Bi + GM \sum_{i=Ci}^{n=k} Ci + PT \sum_{i=Di}^{n=k} Di \quad (7)$$

- **FA**= Factor Amplificación
- **PG**= Perfil Geotécnico
- **Ai**= Peso de ponderación
- **LT**= Litología
- **Bi**= Peso de ponderación
- **GM**= Geomorfología
- **Ci**= Peso de ponderación
- **PT**= Topografía
- **Di**= Peso de ponderación

#### **Ecuación 8.- Cálculo de Fuente Sismo Tectónica**

$$\mathbf{FST} = \mathbf{Mw} \sum_{i=Xi}^{n=k} Xi \quad (8)$$

- **FST**= Fuente Sismo tectónica
- **Mw**= Magnitud estimada
- **Xi**= Peso de ponderación

#### **Ecuación 9.- Cálculo de factor de consecuencia**

$$\mathbf{FC} = \mathbf{Ts} \sum_{i=Ai}^{n=k} Ai + \mathbf{PGA} \sum_{i=Bi}^{n=k} Bi + \mathbf{MMI} \sum_{i=Ci}^{n=k} Ci \quad (9)$$

- **FC**= Factor de consecuencia
- **Ts**= Periodo del suelo
- **Ai**= Peso de ponderación
- **PGA**= Aceleración máxima en roca
- **Bi**= Peso de ponderación
- **MMI**= Intensidad sísmica
- **Ci**= Peso de ponderación

#### **Ecuación 10.- Cálculo de la amenaza sísmica**

$$AS = SS \sum_{i=Ai}^{n=k} Ai + FC \sum_{i=Bi}^{n=k} Bi \quad (10)$$

- **AS**= Amenaza Sísmica
- **SS**= Susceptibilidad Sísmica
- **Ai**= Peso de ponderación
- **FC**= Factor consecuencia
- **Bi**= Peso de ponderación

Como resultado se tendrá un nivel de amenaza sísmica el cual será medido por valores cuantitativos y cualitativos como se muestra a continuación.

**Tabla 4**

*Niveles de amenaza sísmica*

Nivel de amenaza sísmica	Rango		
Amenaza muy alta	3,00	< A ≤	4,00
Amenaza alta	2,00	< A ≤	3,00
Amenaza media	1,00	< A ≤	2,00
Amenaza baja	0,00	< A ≤	1,00

*Nota.* Se puede observar el cuadro de valoración del nivel de amenaza sísmica **Elaborado por:** Cargua, M & Hernández, G., 2023

### Para el objetivo 3

Para identificar los elementos que se encuentran expuestos y que podrían sufrir daños potenciales ante el nivel de amenaza sísmica se utilizará el método de intersección, con el cual se podrá tener la cantidad de lotes, edificaciones, longitud de vías que serían afectados, además de representarlos en mapas temáticos con su respectiva tabla estadística.

Para ello se utilizará los mapas de los factores locales que amplifiquen o atenúen las ondas sísmicas provocadas por fallas geológicas capaces de generar sismos de magnitudes de hasta 7 grados en la escala de momento (Mw), intensidades de VIII en la escala MSK, aceleraciones en suelo de hasta 1g y periodos de vibración de hasta 0.3segundos.



## 4 Capítulo IV Resultados Alcanzados

### 4.1. Resultado 1.- Identificación de fallas geológicas que se encuentran cercanas al sector de Joyocoto en un radio de 5km, calculando el desplazamiento, magnitud máxima, PGA, e intensidad sísmica.

Se realizó la identificación de 15 fallas que se encuentran en un radio de 5 km del área de estudio, fallas que han sido investigadas por diversos autores como J M Baldock 1968(Falla Milagro Guaranda), Eguez 2003 (Falla regional Pallatanga, Falla del rio Salinas, Falla del río Guranda), Carrillo 2013 (Quebrada de Negroyacu, quebrada del Mullo, Guanguliquín) y por, Cargua y Hernández 2023(quebrada Palipata, loma del Calvario, Callanayacu, Candiushi, Conventillo, Joyocoto, rio Quinoa Corral), de acuerdo a los resultados obtenidos de las 15 fallas cercanas al sector de estudio se estimó magnitudes(Mw) en un rango de 4,17 a 7, el PGA en suelo 0.52g a 1,17g teniendo en cuenta que la amplificación en el suelo va ser 3 veces más que en roca y la intensidad MSK que varía entre VI a VIII, con estos datos obtenidos podemos concretar que en una posible activación de las fallas antes mencionadas podrían verse afectados elementos que se encuentran expuestos en el territorio, a continuación se describirán cada una de las fallas que se encuentran cercanas al sector de Joyocoto (**ver Tabla N°5**), se han identificado las fallas mediante un MDT (Modelo Digital del Terreno) con una resolución de 3m x 3m ver (**Ilustración 7**), para el cálculo del desplazamiento, magnitud máxima, aceleración en suelo e intensidad se utilizó ecuaciones de varios autores ya antes mencionados que se describieron en el apartado de las técnicas de procesamiento de información.

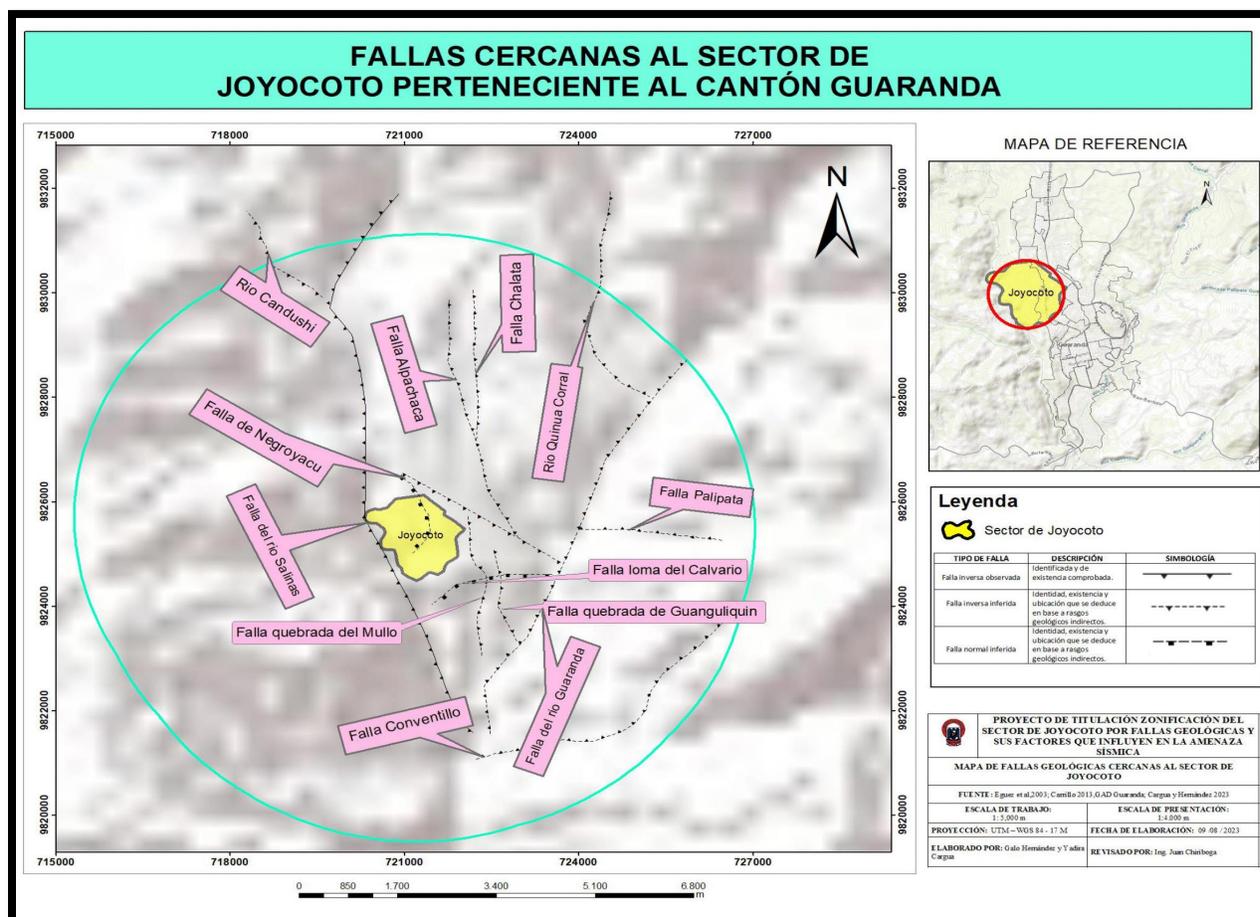
**Tabla 5***Identificación de fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto*

Falla capaz	Nombre	Tipo de falla	Long. de falla (Km)	Prof. falla (Km)	Distancia falla - ciudad (km)	Azimet	Distancia Hipocentro (Km)	Ancho de falla	Máximo desplaz. (m) propuestas por Well & Coppermish, 1994	Magnitud propuesta por y Wesnousky (2008)	PGA (g) en suelo	Escala cualitativa MSK (Aguiar Y Castro 2009)	Nivel de confiabilidad desde análisis sismológicos y morfológicos	Bibliografía, referencia citada
F01	Falla Milagro-Guaranda	Desconoce	238,00	20	19	45	20	17	2,8	7,94	1,19	VIII	Cierta	Baldock 1963
F02	Falla regional Pallatanga	Cizalla	37,00	15	20	38	25	10	1,2	6,92	0,97	VIII	Cierta	Eguez et al 2003
F03	Falla del rio Salinas	Inversa	11,24	15	1	173	15	7	0,7	6,09	0,88	VII	Cierta	Eguez et al 2003
F04	Falla del rio Guaranda	Inversa	8,16	15	3	25	15	6	0,6	5,82	0,83	VII	Cierta	Eguez et al 2003
F05	Falla de la quebrada de Negroyacu	Inversa	3,20	15	1	122	15	5	0,4	5,06	0,69	VI	Deducida	Carrillo 2013
F06	Falla de Alpachaca	Inversa	4,79	15	3	165	15	5	0,5	5,39	0,75	VI	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F07	Falla de Chalata	Normal	2,88	15	4	359	15	5	0,4	4,97	0,67	VI	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F08	Falla de Guanguliquín	Inversa	1,86	15	2	347	15	4	0,3	4,74	0,63	V	Deducida	Carrilo 2013
F09	Falla de la quebrada del mullo	Inversa	2,80	15	2	355	15	5	0,4	4,95	0,67	VI	Deducida	Carrilo 2013
F10	Falla de la loma del Calvario	Normal	2,25	15	2	75	15	4	0,4	4,77	0,63	V	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F11	Falla rio Candiushi	Inversa	2,24	15	5	322	16	4	0,4	4,77	0,63	V	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F12	Falla Conventillo	Inversa	5,79	15	5	240	16	6	0,5	5,54	0,77	VII	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F13	Falla Palipata	Inversa	2,47	15	4	95	16	4	0,4	4,85	0,64	V	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F14	Falla Quinua Corral	Inversa	4,53	15	5	349	16	5	0,5	5,34	0,74	VI	Deducida	Cargua y Hernandez 2023
F15	Falla Joyocoto	Normal	1,75	15	1	352	15	4	0,3	4,57	0,60	V	Deducida	Cargua y Hernandez 2023

**Nota.** Identificación de las fallas icercanas al sector de Joyocoto. **Elaborado por:** Cargua, M & Hernández, G., 2023

## Ilustración 7

Fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto



*Elaborador por:* Carga, M & Hernández, G., 2023.

*Fuente:* Modelo digital del terreno (MDT), Carrillo 2003, Escorza 1984, Eguez 2003, Carga & Hernández 2023.

