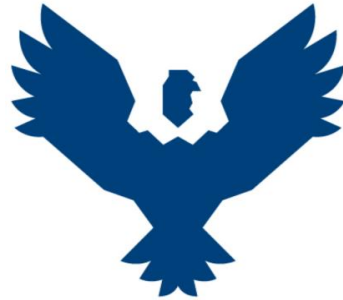




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO
CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY,
DISTRITO Y PROVINCIA DE ANTA - CUSCO 2022.

PRESENTADO POR:

BACH. XANY DANIEL PAQUILLO LLAS

BACH. RICARDO QUINTANILLA BERRIOS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

ASESOR:

ING. ROBERT MILTON MERINO YEPEZ

CUSCO – PERU

2023



METADATOS	
DATOS DEL AUTOR (1)	
NOMBRES Y APELLIDOS	RICARDO QUINTANILLA BERRIOS
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	77134696
DATOS DEL AUTOR (2)	
NOMBRES Y APELLIDOS	XANY DANIEL PAQUILLO LLAS
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	72451659
DATOS DEL ASESOR	
NOMBRES Y APELLIDOS	ROBERT MILTON MERINO YEPEZ
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	23836204
URL ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1329-4218
DATOS DEL JURADO	
PRESIDENTE DE JURADO (JURADO 1)	
NOMBRES Y APELLIDOS	ELVIS YURI MAMANI VARGAS
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	41610570
JURADO 2	
NOMBRES Y APELLIDOS	MITSY ELENA GUDIEL CARDENAS
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	23950550
JURADO 3	
NOMBRES Y APELLIDOS	EIGNER ROMAN VILLEGAS
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	23928061
JURADO 4	
NOMBRES Y APELLIDOS	JOSÉ LUIS RÍOS RABELO
NUMERO DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD	44982950
DATOS DE LA INVESTIGACIÓN	
LINEA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL	GESTIÓN RIESGO DE DESASTRES GEOTECNIA



ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY

por Robert Milton Merino Yezpez


Fecha de entrega: 23-oct-2023 12:04p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2204859887

Nombre del archivo: PAQUILLO_Y_QUINTANILLA_TESIS_FINAL_2023.pdf (14.68M)

Total de palabras: 27856

Total de caracteres: 146561



Robert Milton Merino Yezpez
Asesor



1
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ESTIMACIÓN **7** DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO
CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY,
DISTRITO Y **1** PROVINCIA DE ANTA - CUSCO 2022.

PRESENTADO POR:

BACH. XANY DANIEL PAQUILLO LLAS

BACH. RICARDO QUINTANILLA BERRIOS

3
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

ASESOR:

ING. ROBERT MILTON MERINO YEPEZ

CUSCO - PERU

2023

Robert Milton Merino Yopez
Asesor




ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	<1%



Robert Milton Merino Yopez
Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Robert Milton Merino Yopez
Título del ejercicio: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A ...
Título de la entrega: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A ...
Nombre del archivo: PAQUILLO_Y_QUINTANILLA_TESIS_FINAL_2023.pdf
Tamaño del archivo: 14.68M
Total páginas: 167
Total de palabras: 27,856
Total de caracteres: 146,561
Fecha de entrega: 23-oct.-2023 12:04p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2204859887



Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.


Robert Milton Merino Yopez
Asesor



DEDICATORIA

A mi familia y amigos por el apoyo que me
brindaron en el desarrollo de mis proyectos.



DEDICATORIA

A mis padres, Daniel y Yolanda



AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos: Un agradecimiento especial a nuestros padres y demás familiares quienes nos han confortado en toda esta ardua etapa de nuestras vidas, también agradecer a todos los docentes quienes asesoraron y guiaron el presente trabajo de investigación.



RESUMEN

La presente tesis tuvo con objetivo principal estimar el nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta – Cusco, en el año en que se recabó la información, en el 2022. Como objetivos secundarios se estimó el nivel de peligro y vulnerabilidad sísmica de las viviendas de dicho sector.

Respecto a las metodologías, se estimó el peligro sísmico en función al movimiento máximo de suelo (PGA), usando una metodología determinística simulando un potencial sismo dadas las características de la falla Zurite-Huarocondo, mientras que para la determinación de la vulnerabilidad se utilizó un método indirecto, evaluación visual rápida (EVR), aplicada a 195 viviendas del sector de Lluscanay.

En la presente tesis se consiguió el objetivo de estimar el nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco en el año 2022, Como resultados se encontró que, de las 195 viviendas evaluadas, 96 viviendas dieron un nivel de riesgo moderado, 69 viviendas un nivel de riesgo alto y 30 viviendas un nivel de riesgo muy alto. Con respecto al peligro para las 195 viviendas en estudio se obtuvo un PGA de 0.32g lo que representa un nivel de peligro alto y finalmente para la vulnerabilidad se encontró que, de las 195 viviendas evaluadas, 96 dieron un nivel de vulnerabilidad moderado, 69 viviendas un nivel vulnerabilidad alto, y 30 viviendas un nivel de vulnerabilidad muy alto.

Palabras clave: Riesgo sísmico, sismos corticales, peligro sísmico, vulnerabilidad sísmica, falla geológica, PGA.





ABSTRACT

The main objective of this thesis was to estimate the level of seismic risk associated with a cortical earthquake triggered by the Zurite-Huarocondo fault in the houses located on the right bank of the Izcuchaca river in the Lluscanay sector, district and province of Anta - Cusco, the information was collected, in 2022. As secondary objectives, the level of seismic hazard and vulnerability of the houses in that sector was estimated.

Regarding the methodologies, the seismic hazard was estimated based on the maximum ground motion (PGA), using a deterministic methodology simulating a potential earthquake given the characteristics of the Zurite-Huarocondo fault, while for the determination of vulnerability an indirect method was used, rapid visual assessment (RVA), applied to 195 houses in the Lluscanay sector.

The results showed that, of the 195 houses evaluated, X houses gave a high level of risk, X houses a very high level of risk. With respect to the hazard for the 195 houses under study, a PGA of 0.32g was obtained, which represents a high hazard level and finally for vulnerability it was found that, of the 195 houses evaluated, 139 gave a moderate vulnerability level, and 56 houses a high vulnerability level.

Key words: Seismic risk, cortical earthquakes, seismic hazard, seismic vulnerability, geologic fault, PGA.



INTRODUCCIÓN

La estimación de riesgo por desastre de origen natural es un tema fundamental en la gestión del desarrollo integral de la sociedad debido a que abre paso a la prevención y mitigación, reduciendo así impactos y consecuentes pérdidas en lo social, humano, económico y ambiental.

La responsabilidad de estimar los riesgos por desastres de origen natural recae en el ámbito del gobierno Nacional, regional y local, dado la descentralización de sus respectivas competencias, como política de Estado; sin embargo, la cultura de prevención debe ser propia de cada uno de nosotros, con la finalidad de reducir un impacto directo en nuestra vida y la de nuestras familias.

De esta manera se considera de mucha importancia en el proceso de reducción de riesgo por desastres de origen natural a las investigaciones que aborden nuevos enfoques y técnicas que brinden estimaciones más cercanas de las vulnerabilidades, amenazas y pérdidas en nuestras ciudades y pueblos.

En el valle del Cusco, así como en la meseta de Anta, donde se desarrolló el presente trabajo de investigación, se observa la presencia de fallas geológicas con un nivel alto de incertidumbre en cuanto a su grado de actividad. Estas fallas geológicas están vinculadas a sismos superficiales y destructivos, desarrollados en la región Cusco, entre los que destacan los ocurridos en los años 1650, 1950 y 1986 (Cabrera 1988; Ericksen, 1954; Silgado, 1978). Por lo tanto, estas fallas representan una fuente de peligrosidad ante la ocurrencia de sismos.

Por lo expuesto se dio la iniciativa de desarrollar la tesis denominada **ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY, DISTRITO Y PROVINCIA DE ANTA, CUSCO 2022.**

Es así que se pretende estimar el riesgo sísmico de las viviendas del sector de Lluscanay generado por una posible reactivación de la falla Zurite-Huarocondo mediante la estimación del Peligro caracterizado por el PGA calculado con el uso de un modelo matemático de atenuación de ondas de Abrahamson y Silva (2008) y la vulnerabilidad caracterizada por un Índice de vulnerabilidad resultado de una Evaluación Visual Rápida de las 195 viviendas del Sector en mención



La evaluación de peligro sísmico es un estudio de carácter multidisciplinario y costoso, para el caso del presente estudio los tesisistas han tenido acceso en la participación del ensayo MASW realizado en Anta en octubre del 2022 por el INGEMMET, del cual se obtuvo un dato de Vs30 para el sector de Lluscanay y será publicado en diciembre del 2023.

Para el caso de vulnerabilidad sísmica el presente estudio corresponde a una evaluación inicial, debido a la dificultad de acceder a la totalidad de las viviendas para una evaluación completa y definitiva, en donde se considere el grado confinamiento de elementos estructurales y cantidad de muros en ambas direcciones. Se evaluó un total de 195 viviendas de las cuales el cien por ciento fueron evaluadas exteriormente y de ellas se logró evaluar 5 viviendas también de manera interior debido a que tenían por primer piso locales comerciales.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.1.1 Formulación Interrogativa del Problema.....	3
1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.....	4
1.2.1 Justificación Técnica	4
1.2.2 Justificación Social.....	4
1.2.3 Justificación por viabilidad	4
1.2.4 Justificación por Relevancia.....	5
1.3 Limitaciones de la Investigación	6
1.4 Objetivo de la Investigación	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos Específicos	7
Capítulo II: Marco Teórico	8
2.1 Antecedentes de la Tesis.....	8
2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional	8
2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional.....	10



2.2	Aspectos Teóricos Pertinentes.....	11
2.2.1	Geodinámica Interna en el Contexto Global.....	11
2.2.2	Características de la Sismicidad en el Perú.....	14
2.2.3	Sismo.....	18
2.2.4	Fuentes Sismogénicas en el Cusco.....	22
2.2.5	Peligro.....	24
2.2.6	Vulnerabilidad.....	30
2.2.7	Riesgo.....	34
2.3	Hipótesis.....	35
2.3.1	Hipótesis General.....	35
2.3.2	Sub hipótesis.....	35
2.4	Definición de variables.....	36
2.4.1	Cuadro de Operacionalización de Variables.....	37
Capítulo 3: Metodología.....		38
3.1	Metodología de la Investigación.....	38
3.1.1	Enfoque de la Investigación.....	38
3.1.2	Nivel o Alcance de la Investigación.....	38
3.1.3	Método de Investigación.....	38
3.2	Diseño de la Investigación.....	38
3.2.1	Diseño Metodológico.....	39
3.2.2	Diseño de Ingeniería.....	39
3.3	Población y Muestra.....	41
3.3.1	Población.....	41
3.3.2	Muestra.....	41
3.4	Instrumentos.....	41
3.4.1	Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.....	41
3.4.2	Instrumentos de Ingeniería.....	41



3.5	Procedimiento de Recolección de Datos	43
3.5.1	Recopilación de planos y mapas de la provincia de Anta para la delimitación del área de estudio.....	43
3.5.2	Recolección de datos geoespaciales por medio de fotogrametría	46
3.5.3	Identificación y Caracterización de la Falla.....	50
3.5.4	Obtención de Vs30 por medio de ensayo MASW	53
3.5.5	Recopilación de datos por medio de la encuesta de vulnerabilidad sísmica.....	56
3.6	Procedimiento de Análisis de Datos.....	60
3.6.1	Procesamiento de Fotografías Georreferenciadas	60
3.6.2	Análisis de la fuente sismogénica	65
3.6.3	Análisis de los valores obtenidos de los valores del ensayo MASW.....	67
3.6.4	Determinación y análisis del peligro por sismo (script).....	71
3.6.5	Determinación y análisis de la vulnerabilidad	77
3.6.6	Determinación del Riesgo sísmico	85
Capítulo IV:	Resultados	87
4.1	Peligro sísmico	87
4.1.1	Niveles de Peligro	87
4.2	Vulnerabilidad sísmica	91
4.2.1	Tipo de suelo	91
4.2.2	Asesoramiento técnico	91
4.2.3	Sistema estructural	92
4.2.4	Antigüedad	92
4.2.5	Número de pisos.....	93
4.2.6	Irregularidad en planta	94
4.2.7	Irregularidad vertical	94
4.2.8	Cantidad de muros.....	95
4.2.9	Estado de conservación	96



4.2.10	Separación colindante	96
4.2.11	Arriostramiento de muros.....	97
4.2.12	Techo inclinado	98
4.2.13	Revestimiento pesado.....	98
4.2.14	Resultados de los Niveles de vulnerabilidad.....	99
4.2.15	Mapa de vulnerabilidad.....	102
4.3	Riesgo sísmico.....	104
4.3.1	Mapa de riesgo sísmico	104
4.3.2	Diagrama de niveles de riesgo sísmico	106
Capitulo V: Discusiones.....		107
5.1	Sobre el contraste de los resultados con referentes del marco teórico	107
5.2	Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	108
5.3	Comentario de la demostración de hipótesis	109
5.4	Aporte de la Investigación.....	109
5.5	Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación	112
Glosario		113
Conclusiones		115
Recomendaciones.....		116
Referencias		117
ANEXOS.....		123
11.1	Anexo A: Clasificación litológica asociada a la velocidad de onda de corte (V_{s30}) 124	
11.2	Anexo B: Información y procesamiento de datos de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico.....	126
11.3	Anexo C: Mapa de vulnerabilidad sísmica	129
11.4	Anexo D: Mapa de peligro sísmico del sector de Lluscanay.....	131
11.5	Anexo E: Mapa de Riesgo sísmico del sector de Lluscanay	133



11.6	ANEXO F: PANEL FOTOGRAFICO	135
11.7	ANEXO G: ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA	141
11.8	ANEXO H: UBICACIÓN DE LOS ARREGLOS DEL ENSAYO MASW	147



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de Fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani (SFZCUS)	24
Tabla 2 Matriz de consistencia	37
Tabla 3 Puntos de control marcado en tierra para la georreferenciación de la ortofoto.....	48
Tabla 4 Características de la falla Zurite-Huarocondo.....	51
Tabla 5 Registro instrumental e histórico de sismos ocurridos en el Cusco con una profundidad < 30 km.	51
Tabla 6 Análisis de la regularidad en planta de las viviendas	62
Tabla 7 Parámetros relacionados al sismo de magnitud máxima.....	73
Tabla 8 Parámetro tipo de suelo	77
Tabla 9 Parámetro asesoramiento técnico	78
Tabla 10 Parámetro tipo de sistema estructural.....	78
Tabla 11 Parámetro antigüedad de la vivienda	78
Tabla 12 Parámetro de número de pisos	78
Tabla 13 Parámetro de Irregularidad en planta.	79
Tabla 14 Parámetro de Irregularidad vertical.....	79
Tabla 15 Parámetro de densidad de muros.....	79
Tabla 16 Parámetro de estado de conservación de la vivienda	79
Tabla 17 Parámetro de separación colindante	80
Tabla 18 Parámetro de elementos no estructurales	80
Tabla 19 Parámetro de presencia de tímpanos/ techo inclinado	80
Tabla 20 Parámetro de revestimiento pesado.....	80
Tabla 21 Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica en función de los parámetros	81
Tabla 22 Determinación del riesgo sísmico	85
Tabla 23 Cuadro resumen del cálculo del riesgo sísmico	86
Tabla 24 Niveles de Peligro	87
Tabla 25 Niveles de Vulnerabilidad.....	99
Tabla 26 Resumen de los niveles de riesgo sísmico en viviendas de adobe y concreto armado	106



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación geográfica de la provincia de Anta</i>	3
Figura 2 <i>Estructura Interna de la Tierra</i>	12
Figura 3 <i>Representación gráfica de las placas tectónicas</i>	13
Figura 4 <i>El anillo de fuego del pacífico</i>	14
Figura 5 Principales terremotos ocurridos en el Perú entre (1513 – 1974).....	15
Figura 6 <i>Red sísmica nacional del instituto Geofísico del Perú</i>	16
Figura 7 Mapa sísmico del Perú.....	17
Figura 8 <i>Interacción de placas tectónicas</i>	18
Figura 9 <i>Variables de la ley de atenuación</i>	26
Figura 10 Factores de la Vulnerabilidad	30
Figura 11 Diseño de ingeniería	40
Figura 12 Coordinación sobre los archivos existentes en la municipalidad de Anta.....	43
Figura 13 Reunión con geólogo especialista en GRD	44
Figura 14 Mapa de distribución distrital de Anta por sectores, donde podemos distinguir el sector Lluscanay	45
Figura 15 La delimitación del área de estudio se realizó con el software Google Earth	46
Figura 16 Polígono y waypoints delimitadores del vuelo del RPAS	47
Figura 17 Parámetros de vuelo en el software de planeamiento de vuelo y captura de imágenes DroneDeploy	47
Figura 18 Levantamiento de puntos de control con GPS para el posterior marcado de los puntos	48
Figura 19 Configuración preliminar para iniciar con el vuelo	49
Figura 20 Fotografías georreferenciadas obtenidas del levantamiento fotogramétrico.	49
Figura 21 Se aprecia el escarpe principal de la falla Zurite-Huarocondo	50
Figura 22 Grafica de sismos corticales 1960 - 2023 Región Cusco	53
Figura 23 Equipo instalado en campo.	54
Figura 24 Instalación del equipo para el ensayo MASW	54
Figura 25 Colocación de geófonos en el suelo y el cable de refracción	55
Figura 26 Golpes para generar las ondas Rayleigh.....	55
Figura 27 Software Seislmager de procesamiento de ensayo MASW	56
Figura 28 Levantamiento de información de los ocupantes de las viviendas	57



Figura 29 Levantamiento de información en campo sobre las características físicas de las viviendas.....	57
Figura 30 Levantamiento de información ingresando a las viviendas.....	58
Figura 31 Registro de las características de las viviendas en la plataforma	58
Figura 32 Registro de las características de las viviendas en la plataforma	59
Figura 33 Vista perspectiva y vista en planta de la vivienda número 161	59
Figura 34 Importación, creación de nube de puntos y orientación de las imágenes fuente. ...	60
Figura 35 Modelo digital de elevaciones y generación del ortomosaico respectivamente	61
Figura 36 Actualización del catastro de la zona de estudio	62
Figura 37 Codificación de viviendas del sector de Lluscanay	64
Figura 38 Ubicación de la falla respecto al área de estudio.....	65
Figura 39 Relación empírica entre la magnitud máxima y la longitud de ruptura superficial	66
Figura 40 Curva de dispersión	67
Figura 41 Modelo unidimensional de ondas de corte a 30 metros de profundidad.	68
Figura 42 Mapa de unidades geológicas de la provincia de Anta.....	69
Figura 43 Mapa de vs30 vinculado a las unidades litológicas	70
Figura 44 Mapa de Vs30 de la provincia de Anta.....	71
Figura 45 Flujograma que ejecuta el Script para el cálculo del PGA	72
Figura 46 script AS08_modelo.py para la asignación de librerías y diccionarios para la ubicación espacial de los resultados.....	73
Figura 47 Script Run_AS08.py. Ingreso de librerías y parámetros para correr el modelo	74
Figura 48 Elaboración automática del ráster VS30.....	75
Figura 49 Cargado de Vs30 y preparado de la data para cargar el modelo.....	75
Figura 50 Escritura del modelo de PGA	76
Figura 51 Modelo de PGA	76
Figura 52 Vector donde se aprecian los polígonos del PGA	77
Figura 53 Cantidad de viviendas según el sistema estructural.....	82
Figura 54 Cantidad de viviendas según el año en el que fueron construidas.....	82
Figura 55 Cantidad de viviendas según el número de pisos.	83
Figura 56 Cantidad de viviendas según regularidad en planta.....	83
Figura 57 Cantidad de viviendas según su separación colindante.	84
Figura 58 Cantidad de viviendas según su estado de conservación.....	84
Figura 59 Cantidad de viviendas según su cantidad de muros.....	85
Figura 60 Mapa de peligro sísmico de la provincia de Anta.....	88



Figura 61 Mapa con los niveles de Peligro sísmico en parte del sector Lluscanay	89
Figura 62 Mapa con los niveles de Peligro sísmico en parte del sector Lluscanay	90
Figura 63 <i>Número de viviendas construidas con asesoramiento técnico</i>	91
Figura 64 Número de viviendas según tipo de sistema estructural	92
Figura 65 Número de viviendas según año de construcción	92
Figura 66 Número de viviendas según número de pisos	93
Figura 67 Número de viviendas según su irregularidad en planta	94
Figura 68 Número de viviendas según su irregularidad vertical	94
Figura 69 Número de viviendas según cantidad de muros	95
Figura 70 Número de viviendas según estado de conservación	96
Figura 71 Número de viviendas según su separación colindante	96
Figura 72 Número de viviendas según el arriostramiento de sus muros	97
Figura 73 Número de viviendas según su presencia de techo inclinado	98
Figura 74 Número de viviendas según su presencia de revestimiento pesado	98
Figura 75 Número de viviendas según el nivel de vulnerabilidad	99
Figura 76 Distribución de los niveles de vulnerabilidad de las viviendas de concreto armado del sector Lluscanay	100
Figura 77 Distribución de los niveles de vulnerabilidad de las viviendas de adobe del sector Lluscanay	101
Figura 78 Mapa con los niveles de vulnerabilidad en parte del sector Lluscanay	102
Figura 79 Mapa de los niveles de vulnerabilidad sísmica en parte del sector de Lluscanay	103
Figura 80 Riesgo sísmico en parte del sector de Lluscanay	104
Figura 81 Mapa de Riesgo sísmico en parte del sector de Lluscanay	105
Figura 82 Distribución de los niveles del riesgo de las viviendas del sector Lluscanay	106
Figura 83 Flujograma del levantamiento fotogramétrico y procesamiento en gabinete	110
Figura 84 Flujograma del desarrollo del ensayo MASW	111
Figura 85 Consultas al propietario de la vivienda de concreto armado, para el llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI	136
Figura 86 Consultas al ocupante de la vivienda de adobe para el llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI	136
Figura 87 Consultas al propietario de la vivienda de concreto armado, para el llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI	137
Figura 88 Llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI	137



Figura 89 Verificación de grietas en las viviendas para la caracterización del estado de la edificación 138

Figura 90 Verificación de grietas en las viviendas para la caracterización del estado de la edificación en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI 139

Figura 91 Verificación de las juntas sísmicas en las viviendas para la caracterización del estado de la edificación en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI..... 139



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Identificación del Problema

1.1.1 Descripción del Problema

En los últimos años, los desastres asociados a fenómenos de origen natural es uno de los aspectos de mayor preocupación a nivel nacional e internacional, y se ha convertido en un reto importante la capacidad del hombre para adelantarse a los acontecimientos a través de una eficaz Gestión del Riesgo de Desastres.

Geográficamente el Perú se ubica dentro del cinturón de fuego del pacifico, ubicación que lo condiciona por encontrarse en un área de tectónica activa, lo cual significa que el Perú se encuentra en constante peligro ante la ocurrencia de terremotos con magnitudes elevadas, el cual trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales.

El Aceleración Máxima de Suelo (PGA) es un parámetro con el cual se pueden identificar zonas de riesgo sísmico y es de gran importancia en el diseño sismorresistente de Obras Civiles.

En la norma técnica peruana E 030, del reglamento nacional de edificaciones para el Cusco podemos encontrar valores de aceleración máxima de entre 0.25 - 0.35 g correspondientes a las zonas 2 y 3 respetivamente, valores que serán contrastados a los obtenidos en la presente investigación.

En la provincia de Anta, se observa en la cartografía geológica que la falla Zurite – Huarcoondo afecta depósitos holocenos (10000 años), en edades geológicas este tiempo se considera reciente. Basándonos en los criterios de Benavente et al 2013, que nos dice: “Se considera que las fallas con antecedentes sísmicos durante el Cuaternario (<2.5 millones de años), son las que concentran mayores posibilidades de generar movimientos sísmicos futuros. Por consiguiente, el conocimiento de estas es relevante para una correcta tipificación del potencial sísmico de una región”; se considera pertinente y necesario el estudio de la falla en mención.

El problema en la zona de estudio es el desconocimiento del riesgo sísmico ante la ocurrencia de la reactivación de la falla Zurite –Huarcoondo, y específicamente en la margen derecha del sector de Lluscanay contando con 195 viviendas habitadas distribuidas en un área de 34 Ha en



donde gracias a los estudios geológicos existentes y a las imágenes obtenidas con sensores remotos, se identificó en primera instancia que en el sector de estudio se proyecta una pronta expansión demográfica así como la presencia de edificaciones esenciales como el hospital Class de Anta, principal hospital de la provincia. También se precisa que el sector de estudio se encuentra en la formación San Sebastián compuesta principalmente por arcillas, diatomitas y turba, esto sumado a la presencia de depósitos biogénicos crea condiciones desfavorables ante la ocurrencia de un sismo.

La ubicación geográfica en donde se desarrolla la presente investigación es el distrito de Anta, en la provincia de Anta, departamento del Cusco (figura 2). La provincia de Anta tiene una superficie de 1,943.75 km² según límite referencial del Instituto Nacional de Estadística e Informática, con una densidad poblacional de 28.21 hab. /km².

La Provincia de Anta se encuentra ubicada en el Departamento del Cusco en la región sur del territorio nacional, circunscrito dentro de las cuencas de los ríos Vilcanota y Apurímac, delimitado por:

Ubicación Geográfica

Norte: Provincia de la Convención y Urubamba

Este: Provincia de Cusco y Paruro

Sur: Provincia de Cotabambas - Departamento de Apurímac

Oeste: Provincia de Abancay - Departamento de Apurímac



Figura 1

Ubicación geográfica de la provincia de Anta



Nota. Adaptado de *Location of the province Anta in the Cusco region in Perú (Map)*, AgainErick, 2007, (https://es.m.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Anta). GNU.

1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema General

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco 2022?

1.1.2.2 Formulación Interrogativa de los problemas específicos

Formulación N°1

¿Cuál es el nivel de peligro sísmico en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas



en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco 2022?

Formulación N°2

¿Cuál es nivel de la vulnerabilidad sísmica en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco 2022?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

La investigación es útil porque permite conocer el riesgo sísmico a partir del peligro y la vulnerabilidad sísmica, considerando el aspecto estructural de las viviendas, información geológica, sismológica y fotogramétrica del sector.

Se pretende que los resultados de la investigación den nuevas luces sobre los estudios sísmicos teniendo en cuenta la potencia sísmica de las fallas geológicas activas como la falla Zurite-Huarocondo, con la finalidad de mejorar la gestión de riesgo de desastres de origen natural, especialmente a los estudios de carácter sísmico en zonas de similar morfología.

1.2.2 Justificación social

La investigación tiene alcance social en beneficio de la comunidad estudiantil, profesionales enfocados a la gestión de riesgo de desastres y en la medida en que la información brindada en la presente investigación pueda ser incorporada en el plan de acción de los órganos gubernamentales beneficiará a la población del Sector de Lluscanay en la provincia de Anta, ya que la determinación de zonas de riesgo sísmico podrá servir como base para la formulación de instrumentos de gestión territorial, lo que garantiza una expansión urbana segura.

1.2.3 Justificación por viabilidad

El estudio es viable, pues se cuenta con el permiso de la Municipalidad provincial de Anta para realizar los trabajos de recojo de información, tanto para el levantamiento fotogramétrico como para las encuestas en campo. Así mismo, se tiene acceso a instrumentos de recolección



de data e información bibliográfica gracias a la gestión con instituciones públicas, técnico - científicas como el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, (INGEMMET), el cual brindó mapas geológicos e información científica recopilada en los boletines, y el Centro de Investigación en Transformación Digital en Ingeniería (CITDI) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), brindó una metodología indirecta para la estimación de la vulnerabilidad mediante una evaluación visual rápida de las viviendas. Por lo tanto, se cuenta con los recursos necesarios para desarrollar investigación.

La investigación fue financiada de manera particular y haciendo uso de información pública generada por el INGEMMET.

En el caso del uso del dron y GPS, se utilizó equipos propios de los tesisistas.

En cuanto al sismógrafo usado para el ensayo geofísico en Anta, se utilizó uno de propiedad del INGEMMET, debido a el ensayo lo realizó dicha institución, contando con nuestra participación como personal de apoyo, como se evidencia en las fotografías presentadas en esta investigación (figuras del 23 al 27).

Los tesisistas participaron de manera voluntaria como personal de apoyo en la ejecución de ensayos geofísicos en la provincia de Anta elaborados por el INGEMMET para determinar el comportamiento del vs30 en las diferentes formaciones geológicas, en el marco del Proyecto de Neotectónica en la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de dicha institución.

Se contó con el asesoramiento externo del Ing. Geólogo Briant García Fernández Baca, quien cuenta con estudios de maestría en Ciencias con mención en Gestión de Riesgo de Desastres, el cual ayudó a la toma de decisiones en el aspecto geológico. Asimismo, se contó con el asesoramiento de la Ing. Civil Carmen Ortiz Salas, magister en Ingeniería Civil con mención en Geotecnia, miembro del equipo de trabajo del Centro de Investigación en Transformación Digital en Ingeniería de la UNI, para el tema de la aplicación de la metodología de evaluación de vulnerabilidad propuesta por la UNI.

1.2.4 Justificación por relevancia

El Objetivo de Desarrollo Sostenible N°11, planteado por la Organización de las Naciones Unidas a través de su meta 11b plantea aumentar el número de ciudades que adopten políticas de reducción del riesgo de desastres 2015 - 2030.



La reducción del riesgo de desastres inicia con la estimación del riesgo. Por lo tanto, el presente estudio de riesgo sísmico que se desarrolla en la provincia de Anta, Sector Lluscanay está alineado al Objetivo de desarrollo sostenible N°11.

De acuerdo a la ley N°29664, Ley que crea el SINAGERD, se resalta la importancia de la estimación del riesgo debido a que permite la toma de decisiones oportunas en el marco de la Gestión de Riesgo de Desastres en nuestro país.

1.3 Limitaciones de la investigación

Limitación de lugar

La investigación se limita a la margen derecha del río Izcuchaca sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta, debido a la presencia de instituciones de importancia como el Hospital Class de Anta, centros educativos y la Municipalidad Provincial, además por representar una zona de expansión urbana.

Limitación de tiempo

La investigación se realiza en el año 2022, periodo en el que se recolectan y el analizan los datos.

Limitación del estudio

Se considera como principal peligro la aceleración máxima de suelo (PGA), por ello el estudio se limita a determinar la aceleración máxima del suelo que se genera luego del sismo, al ser factor que influencia en la respuesta estructural de las viviendas. Es importante mencionar, que para este caso el desencadenante del sismo es una falla geológica (falla Zurite – Huarocondo), por ello se analizan los parámetros sísmicos de un posible sismo cortical de magnitud máxima y la caracterización de la falla en base a información bibliográfica. El cálculo del peligro sísmico se realiza con ayuda de un script basado en la ley de atenuación de ondas sísmicas de Abrahamson y Silva 2008.

El sismo de magnitud máxima se calculó en base a las relaciones empíricas entre magnitud máxima y longitud de ruptura superficial de las investigaciones de Wells D.L. & Coppersmith K. J. (1994).

Para determinar la vulnerabilidad sísmica, la investigación se limita a desarrollar una metodología indirecta de inspección visual rápida de las viviendas en el Sector Lluscanay



mediante el uso de la plataforma virtual desarrollada por el CITDI de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el año 2021, estando actualmente en mantenimiento.

La presente investigación se limita al uso del dron para la inspección visual preliminar de la configuración horizontal de las viviendas con el objeto de identificar la presencia de esquinas entrantes y variaciones o aberturas mayores al 50% en el área bruta del diafragma.

El GPS submétrico fue utilizado para colocación de puntos de control de fotocontrol en el desarrollo de la fotogrametría en el apartado de vulnerabilidad, mientras que en el apartado de peligro se utilizó el GPS submétrico para la ubicación de la línea sísmica del ensayo MASW.

Finalmente, en la tesis se hace el análisis de información bibliográfica de carácter científico y generación de información geográfica.

1.4 Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Estimar el nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022.

1.4.2 Objetivos específicos

Objetivo específico N°1

Estimar el nivel de peligro sísmico en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco 2022.

Objetivo específico N°2

Estimar el nivel de la vulnerabilidad sísmica en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco 2022.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

2.1.1.1 Tesis nacional N°1

En la tesis de posgrado desarrollada por Aranda, R. (2019) en la ciudad de Ancash – Perú, se pretendió evaluar el riesgo sísmico geotécnico de la ciudad universitaria de la universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Para tal fin se realizaron visitas a campo y recolección de datos para la estimación de la vulnerabilidad aplicando la metodología del CENEPRED, y para la estimación del peligro se realizaron ensayos geotécnicos en campo y geofísicos tanto en campo como en laboratorio, así mismo el Análisis documental en donde se buscó material filmico que describa las características técnicas del terreno en donde posteriormente se construiría la Ciudad Universitaria mencionada anteriormente.

Según el criterio analítico o matemático en donde el riesgo es el producto del peligro por la vulnerabilidad y utilizando el método planteado por el CENEPRED se concluyó la investigación con la estimación de los niveles de riesgo Muy alto, Alto y medio en los distintos pabellones de la Ciudad Universitaria.

Del antecedente se tomó la necesidad de realizar un ensayo de prospección geofísica para la medición de ondas superficiales con el fin de obtener un valor de Vs30 más exacto.

El antecedente difiere de la investigación en que se plantean análisis de elementos expuestos en lo social, económico y ambiental, mientras que el objeto de estudio de la presente investigación es principalmente las viviendas.

2.1.1.2 Tesis nacional N°2

Mozo K. y Salinas C. (2020), en la ciudad del Cusco se pretendió realizar el Análisis del riesgo sísmico de las viviendas de la APV Cachimayo en el distrito de San Sebastián – Cusco. El riesgo fue determinado en función del peligro y la vulnerabilidad. Para el primer factor se hizo uso del algoritmo R- CRISIS determinando así las aceleraciones máximas del suelo producidas por un sismo cortical, relacionando dichas aceleraciones a los niveles de peligro sísmico. Por otro lado, para la determinación de la vulnerabilidad se utilizó un método



indirecto el cuál consistió en el uso de fichas de verificación adaptadas del INDECI. Y una vez determinados los niveles de peligro y vulnerabilidad, el Análisis del riesgo sísmico se evaluó con la ayuda de la matriz elaborada también por el INDECI.

Los resultados aplicando las metodologías mencionadas en el párrafo anterior mostraron que el nivel de peligro para el ámbito de estudio fue MEDIO, mientras que el nivel de vulnerabilidad fue MUY ALTO. De estos dos resultados y aplicando la matriz de que planteada por INDECI fue un Riesgo sísmico ALTO.

Del antecedente se tomó el criterio descriptivo donde se considera la obtención del riesgo en función al peligro y la vulnerabilidad.

El antecedente difiere en la medida de que este utiliza un análisis probabilístico para la determinación de valores de aceleración máxima de suelo, mientras que en la presente tesis se utiliza un análisis determinístico.

2.1.1.3 Tesis nacional N°3

En el Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, García et al 2021, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) planteó la Automatización para la generación de mapas PGA con Python en estudio de fallas geológicas activas.

Se realizó un análisis determinista en el que se tuvo en consideración la reactivación de la falla activa Parina la cuál en 2016 había provocado un sismo de 6.2 Mw. Se utilizó también la caracterización geológica y paleo sísmica de la falla para determinar la magnitud máxima que esta falla es capaz de generar. Para las condiciones de sitio, consideraron las características geológicas de la zona y respecto a las profundidades de hipocentro se consideraron tres distintas, según Xu et al., (2019); Aguirre et al., (2021) y Benavente et al., (2013).

Por último, se utilizó la implementación en lenguaje de programación Python del modelo de Abrahamson y Silva (2008) con el fin de la estimación del PGA, donde se observa la dependencia de los resultados principalmente hacia la magnitud máxima posible y las características geométricas de la falla. Los resultados tomando en consideración los diferentes hipocentros arrojaron los siguientes escenarios. Primer escenario con 10 km hipocentro muestra aceleraciones que varían de 0.1 a 0.41 g, segundo escenario con 8 km hipocentro muestra aceleraciones entre 0.1 y 0.44g, tercer modelo con 5 km hipocentro muestra aceleraciones entre .1 y 0.465g. Valores máximos encontrados principalmente al este de Parina y la Laguna Saguanani y al sureste de Lunini.



Del antecedente se tomó la automatización del modelo matemático de atenuación de ondas sísmicas, propuesto por Abrahamson y Silva (2008), en un software que permite simular escenarios sísmicos en función a la aceleración máxima de suelo, tomando en cuenta características locales y fuentes sismogénicas.

El Antecedente difiere en que se simulan 3 escenarios sísmicos distintos variando en cada uno de ellos el hipocentro. Por otra parte, en dicha investigación se asigna valores teóricos de v_{s30} a las unidades litoestratigráficas.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

2.1.2.1 Tesis internacional N°1

Albayrak et al. (2015) en su investigación “Un método rápido de evaluación del riesgo sísmico para el parque inmobiliario existente en zonas urbanas desarrollada en Eskisehir, una zona sísmica ubicada al noreste de Turquía”, crearon una base de datos clasificando los edificios de acuerdo al riesgo sísmico para un terremoto de M_w 6.5 a 7. Los investigadores consideraron una muestra de 1643 edificios de concreto armado los cuales fueron evaluados visualmente, recopilando la información obtenida en fichas de recolección de datos, evaluando parámetros como antigüedad, efecto de columna corta, efectos topográficos, efecto de golpeteo, regularidad en altura, calidad visual de la construcción y zona sísmica en donde se encuentra el edificio. Finalmente, en el estudio se concluyó que 492 edificios presentan riesgo bajo mientras que 218 riesgo alto entre ellos cabe mencionar que se encuentran los que poseen mayor cantidad de pisos y los más antiguos.

Del antecedente se tomó el criterio de evaluación visual rápida de ciertos parámetros como lo son antigüedad, regularidad, altura para el tema de la vulnerabilidad sísmica,

Se diferencia principalmente en la magnitud de los elementos que conforman la muestra y en que el estudio considera efectos topográficos y efectos de golpeteo.

2.1.2.2 Tesis internacional N°2

Suarez et al. (2009) en su investigación desarrollada e Mérida, buscaron evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios escolares pertenecientes al sector público de una forma cualitativa. En este estudio se consideró una muestra de 65 edificios, los que se evaluaron con el uso de formatos que contienen preguntas acerca del entorno, suelo, ubicación, edad de la edificación, uso, ampliaciones, número de pisos, posibilidad de golpeteo, aspectos



constructivos, grado de deterioro, aspectos geométricos entre otros. En el estudio se concluyó que el 51% de los edificios tiene una vulnerabilidad media mientras un 49% una vulnerabilidad baja, Es importante mencionar que el índice de vulnerabilidad es alto cuando se evalúan algunos parámetros de forma individual.

Del antecedente aportó en la definición del método de vulnerabilidad a usar.

El estudio se diferencia en que fue realizado en edificaciones escolares pertenecientes al sector público lo cual implica mayor criterio de uso de normas sismorresistentes.

