

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



TESIS

**“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA
REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA
CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”**

PRESENTADO POR:

Bach. Marsell Fernando Barrientos Hanco

**Para optar al Título Profesional de
INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR DE TESIS:

Mgt. Edison Santiago Mattos Ojeda

CUSCO - PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022

presentado por: MARSEL FERNANDO BARRIENTOS HANCO con DNI Nro.: 71594420

presentado por: con DNI Nro.:

para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 13 de ENERO de 2024


Firma

Post firma: EDILSON S. MATOS DIEDO

Nro. de DNI: 23853084

ORCID del Asesor: 0000-0002-3236-025X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: OID: 27259: 304200401

NOMBRE DEL TRABAJO

ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSI

AUTOR

Marsell Fernando Barrientos Hanco

RECUENTO DE PALABRAS

20509 Words

RECUENTO DE CARACTERES

117363 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

155 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

12.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 15, 2024 10:01 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 15, 2024 10:03 PM GMT-5**● 7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



DEDICATORIA

“La presente tesis está dedicado a:

A mis papás Carlos Walter y Alejandrina quienes con su eterna paciencia, amor y esfuerzo me permitieron lograr una de mis grandes metas, gracias por enseñarme el ejemplo de perseverancia y valentía, de no tenerle miedo a las dificultades porque sé que Dios siempre está conmigo.

Mis hermanos Carlos Eduardo, Katlen Patricia y Mauricio por su apoyo y cariño incondicional, durante todo este camino, por estar a mi lado en todo momento. A toda mi familia porque con sus consejos, oraciones y palabras me hicieron una mejor persona y de una forma u otra me acompañaron en todas mis metas y sueños”

AGRADECIMIENTO

“Quiero brindar mi más profundo agradecimiento a todo el personal y autoridades de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por abrirme las puertas y permitirme desarrollarme como profesional en el ámbito de la Ingeniería Geológica.

Mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y a mis docentes universitarios por la gran enseñanza de sus conocimientos que hicieron que pueda crecer en este proyecto como profesional, gracias a cada uno de ustedes por la dedicación, el apoyo incondicional, la paciencia y la amistad”.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	11
1.1. INTRODUCCIÓN	11
1.2. DESCRIPCION Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA	12
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.5. OBJETIVOS	14
1.6. AMBITO GEOGRÁFICO	14
1.7. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	16
CAPITULO II: MARCO TEORICO	19
2.1. BASES TEORICAS.....	19
2.2. DEFINICIONES DE TÉRMINOS	25
2.3. HIPÓTESIS.....	28
2.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	28
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	30
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.2. ETAPAS DE ESTUDIO	31
3.3. MANEJO DEL EQUIPO ACELEROGRAFO.....	32
3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS MEDIANTE SOFTWARE.....	34
CAPITULO IV: GEOLOGÍA - GEOMORFOLOGÍA	41
4.1. GEOLOGÍA REGIONAL	41
4.2. GEOLOGÍA LOCAL.....	44
4.3. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	48
4.4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL	49

CAPITULO V: GEOTECNIA	52
5.1. NORMA E-030 SISMO RESISTENTE	52
5.2. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	54
5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO	54
5.4. UBICACIÓN Y RESULTADO DE CALICATAS.....	55
5.5. CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA	60
5.6. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA	61
5.7. CLASIFICACIÓN SUCS	62
5.8. CÁLCULO DE CAPACIDAD PÓRTANTE	64
5.9. RESISTENCIA DEL SUELO	67
CAPITULO VI: HIDROGEOLOGÍA.....	68
6.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	69
6.2. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS ACUÍFEROS.....	70
CAPITULO VII: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	73
7.1. GENERALIDADES	73
7.2. TECTÓNICA.....	73
7.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	75
7.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	76
CAPITULO VIII: DISCUSION DE RESULTADOS	81
7.1. PROCESAMIENTO DE PUNTOS MEDIANTE SOFTWARE.....	81
7.2. RESONANCIA ESTRUCTURAL	85
7.3. PROCESAMIENTO DE PUNTOS MEDIANTE SOFTWARE.....	97
7.4. MAPA DE ISOPERÍODOS.....	98
7.5. MAPA DE ISOAMPLIFICACIONES	100

CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 01. Procesos y componentes de la GRD - Ley N° 29664.....	20
GRÁFICO N° 02. Modificación de la señal sísmica por efectos de sitio.....	21
GRÁFICO N° 03. Gráfico de Amplificación sísmica.	25
GRÁFICO N° 04. Pantalla de inicio del Software COMPASS.....	35
GRÁFICO N° 05. Señales sísmicas en el software COMPASS.....	35
GRÁFICO N° 06. Registro sísmico en el software COMPASS.....	36
GRÁFICO N° 07. Proceso de arreglo de la línea base	36
GRÁFICO N° 08. Registro sísmico con línea base arreglada	37
GRÁFICO N° 09. Exportación de archivos en formato SAC	37
GRÁFICO N° 10. Archivos SAC cargados en el software GEOPSY	38
GRÁFICO N° 11. Tabla de datos de los registros sísmicos	39
GRÁFICO N° 12. Registros sísmicos divididas en ventanas de tiempo	39
GRÁFICO N° 13. Parámetros fundamentales obtenidos en el software GEOPSY	40
GRÁFICO N° 14. Columna Estratigráfica del Cuadrángulo del Cusco.....	43
GRÁFICO N° 15. Perfil de la Cuenca del Cusco	44
GRÁFICO N° 16. Columna Estratigráfica de la formación San Sebastián.....	45
GRÁFICO N° 17. Mapa de Zonificación Sísmica	53
GRÁFICO N° 18. Perfil estratigráfico de la Calicata 1	57
GRÁFICO N° 19. Perfil estratigráfico de la Calicata 2.....	58
GRÁFICO N° 20. Perfil estratigráfico de perforación 5	59
GRÁFICO N° 21. Resultados del ensayo de Penetración Dinámica.....	61

GRÁFICO N° 22.	Clasificación SUCS	62
GRÁFICO N° 23.	Hidrogeológica de la sub cuenca del Cusco	72
GRÁFICO N° 24.	Sistema de fallas Cusco	76
GRÁFICO N° 25.	Datos fundamentales del espectro sísmico	81
GRÁFICO N° 26.	Ventanas de procesamiento del espectro sísmico	81
GRÁFICO N° 27.	Grafico resultante del Software Geopsy	82
GRÁFICO N° 28.	Grafico resultante del Software Geopsy	83
GRÁFICO N° 29.	Resonancia Estructural	85

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 01.	Acelerógrafo REF-TEK 130 SMHR.....	27
FOTOGRAFÍA N° 02.	Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Civil	86
FOTOGRAFÍA N° 03.	Edificación de la escuela profesional de Derecho.....	87
FOTOGRAFÍA N° 04.	Escuela profesional de Ingeniería Electrónica	88
FOTOGRAFÍA N° 05.	Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Química	89
FOTOGRAFÍA N° 06.	Edificación de la escuela profesional de Biología	90
FOTOGRAFÍA N° 07.	Escuela profesional de Ingeniería Geológica.....	91
FOTOGRAFÍA N° 08.	Edificación de la escuela profesional de Ciencias Sociales ...	92
FOTOGRAFÍA N° 09.	Edificación de la escuela profesional de Turismo.....	93
FOTOGRAFÍA N° 10.	Edificación del Instituto De Idiomas UNSAAC	94
FOTOGRAFÍA N° 11.	Edificación de la escuela profesional de Economía.....	95
FOTOGRAFÍA N° 12.	Edificación de la escuela profesional de Medicina Humana .	96

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01.	Escala de magnitud de Richter.....	23
TABLA N° 02.	Escala de intensidad de Mercalli.....	24

TABLA N° 03.	Especificaciones técnicas del acelerógrafo REF-TEK.....	27
TABLA N° 04.	Operacionalización de variables.....	29
TABLA N° 05.	Parámetros de Sitio.....	53
TABLA N° 06.	Parámetros de Sitio.....	54
TABLA N° 07.	Técnicas Auxiliares	54
TABLA N° 08.	Ubicación de Calicatas	55
TABLA N° 09.	Resultados de capacidad portante	66
TABLA N° 10.	Permeabilidad según Soil Conservation Service U.S.A.....	71
TABLA N° 11.	Valores de permeabilidad de las formaciones geológicas.....	71
TABLA N° 12.	Extracto Final De Puntos.....	84
TABLA N° 13.	Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Civil	86
TABLA N° 14.	Edificación de la escuela profesional de Derecho.....	87
TABLA N° 15.	Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.....	88
TABLA N° 16.	Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Química	89
TABLA N° 17.	Edificación de la escuela profesional de Biología	90
TABLA N° 18.	Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Geológica.....	91
TABLA N° 19.	Edificación de la escuela profesional de Ciencias Sociales	92
TABLA N° 20.	Edificación del Pabellón A.....	93
TABLA N° 21.	Edificación de la escuela profesional de Turismo.....	93
TABLA N° 22.	Edificación del Instituto De Idiomas UNSAAC	94
TABLA N° 23.	Edificación de la escuela profesional de Economía.....	95
TABLA N° 24.	Edificación de la escuela profesional de Medicina Humana.....	96
TABLA N° 25.	Categorización de niveles de periodos	98
TABLA N° 26.	Categorización de niveles de amplificaciones	100

RESUMEN

El presente trabajo titulado “ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”, Tiene un carácter integral y cubre aspectos sismológicos, geológicos, geotécnicos y tectónicos para alcanzar las metas de desarrollo sostenible y conseguir una ciudad universitaria segura, resiliente y sostenible.

La ciudad universitaria de Perayoc está situada en el valle del Cusco, dominada litológicamente por conos aluviales y material lacustre inconsolidado como gravas, arenas, limos, arcillas, este material inconsolidado presenta una poca cohesivas y un nivel freático superficial, y está asociado al sistema de fallas Cusco, por consiguiente, la fuente del peligro sísmico en la ciudad universitaria está determinado por fallas neotectónicas. La falla de Tambomachay, situada a 13km de distancia de la ciudad universitaria de Perayoc, y la probable falla Cusco, emplazada en el eje central de la depresión del valle del Cusco, determinan la principal fuente sismogénica generadora del peligro sísmico.

Se realizó el estudio de microzonificación sísmica en la ciudad universitaria de Perayoc en la ciudad del Cusco, con el propósito de poder conocer el período fundamental de vibración de los suelos que predominan en la zona de estudio, mediante la obtención de datos de vibración ambiental con el uso del equipo acelerógrafo triaxial REF-TEK. Se estableció 33 puntos de registros, donde se calculó el Cociente Espectral H/V, dando como resultado periodos de 0.06 hasta 0.95 seg. y una amplificación sísmica de 2 a 11 veces, correlacionándolo con un comportamiento dinámico del suelo de categoría media a buena en la zona de estudio y bajando la calidad de su comportamiento en las zonas de Ingeniería Civil, Ingeniería Geológica Y Pabellón A.

Palabras clave: Microzonificación sísmica, Riesgo sísmico, amplificación sísmica, Periodos predominantes, Razón espectral.