#### **4.2. Resultado 2.- Evaluar el nivel de amenaza sísmica en el que se encuentra el sector de Joyocoto de la ciudad de Guaranda.**

Para realizar la evaluación del nivel de amenaza sísmica en el que se encuentra el sector de Joyocoto por la activación de las 15 fallas geológicas cercanas, se utilizó los factores que amplifican o atenúan la onda sísmica como:

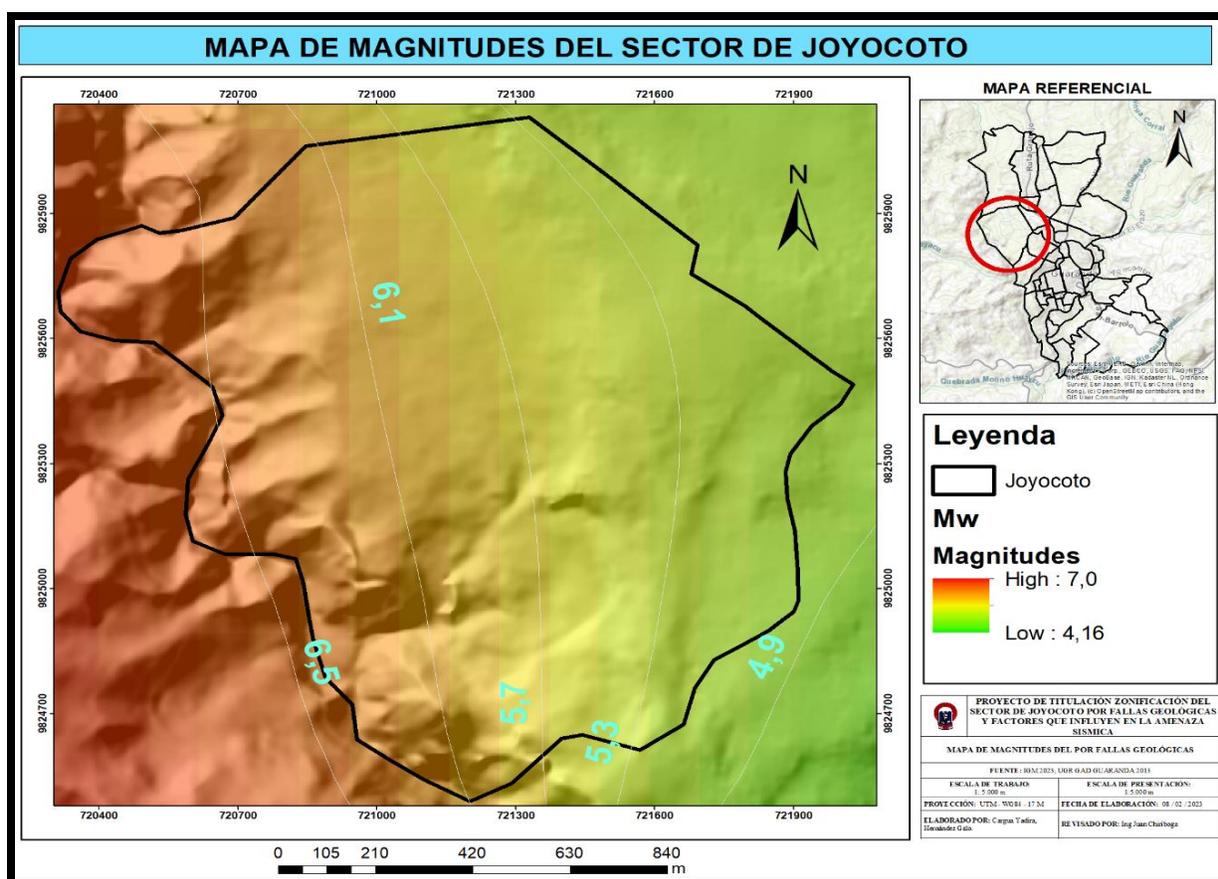
Topografía, litología del estrato superior, geomorfología, tipo de perfil geotécnico, y los parámetros de evaluación como es el PGA en suelo, el periodo de vibración del suelo para estimar la resonancia con las edificaciones y la intensidad sísmica que se tendrá en el sector, todas estas variables se las mapean y describen a continuación.

## Fuente sísmica-tectónica-fallas geológicas

En un radio de 5km del sector de Joyocoto las fallas Salinas, Negroyacu, Guaranda dependiendo del tipo de falla (Inversa, Normal o Cizalla), generarían eventos sísmicos de magnitudes de momento ( $M_w$ ) entre 4 a 7 que afectarían a las edificaciones y personas del sector de Joyocoto.

### Ilustración 8

Mapa de magnitudes en el sector de Joyocoto



Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023

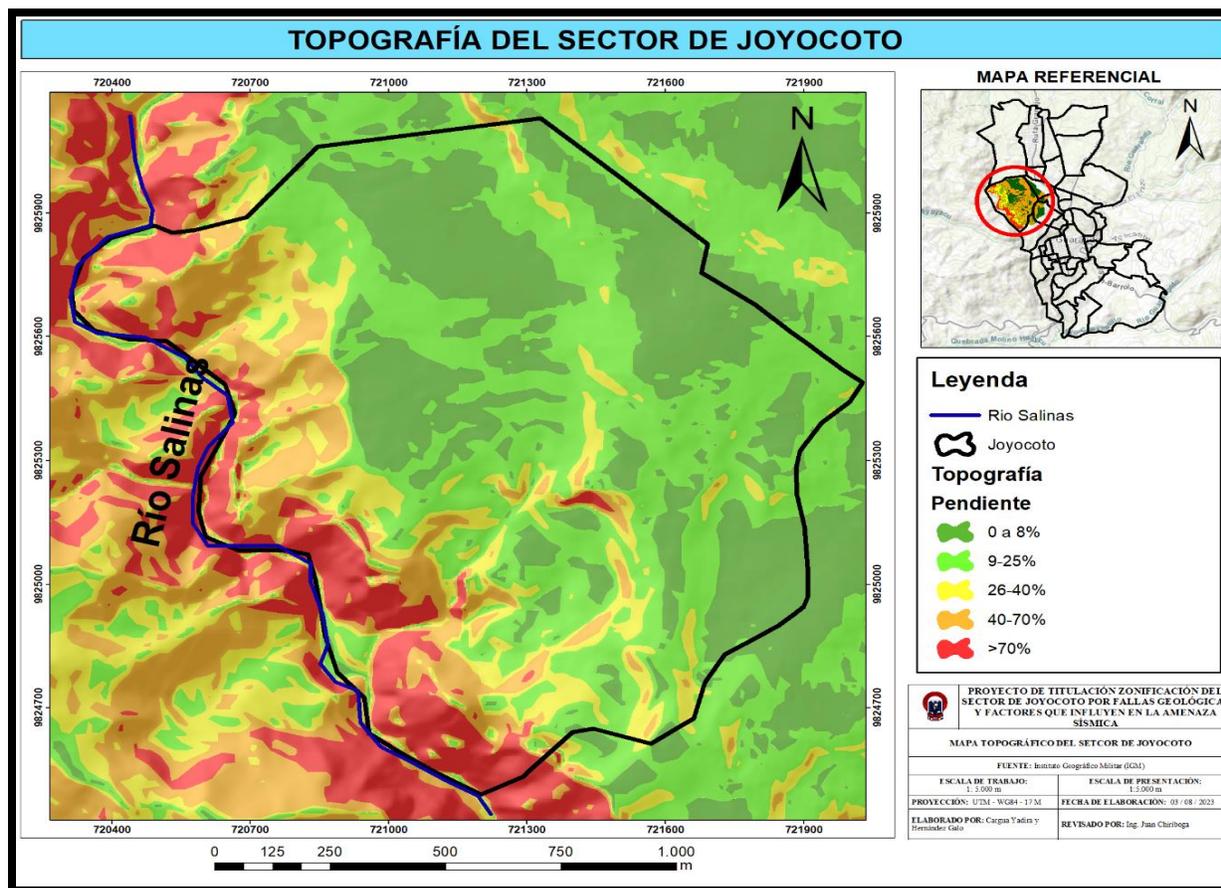
## Factores de amplificación y atenuación

### Topografía

En el sector de estudio se tiene pendientes que van de 2% a mayores a 70% de inclinación, evidenciándose que las zonas cercanas al río Salinas tiene una mayor inclinación, en consecuencia, una mayor amplificación del movimiento sísmico en las zonas de color rojo, naranja y amarillo.

### Ilustración 9

*Mapa de topográfico del sector de Joyocoto.*



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023

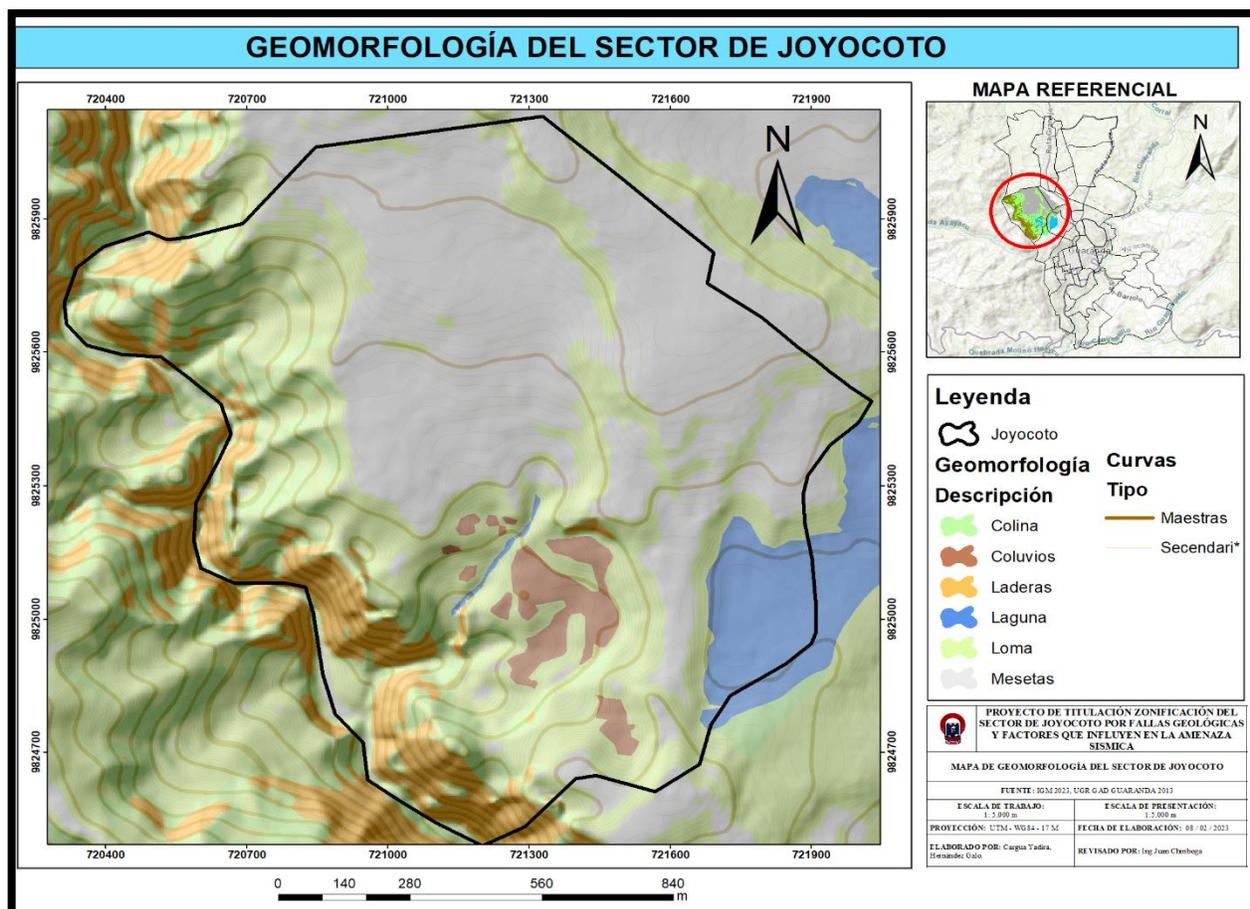
*Fuente:* MDT de 3mx3m

## Geomorfología

En Joyocoto se tiene la presencia de unidades geomorfológicas de relieve montañosos fluvio - erosional al oeste del sector por la presencia del río salinas, con paisajes de colinas, lomas, cañones, coluvios, como coluvial donde se amplifican las ondas sísmicas, las mismas fueron corroboradas en campo por los autores de esta investigación, la unidad geomorfológica que atenúa la onda sísmica y que se evidencia en el sector son las mesetas, llamada también la meseta de Joyocoto.