2.1.2.3 Tesis internacional N°3

Martínez, S. (2014) en su tesis doctoral que fue desarrollada en la ciudad de Lorca, región de Murcia, caracterizó y graduó parámetros urbanísticos como: forma geométrica en planta, morfología de terreno, forma geométrica en altura, efecto de columna corta, efecto de golpeteo, piso blando, altura de la edificación, que tienen mayor correlación con el daño en edificios después de un terremoto para aportar a la reducción de la vulnerabilidad sísmica. En el estudio se consideró una muestra aleatoria y probabilística de 816 edificios siendo elaborado por medio de la ejecución de fichas de vulnerabilidad y preparación de SIG para el análisis de datos. Lográndose determinar niveles de correlación entre los parámetros urbanísticos y el daño en edificios de mampostería, concreto armado de acuerdo al tipo de suelo, finalmente se concluye que en edificios de concreto armado existe una mayor cantidad de parámetros urbanísticos que tienen relación con el daño que en los edificios de mampostería.

El antecedente apporto en el uso de sistemas de información geográfica para el análisis de los datos, parámetros de evaluación.

El estudio difiere en que optó por el uso de una muestra aleatoria y probabilística en la selección de los elementos de estudio, mientras que en la presente investigación de usó el total de la población como muestra.

2.2 Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1 Geodinámica interna en el contexto global

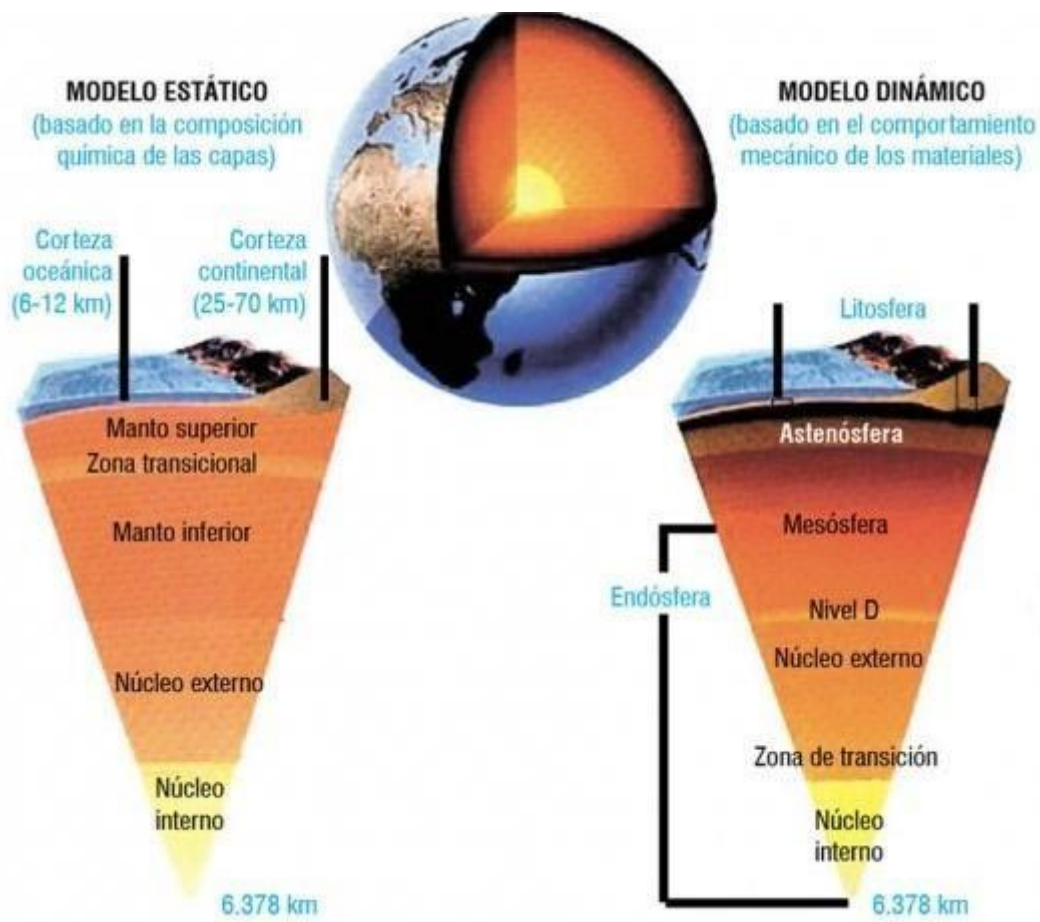
Con la finalidad de explicar la estructura interna de la tierra se tiene a bien considerar dos modelos, el primero considera su composición química y el otro sus propiedades mecánicas,



ambos casos consideran que la estructura interna de la tierra está dividida a manera de capas concéntricas. El primer modelo es conocido como modelo estático, asume que la tierra se divide desde la parte más externa hacia dentro de ella en corteza, manto y núcleo; el segundo modelo llamado dinámico, considera que la tierra está dividida en litósfera, astenosfera, mesósfera y núcleo. (Smithson et al. 1995).

Figura 2

Estructura Interna de la Tierra



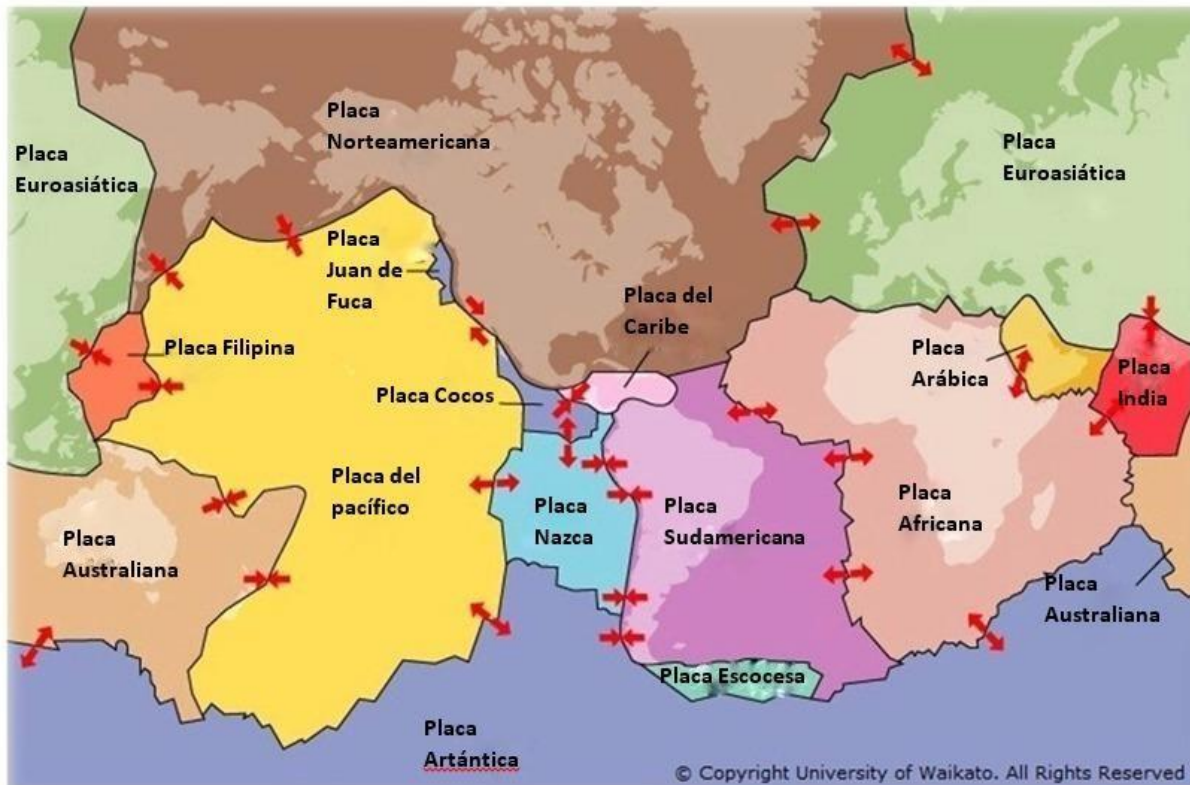
Nota. Adaptado de Estructura interna de la tierra, Pellini Claudio, s/f, Consejería de Educación Universidades Cultura y Deporte.

La tectónica de placas es en la actualidad una teoría manejada en el ámbito académico y científico planteada por Alfred Wegener en 1912, que busca dar explicación a sucesos geológicos. Como postulado unificado se maneja que la litósfera está fragmentada en piezas de diversos tamaños los cuales descansa sobre la astenosfera, esto tomando en cuenta el modelo dinámico de la estructura interna de la tierra. Se presume que existe una transferencia

de calor desde las capas internas hacia las capas externas provenientes del núcleo, dicha transferencia es la responsable del movimiento en la litósfera.

Figura 3

Representación gráfica de las placas tectónicas



Nota. Adaptado de Placas Tectónicas, Mario Fuente Cid, 2006, (https://es.wikipedia.org/wiki/Placa_del_Pacífico), dominio público.

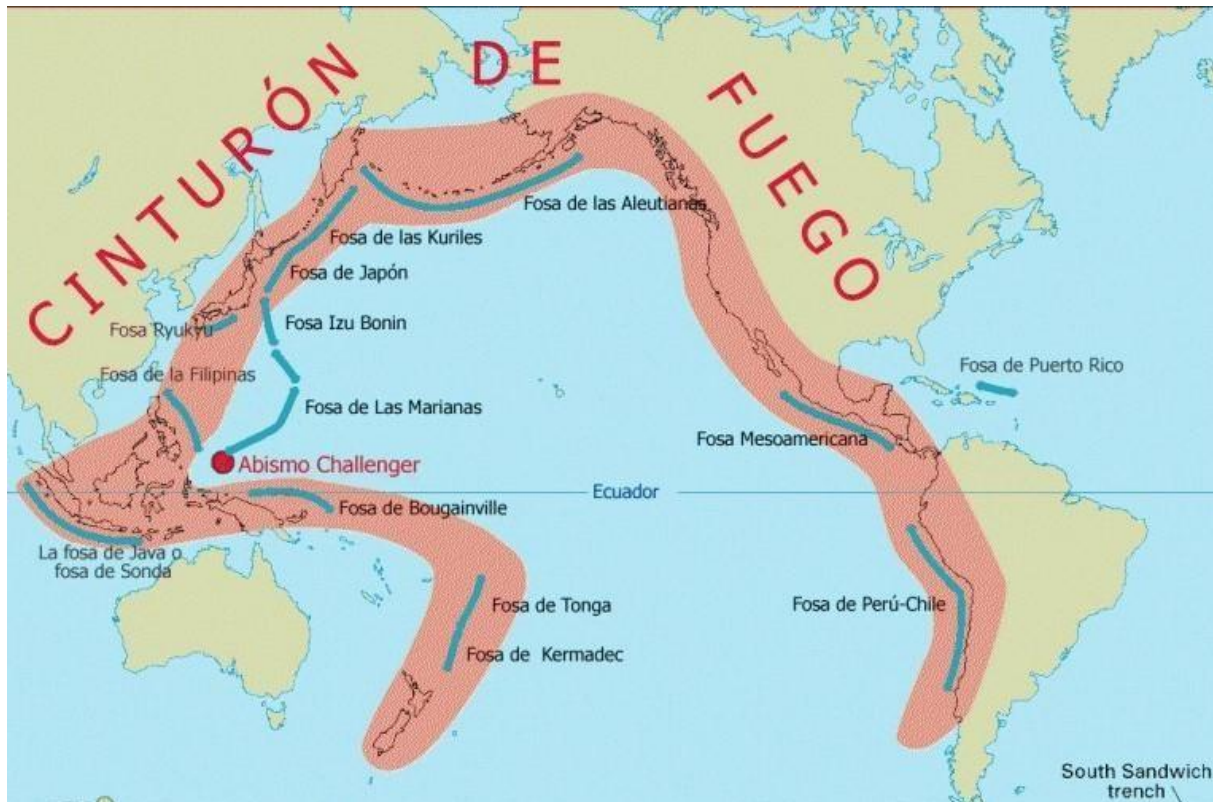
Se considera al anillo de fuego del pacifico como responsable de la actividad sísmica continua, según Hernando Tavera:

El Cinturón de Fuego del Pacífico es resultado de la tectónica de placas, del proceso de convergencia de la placa del Pacífico con otras que rodean países como Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Centro y Norteamérica, Japón, Indonesia hasta llegar a Nueva Zelanda. Con una extensión aproximada de 40 000 km, en esta zona se produce cerca del 90 % de todos los sismos que ocurren cada año en el mundo y, además, se concentra más del 75 % de los volcanes activos existentes en el planeta. Los

terremotos y erupciones más grandes de la historia han ocurrido aquí; por ello, recibe también el nombre de Anillo de Fuego del Pacífico, (Tavera, 2020).

Figura 4

El anillo de fuego del pacífico



Nota. Adaptado de Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico, Gringer, 2011, (https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pacific_Ring_of_Fire-es.svg). Dominio público.

2.2.2 Características de la sismicidad en el Perú

2.2.2.1 Sismicidad histórica

La sismicidad histórica en el Perú comprende también años en los cuales aún no se tenía avances científicos en sismología, la información más antigua data del siglo XVI, redactado en crónicas, posteriormente la información fue recopilada en el catálogo sísmico elaborado por Silgado (1978) y actualizado en el denominado “Catálogo sísmico del Perú 1471 – 1982” publicado por el Instituto Geofísico del Perú.



Figura 5

Principales terremotos ocurridos en el Perú entre (1513 – 1974)

Fecha (dd-mm- aa)	Lat-S (°)	Lon-W (°)	I ₀ (MM)	M (Silgado)
22-01-1582	-16,3	-73,3	X*	7,9
09-07-1586	-12,2	-77,7	IX*	8,1
24-11-1604	-18,0	-71,5	IX*	8,4
14-02-1619	-8,0	-79,2	IX	7,8
31-05-1650	-13,8	-72,0	X	7,2
13-11-1655	-12,0	-77,4	IX	7,4
12-05-1664	-14,0	-76,0	X	7,8
16-06-1678	-12,3	-77,8	IX*	-
20-09-1687	-13,0	-77,5	IX*	8,2
21-10-1687	-16,4	-71,6	VIII	-
22-01-1725	-12,0	-77,0	VIII	-
28-09-1746	-11,6	-77,5	X*	8,4
13-05-1784	-16,5	-72,0	X*	8,0
07-12-1806	-12,0	-78,0	VIII	7,5
10-07-1821	-16,0	-73,0	VIII	7,9
18-09-1833	-18,2	-71,0	VIII	-
13-08-1868	-18,5	-71,2	X*	8,6
09-05-1877	-19,5	-71,0	VIII	7,5
28-07-1913	-17,0	-73,0	IX	7,0
06-08-1913	-17,0	-74,0	X	7,7
24-05-1940	-10,5	-77,6	VIII*	8,2
24-08-1942	-15,0	-76,0	IX*	8,4
10-11-1946	-8,3	-77,8	X	7,2
01-11-1047	-11,0	-75,0	IX	7,5
12-12-1953	-3,6	-80,5	VIII	7,7

Nota. Principales terremotos ocurridos en el Perú entre (1513 – 1974), Silgado, 1978

2.2.2.2 Sismicidad instrumental

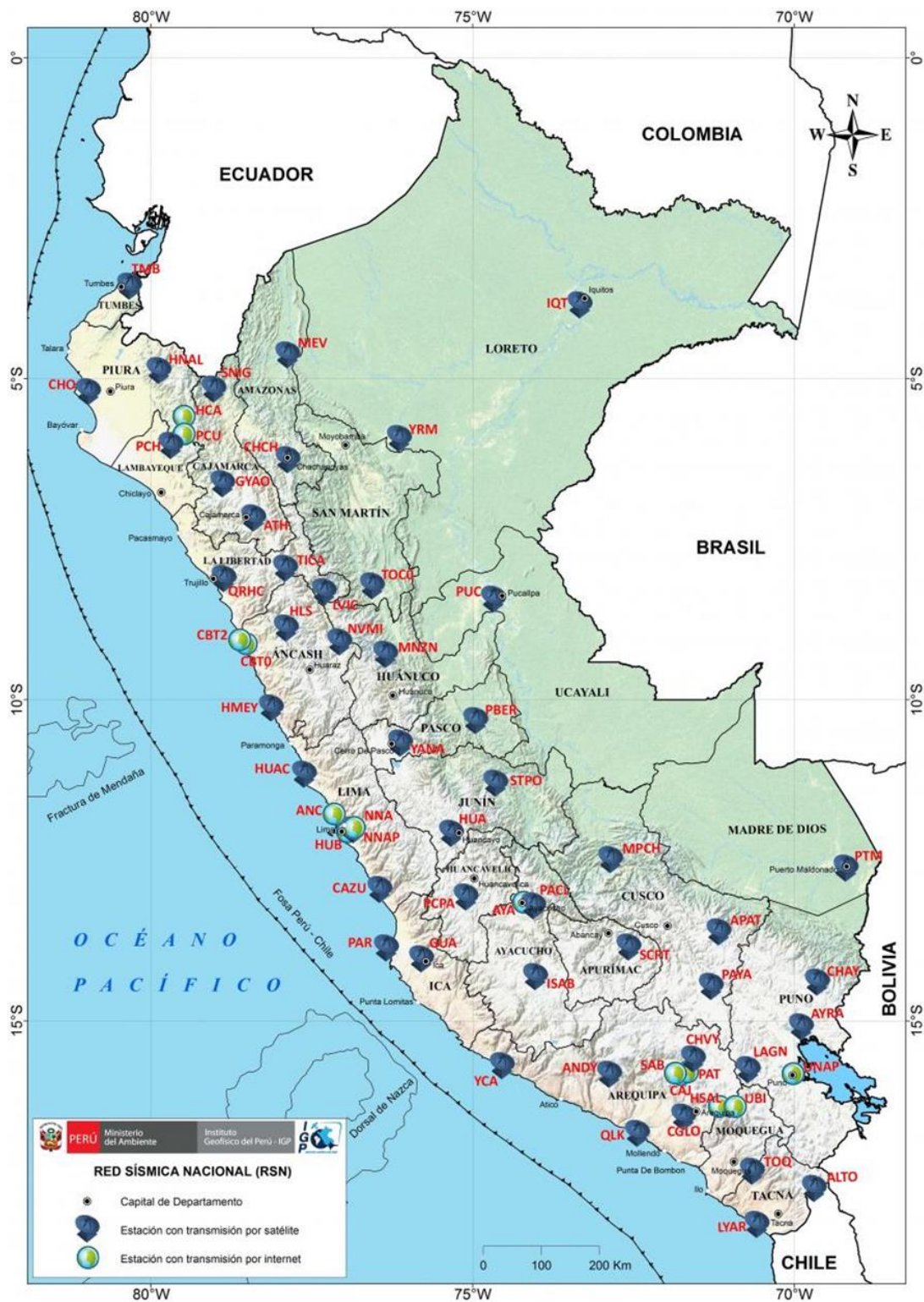
El Instituto Geofísico del Perú (IGP) es la institución responsable de registrar la información sísmica en todo el territorio a nivel nacional desde hace más de 30 años, contando actualmente con 51 estaciones sísmicas, ver figura 5, desarrollando el catálogo de parámetros sísmico.

La sismicidad instrumental ha permitido estudiar la distribución de sismos en profundidad e identificar fuentes sismogénicas, así como sus parámetros sísmicos.

En el mapa 2 elaborado por el IGP se aprecia la actividad sísmica con menor profundidad se encuentra a lo largo de la costa peruana, por otra parte, los sismos de profundidad intermedia se distribuyen mayormente a lo largo del territorio peruano con profundidades máximas de 300 km, finalmente los sismos más profundos se encuentran en la frontera Perú - Brasil.

Figura 6

Red sísmica nacional del instituto Geofísico del Perú

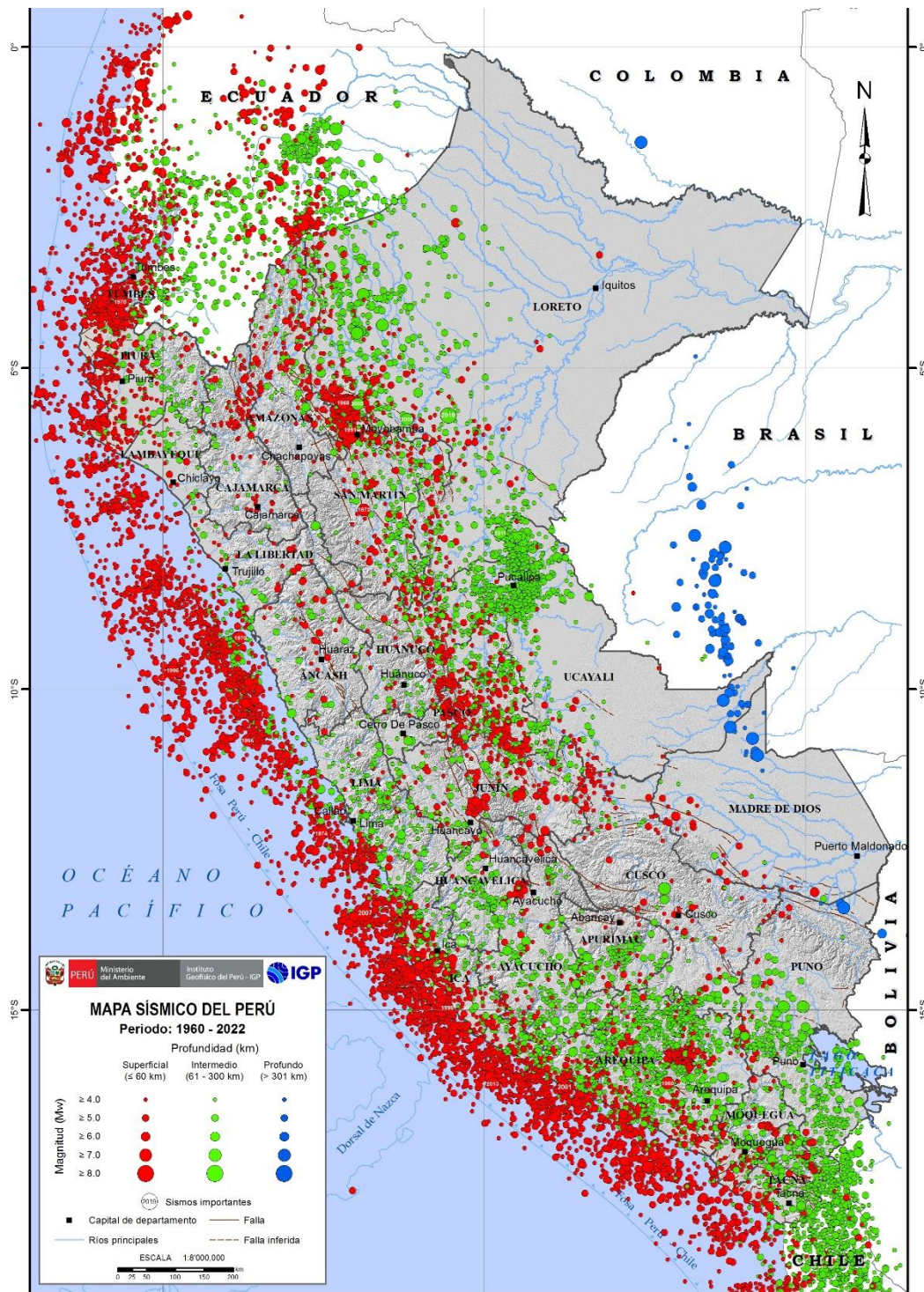


Nota. Red sísmica nacional del instituto Geofísico del Perú, IGP, 2019, Portal IGP.



Figura 7

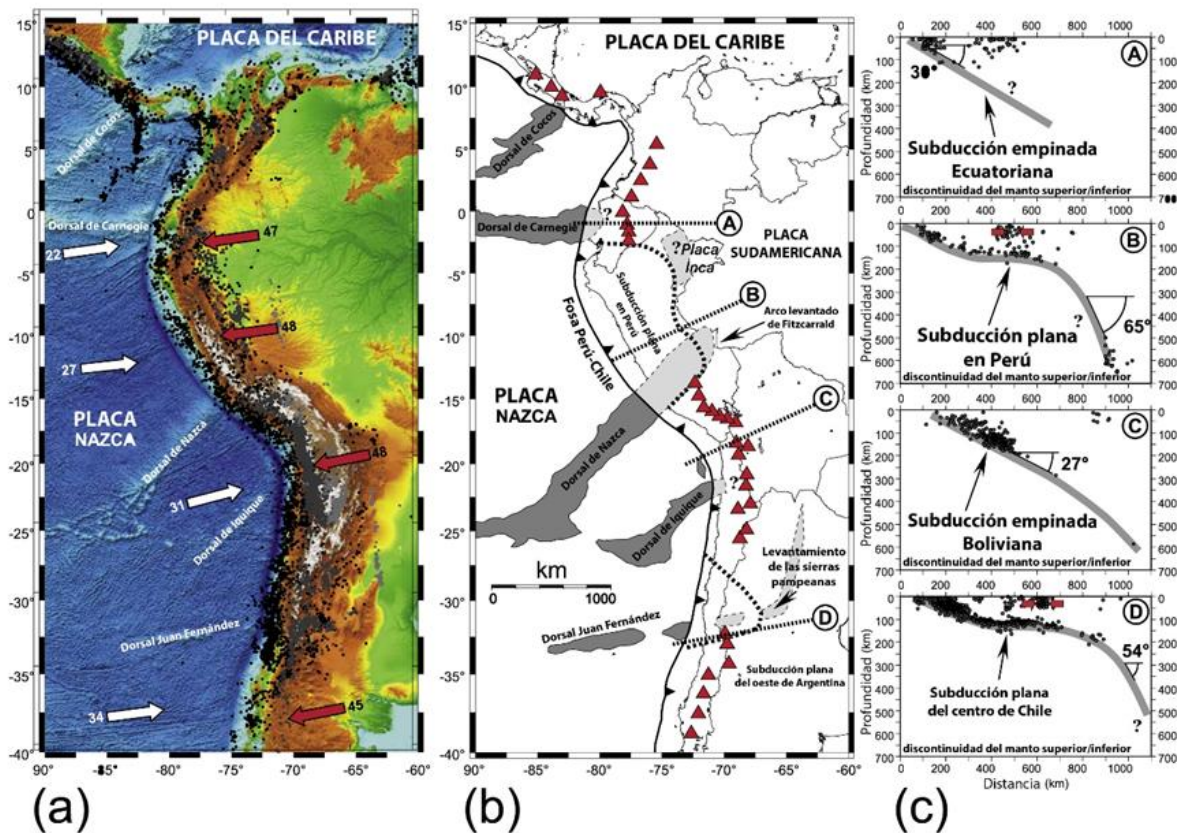
Mapa sísmico del Perú



Nota. En rojo se muestran los sismos superficiales (< 60 km), en verde los sismos de foco intermedio y en azul los sismos de foco profundo. Los círculos de mayor diámetro representan sismos de mayor magnitud. Tomado de *Mapa sísmico del Perú*, IGP, 2022, Portal del IG.

Figura 8

Interacción de placas tectónicas



Nota. Imagen ráster señalando los vectores de desplazamiento de las placas Nazca y Sudamericana. b) Ubicación de los cortes (A, B, C y D). c) Secciones A, B, C y D, donde se observa la geometría de la subducción en distancia y profundidad. Adaptado de “Flat subduction dynamics and deformation of the South American plate: Insights from analog modeling” (p. 2), por Espurt et al, 2008, TECTONICS, vol. 27.

2.2.3 Sismo

El sismo es un fenómeno que representa la liberación de energía acumulada en el interior de la tierra, mediante la ruptura de capas de la corteza terrestre. Un sismo presenta entre sus efectos, peligros asociados como licuación, movimiento de masas, derrumbes entre otros (INDECI, 2006).

a) Sismo de interplaca



Los sismos interplaca son producidos por la interacción física entre dos placas, originándose en el área de contacto, como por ejemplo la zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana (Tavera et al 2014).

Un sismo de interplaca ocurre cuando el esfuerzo compresivo neto en el área de contacto entre dos placas supera a la fuerza de roce que existe entre ellas. Es prudente mencionar que para García et al, 2012 los sismos de interplaca corresponden a los sismos de subducción presentando mecanismos de falla inversa.

b) Sismo de intraplaca

De igual forma el SINIA (2017) clasifica los sismos de intraplaca en dos tipos: sismos superficial o cortical (menores a 60 km de profundidad) y sismos de intraplaca de profundidad intermedia (entre 60 y 350 km), los cuales se diferencian de acuerdo a la placa en la que se originen. Es decir, los sismos de intraplaca corticales se originan en la placa continental (placa subductante), mientras los sismos de intraplaca de profundidad intermedia se originan en la placa oceánica (placa subductada).

2.2.3.1 Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos son datos que caracterizan un sismo determinado, los más utilizados en nuestro medio son:

a) Hipocentro

Es el punto de origen de un sismo donde se produce la fricción. Por otro lado, para el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres el hipocentro “es el punto en el interior de la Tierra donde comienza la ruptura, también se le conoce como foco sísmico (profundidad del sismo”, (CENEPRED, 2017).

b) Hora origen

Representa la hora en que se inicia la ruptura, se expresa generalmente en tiempo universal, denominado Coordinated Universal Time o UTC. Son 5 horas adicionales a la hora local de Perú. (CENEPRED, 2017).

c) Epicentro



Es la proyección vertical en la superficie terrestre, se representa en coordenadas geográficas o coordenadas UTM. (CENEPRED, 2017)

d) Magnitud

La magnitud representa la energía liberada en el hipocentro, el valor de la magnitud de un sismo en particular es única, no está relacionada con el lugar de ubicación de un punto geográfico. (CENEPRED, 2017)

A continuación, se describen las escalas de magnitud formuladas a lo largo de tiempo, siendo hasta la fecha la más usada a nivel mundial la escala de momento sísmico (M_w).

- M_l

La magnitud representa la energía liberada en el hipocentro, el valor de la magnitud de un sismo en particular es única, no está relacionada con el lugar de ubicación de un punto geográfico. (CENEPRED, 2017)

- M_b

Utilizada para el cálculo de la magnitud de sismos (sismos ubicados a distancias de 500 km), con hipocentros (0-70 km) superficiales. Su cálculo está basado en el análisis de las ondas internas.

- M_s

Magnitud basada en la amplitud de ondas superficiales. Se emplea para sismos superficiales.

- M_d

Magnitud basada en la duración o CODA del evento sísmico. Se utiliza generalmente cuando un sismo se produce cerca a la estación sísmica y los sismogramas se saturan, en estos casos es difícil identificar la amplitud de la señal. La cuantificación de esta magnitud está en función de la duración de la señal y la distancia epicentral.

- M_w

Calculada a partir del momento sísmico (parámetro que relaciona las dimensiones de la fuente sísmica. Rigidez del medio donde se produce el movimiento (μ), el área de dislocación (S) y el desplazamiento medio de la misma (D)).



$$M_w = \left(\frac{2}{3}\right) \log M_o - 10.7 \quad (1)$$

Donde: M_o es el momento escalar en dinas-cm.

2.2.3.2 Fenómenos secundarios detonados por sismo

a) Movimientos de Masa

Los movimientos de masa para Duque, 2017 son “los movimientos de la roca y del material no consolidados, en respuesta a la atracción de la gravedad. El agua, el hielo y el viento son agentes geológicos de erosión. Aunque los medios de transporte son variados; entre los principales figuran los ríos”.

Las causas más frecuentes de daños asociados a terremotos son los movimientos en masa, aunque se requiere que la intensidad sea alta para que estos tengan lugar (González de Vallejo et al. 2002). Por otra parte, las relaciones entre los movimientos de masas y la magnitud del sismo: Caídas y deslizamientos de roca son disparados con magnitudes locales de 4.0 MI y las avalanchas con magnitudes locales a 6.0 MI (Keefer, 1984).

Deslizamiento

Según Ramos (2013) se denominan deslizamientos a la ruptura y desplazamiento pendiente abajo, de una masa de suelo, roca o mezcla de ambos en forma lenta o rápida generalmente de gran magnitud. Por lo general son producidos por movimientos sísmicos, actividad gravitacional, erosión, sobresaturación de agua entre otros.

c) Derrumbes

Ramos, 2013 nos indica que los derrumbes “Son desplazamientos violentos pendiente abajo, de una masa de tierra rocosa o mezcla de ambas, producidos por la acción de la gravedad, socavamiento, modificación o corte del talud natural, expansión violenta de las masas rocosas y sobresaturación de agua; es de menor magnitud que un deslizamiento típico”.

d) Licuación de suelos

La licuación es un fenómeno de origen natural producido por la presencia de varios factores entre ellos actividad sísmica, tipo de suelo, nivel freático, etc.



Según Sauter (1989) la licuación de suelos “es la transformación de suelos granulares saturados y poco consolidados, por ejemplo, arena, en una masa con propiedades de un líquido o fluido debido a la vibración del terreno causada por un sismo”. De la misma manera Rico & Del Castillo (1988) manifiestan que “el fenómeno de licuación de suelo consiste en la pérdida rápida de resistencia al esfuerzo cortante, temporal o definitivo”.

2.2.4 Fuentes sismogénicas en el Cusco

2.2.4.1 Fallas geológicas

Según Gonzales de Vallejo et al “las fallas son discontinuidades singulares que corresponden a planos de rotura o fracturación con desplazamiento relativo entre los bloques. Su origen es tectónico, es decir producto de los esfuerzos internos de la tierra. Tomado de Ingeniería Geológica” (2002).

2.2.4.1.1 Falla activa

Una falla activa, es una falla o escarpe de falla que presenta evidencias geológicas de haberse originado o reactivado durante el cuaternario (Desde hace 2,59 millones de años hasta la actualidad), ejerciendo un control en la evolución reciente del relieve, en la disposición de los depósitos cuaternarios o en la génesis de la sismicidad histórica e instrumental (Benavente et al. 2013).

Por otra parte, otros autores definen a una falla activa como una estructura tectónica (falla geológica) que puede generar terremotos o deformaciones en la superficie, es decir una falla activa. El concepto de falla activa se define en función de la edad de su último desplazamiento. Bajo el punto de vista neotectónico, es la que ha presentado deformaciones durante el régimen tectónico actual. Bajo el punto de vista de la ingeniería geológica y su aplicación a proyectos de ingeniería (obras de infraestructura), las fallas activas son las que han presentado movimiento en los últimos 10 000 años. Tomado de Gonzales de Vallejo et al (2002).

2.2.4.2 Parámetros geométricos de Falla

a) Ruptura de Falla

La falla superficial o ruptura de falla es el desplazamiento que alcanza la superficie de la tierra durante el deslizamiento a lo largo de una falla. Ocurre comúnmente con terremotos



poco profundos, aquellos con un epicentro menor a 20 km. Las fallas en la superficie también pueden acompañar a un deslizamiento sísmico o un hundimiento natural o inducido por el hombre. (Servicio Geológico de los Estados Unidos [USGS], s.f.).

b) Segmento de Falla

La segmentación es la ruptura de una falla a lo largo de su longitud en varias fallas más pequeñas. Esto puede ocurrir como resultado de otras fallas que lo cruzan, cambios de topografía o curvas en el rumbo de las fallas. La segmentación puede limitar la longitud de la falla en un solo terremoto a una fracción de la longitud total de la falla, limitando así también el tamaño del terremoto. (USGS, s/f).

c) Buzamiento de Falla

Las fallas de buzamiento-deslizamiento son fracturas inclinadas donde los bloques se han desplazado principalmente verticalmente. Si el macizo rocoso por encima de una falla inclinada se mueve hacia abajo, la falla se denomina normal, mientras que, si la roca por encima de la falla se mueve hacia arriba, la falla se denomina inversa. Una falla de empuje es una falla inversa con una caída de 45 grados o menos. Las fallas de deslizamiento oblicuo tienen componentes importantes de diferentes estilos de deslizamiento. (USGS, s/f).

2.2.4.3 Sismos asociados al fallamiento cortical

(Quinde & Ángulo, 2016, como se citó en Cárdenas & Matute, 2023). Este tipo de fallamiento cortical, se genera dentro de la placa continental por la unión o choques entre placas y los esfuerzos locales que se dan a profundidades inferiores a los 40 km. (Charca & Murrugarra, 2019 como se citó en Cárdenas & Matute, 2023). Los sismos corticales generalmente presentan magnitudes del orden de 6.5 Mw; pero pueden ser de mayor magnitud, los daños a las estructuras cercanas al epicentro son considerables, debido a la corta distancia focal.

2.2.4.4 Sistema de Falla Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani (SFZCUS)

En la tabla 1 se aprecia las fallas que conforman el sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani y sus parámetros correspondientes, así como la edad de movimiento.



Tabla 1

Sistema de Fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani (SFZCUS)

Falla	Tipo	Dirección	Longitud (km)	Buzamiento	Edad de Movimiento
Zurite-Huarocondo	Normal	N 100° E y 115°	20	70 S	18/10/1941; 03/06/1980
Tambomachay	Normal	N 120° E	20	65 SE	1950;19/11/1744
Cusco	Normal	N 128° E	-	62 S	Menos de 10 000 años
Chincheros	Normal	E - O	-	60S-70S	Menos de 10 000 años
Qoricocha	Normal	-	8	-	05/04/1986
Tamboray	Normal	Norte - Sur	3.5	-	Menos de 10 000 años
Pachatusan	Normal	N 130° E	21	50 - 70 SO	21/05/1950
Urcos	Normal	-	22	-	11/02/1746;23/01/1905;08/05/1965
Paucarpata	Normal	noroeste-sureste	18	-	Menos de 2.5 millones de años
Amaru	Normal	N 150° E a N 120° E	50	82 S	18/06/1931
Antahuire	Normal	-	9	-	Menos de 10 000 años

Nota. En esta tabla se observan las características geométricas del sistema de falla Zurite-Huarocondo. Adaptado de Benavente et al (2013)

2.2.5 Peligro

Peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología (INDECI, 2006).

Los peligros naturales son fenómenos físicos causados por acontecimientos de aparición lenta o repentina. Pueden ser geofísicos (terremotos, derrumbes, tsunamis y erupciones volcánicas), hidrológicos (avalanchas e inundaciones), climatológicos (temperaturas extremas, sequías e incendios), meteorológicos (ciclones y tormentas/oleadas) o biológicos (epidemias y plagas de animales o insectos) (Fuente: IFRC, 2021).

Por otra parte, la evaluación del peligro implica la estimar la amenaza que se pueda producir en un medio geográfico y en un tiempo determinado, fundamentándose en el estudio de su fuente generadora.



2.2.5.1 Peligro sísmico

El peligro sísmico podría definirse como la capacidad de daño que es producido por el movimiento del suelo, también llamado intensidad sísmica (López, 1999). Así también el Earthquake Engineering Research Institute (EERI, 1984) define al peligro sísmico como “cualquier fenómeno físico asociado con un sismo que pueda producir efectos adversos en las actividades humanas”, es decir esta definición aborda los distintos fenómenos físicos como sismos por falla geológica, licuación de suelos, deslizamientos, entre otros, fenómenos que podrían estar presentes en nuestro contexto regional.