ABSTRACT

The present work entitled “SEISMIC MICROZONING STUDY FOR DISASTER RISK REDUCTION IN THE UNIVERSITY CITY OF PERAYOC - CUSCO, 2022”, has a comprehensive nature and covers seismological, geological, geotechnical and tectonic aspects to achieve the goals of sustainable development and achieve a safe, resilient and sustainable university city.

The university city of Perayoc is located in the Cusco valley, lithologically dominated by alluvial cones and unconsolidated lacustrine material such as gravel, sand, silt, clay, this unconsolidated material has little cohesiveness and a shallow water table, and is associated with the Cusco faults, therefore, the source of seismic danger in the university city is determined by neotectonic faults. The Tambomachay fault, located 13km away from the university city of Perayoc, and the probable Cusco fault, located in the central axis of the Cusco valley depression, determine the main seismogenic source generating the seismic danger.

The seismic microzonation study was carried out in the university city of Perayoc in the city of Cusco, with the purpose of being able to know the fundamental period of vibration of the soils that predominate in the study area, by obtaining environmental vibration data with the use of the REF-TEK triaxial accelerograph equipment. 33 recording points were established, where the H/V Spectral Quotient was calculated, resulting in periods of 0.06 to 0.95 sec. and a seismic amplification of 2 to 11 times, correlating it with a dynamic behavior of the soil of medium to good category in the study area and lowering the quality of its behavior in the areas of Civil Engineering, Geological Engineering and Pavilion A.

Keywords: Seismic microzoning, Seismic risk, seismic amplification, Prevailing periods, Spectral ratio.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.INTRODUCCIÓN

El área donde se realiza la investigación se encuentra ubicada en la ciudad del Cusco - Perú, país situado en el cinturón de fuego del pacífico, región donde se concentran zonas de subducción, generando una actividad sísmica intensa. La ciudad universitaria de Perayoc está expuesta al peligro sísmico debido a su cercanía al sistema de fallas Cusco, de acuerdo a su ubicación es afectado por sismos continentales o corticales, estos sismos son caracterizados por ser superficiales generando sismos de magnitud moderada (aproximadamente magnitudes de hasta 6,5° en la escala de Richter), de gran intensidad y se atenúan rápidamente.

Para el efecto de sitio la litología es lo más determinante, es por ello la importancia de realizar una cartografía local de las formaciones geológicas en la Ciudad Universitaria de Perayoc, Cusco. El efecto o respuesta de los estratos superficiales del terreno es lo más crítico frente a ondas sísmicas. Este hecho resalta la importancia de entender las características de las vibraciones en las formaciones geológicas que afloran en la ciudad universitaria.

La técnica Cociente Espectral H/V fue desarrollada por Nakamura en el año 1989, esta técnica nos permite determinar la función de transferencia del suelo utilizando vibraciones ambientales. La técnica Cociente Espectral H/V se puede desarrollar en cualquier momento debido a que no requiere esperar un terremoto como pasa con otras metodologías, esta ventaja es importante para la ciudad del Cusco debido a que sus eventos sísmicos presentan periodos de retorno muy largos. Así mismo, mediante este método podemos inferir las propiedades dinámicas de los suelos, estimando el efecto de sitio para las capas superficiales con finalidad de reducir el riesgo sísmico

1.2.DESCRIPCION Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA

La ciudad universitaria de Perayoc no cuenta con estudios de Microzonificación Sísmica, lo cual genera una incertidumbre con respecto al comportamiento del suelo frente a un evento sísmico. Este tipo de estudio nos ayudaría a zonificar áreas con parámetros geofísicos muy similares y de esta manera poder entender los riesgos que se podrían generar en las estructuras, las cuales albergan a gran cantidad de estudiantes, por ser la principal casa de estudios en la ciudad del Cusco. Así mismo un análisis de estos datos nos aportarían recomendaciones para mejorar los diseños de construcción y tener una mejor edificación sísmo resistente.

La ciudad del Cusco es una zona altamente sísmica, afectado principalmente por dos fallas predominantes y proximales, como es la probable falla Cusco y la falla de Tambomachay, por lo que es necesario realizar un estudio de microzonificación sísmica que nos permita conocer la amplificación sísmica que genere el suelo, en el cual se asientan las edificaciones.

La ciudad universitaria de Perayoc tiene edificaciones tanto antiguas como nuevas, muy importantes para el desarrollo de la educación superior en la ciudad del cusco, pero actualmente no se conoce el comportamiento de las litologías predominantes en el área de estudio como son la formación San Sebastián y la formación Pumamarca.

La microzonificación sísmica es una herramienta fundamental para el proceso de reducción del riesgo sísmico en ciudades, y se basa en el análisis de los estudios geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos. Este estudio nos permite delimitar zonas con un comportamiento sísmico similar dentro del área de estudio. El aporte más importante de esta investigación sobre la microzonificación sísmica de la ciudad universitaria de Perayoc lo constituye el mapa de distribución de los isoperíodos fundamentales y el mapa de Isoamplificaciones.

1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la Microzonificación Sísmica para la reducción del riesgo de desastres en la ciudad universitaria de Perayoc?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas del área de estudio?
2. ¿Cuáles son los periodos predominantes y amplificación sísmica en la ciudad universitaria de Perayoc?
3. ¿Cuáles son las medidas o recomendaciones estructurales y no estructurales que aportaran en el proceso de reducción del riesgo de desastres?

1.4.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La ciudad del Cusco ha presenciado diversos eventos sísmicos a lo largo de su historia, llegando a generar pérdidas tanto humanas como materiales, por lo que es de suma importancia desarrollar una investigación de microzonificación sísmica que nos permita conocer mejor las características geológicas y geotécnicas del suelo. Estos resultados nos permitirán tomar mejores decisiones en cuanto a las especificaciones técnicas de las edificaciones, ya que estos pabellones albergan una gran cantidad de estudiantes y es necesario planificar mejor el desarrollo de la ciudad universitaria.

Un evento sísmico histórico de la ciudad Cusco tuvo lugar en 1650, ocurrido el 31 de marzo. Su epicentro se localizó cerca de la ciudad del Cusco, el cual ocasionó la muerte de unas 5,000 personas.

La ciudad del Cusco tuvo su ultimo evento sísmico el 11 de noviembre del 2018, a las 06:11 horas (UTC-5), el epicentro del evento se situó a 9 km. al noreste de la ciudad de Cusco, tuvo una profundidad de 18 km. y una magnitud de 4.0° en la escala de Richter. Según la escala Modificad de Mercalli, el movimiento sísmico presento una intensidad de IV a V, y según el IGP fue de intensidad III, lo que denota una amplificación sísmica significativa propio de la calidad de los suelos presentes en la ciudad universitaria.

1.5.OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

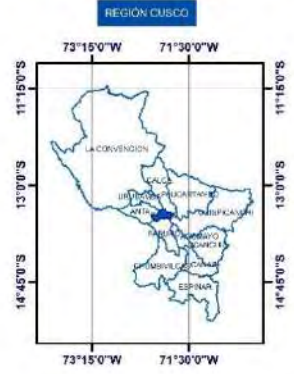
Realizar la Microzonificación Sísmica para la reducción del riesgo de desastres en la Ciudad Universitaria de Perayoc.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Cartografiar las formaciones geológicas y geotécnicas para determinar los tipos de suelos de la zona de estudio.
2. Calcular los periodos predominantes y amplificación sísmica de los suelos en la ciudad universitaria de Perayoc.
3. Determinar las medidas Estructurales y no Estructurales para la reducción del riesgo de desastres.

1.6.AMBITO GEOGRÁFICO

El presente trabajo tiene como área de influencia la ciudad universitaria de Perayoc, lugar donde la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco desarrolla sus actividades de educación e investigación, la ciudad universitaria se localiza en la Av. De La Cultura N° 733, en el distrito del Cusco, provincia y departamento del Cusco. El área de la ciudad universitaria cuenta con aproximadamente un área de 17 hectáreas y alberga más de 18 mil 597 estudiantes.



Proyección: Universal Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984 UTM - Zona 19 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REEDIFICACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC -CUSCO, 2022

MAPA DE UBICACIÓN

Elaborado por: Bach. Marsell Fernando Barricatos Hanco

FECHA 01/01/2023	PROVINCIA : CUSCO REGION : CUSCO DISTRITO : CUSCO	ESCALA 1:75,000	MAPA N° 1
----------------------------	--	---------------------------	---------------------

1.7. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Dado las peculiaridades del tema de investigación los cuales tiene características especiales, se muestra algunas referencias y/o estudios de investigación científica similares para tener una idea integral del uso de herramientas aplicados a la Microzonificación Sísmica.

Este tipo de estudios es el primero que se realiza en esta área de trabajo. Por tal motivo, como referencia se mencionan algunos antecedentes que son trabajos de investigación internacionales y nacionales.

INTERNACIONAL

- **Raúl Ritta, Luis Suárez y Miguel Pandoc. Determinación del período fundamental del suelo usando vibración ambiental y el cociente espectral H/V - Puerto Rico.**

“En el trabajo de microzonificación sísmica realizado en la ciudad de Mayagüez se aplicó el cociente espectral H/V. La zona de estudio se localiza al W de la isla de Puerto Rico, donde fueron tomadas 134 mediciones en diferentes sitios de la ciudad empleando acelerómetros triaxiales. En este trabajo se desarrolló un código para procesar las mediciones al cual se le incluyó un módulo para eliminar los transitorios registrados por el instrumento y conservar sólo la parte estacionaria de la vibración medida. Adicionalmente se presenta el mapa de isoperíodos de suelo confeccionado para la ciudad de Mayagüez”. (Ritta, 2012)

- **María Luisa Bermúdez, Samuel Enrique Martínez, Luis Enrique Franco. “Cálculo del período fundamental del suelo como herramienta para la microzonificación sísmica”: Casos Colombianos**

“Indican que el período fundamental del suelo (T_s), es uno de los indicadores más usados mundialmente para estimar los efectos locales de los suelos al ser sometidos a sollicitaciones sísmicas. En muchas ocasiones se han podido asociar estos efectos a los daños observados en edificaciones, debido principalmente al fenómeno de resonancia en el cual tanto el suelo como la estructura oscilan en forma sincronizada y ésta última se ve sometida a mayores esfuerzos y

desplazamientos, los cuales pueden conducirla al colapso”. (Bermúdez et al., 2002)

- **Adrián David García Soto, Adrián Pozos - Estrada (2012). Instituto de Ingeniería de la UNAM, Ciudad Universitaria, CP 04510, México.**

“Los eventos sísmos generan movimientos intensos que pueden provocar el colapso de las edificaciones. Para tomar en cuenta la incertidumbre en esta ocurrencia, se realiza la evaluación probabilística del peligro sísmico que es empleada para desarrollar espectros de peligro uniforme (EPU) y mapas de contorno de peligro sísmico. Aunque existe mucha información en relación con el cálculo del peligro sísmico en México y su inclusión en reglamentos, no hay en la literatura un reporte detallado, que incluya un modelo de peligro sísmico útil para obtener los EPU. En este estudio se integra un modelo de peligro sísmico útil para estimar los EPU y para desarrollar mapas de contorno para una parte de México; además se calcula la contribución al peligro sísmico de cada tipo de sismo”. (García, 2012)

NACIONAL

- **CISMID. (2005). Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima.** Realizo el Estudio de Microzonificación Sísmica en la Ciudad de Lima en donde planteo un análisis de riesgo por tsunami para las costas de Lima Metropolitana y Callao, desde Ancón hasta Pucusana.
- **Jorge E. Alva Hurtado. (2003). Avances en la Microzonificación Sísmica de Lima, Perú.** “En este estudio se describen los trabajos realizados en los distritos de La Molina y La Punta-Callao que consisten en recopilar información geotécnica y realizar ensayos de microtrepidaciones para determinar el período predominante de vibración ambiental. Se ha encontrado una buena correspondencia entre las características del subsuelo y los períodos predominantes determinados en los distritos estudiados. Se continúa el estudio en el resto de Lima”. (Alva J., 2003).