### Ilustración 10

Mapa Geomorfológico del Sector de Joyocoto



Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023

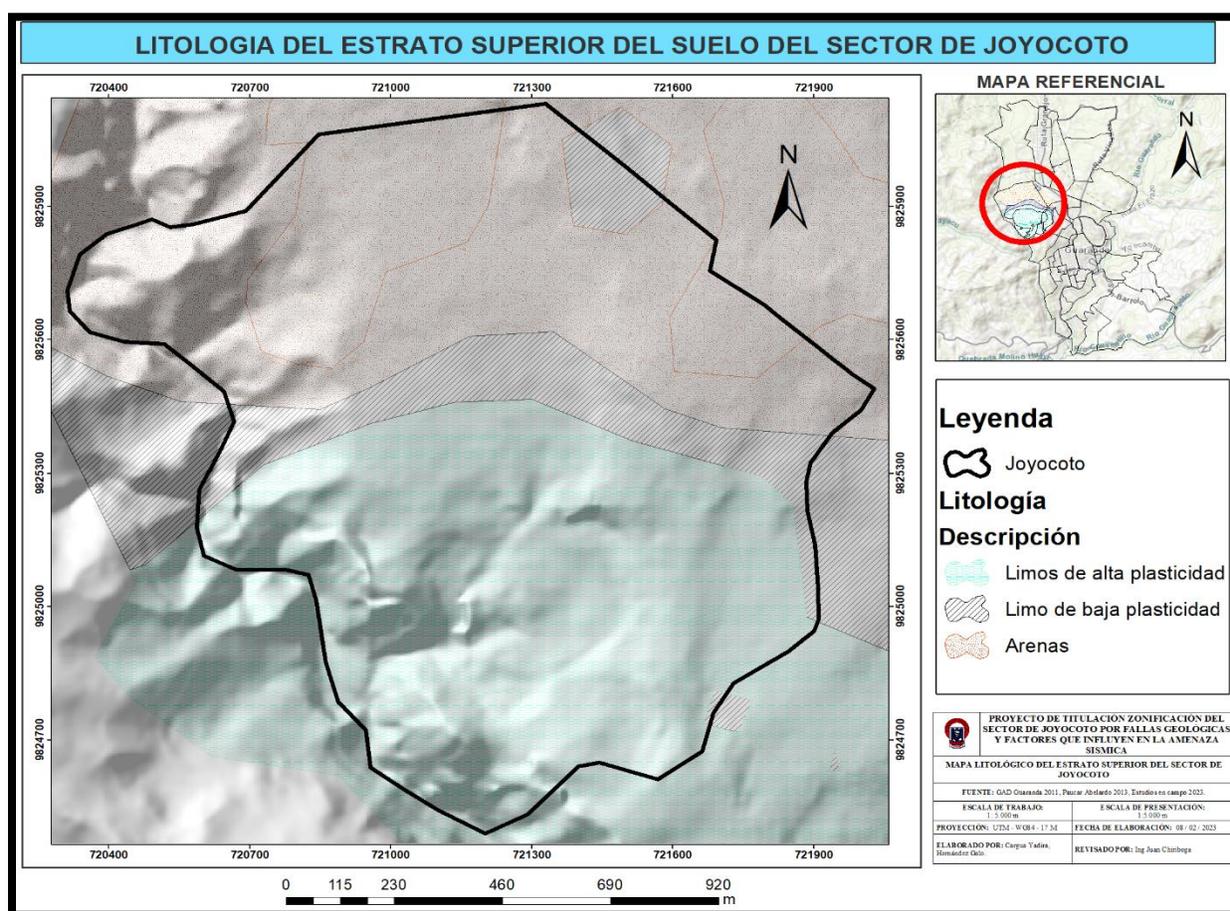
Fuente: Propia (salidas de campo)

## Litología del estrato superior

En el sector se pudo evidenciar la presencia de suelos cohesivos como son los limos de alta plasticidad, limos de baja plasticidad que son los suelos que amplifican la onda sísmica por sus propiedades físicas y mecánicas, mientras que las arenas, gravas y rocas son suelos que ayudan a la atenuación de la onda sísmica.

### Ilustración 11

Mapa Litológico del sector de Joyocoto



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

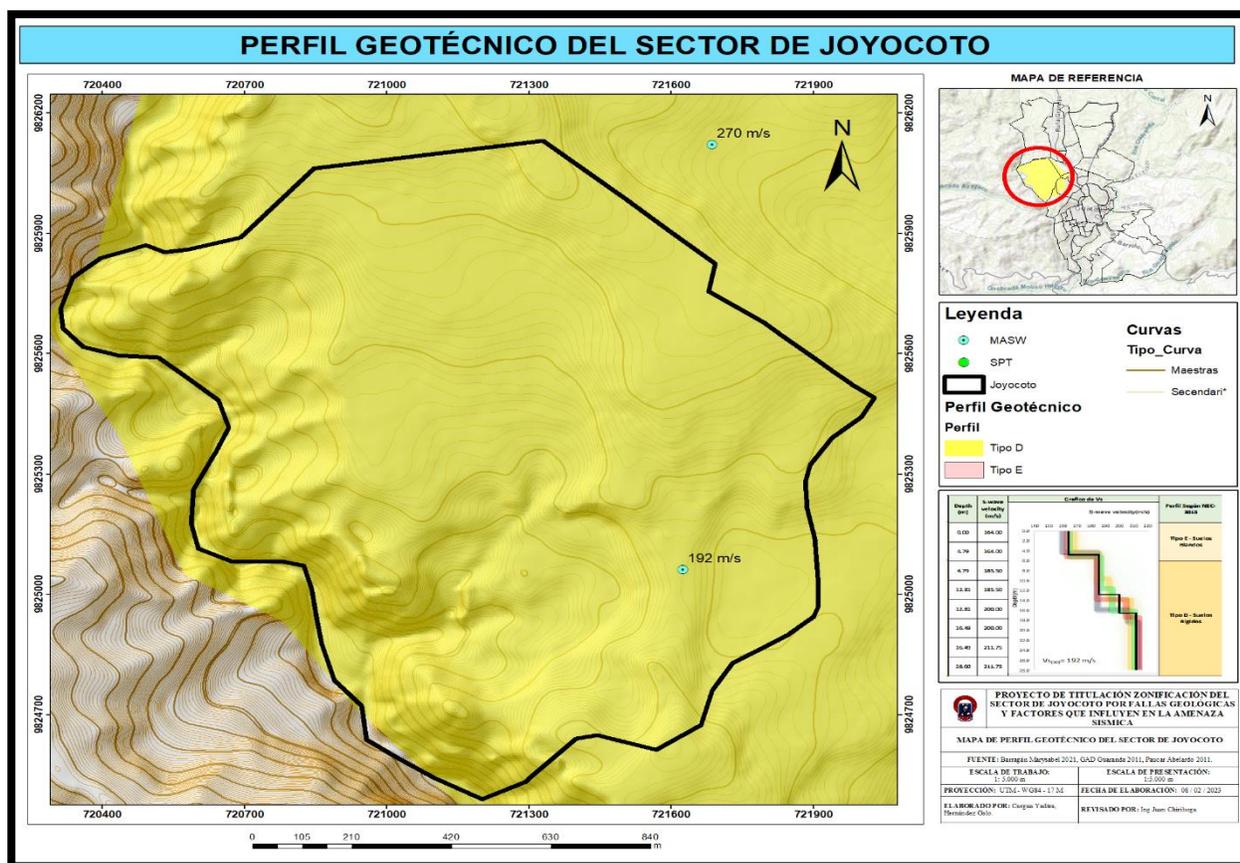
*Fuente:* Municipio de Guaranda 2011, Paucar Abelardo 2011, Cargua y Hernández 2023.

## Perfil Geotécnico

En el sector de Joyocoto se puede evidenciar perfiles geotécnicos tipo E en los primeros 5m de profundidad, estos son suelos donde las  $V_{s30} < 180$  m/s esto basado en la NEC-2015, es decir son suelos blandos donde la onda sísmica se amplifica al pasar por este tipo de estrato, a partir de los 6m de profundidad se puede encontrar perfiles tipo D donde las  $360\text{m/s} > V_s \Rightarrow 180\text{m/s}$  son suelos más rígidos basado en la NEC-2015, sin embargo las cimentaciones de edificaciones que sean de gran altura, tienen que llegar a estratos más rígidos.

### Ilustración 12

Mapa de perfil geotécnico del sector de Joyocoto



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

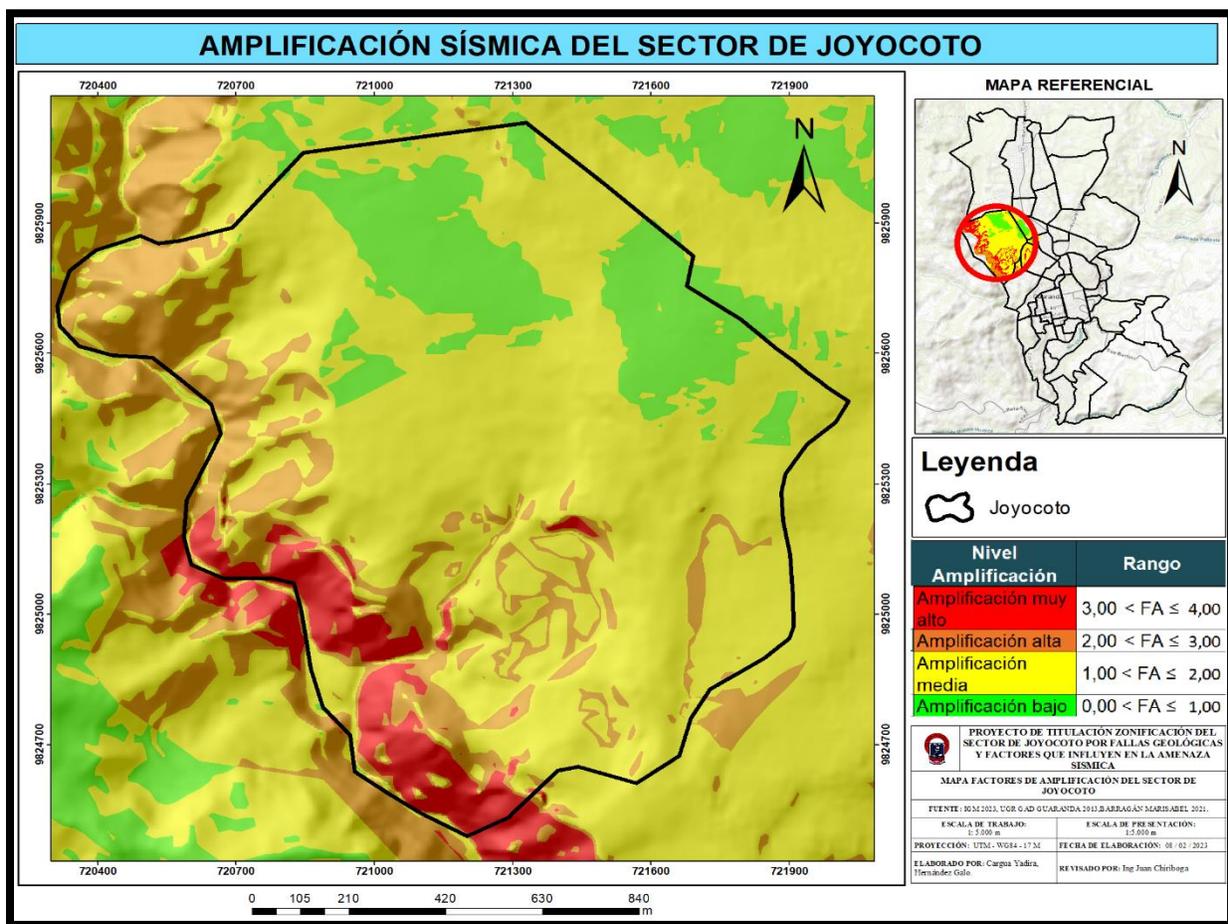
*Fuente:* Barragán Marisabel 2021, Municipio de Guranda 2011 y Paucar Abelardo 2011.