2.2.5.2 Caracterización del peligro

2.2.5.2.1 Aceleración máxima del suelo (PGA)

La aceleración del suelo es un parámetro usado para describir el movimiento del suelo por medio de un acelerograma. Siendo la Aceleración máxima del suelo el máximo valor medido en el registro.

a) Aceleraciones horizontales

Usadas con mayor frecuencia para describir el movimiento del suelo y se suele correlacionarse con la intensidad según Krinitzky y Chang, (1987) aunque existe demasiada dispersión en los datos

b) Aceleraciones verticales

Suelen recibir menor atención porque se consideran márgenes de seguridad contra fuerzas verticales estáticas movidas por efectos de gravedad en la construcción. Se asume a la aceleración máxima vertical como dos tercios de la aceleración máxima horizontal (Newmark y Hall, 1982).

2.2.5.2.2 Leyes de atenuación

Para García J. D. (2001) “la atenuación sísmica es la capacidad del terreno para amortiguar el movimiento generado por las ondas sísmicas conforme estas se van alejando del foco sísmico.”

Para Douglas J. (2001) existen varios métodos para la predicción de movimiento de suelo, menciona las leyes de atenuación que están basadas en registros de acelogramas; modelos de

fuentes estocásticas entre ellos, Joyner & Boore, 1988; acelerogramas artificiales entre los que menciona a Suhadolc & Chiaruttini, 1987, entre otros.

Según Draper & Smith (1981) las relaciones de atenuación pueden ser:

Funcional. – Siempre que se conozca y se use la verdadera relación funcional entre la respuesta (el valor a predecir) y las variables predictoras.

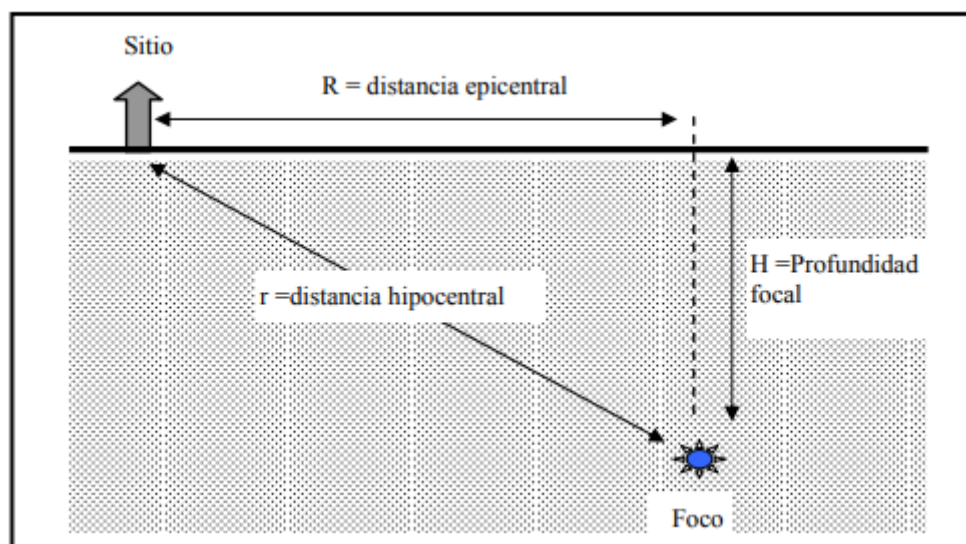
De control. – En cuanto los efectos independientes de cada variable de control (variables predictoras) pueden estimarse por medio de experimentos diseñados.

Predictivo. - Cuando no se pueden usar modelos funcionales o de control y dentro de los datos existe mucha intercorrelación, los llamados "problemas con datos desordenados". No es necesario que sean funcionales.

“La mayoría de las relaciones de atenuación publicadas tienen alguna base física, por lo que están presentes algunos aspectos de los modelos funcionales. Dado que todos los aspectos físicos asociados con el movimiento sísmico del suelo no se conocen en detalle y, aunque lo fueran, sería imposible expresarlos en forma de una ecuación simple, las relaciones de atenuación son modelos predictivos. “Douglas J, (2001)

Figura 9

Variables de la ley de atenuación



Nota. Tomado de *Caracterización y determinación del peligro sísmico en la región metropolitana* (p. 59) por N. A. Silva, 2008.



En la presente tesis se determinará la ley de atenuación empleando el parámetro de la aceleración en función a la distancia epicentral, magnitud y profundidad focal como se aprecia en la Figura 2-8.

2.2.5.3 Ley de atenuación de Abrahamson y Silva 2008

El modelo matemático de curvas de atenuación propuesto por Abrahamson y Silva, 2008 se caracteriza por estar en función de las siguientes variables: El tipo de falla, la distancia de ruptura, la magnitud, el tipo de suelo, V_{s30} , buzamiento, distancia epicentral y ubicación del sitio.

La metodología propuesta por Abrahamson y Silva (2018), plasmada en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \ln(Sa) = & f_1(M_1 R_{rup}) + a_{12} F_{RV} + a_{13} F_{NM} + a_{15} F_{AS} \\ & + f_5(PGA_{1100}, V_{S30}) \\ & + F_{HW} f_4(R_{jb}, R_{rup}, R_x, W, dip, Z_{top}, M) \\ & + f_6(Z_{top}) + f_8(R_{rup}, M) + f_{10}(Z_{1,0}, V_{S30}) \end{aligned} \quad (2)$$

M : Magnitud momento (M_w) tesis de Lorena

R_{rup} : Distancia de ruptura en (km) boletín neotectónica

R_{jb} : Distancia de Joyner Boore (km) dato

R_x : Distancia horizontal (km), desde el frente de la proyección del plano de ruptura, perpendicular al rumbo de la falla.

Z_{top} : Profundidad al tope del plano de ruptura (km)

F_{RV} : Indicador de falla inversa

F_{NM} : Indicador de falla normal

F_{AS} : Indicador para sismo de tipo réplica

F_{HW} : Indicador para punto ubicado en el hanging wall



dip: Angulo de buzamiento de la falla

V_{S30} : Velocidad de la onda de corte sobre los 30m de profundidad (m/s)

$Z_{1,0}$: Profundidad en metros de $V_s = 1\text{km/s}$ en el punto calculado.

PGA_{1100} : Promedio de la aceleración pico (g) para $V_{s30} = 1100\text{m/s}$

W: Longitud del ancho de ruptura (km)

a_{12} : Factor de tipo de falla RV

a_{13} : Factor de tipo de falla MML

a_{15} : Factor de replica SS.

Las funciones $f_1, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8, f_{10}$ se definen a continuación.

f_1 = Modelo base. - Ecuación base del modelo, calculada a partir de los parámetros de la magnitud y la distancia epicentral.

f_4 = Modelo Hanging-Wall. - Esta función representa la influencia de la ubicación del punto estudiado con respecto a la línea de proyección de la falla. Se espera un efecto mayor cuando el punto se encuentra del lado del hanging-wall de la falla.

f_5 = Modelo de la respuesta del sitio. - Esta función modela la atenuación en función del tipo de suelo o roca, el comportamiento del suelo ante un fenómeno sísmico.

f_6 y f_7 = Modelo de la profundidad del límite superior del plano de ruptura. - Esta función contempla el aporte de Somerville y Pitarka (2006), quienes demuestran que hay una diferencia sustancial en el movimiento del suelo por efecto de la profundidad del límite superior del plano de falla.

f_8 = Modelo para las distancias largas. - Esta función modela el efecto del movimiento del suelo para distancias superiores a 100km; en casos donde los catálogos sísmicos están incompletos.

f_{10} = Modelo para la profundidad del suelo. - Esta función modela el efecto que producen los distintos espesores de suelo, se evalúa sobre la profundidad a la cual se encuentra un suelo más consistente ($Z_{1,0}$) y con velocidad de las ondas de corte de 1.0 km/s.



2.2.5.4 Métodos para la estimación del Peligro

Los métodos que se usan para evaluar la peligrosidad sísmica de un lugar se clasifican en deterministas y probabilistas. En ambos métodos, se asumen al sismo como un evento de carácter estacionario, quiere decir que los sismos que ocurrieron en el pasado seguirán manifestándose con características similares. A continuación, se amplía los conceptos de los métodos mencionados.

- **Método probabilístico**

El método consiste en tomar el conocimiento de la sismicidad local del pasado, para inferir en las leyes estadísticas que desencadenarán los sismos futuros, con cada fuente sismogénica. Esto con el fin de estimar la probabilidad de que los niveles de peligro (en base al movimiento del suelo en la zona de estudio) sean superados en periodos definidos de tiempo. Para Gama (2010), “la actividad de las fuentes sismogénicas se expresa con una ley de recurrencia de la forma Gutenberg – Richter” por otra parte también menciona una ley de atenuación que “traslada la influencia de cada fuente sísmica al sitio de análisis y la peligrosidad se evalúa sumando la influencia de todas las fuentes sísmicas consideradas.”

Estos métodos constituyen a nivel mundial las diferentes formas de abordar el estudio de peligro sísmico,

- **Método determinista**

Este método consiste en el estudio de la fuente sismogénica y la sismicidad latente de la misma con la finalidad de poder estimar el máximo sismo potencial, considerándose como único sismo posible, como base para el desarrollo en la determinación del peligro. Gama (2010), advierte que en relación al máximo sismo: “para estimar su tamaño, normalmente se consideran datos de paleo sismicidad, sismicidad histórica y sismicidad instrumental”. Por otra parte, también menciona “Este máximo sismo potencial se sitúa en el lugar de cada fuente sismogénica más próxima al sitio, punto al que, mediante la ley de atenuación se traslada al parámetro (velocidad, aceleración, etc.) que expresa el efecto del sismo”



2.2.6 Vulnerabilidad

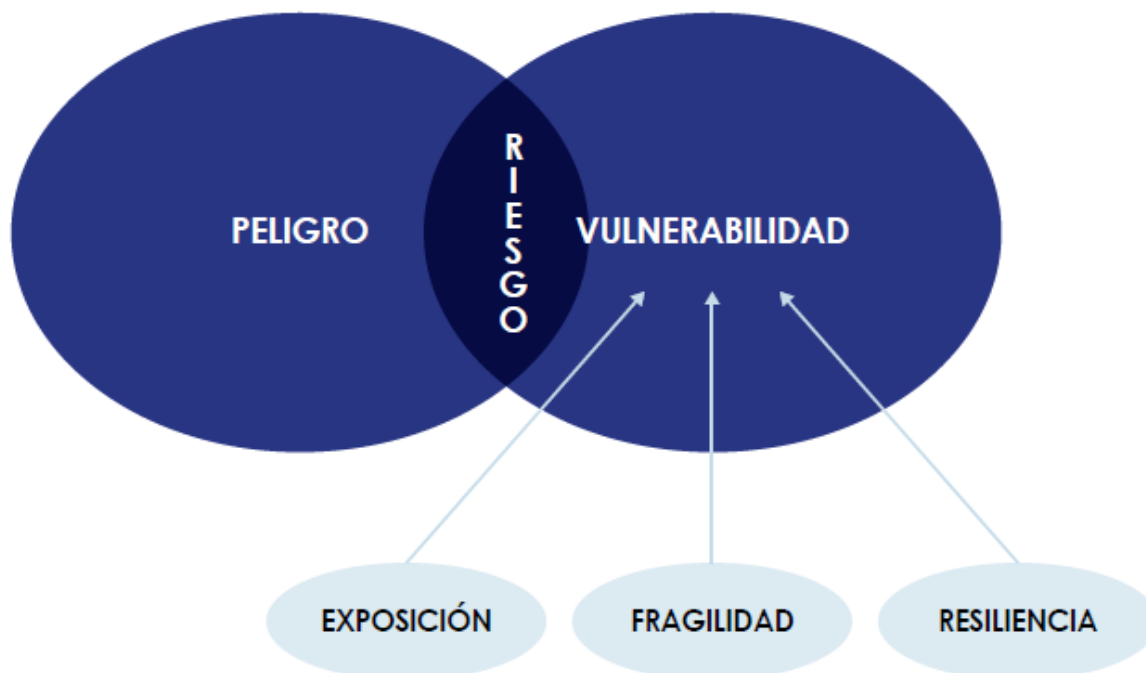
2.2.6.1 Vulnerabilidad sísmica

El concepto de vulnerabilidad ha evolucionado a través del tiempo, de la mano con la experiencia del hombre en los aspectos cotidianos de su día a día, lo que genera que se tengan diferentes definiciones de los términos claves: como lo son amenaza, vulnerabilidad y riesgo, esto a su vez genera confusión entre los que investigan a profundidad aspectos técnicos relacionados.

Para Ocola, L. (2007), la vulnerabilidad sísmica se define como el nivel por el cual un sistema tiene propensión a recibir daños por eventos sísmicos o fenómenos asociados a estos, dicha vulnerabilidad está en función a la sensibilidad del sistema, a la capacidad de respuesta ante el impacto y por último al nivel de exposición a sismos o eventos asociados.

Figura 10

Factores de la vulnerabilidad



Nota. Tomado de *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*

(p. 121), por CENEPRED, 2015, NEVA STUDIO SAC.



2.2.6.2 Métodos indirectos para la determinación de la vulnerabilidad

2.2.6.2.1 FEMA 154

Es una metodología usada en el análisis de la vulnerabilidad sísmica usada por parte del Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos para identificar posibles daños en edificios causados por la acción de eventos sísmicos mediante un Procedimiento Inspección visual rápida.

La metodología FEMA 154 es el tipo cualitativa basada en un sistema de calificación que depende de los siguientes parámetros: Número de viviendas, localización, año de construcción, uso, irregularidad en planta, irregularidad en altura, tipo de suelo, elementos no estructurales. Los puntajes se basan en límites observados y datos analíticos por lo tanto la probabilidad de colapso es aproximada, Siendo 2 como puntaje límite, lo que quiere decir que las edificaciones que tienen un puntaje por encima de 2 tienen un comportamiento óptimo, mientras que las viviendas que tienen un puntaje por debajo a 2 podrían estar en peligro y necesitan estudios complementarios (Vizconte, 2004)

2.2.6.2.2 Chang 1995

Metodología que evalúa la vulnerabilidad sísmica por medio de un sistema de puntuación basada en la propuesta de ATC 21,1988 (Detección visual rápida del edificio para detectar posibles peligros sísmicos).

El método evalúa 2 factores, el primer factor abarca el aspecto estructural se encuentra compuesto por 11 parámetros: Tipo de edificio, año de construcción, irregularidad en planta, irregularidad vertical, piso blando, irregularidad torsional, columnas cortas, golpeteo, abertura en diafragmas, revestimiento pesado y daño visible. Mientras que el segundo factor toma características del sitio y se conforma de 4 parámetros: Tipo de suelo, potencial de licuefacción, tipo de cimiento, estabilidad de taludes (Chang et al. 1995)

2.2.6.2.3 Método Benedetti y Petrini (1984)

Método de evaluación de vulnerabilidad propuesto por Benedetti y Petrini en 1984 para el Grupo Nacional para la Defensa de Territorio (GNDT), el cual está basado en la información recolectada de una serie de edificaciones de albañilería luego de ocurrido el sismo de Parma en 1983. El método evalúa la vulnerabilidad de las edificaciones por medio de clasificación de la susceptibilidad de las mismas en base a índices de vulnerabilidad.



Para aplicar el procedimiento es necesario establecer una puntuación en base a once parámetros intrínsecos a la vivienda. A continuación, enlistamos los parámetros que fueron consignados originalmente y el procedimiento para su uso, planteado en Benedetti, D., & Petrini, V. (1984).

- Organización del sistema resistente
- Calidad del sistema resistente
- Resistencia de la edificación
- Suelo de fundación de la edificación
- Diafragma
- Configuración en planta
- Configuración en elevación
- Densidad de muro
- Cobertura o techo
- Muros no estructurales o fachadas
- Estado de conservación

Para cada parámetro atribuimos una clase de la A hasta la D, siendo A la mejor clase y D la peor. Para darle un valor numérico al índice de vulnerabilidad se le asignará una puntuación a cada clase y una ponderación definida. La sumatoria del producto de cada puntuación por la ponderación nos dará el índice de vulnerabilidad de la vivienda.

2.2.6.3 Método para la determinación de la vulnerabilidad sísmica

Se utilizó una evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones, propuesta por el Centro de Investigación en Transformación Digital en Ingeniería (CITDI) de la Universidad Nacional de Ingeniería, la cual está basada en metodologías indirectas de estimación de vulnerabilidad como Benedetti y Petrini, Chang y Fema 154.

La evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones, usa parámetros físicos de exposición, fragilidad y resiliencia; y los agrupa de la siguiente manera:

Datos generales

- Tipo de suelo. - Pudiendo elegir entre roca, grava con bolonería, grava arenosa, arena, arcilla, o tierra de cultivo.
- Área de la edificación. – Se ingresa el área construida del primer piso.



- Número de habitantes de la edificación. – Cantidad de habitantes regulares en cada vivienda
- Uso de la edificación. – Pudiendo ser residencial, comercial, hospedaje, oficina, centro educativo u otro uso.

Aspectos estructurales

- Asesoramiento técnico. - La edificación se considera con Asesoramiento técnico cuando se construyó con asesoramiento técnico de profesionales (Ingenieros), y posee sus planos correspondientes.
- Sistema estructural. – Pudiendo ser adobe, albañilería confinada, pórticos de concreto armado o sistema dual de concreto armado.
- Año de la construcción. – Se consigna el año de construcción con la ayuda del propietario o habitante cooperante de la vivienda.
- Número de pisos. – Pudiendo ser de 1, 2, 3, 4 o 5 a más

Aspectos geométricos

- Irregularidad horizontal. – En una vivienda se puede presentar más de una irregularidad horizontal y estos pueden ser, irregular por esquinas entrantes cuando las dimensiones en planta de las esquinas son mayores al 20% de dimensión total, proporciones inadecuadas cuando una de las dimensiones en planta es mayor al triple de la dirección perpendicular, o discontinuidad del piso cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o aberturas o con áreas mayores al 50% del área total del piso.
- Irregularidad en altura. - En una vivienda se puede presentar más de una irregularidad en altura y estos pueden ser, irregular por geometría vertical cuando una de la dimensiones en planta es superior al 30% de una planta adyacente, o cuando la edificación está ubicada sobre una ladera, irregular piso blando cuando un piso tiene pocos muros estructurales (poca rigidez), en comparación de los niveles adyacentes, irregular en masa o peso cuando un nivel tiene un peso mayor al 50% del piso adyacente, por ejemplo piso con material aligerado o cargas excesivas concentradas.
- Cantidad de muros. – Pudiendo considerarse una vivienda con muchos muros cuando hay muros confinados en las dos direcciones de la vivienda, o con pocos muros cuando hay muros confinados solo en la dirección corta de la vivienda.



Aspectos constructivos

- Estado de conservación. – Pudiendo considerarse en Mal estado cuando presenta aberturas de mayores a 1 milímetro (grietas) en los muros, columnas, vigas o techos, en Regular estado cuando presenta aberturas menores a 1 milímetro (fisuras) en los muros, columnas, vigas o techos, o en Buen estado cuando no presenta aberturas (grietas o fisuras).
- Separación entre edificaciones. – Pudiendo elegir entre menos de 5 cm, entre 5 y 10 cm, más de 10 cm o desconocido.
- Elementos no estructurales. – Pudiendo elegir entre Muros no arriostrados cuando los muros de las viviendas no están unidos (arriostrados) a vigas y columnas para evitar su colapso, o Muros arriostrados cuando los muros de las viviendas están amarrados (arriostrados) a vigas y columnas para evitar su colapso
- Presencia de techo inclinado. – Considerando vulnerables a las viviendas con techo inclinado debido a que cuando una edificación tiene un techo inclinado como un techo a dos aguas, la zona del muro sobre el cual se apoya el techo está propensa a colapsar cuando ocurra un sismo.

La información de cada parámetro se debe toma en campo de manera rigurosa con la participación de los habitantes de cada vivienda, una vez llenada la encuesta virtual respondiendo a todos los parámetros obtendremos el nivel de vulnerabilidad.

Las viviendas se clasifican en cuatro categorías en cuanto a daños y seguridad de los ocupantes frente a un sismo: viviendas con baja vulnerabilidad, media vulnerabilidad, alta vulnerabilidad y vulnerabilidad sísmica muy alta.

2.2.7 Riesgo

Para el CENEPRED, Riesgo es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.

El enfoque de las ciencias aplicadas según Davis, 1978 define al riesgo en función al peligro y la vulnerabilidad.

$$R_{ie} = f(P_i, V_e) \quad (3)$$



R_{ie} : Riesgo.

f : Funcion.

P_i : Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t .

V_e : Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

Del mismo modo para Carreño et al 2005 “el riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada”.

2.2.7.1 Riesgo sísmico

Para Bonett 2003 “El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de un tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica”. Del mismo modo Kuroiwa (2002) define al riesgo sísmico “como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico”.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

El nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - cusco - 2022, es alto.

2.3.2 Sub hipótesis

Sub hipótesis N°1

El nivel de peligro sísmico en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, es alto.



Sub hipótesis N°2

El nivel de la vulnerabilidad sísmica en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, es alto.

2.4 Definición de variables

Variable N° 1 - Riesgo sísmico.

Para Bonett 2003 “El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de un tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica”. Del mismo modo Kuroiwa (2002) define al riesgo sísmico “como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico”.

En la presente investigación se estima el nivel de riesgo en base al nivel de peligro y nivel de vulnerabilidad.

Variable N° 2 – Características sísmicas del sismo cortical

Los sismos corticales se caracterizan por tener periodos más largos de recurrencia (miles de años) al mismo tiempo producen sismos de magnitudes moderadas y profundidades menores es por lo último que pueden tener una peligrosidad significativa. Santibáñez (2015)

2.4.1 Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 2

Matriz de consistencia

Variable	Numero	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
Riesgo Sísmico	Variable 1	Para Bonett 2003 “El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de un tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica”.	Nivel de peligro medido en función del valor del PGA	Peligro sísmico	Valor PGA (Aceleración máxima del suelo) VS30 Magnitud sísmica Hipocentro
			Nivel de vulnerabilidad medido en función del Índice de vulnerabilidad	Vulnerabilidad sísmica	Índice de vulnerabilidad se medirá en función de los siguientes parámetros: Tipo de suelo, Asesoramiento técnico, sistema estructural, Antigüedad, número de pisos, irregularidad en planta, irregularidad vertical, densidad de muros, estado de conservación, separación colindante, elementos no estructurales, presencia de tímpanos y revestimiento pesado.
Características sísmicas del sismo cortical	Variable 2	Los sismos corticales se caracterizan por tener periodos más largos de recurrencia (miles de años) al mismo tiempo producen sismos de magnitudes moderadas y profundidades menores es por lo último que pueden tener una peligrosidad significativa. Santibáñez (2015)	Características sísmicas del sismo cortical medidas en función a las características de la falla	características de la falla Zurite-Huarocondo	Dirección buzamiento Dirección Distancia de ruptura Tipo de falla



Capítulo 3: Metodología

3.1 Metodología de la Investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación

La investigación es cuantitativa debido a que se busca valorar cuantitativamente el peligro sísmico a través de los valores de PGA, y la vulnerabilidad de las viviendas por medio de parámetros medibles, con el propósito de determinar el riesgo sísmico en función a las características sísmicas de un sismo cortical.

Para Hernández, Fernández y Baptista, (2014) el enfoque cuantitativo, es un proceso en el que se analiza la realidad objetiva, caracterizándose por ser secuencial y probatorio. En dicho enfoque se usa la recolección de datos para verificar y sacar conclusiones con respecto a la hipótesis formulada previamente, apoyados de la medición numérica y el análisis estadístico de las variables en estudio.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

La investigación es descriptiva debido a que se busca únicamente medir y recoger información de manera independiente sobre las variables planteadas: Riesgo sísmico y características sísmicas del sismo cortical.

Este tipo de estudios busca describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; es decir como son y de qué manera se manifiestan. Consideran al fenómeno estudiado, miden conceptos y se definen variables, Hernández et al. (2014).

3.1.3 Método de investigación

El Método que se usará es el Hipotético - Deductivo porque se iniciara con la observación del fenómeno a estudiar posteriormente se planteará una hipótesis general e hipótesis específicas de las que se sacaran conclusiones para finalmente comprobar la verdad de los enunciados a través de análisis cuantitativos del Riesgo Sísmico en la Margen derecha del río Izcuchaca en el sector de Lluscanay, distrito y provincia de Anta – Cusco.

3.2 Diseño de la investigación



3.2.1 Diseño metodológico

El tipo de investigación es **no experimental – transversal** pues las variables de estudio se miden sin manipularlas desarrollándose en un lapso determinado de tiempo.

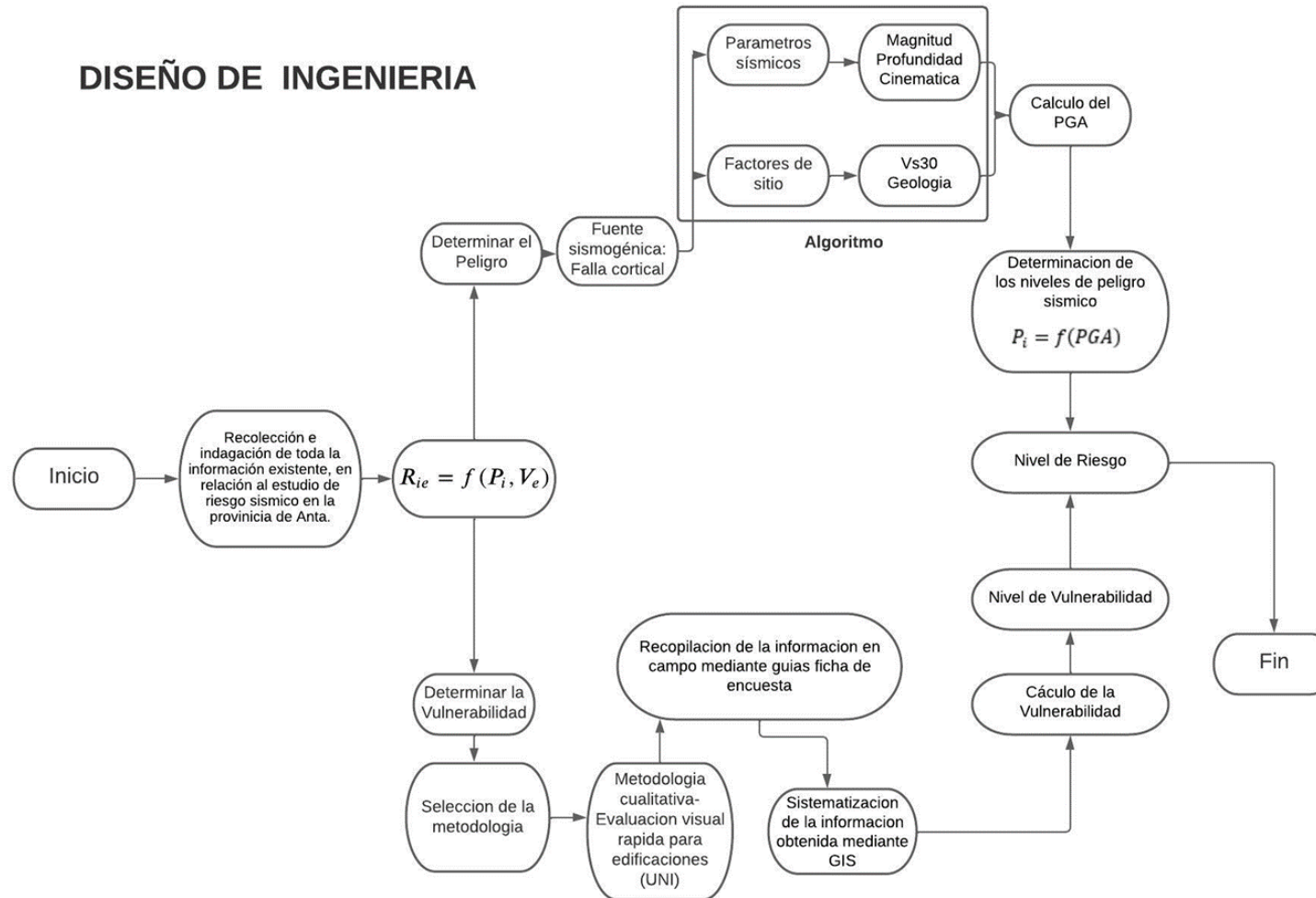
3.2.2 Diseño de ingeniería

El diseño de ingeniería comprende tres etapas: Determinación del peligro, vulnerabilidad y riesgo. Se detalla cada uno a continuación:



Figura 11

Diseño de ingeniería





3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

La población de la presente investigación son los predios ubicados en la margen derecha del río Izcuchaca sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

El sector consta de 195 viviendas, 97 viviendas de adobe y 98 viviendas de concreto armado repartidas en un área de 34 hectáreas.

3.3.2 Muestra

Se optó por trabajar con todos los elementos de la población ya que se desea conocer el riesgo, peligro y vulnerabilidad de cada vivienda por lo tanto la muestra es igual a la población.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

- Encuesta virtual de evaluación de vulnerabilidad sísmica
- Registro digital del ensayo de prospección geofísica MASW

3.4.2 Instrumentos de ingeniería

AutoCAD

Software de ingeniería utilizado principalmente para la representación y diseño de elementos en 2D o 3D.

Agisoft

Software utilizado en el post procesamiento de las imágenes, utilizado para la restitución fotogramétrica o en la creación de modelos 3D con el objetivo de ser llevados a aplicaciones SIG.



Qgis

Es un software de Sistema de Información Geográfica que facilita la visualización, creación y análisis de elementos de carácter geoespacial.

Microsoft Excel

Software de hojas de cálculo que permite organizar y analizar la información

Drone

Vehículo aéreo no tripulado de un peso de aproximado de 1.5 kg que se utiliza en la ingeniería para el levantamiento topográfico de grandes áreas y que se complementa con sensores RGB (para obtención de datos geoespaciales), Sensores LIDAR (para la obtención de nube de puntos) o Sensores multiespectrales (para la obtención de múltiples bandas de color).

Spyder

Es un editor IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) es una herramienta que brinda un entorno de programación integral, se utiliza principalmente en desarrollo de software.

Seislmager

Software de modelado 2D e interpretación de refracción totalmente integrado que se ejecuta en su sismógrafo.

Sismógrafo (Geode)

Instrumento de ingeniería utilizado para medir movimientos sísmicos por medio de un sensor conectado a un sistema de registro.

Geófonos

Dispositivo usado en la prospección geofísica que detecta la velocidad de terreno producida por las ondas sísmicas, transformando el movimiento en impulsos eléctricos.

Cable de refracción

Cable que conecta los geófonos y transmite los datos al sistema de registro sísmico.

GPS submétrico



Sistema de satélites que se usa para obtener la localización de un punto en la superficie terrestre (Receptor).

3.5 Procedimiento de recolección de datos

3.5.1 Recopilación de planos y mapas de la provincia de Anta para la delimitación del área de estudio.

En base al convenio marco de cooperación interinstitucional entre la Universidad Andina del Cusco y municipalidad provincial de Anta se organizaron mesas técnicas con la oficina de ordenamiento territorial de la municipalidad provincial de Anta, en las cuales se solicitó a los funcionarios el Plan de Acondicionamiento Territorial de la provincia de Anta, - documento de diagnóstico y propuesta (teórico cartográfico) del componente de gestión de riesgo de desastres, también se solicitó mapas de distribución distrital por sectores, manzanas, lotes, habilitación urbana y catastro en formatos *pdf* y *dwg*.

Figura 12

Coordinación sobre los archivos existentes en la municipalidad de Anta





Figura 13

Reunión con geólogo especialista en GRD



Nota. Reunión con geólogo especialista en GRD y equipo técnico de la municipalidad para la presentación e intercambio de ideas en relación al proyecto de investigación de riesgo por sismo.

La toma de datos para la presente sección se detalla a continuación:

- Plano catastral distrital de Anta en formato *dwg*.
- Mapa de distribución distrital de Anta por sectores en formato *shape* y *pdf*.
- Mapa de distribución distrital de Anta por manzanas en formato *shape* y *pdf*.
- Mapa de distribución distrital de Anta por lotes en formato *shape* y *pdf*.
- Mapa de habilitación urbana del distrito de Anta en formato *shape* y *pdf*.
- Documento de diagnóstico y propuesta teórica - cartográfico del componente de gestión de riesgo de desastres – Plan de Acondicionamiento Territorial de Anta 2019 – 2039.

Figura 14

Mapa de distribución distrital de Anta por sectores, donde podemos distinguir el sector

Lluscanay



Con la información brindada por la municipalidad se determinó el sector de Lluscanay como área de estudio, principalmente porque está considerada recientemente como zona de crecimiento urbano a pesar de haber sido una zona agrícola en la cual se cultivaba maíz y desde el punto de vista técnico e ingenieril el sector no es el más idóneo para una expansión urbana debido a las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Dentro del sector Lluscanay se delimitó en la margen derecha del río Izcuchaca cuatro manzanas hacia adentro con respecto a la vía asfaltada, debido que solo hasta este punto se verificó en campo que existían viviendas habitadas.



Figura 15

La delimitación del área de estudio se realizó con el software Google Earth



Nota. Adaptado de Google Earth. (2005). Google LLC. Software. Google LLC.

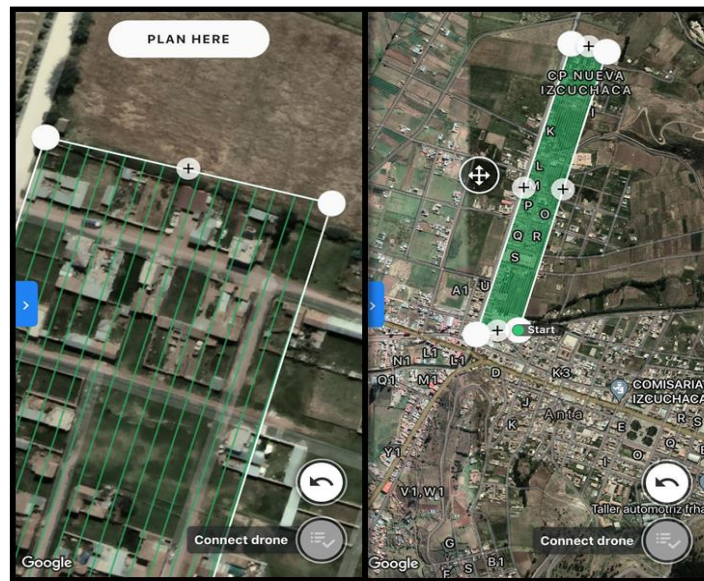
3.5.2 Recolección de datos geospaciales por medio de fotogrametría

Usando equipos como el dron modelo Phantom 4 Pro que cuenta con cámara de 20 megapíxeles y con el área de estudio delimitada se procede a realizar un levantamiento fotogramétrico con el objetivo de obtener una ortofotografía actualizada del área de estudio con el fin la actualización del catastro.

Inicialmente se realizó el diseño del plan de vuelo con el Software Dronedeploy, teniendo en cuenta los parámetros de vuelo necesarios como área, altura de vuelo, porcentaje de traslape de las fotografías, dirección de vuelo, velocidad de vuelo y número de baterías necesarias para obtener el resultado deseado.

Figura 16

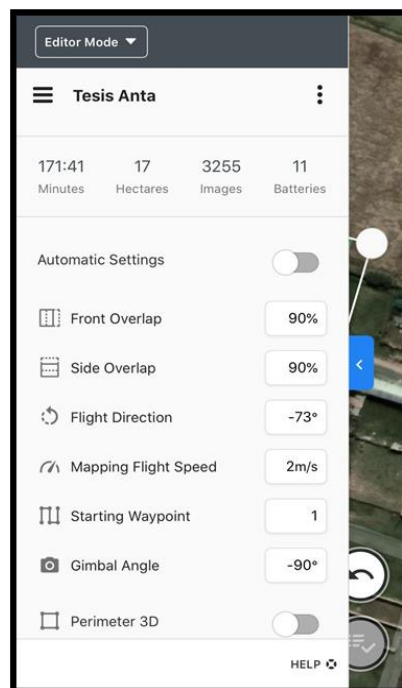
Polígono y waypoints delimitadores del vuelo del RPAS



Nota. Capturas tomadas de la app Dronedeployd

Figura 17

Parámetros de vuelo en el software de planeamiento de vuelo y captura de imágenes DroneDeploy



Nota. Capturas tomadas de la app Dronedeployd

Antes de realizar los vuelos con dron, se procedió a marcar puntos de control con los que en post proceso se mejoró la georreferenciación del modelo de la zona de estudio, gracias a la fotogrametría.

Las marcas se hicieron con yeso, se formó en el suelo las equis de aproximadamente un metro de por cada línea. El objetivo es estas marcas es ser distinguidas en las fotografías que tomara el dron en su vuelo programado.

Figura 18

Levantamiento de puntos de control con GPS para el posterior marcado de los puntos



Tabla 3

Puntos de control marcado en tierra para la georreferenciación de la ortofoto

Descripción	Zona	Este	Norte	Altitud
1	18 L	808701	8510082	3339
2	18 L	808779	8510323	3337
3	18 L	808915	8510283	3338
4	18 L	808956	8510460	3338
5	18 L	808986	8510568	3340

Una vez en campo se procedió a verificar que las condiciones climáticas sean favorables, y en seguida posicionar el RPAS en el punto de despegue para luego de una evaluación de riesgos operativos ejecutar el plan de vuelo antes diseñado.



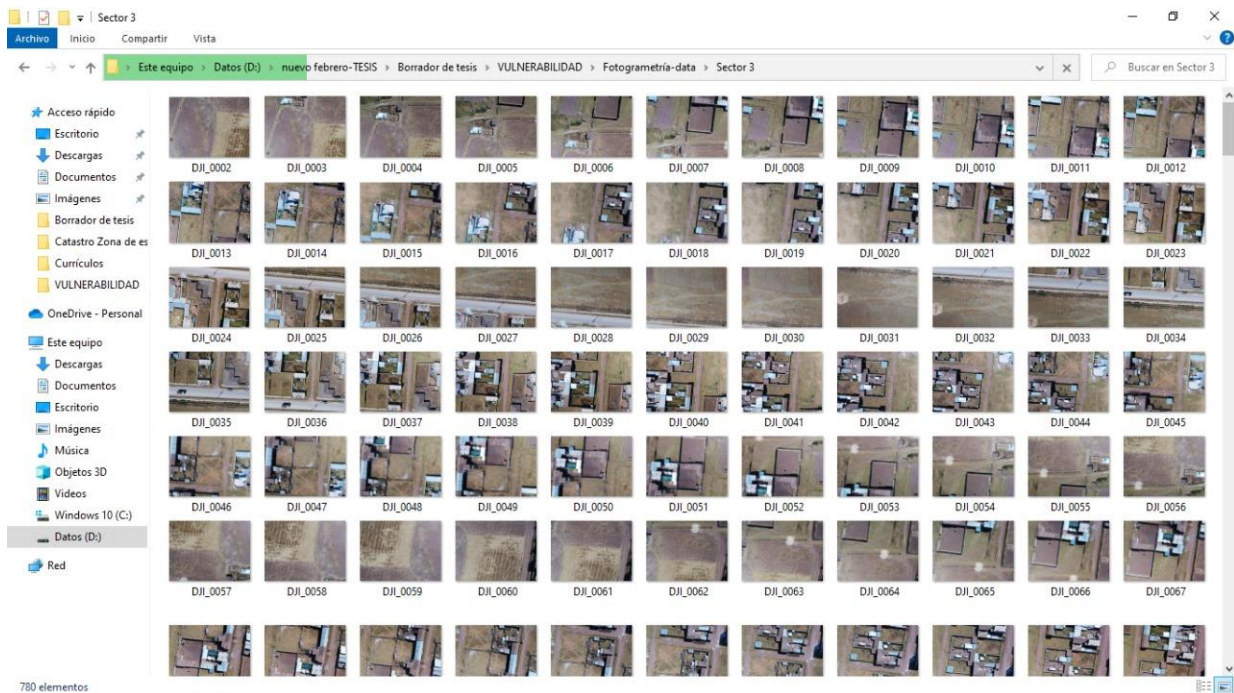
Figura 19

Configuración preliminar para iniciar con el vuelo



Figura 20

Fotografías georreferenciadas obtenidas del levantamiento fotogramétrico.