- **Silgado E. (1978)**, “Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú. Instituto de Geología y Minería, boletín N°3, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú (1513-1974)” (E., 1978).

- **Casaverde y Vargas (1980)**, “La metodología para el cálculo de peligro sísmico fue implementada en el Perú por estos autores, habiendo sido utilizada también por otros investigadores del país en diversos proyectos de Ingeniería. Casaverde y Vargas utilizaron el catálogo sísmico del IGP (Instituto Geofísico del Perú) y propusieron 27 fuentes sismogénicas con sus respectivos parámetros sismológicos y la ley de atenuación basada en registros de acelerogramas de diez sismos peruanos registrados en Lima” (Vargas, 1980).

- **Gregory (1916)**, “La información preliminar para el presente estudio ha considerado información bibliográfica básica de estudios y publicaciones realizados por Gregory, Newell (1948) y Marocco (1978); estudios realizados por el INGEMMET en la base geológica del Cuadrángulo del Cusco 28S” (Carlotto, 2002)”.

- **Alva (2006)**, “Propone ley de atenuación de ordenadas espectrales para la zona de para sismos peruanos” (Alva J., 1984).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.BASES TEORICAS

La base teórica presenta una secuencia sobre el cual se desarrolló el presente estudio de Microzonificación Sísmica, esto nos ayuda a poder diferir entre elementos de la investigación que se pueden tomar en cuenta, y cuáles no. Siendo las más importantes las siguientes:

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

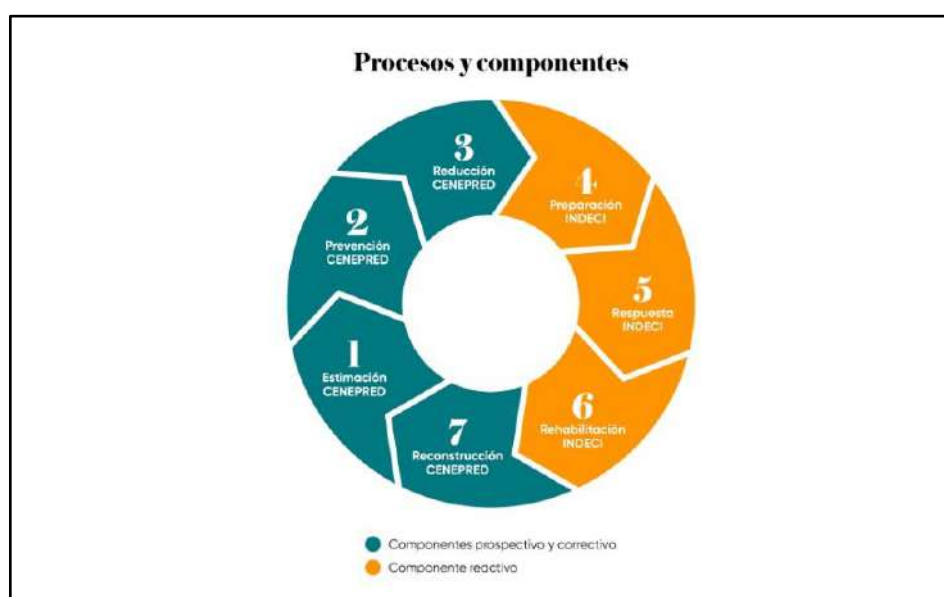
“La microzonificación sísmica es multidisciplinaria, involucra estudios geológicos, topográficos, sismológicos, geotécnicos, hidrológicos, de evaluación de daños sísmicos, de microtrepidaciones y de amplificación sísmica. La relación espectral de las componentes horizontal y vertical de registros de movimiento sísmico ha sido utilizada frecuentemente en sismología. Para el caso de ondas superficiales, Nogoshi e Igarashi (1971) concluyeron que se obtiene una buena correlación de la relación espectral H/V entre el modo fundamental de las ondas de Rayleigh y microtemblores en sitios con alto contraste de impedancia. Por otra parte, Nakamura (1989 y 2000) definió teóricamente la técnica H/V con múltiples refracciones de ondas SH de incidencia vertical. El autor explicó que hay un grupo de investigadores (Konno y Ohmachi, 1998; Lachet y Bard, 1994; Nogoshi e Igarashi, 1971) que tratan de interpretar el pico del cociente H/V con la evidencia de ondas de Rayleigh.”. (Nakamura, 1989)

MICROZONIFICACIÓN SISMICA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

La Ley N°29664 Ley de la Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, se rige principalmente de procesos y componentes de la Gestión del Riesgo. Por lo cual, los estudios de microzonificación sísmica son importantes herramientas dentro del componente prospectivo y correctivo de la Gestión del riesgo de desastres.

Ya que este tipo de estudios permite orientar a las autoridades para la toma de decisiones, con el objetivo de evitar la generación de nuevos riesgos y reducir el riesgo sísmico existente en la ciudad universitaria de Perayoc - Cusco. No obstante, también se debe reconocer su utilidad en el componente reactivo de la gestión del riesgo, en donde los encargados de dar una primera respuesta en caso de emergencias pueden usar esta información para poder estimar con mayor precisión el impacto negativo de un evento sísmico.

GRÁFICO N° 01. Procesos y componentes de la GRD - Ley N° 29664

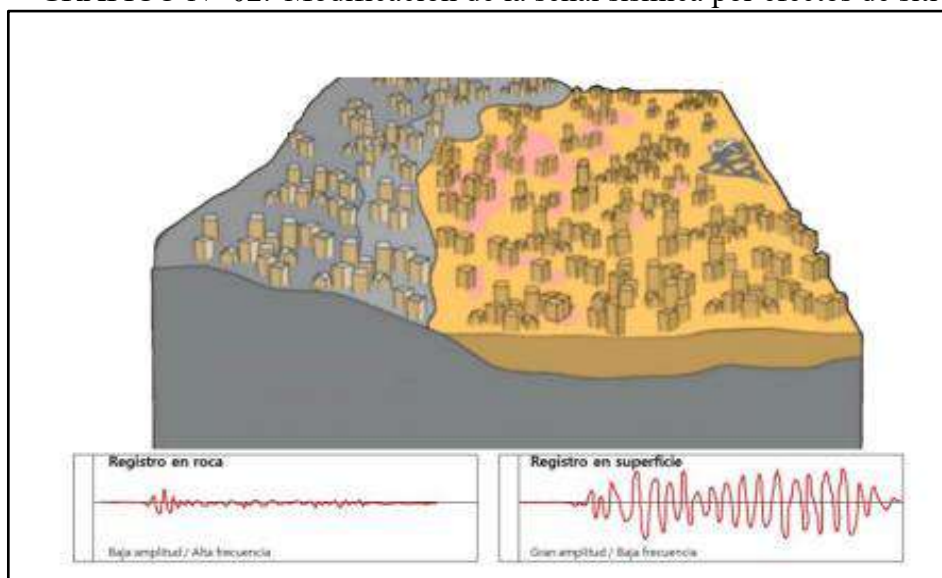


Fuente: GRD - Ley N° 29664

La microzonificación sísmica es considerada como la metodología de trabajo adecuada para utilizarse en la reducción del riesgo sísmico en ciudades y esto se aplica con mucha utilidad para la reducción del riesgo en la ciudad universitaria, ya que es la casa de estudios que alberga gran cantidad de estudiantes en cada facultad. Este tema de investigación basada en la microzonificación sísmica consiste en evaluar los niveles de amenaza sísmica y los efectos locales probables. Lo que permitiría la implementación de estrategias que tomen en cuenta estas condiciones locales del suelo (*ver figura N° 01*) ante un evento sísmico.

En este estudio se realizó el análisis con un enfoque multidisciplinario tanto los datos disponibles del subsuelo, como la nueva data adquirida, siendo las amplificaciones de sitio un factor importante para la estimación de daños y otros efectos de intensidad sísmica.

GRÁFICO N° 02. Modificación de la señal sísmica por efectos de sitio.



Fuente: GRD - Ley N° 29664

MÉTODO NAKAMURA

“El método HVSR (también conocida como H/V por «horizontal-to-vertical» o método de Nakamura. Es considerada una técnica “pasiva” porque no requiere una fuente sísmica artificial, como explosivos o golpes de martillo. La relación HVSR mide las componentes vertical y horizontal del ruido sísmico inducido por el viento, oleaje, y actividades antropogénicas.

Según Nakamura (1989), “el método del cociente espectral permitiría obtener la función de transferencia completa del suelo (periodo y amplificación)”. Sin embargo, algunas investigaciones teóricas y trabajos experimentales (Lachedt y Bard, 1994) han demostrado que no es así, sino que el método únicamente permite la determinación del periodo predominante”. (Nakamura, 1989)

MICROTREMORES

“Son vibraciones del suelo producidas por fuentes naturales o artificiales conformadas tanto por ondas de cuerpo como superficiales, aunque básicamente por ondas Rayleigh y Love, que están afectadas por la estructura geológica del sitio donde se mide.

Las fuentes se encuentran distribuidas al azar, en una gran área y se clasifican en:

- Bajas Frecuencias (0,3 – 0,5 Hz): causados por olas oceánicas a grandes distancias.
- Frecuencias Intermedias (0,5 – 1 Hz): vinculadas al oleaje que rompe en las costas y al viento.
- Altas Frecuencias (superiores a 1 Hz): relacionadas a la actividad humana”. (Nakamura. 1989)

ESCALA DE MAGNITUDES "RICHTER"

“La primera escala para medir magnitudes sísmicas, desarrollada en 1935 por Charles F. Richter y popularmente conocida como la escala "Richter", es en realidad la escala de magnitud local, etiqueta ML o ML. Richter estableció dos características ahora comunes a todas las escalas de magnitud. En primer lugar, la escala es logarítmica, por lo que cada unidad representa un aumento de diez veces en la amplitud de las ondas sísmicas. Como la energía de una onda es 101.5 veces su amplitud, cada unidad de magnitud representa un incremento de 32 veces en la energía (fuerza) de un terremoto”. (F. Richter, 1935)

TABLA N° 01. Escala de magnitud de Richter.

MAGNITUD ESCALA RICHTER	EFECTOS DEL TERREMOTO
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Fuente: Escala de magnitud de Richter.