## Amplificación y atenuación

En la (Ilustración 13) se puede observar las áreas en donde la onda sísmica se amplifica y se atenúa. En este caso el modelo en las áreas en color rojo y naranja habrá una amplificación sísmica, con mayor movimiento, afectación, tiempo de duración de la onda sísmica en el suelo donde se van ver colapsos de edificaciones, deslizamientos entre otros eventos, mientras que en las zonas amarillas también se amplificará, pero no como en las áreas antes mencionadas, mientras que en las zonas verdes va a ver afectación mínima, este mapa representa los factores locales del sector.

### Ilustración 13

Mapa de amplificación y atenuación sísmica del sector de Joyocoto



Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023.

Fuente: Ecuaciones propuestas por los autores

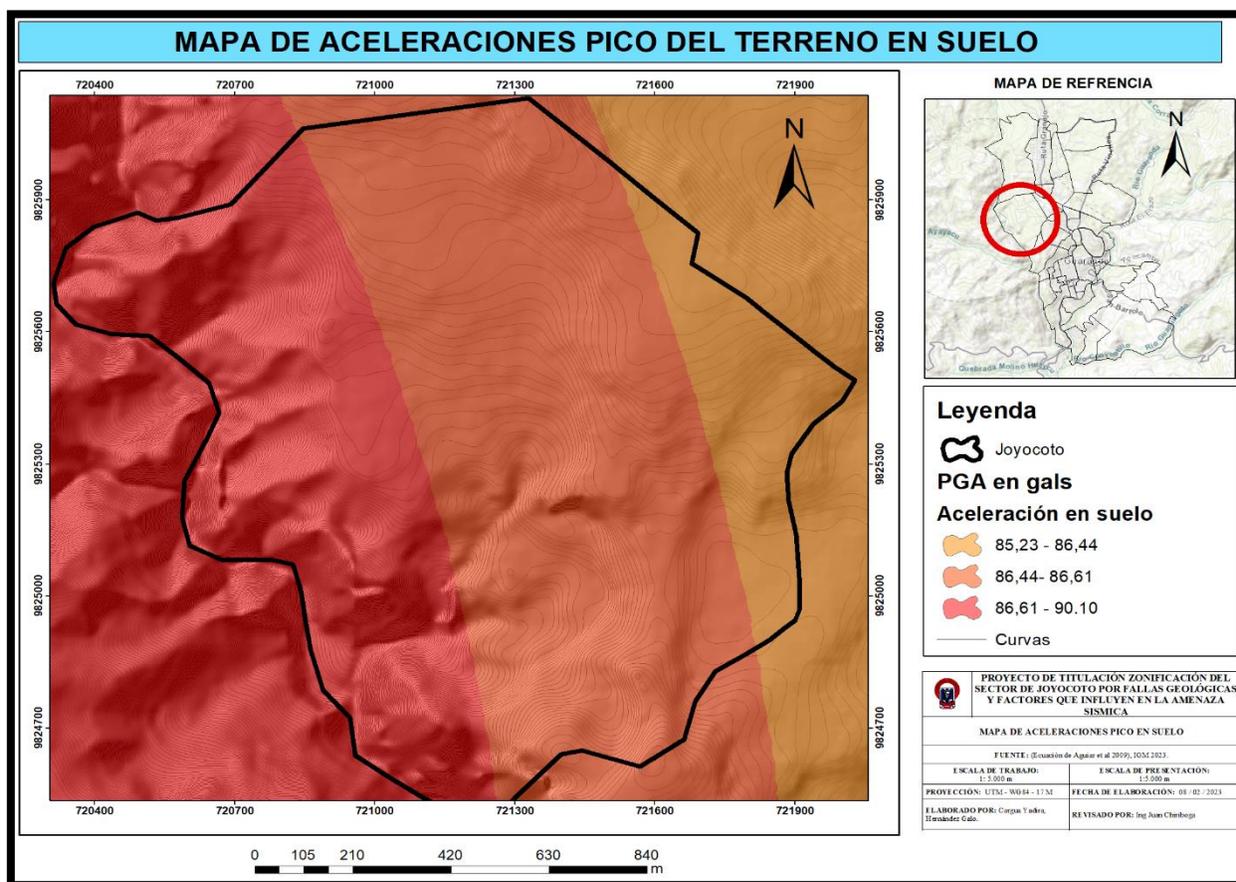
## Parámetros de evaluación

### Factor PGA (Peak Ground Acceleration. Aceleración pico del terreno)

En el sector de Joyocoto se obtuvo aceleraciones en suelo que van de 85gals a 90 gals, esto debido a que, por estar cerca de las fallas geológicas estarían cercanas del epicentro e hipocentro, por esta razón tendrán mayor aceleración sísmica, la aceleración sísmica esta correlacionada con la intensidad, en Joyocoto se sentirá un movimiento bastante fuerte.

### Ilustración 14

Mapa de PGA en suelo del sector de Joyocoto



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

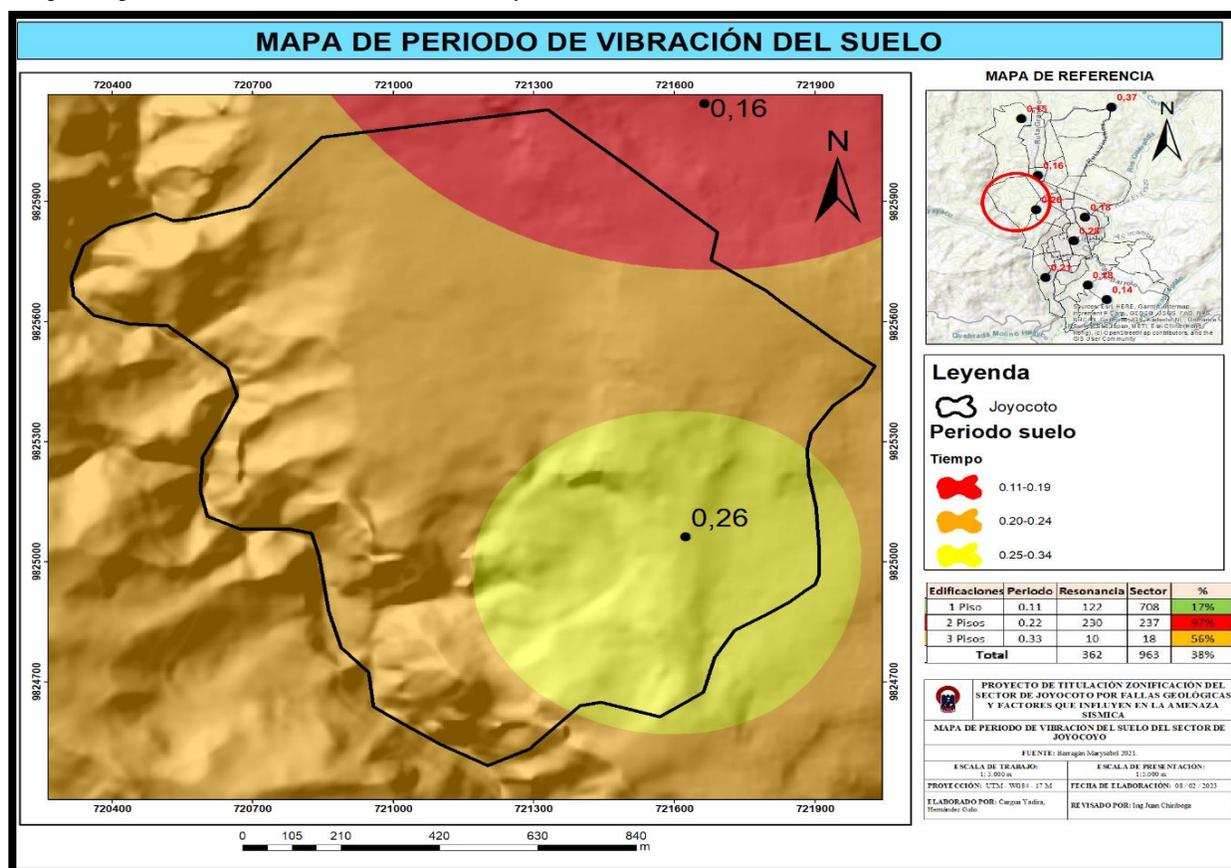
*Fuente:* Ecuaciones de PGA (aceleración en suelo) propuestas por Aguir et al 2009

## Periodo de vibración del suelo (Ts)

En Joyocoto se tiene un primer dato básico representada por el color amarillo que tiene un periodo de vibración del suelo de 0.26s, y un segundo dato básico representado por el color rojo donde la vibración del suelo es de 0.16s ubicado al sur de la facultad de Ciencias de la Salud. Estos dos datos fueron procesados para obtener el periodo de vibración que serán utilizados para determinar la resonancia de las edificaciones en el sector de estudio.

### Ilustración 15

Mapa de periodo del suelo del sector de Joyocoto



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

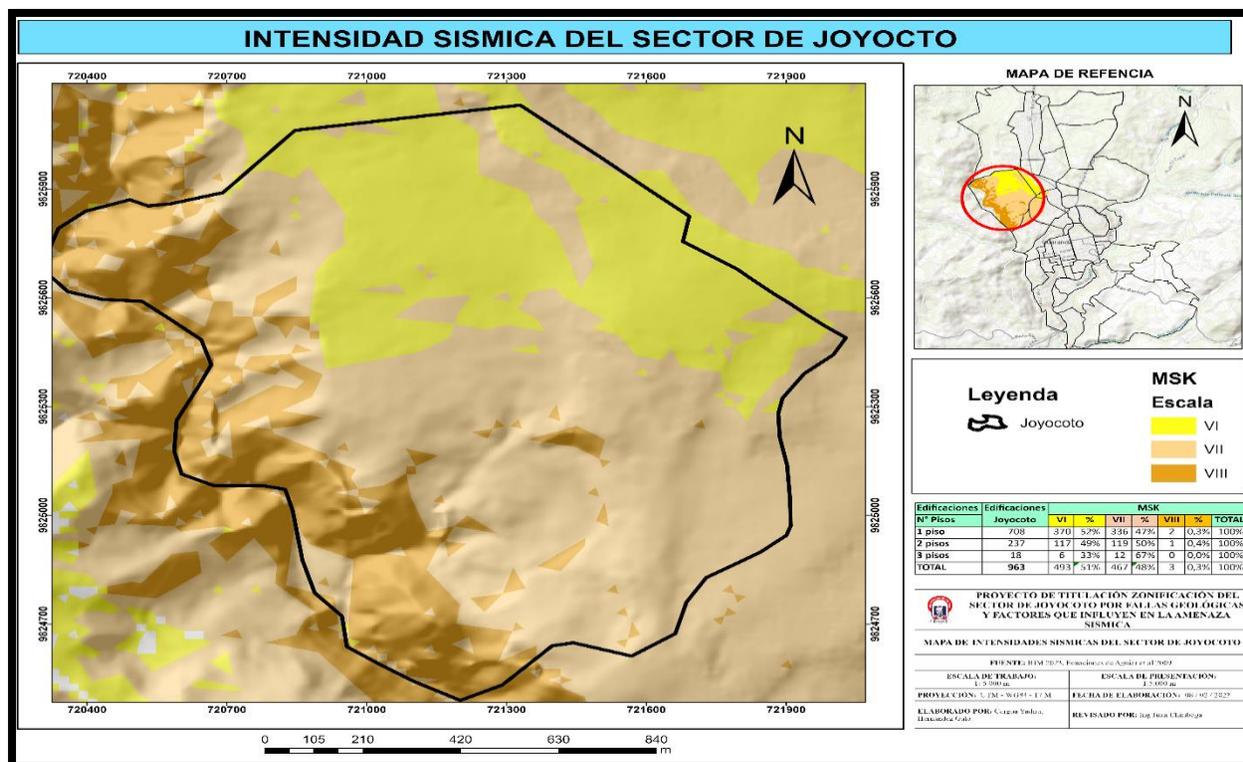
*Fuente:* Barragán Marisabel 2021.