Las fotografías logradas tras los vuelos del DRONE se extrajeron de este y se almacenaron en un directorio, contabilizando así un total de 1676 Fotografías fuente del sector Lluscanay, provincia y distrito de Anta.

3.5.3 Identificación y caracterización de la Falla

Se procedió a identificar las fallas geológicas cercanas al área de estudio dentro del Sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani (SFZCUS).

De acuerdo a la bibliografía revisada se identificó la falla de Zurite-Huarocondo como las de mayor influencia en el área de estudio debido a su cercanía y su capacidad sismogénica.

Finalmente, se colectó los datos de dirección, tipo, longitud y magnitud en relación a la falla Zurite-Huarocondo.

Entre los datos obtenidos tenemos:

Archivo del segmento de la Falla de Zurite-Huarocondo en formato shape (.shp).

Características de la falla estudiada:

Figura 21

Se aprecia el escarpe principal de la falla Zurite-Huarocondo





Nota. Tomada de “Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región del Cusco” (p. 49), por Benavente et al., 2013, Boletín N° 55 Serie C.

De acuerdo a Benavente et al 2013 se obtuvo los siguientes datos con respecto a la Falla Zurite-Huarocondo:

La falla Zurite-Huarocondo de acuerdo al tipo es una falla normal presenta una longitud de 55 km, también presenta un buzamiento de 70S y entre los escarpes de la falla se tienen desniveles desde los 6 hasta los 100 metros, debido a la migración del plano de falla. Por otra parte, también se menciona que las rupturas superficiales de la falla Zurite- Huarocondo están relacionadas a sismos superiores a los 6 grados de magnitud.

Tabla 4

Características de la falla Zurite-Huarocondo

Falla	Dirección	Tipo	Buzamiento	Longitud (Km)
Zurite-Huarocondo	N 100°E y 115° NE	Normal	70S	55

Nota. Adaptado de Benavente et al., 2013.

Por otra parte, también se recopiló de sobre los sismos ocurridos en el Cusco producto de la actividad de fallas corticales, basándose en profundidad hipocentral (<30 km) ver anexo N°1. A continuación, se presenta parte del registro instrumental e histórico del IGP sobre los sismos ocurridos en el Cusco producto de la actividad de fallas corticales, considerándose la magnitud y profundidad.

Tabla 5

Registro instrumental e histórico de sismos ocurridos en el Cusco con una profundidad < 30 km.

Fecha	Hora origen	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud (Ms, mb, ML, Mw)	Fuente
31/03/1650	07:00:00 p.m.	-13.5	-71.7	30	7.2	Tavera et al. (2010)
21/05/1950	06:37:40 p.m.	-13.5	72	15	6	Ericksen et al (1954)

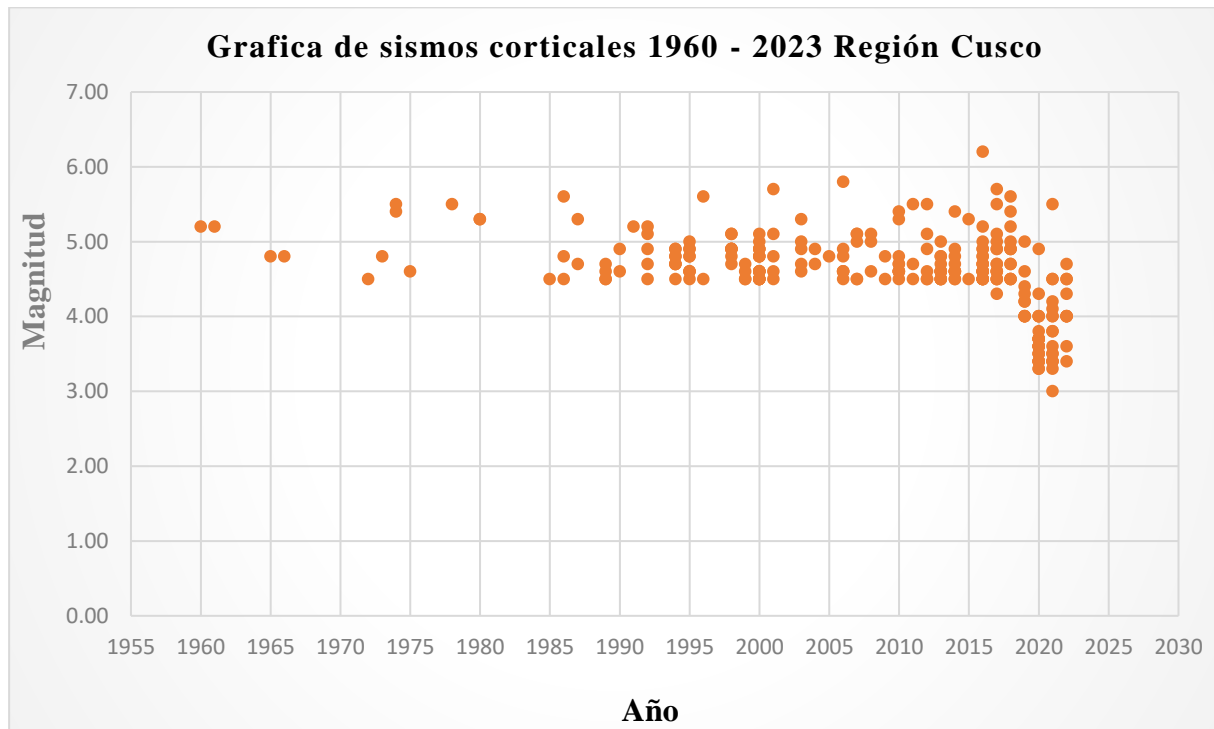


03/06/1980	07:17:38 p.m.	-13.37	-72.52	20	5	Ocola (1982)
05/04/1986	08:13:28 p.m.	-13.51	-72.03	7	5.3	Huaco-P et al. (1986)
21/10/1986	17:19:47 p.m.	-13.48	-72.21	36	4.9	Centro Sismológico Nacional
02/07/2009	06:10:54 p.m.	-13.56	-72.25	4	4.5	Centro Sismológico Nacional
30/12/2013	07:13:19 p.m.	-13.4	-72.35	34	4.6	Centro Sismológico Nacional
28/09/2014	02:35:20 a.m.	-13.78	-71.87	6	5.1	Tavera et al. (2014)
25/10/2018	01:03:38 a.m.	-14.04	-71.87	20	4	Centro Sismológico Nacional
20/12/2018	10:35:27 a.m.	-14.44	-71.25	11	3.2	Centro Sismológico Nacional
10/03/2021	05:57:01 a.m.	-14.36	-71.34	11	4.2	IGP/CENSIS/RS 2021-0132
17/06/2021	03:27:49 a.m.	-13.72	-71.99	12	4	IGP/CENSIS/RS 2021-0351
09/10/2021	07:20:41 p.m.	-11.73	-71.78	21	5.5	IGP/CENSIS/RS 2021-0654
10/10/2021	10:05:30 a.m.	-11.81	-71.67	10	4.5	IGP/CENSIS/RS 2021-0662
14/10/2021	09:51:45 p.m.	-12.98	-71.5	13	4.1	IGP/CENSIS/RS 2021-0674
30/10/2021	11:45:18 p.m.	-11.94	-71.8	11	4	IGP/CENSIS/RS 2021-0699

Nota. Adaptado del Portal IGP (s/f)

Figura 22

Grafica de sismos corticales 1960 - 2023 Región Cusco



Nota. Adaptado de la base de datos obtenida del portal del IGP (s/f)

3.5.4 Obtención de Vs30 por medio de ensayo MASW

Para determinar el VS30, se desarrolló en Lluscanay Anta el Análisis Multicanal de ondas de superficie (MASW), un método geofísico que utiliza la propagación de ondas de superficie para realizar un perfil del subsuelo, cuyo resultado es un perfil de 20 a 60 metros de profundidad de la velocidad de onda de corte del subsuelo.

Para el ensayo MASW en Anta se utilizó el Sismógrafo Geode de 24 canales de la marca Geometrics.



Figura 23

Equipo instalado en campo.



Se colocaron los geófonos a 3 metros de distancia, conectados al cable de refracción y georreferenciación de los mismos. Se realizó un tendido de 69 metros

Figura 24

Instalación del equipo para el ensayo MASW



Figura 25

Colocación de geófonos en el suelo y el cable de refracción



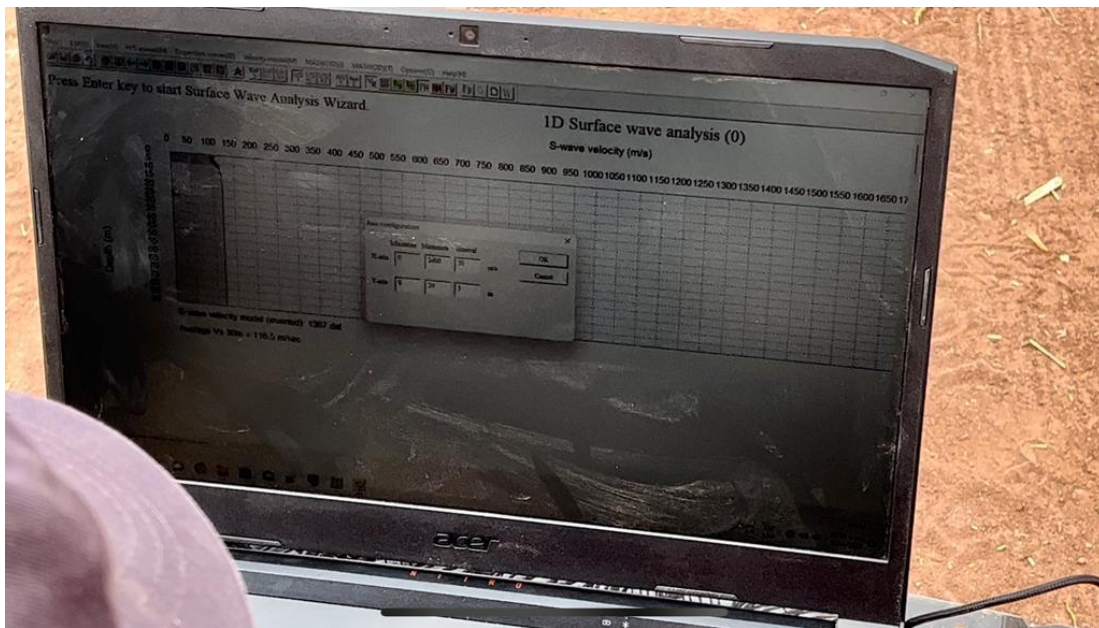
Figura 26

Golpes para generar las ondas Rayleigh



Figura 27

Software Seislmager de procesamiento de ensayo MASW



3.5.5 Recopilación de datos por medio de la encuesta de vulnerabilidad sísmica.

En primer lugar, se vio por conveniente socializar el trabajo de campo a realizar con el presidente de la comunidad. Luego se procedió a encuestar cada vivienda en el sector que previamente había sido identificada y codificada gracias a la ortofotografía obtenida del trabajo fotogramétrico, las encuestas fueron realizadas con ayuda de los propietarios en muchos casos y en algunos se tuvo que tomar la información por otros medios como vecinos y gente socialmente activa en la comunidad.

También se verificó en campo que cierta cantidad de casas identificadas antes en gabinete, eran solo cercos perimétricos techados deshabitados y casas un desuso.

Para la recopilación de información de las viviendas se consideró los parámetros establecidos en la encuesta de vulnerabilidad ([Encuesta Vulnerabilidad Sísmica UNI - CERESIS](#)) sísmica añadiendo el parámetro de revestimiento pesado por recomendación de los técnicos especialistas encargados del desarrollo de la plataforma.



Figura 28

Levantamiento de información de los ocupantes de las viviendas



Figura 29

Levantamiento de información en campo sobre las características físicas de las viviendas





Figura 30

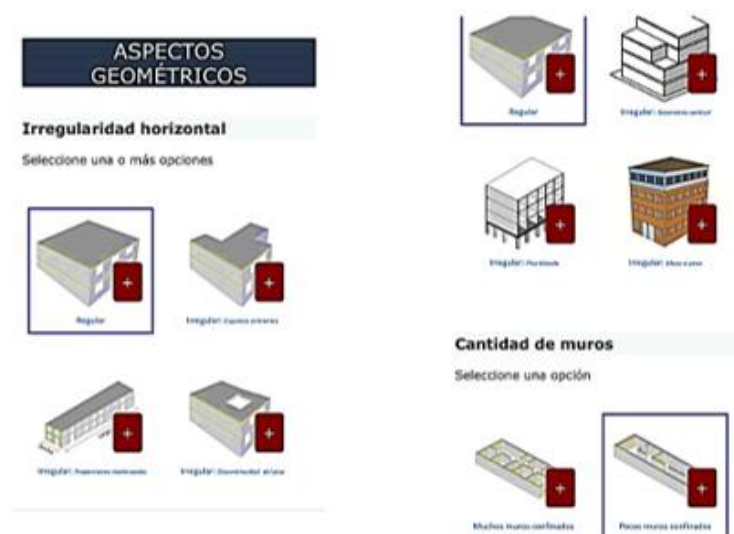
Levantamiento de información ingresando a las viviendas.



Usando la plataforma de vulnerabilidad sísmica propuesta por el CERESIS, UNI y el CITDI se recopiló información de las características físicas observables de las viviendas del sector de la margen derecha del río Izcuchaca, sector Lluscanay.

Figura 31

Registro de las características de las viviendas en la plataforma



Nota. Tomado de la Plataforma virtual de vulnerabilidad sísmica de Edificaciones CERESIS



Figura 32

Registro de las características de las viviendas en la plataforma

Presencia de techo inclinado
Seleccione una opción

SI NO

Separación entre edificaciones
Desconocido

Elementos no estructurales
Seleccione una opción

Muros no armados Muros armados

No soy un robot 
validation.captcha
GUARDAR ENCUESTA

Nota. Tomado de la Plataforma virtual de vulnerabilidad sísmica de Edificaciones CERESIS

Figura 33

Vista perspectiva y vista en planta de la vivienda número 161





3.6 Procedimiento de análisis de datos

3.6.1 Procesamiento de fotografías georreferenciadas

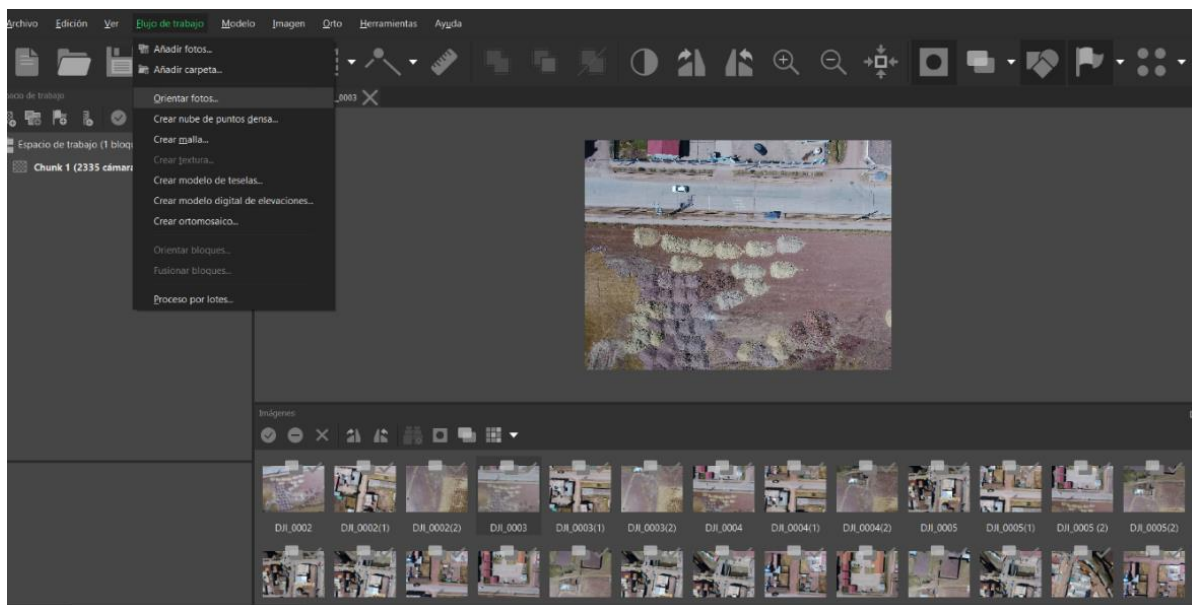
Una vez que se verificó la calidad de las fotografías georreferenciadas, obtenidas en el vuelo que previamente se hizo con el drone (RPAS), se utilizó el procedimiento conocido como “Restitución fotogramétrica” para la generación de los insumos cartográficos que servirían principalmente en el estudio de la vulnerabilidad.

Tanto la Ortografía georreferenciada como el modelo digital de elevaciones (DEM) fueron necesarios entre sí para la obtención de la información cartográfica de la zona, debido a que con la ortofoto tenemos una representación planimétrica fiel de la zona de estudio, y complementariamente con la ayuda del modelo digital de elevaciones (MDE) se obtuvo detalle altimétrico.

En seguida se presentan capturas del proceso de restitución fotogramétrica con el software AgiSoft.

Figura 34

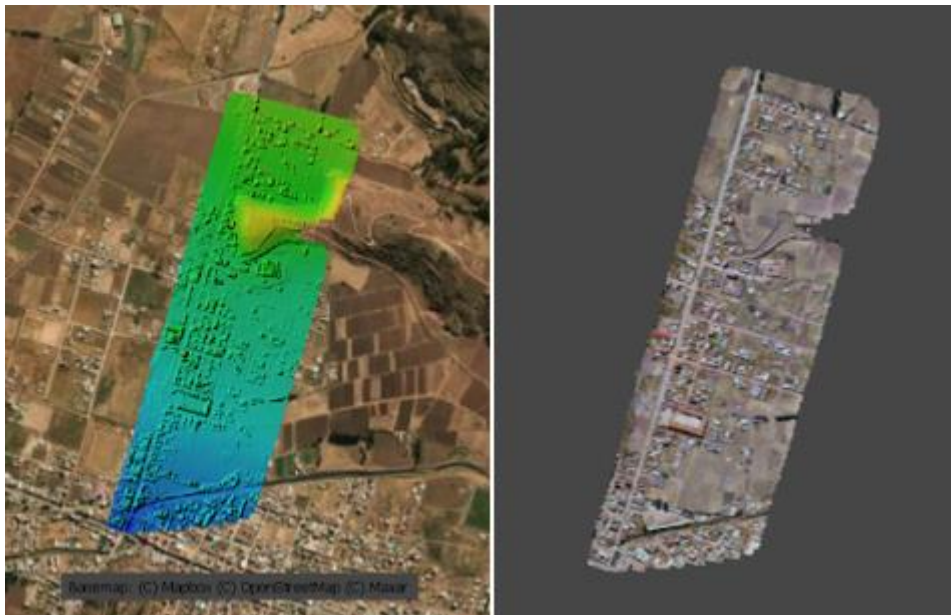
Importación, creación de nube de puntos y orientación de las imágenes fuente.



Siguiendo con el procesamiento se activó en la barra de menús del software Agisoft la función crear modelo digital de elevaciones, integrando de esta forma las imágenes fuente acorde a sus elevaciones y traslapes en un modelo digital de elevaciones.

Figura 35

Modelo digital de elevaciones y generación del ortomosaico respectivamente

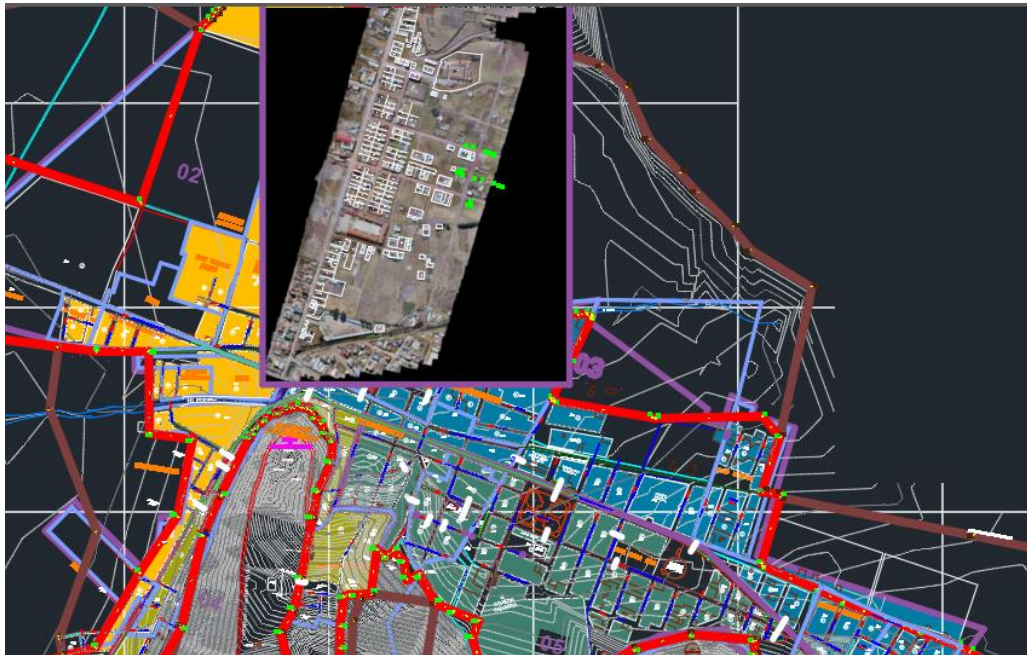


Posteriormente en la pestaña “flujo de trabajo” en la opción “crear ortomosaico” se creó el producto de imagen georeferenciada y ortorectificada o también llamada ortofoto del sector Lluscanay.

La ortofotografía fue exportada del software de restitución fotogramétrica Agisoft Matashape en formato *tiff*, ya que este formato es soportado tanto por el programa AutoCAD como por el software Qgis y Arcmap, programas que fueron usados en el manejo de la información geográfica.

Figura 36

Actualización del catastro de la zona de estudio



Con la ortofotografía en el *software Qgis* se poligonizó cada vivienda presente en el sector de estudio para tener mejor manejo de la información y extraer datos como las áreas y codificación de las viviendas

Tabla 6

Análisis de la regularidad en planta de las viviendas

id	Manz.	Área (m ²)	Esquinas entrantes	Proporciones inadecuadas
1	a	82		
2	a	96.209	Sí	
3	a	65.085	Sí	
4	a	47.182		
5	a	36.091		
6	a	43.265		SÍ
7	a	108.409		
8	a	40.281	Sí	
9	a	150.685		
10	a	110.347		Sí
11	a	50.642		
12	a	53.129		
13	a	64.015		
14	a	111.742		



15	a	71.499		
16	a	47.524		Sí
17	a	288.846		
18	a	176.134		
19	a	64.589		
20	a	44.418		
21	a	152.98	Sí	
22	a	101.877		
23	a	59.284	Sí	
24	a	166.806	Sí	
25	a	70.607		
26	a	137.449	Sí	Sí
27	a	97.353		Sí
28	a	86.778		Sí
29	a	66.957		
30	a	96.993		Sí
31	a	51.814		
32	a	42.331		

Se contabilizaron un total de 195 viviendas familiares distribuidas en 24 manzanas las cuales fueron codificadas y clasificadas de acuerdo a su distribución en planta para determinar irregularidades como esquinas entrantes, Proporciones inadecuadas de acuerdo a la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para evitar que el efecto de los aleros distorsione la medición en planta de esquinas entrantes en las viviendas nos apoyamos en visitas a campo.



Figura 37

Codificación de viviendas del sector de Lluscanay



Nota. Solamente se consideraron como objeto de evaluación las viviendas que efectivamente estaban habitadas, excluyéndose talleres, almacenes y casas en abandono verificándose en campo.

3.6.2 Análisis de la fuente sismogénica

Utilizando el software Qgis 3.18 y teniendo como capa activa la vista satelital de Google Earth, se importó el archivo del segmento de falla Zurite-Huarocondo en formato *shape* obtenido de la plataforma del INGEMMET.

Para este caso se utilizó únicamente el segmento este (entre Huarocondo y Huertahuayco) debido a que en este segmento se observa desplazamiento reciente en la geomorfología, criterio tomado por los especialistas para determinar una falla geológica activa (Benavente et al. 2013).

Figura 38

Ubicación de la falla respecto al área de estudio.



En la figura 3-27 se aprecia la ubicación de la falla Zurite-Huarocondo con respecto a la zona de estudio. Siendo 12 km la distancia aproximada entre ambas.

Debido a que se busca obtener información del PGA en Anta, para el estudio se consideró un segmento de la falla más próximo al sector estudiado de 20.2 km.

Wells, D.L. & Coppersmith, K.J. (1994) en su estudio desarrollan relaciones empíricas entre características geométricas de las fallas y características de los sismos en 244 sismos ocurridos en todo el mundo, como resultado podemos resaltar que las regresiones logarítmicas lineales entre la magnitud del terremoto y la longitud de ruptura están particularmente mejor correlacionadas expresando desviaciones estándar entre 0.25 a 0.35 unidades de magnitud.



Figura 39

Relación empírica entre la magnitud máxima y la longitud de ruptura superficial

Equation*	Slip Type†	Number of Events	Coefficients and Standard Errors		Standard Deviation s	Correlation Coefficient r	Magnitude Range	Length/Width Range (km)
			a(sa)	b(sb)				
$M = a + b * \log (SRL)$	SS	43	5.16(0.13)	1.12(0.08)	0.28	0.91	5.6 to 8.1	1.3 to 432
	R	19	5.00(0.22)	1.22(0.16)	0.28	0.88	5.4 to 7.4	3.3 to 85
	N	15	4.86(0.34)	1.32(0.26)	0.34	0.81	5.2 to 7.3	2.5 to 41
	All	77	5.08(0.10)	1.16(0.07)	0.28	0.89	5.2 to 8.1	1.3 to 432
$\log (SRL) = a + b * M$	SS	43	-3.55(0.37)	0.74(0.05)	0.23	0.91	5.6 to 8.1	1.3 to 432
	R	19	-2.86(0.55)	0.63(0.08)	0.20	0.88	5.4 to 7.4	3.3 to 85
	N	15	-2.01(0.65)	0.50(0.10)	0.21	0.81	5.2 to 7.3	2.5 to 41
	All	77	-3.22(0.27)	0.69(0.04)	0.22	0.89	5.2 to 8.1	1.3 to 432
$M = a + b * \log (RLD)$	SS	93	4.33(0.06)	1.49(0.05)	0.24	0.96	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	50	4.49(0.11)	1.49(0.09)	0.26	0.93	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	24	4.34(0.23)	1.54(0.18)	0.31	0.88	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	167	4.38(0.06)	1.49(0.04)	0.26	0.94	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$\log (RLD) = a + b * M$	SS	93	-2.57(0.12)	0.62(0.02)	0.15	0.96	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	50	-2.42(0.21)	0.58(0.03)	0.16	0.93	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	24	-1.88(0.37)	0.50(0.06)	0.17	0.88	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	167	-2.44(0.11)	0.59(0.02)	0.16	0.94	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$M = a + b * \log (RW)$	SS	87	3.80(0.17)	2.59(0.18)	0.45	0.84	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	43	4.37(0.16)	1.95(0.15)	0.32	0.90	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	23	4.04(0.29)	2.11(0.28)	0.31	0.86	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	153	4.06(0.11)	2.25(0.12)	0.41	0.84	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$\log (RW) = a + b * M$	SS	87	-0.76(0.12)	0.27(0.02)	0.14	0.84	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	43	-1.61(0.20)	0.41(0.03)	0.15	0.90	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	23	-1.14(0.28)	0.35(0.05)	0.12	0.86	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	153	-1.01(0.10)	0.32(0.02)	0.15	0.84	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$M = a + b * \log (RA)$	SS	83	3.98(0.07)	1.02(0.03)	0.23	0.96	4.8 to 7.9	3 to 5,184
	R	43	4.33(0.12)	0.90(0.05)	0.25	0.94	4.8 to 7.6	2.2 to 2,400
	N	22	3.93(0.23)	1.02(0.10)	0.25	0.92	5.2 to 7.3	19 to 900
	All	148	4.07(0.06)	0.98(0.03)	0.24	0.95	4.8 to 7.9	2.2 to 5,184
$\log (RA) = a + b * M$	SS	83	-3.42(0.18)	0.90(0.03)	0.22	0.96	4.8 to 7.9	3 to 5,184
	R	43	-3.99(0.36)	0.98(0.06)	0.26	0.94	4.8 to 7.6	2.2 to 2,400
	N	22	-2.87(0.50)	0.82(0.08)	0.22	0.92	5.2 to 7.3	19 to 900
	All	148	-3.49(0.16)	0.91(0.03)	0.24	0.95	4.8 to 7.9	2.2 to 5,184

Nota. Adaptado de “New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement” (p. 990), por D. L. Wells & K. J. Coppersmith, 1994, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol 84, No. 4.

Del estudio mencionado se extrae la formula empírica que relaciona la magnitud máxima (M_w) y la longitud de ruptura superficial (SRL) para un tipo de falla con el objetivo se obtener la magnitud máxima con la siguiente expresión.

Falla normal:

$$M_w = 4.86 + 1.32 * \log (SRL) \quad (4)$$



Falla inversa: (5)

$$M_w = 5.00 + 1.22 * \log (SRL)$$

Falla rumbo: (6)

$$M_w = 5.16 + 1.12 * \log (SRL)$$

Para la falla Zurite-Huarocondo se usará la relación empírica que corresponde a una falla normal con una longitud de ruptura superficial de 20.2km. Por lo tanto, se obtuvo como magnitud máxima el valor de 6.58Mw.

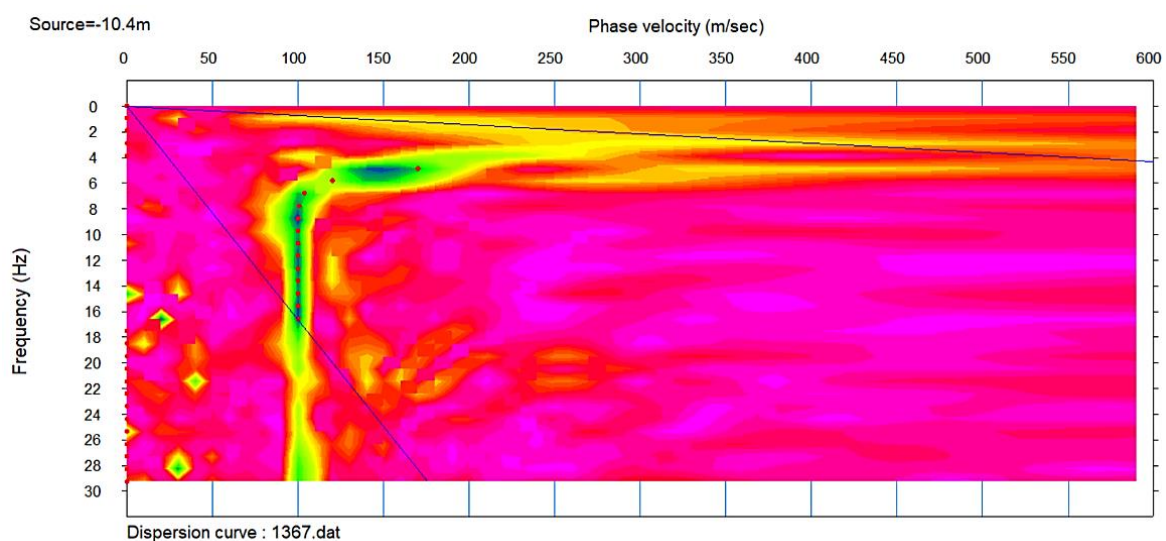
Para la elección del hipocentro se usó el valor de 7 km debido a que se encuentra entre los más críticos del registro instrumental e histórico.

3.6.3 Análisis de los valores obtenidos de los valores del ensayo MASW

Los datos obtenidos en el ensayo MASW realizado en LLuscanay Anta se procesaron en el software SeisImager/SW-1D, el cual se usa para la obtención de perfiles sísmicos unidimensionales de ensayos MASW

Figura 40

Curva de dispersión

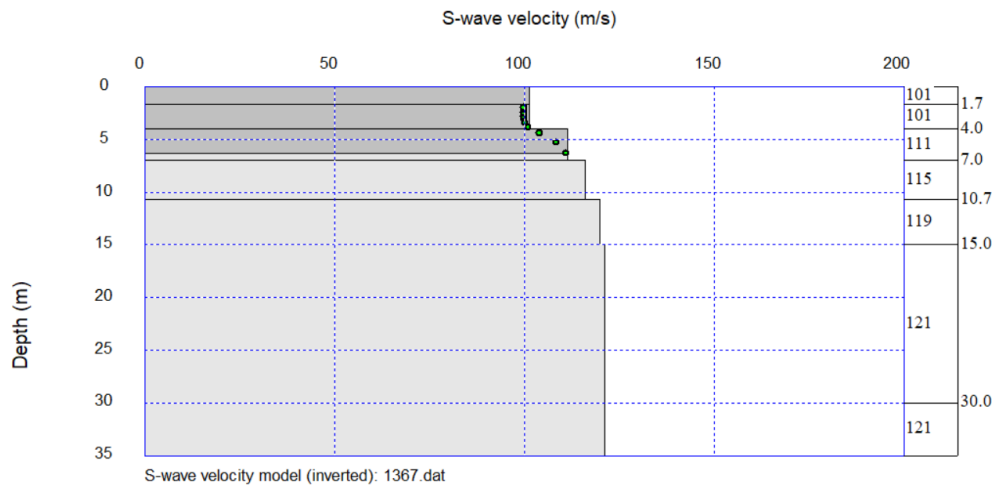


INGEMMET, datos obtenidos en campo 2022.



Figura 41

Modelo unidimensional de ondas de corte a 30 metros de profundidad.



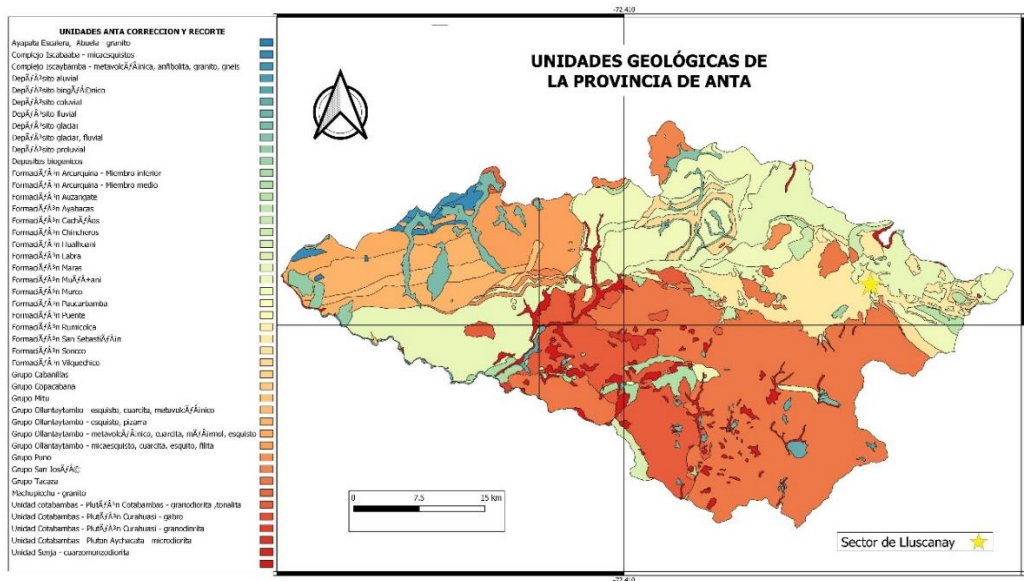
Nota. En el modelo unidimensional de ondas de corte a 30 metros se aprecia un promedio de 120.4 m/s. INGEMMET, datos obtenidos en campo 2022.