ESCALA DE INTENSIDAD DE MERCALLI

“Es una evaluación cualitativa de la clase de daños causados por un sismo, debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli. Generalmente, un gran terremoto producirá valores de mayor intensidad que uno pequeño, pero hay otros factores capaces de afectar como la cantidad de energía liberada, la distancia del epicentro, la profundidad focal del sismo, la densidad de la población, la geología local del área, el tipo de construcción de los edificios, así como la duración del sacudimiento. En 1902, Mercalli propuso una tabla, que fue posteriormente modificada en 1931 y desde entonces se ha llamado escala Modificada de Mercalli (MM)”. (Mercalli, 1931)

TABLA N° 02. Escala de intensidad de Mercalli.

GRADO	DESCRIPCIÓN
I MUY DÉBIL	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
II DÉBIL	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal.
III LEVE	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
IV MODERADO	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
V POCO FUERTE	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
VI FUERTE	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañados. Objetos caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII MUY FUERTE	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII DESTRUCTIVO	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
IX RUINOSO	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
X DESASTROSO	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Rieles doblados. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
XI MUY DESASTROSO	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
XII CATASTRÓFICO	Destrucción total con pocos sobrevivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionadas.

Fuente: Escala de intensidad de Mercalli.

FUENTE SISMOGENICA

“El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto, el valle del cusco especialmente el distrito de Cusco está expuesto a este peligro, porque está dentro del sistema fallas Cusco. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo. Una forma de conocer el probable comportamiento sísmico de un lugar es mediante la Microzonificación sísmica, es decir predecir las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en un lugar determinado”

2.2.DEFINICIONES DE TÉRMINOS

Amplificación sísmica: “La amplificación de ondas sísmicas se da en presencia de estratos de suelos blandos. Es causa de graves daños en estructuras cuyos periodos fundamentales coinciden con alguno de los modos de vibración propios del suelo” (Regina, 2011)

GRÁFICO N° 03. Gráfico de Amplificación sísmica.



Fuente: Ingeniería sísmica - UCR.

Sismo: “Se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas. Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla” (Regina, 2011)

Ondas superficiales: “Estas ondas son formadas por la interacción de las ondas de cuerpo que viajan en diferentes direcciones. Su amplitud es máxima en la superficie y nula a grandes profundidades. Las ondas superficiales pueden ser de dos tipos: las ondas Rayleigh y las ondas Love.” (Gutenberg, 1945)

Efecto de Sitio: Es la variación de los diferentes materiales que podemos encontrar en la superficie, ya que, dadas sus diferencias de densidad, compactación y saturación de agua, se comportan de diferente manera frente a la vibración inducida por las ondas sísmicas.

Las amplificaciones de la señal por efecto de sitio afectan únicamente a las ondas superficiales, por eso sólo es importante el tipo de material que se sitúa a pocos metros de la superficie.

Peligro Sísmico: Probabilidad de que un fenómeno sísmico, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

Riesgo de desastre: 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.

Periodo: Tiempo que algo tarda en volver al estado o posición que tenía al principio o Espacio de tiempo, bien delimitado, que se caracteriza por un determinado fenómeno.

Frecuencia: Número de veces que aparece, sucede o se realiza una cosa durante un período o un espacio determinados.

Acelerógrafo: “El acelerógrafo mide aceleraciones del suelo durante una actividad sísmica. Estos aparatos son utilizados en el análisis de movimientos fuertes ya que han sido diseñados para resistir tales sacudidas. Estos instrumentos nos permiten:

- Estimar el valor máximo de aceleración del suelo durante un evento sísmico. Este valor se usa para diseñar estructuras sismo-resistentes.
- Crear mapas de intensidad instrumental que reflejen los lugares donde el evento sísmico es más fuerte o débil.
- Calcular la respuesta del suelo de manera que se pueda planificar la construcción de estructuras seguras para el futuro.
- Calcular espectros de diseño y respuesta que eventualmente pueden ser utilizados para regular el tipo de construcción de diferentes zonas.
- Realizar estudios de amenazas sísmicas mediante el uso de ecuaciones que predicen el comportamiento de los valores máximos de un movimiento sísmico en función a su distancia.” (Ref Tek Instruments, 2017)

Se utilizó el Acelerógrafo REF-TEK SMHR-130, de REF TEK INSTRUMENTS, con las siguientes especificaciones técnicas generales:

TABLA N° 03. Especificaciones técnicas del acelerógrafo REF-TEK

ACELERÓGRAFO REF-TEK 130 SMHR		
N°	ITEM	DESCRIPCION
01	Tipo de resolución	24 bit
02	Rango dinámico	Mayor a 137 DB
03	Canales	3 o 6
04	Tazas de muestreo	1000, 500, 250, 200, 125, 100, 50, 40, 20, 10, 5, 1 sps
05	Base de tiempo	Receptor GPS
06	Modo de registro	Disparo continuo
07	Capacidad de registro	Batería de respaldo de 8 MB, disco flash de 1-16 GB
08	Tipo de acelerómetro interno	Acelerómetro de fuerza balanceada, Triaxial
09	Sensibilidad de registro	Menor a 0.001 g/g
10	Voltaje de entrada:	10-16 VDC
11	Picos de energía	3W (DAS y GPS activo)
12	Batería	12 VDC, 12 AmpHr
13	Comunicación	Ethernet, serial, Modem
14	Temperatura de funcionamiento	-20°C a +70°C

Fuente: REF TEK INSTRUMENTS.

FOTOGRAFÍA N° 01. Acelerógrafo REF-TEK 130 SMHR.



Fuente: REF TEK INSTRUMENTS.

2.3.HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los datos de los periodos predominantes de los suelos y la amplificación sísmica, obtenido mediante la adquisición de vibraciones ambientales servirá para caracterizar el comportamiento dinámico de los suelos ante un evento sísmico en la ciudad universitaria de Perayoc, donde obtendremos comportamientos de categoría regular a bueno propio de la litología presente en la zona de estudio.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1. La cartografía geológica y geotécnica, nos permitirá conocer las características físicas y mecánicas de las formaciones San Sebastián y formación Pumamarca presente en la ciudad universitaria.
2. La amplificación sísmica de los suelos nos determinará los lugares de mayor destrucción y efecto de sitio, teniendo como objetivo las construcciones de mayor antigüedad en la zona de estudio.
3. Las medidas o recomendaciones estructurales y no estructurales ayudaran a disminuir el riesgo de desastre en las edificaciones afectadas por la resonancia estructural.

2.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.4.1. INDEPENDIENTES

X1 Microzonificación Sísmica

2.4.2. DEPENDIENTES

Y2 Geología – Geotecnia

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA N° 04. Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Microzonificación Sísmica	Es un procedimiento multidisciplinario, que involucra la realización de estudios geológicos, sismológicos, geotécnicos, de evaluación de daños sísmicos, de microtrepidaciones y de amplificación sísmica.	Delimitación de las zonas de suelos con un comportamiento similar durante un evento sísmico, de manera que puedan definirse para cada zona recomendaciones para el diseño y la construcción de edificaciones sismorresistentes.	Amplificación sísmica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frecuencia ▪ Periodo ▪ Coeficiente espectral 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hz. ▪ Segundos ▪ Adimensional
			Periodo predominante de los suelos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mapa de Isoperíodos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Segundos
Geología – Geotecnia	El estudio geológico-geotécnico nos ayudara a determinar las características de la litología predominante, ya sea tipo de roca o material inconsolidado de diferentes granulometría.	Consiste en la identificación de las características geológicas y geotécnicas de las diferentes formaciones geológicas y tipos de material inconsolidado predominantes en el área de estudio.	Tipo de suelo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterización de suelos ▪ Clasificación de los suelos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relaciones volumétricas de los suelos ▪ Granulometría ▪ Limite liquido ▪ Limite plástico
			Formaciones Geológicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distribución de las Unidades Geológicas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cartografía de la geología local

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO

El trabajo de tesis es una investigación que busca generar conocimiento en temas de microzonificación sísmica con aplicación directa a los problemas de riesgo en la ciudad del Cusco. Se utilizará data publicada (boletines, informes técnicos, publicaciones nacionales e internacionales), así mismo se utilizará datos extraídos mediante equipos de trabajo como es el acelerómetro, para su posterior análisis mediante el uso de software como son el Compass y Geopsy. El método de investigación que se utilizará en la investigación será **descriptivo** porque a través de la observación, clasificación y descripción, se analizará el comportamiento y la interrelación de las variables, donde por último se intentará encontrar las causas y razones del fenómeno a estudiar, de igual forma este trabajo es **experimental** puesto que se da un comportamiento invariable entre causa y efecto, y es **cuasi-experimental** ya que el análisis realizado corresponde a una manipulación de una variable independiente, y la toma de datos ,en términos de ubicación, no se determinan de manera aleatoria.

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El enfoque del presente trabajo corresponde a una investigación Cuantitativa, porque se procesará la información mediante procedimientos estadísticos (descriptivo e inferencial).

Investigación Descriptiva: Describe y detalla todos los elementos fundamentales de la investigación.

Investigación Correlacional: Es un tipo de estudio que busca medir el grado de relación que existe entre dos o más variables planteados en dicha investigación.

3.1.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas de recolección de información están enfocadas en función a la forma en cómo se van a obtener los datos (ubicación espacial y temporal), y también el medio material que se utiliza (utilización de equipos, herramientas, e instrumentos).

- Técnica de observación y análisis: obtención de información de campo.
- Técnica documental: fichas de registro, libreta de campo, data de sismos históricos, fichas de registros de condiciones climáticas y transitorios.

3.2. ETAPAS DE ESTUDIO

El trabajo elaborado es un estudio a escala local, por lo cual se ha desarrollado la siguiente metodología de trabajo:

ETAPA I: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN (trabajo preliminar de Gabinete)

Etapa en la cual se recopilará antecedentes, informes, artículos de investigación, procediéndose a su revisión bibliográfica. La respectiva bibliografía se obtendrá de las diferentes entidades técnico- científicas; como INGEMMET, IGP, universidades, SIGRID, proyectos anteriores, trabajos geo científicos de revistas indexadas, entre otros. Los ítems que se recopilará son principalmente estudios geológicos, geotécnicos, topográficos, etc.

ETAPA II: ETAPA DE CAMPO

- Inicialmente, se realizará la primera visita de campo al área de estudio. Durante esta visita se pretende identificar y elaborar la malla de distribución de puntos de recolección de datos.
- En la segunda salida de campo, se realizarán exploraciones geológicas – geotécnica del terreno usando métodos convencionales.

- En la tercera salida de campo, se realizarán campañas de toma de datos en la ciudad universitaria de Perayoc, en el cual se procederá al uso del acelerómetro, basándonos en la malla de distribución de muestras que abarca el área de la ciudad universitaria.

ETAPA III: PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN (GABINETE)

Posteriormente se desarrollará el procesamiento de datos recolectados en la etapa de campo, mediante el software Geopsy. Este procesamiento estará acompañado por datos geotécnicos de calicatas desarrollados con anterioridad a la investigación, los resultados que se obtiene serán plasmados en cuadros, figuras y planos.

ETAPA IV: ELABORACIÓN DEL INFORME

En la etapa final se elaborarán los mapas usando el Software ArcGis 10.8, se iniciará la redacción del informe final con los resultados obtenidos del procesamiento de los datos de campo, concluyendo el proceso con el desarrollo de las conclusiones y planteamiento de las recomendaciones del presente trabajo de investigación.