## Intensidad sísmica MSK (Medvédev Sponheuer Kárnik)

En el área de investigación se calculó las intensidades sísmicas que van desde VI a VIII en la escala de MSK. Que al activarse una de las fallas geológicas cercanas como por ejemplo la falla Salinas, el 27% del sector tendrá intensidades VI (se sentirá por la mayoría de las personas, se producen daños moderados en construcciones de adobe y media agua), el 52% del sector tendrá intensidades VII (donde se producen algunos deslizamientos en las carreteras, y edificaciones que no cumplen norma de construcción sufrirán daños graves), y el 21% del sector tendrán intensidades VIII (muchas construcciones de mala calidad constructiva sufren destrucción y colapso, edificaciones que cumplen con la normativa de construcción sufrirán daños moderados), esto debido a las aceleraciones y los factores de amplificación.

### Ilustración 16

*Mapa de intensidades sísmicas del sector de Joyocoto*



*Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023.*

### Amenaza sísmica del sector de Joyocoto

El sector de Joyocoto al utilizar los factores que amplifican o atenúan las ondas sísmicas y los parámetros de evaluación como la aceleración pico en suelo (PGA), periodo de vibración (Ts) y la intensidad en la escala MSK (MSK), el nivel de amenaza sísmica es media y alta, esto debido a que al simular un evento sísmico en el sector se tendrán aceleraciones en suelo que pasan los 60gals, con este valor las edificaciones mal construidas en Joyocoto colapsarán, mientras que edificaciones con un buen diseño sismo resistente sufrirán daños menores, además de las aceleraciones se tiene en cuenta el periodo de vibración del suelo, en las zonas de color naranja el periodo afectará de forma cuantiosa a edificaciones de 2 pisos y en las zonas de color amarillo afectará a edificaciones de 1 piso, con estos resultados significa que al construir se debe cumplir con la Normativa de Construcción Ecuatoria NEC-2015. Nuestra investigación aportará a la planificación y ordenamiento territorial urbanístico con una gestión prospectiva de Reducción de riesgos.

En 52% es decir 86 ha (hectáreas) del sector de Joyocoto se encuentra en un nivel alto de amenaza sísmica, mientras que el 48% es decir 79 ha del sector de Joyocoto se encuentra en un nivel medio de amenaza sísmica ver Tabla 6

**Tabla 6**

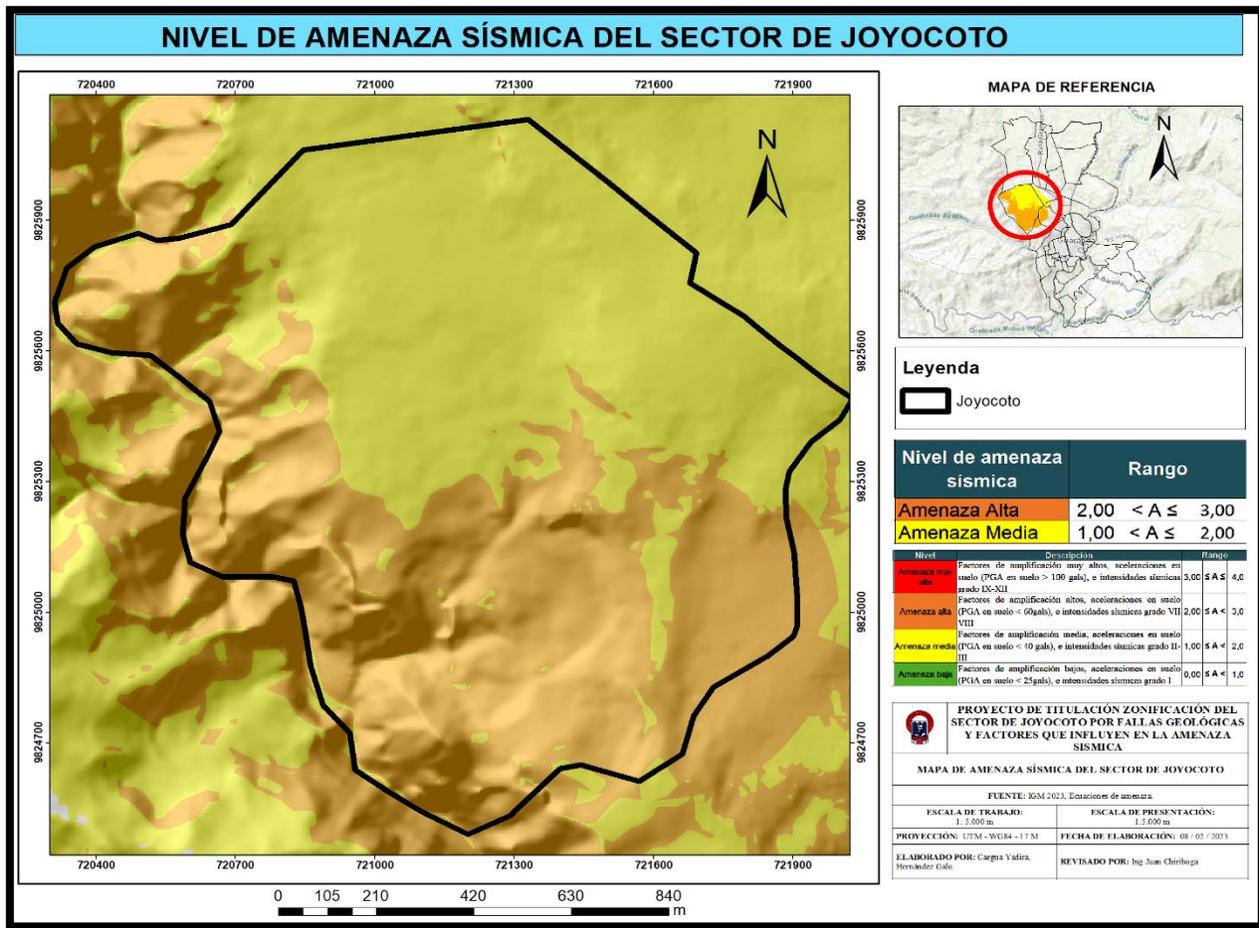
*Niveles de amenaza sísmica*

Nivel de amenaza	Descripción	Rango
Amenaza muy alta	Factores de amplificación muy altos, aceleraciones en suelo (PGA en suelo > 90gals), e intensidades sísmicas grado IX-XII	3,00 ≤ A ≤ 4,0
Amenaza alta	Factores de amplificación alta, aceleraciones en suelo (51=>PGA en suelo < 90gals), e intensidades sísmicas grado VII-VIII	2,00 ≤ A < 3,0
Amenaza media	Factores de amplificación media, aceleraciones en suelo (26=>PGA suelo < 50 gals), e intensidades sísmicas grado II-III	1,00 ≤ A < 2,0
Amenaza baja	Factores de amplificación bajos, aceleraciones en suelo (PGA en suelo < 25gals), e intensidades sísmicas grado I	0,00 ≤ A < 1,0

*Nota. Se evidencia los niveles de amenaza sísmica. Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023.*

### Ilustración 17

Mapa de nivel de amenaza sísmica del sector de Joyocoto



Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023.

Fuente: Factores de amplificación y factores de evaluación

### 4.3. Resultado 3.- Determinar los elementos como: edificaciones, predios, vías que podrían sufrir efectos de sitio (daños) ante el nivel de amenaza sísmica

#### Edificaciones que podrían ser afectados ante la amenaza sísmica

En el sector de Joyocoto existen un total de 963 edificaciones de las cuales 708 edificaciones son de 1 piso, 237 edificaciones son de 2 pisos y 18 edificaciones son de 3 pisos.

Por lo cual es necesario tener definido las zonas con los niveles de amenaza sísmica, para el sector de Joyocoto se tiene niveles altos y medios, de los cuales el 18% de las edificaciones del sector se encuentran asentadas en un nivel de amenaza sísmica alta, esto quiere decir que en estas zonas las edificaciones sufrirán daños considerables, colapsos por resonancia y efectos de sitio debido a los factores que amplifican la onda sísmica, mientras que el 82% de edificaciones del sector también sufrirán daños sin embargo estos serán moderados (**ver tabla N° 7**).

**Tabla 7**

*Cantidad de edificaciones por número de pisos que están expuestas y que sufrirán daños ante la amenaza sísmica.*

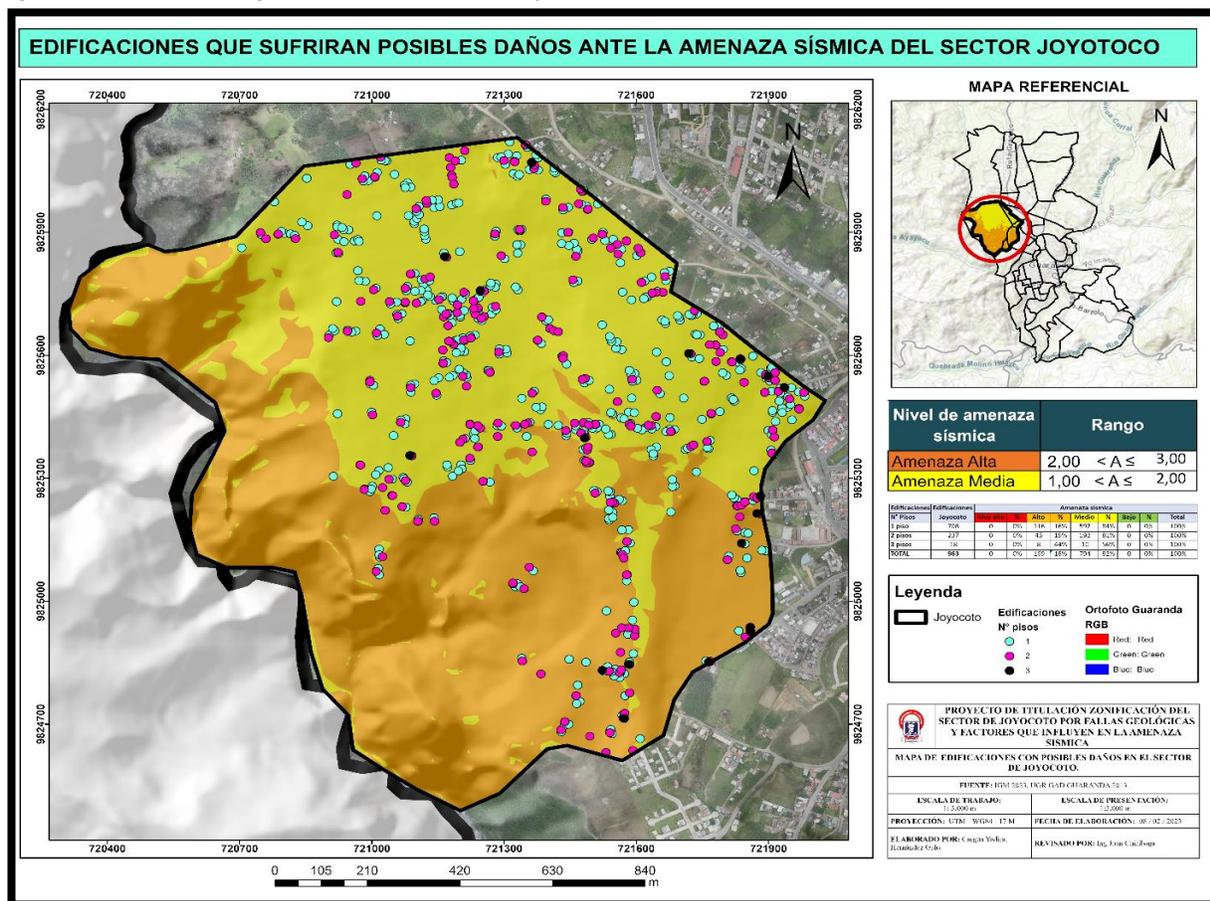
Edificaciones	Edificaciones		Amenaza sísmica						Total	
	Joyocoto		Muy alto		Alto		Medio			Bajo
N° Pisos	Cantidad		Muy alto	%	Alto	%	Medio	%	Bajo	%
1 piso	708		0	0%	116	16%	592	84%	0	0%
2 pisos	237		0	0%	45	19%	192	81%	0	0%
3 pisos	18		0	0%	8	44%	10	56%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>963</b>		<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>169</b>	<b>18%</b>	<b>794</b>	<b>82%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>

*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

*Fuente:* UGR Guaranda

## Ilustración 18

### Afectaciones a las edificaciones del sector Joyocoto



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

### Resonancia de edificaciones

El 29% de edificaciones que se encuentran en el sector de Joyocoto sufrirán colapso por resonancia debido a que el periodo de vibración de suelo con respecto al periodo elástico de las estructuras es similar, el periodo de las estructuras se debe a su rigidez y masa, esto quiere decir que depende de la altura de la edificación para entrar en resonancia. En el sector 133 edificaciones que representa el 19% de un total de 708 edificaciones de 1 piso sufrirán resonancia, 139 edificaciones que representa el 59% de un total de 237 edificaciones de 2 pisos sufrirán de la misma manera resonancia, mientras que 8 edificaciones que representa el 44% de un total de 18 edificaciones de 3 pisos sufrirá resonancia (**ver tabla N° 8**).