Del ensayo MASW se obtuvo un valor del vs30 de 120.4 m/s el cual fue asignado al polígono que representa la formación San Sebastián en el mapa de unidades geológicas obtenido por el INGEMMET,



Figura 42

Mapa de unidades geológicas de la provincia de Anta



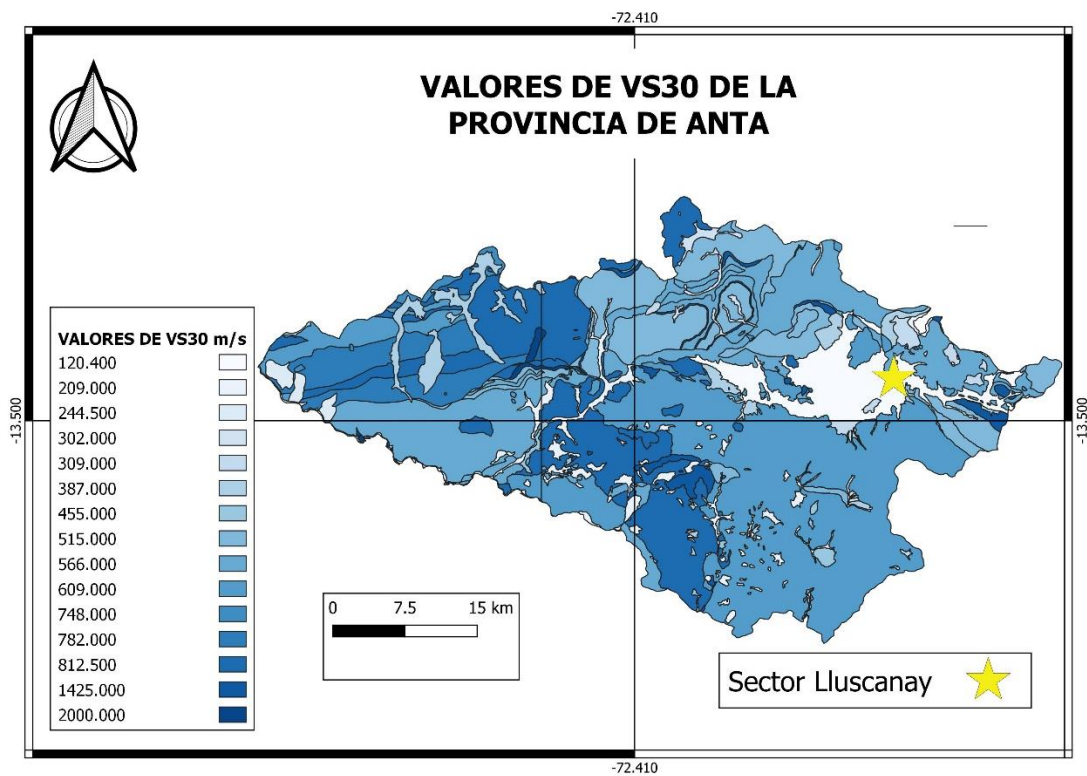
Nota. Adaptado del portal web del INGEMMET (2022)

De la misma manera se procedió a asignar valores de vs30 teóricos al resto de las unidades geológicas que pertenecen a la provincia usando la clasificación litológica vinculada a la velocidad media de ondas de corte (ver anexo n°1). Extraído de Benavente et al. (2017); recopilación de los estudios de Wills y Clahan (2006); Narciso et al. (2013) y Luzi et al. (2011)



Figura 43

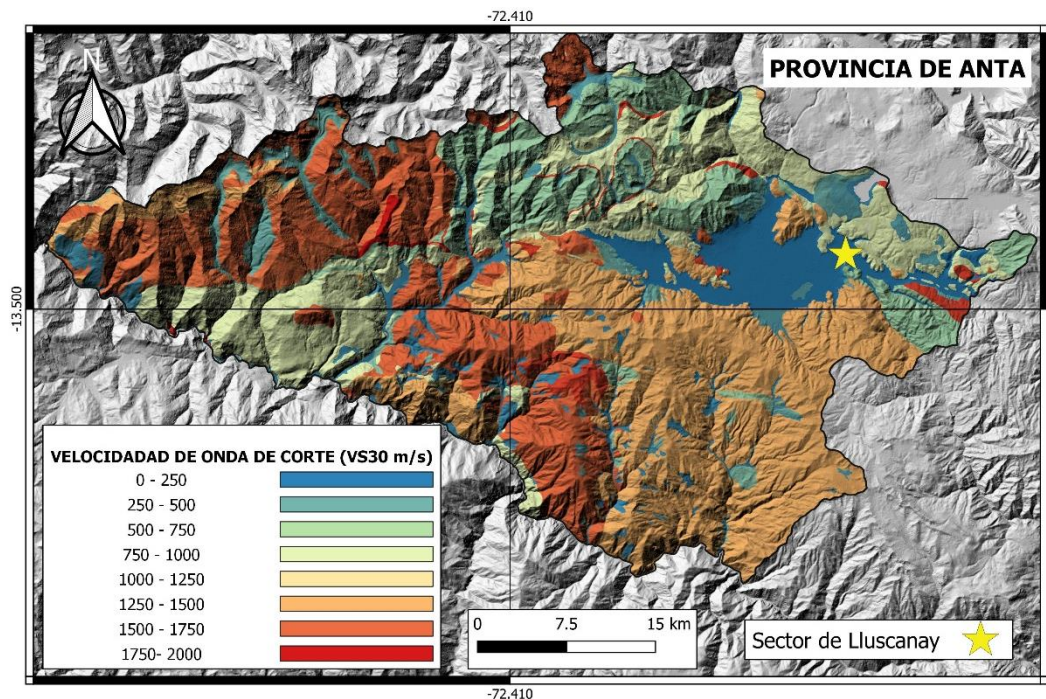
Mapa de vs30 vinculado a las unidades litológicas



luego en el software Qgis se rasterizó con la herramienta rasterizar (vectorial ráster) el mapa en celdas de 20 m por pixel, obteniendo una imagen ráster del Vs30.

Figura 44

Mapa de Vs30 de la provincia de Anta



3.6.4 Determinación y análisis del peligro por sismo (script)

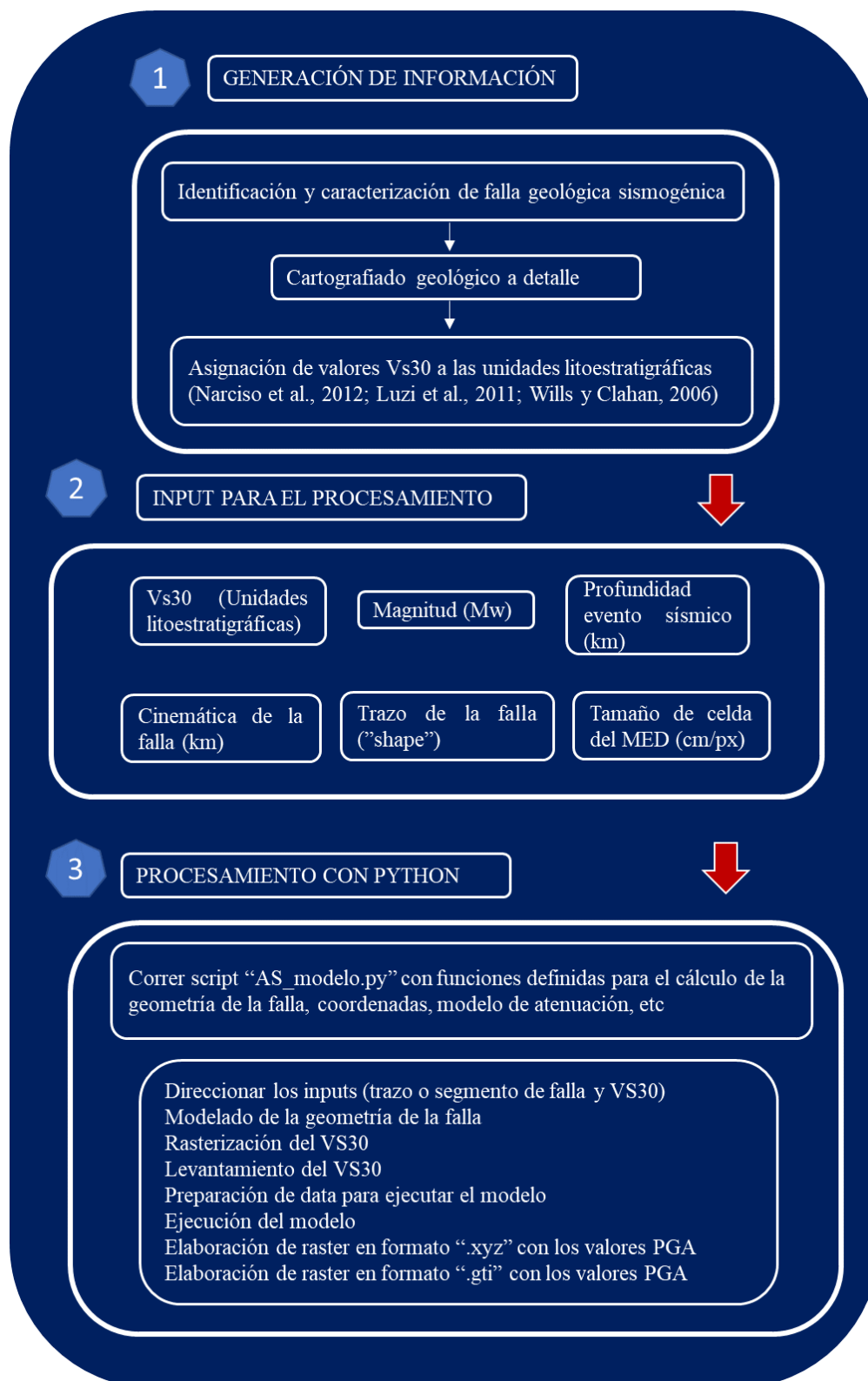
Se realizó la simulación de un escenario sísmico, utilizando un “script” desarrollado en lenguaje de programación Python haciendo uso del software “Spyder”. Este “script” fue desarrollado por el INGEMMET el cual fue presentado en el “XX Congreso Peruano de Geología – 2021”.

La metodología del Script está basada en la estimación del PGA siendo calculado en función a parámetros como: características geométricas de la fuente sismogénica, en este caso la falla geológica Zurite Huarco y parámetros del escenario sísmico simulado; parámetros que utiliza la ley de atenuación sísmica desarrollado en el Modelo matemático de Abrahamson y Silva 2008.

Inicialmente se corre el script AS08_modelo.py para la asignación de librerías y diccionarios.

Figura 45

Flujograma que ejecuta el Script para el cálculo del PGA

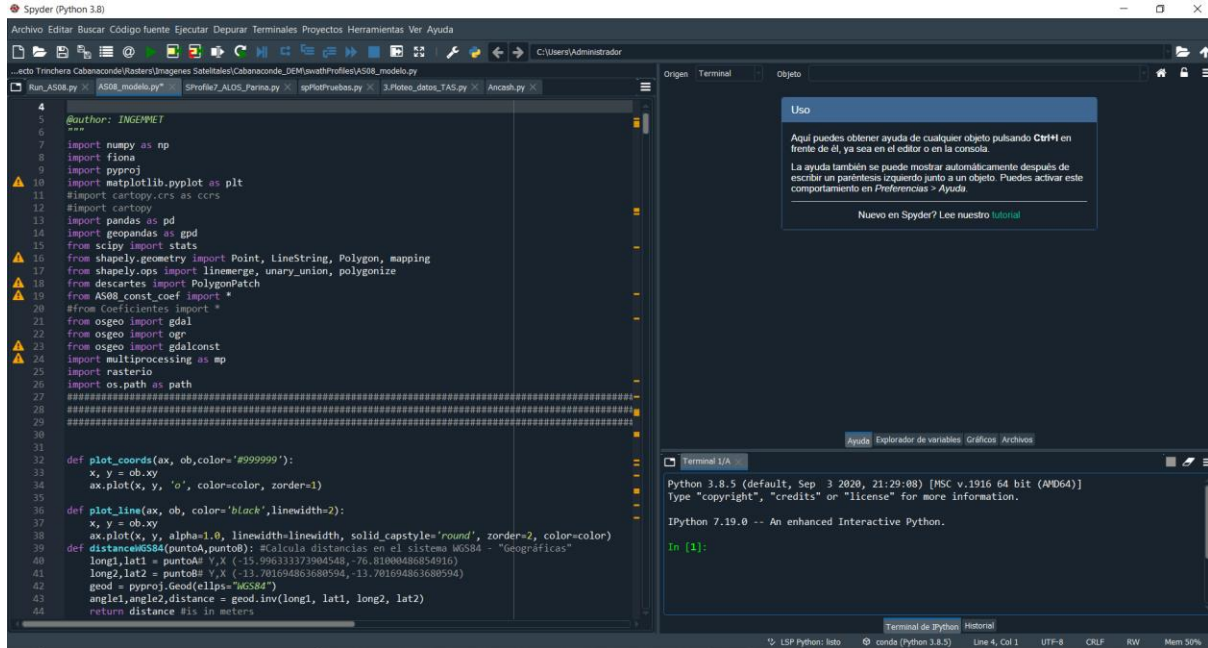


Nota. Tomado de "Automatización para la generación de mapas PGA con Python en estudios de fallas activas: Caso falla activa Parina" (p. 1), por García et al, 2021.



Figura 46

script AS08_modelo.py para la asignación de librerías y diccionarios para la ubicación espacial de los resultados



Posteriormente se corre el script Run AS08 para la ubicación espacial de los resultados y se asignan las rutas en el directorio y el formato de los archivos que formarán parte de los elementos necesarios para el modelamiento (figura X, figura X) como:

- Mapa de Vs30 en formato *shp*
- Mapa Vs30 en coordenadas *UTM*
- Delimitación de la falla Zurite-Huarocondo en formato *shp*
- Datos característicos de la falla Zurite-Huarocondo (factores condicionantes).
- Parámetros del sismo potencial (Método determinista)

Tabla 7

Parámetros relacionados al sismo de magnitud máxima

Parámetro	Valor	Observación
Magnitud del sismo (Mw)	6.8	En base al trabajo de Wells y Coppersmith quien asigna magnitudes máximas posibles de acuerdo a la longitud de la falla.
Hipocentro	7 km	Es la mínima profundidad mínima reportada en



la zona de estudio por el IGP

Tamaño de celda 20 m/ Valor elegido debido al tamaño del mapa base
del mapa raster pixel utilizado.

Figura 47

Script Run_AS08.py. Ingreso de librerías y parámetros para correr el modelo

```
1 #-*- coding: utf-8 -*-
2
3 Created on Sun Sep 22 08:30:31 2019
4
5
6
7
8 import matplotlib.pyplot as plt
9 import numpy as np
10 import pandas as pd
11 import AS08_modelo as as08
12 from tqdm import tqdm,tqdm_notebook
13 import multiprocessing as mp
14 import gdal
15
16 #
17 #Librerías necesarias
18 # conda install -c conda-forge -c landlab geopandas rasterio tqdm pyproj Fiona shapely descartes
19 # Si al momento de correr falta configurar algo, puedes apretar "Ctrl + C" para detener el proceso
20
21 ##### PATH O DIRECCIÓN A LOS ARCHIVOS NECESARIOS #####
22 FolderTrabajo = u'D:/Anta/UTM/'
23 shpVs30 = FolderTrabajo + 'Vs30.shp'
24 FolderFallas = FolderTrabajo + 'shp/'
25 shpFalla = u'falla04_utm'
26 archivoShpFalla = FolderFallas + shpFalla + '.shp'
27 rasterVs30 = FolderTrabajo + 'Vs30.tif'
28 rasterPGA = FolderTrabajo + 'rasters_PGA/' + shpFalla #no poner la extensión
29
30
31
32 ##### PARAMETROS GENERALES DE LA FALLA #####
33 UTM = True # Coordenadas UTM - dejarlo como está- NO ESTA IMPLEMENTADO EN GEOGRÁFICAS
34 sam_profile = 5 # Coeficiente de simplificación del trazo
35 dirBz = '45' # Tendencia de la dirección de buzamiento de preferencia 'N' o 'S'
36 Bz = 80 # Buzamiento en grados
37 tipo = 'NM' # Tipo de falla 'NM'(Normal) 'IN'(Inversa) 'SL'(Rumbo)
38 Mw = 6.8 # Magnitud en Mw
39 Hypo = 7.0 # Hipocentro en kilometros km
40 Ztor = None # Profundidad del tope de la ruptura, 'None' es Km
41 cellsize = 20 # Tamaño de la celda del raster en metros
42
```

A continuación, partiendo de un archivo shapefile con los polígonos a los cuales se les asignó los valores de Vs30 y haciendo uso del Software Qgis mediante la herramienta “Administrador de base de datos” del menú “base de datos” se selecciona la capa y se realiza el rasterizado para obtener el mapa de Vs30.



Figura 48

Elaboración automática del ráster VS30

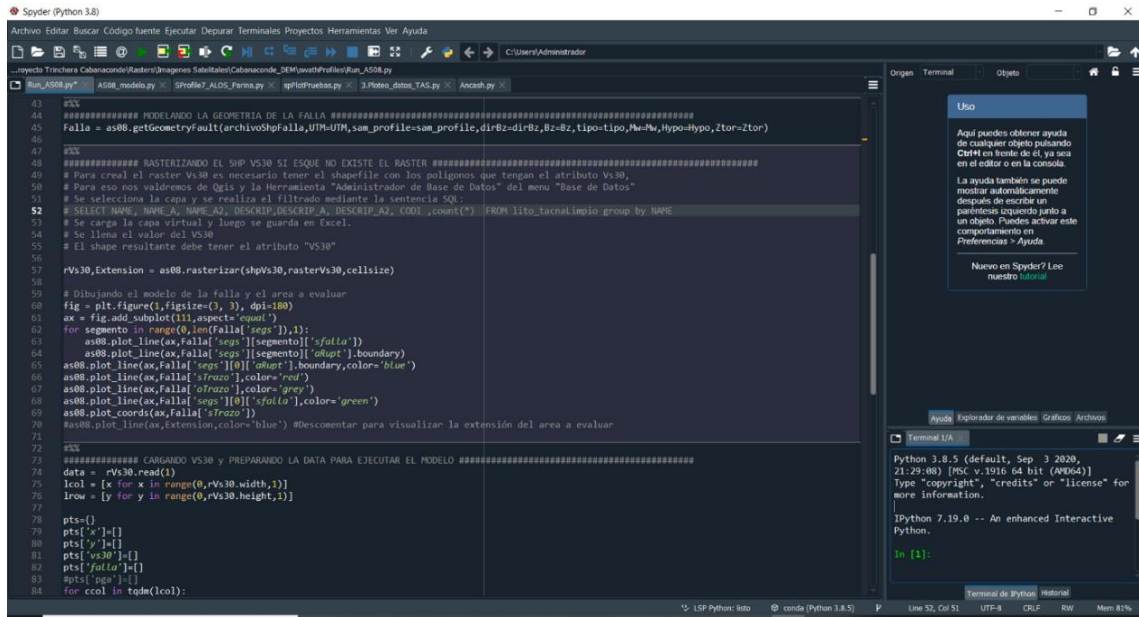
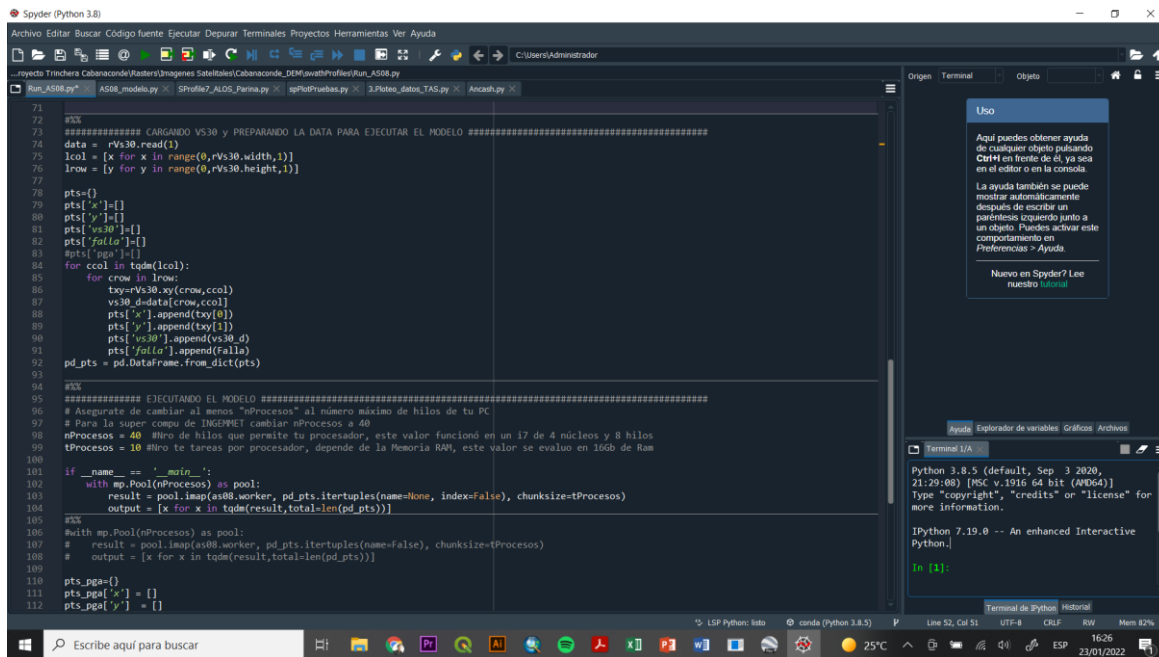


Figura 49

Cargado de Vs30 y preparado de la data para cargar el modelo.



Finalmente, el Script procede a la escritura del ráster con los valores de PGA



Figura 50

Escritura del modelo de PGA

```
105 #%%
106 #with mp.Pool(nProcesos) as pool:
107 # result = pool.map(as488.worker, pd_pts.iter_tuples(names=False, chunksize=nProcesos))
108 # output = [x for x in tqdm(result, total=len(pd_pts))]
109
110 pts_pga = {}
111 pts_pga['x'] = []
112 pts_pga['y'] = []
113 pts_pga['z'] = []
114 for xyz_pga in output:
115     pts_pga['x'].append(xyz_pga[0])
116     pts_pga['y'].append(xyz_pga[1])
117     pts_pga['z'].append(xyz_pga[2])
118 pd_pts_pga = pd.DataFrame.from_dict(pts_pga)
119
120 #%%
121 ##### ESCRIBIENDO EL RASTER XYZ CON LOS VALORES PGA #####
122 pd_pts_pga.sort_values(by=['y', 'x']).to_csv(rasterPGA+'.xyz', index=False, header=False, sep=' ')
123
124 #%%
125 ##### ESCRIBIENDO EL RASTER GTiff CON LOS VALORES PGA #####
126 src_ds = gdal.Open(rasterPGA+'.xyz')
127 out_ds = gdal.Translate(rasterPGA+'.tif', src_ds, outputSRS = 'EPSG:32719', format='GTiff', bandList=[1])
128 out_ds=None
129
130 # wgs84 -> 4326
131 # wgs84 utm19s -> 32719
132 # wgs84 utm18s -> 32718
133 # wgs84 utm17s -> 32717
134 # gdal_translate -a_srs EPSG:4326 original.tif transformado.tif <- Terminal Ubuntu
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
```

Del script se obtuvo un ráster del PGA calculado en base al modelo matemático de Abrahamson y Silva (2008) Figura 3 -36.

Figura 51

Modelo de PGA



A continuación, con el Software Geomática se procede a vectorizar el ráster del PGA utilizando el módulo EXPOLRAS con la finalidad de extraer los polígonos del ráster.

Figura 52

Vector donde se aprecian los polígonos del PGA



3.6.5 Determinación y análisis de la vulnerabilidad

Para obtener el nivel de vulnerabilidad de todas las viviendas del sector, utilizando el método de **índice de vulnerabilidad adaptado por la UNI** se ingresaron los datos a la **“Plataforma Virtual de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones”** ([Encuesta Vulnerabilidad Sísmica UNI - CERESIS](#)) desarrollada en cooperación interinstitucional por la Red Acelerográfica del Centro de Investigación en Transformación Digital en Ingeniería (CITDI) y el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Dicha plataforma contiene de manera sistematizada los 13 parámetros de evaluación, cada una con sus opciones de puntuación y ponderación, a continuación, se detalla.

Tabla 8

Parámetro tipo de suelo

	Descripción	Valor	Peso
TS-Tipo de suelo	Desconocido	8	10
	Roca	0	
	Grava con piedra	2	
	Grava con arena	4	



Arena	6
Arcilla	8
Arena suelta	8
Arcilla blanda	8
Tierra de cultivo	10

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 9

Parámetro asesoramiento técnico

	Descripción	Valor	Peso
Asesoramiento técnico	Si	0.5	10
	No	1	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 10

Parámetro tipo de sistema estructural

	Descripción	Valor	Peso
SE-Sistema estructural	Mampostería simple de adobe	-1	20
	Albañilería confinada	-1.7	
	Pórtico de concreto armado	-2.1	
	Dual de concreto	-2.5	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 11

Parámetro antigüedad de la vivienda

	Descripción	Valor	Peso
AN-Antigüedad	<1977	0.35	20
	1977 - 1997	0	
	> 1997	-1.5	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 12

Parámetro de número de pisos

	Descripción	Valor	Peso
NP-Nro de pisos	> 5Pisos	9	10



4 pisos	7
3 pisos	5
2 pisos	3
1 piso	1

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 13

Parámetro de Irregularidad en planta.

	Descripción	Valor	Peso
IP-Irregularidad planta	Regular	0	3
	Esquinas entrantes	4	
	Proporciones inadecuadas	8	
	Discontinuidad de piso	8	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 14

Parámetro de Irregularidad vertical

	Descripción	Valor	Peso
IA-Irregularidad vertical	Regular	0	3
	Geometría vertical	4	
	Piso blando	8	
	Masa peso	8	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 15

Parámetro de densidad de muros

	Descripción	Valor	Peso
DM-Densidad de muros	Muchos	2	3
	Pocos	6	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 16

Parámetro de estado de conservación de la vivienda

	Descripción	Valor	Peso
EC-Estado de conservación	Mal estado	8	10



Regular estado	4
Buen estado	2

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 17

Parámetro de separación colindante

	Descripción	Valor	Peso
SC-Separación colindante	Más de 10 cm	0	2
	Entre 5 y 10 cm	4	
	Menos a 5cm	2	
	Desconocido	8	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 18

Parámetro de elementos no estructurales

	Descripción	Valor	Peso
ENE-Elementos no estructurales	Muros no arriostrados	8	2
	Muros arriostrados	0	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 19

Parámetro de presencia de tímpanos/ techo inclinado

	Descripción	Valor	Peso
PT-Presencia de tímpanos/techo inclinado	Si	8	4
	No	0	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

Tabla 20

Parámetro de revestimiento pesado

	Descripción	Valor	Peso
RP-Revestimiento pesado	Si	8	2
	No	1	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.



El valor del índice de vulnerabilidad en cada vivienda será el resultado de la sumatoria de cada parámetro multiplicado por su respectivo peso como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Indice Vulnerabilidad

$$= TS + SE + AN + NP + IP + IA + DM + EC + SC + ENE + PT + RP \quad (7)$$

Tabla 21

Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica en función de los parámetros

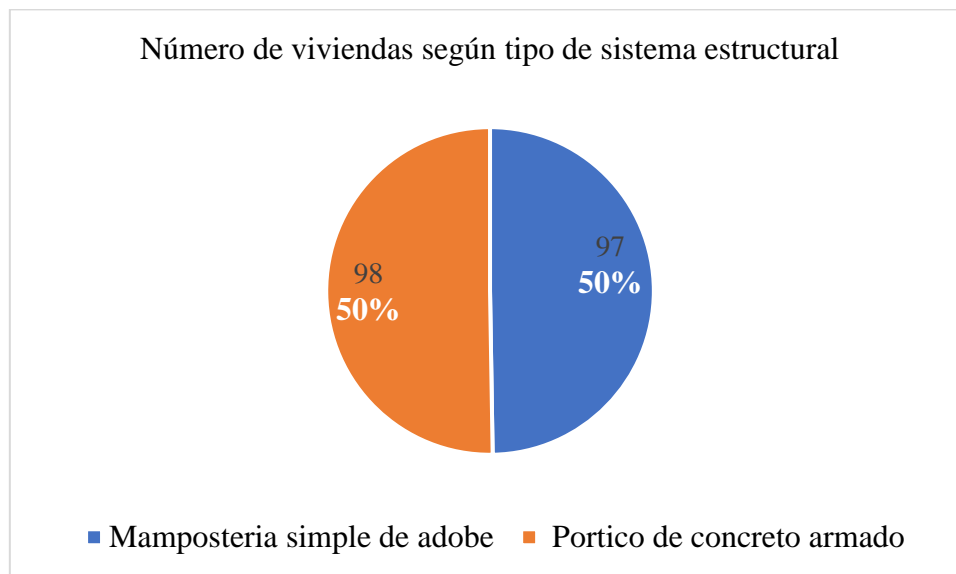
Leyenda de la formula (7)	
TS = Valor Parámetro x Peso Parámetro	DM = Valor Parámetro x Peso Parámetro
SE = Valor Parámetro x Peso Parámetro	EC = Valor Parámetro x Peso Parámetro
AN = Valor Parámetro x Peso Parámetro	SC = Valor Parámetro x Peso Parámetro
NP = Valor Parámetro x Peso Parámetro	ENE = Valor Parámetro x Peso Parámetro
IP = Valor Parámetro x Peso Parámetro	PT = Valor Parámetro x Peso Parámetro
IA = Valor Parámetro x Peso Parámetro	RP = Valor Parámetro x Peso Parámetro

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

A continuación, se presenta graficas para el análisis de los resultados acorde a los parámetros considerados, también se adjunta en el anexo n°2 que contiene el cuadro completo con los parámetros por vivienda.

Figura 53

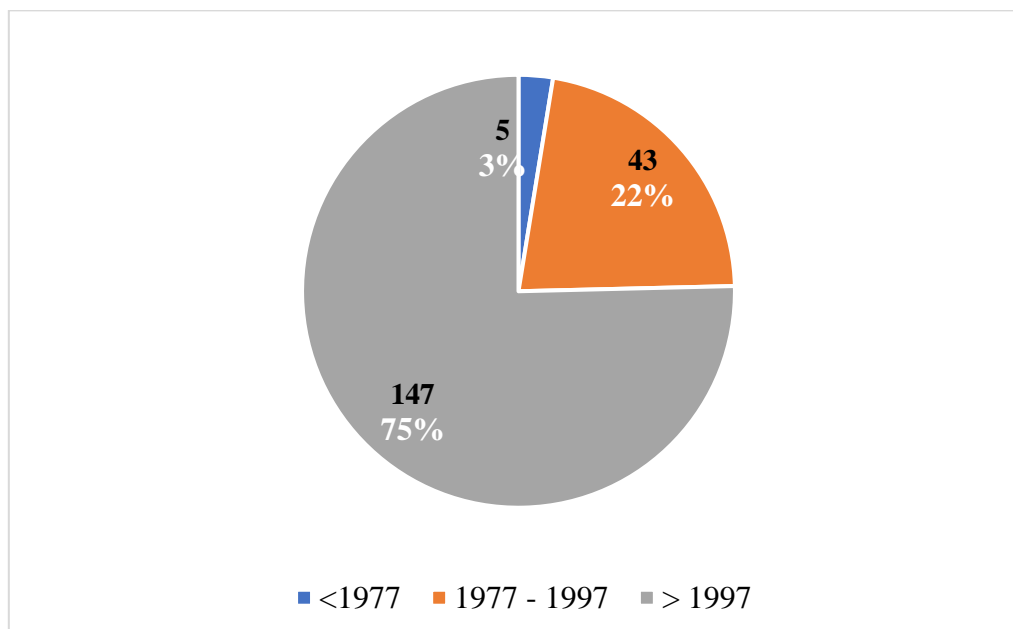
Cantidad de viviendas según el sistema estructural.



Nota. Se logra apreciar que el 50% de las viviendas evaluadas tienen un sistema estructural de pórticos de concreto armado y el otro 50% de mampostería simple con adobe.

Figura 54

Cantidad de viviendas según el año en el que fueron construidas.

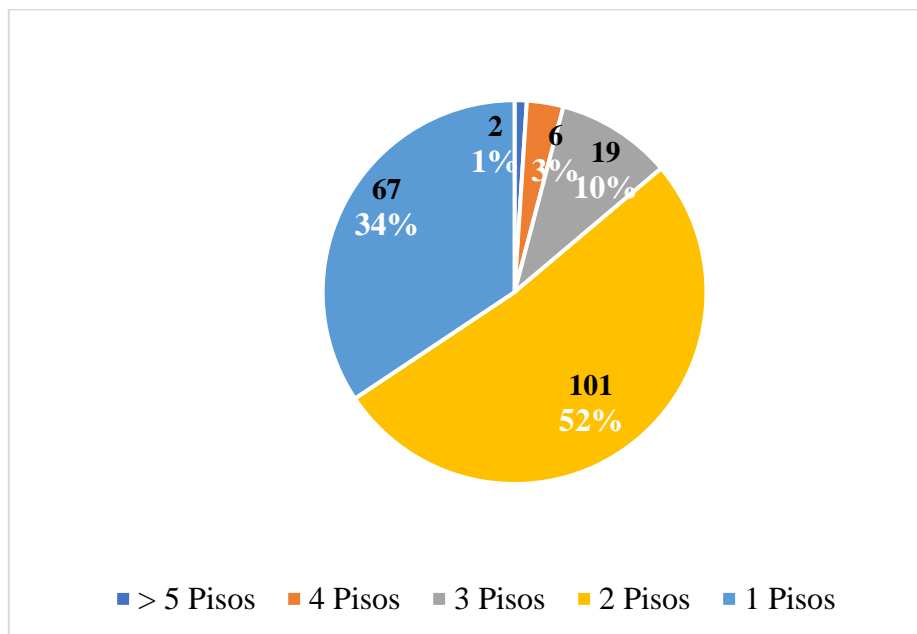


Nota. En la figura se aprecia que el 75% de las viviendas evaluadas fueron construidas después del año 1997.



Figura 55

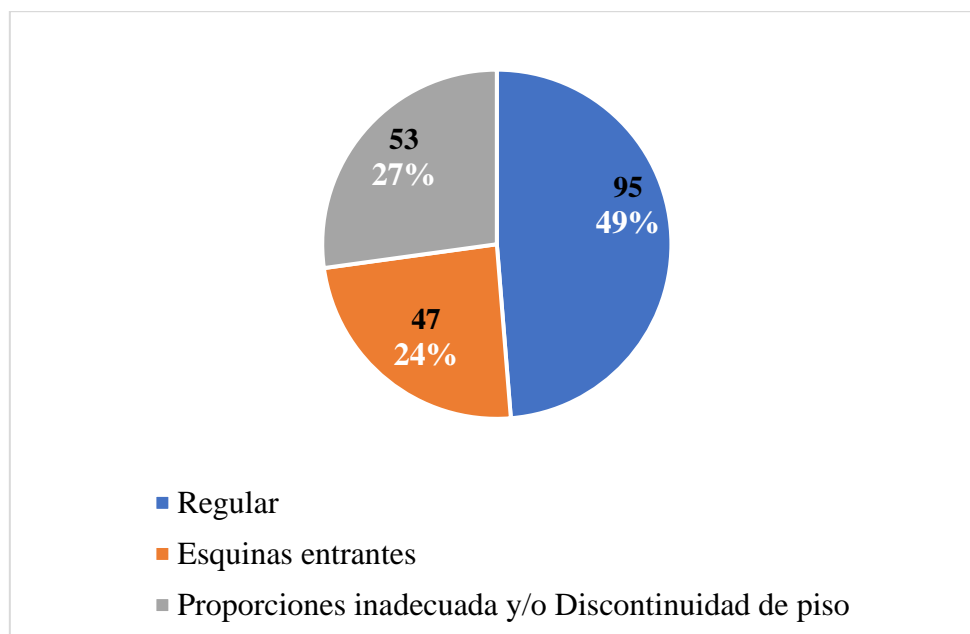
Cantidad de viviendas según el número de pisos.



Nota. Se observa que el 14% de las viviendas evaluadas tienen más de dos pisos.

Figura 56

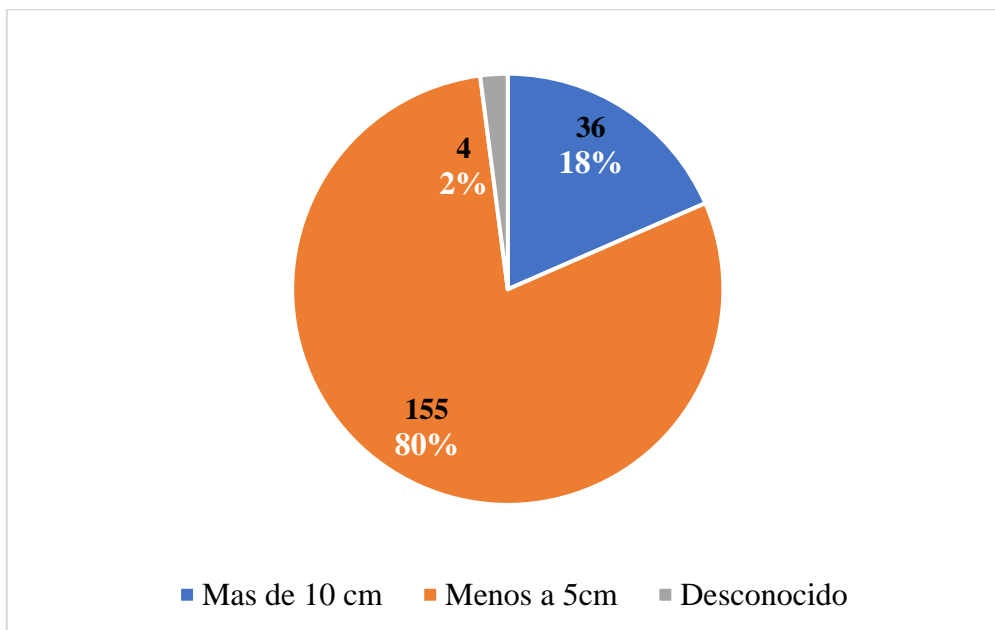
Cantidad de viviendas según regularidad en planta.



Nota. En la figura se aprecia que el 51% de las viviendas evaluadas presentan irregularidad en planta.

Figura 57

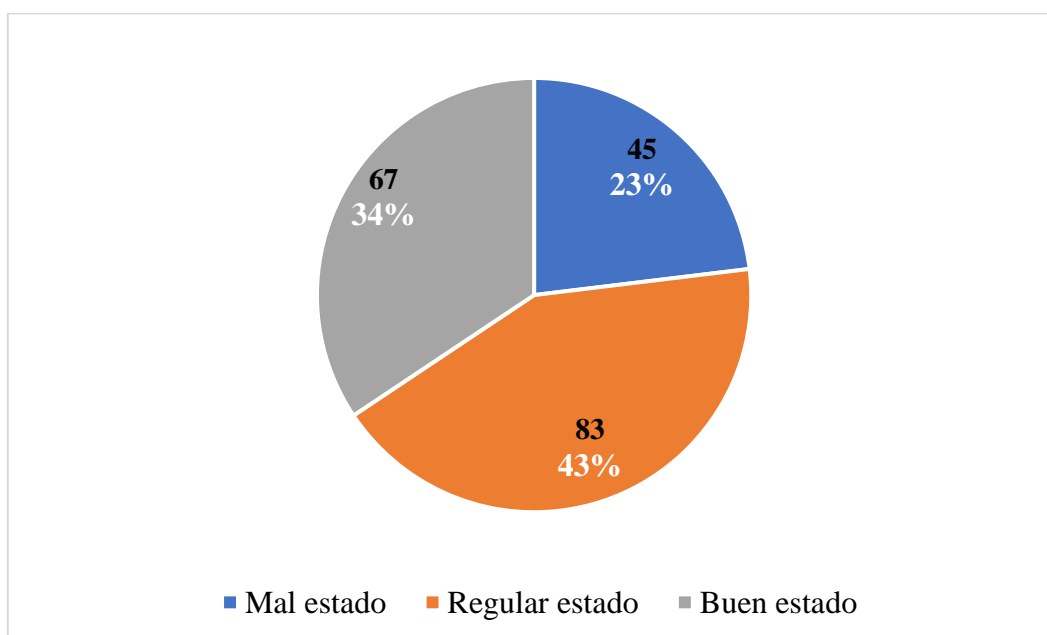
Cantidad de viviendas según su separación colindante.



Nota. Se aprecia que 18% de las viviendas evaluadas tienen más de 10 cm de separación colindante.

Figura 58

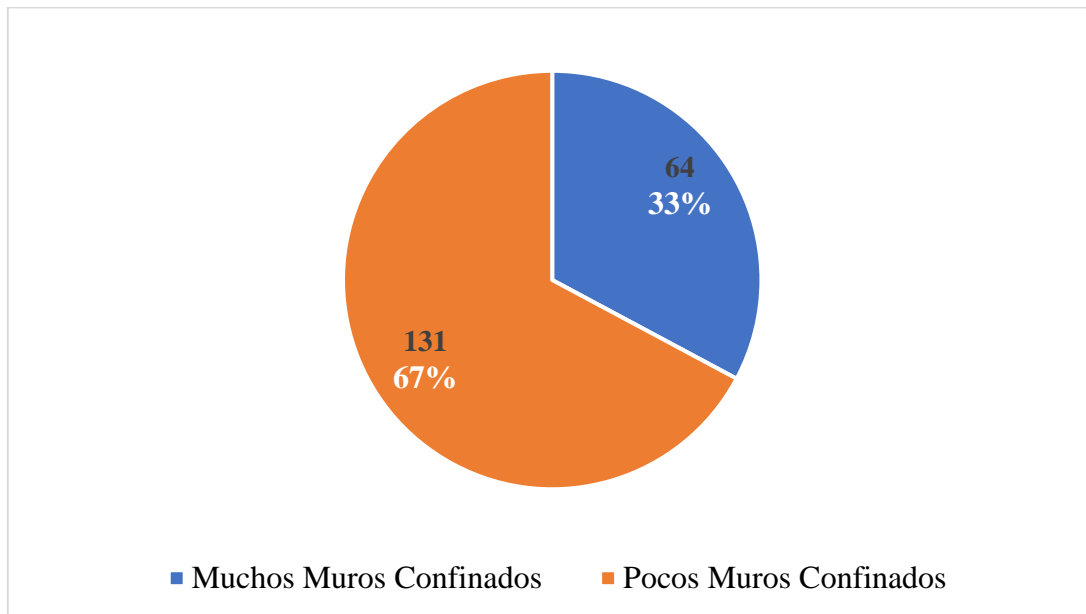
Cantidad de viviendas según su estado de conservación.