3.3.MANEJO DEL EQUIPO ACELEROGRAFO

El manejo del equipo acelerógrafo es la base fundamental de la investigación presente, por lo cual desarrollo y presento su uso y manejo del equipo:

- **PRIMER PASO: Posicionamiento del equipo**
 1. Destapar la parte superior del equipo para acceder a sus componentes interiores, cuidar que los cables de recolección de datos no se desenchufen.
 2. Conectar la batería al equipo (cable negro).
 3. Corroborar que las luces led de las memorias estén encendidas y de color verde.
 4. Con la ayuda de una brújula direccionar el canal 2 (CH2) al norte.

5. Nivelar el equipo con el uso de las patitas del equipo y el nivel circular.
6. Cerrar la tapa del equipo, cuidando que el nivel circular y el canal direccionado al norte no se muevan.

▪ **SEGUNDO PASO: Colocación de Accesorios**

1. Accesorio GPS → Puerto GPS.
2. Accesorio Wifi → Puerto serial.

▪ **TERCER PASO: Funcionamiento del equipo mediante la aplicación móvil
“FSC – REF TEK”**

1. Conectar el iPad a la red Wifi que genera automáticamente el equipo de nombre “130-Wifi-0506”.
2. Dentro de la aplicación y con el equipo enlazado mediante wifi se establece las siguientes configuraciones:

PESTAÑA MODE

1. Opción “130” (no cambiar esta opción)

PESTAÑA CONFIGURATION

1. FILE NAME [NO FILE SELECTED]
 - *Load from DAS* (Importación del archivo para empezar a editar)

2. EDIT
 - *Channel parameters*

CH1: Vertical

CH2: Norte-Sur

CH3: Este-Oeste

- *Stream parameters*, (Stream es una forma de grabar los datos y una carpeta única para cada forma de grabación)
 - CARPETA 0** = salud del equipo [funcionamiento]
 - CARPETA 1** = Stream 1 [evento]
 - CARPETA 2** = Stream 2 [nivel]
 - CARPETA 3** = Stream 3 [continuo] 1800seg. = 30 minutos

PESTAÑA CONTROL

1. STATUS

Nombre del equipo : UNIDAD D911

Time : Año/día juliano/hora UTM/minuto/segundo

Adquisición : START (para empezar a grabar)

Recomendación : Duty – cycle (Gasta menos batería)

- EQUIPO LISTO PARA USAR -

3.4.PROCESAMIENTO DE DATOS MEDIANTE SOFTWARE

El procesamiento de los archivos resultantes del acelerógrafo es procesado mediante dos softwares, como es el software “COMPASS” y el software “GEOPSY”, estos dos nos permiten darle una extensión de formato a los archivos y determinar parámetros sísmicos fundamentales para la elaboración de la presente investigación.

SOFTWARE COMPASS

El software COMPASS tiene 2 principales funciones detalladas a continuación

- El acelerógrafo genera archivos sin formato, por lo que el software COMPASS les brinda un formato “SAC” que permite el manejo y procesamiento de data mediante software sísmicos.
- El software COMPASS genera 3 archivos a partir del archivo generado por el equipo, uno por cada canal de información obtenida.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO MEDIANTE SOFTWARE COMPASS

Se importa el archivo de la data sísmica generada por el acelerógrafo, este archivo se desglosa en 3 canales de obtención de información.

GRÁFICO N° 04. Pantalla de inicio del Software COMPASS



GRÁFICO N° 05. Señales sísmicas en el software COMPASS

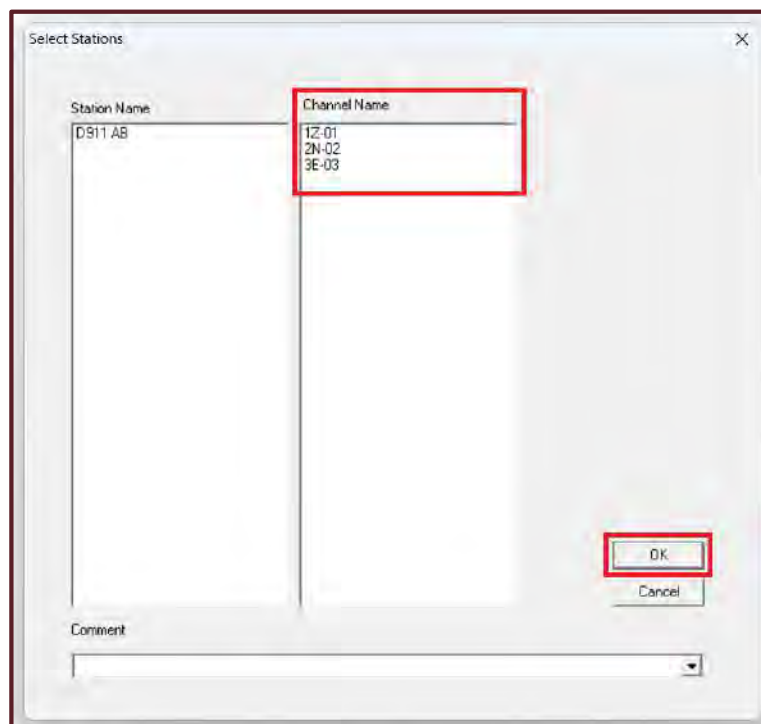
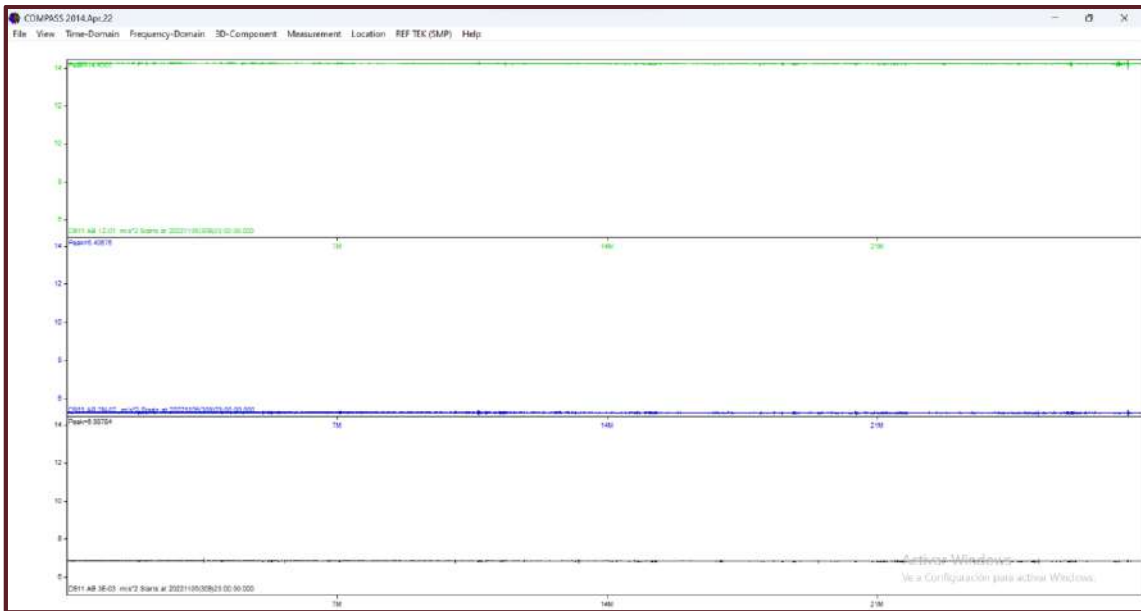


GRÁFICO N° 06. Registro sísmico en el software COMPASS



Se arregla de línea base de los registros sísmicos por dominio de tiempo para cada uno de los canales de información. (se le asigna el valor de “2” al dato de Polynomial Degree)

GRÁFICO N° 07. Proceso de arreglo de la línea base

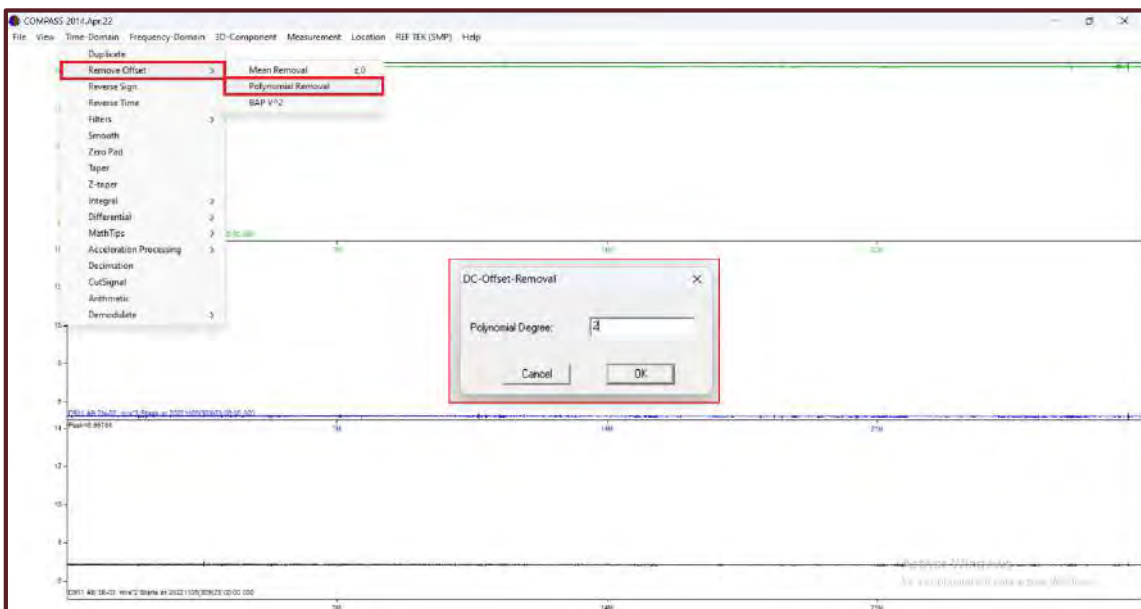
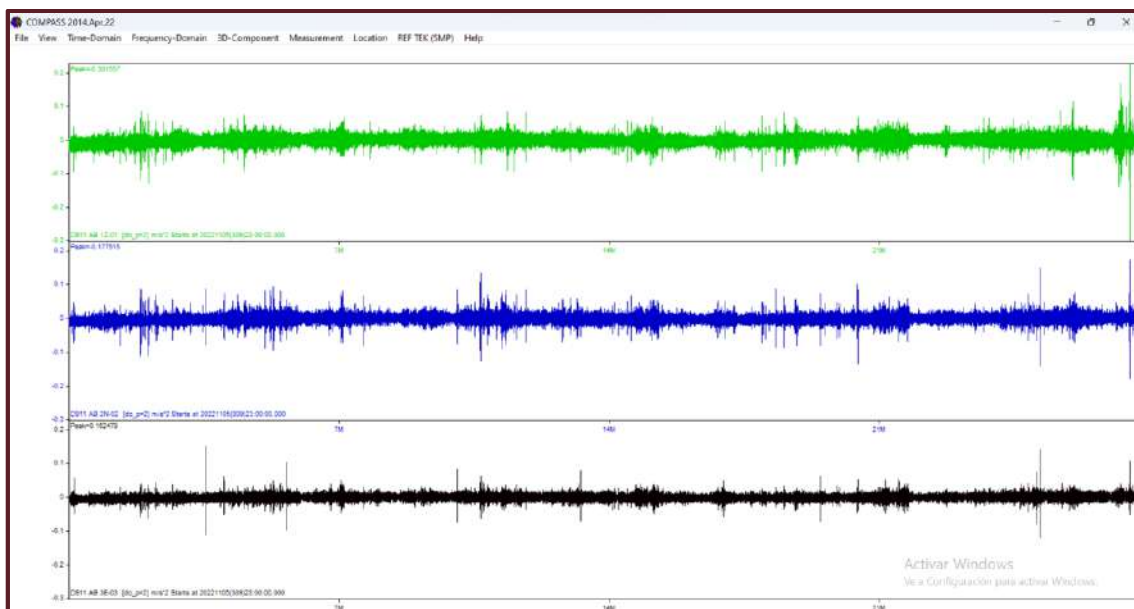
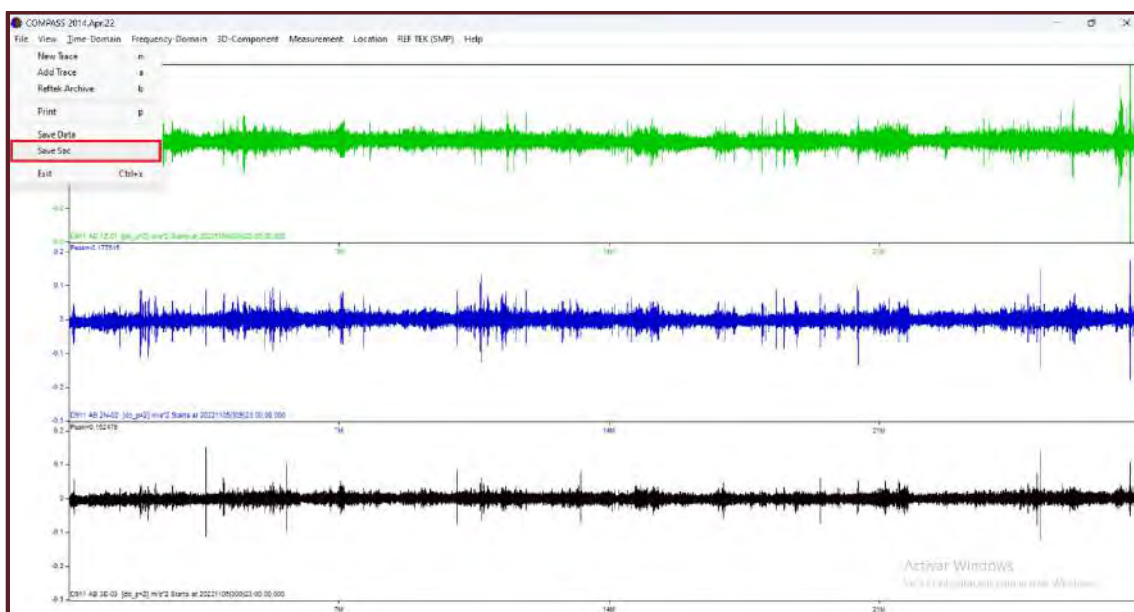