Tabla 8

Edificaciones que podrían sufrir resonancia por número de pisos

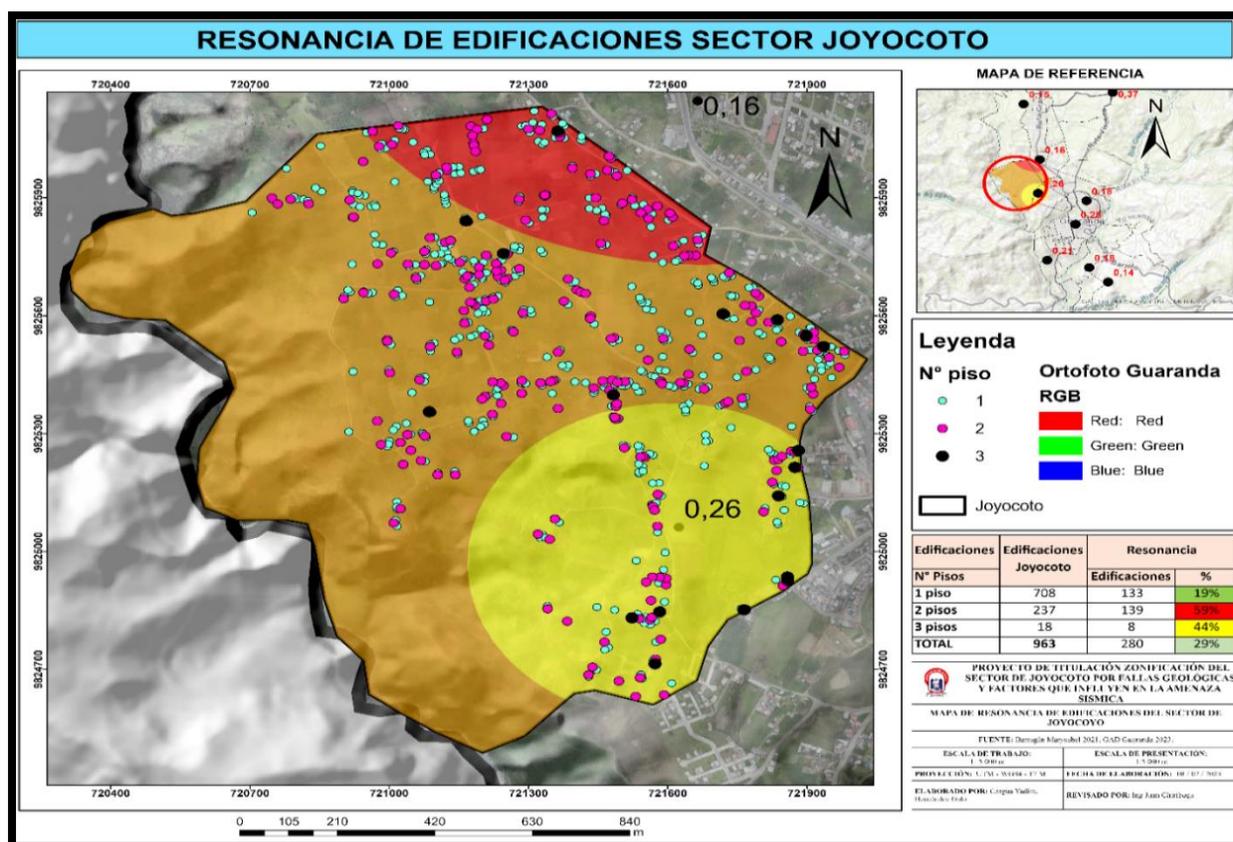
N° pisos	Edificaciones en Joyocoto	Edificaciones que sufrirán resonancia y colapso en el sector de Joyocoto	
Cantidad	Cantidad	Cantidad	%
1 piso	708	133	19%
2 pisos	237	139	59%
3 pisos	18	8	44%
<b>TOTAL</b>	<b>963</b>	<b>280</b>	<b>29%</b>

Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023.

Fuente: Unidad de planificación GAD Guaranda

Ilustración 19

Resonancia de edificaciones



Elaborado por: Cargua, M & Hernández, G., 2023

### **Intensidad en las edificaciones**

En el sector de Joyotoco hay un 51% de edificaciones es decir 493 edificaciones sentirán y sufrirán intensidades en la escala MSK de grado VI, esto significa que el sismo será sentido por la mayoría de los edificios y caerán objetos pequeños que se encuentren inestables, los muebles se moverán, además de sufrir daños leves en los sistemas no estructurales de las edificaciones con una construcción sismo resistente, y edificaciones que no cumpla norma de construcción sismo resistente podría sufrir daños moderados a fuertes en el sistema estructural.

El 48% es decir 467 edificaciones sentirán intensidades de grado VII en la escala MSK, esto quiere decir que muchas personas sentirán el sismo y tendrán dificultad de mantenerse en pie, edificaciones con muros de mampostería o adobe sufren daños graves y colapsos, mientras que edificaciones media agua sufrirán daños moderados y construcciones de hormigón armado tendrán fisuras.

Mientras que el 0.3% es decir 3 edificaciones sufrirán intensidades de grado VIII en la escala MSK, es decir que muchas construcciones de adobe colapsarán, construcciones de media agua sufrirán daños graves y colapsos, construcciones de hormigón armado sufrirán daños moderados a graves dependiendo la calidad constructiva y si cumplen con diseños sismo resistentes, además de efectos cosísmicos (efectos en la superficie) como grietas en el suelo, licuefacción en zonas con suelos tipo arcilla y limos.

Tabla 9

Edificaciones que sentirán intensidad sísmica

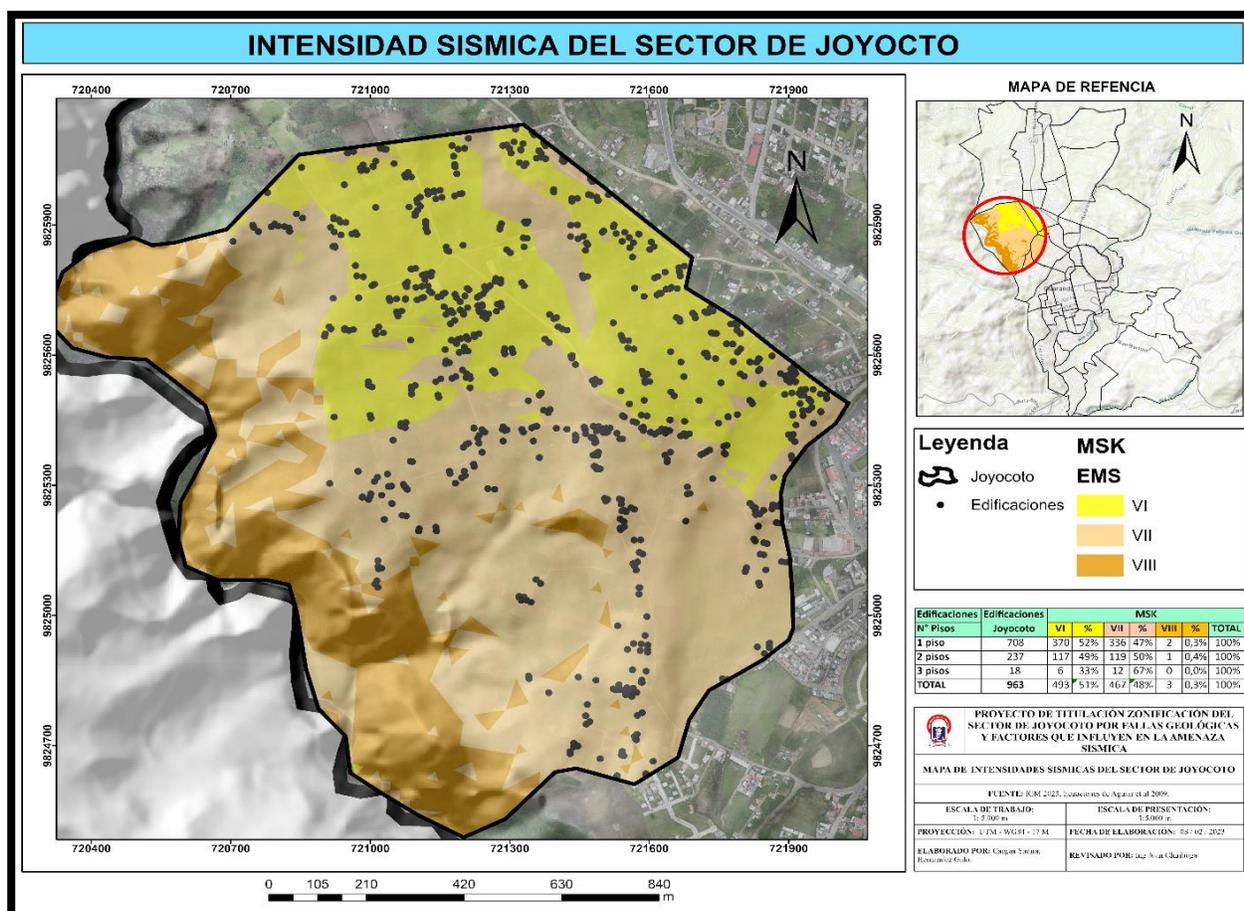
Edificaciones	Edificaciones Joyocoto	Edificaciones que sentirán las diferentes intensidades en la escala MSK						TOTAL
		VI	%	VII	%	VIII	%	
1 piso	708	370	52%	336	47%	2	0,3%	100%
2 pisos	237	117	49%	119	50%	1	0,4%	100%
3 pisos	18	6	33%	12	67%	0	0,0%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>963</b>	<b>493</b>	<b>51%</b>	<b>467</b>	<b>48%</b>	<b>3</b>	<b>0,3%</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Cargua, M &amp; Hernández, G., 2023.

Fuente: Unidad de planificación GAD Guaranda

Ilustración 20

Edificaciones que sentirán intensidades de VI a VIII



Elaborado por: Cargua, M &amp; Hernández, G., 2023.

## Lotes que sufrirían mayor afectación ante la amenaza sísmica en el sector Joyocoto

En el sector de Joyocoto hay 1 341 lotes que se encuentran expuestos ante la amenaza sísmica, el 53% es decir 710 lotes se encuentran asentados en el nivel de amenaza sísmica media, dentro de estos se producirán efectos considerables, mientras que el 47% de lotes es decir 631 lotes están en un nivel de amenaza sísmica alta, en estos sectores se producirán efectos bastante considerables si no se tiene las medidas adecuadas para mitigar el riesgo.