Nota. Según la evaluación de las viviendas se aprecia que el 23% se encuentran en mal estado.

Figura 59

Cantidad de viviendas según su cantidad de muros



Nota. Se aprecia que el 67% de las viviendas evaluadas tiene muy baja densidad de muros.

3.6.6 Determinación del riesgo sísmico

Usando un criterio descriptivo y considerando que el riesgo sísmico se expresa en función de la Vulnerabilidad y el peligro sísmico se determinó el riesgo para las viviendas del sector de Lluscanay usando la siguiente matriz

Tabla 22

Determinación del riesgo sísmico

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Nota. INDECI 2006



Tabla 23

Cuadro resumen del cálculo del riesgo sísmico

Numero de Vivienda	Código	N. Vul.	N. Peligro	N. Riesgo
1	1	Alto	Alto	Alto
2	2	Muy Alto	Alto	Muy Alto
3	3	Muy Alto	Alto	Muy Alto
4	4	Alto	Alto	Alto
5	5	Alto	Alto	Alto
6	7	Alto	Alto	Alto
7	8	Moderado	Alto	Moderado
8	9	Alto	Alto	Alto
9	10	Alto	Alto	Alto
10	11	Moderado	Alto	Moderado
11	12	Moderado	Alto	Moderado
12	14	Moderado	Alto	Moderado
13	15	Muy Alto	Alto	Muy Alto
14	17	Moderado	Alto	Moderado
15	18	Alto	Alto	Alto
16	19	Moderado	Alto	Moderado
17	20	Moderado	Alto	Moderado
.
.
.
179	255	Moderado	Alto	Moderado
180	256	Moderado	Alto	Moderado
181	257	Muy Alto	Alto	Muy Alto
182	258	Alto	Alto	Alto
183	262	Moderado	Alto	Moderado
184	263	Alto	Alto	Alto
185	264	Alto	Alto	Alto
186	265	Moderado	Alto	Moderado
187	266	Moderado	Alto	Moderado
188	268	Muy Alto	Alto	Muy Alto
189	269	Moderado	Alto	Moderado
190	270	Muy Alto	Alto	Muy Alto
191	271	Alto	Alto	Alto
192	272	Alto	Alto	Alto
193	273	Moderado	Alto	Moderado
194	274	Alto	Alto	Alto
195	275	Alto	Alto	Alto



Capítulo IV: Resultados

4.1 Peligro sísmico

4.1.1 Niveles de peligro

Para el sector de la margen derecha de río Izcuchaca Sector de Lluscanay se obtuvo que la aceleración máxima de suelo se encuentra entre 0.33 – 0.35g para un sismo de magnitud máxima de 6.58 Mw y profundidad de 7 km originado por la falla Zurite-Huarocondo.

Según la tabla 60 el rango de valores obtenidos de PGA de 0.33 -0.35g para el sector de Lluscanay representa un nivel de riesgo Alto

Se tomaron 4 rangos de valores de PGA basándonos en Gardini et al. (1999) (GSHAP, Global Seismic Hazard Map)

Tabla 24

Niveles de Peligro

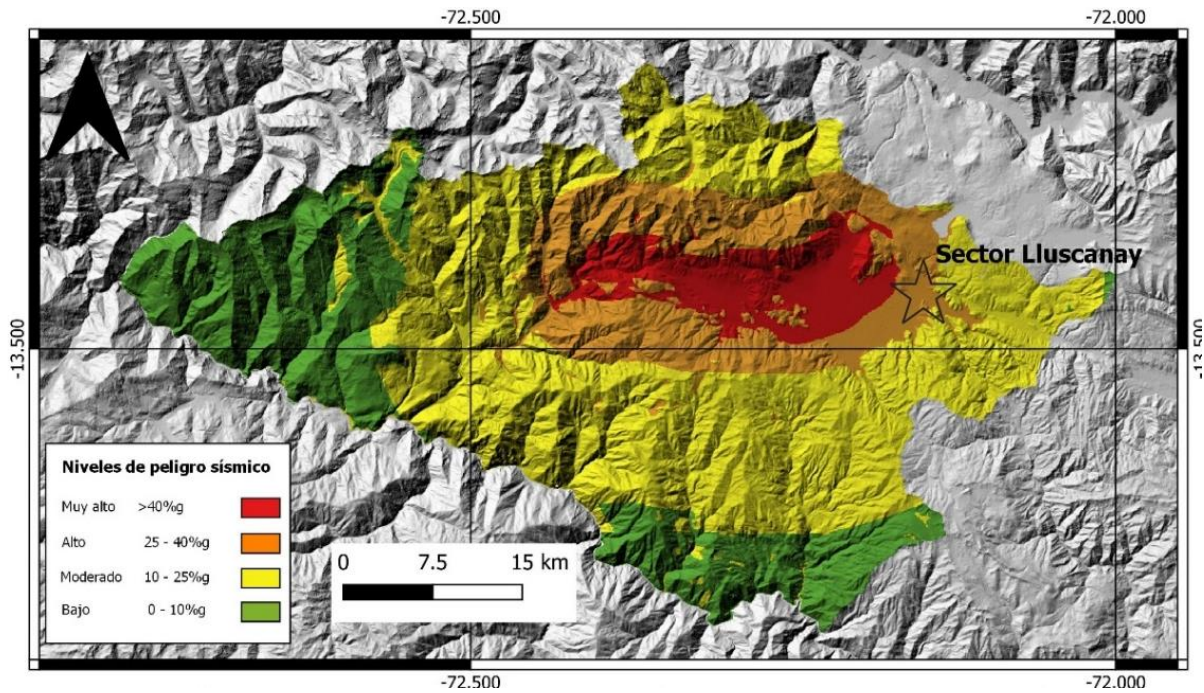
Rango De Valores	Nivel De Peligro
0 – 10%g	Bajo
10 – 25%g	Medio
25% - 40%g	Alto
> 40%g	Muy Alto

Nota. Adaptado de Gardini et al (1999)



Figura 60

Mapa de peligro sísmico de la provincia de Anta



Nota: El ráster del PGA vectorizado se importa en el software Qgis para asignarle colores a los rangos de valores de PGA obtenidos para su presentación gráfica.



Figura 61

Mapa con los niveles de Peligro sísmico en parte del sector Lluscanay

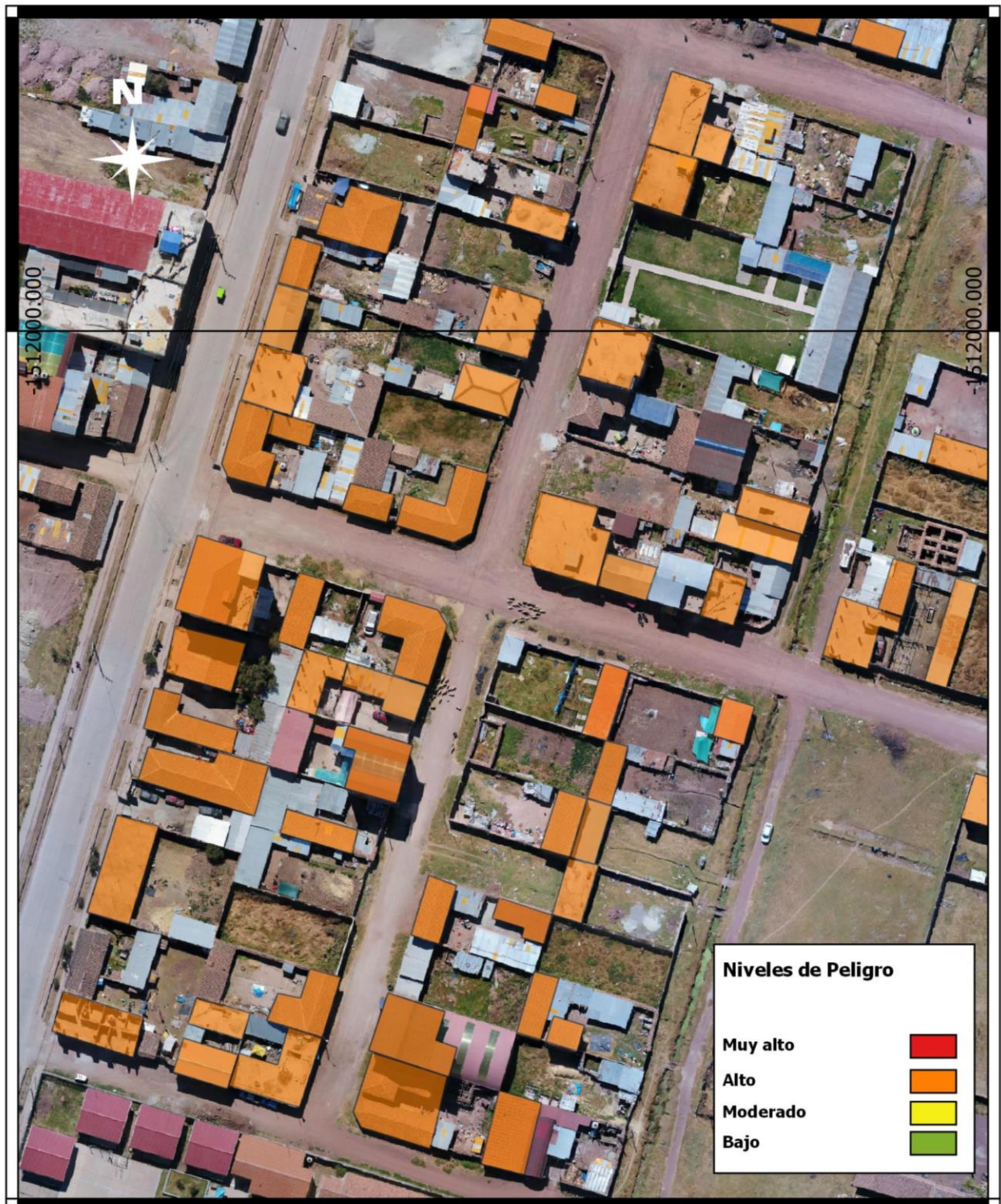




Figura 62

Mapa con los niveles de Peligro sísmico en parte del sector Lluscanay





4.2 Vulnerabilidad sísmica

Para el caso de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se obtuvo los siguientes resultados:

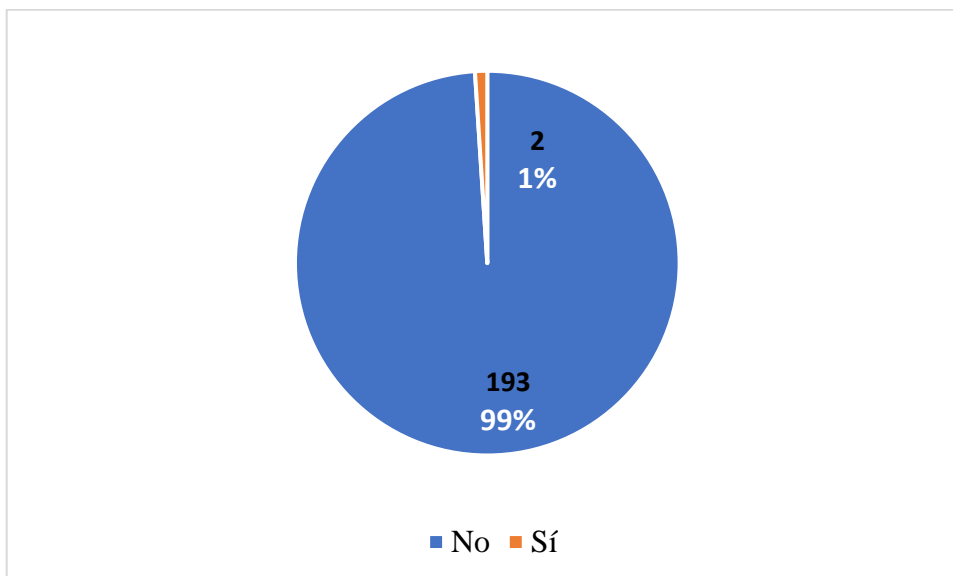
4.2.1 Tipo de suelo

El tipo de suelo en el sector de Lluscanay corresponde a un suelo fino no consolidado con coloración gris y con material orgánico denominado Tierra de cultivo.

4.2.2 Asesoramiento técnico

Figura 63

Número de viviendas construidas con asesoramiento técnico



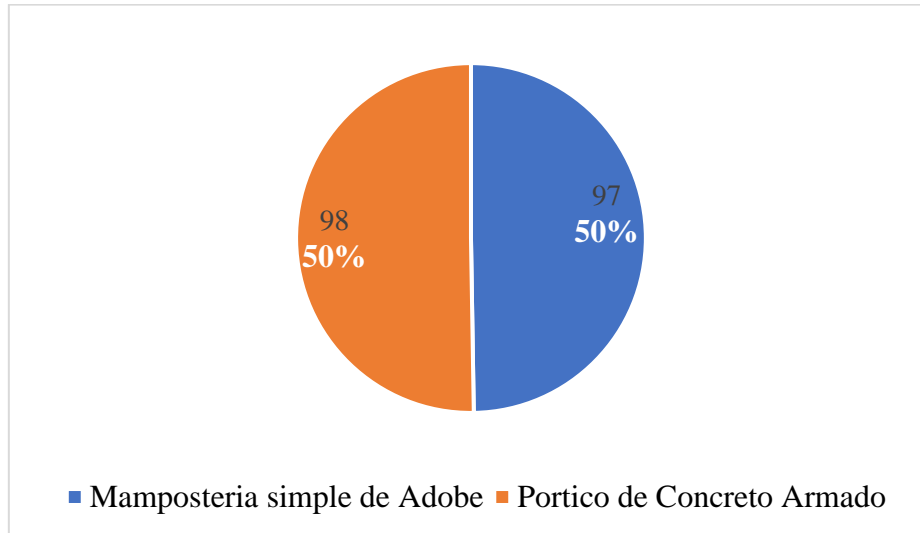
Nota. Se aprecia que 193 viviendas que representan al 99% de la muestra no contaron con asesoramiento técnico.



4.2.3 Sistema estructural

Figura 64

Número de viviendas según tipo de sistema estructural

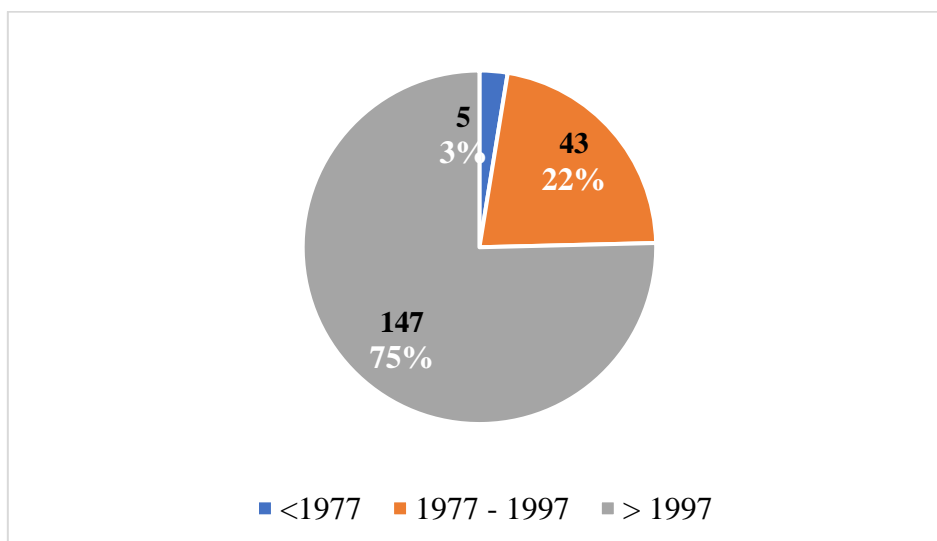


Nota. De la muestra estudiada 98 viviendas tienen un sistema estructural de mampostería simple de adobe mientras que 97 viviendas cuentan con un sistema de pórticos de concreto Armado.

4.2.4 Antigüedad

Figura 65

Número de viviendas según año de construcción



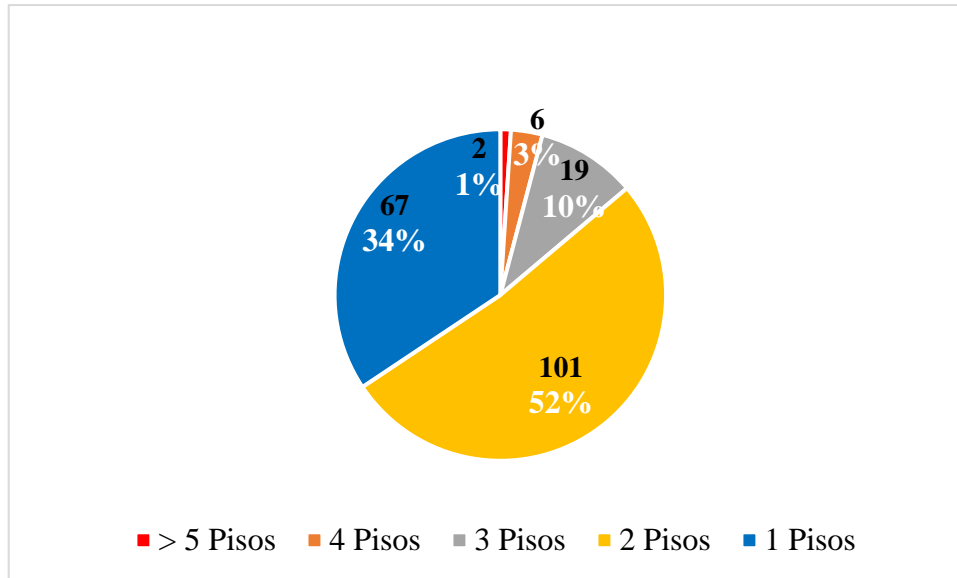


Nota. Se aprecia que 147 viviendas que representan el 75% de la muestra estudiada fueron construidas a partir de 1997.

4.2.5 Número de pisos

Figura 66

Número de viviendas según número de pisos

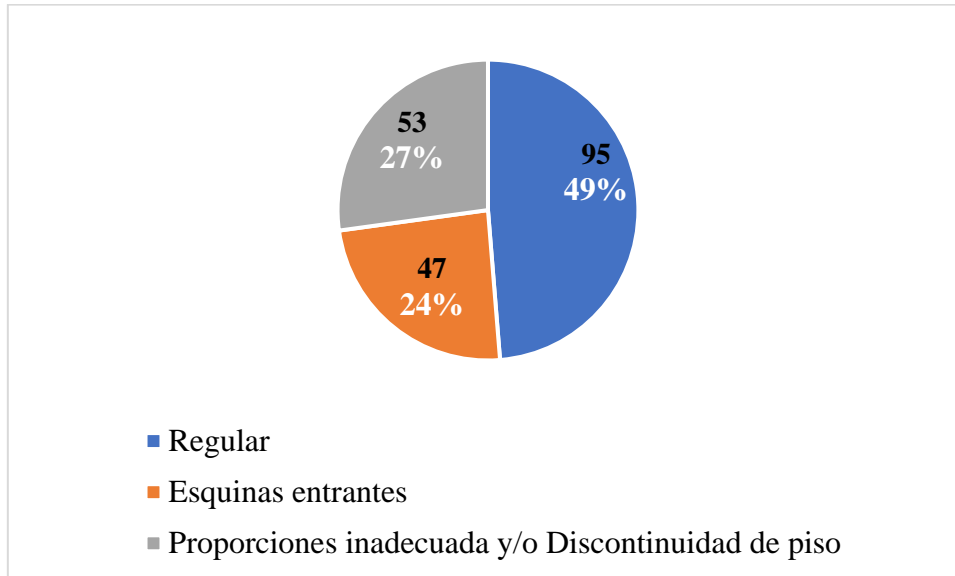


Nota. Se observa que 2 viviendas que representan el 1% de la muestra estudiada superan los 5 pisos, así mismo el 13% de las viviendas son de 3 o 4 pisos.

4.2.6 Irregularidad en planta

Figura 67

Número de viviendas según su irregularidad en planta

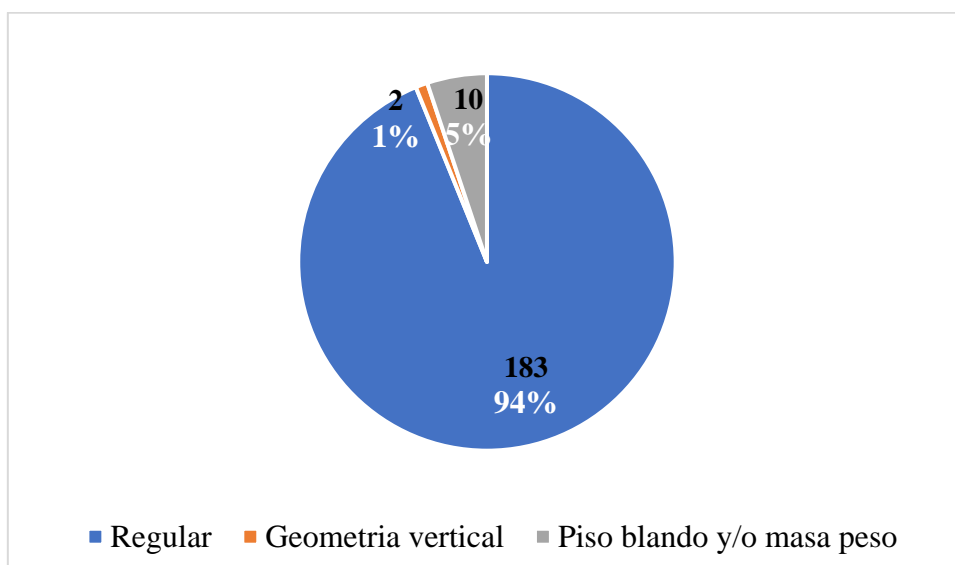


Nota. Se observa que 47 viviendas que representan el 24% cuentan con esquinas entrantes, mientras que 53 viviendas que representan el 27% cuentan con proporciones inadecuadas o discontinuidad de piso.

4.2.7 Irregularidad vertical

Figura 68

Número de viviendas según su irregularidad vertical



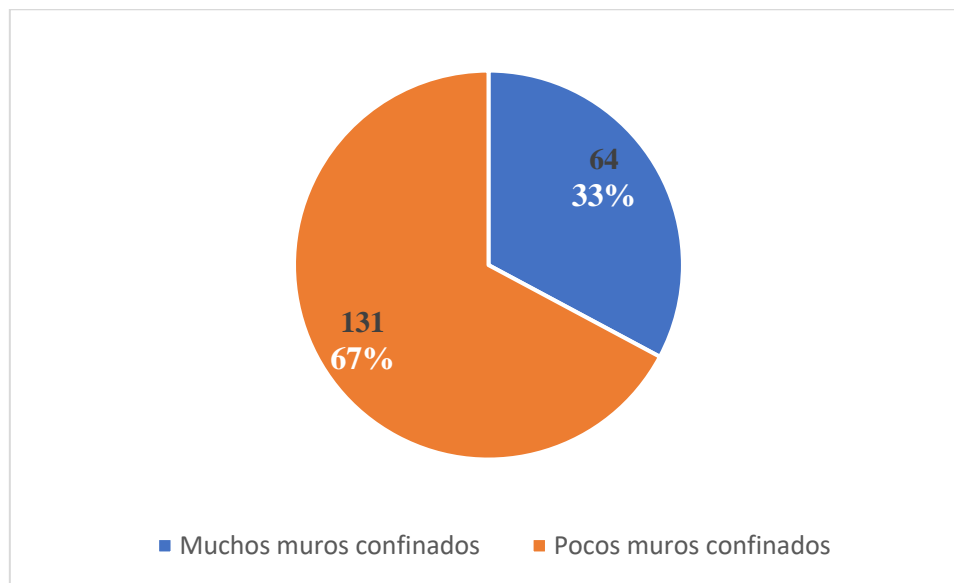


Nota. Se aprecia que 10 viviendas que representan el 5% de la muestra cuentan con irregularidad por piso blando y/o masa, mientras que 2 viviendas que representan el 1 % cuentan con irregularidad por geometría vertical.

4.2.8 Cantidad de muros

Figura 69

Número de viviendas según cantidad de muros



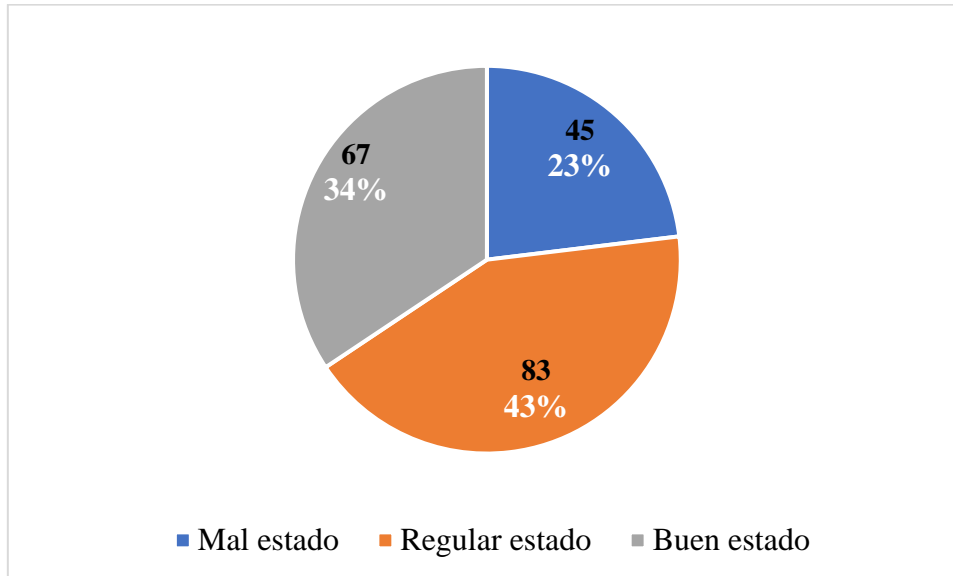
Nota. Se observa que 131 viviendas que representan el 67% de la muestra cuentan con pocos muros confinados.



4.2.9 Estado de conservación

Figura 70

Número de viviendas según estado de conservación

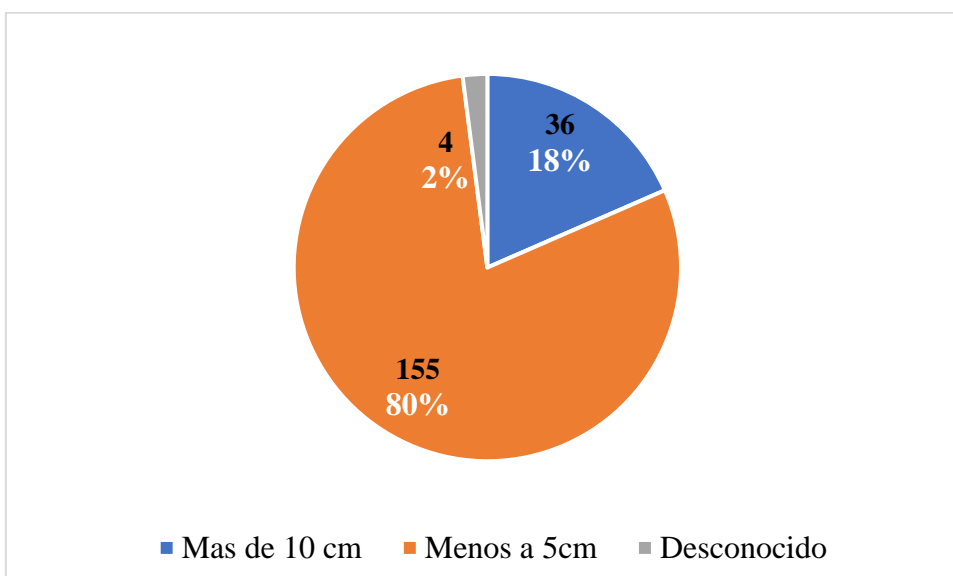


Nota. Se aprecia que 45 viviendas que representan el 23% se encuentran en mal estado de conservación mientras que 83 viviendas que representan el 43% tienen un regular estado de conservación

4.2.10 Separación colindante

Figura 71

Número de viviendas según su separación colindante



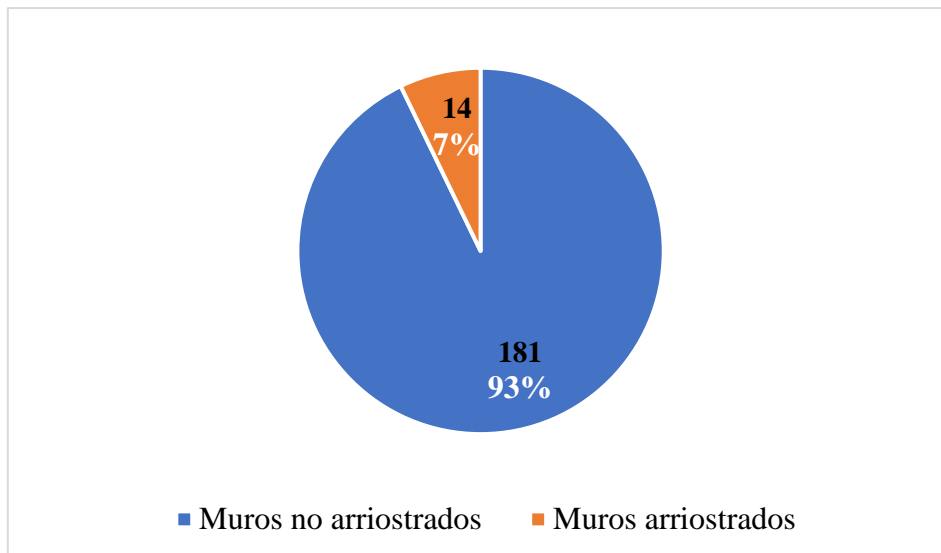


Nota. Se observa que 155 viviendas que representan el 80% cuentan con una separación colindante menor a 5 cm.

4.2.11 Arriostramiento de muros

Figura 72

Número de viviendas según el arriostramiento de sus muros



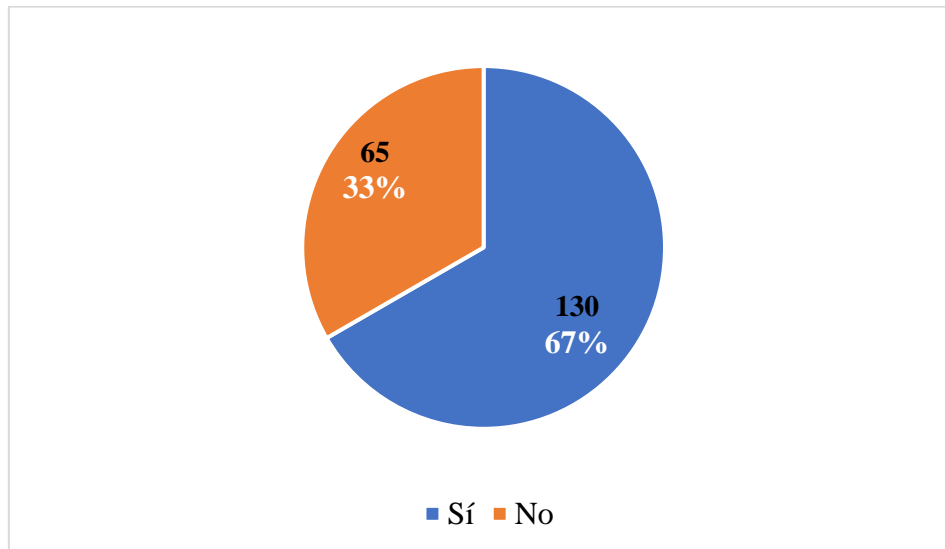
Nota. Se aprecia que 181 viviendas que representan el 93% cuentan con muros no arriostrados.



4.2.12 Techo inclinado

Figura 73

Número de viviendas según su presencia de techo inclinado

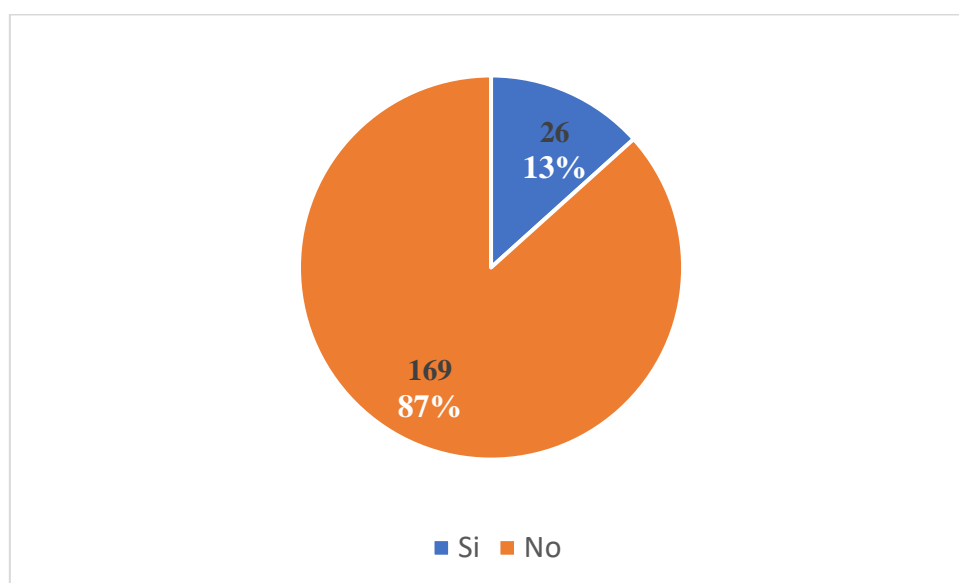


Nota. Se observa que 130% de las viviendas que representan el 67% de la muestra estudiada cuenta con techo inclinado.

4.2.13 Revestimiento pesado

Figura 74

Número de viviendas según su presencia de revestimiento pesado





Nota. Se observa que 26 viviendas que representan el 13% de la muestra estudiada cuentan con revestimiento pesado.

4.2.14 Resultados de los niveles de vulnerabilidad

Los resultados por vivienda se aprecian en el **Anexo B**, a continuación, se presenta un resumen:

Figura 75

Número de viviendas según el nivel de vulnerabilidad

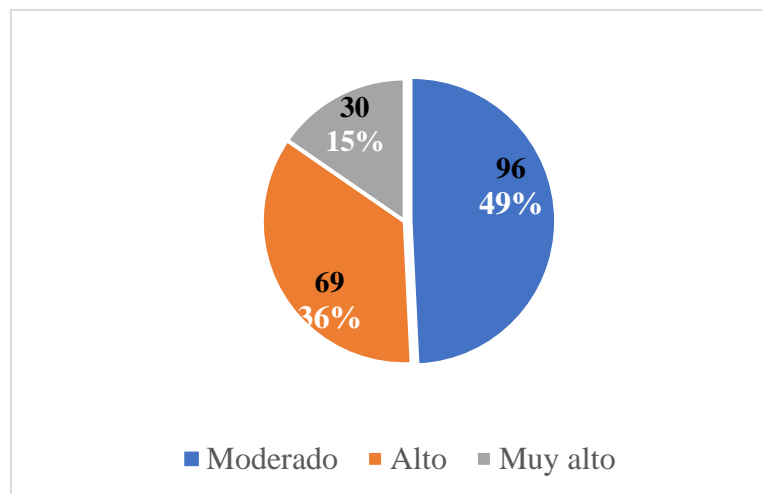


Tabla 25

Niveles de Vulnerabilidad

Rango De Valores	Nivel de Vulnerabilidad
$-37 \leq \text{Vulnerabilidad} < 91$	Bajo
$91 \leq \text{Vulnerabilidad} < 194$	Medio
$194 \leq \text{Vulnerabilidad} < 253$	Alto
$\text{Vulnerabilidad} \leq 253$	Muy alto

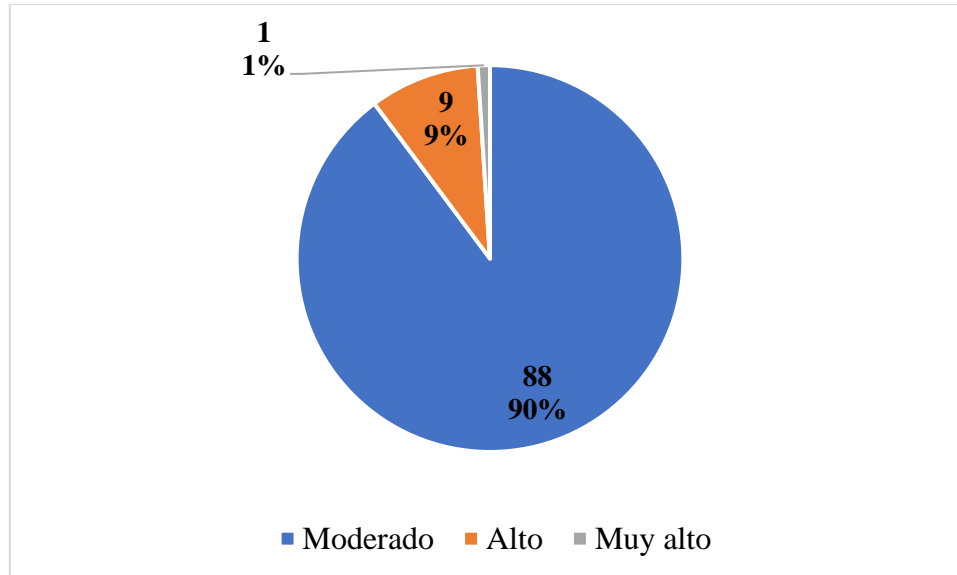
Nota. Adaptado de la plataforma digital de vulnerabilidad sísmica CITDI.