GRÁFICO N° 08. Registro sísmico con línea base arreglada



Se exporta cada canal de información en archivos en formato “SAC”, para su posterior procesamiento en software geofísicos - sísmicos.

GRÁFICO N° 09. Exportación de archivos en formato SAC



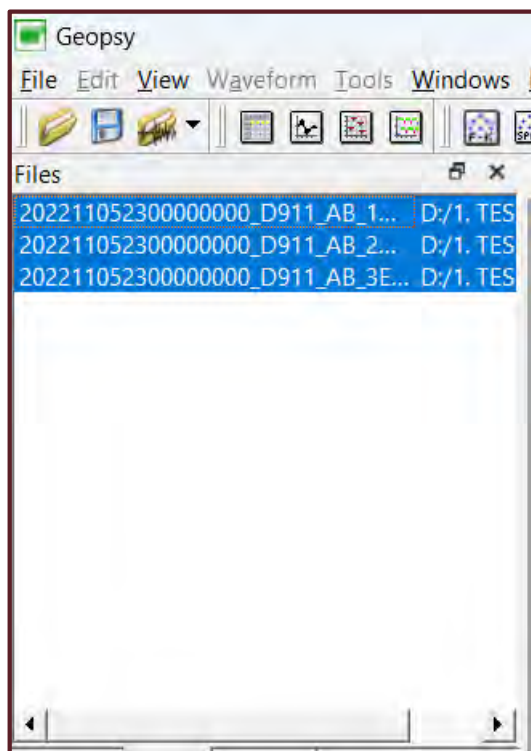
SOFTWARE GEOPSY

El software GEOPSY tiene como principal función determinar el coeficiente H/V, que nos permite calcular los valores de frecuencia natural del suelo y la amplificación de las ondas sísmicas de los eventos sísmicos. Este procesamiento se detalla a continuación.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO MEDIANTE SOFTWARE GEOPSY

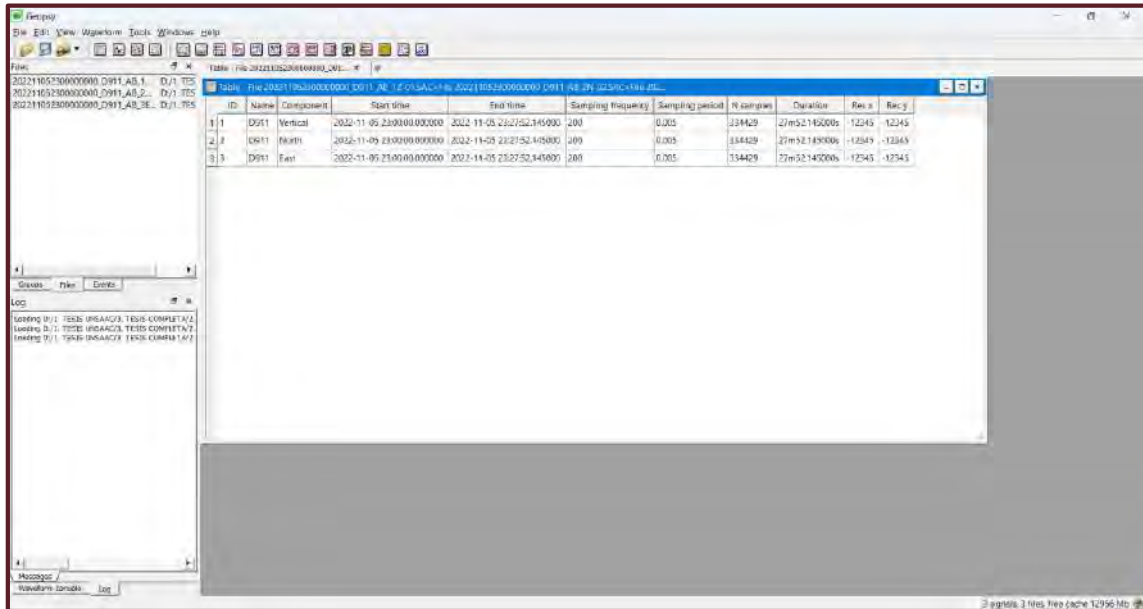
Se importa las señales sísmicas de cada canal de información generadas por el software COMPASS, para su procesamiento por el método de Nakamura o coeficiente espectral H/V.

GRÁFICO N° 10. Archivos SAC cargados en el software GEOPSY



Mediante la herramienta “TABLE” podemos verificar los datos de cada canal de registro sísmico, tanto su hora de inicio y fin (hora UTC) y su número de muestras por minuto.

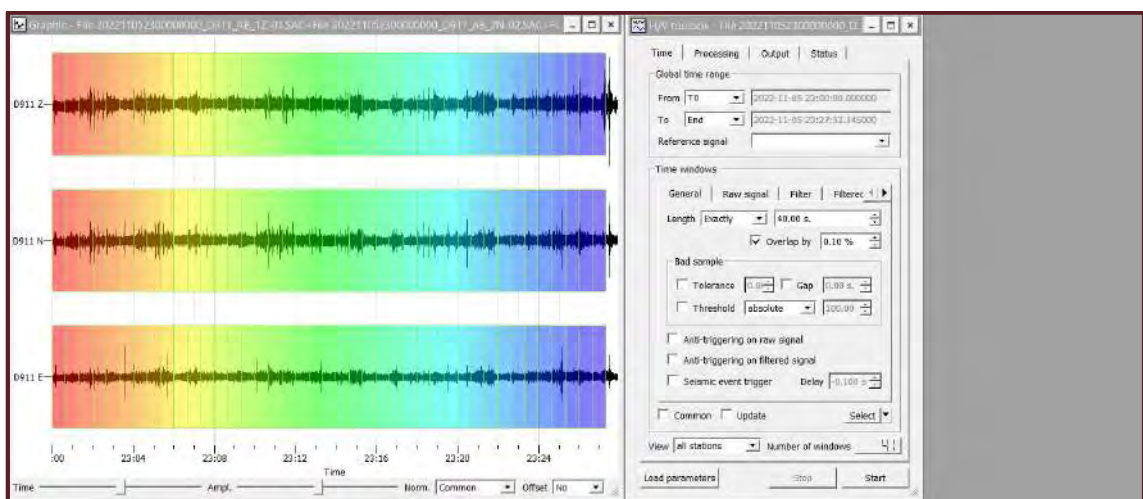
GRÁFICO N° 11. Tabla de datos de los registros sísmicos



ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	# samples	Duration	Res. x	Res. y
1	D911	Vertical	2022-11-05 23:00:00.000000	2022-11-05 23:27:52.145000	200	0.005	334429	27m52.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-05 23:00:00.000000	2022-11-05 23:27:52.145000	200	0.005	334429	27m52.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-05 23:00:00.000000	2022-11-05 23:27:52.145000	200	0.005	334429	27m52.145000s	-12345	-12345

El procesamiento del coeficiente H/V, genera ventanas de 40 segundos, las cuales nos permite desechar información que pueda generar error a las características sísmicas fundamentales halladas.