**Tabla 1**

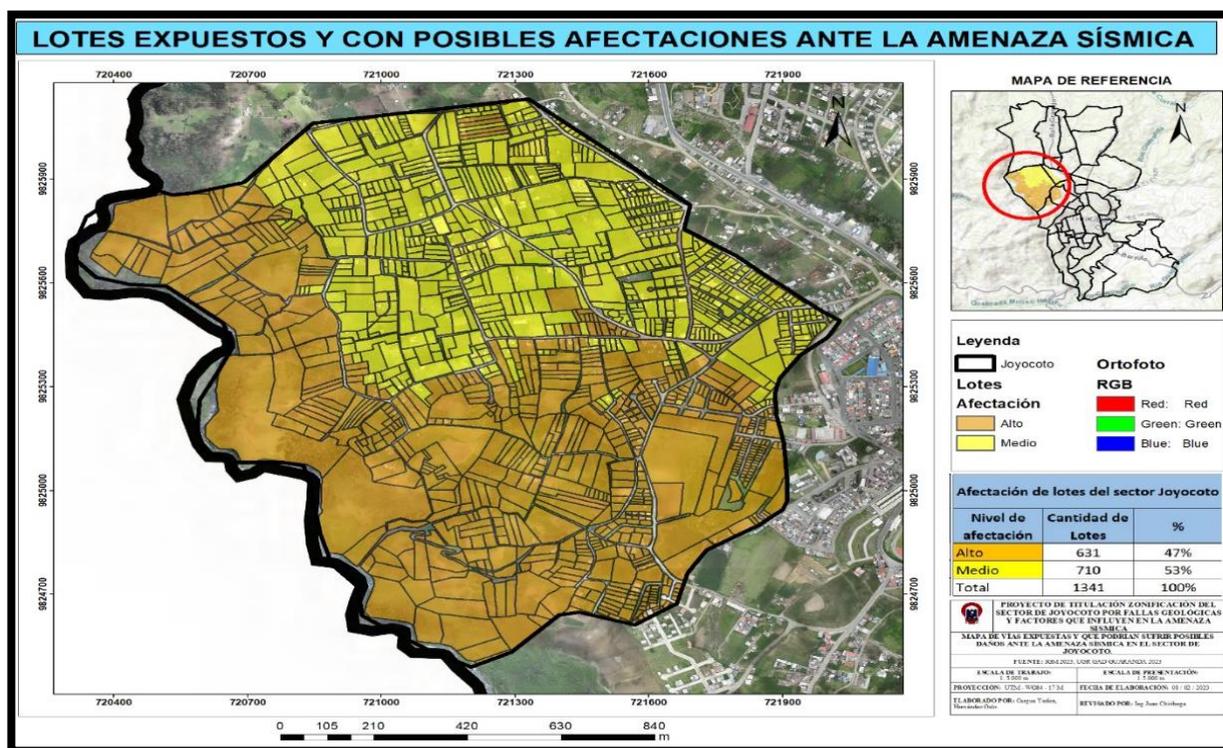
*Afectación de lotes*

Afectación de lotes del sector Joyocoto		
Nivel de afectación	Cantidad de Lotes	%
Alto	631	47%
Medio	710	53%
Total	1341	100%

*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

### Ilustración 21

*Lotes con afectación con amenaza sísmica*



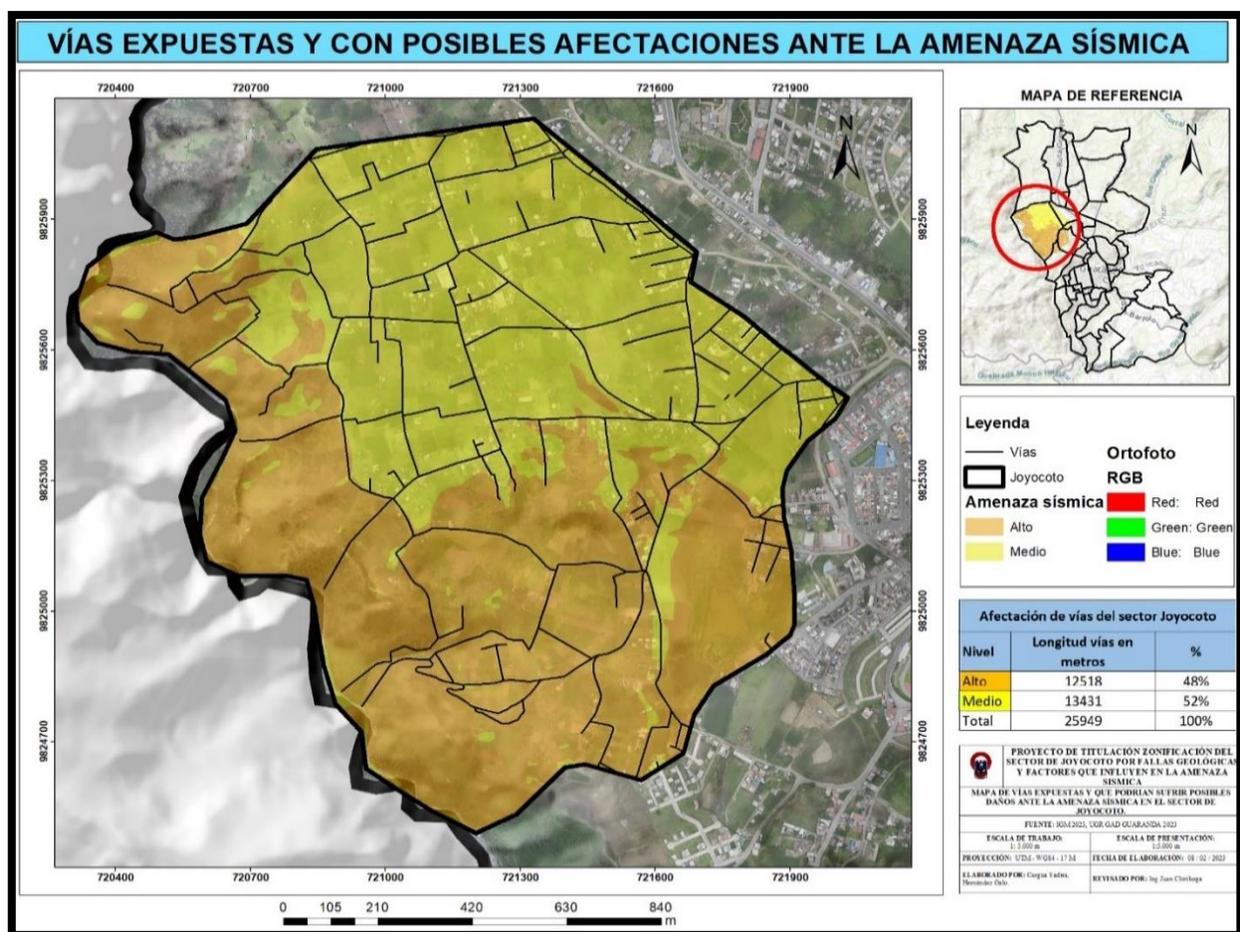
*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023

## Vías que tendrán afectación ante la amenaza sísmica en el sector Joyocoto

En el sector de Joyocoto hay un total de 20 618 m lineales de vías que se encuentran expuestos ante la amenaza sísmica, el 53.52 % es decir 11 034 m lineales de vías se encuentran asentados en el nivel de amenaza sísmica alto, en estos sectores se producirán efectos bastante considerables si no se tiene las medidas adecuadas para mitigar el riesgo, mientras que el 46.48% es decir 9583 m lineales de vías se encuentran asentados en un nivel de amenaza sísmica media, dentro de estos se producirán efectos considerables.

### Ilustración 22

*Vías expuestas ante la amenaza sísmica*



*Elaborado por:* Cargua, M & Hernández, G., 2023.

## 5 Capítulo V

### 5.1. Comprobación de Hipótesis

Se puede comprobar que las fallas geológicas cercanas al sector de Joyocoto y los factores locales influyen para que exista un nivel de amenaza sísmica medio y alto, con esto rechazamos la hipótesis nula, es decir que las fallas geológicas cercanas y sus factores locales si inciden en la amenaza sísmica del sector de Joyocoto y se puede producir efectos de sitio trayendo consigo consecuencias graves a la vida, infraestructura y economía del sector, estos efectos se producirían por los propios factores locales como suelos de mala calidad para edificaciones, o la mala calidad de las construcciones, el periodo de la estructura se debe a su rigidez y a su masa, el periodo de vibración del suelo y el de las edificaciones cuando son iguales existe resonancia y consecuencia de eso se producen colapsos.

## 5.2. Conclusiones

Se identificaron 15 fallas geológicas que se encuentran cercanas al sector de Joyocoto en un radio de 5km, determinando su tipo, desplazamiento, longitud, distancia hipocentral, azimut, magnitud máxima, aceleración máxima, intensidad máxima, esto entendiendo los esfuerzos, dinámica de las mismas y la geomorfología del sector, algunas fueron obtenidas de otras investigaciones y otras fueron identificadas por los autores de esta investigación con la ayuda de un MDT e identificadas en campo, todas las fallas fueron mapeadas.

En sector de Joyocoto se encuentra en un nivel de amenaza sísmica medio y alto, debido a los propios factores locales que amplifican la onda sísmica, el 52% del territorio del sector se encuentra en un nivel alto ante la amenaza sísmica, mientras que el 48% del territorio del sector se encuentra en un nivel de amenaza sísmica media, esto quiere decir la mayoría de extensión territorial del sector de estudio está en amenaza alta.

El 18% de edificaciones se encuentran asentadas en un nivel de amenaza sísmica alta, donde se producirán efectos de sitio, efectos de respuesta, efectos cosismicos, el 48% de lotes se encuentran en un nivel de amenaza alta, y el 53% de vías del sector están asentadas en un nivel de amenaza sísmica alta.

### **5.3. Recomendaciones**

Realizar un seguimiento a las fallas que fueron identificadas por los autores de esta investigación para poder determinar si se evidencia desplazamientos y estar preparados ante un evento sísmico producido por estas fallas geológicas, trabajando siempre en la Gestión prospectiva del riesgo.

Se amplíen estudios de periodo de suelo y refracción sísmica en los lugares que salieron con el nivel de amenaza sísmica alta del sector, para poder ajustar el resultado que se obtuvo del nivel de amenaza sísmica de este estudio.

Realizar un estudio de vulnerabilidad físico estructural y socioeconómica del 18% de edificaciones y un estudio de vulnerabilidad físico estructural del 48% de vías que son las que se encuentra asentadas en un nivel de amenaza alta, para poder determinar el riesgo en el que se encuentran y poder realizar un plan de reducción de riesgos.

## 6 Anexos

## Tratamiento de muestras en laboratorio de suelos



## Estudio en laboratorio de suelos



## Tratamiento de muestras en laboratorio de mecánica de suelos.



## Resultados de clasificación SUCS

ENSAJO DE GRANULOMETRÍA- LABORATORIO DE SUELOS					CODIGO:	1.0	
					EDICION:	Primera	
					FECHA:	15/7/2023	
Muestra N°:	M01	Tipo:	Alterada	Fuente:	Campo		
Profundidad(m):	4 m	Numero:	1	Abscisa:			
Localización:	Joyocoto sector plaza de animales E:721248.4, N:9826372.3						
Descripción:	Muestra extraída de afloramiento en el sector de Joyocoto						
ENSAJO DE LABORATORIO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
Norma Ecuatoriana: Suelos Granulares (Gravas, Arenas)							
Peso tara	234	Tamaño máximo: 4"	2916	Masa Humeda(g)	2336		
Humedad W (%)	24.83%	Abertura del Tamiz		Masa Seca(g)	2336		
% Gravas		Pulg (mm)		% Retenido	% Acumulado	% Pasa	
1%	1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
	3/4"	19.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
	1/2"	12.70	6.00	0.35%	0.3%	99.7%	
	3/8"	9.52	2.00	0.12%	0.5%	99.5%	
	1/4"	6.35	2.00	0.12%	0.6%	99.4%	
% Arenas	Nº 4	4.75	10.00	0.58%	1.2%	98.8%	
	Nº 8	2.36	20.00	1.16%	2.3%	97.7%	
	Nº 10	2.00	20.00	1.16%	3.5%	96.5%	
	Nº 20	0.84	216.00	12.53%	16.0%	84.0%	
	Nº 40	0.43	124.00	7.19%	23.2%	76.8%	
70%	Nº 60	0.25	304.00	17.63%	40.8%	59.2%	
	Nº 80	0.18	304.00	17.63%	58.5%	41.5%	
	Nº 100	0.15	218.00	12.65%	71.1%	28.9%	
% Finos	29%	Nº 200	0.08	360.00	20.68%	92.2%	8.0%
100%	29%	FONDO	138.00	8.00%	100.0%	0.0%	
		TOTAL	1724	100%			