Figura 76

Distribución de los niveles de vulnerabilidad de las viviendas de concreto armado del sector

Lluscanay

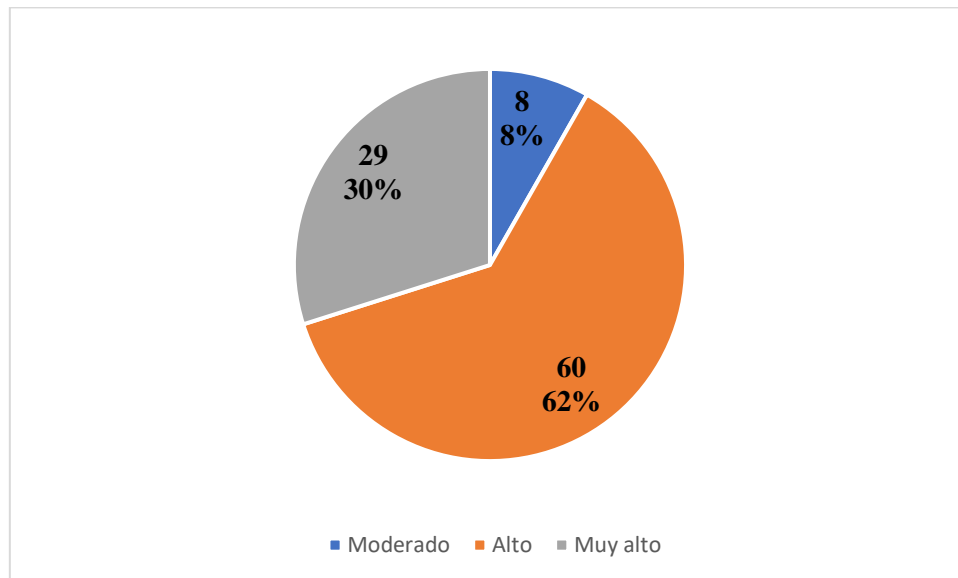


Nota. Se obtuvo como resultado con respecto a las viviendas de concreto armado del sector de Lluscanay que el 90% tienen una vulnerabilidad moderada, el 9% tienen una vulnerabilidad alta y el 1% tienen una vulnerabilidad Muy alta.



Figura 77

Distribución de los niveles de vulnerabilidad de las viviendas de adobe del sector Lluscanay



Nota. Se obtuvo como resultado con respecto a las viviendas de adobe del sector de Lluscanay que el 62% tienen una vulnerabilidad moderada, el 8% tienen una vulnerabilidad alta y el 30% tienen una vulnerabilidad Muy alta



4.2.15 Mapa de vulnerabilidad

Figura 78

Mapa con los niveles de vulnerabilidad en parte del sector Lluscanay

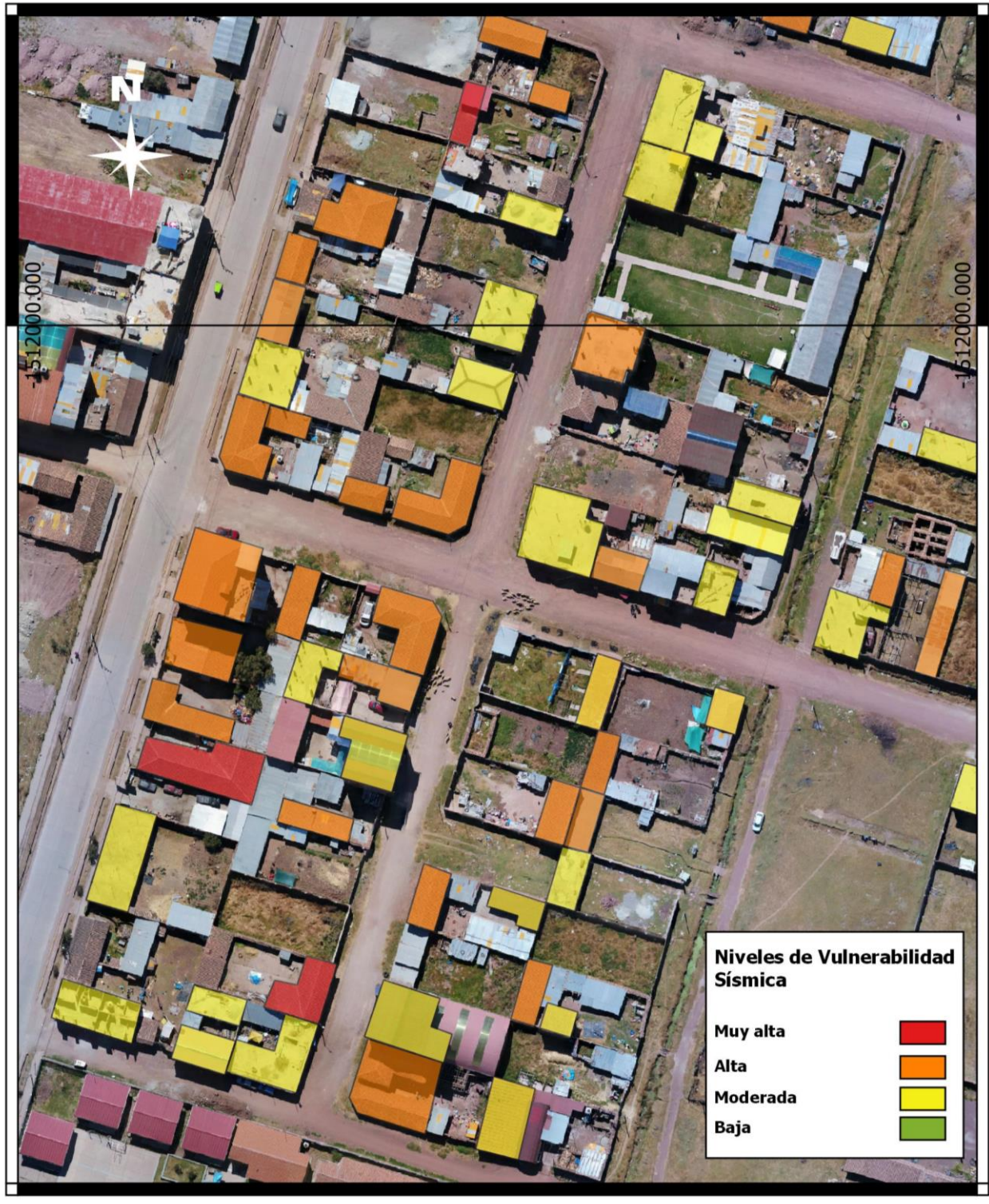




Figura 79

Mapa de los niveles de vulnerabilidad sísmica en parte del sector de Lluscanay





4.3 Riesgo sísmico

4.3.1 Mapa de riesgo sísmico

Figura 80

Riesgo sísmico en parte del sector de Lluscanay

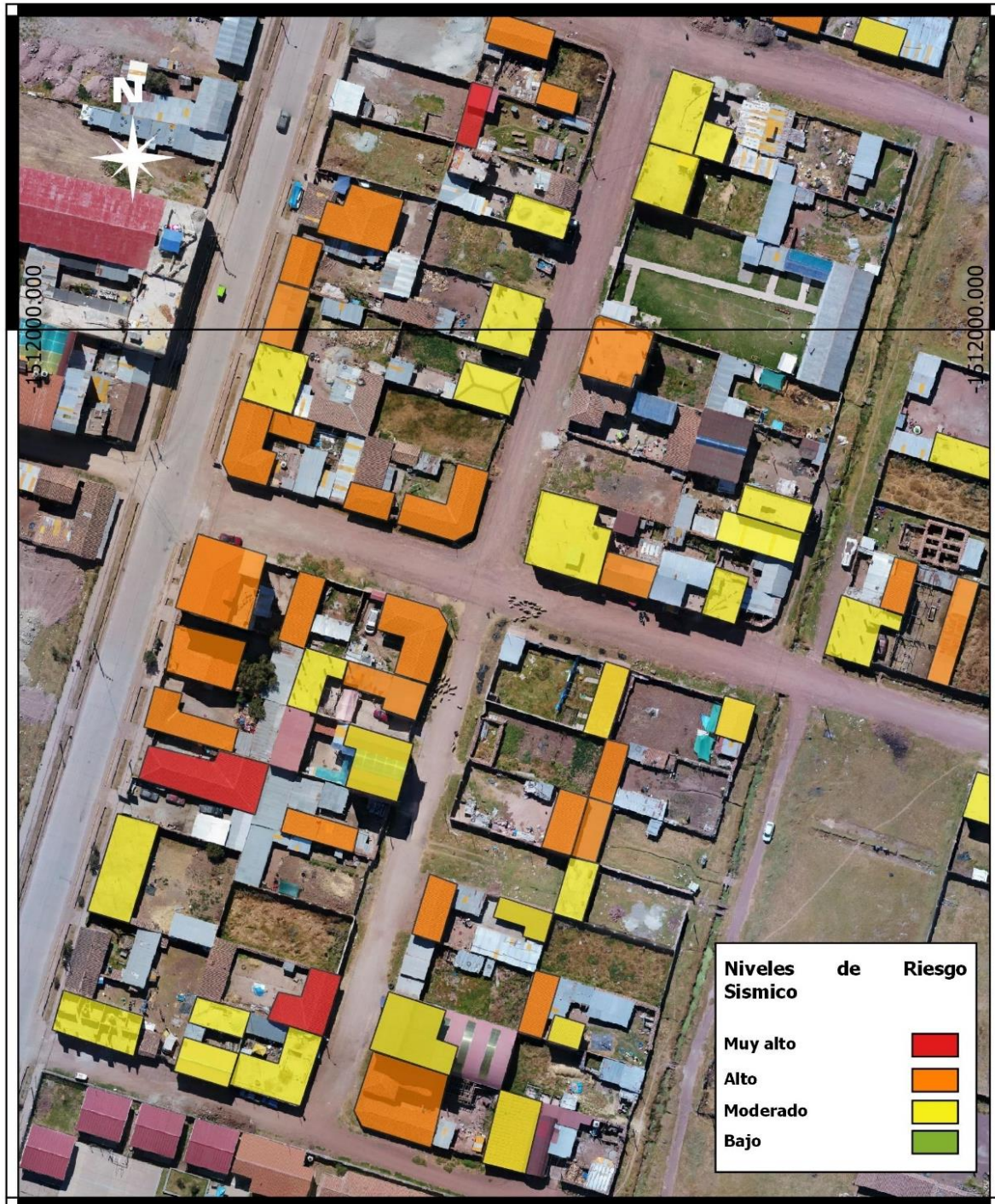




Figura 81

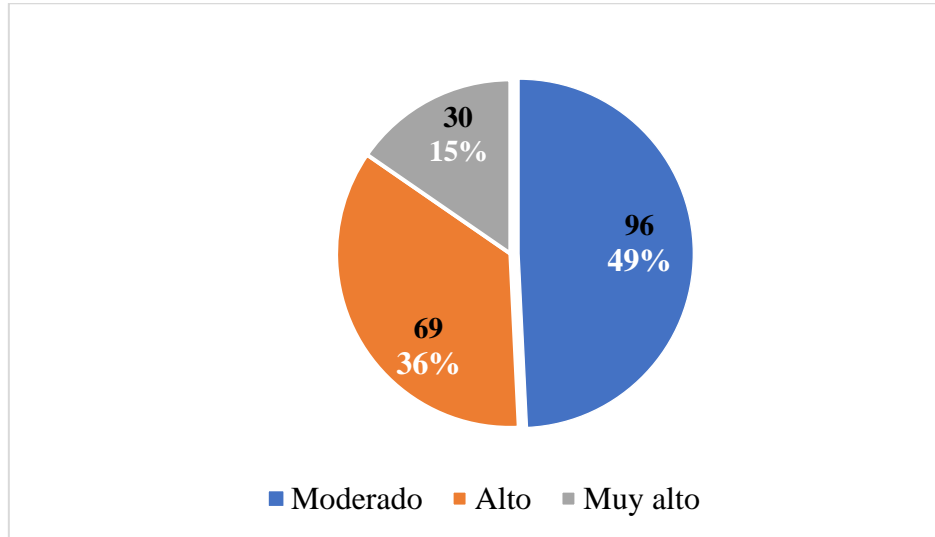
Mapa de Riesgo sísmico en parte del sector de Lluscanay



4.3.2 Diagrama de niveles de riesgo sísmico

Figura 82

Distribución de los niveles del riesgo de las viviendas del sector Lluscanay



Nota. Se obtuvo como resultado con respecto a todas las viviendas del sector de Lluscanay que el 49% tienen un riesgo sísmico moderado, el 36% tienen un riesgo alto y el 15% tienen un riesgo Muy alto.

Tabla 26

Resumen de los niveles de riesgo sísmico en viviendas de adobe y concreto armado

Nivel Riesgo	Viviendas de Adobe	viviendas de concreto
Bajo	0	0
Medio	8	88
Alto	60	9
Muy alto	29	1



Capítulo V: Discusiones

5.1 Sobre el contraste de los resultados con referentes del marco teórico

Discusión 1

Para la estimación del **riesgo sísmico** se utilizó el criterio descriptivo en función al peligro y la vulnerabilidad, criterio que hasta la fecha utiliza la metodología del INDECI para la estimación del riesgo sísmico. Mozo y Salinas (2020) haciendo uso del mencionado criterio descriptivo calculan niveles de riesgo sísmico alto en todas las viviendas de adobe y niveles de riesgo sísmico medio en las viviendas de concreto, mientras en la presente investigación, se obtuvo para las viviendas de adobe niveles de riesgo sísmico muy alto en 29 viviendas, niveles de riesgo sísmico alto en 60 viviendas y niveles de riesgo sísmico moderado en 8 viviendas. Para el caso de las viviendas de concreto armado se obtuvo niveles de riesgo sísmico muy alto en 01 vivienda, niveles de riesgo sísmico alto en 9 viviendas y niveles de riesgo sísmico moderado en 88 viviendas, como se observa en la tabla 26.

Discusión 2

En cuanto al peligro sísmico García et al, (2021) determina un rango de PGA de entre 0.1 y 0.465 g para un sismo máximo de 6.2 Mw, con 5 km de hipocentro generado por la falla Parina, utilizando una automatización para la generación de mapas PGA con lenguaje de programación Python. Por otro lado, en la presente investigación se obtuvo un rango de valores de PGA de entre 0.044 y 0.541 g para un sismo máximo de 6.58 Mw y una profundidad de 7 km, detonado por la falla Zurite Huaroncondo. En resultados para la zona de estudio se aprecia coherencia de los valores de PGA por parte de la Norma Técnica Peruana E030 para las zonas de influencia de las fallas estudiadas.

Discusión 3

En el apartado de **vulnerabilidad sísmica**, Mozo y Salinas (2020), utilizando la metodología cualitativa del INDECI para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica encuentran que 39 (el 63%) viviendas de las 62 estudiadas obtuvieron un nivel de vulnerabilidad muy alto, 17 (el 27%) viviendas con un nivel de vulnerabilidad altas, 4 (el 6%) viviendas con un nivel de vulnerabilidad moderadas y 2 (el 3%) con un nivel de vulnerabilidad baja; en contraste con los resultados de la presente investigación que utiliza la metodología planteada por la UNI para la determinación visual rápida se obtuvo que de las 195 viviendas evaluadas, 30 (el



15.4%) viviendas obtuvieron un nivel de vulnerabilidad muy alto, 69 (el 35.4%) viviendas con un nivel de vulnerabilidad alto, 96 (el 49.2%) viviendas con un nivel de vulnerabilidad moderado.

5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

Discusión 4

Riesgo

Se obtuvo que 30 de las 195 viviendas evaluadas que representan el 15.4% cuentan con un riesgo sísmico **muy alto** debido a que en todo sector se tiene un peligro alto dado por un PGA de entre 0.33 y 0.35g, así mismo porque el sector cuenta con un tipo de suelo desfavorable para las edificaciones ya que es un suelo de cultivo, también por la existencia de viviendas con un mal estado de conservación.

Discusión 5

Peligro

El PGA de encontrado en la zona de estudio fue en el rango de 0.33 y 0.35g, valores que se encuentran dentro de los rangos dados por la Norma Técnica Peruana E030 de 0.25g – 0.35g. Esto se debe a que como se indica en la norma la zonificación sísmica planteada “se basa la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica” (Reglamento nacional de edificaciones, 2022)

Discusión 6

Vulnerabilidad

Se encontró viviendas con niveles de vulnerabilidad sísmica muy altos 30 (el 15.4%), altos 69 (el 35.4%) y 96 (el 49.2%) moderados. De las viviendas con vulnerabilidad sísmica muy alto 29 son de adobe y 1 de concreto armado, de las viviendas con vulnerabilidad sísmica alto 60 son de adobe y 9 de concreto armado y de las viviendas con vulnerabilidad sísmica moderada 8 son de adobe y 88 de concreto armado. Esto nos sugiere que las viviendas de adobe en lugares de fundación no idóneos y con un mal estado de conservación, son más susceptibles ante una amenaza sísmica.



5.3 Comentario de la demostración de hipótesis

Discusión 7

El nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, es alto. Hipótesis que fue parcialmente validada debido a que también se encontraron niveles de riesgo sísmico moderado, alto y muy alto.

Discusión 8

El nivel de peligro sísmico en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, es alto. Hipótesis que fue validada.

Discusión 9

El nivel de la vulnerabilidad sísmica en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, es alto. Hipótesis que fue validada parcialmente por que se encontraron viviendas con un nivel de vulnerabilidad moderado, alto y muy alto.

5.4 Aporte de la investigación

Como aporte de la investigación se tiene los niveles de vulnerabilidad sísmica (Figura 75), peligro sísmico (Figura 60) y riesgo sísmico (Figura 82) sísmico en el sector de Lluscanay y además se tiene la elaboración y utilización de los siguientes flujogramas:



Figura 83

Flujograma del levantamiento fotogramétrico y procesamiento en gabinete

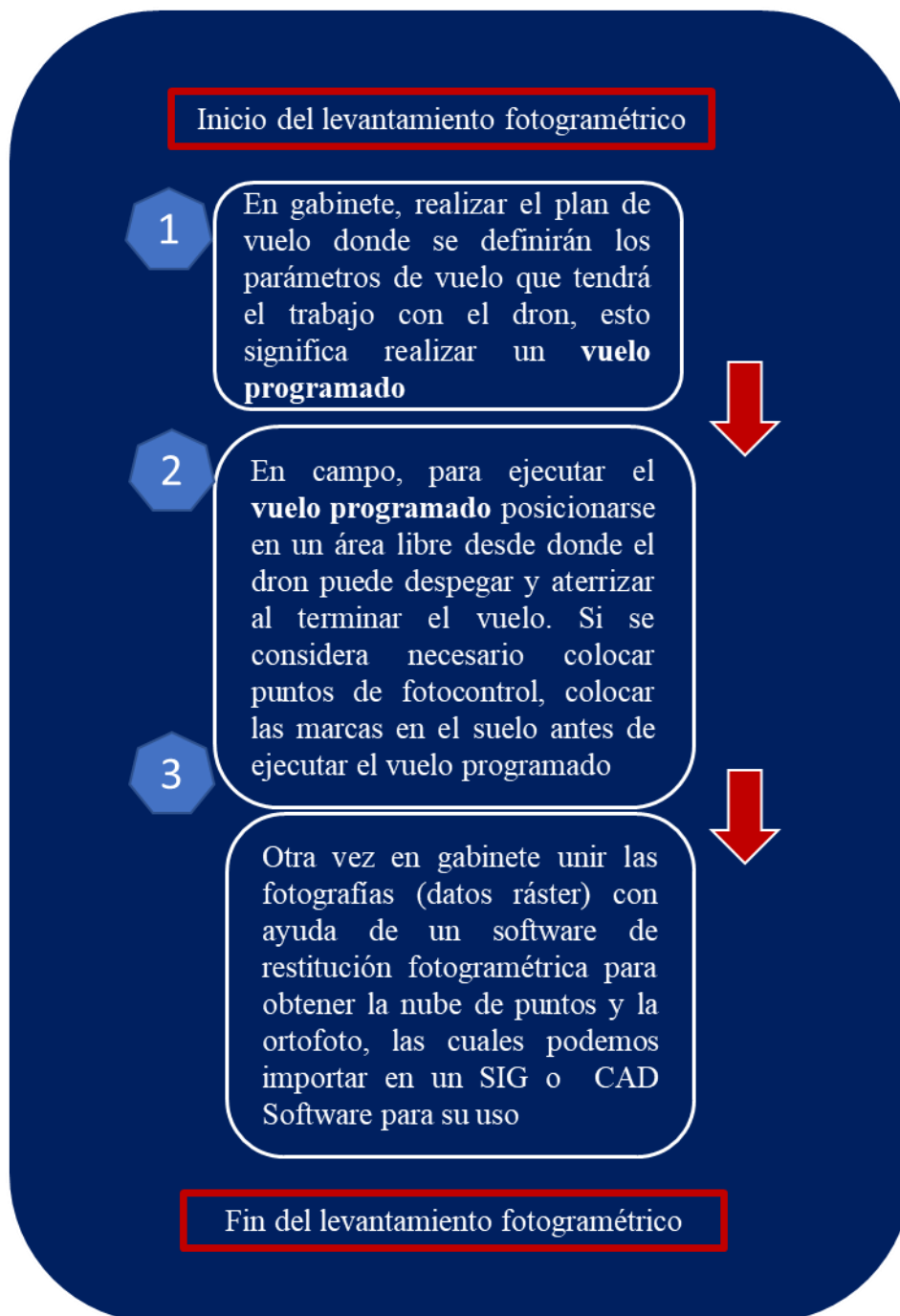
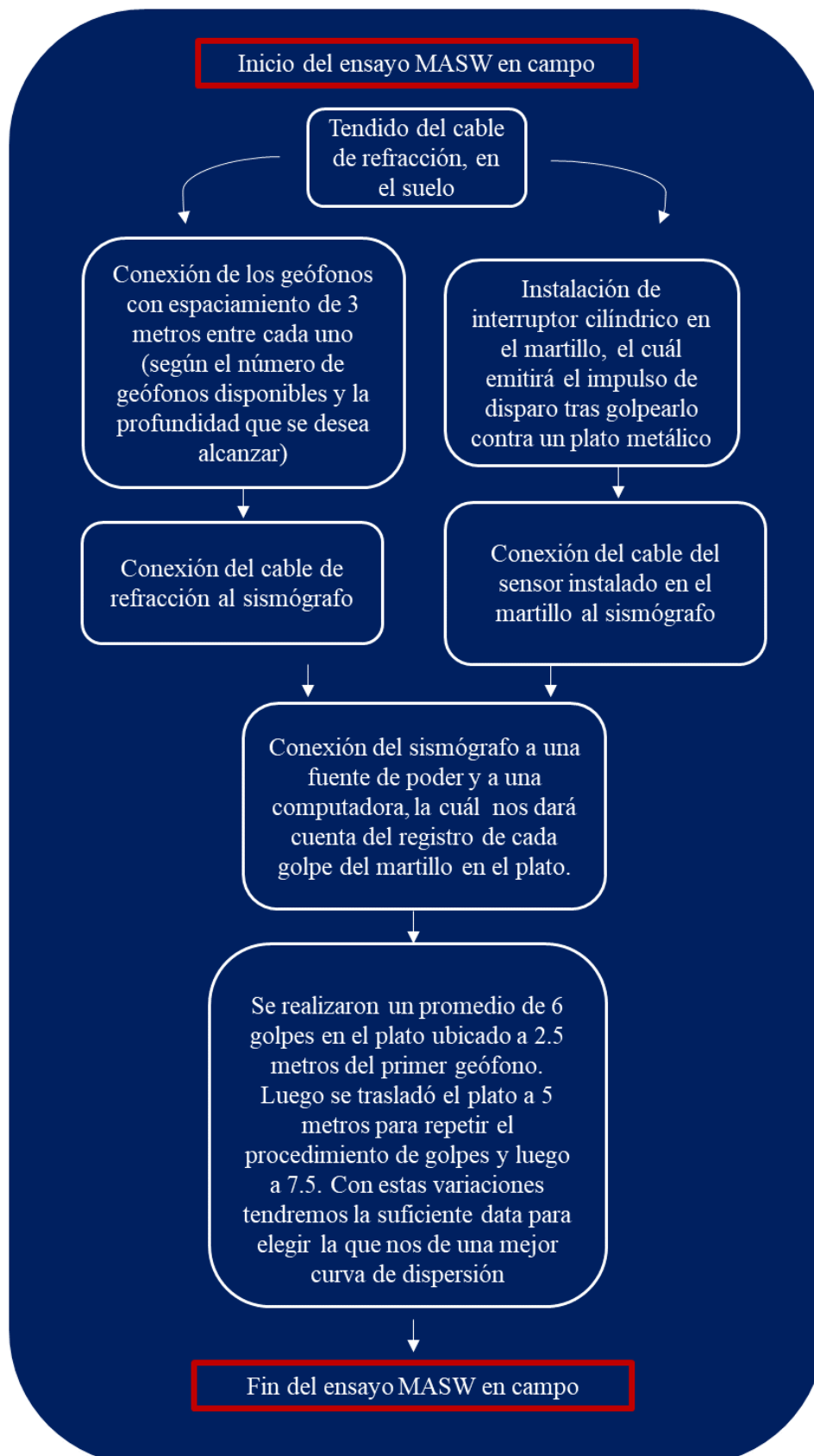




Figura 84

Flujograma del desarrollo del ensayo MASW





5.5 Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación

Para investigaciones futura en referencia al uso del Drone considerar el vuelo transversal con el objetivo de obtener un modelado 3D de las viviendas en la zona de estudio.

Tener en cuenta para futuras investigaciones la evaluación de vulnerabilidad directa en las viviendas que presentan un nivel de riesgo muy alto.

En investigaciones futuras para el sector de Lluscanay poner énfasis en viviendas recientes con asentamiento visibles.



Glosario

Riesgo. - Contingencia o proximidad de un daño, probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.

Riesgo Sísmico. - Es el grado de pérdidas esperadas que sufre un sistema durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico.

Peligro. - probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas.

Peligro Sísmico. - Es la probabilidad de ocurrencia de movimiento sísmico de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido. El peligro sísmico también puede incluir otros efectos como derrumbes y licuefacción de suelos.

Sismo. - Fenómeno que representa la liberación de energía acumulada en el interior de la tierra, mediante la ruptura de capas de la corteza terrestre.

Sismo cortical. - Se considera sismo cortical a todo aquel que tenga como fuente sismogénica una falla cortical y además se genere dentro de los primeros 30 km de la corteza. Generalmente producen manifestaciones en la superficie como un escarpe de falla por ruptura superficial, desplazamiento de drenajes o generación de pliegues.

Falla geológica. - Las fallas son discontinuidades singulares que corresponden a planos de rotura o fracturación con desplazamiento relativo entre los bloques. Su origen es tectónico, es decir producto de los esfuerzos internos de la tierra.

Falla activa. - Es aquella falla que ha tenido algún evento sísmico reciente en el plano de ruptura en una ventana temporal de 10 000 años.

Buzamiento. - Inclinación que forma con el plano horizontal la línea de la máxima pendiente del plano de falla.

Vulnerabilidad. - Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción del peligro o amenaza.

Vulnerabilidad Sísmica. - Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo. La vulnerabilidad sísmica refleja el grado de exposición, fragilidad y resiliencia que



dependen principalmente de la ubicación, diseño, calidad de materiales y la técnica de construcción de una edificación.



Conclusiones

Conclusión N°1

Se logró el objetivo de estimar el nivel de riesgo sísmico vinculado a un sismo cortical detonado por la falla Zurite-Huarocondo en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, se encontró que, de las 195 viviendas evaluadas, 96 viviendas dieron un nivel de riesgo moderado, 69 viviendas un nivel de riesgo alto y 30 viviendas un nivel de riesgo muy alto.

Conclusión N°02

Se logró el objetivo de estimar el nivel de peligro sísmico en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, para el sector evaluado se encontró un nivel de peligro alto.

Conclusión N°03

Se logró el objetivo de estimar el nivel de la vulnerabilidad sísmica en función a las características de un sismo cortical, considerando como fuente sismogénica la falla Zurite-Huarocondo, en las viviendas ubicadas en la margen derecha del río Izcuchaca en el sector Lluscanay, distrito y provincia de Anta - Cusco - 2022, se encontró que, de las 195 viviendas evaluadas, 96 dieron un nivel de vulnerabilidad moderado, 69 viviendas un nivel de vulnerabilidad alto y 30 viviendas un nivel de vulnerabilidad muy alto.



Recomendaciones

Recomendación N°01

Se recomienda tomar acciones a corto, mediano y largo plazo, por parte de los entes involucrados con el objetivo de mitigar el riesgo sísmico existente en el sector de Lluscanay – Anta. También se recomienda la realización de estudios similares en los ámbitos de influencia de los sistemas de fallas geológicas activas, donde se evidencien o proyecten una expansión demográfica, para conocer el riesgo sísmico al que estarán expuestas las viviendas.

Recomendación N°02

Se recomienda que en los estudios de peligro sísmico se consideren las fuentes sismogénicas que representan las fallas geológicas activas no estudiadas.

Recomendación N°03

Dados los resultados obtenidos en la evaluación visual rápida, se recomienda tomar medidas de mitigación en las viviendas existentes con un valor alto de vulnerabilidad, en cuanto a viviendas mayores a tres pisos con niveles de vulnerabilidad alto se recomienda realizar métodos directos de evaluación de vulnerabilidad.



Referencias

- Abrahamson, N. y Silva, W. (2008). Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations [Resumen de las relaciones suelo-movimiento de Abrahamson & Silva NGA] . Earthquake Spectra, 24(1):67–97. doi:10.1193/1.2924360
- Aranda, R. (2019). Evaluación del riesgo sísmico - geotécnico de la ciudad universitaria de la UNASAM, 2018. [Tesis de posgrado Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3658>
- Albayrak, U., Canbaz, M., & Albayrak, G. (2015). A rapid seismic risk assessment method for existing building stock in urban areas. Procedia engineering, 118, 1242-1249. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.476>
- Benavente, C., Delgado, F., Taípe, M., Audin, L., & Pari, W. (2013). Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región del Cusco. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
- Benavente, C., Delgado, M., García, B., Aguirre, E., Audin, L. (2017). Neotectónica, Evolución del Relieve y Peligro Sísmico en la Región Arequipa. Lima. Intituto Geológico Minero y Metalúrgico
- Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). “Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura i proposti di un metodo di valutazione”. L'industria delle Costruzioni. 149, 66-74.
- Boore, D., Joyner, W., Fumal, T. (1997) Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes [Ecuaciones para estimar los espectros de respuesta horizontal y la aceleración máxima de los terremotos del oeste de América del Norte]. Sismological Research Letters volumen 68, (01).
- Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- P. Smithson, K. Addison y K. Atkinson: Fundamentals of the Physical Environment, [Fundamentos de ambientes físicos]. Londres y Nueva York, Routledge, 1995. <https://doi.org/10.4324/9780203070123>
- Cárdenas, C.G. & Matute, D.A. (2023). Análisis comparativo de las ecuaciones de atenuación para sismos de subducción y corticales en el Ecuador. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca] <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13904>



- CAN. (2014). Comunidad Andina de Naciones. Obtenido de Marco de Acción de Hyogo - EIRD: www.comunidadandina.org
- Cardona, O. D. (2001). La necesidad de Repensar de Manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Centro de investigación de Wageningen, 18.
- Cabrera, J. (1988). Neotectonique et Sismotectonique dans la Cordillere Andine au niveau du changement de geometrie de la Subduction: La region de Cuzco (Perou). PhD thesis, Universite de Paris-Sud.
- Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería – CIMNE.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Lima: NEVA STUDIO SAC.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED. (2017). MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SISMO. Lima.
- Chang, T. S., Pezeshk, S., Yiak, K. C., y Kung, H. T. (1995). Seismic Vulnerability Evaluation of Essential Facilities in Memphis y Shelby County, Tennessee.11(4), 527-544. doi:10.1193/1.1585826
- Davis, I. (1978). Shelter After Disaster. Oxford: Oxford Polytechnic Press.
- Draper, N. R., & Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis. 2nd edn. John Wiley & Sons.
- Douglas, J. (2001). A critical reappraisal of some problems in engineering seismology (Doctoral dissertation, University of London).
- Duque, G. (2017). Manual de geología para ingenieros. Caldas: Universidad Nacional de Colombia.
- Earthquake Engineering Research Institute [Instituto de Investigación de Ingeniería Sísmica] Committee on Seismic Risk 1984: Glossary terms for probabilistic seismic risk and hazard analysis. Earthquake Spectra 1, pp. 33-40.
- Ericksen, G., Fernández, J., & Silgado, E. (1954). El Cusco, Perú, Terremoto del 21 de mayo de 1950. Cusco: Sociedad Sismológica de América.



- Espurt N, Funicciello F, Martinod J, Guillaume B. Flat subduction dynamics and deformation of the South American plate. (2008) <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2010.09.010>
- Federacion Internacional de la Cruz Roja, Terminología. Consultado el 10 de febrero del 2021. <https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/>, IFRC.Org
- Garcia, A; Pozos, A; Hong, H; Gomez, R. 2012. Estimacion del peligro sismo debido a los sismos de interplaca e inslab y sus implicaciones en el diseño sísmico. Revista de ingeniería sísmica. México.
- García Fernández Baca, B., Aguirre Alegre, E. M., Benavente Escobar, C. L., Romero, G., & Palomino Tacuri, A. R. (2021). Automatización para la generación de mapas PGA con Python en estudios de fallas activas: caso falla activa Parina. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/4342>
- García, J. D. (2001). Atenuación sísmica. Aplicación a terremotos intraplaca en México Central. Trabajo de investigación para obtener el grado de doctorado. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/7387/>
- Gama, A. (2010) Estudio de peligro sísmico para la ciudad de Chilpancingo, Guerrero [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco]. Repositorio <http://zaloamati.azc.uam.mx/>
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación. McGRAW-HILL / Interamericana editores, S.A. DE C.V. Sexta edición.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006) Compendio estadístico de prevención y atención de desastres. Consultado el 28 de enero del 2021. <https://www.indeci.gob.pe/direccion-politicas-y-planes/compendios-estadisticos>
- Instituto Geofísico del Perú (s/f). Portal de descargas de datos sísmicos <https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>
- Keefer, D. K. (1984). Landslides caused by earthquakes.[Deslizamientos de tierra causados por terremotos] Geological Society of America Bulletin.
- Krinitzsky, E. L., & Chang, F. K. (1987). State-of-the-Art for Assessing Earthquake Hazards in the United States. Report 25. Parameters for Specifying Intensity-Related



Earthquake Ground Motions. ARMY ENGINEER WATERWAYS EXPERIMENT STATION VICKSBURG MS GEOTECHNICAL LAB.