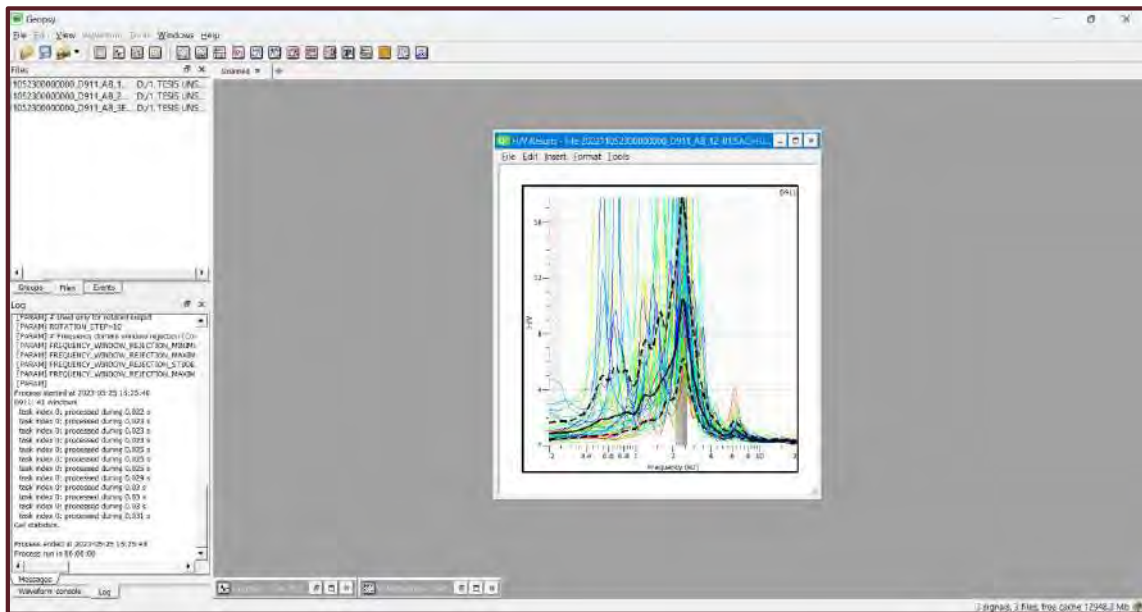
GRÁFICO N° 12. Registros sísmicos divididas en ventanas de tiempo



Se obtiene el grafico resultante del procesamiento por coeficiente espectral H/V, este grafico nos muestra valores de H/V en su eje de ordenadas y valores de frecuencia en Hz en su eje de abscisas. Estos valores son los parámetros sísmicos fundamentales que nos sirven en la generación de mapas temáticos que componen la Microzonificación sísmica, las cuales son:

- Mapa de isoperíodos.
- Mapa de Isoamplificaciones.

GRÁFICO N° 13. Parámetros fundamentales obtenidos en el software GEOPSY



CAPITULO IV

GEOLOGÍA - GEOMORFOLOGÍA

4.1.GEOLOGÍA REGIONAL

Grupo San Jerónimo (Edad: Eoceno medio al Oligoceno inferior)

Este grupo tiene una sedimentación continental, donde se depositó grandes series de sedimentos continentales, lo cual indicaría que las áreas estaban expuestas a una erosión, por el clima cálido, con variaciones de estaciones como la de estiaje y húmeda (Marocco, 1978), estas capas aforan a lo largo de San Jerónimo, también al oeste del distrito de Lucre, Santiago y llega hasta Andahuaylillas. Este grupo San Jerónimo está conformado por las formaciones Soncco y Kayra

Formación Soncco (Eoceno superior – Oligoceno inferior)

Se ha dividido en 2 miembros:

Soncco I (Peo-SOI), Aflora en los mismos lugares donde lo hace la formación Kayra, está constituido por lutitas rojas de llanura de inundación, intercaladas con niveles areniscas finas.

Soncco II (Peo-SOII), Superior, está compuesto por areniscas con clastos blandos y conglomerados con clastos volcánicos de un sistema fluvial altamente entrelazados, de procedencia S y SO. Se tiene 2 dataciones radiométricas al techo de la unidad, una K/Ar, sobre las plagioclasas de 29.9 +1.4 Ma. (Carlotto, 2007), y otra de Ar/Ar de 30 Ma (Fornari, 2002).

Formación Quilque (Pp-qu) y Formación Chilca (Pp-ch)

Según el INGEMMET, 2011. “La formación Quilque aflora principalmente al sur de Saylla, en las zonas altas de Huamancharpa y también en Huacoto. Ya que estas formaciones geológicas presentan escasos afloramientos, se les considera como un solo grupo. Están compuestas principalmente de areniscas, lutitas y conglomerados con espesor variable desde 250 metros hasta más de 500 metros. que están compuestas de lutitas, areniscas y conglomerados rojizos”.

Formación Puquin (Ks-pu):

“Esta formación se emplaza al oeste de la ciudad del Cusco, formado principalmente de lutitas oscuras y rojizas, con intercalaciones de yesos y localmente por capas de areniscas de origen fluvial. El yeso se utiliza en grandes cantidades y es la principal fuente de producción en la cuenca, especialmente entre Huacarpay y Huambutío”. (INGEMMET, 2011)

Formación Maras (Ki-ma):

Esta formación aflora ampliamente en Saqsayhuamán al Norte de Cusco y también en Huambutío hasta Oropesa, que tiene como material predominante una mezcla caótica de yesos, calizas y lutitas. Todos los afloramientos de yeso son considerados como parte de la Formación Maras, indistintamente si son estratificados y/o caóticos. Las lutitas son de origen lacustre, las calizas son marinas de poca profundidad.

Formación Kayra (Peo-Ky):

Está constituida esencialmente por areniscas con intercalaciones de lutitas rojas de origen fluvial, de espesor de 3,000m. Siendo la continuación de manera lateral de la formación Muñani. La formación Kayra es la más importante, no solo por la potencia y extensión de los sedimentos, sino también porque conforma el principal acuífero del Cusco. Por sus propiedades geotécnicas estas rocas son muy favorables para las construcciones civiles.

Formación Ayabacas (Kis - ay)

Esta formación está compuesta principalmente de calizas micríticas, de color gris oscuro a gris claro, también se han reconocido facies margosas, facies Mudstone bioturbadas, Wackestone, Packstone, de coloraciones gris oscuras. Estas calizas de la formación Ayavacas forman parte de una plataforma carbonatada poco profunda.

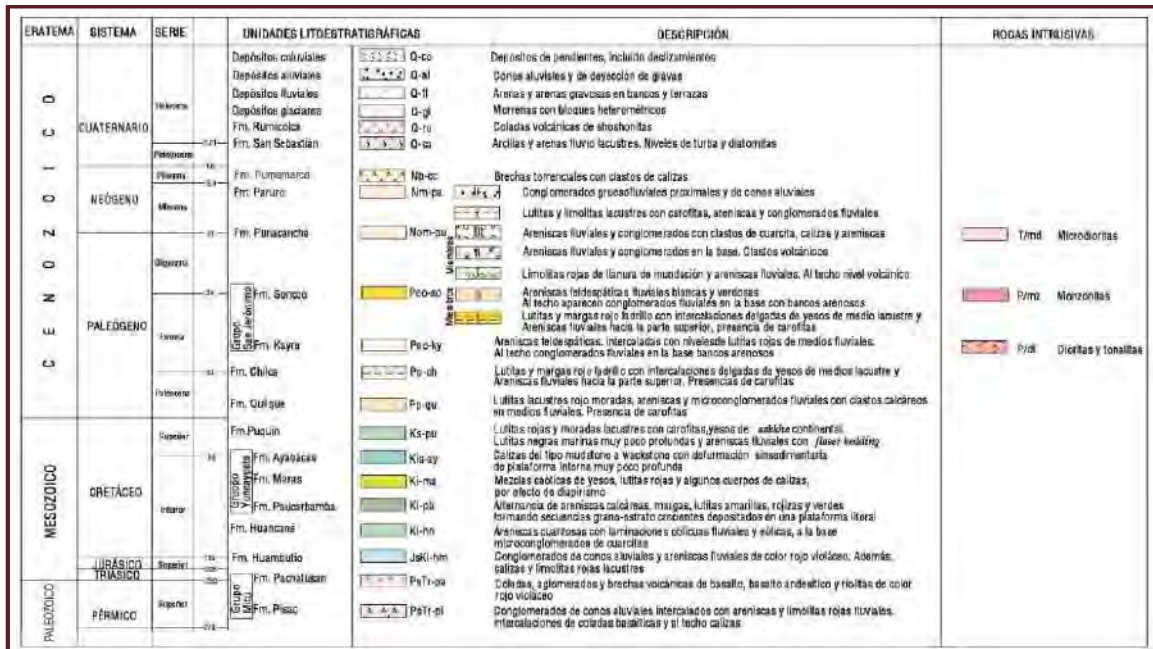
Material Fluvial (Q-fl)

El material fluvial está conformado por una mezcla de limos y gravas. Estas de emplazan en zonas de laderas montañas, como en la zona norte de Larapa, Oropesa. Estos depósitos no consolidados tienen la presencia de deslizamientos, generando un riesgo para las edificaciones.

Material Aluvial (Q- al)

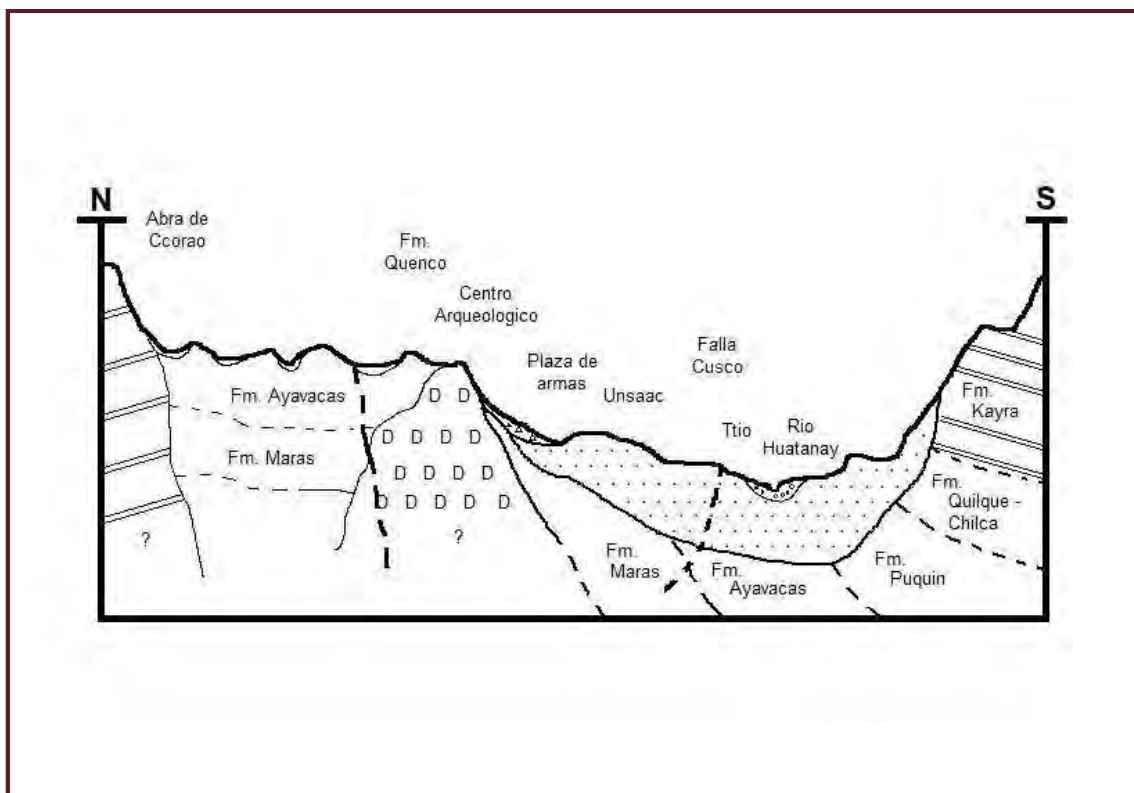
Estos depósitos corresponden a los abanicos aluviales, que están compuestos por bloques con una matriz areno- arcillosa. Esta litología muestra la geodinámica externa de las quebradas tanto de la actividad actual como antigua, por lo que representa un peligro para las poblaciones que se ubican sobre este material.