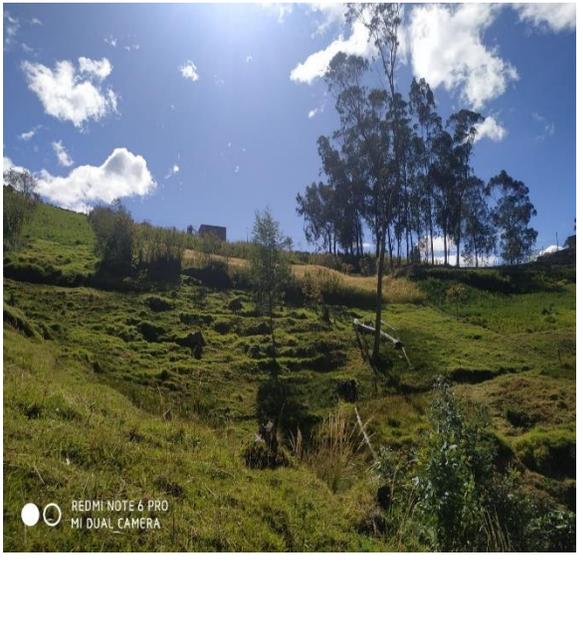
D10	1.08	Cu	0.43	S
D30	0.28	Cc	1.93	P
D60	2.10			

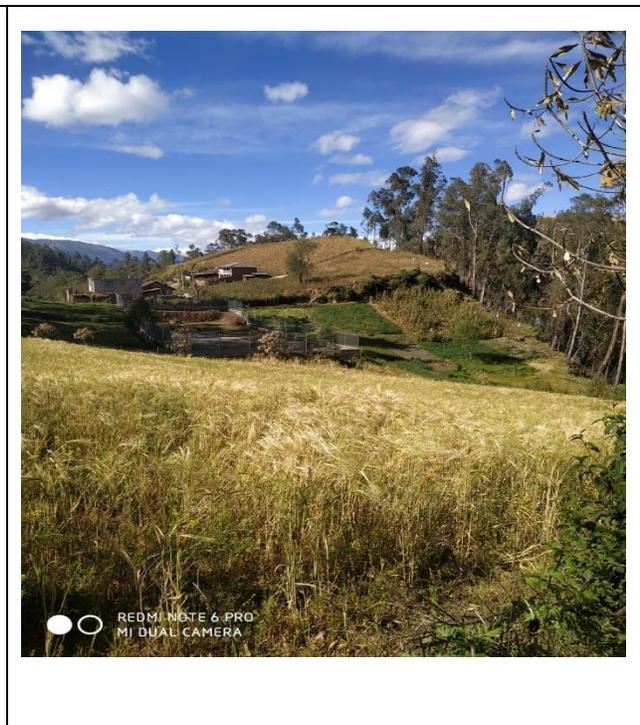
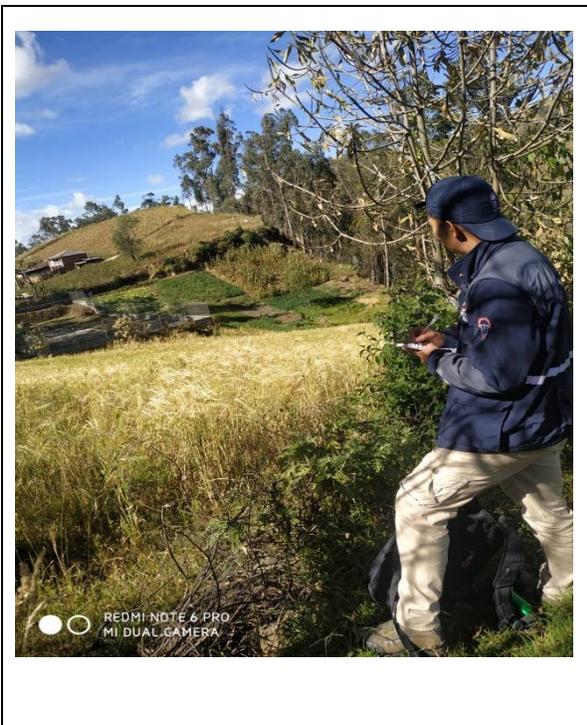
Observaciones: El suelo que se encontro en este sector una vez realizada el ensayo de clasificación SUCS en el laboratorio de suelos, se determinó que es un suelo tipo SP, significa arenas mal graduadas

REALIZADO POR:	APROBADO POR:	COPIA CONTROLADA
Cargua Yadra y Hernández Galo	Ing Adrián la botorista	
Estudiantes	Laboratorista	SI

GUARANDA - ECUADOR

<p>Salidas de campo para el reconocimiento de geomorfología</p>	<p>Salidas de campo para la identificación de fallas geológicas</p>
	
<p>Salidas de campo para la identificación de fallas geológicas</p>	<p>Planificación de las salidas de campo</p>
 <p>Falla identificada</p>	

<p>Zonas de drenajes impedidos y suelos coluviales</p>	<p>Recorrido de campo identificación de drenajes impedidos</p>
	
<p>Recorrido de campo para la identificación de (lomas, colinas)</p>	<p>Recorrido de campo en el sector de Joyocoto</p>
	
<p>Recorrido de campo en el sector de Joyocoto</p>	<p>Recorrido de campo en el sector de Joyocoto</p>



## 7 Bibliografía

- Barragán Taco, E. M. (2022). *Estimación del periodo dominante del suelo en la Gestión de Riesgos en la zona urbana de Guaranda Ecuador*. Guaranda.
- Carrilo Chimbo, J. P. (2013). *Determinación de factores geodinámicos y sus relacion con las fallas geológicas en el área urbana de Guranda*. Guranda.
- Castro Pilco, J. A. (2013). Evaluación y zonificación de los procesos geodinámicos que influyen en el área urbana del cantón Guaranda. En J. A. Castro Pilco, *Evaluación y zonificación de los procesos geodinámicos que influyen en el área urbana del cantón Guaranda* (pág. 126). Quito. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71901755.pdf>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2017). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos naturales*. Perú: CENEPRED. Obtenido de [https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/MANUAL%20DE%20SISMOS.pdf](https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/MANUAL%20DE%20SISMOS.pdf)
- Chunga , K., Quiñonez, M. F., Mulas, M., & Rincón , G. (2016). *A review of geological hazard records in Quaternary uplifted terraces, central coast of Ecuador*. 88° Congresso della Societa'Geologica Coastal changes,from past records to future trends:proxy analysis,modeling and Napoli, 7/9 sept. .
- Chunga, K., Quiñonez, M. F., Huaman, F., Besenzon, D., Mulas, M., Garcés, D., . . . Michetti, A. M. (2016). *Geología de Terremotos y Tsunamis*. Quito: Sección Nacional del Ecuador del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Delgado , D., García, L., Frau, C., & Vences, D. (2021). Periodos del suelo predominantes en puentes de la línea de tubería carrizal-Chone en Manabí para clasificaciones de suelo de

- acuerdo a la NEC-2015. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 179-198.  
Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1966/1454>
- Duque Escobar, G. J. (2022). Manual Geología estructural para Ingenieros . En G. J. Duque Escobar, *Manual Geología estructural para Ingenieros* (pág. 316). Colombia: UNAL.
- Escobar P, C., & Escobar, G. (2017). Geotecnia para el trópico andino. En C. E. Escobar P, & G. D. Escobar, *Geotecnia para el trópico andino* (págs. 6-7). Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Duque-4/publication/347954068\\_Geotecnia\\_para\\_el\\_tropico\\_andino/links/5ff9aece45851553a02f000d/Geotecnia-para-el-tropico-andino.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Duque-4/publication/347954068_Geotecnia_para_el_tropico_andino/links/5ff9aece45851553a02f000d/Geotecnia-para-el-tropico-andino.pdf)
- Farfán Monar, D. A. (2021). *Estudio morfológico y estructural aplicado a la zonación sísmica de la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar*. Guayaquil.
- Genchi, S. A. (2012). *Tesis Doctoral Geomorfología Regional y Dinámica Costera del Sector Occidental del Golfo San Matías*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del sur Bahía Blanca. Obtenido de [https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2274/TESIS%20DOCTORAL%20GEOGRAFIA\\_GENCHI-2012.pdf?sequence=1](https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2274/TESIS%20DOCTORAL%20GEOGRAFIA_GENCHI-2012.pdf?sequence=1)
- Gonzales Mantilla, M., Cabrera Chiriboga, J., & Marín Santamaría, R. (2018). ATLAS Espacios Geográficos Expuestos a Amenazas Naturales y Antrópicas. En M. Gonzales Mantilla, J. Cabrera Chiriboga, & R. Marín Santamaría, *ATLAS Espacios Geográficos Expuestos a Amenazas Naturales y Antrópicas* (pág. 27).
- Guevara Salas, M. d. (2013). *Geología* .

Hernández Ortiz, G. (2012). Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D. En G. Hernández Ortiz, *Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan* (pág. 16). Bogotá.

Ibañez Asensio, S., Gisbert Blanquer, J. M., & Moreno Ramón, H. (2010). *La pendiente del terreno*. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Medio Rural. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10776/La%20pendiente%20del%20terreno.pdf>

Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C., & Chacón Montero, J. (2006). Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas mediante Sistemas de Información de Geográfica. Aplicación a la ciudad de Granada. *Cuadernos Geográficos*.

Instituto Nacional de Prevención Sísmica [INPRES]. (2009). Fallas Geológicas. 1. Obtenido de INPRES: <http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

Lagos Ortíz, S. I. (2014). *La Instrumentación Sísmica en México*. Mexico, México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5533/TESIS%20LA%20INSTRUMENTACION%20SISMICA%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lagos Ortíz, S. I. (2014). *Tesis de pregrado. Instrumentación Sísmica en México*. Mexico. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5533/TESIS%20LA%20INSTRUMENTACION%20SISMICA%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lascarro Navarro, F. D., Lozada Molina, M. D., Manco Jaraba, D. C., & Rojas Martínez, E. E. (2020). Análisis estructural y morfotectónico al norte de Valledupar-Cesar, Colombia. *Scielo*, 1.
- Lavell, A. (2009). *Reducción del riesgo de desastres en el ámbito local, lecciones desde la región subandina*. Lima.
- Mena Hernández, U. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. Barcelona.
- Nations, United. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. En U. Nations, *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030* (pág. 9). Sendai.
- NEC . (2015). Zonificación sísmica y factor de zona Z. En MIDUVI, *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION - NEC* (pág. 27). CAMICON.
- Paucar Camacho, J. A. (2011). *Metodología para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guaranda*. Guaranda: Universidad de Alicante.
- Paucar Camacho, J. A. (2016). *Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda*. Valencia: Universidad de Alicante.
- PDOT Guaranda. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2020-2025*. Guaranda.
- Pilay Pozo, E. L., & Solano Mejollón, V. O. (2019). “*CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA*”. La Libertad. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4771/1/UPSE-TIC-2019-0001.pdf>
- Rodríguez , M. (2013). *Tectónica de placas*.

Stirling, M., Goded, T., Berryman, K., & Litchfield, N. (2013). *Selection of earthquake scaling relationships for seismic-hazard analysis*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 103, No. 6.

Suarez Diaz, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. En J. Suarez Diaz, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales* (pág. 152). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Vergara, M. E., Balcón Giribaldi, J. J., Huamán, A. G., & Vargas Rodríguez, J. (s.f.). *Condiciones locales en un sismo. efectos de la amplificación topográfica*. Perú: Universidad Peruana de ciencias aplicadas.

## Certificado del Urkund



### Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	TESIS CARGUA Y HERNANDEZ.pdf (D173067336)
<b>Submitted</b>	8/23/2023 8:19:00 PM
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	ghernandez@mailes.ueb.edu.ec
<b>Similarity</b>	2%
<b>Analysis address</b>	juan.chiriboga.ueb@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

---

### Entire Document

---

### Hit and source - focused comparison, Side by Side

---

**Submitted text** As student entered the text in the submitted document.

**Matching text** As the text appears in the source.