- Kuroiwa. (2002). Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima: PNUD.
- Lobo, W. (2005). Niveles, condiciones, objetivos y modalidades del diseño sismorresistente basado en desempeño. La Scientific Electronic Library.
- LÓPEZ, A., Villacañas, J. (1999). Metodología Simplificada para el Análisis del Riesgo Sísmico. Física de la tierra. 11: 269-284. <https://revistas.ucm.es>
- Mozo, K. Salinas, C. (2020). Análisis del riesgo sísmico de las viviendas de la APV Cachimayo - San Sebastián - Cusco. [Tesis de pregrado Universidad “Andina Del Cusco”]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3546>
- Ocola, L. (2005). Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú. Revista Geofísica, (61), 81-125.
- Newmark, N. M., & Hall, W. J. (1982). Earthquake spectra and design. Engineering monographs on earthquake criteria.
- PLANAGERD. (2014). PLAN NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES 2014 -2021. Lima : Publimagen ABC sac.
- Pellini – Claudio (s/f). Estructura interna de la tierra. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes.
- Ramos, V. T. (2013). Estabilidad de taludes en obras de Ingeniería Civil. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. 83-91. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/ing_geologo/n17_1980/a07.pdf
- RATICK, S. L. (1194). Coping with Climate Change. Center for Technology, Environment and Development. Clark University.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2022). Título III.2 Estructuras. Norma E.030. Editorial Grupo Universitario. Lima Perú.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (1988). La ingeniería de suelos en las vías terrestres, ferrocarriles y aeropistas. Mexico: LIMUSA.
- Richter, Ch. f. (1935). An instrumental earthquake magnitude scale [Escala de magnitud instrumental de terremoto]. Bulletin of the Seismological Society of America. Pasadena California



- Sauter, F. (1989). Fundamentos de ingeniería sísmica: introducción. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). (s. f.). Programa de Peligros Sísmicos, glosario sísmico. Earthquake Glossary. <https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/>
- Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). (s. f.). Programa de Peligros Sísmicos. Earthquake hazards. https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/100-chance-earthquake?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Silgado, E. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974) Boletín No. 3. Lima: Instituto de Geología y Minería, Lima-Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/251>
- Sistema Nacional de Información ambiental (2017). Mapa sísmico del Perú 1969 – 2017. Consultado el 27 de enero del 2021. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-sismico-peru-periodo-1960-2017>
- Suárez, L., Rivero, P., Inglessis, P., & Dávila, N. (2009). Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Mérida. Ciencia e Ingeniería, 30(3), 269-278. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550786011>
- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., Ishizawa, O. (2014). Evaluación de Peligro Sísmico en Perú. Instituto Geofísico Del Perú. Lima – Perú.
- Tavera H. (2020). Cinturón de fuego del pacífico: ¿activación en cadena? Instituto geofísico del Perú, Ministerio del Ambiente. <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/127394-cinturon-de-fuego-del-pacifico-activacion-en-cadena>.
- Universidad de Waikato. Representación gráfica de las placas tectónicas. Consultado el 13 de febrero de 2021. <https://www.waikato.ac.nz/>
- Universidad Nacional de Ingeniería. (20 enero del 2021). *Plataforma de vulnerabilidad sísmica*. vulnerabilidad-sismica.uni.edu.pe
- Vizconde, A. (2004). Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de un edificio existente:
- Clínica San Miguel-Piura. Piura: Universidad de Piura <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1367>
- Wegener, Alfred. (1912). «La formación de las grandes formas de la corteza terrestre (continentes y océanos) sobre una base geofísica». Petermanns Geographische



Mitteilungen (en alemán) 63: 185-195, 253-256, 305-309. Encuentro anual de la Sociedad Geológica Alemana, Frankfurt am Main



ANEXOS



11.1 Anexo A: Clasificación litológica asociada a la velocidad de onda de corte (V_{s30})



Tabla 6.1

Clasificación litológica asociada a la velocidad media de ondas de corte (parámetro Vs30). Tomado de Benavente *et al.* (2017); recopilación de los estudios de Wills y Clahan (2006); Narciso *et al.* (2013) y Luzi *et al.* (2011)

Vs30	Descripción Litológica
180	Depósitos de suelos medianamente sueltos a no cohesivos (con o sin algunas capas cohesivas suaves) o suelo ligeramente cohesivo
209	Depósitos aluviales del Cuaternario (Holoceno), considerando aluvión mayor de 30 m
236	Aluviones en zonas de finos del Cuaternario (Holoceno)
244.5	Aluviones, lodo, arenas, arcilla, limo y las dunas de arena (Holoceno)
302	Depósitos de arena del Cuaternario (Pleistoceno)
309	Sedimentos eólicos
	Sedimentos calcáreos biológicos
	Sedimentos en zonas costeras de grano fino a medio Sedimentos eólicos, en su mayoría de loess
	Material orgánico rico en lodo y turba
	Materiales residuales desarrollados en aluvial
	Sedimentos de playa
	Sedimentos lacustres
387	Depósitos aluviales del Cuaternario (Pleistoceno)
390	Unidades de lutitas y limolitas de Neógeno (Mioceno y Plioceno)
455	Depósitos aluviales del Neógeno al Cuaternario (Plioceno-Pleistoceno)
515	Materiales residuales desarrollados en rocas ígneas y metamórficas
	Materiales residuales desarrollados en rocas sedimentarias y estratificación discontinua
	Materiales residuales desarrollados en rocas sedimentarias de grano fino
	Sedimentos coluviales, sedimentos coluviales discontinuos y potencia delgada Sedimentos coluviales y aluviales, sedimentos coluviales y loess
	Sedimentos coluviales y el material residual
	Materiales residuales desarrollados en rocas sedimentarias y potencia delgada Materiales residuales desarrollados en rocas carbonatadas y estratificación discontinua
	Materiales residuales desarrollados en lecho de roca, con sedimentos aluviales y estratificación discontinua
	Materiales residuales desarrollados en lecho de roca, con sedimentos aluviales y potencia delgada
	Unidades de arenisca del Paleógeno y Neógeno (Eoceno, Oligoceno y Mioceno)
524.44	Areniscas, gravas, arenas y arcillas del Plioceno
545.46	Arena, areniscas, arcillas y conglomerados del Mioceno
566	Areniscas del Cretáceo
609	Unidades volcánicas del Paleógeno y Neógeno
748	Rocas ígneas del Cretáceo
782	Pizarras, rocas volcánicas y areniscas ligeramente metamorizadas
812.5	Rocas ígneas y metamórficas
1425	Calizas, calizas margosas, dolomitas, conglomerados y areniscas del Mesozoico y Paleógeno
2000	Rocas volcánicas basálticas y andesíticas
	Rocas volcánicas riolíticas



11.2 Anexo B: Información y procesamiento de datos de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico

	Tipo de suelo	Asesoramiento Técnico	Tipo de sistema estructural	Año de construcción	Numero de Pisos	Irregularidad en planta	Irregularidad en Altura	Cantidad Muro	Estado de Conservación	Separación o junta sísmica	Arriostro de muros	Techo inclinado	RP	Valor de vulnerabilidad	N. Vul.	N. Peligro	N. Riesgo
Codigo/Peso	10	10	20	20	10	3	3	3	10	2	2	4	2				
1	10	1	-1	0.35	1	0	0	2	8	2	8	8	1	247.0	Alto	Alto	Alto
2	10	1	-1	0.35	1	4	0	2	8	2	8	8	1	259.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
3	10	1	-1	0	3	4	0	2	8	2	8	8	8	286.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
4	10	1	-1	0.35	1	0	0	2	8	2	8	8	1	247.0	Alto	Alto	Alto
5	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
7	10	1	-1	0	3	8	0	2	4	2	8	8	1	244.0	Alto	Alto	Alto
8	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	4	2	8	0	1	136.0	Moderado	Alto	Moderado
9	10	1	-1	-1.5	3	4	0	2	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
10	10	1	-2.1	-1.5	5	8	8	6	4	2	8	0	8	230.0	Alto	Alto	Alto
11	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	2	8	0	8	162.0	Moderado	Alto	Moderado
12	10	1	-2.1	-1.5	5	0	8	6	2	2	8	0	1	172.0	Moderado	Alto	Moderado
14	10	1	-2.1	-1.5	3	0	8	6	4	2	8	0	1	172.0	Moderado	Alto	Moderado
15	10	1	-1	0	3	0	0	6	8	2	8	8	8	286.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
17	10	1	-2.1	-1.5	3	8	0	6	4	0	8	0	1	168.0	Moderado	Alto	Moderado
18	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	4	0	8	8	1	198.0	Alto	Alto	Alto
19	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	2	8	0	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
20	10	1	-2.1	-1.5	9	0	0	2	2	2	8	0	8	190.0	Moderado	Alto	Moderado
21	10	1	-1	0	1	8	0	6	8	2	8	8	8	290.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
22	10	0.5	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	8	0	8	125.0	Moderado	Alto	Moderado
24	10	1	-1	0	3	0	0	6	8	2	8	8	8	286.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
26	10	1	-1	0	3	4	0	6	8	2	8	8	8	298.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
27	10	1	-1	0.35	3	8	0	6	8	2	8	8	1	303.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
29	10	1	-1	0	1	0	0	6	8	8	8	8	1	264.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
30	10	1	-1	0	3	8	0	6	8	2	8	8	8	310.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
33	10	1	-2.1	-1.5	5	0	8	6	8	2	8	0	1	232.0	Alto	Alto	Alto
35	10	1	-1	0	3	4	0	2	8	2	8	8	8	286.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
38	10	1	-2.1	-1.5	5	4	0	2	4	2	0	0	1	152.0	Moderado	Alto	Moderado
39	10	1	-2.1	-1.5	3	8	8	6	8	8	8	8	1	280.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
41	10	1	-2.1	-1.5	3	4	8	2	2	2	0	0	1	136.0	Moderado	Alto	Moderado
42	10	1	-2.1	-1.5	3	4	8	2	2	2	8	0	1	152.0	Moderado	Alto	Moderado
43	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	4	2	8	0	8	150.0	Moderado	Alto	Moderado
44	10	1	-2.1	-1.5	7	0	0	2	2	2	8	0	1	156.0	Moderado	Alto	Moderado
45	10	1	-1	0	1	8	0	2	4	2	8	8	1	224.0	Alto	Alto	Alto
47	10	1	-1	-1.5	3	4	0	2	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
49	10	1	-1	0.35	1	0	0	2	4	2	8	8	1	207.0	Alto	Alto	Alto
50	10	1	-2.1	-1.5	1	4	0	2	4	2	8	8	1	160.0	Moderado	Alto	Moderado
51	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	2	4	2	0	8	1	156.0	Moderado	Alto	Moderado
52	10	1	-2.1	-1.5	3	8	0	6	2	2	8	0	1	152.0	Moderado	Alto	Moderado
53	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	8	1	160.0	Moderado	Alto	Moderado
54	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
55	10	1	-2.1	-1.5	1	4	0	6	2	2	8	0	1	120.0	Moderado	Alto	Moderado
56	10	1	-1	0	3	4	0	6	8	2	8	8	1	284.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
59	10	1	-1	-1.5	1	8	0	2	8	2	8	8	1	234.0	Alto	Alto	Alto
60	10	1	-2.1	-1.5	7	4	0	2	2	0	0	8	1	180.0	Moderado	Alto	Moderado
62	10	1	-2.1	-1.5	3	4	0	6	2	2	8	8	1	172.0	Moderado	Alto	Moderado
63	10	1	-1	-1.5	3	4	0	2	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
64	10	1	-1	0	1	8	0	6	4	2	8	8	1	236.0	Alto	Alto	Alto
65	10	1	-2.1	-1.5	9	0	0	6	4	0	8	8	1	236.0	Alto	Alto	Alto
66	10	1	-1	-1.5	3	4	0	2	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
67	10	1	-1	0	1	4	0	2	4	0	8	8	1	208.0	Alto	Alto	Alto
68	10	1	-1	0	1	4	0	6	8	2	8	8	1	264.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
69	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	4	0	8	0	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
70	10	1	-1	-1.5	1	4	0	6	4	2	8	8	1	194.0	Alto	Alto	Alto
71	10	1	-1	-1.5	3	4	8	2	4	2	8	8	8	240.0	Alto	Alto	Alto
73	10	1	-2.1	-1.5	7	4	0	6	2	2	8	0	1	180.0	Moderado	Alto	Moderado
75	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	206.0	Alto	Alto	Alto
77	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	2	8	8	1	164.0	Moderado	Alto	Moderado
78	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
79	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	0	0	0	1	112.0	Moderado	Alto	Moderado
80	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	2	4	2	0	8	1	132.0	Moderado	Alto	Moderado
81	10	1	-1	-1.5	1	8	0	2	4	2	8	8	1	194.0	Alto	Alto	Alto
82	10	1	-1	-1.5	1	8	0	2	4	2	8	8	1	194.0	Alto	Alto	Alto
83	10	0.5	-2.1	-1.5	3	8	0	6	2	2	8	0	1	147.0	Moderado	Alto	Moderado
84	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	4	0	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
85	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	0	8	8	1	156.0	Moderado	Alto	Moderado
86	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	0	0	1	100.0	Moderado	Alto	Moderado
87	10	1	-1	-1.5	1	8	0	2	4	2	8	8	1	194.0	Alto	Alto	Alto
88	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	8	0	1	116.0	Moderado	Alto	Moderado
89	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	4	0	8	0	1	144.0	Moderado	Alto	Moderado
91	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	2	4	0	0	0	1	96.0	Moderado	Alto	Moderado
95	10	1	-2.1	-1.5	3	4	0	6	4	0	8	0	1	156.0	Moderado	Alto	Moderado
97	10	1	-2.1	-1.5	1	4	0	6	2	2	8	8	1	152.0	Moderado	Alto	Moderado
99	10	1	-1	0	3	0	0	6	8	0	8	8	1	268.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
101	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	6	2	2	8	8	1	140.0	Moderado	Alto	Moderado
102	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	6	2	2	8	8	1	140.0	Moderado	Alto	Moderado
103	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	8	0	8	8	1	216.0	Alto	Alto	Alto
104	10	1	-1	0	1	4	0	6	4	2	8	8	8	238.0	Alto	Alto	Alto
105	10	1	-1	0	1	0	0	6	4	2	8	8	1	212.0	Alto	Alto	Alto
107	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	6	4	2	0	0	1	112.0	Moderado	Alto	Moderado
109	10	1	-1	0	3	0	0	6	4	2	8	8	1	232.0	Alto	Alto	Alto
110	10	1	-1	0	1	0	0	6	8	2	8	8	1	252.0	Alto	Alto	Alto
111	10	1	-1	-1.5	3	4	0	6	4	2	8	8	1	214.0	Alto	Alto	Alto
112	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	4	0	8	8	1	198.0	Alto	Alto	Alto
113	10	1	-1	0	1	0	0	6	4	0	8	8	1	208.0	Alto	Alto	Alto
114	10	1	-1	-1.5	3	8	4	6	8	2	8	8	1	278.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
117	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	2	8	0	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
118	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	0	8	0	1	144.0	Moderado	Alto	Moderado
119	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	2	4	2	8	8	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
120	10	1	-1	0	1	4	0	6	4	0	8	8	8	234.0	Alto	Alto	Alto
121	10	1	-1	-1.5	3	0	0	2	8	2	8	8	8	244.0	Alto	Alto	Alto
123	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	0	0	1	100.0	Moderado	Alto	Moderado
124	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	8	2	8	8	1	242.0	Alto	Alto	Alto
126	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
128	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	2	8	0	1	132.0	Moderado	Alto	Moderado
129	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado



136	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	2	4	2	8	0	1	156.0	Moderado	Alto	Moderado
137	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
138	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
139	10	1	-2.1	-1.5	7	0	0	6	2	2	8	8	1	200.0	Alto	Alto	Alto
142	10	1	-2.1	-1.5	3	4	0	6	2	2	8	0	1	140.0	Moderado	Alto	Moderado
143	10	1	-2.1	-1.5	3	8	0	6	4	2	8	8	1	204.0	Alto	Alto	Alto
144	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	8	2	8	8	8	234.0	Alto	Alto	Alto
145	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	2	8	0	1	132.0	Moderado	Alto	Moderado
147	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	184.0	Moderado	Alto	Moderado
148	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	8	0	1	116.0	Moderado	Alto	Moderado
150	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	6	4	2	8	8	1	160.0	Moderado	Alto	Moderado
151	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	4	2	8	8	1	200.0	Alto	Alto	Alto
152	10	1	-1	-1.5	1	0	0	6	4	2	8	8	1	182.0	Moderado	Alto	Moderado
153	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	206.0	Alto	Alto	Alto
154	10	1	-1	0	5	8	0	6	2	2	8	8	1	256.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
156	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	184.0	Moderado	Alto	Moderado
157	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	184.0	Moderado	Alto	Moderado
159	10	1	-2.1	-1.5	3	8	0	6	4	2	8	8	1	204.0	Alto	Alto	Alto
160	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	184.0	Moderado	Alto	Moderado
161	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	8	0	1	116.0	Moderado	Alto	Moderado
162	10	1	-1	0	3	8	0	2	4	2	8	8	8	258.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
163	10	1	-1	0	1	4	0	6	8	2	8	8	8	278.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
164	10	1	-1	0	3	0	0	6	4	2	8	8	8	246.0	Alto	Alto	Alto
165	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	2	8	8	1	180.0	Moderado	Alto	Moderado
166	10	1	-2.1	-1.5	5	4	0	6	2	2	8	8	1	192.0	Moderado	Alto	Moderado
168	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	2	4	2	8	0	1	116.0	Moderado	Alto	Moderado
172	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
173	10	1	-1	-1.5	3	4	0	6	8	0	8	8	1	250.0	Alto	Alto	Alto
174	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	2	8	8	1	164.0	Moderado	Alto	Moderado
175	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	0	0	0	1	96.0	Moderado	Alto	Moderado
176	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	2	4	2	8	8	1	172.0	Moderado	Alto	Moderado
177	10	1	-2.1	-1.5	1	0	0	6	2	2	8	8	1	140.0	Moderado	Alto	Moderado
183	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	8	2	8	8	1	246.0	Alto	Alto	Alto
184	10	1	-1	-1.5	1	0	0	6	8	2	8	8	8	236.0	Alto	Alto	Alto
185	10	1	-1	0	3	0	0	6	4	2	8	8	8	246.0	Alto	Alto	Alto
186	10	1	-1	-1.5	3	8	4	2	4	2	8	8	1	226.0	Alto	Alto	Alto
189	10	1	-1	0	3	8	0	6	4	0	8	8	1	252.0	Alto	Alto	Alto
190	10	1	-1	0	3	8	0	2	8	2	8	8	1	284.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
192	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	2	8	0	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
197	10	1	-2.1	-1.5	7	0	0	6	2	0	8	0	1	164.0	Moderado	Alto	Moderado
198	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
199	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
201	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	0	8	0	1	124.0	Moderado	Alto	Moderado
203	10	1	-1	0	3	0	0	2	4	2	0	0	1	172.0	Moderado	Alto	Moderado
204	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	0	8	0	1	112.0	Moderado	Alto	Moderado
205	10	1	-1	0	3	4	0	6	8	2	8	8	1	284.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
211	10	1	-1	0	3	4	0	2	8	2	8	8	1	272.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
212	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	0	0	1	100.0	Moderado	Alto	Moderado
214	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
215	10	1	-1	0	1	0	0	2	8	0	8	8	1	236.0	Alto	Alto	Alto
216	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	4	2	8	8	1	202.0	Alto	Alto	Alto
217	10	1	-1	-1.5	3	4	0	6	4	8	8	8	8	240.0	Alto	Alto	Alto
218	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	6	2	0	8	0	1	144.0	Moderado	Alto	Moderado
219	10	1	-1	-1.5	5	4	0	6	4	2	8	8	1	234.0	Alto	Alto	Alto
220	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	4	2	8	0	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
221	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	8	0	8	8	1	242.0	Alto	Alto	Alto
222	10	1	-1	-1.5	3	4	0	6	8	2	8	8	1	254.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
227	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	0	8	0	1	112.0	Moderado	Alto	Moderado
229	10	1	-1	0	3	0	0	6	4	0	8	8	1	228.0	Alto	Alto	Alto
230	10	1	-1	-1.5	1	0	0	6	4	2	8	8	1	182.0	Moderado	Alto	Moderado
231	10	1	-1	-1.5	3	0	0	2	4	0	8	8	1	186.0	Moderado	Alto	Moderado
232	10	1	-1	-1.5	3	0	0	2	4	2	8	8	1	190.0	Moderado	Alto	Moderado
233	10	1	-1	-1.5	3	8	8	6	4	2	8	8	1	250.0	Alto	Alto	Alto
234	10	1	-1	-1.5	3	4	0	6	4	0	8	8	1	210.0	Alto	Alto	Alto
235	10	1	-1	0	3	4	0	6	4	2	8	8	8	258.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
236	10	1	-1	0	3	4	0	6	4	2	8	8	8	258.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
237	10	1	-2.1	-1.5	5	8	0	6	2	2	8	0	1	172.0	Moderado	Alto	Moderado
238	10	1	-2.1	-1.5	3	8	0	6	2	2	8	8	1	184.0	Moderado	Alto	Moderado
239	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	2	2	2	0	0	1	100.0	Moderado	Alto	Moderado
240	10	1	-1	0	3	4	0	6	8	2	8	8	1	284.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
241	10	1	-1	0	3	0	0	2	4	2	8	8	1	220.0	Alto	Alto	Alto
242	10	1	-1	0	1	8	0	2	8	2	8	8	1	264.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
243	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	8	2	8	8	1	246.0	Alto	Alto	Alto
244	10	1	-2.1	-1.5	5	0	0	2	2	2	8	0	1	136.0	Moderado	Alto	Moderado
245	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	2	2	0	8	8	1	148.0	Moderado	Alto	Moderado
246	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	4	2	8	8	1	180.0	Moderado	Alto	Moderado
247	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	0	8	0	1	124.0	Moderado	Alto	Moderado
248	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	8	2	8	8	1	242.0	Alto	Alto	Alto
249	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	0	8	8	1	160.0	Moderado	Alto	Moderado
250	10	1	-2.1	-1.5	5	4	0	6	2	2	8	0	1	160.0	Moderado	Alto	Moderado
251	10	1	-1	0	1	8	0	6	4	2	8	8	1	236.0	Alto	Alto	Alto
253	10	1	-1	0	3	0	0	6	8	2	8	8	1	272.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
254	10	1	-1	-1.5	3	8	0	2	4	2	8	8	1	214.0	Alto	Alto	Alto
255	10	1	-2.1	-1.5	1	8	0	6	2	0	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
256	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	0	8	0	1	124.0	Moderado	Alto	Moderado
257	10	1	-1	-1.5	3	4	8	6	8	8	8	8	8	304.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
258	10	1	-1	-1.5	1	8	0	2	4	2	8	8	1	194.0	Alto	Alto	Alto
262	10	1	-1	-1.5	1	4	0	2	4	2	8	8	1	182.0	Moderado	Alto	Moderado
263	10	1	-1	0	1	0	0	6	8	2	8	8	1	252.0	Alto	Alto	Alto
264	10	1	-1	0	3	4	0	6	4	2	8	8	1	244.0	Alto	Alto	Alto
265	10	1	-1	-1.5	1	4	0	2	4	2	8	8	1	182.0	Moderado	Alto	Moderado
266	10	1	-1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	8	1	182.0	Moderado	Alto	Moderado
268	10	1	-1	-1.5	3	8	0	2	8	2	8	8	1	254.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
269	10	1	-2.1	-1.5	3	0	0	6	2	2	8	0	1	128.0	Moderado	Alto	Moderado
270	10	1	-1	-1.5	3	4	0	6	8	2	8	8	1	254.0	Muy Alto	Alto	Muy Alto
271	10	1	-1	-1.5	1	8	0	6	4	2	8	8	1	206.0	Alto	Alto	Alto
272	10	1	-1	0	1	0	0	6	8	2	8	8	1	252.0	Alto	Alto	Alto
273	10	1	-2.1	-1.5	7												



11.3 Anexo C: Mapa de vulnerabilidad sísmica



Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Mapa:

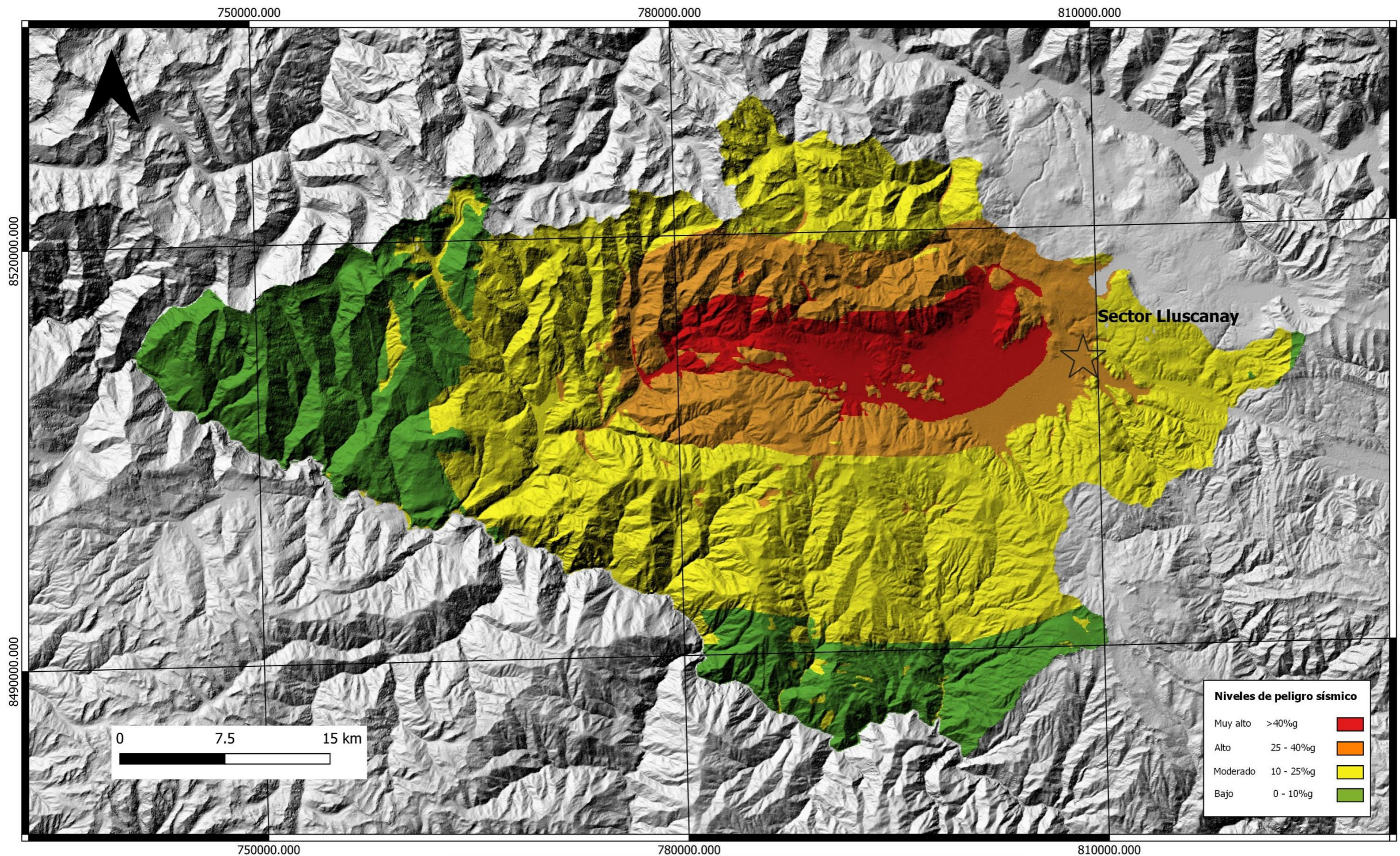
VULNERABILIDAD SÍSMICA

Tesis de grado: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY, DISTRITO Y PROVINCIA DE ANTA, CUSCO 2022.

ESCALA 1/3500



11.4 Anexo D: Mapa de peligro sísmico del sector de Lluscanay



Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Mapa:

PELIGRO SÍSMICO

Tesis de grado: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY, DISTRITO Y PROVINCIA DE ANTA, CUSCO 2022.



11.5 Anexo E: Mapa de Riesgo sísmico del sector de Lluscanay



Universidad Andina del Cusco
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Mapa:

RIESGO SÍSMICO

Tesis de grado: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SÍSMICO VINCULADO A UN SISMO CORTICAL EN LAS VIVIENDAS UBICADAS EN LA SECTOR DE LLUSCANAY, DISTRITO Y PROVINCIA DE ANTA, CUSCO 2022.

ESCALA 1/3500



11.6 ANEXO F: PANEL FOTOGRAFICO



Figura 85

Consultas al propietario de la vivienda de concreto armado, para el llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI



Figura 86

Consultas al ocupante de la vivienda de adobe para el llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI





Figura 87

Consultas al propietario de la vivienda de concreto armado, para el llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI



Figura 88

Llenado de información en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI





Figura 89

Verificación de grietas en las viviendas para la caracterización del estado de la edificación





Figura 90

Verificación de grietas en las viviendas para la caracterización del estado de la edificación en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI



Figura 91

Verificación de las juntas sísmicas en las viviendas para la caracterización del estado de la edificación en la encuesta de vulnerabilidad visual rápida de la UNI







11.7 ANEXO G: ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA



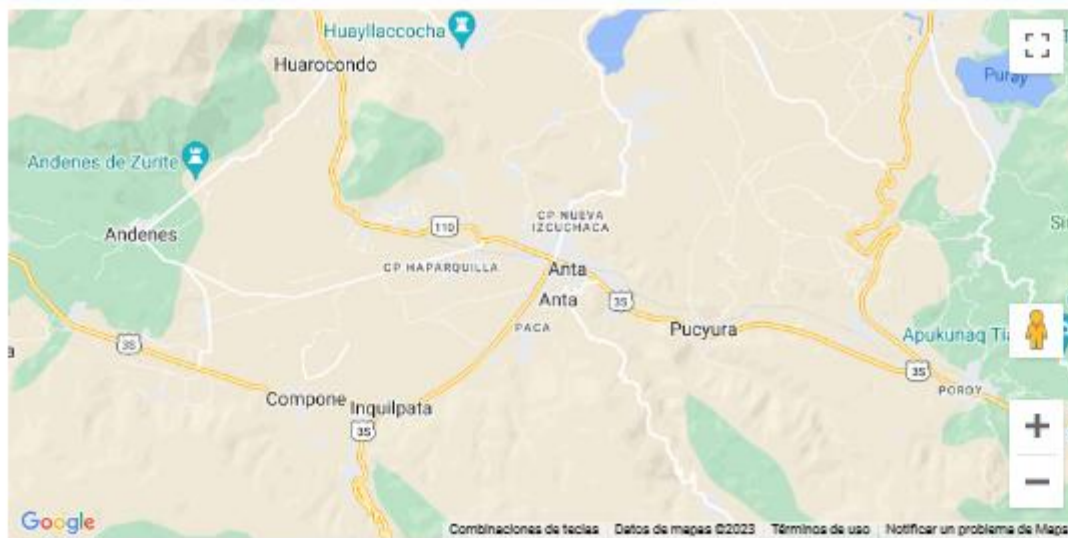
Encuesta de la Plataforma Virtual de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones,		
	Descripción	Valor
Ts-tipo de suelo	Roca (s0)	
	Grava con piedra (s1)	
	Grava con arena (s1)	
	Arena (s2)	
	Arcilla s3)	
	Arcilla blanda(s3)	
	Arena suelta(s3)	
	Desconocido	
	Tierra de cultivo (s4)	
Asesoramiento tecnico	Si	
	No	
Se-sistema estructural	Adobe	
	Albañileria confinada	
	Pórtico de concreto	
	Dual de concreto	
An-antigüedad	<1977	
	1977 - 1997	
	> 1997	
Np-nro de pisos	> 5pisos	
	4 pisos	
	3 pisos	
	2 pisos	
	1 piso	
Ip-irregularidad_planta	Regular	
	Esquinas entrantes	
	Proporciones inadecuadas	
	Discontinuidad de piso	
Ia-irregularidad_vertical	Regular	
	Geometría vertical	
	Piso blando	
	Masa peso	
Dm-densidad de muros	Muchos	
	Pocos	
Ec-estado de conservación	Mal estado	
	Regular estado	
	Buen estado	
Sc-separación colindante	Mas de 10 cm	
	Entre 5 y 10 cm	
	Menos a 5cm	
	Desconocido	
Ene-elementos no estructurales	Muros no arriostrados	
	Muros arriostrados	
Pt-presencia de timpanos/techo inclinado	Si	
	No	
Rp-revestimiento pesado	Si	
	No	

Nota. Adaptado de la Plataforma digital de vulnerabilidad sísmica, CITDI.

<https://vulnerabilidad-sismica.uni.edu.pe/vulne/create>



- Encuesta
- Mapa de Vulnerabilidad
- Documentación
- Metodología
- Nosotros
- Contáctanos



Seleccione la ubicación de su vivienda

Tipo de Suelo

Seleccione una opción si conoce el tipo de suelo



Roca



Grava con bolonería

Datos Generales

- Aspectos Estructurales
- Aspectos Geométricos
- Aspectos Constructivos

Nota. En esta primera parte de la encuesta virtual se añade la ubicación geográfica



- Encuesta
- Mapa de Vulnerabilidad
- Documentación
- Metodología
- Nosotros
- Contáctanos

Tipo de Suelo

Seleccione una opción si conoce el tipo de suelo



Roca



Grava con bolonería



Grava arenosa



Arena



Arcilla



Tierra de cultivo

Datos Generales

- Aspectos Estructurales
- Aspectos Geométricos
- Aspectos Constructivos

Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa el tipo de suelo de la zona de estudio



Área de la edificación

Área del primer piso (m2)
Cuatro dígitos como máximo, e.g. 2334

Número de habitantes en la edificación

Número de habitantes
Tres dígitos como máximo, e.g. 124

Uso de la edificación

Residencial

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Asesoramiento técnico
Seleccione una opción

SI NO

Datos Generales

- Aspectos Estructurales
- Aspectos Geométricos
- Aspectos Constructivos

Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa el área, número de habitantes, uso de la edificación y aspectos estructurales como el asesoramiento técnico.

Sistema estructural
Seleccione una opción

Adobe Albañilería confinada

Pórticos de concreto armado Dual de concreto armado

Año de la construcción

2020

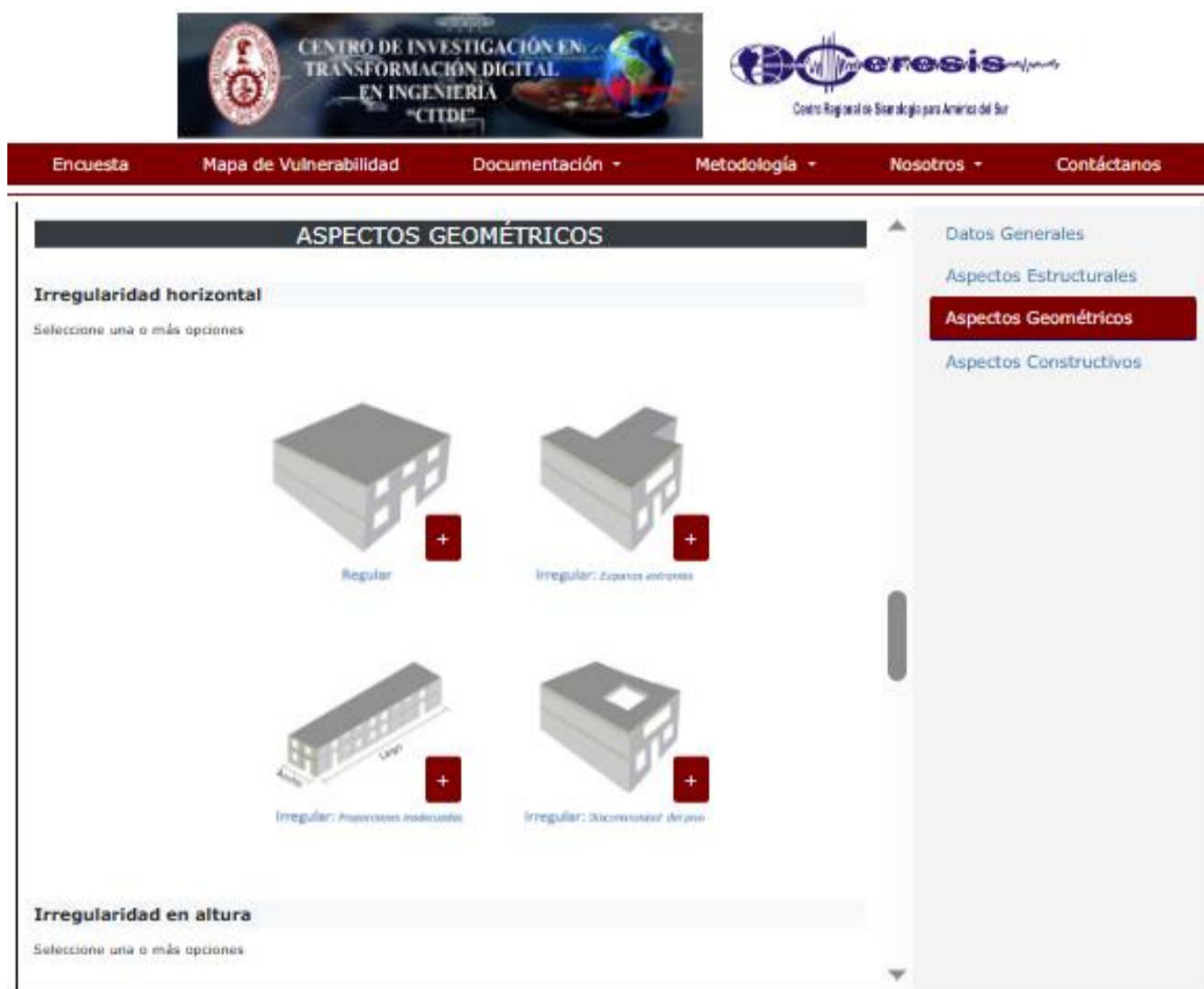
Número de pisos

1 piso

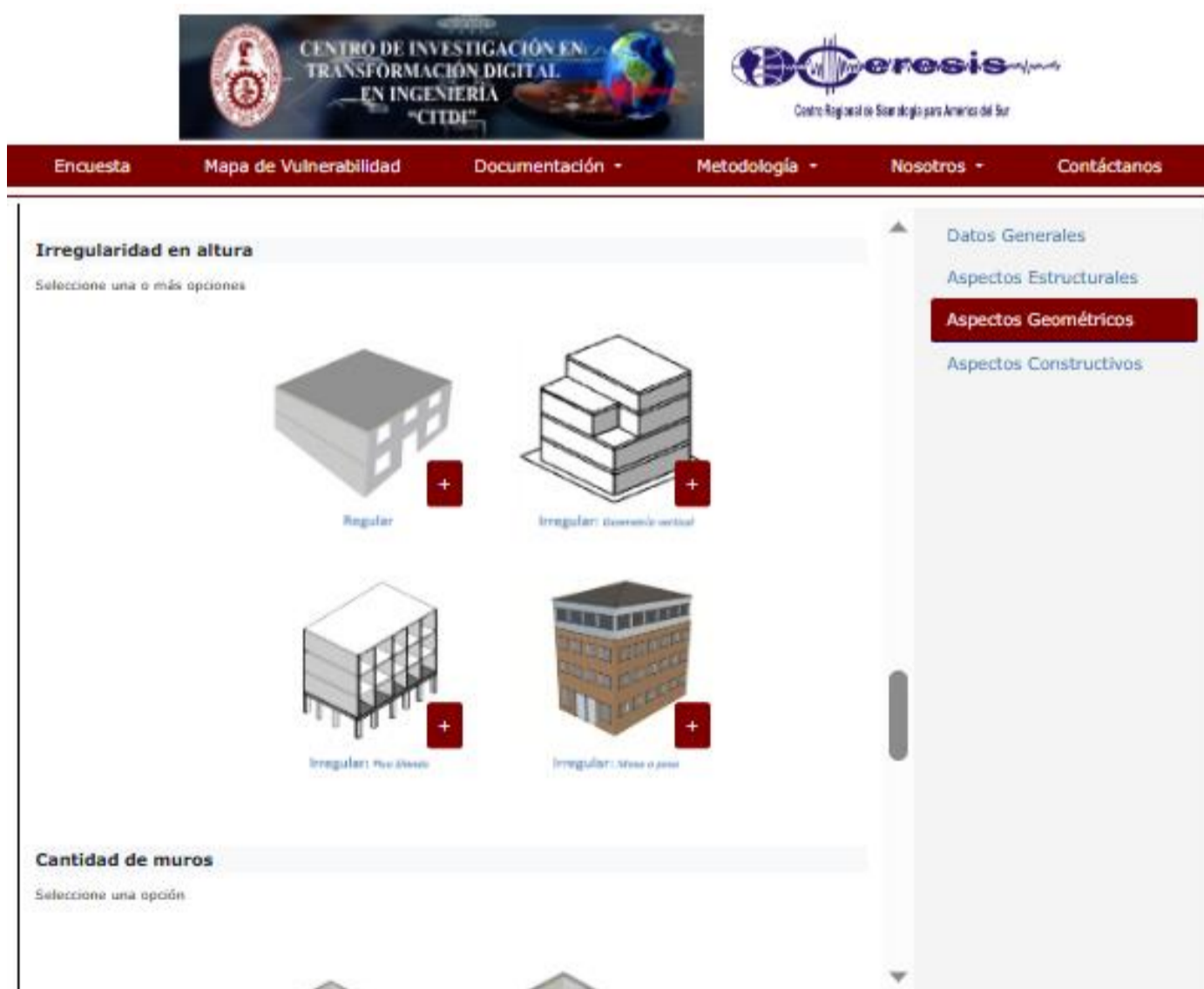
Datos Generales

- Aspectos Estructurales
- Aspectos Geométricos
- Aspectos Constructivos

Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa el tipo de sistema estructural, año de construcción



Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa el tipo de irregularidad horizontal



Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa el tipo de irregularidad en altura.



The screenshot shows a web-based survey interface. At the top, there are logos for 'CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN INGENIERÍA "CTDI"' and 'Ceresis Centro Regional de Investigación para América del Sur'. Below the logos is a navigation bar with links: 'Encuesta', 'Mapa de Vulnerabilidad', 'Documentación', 'Metodología', 'Nosotros', and 'Contáctanos'. The main content area is divided into two sections. The first section, 'Cantidad de muros', asks the user to 'Seleccione una opción' and provides two choices: 'Muchos muros confinados' (represented by a 3D model of a wall with many openings) and 'Pocos muros confinados' (represented by a 3D model of a wall with few openings). The second section, 'Estado de conservación', also asks for a selection and provides two choices: 'Mal estado: grietas (> 2mm)' (represented by a photo of a wall with a large crack) and 'Regular estado: fisuras (< 2mm)' (represented by a photo of a wall with a small crack). A third, partially visible option shows a photo of a building. On the right side, there is a vertical sidebar with a list of categories: 'Datos Generales', 'Aspectos Estructurales', 'Aspectos Geométricos' (which is highlighted in red), and 'Aspectos Constructivos'.

Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa cantidad de muros y estado de conservación de la vivienda.

The screenshot shows the next part of the virtual survey. It features the same logos and navigation bar as the previous screenshot. The main content area has three sections. The first section, 'Separación entre edificaciones', has a dropdown menu currently set to 'Desconocido' and a red '+' button. The second section, 'Elementos no estructurales', asks for a selection and provides two choices: 'Muros no arriostrados' (represented by a photo of a brick building) and 'Muros arriostrados' (represented by a 3D model of a wall with diagonal bracing). The third section, 'Presencia de techo inclinado', asks for a selection and provides two choices: 'SI' (represented by a photo of a house with a red roof) and 'NO' (represented by a 3D model of a modern building with a flat roof). The right sidebar is identical to the previous screenshot, with 'Aspectos Geométricos' highlighted.

Nota. En esta parte de la encuesta virtual se ingresa la separación entre edificaciones, elementos no estructurales y presencia de techo inclinado



11.8 ANEXO H: UBICACIÓN DE LOS ARREGLOS DEL ENSAYO MASW



Nota. Se aprecia la ubicación de la línea sísmica para el ensayo de MASW