GRÁFICO N° 14. Columna Estratigráfica del Cuadrángulo del Cusco



Fuente: INGEMMET 2011.

GRÁFICO N° 15. Perfil de la Cuenca del Cusco



Fuente: Elaboración propia.

4.2.GEOLOGÍA LOCAL

FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (Q-sa)

Según el INGEMMET, 2011. “Esta formación se emplaza en la en Valle del Cusco, que sobreyace al basamento de edad Cretácica y Terciaria. A escala local esta formación está constituida por los conglomerados de conos aluviales, que tienen una potencia que varía entre 50 a 70 m.”

La formación San Sebastián está constituido de 5 secuencias sedimentarias. La primera secuencia suprayace en discordancia erosional a la formación Pumamarca, que está formada por intercalaciones de limolitas, arcillas y delgadas capas de arena fina con niveles de turba. La primera secuencia corresponde a un ambiente sedimentario palustre-lacustre.

La segunda secuencia está conformada principalmente de gravas, arenas gruesas a finas con laminaciones cruzadas y niveles delgados de limolitas. Esta secuencia corresponde a un ambiente sedimentario fluvial.

La tercera y cuarta secuencia son las más visibles dentro de la cuenca, la tercera secuencia está conformada por arcillas, arenas finas a medias y limolitas. Asimismo, en esta secuencia se observa lentes de gravas y arenas. Una característica de esta secuencia es la presencia de slumps. Estas secuencias corresponden a un ambiente sedimentario de llanura de inundación.

La quinta secuencia está compuesta principalmente de gravas con clastos subredondeados, también de arenas finas a gruesas y limolitas en la base. Hacia el techo presenta gravas con clastos angulosos, esta quinta secuencia corresponde a un ambiente sedimentario aluvial”.

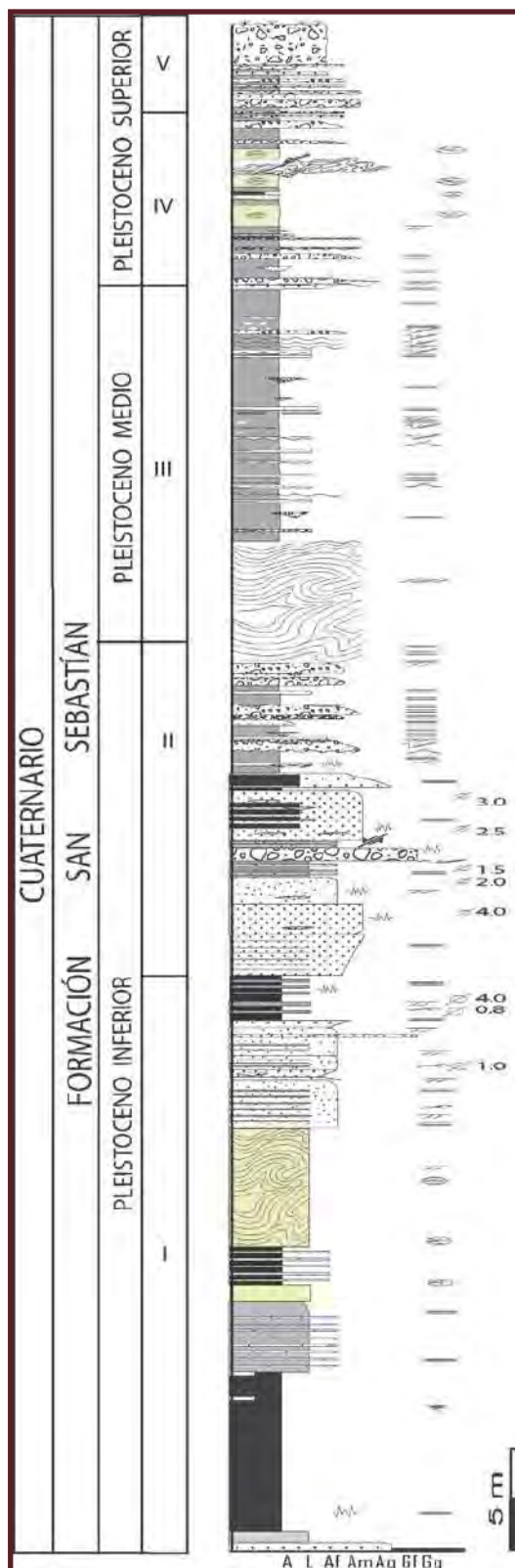


GRÁFICO N° 16. Columna Estratigráfica de la formación San Sebastián.

Fuente: INGEMMET 2011.

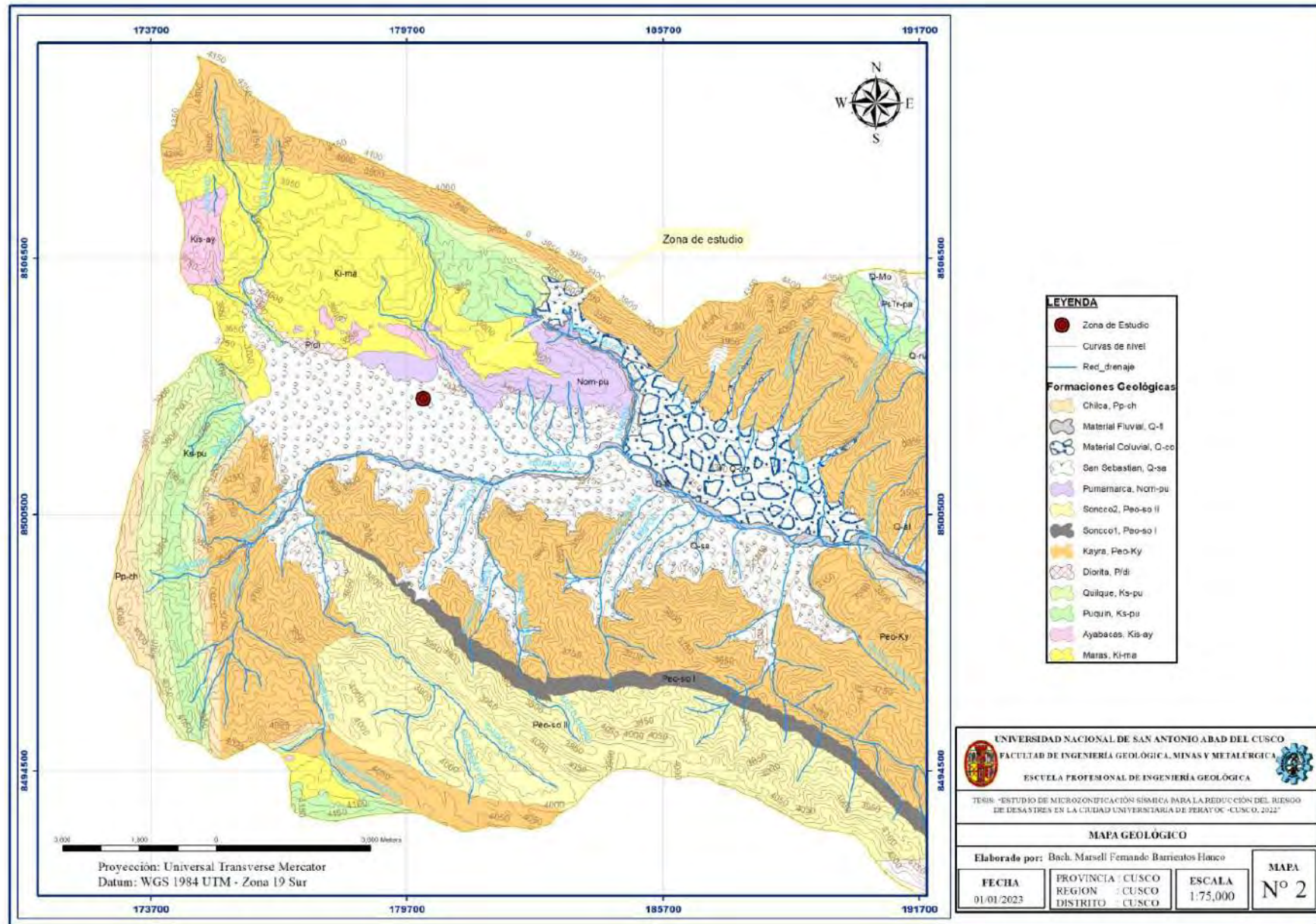
FORMACIÓN PUMAMARCA (Nom-pu)

“La formación Pumamarca (Córdova et al., 1994) aflora entre el valle del Cusco y la meseta de Sacsayhuamán, donde sobreyace a las formaciones Maras y Ayabacas, esta formación usualmente se confunde con la parte caótica y deformada de la Formación Maras.

Está formación está constituida por un conjunto sedimentario caótico formado por bloques de calizas, limolitas y brechas, que han provenido de la erosión del grupo Yuncaypata. El espesor estimado es de 200m. Las características geotécnicas de esta unidad son malas debido a la heterogeneidad de los materiales y a los diferentes grados de compactación. Brechas torrenciales con clastos de calizas

Cabrera (1988) le asigna una edad Neógena, posiblemente Miocena o Pliocena, aunque Carlotto (1998) precisa mejor y le asigna una edad Pliocena por sobreyacer a la Formación Paruro del Mioceno superior. Sin embargo, por razones de escala, se le ha cartografiado dentro de la Formación San Sebastián del Plio - Cuaternario”. (INGEMMET, 2011)

“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”



4.3.GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Considerando la litología, morfología, tectónica y su geografía se han podido determinar dos unidades geomorfológicas regionales o también llamadas unidades morfo estructurales.

ALTIPLANO

“Desde el punto de vista morfo estructural, en el cuadrángulo de Cusco se presenta la prolongación NW del Altiplano, y parte de la terminación de esta unidad. Limita al sur con el borde NE de la cordillera occidental y al norte con la cordillera oriental mediante una zona de transición muy típica. Aquí afloran rocas mesozoicas de poco espesor por comparación a sus equivalentes de la cuenca occidental, sin embargo, las capas rojas continentales del Terciario son muy potentes.

Desde el punto de vista morfológico se caracteriza por ser una altiplanicie con altitudes que varían entre 3,800 y 4,000msnm, aunque pueden sobrepasar los 4,400msnm. Esta unidad está disectada por numerosos ríos y por la acción glaciaria, que le dan una configuración agreste, por lo que se tienen numerosas unidades locales, como la depresión del Cusco, las montañas de Cusco, las serranías de Vilcaconga - Huanacauri - Acoyaco, la meseta de Sacsayhuamán, la depresión de Paruro, planicie de Paccarectambo, depresión de Pomacanchis y la planicie de Huajhuacochoa”. (INGEMMET, 2011)

LÍMITE ALTIPLANO-CORDILLERA ORIENTAL

“Es una franja alargada en dirección NO-SE que separa el Altiplano al sur, de la cordillera oriental al norte. Esta franja, en general, es más delgada al SE y más ancha al NO donde corresponde al anticlinal de Vilcanota. Las alturas máximas alcanzadas en esta zona sobrepasan los 4,800msnm y resalta el Pachatusan. El río Vilcanota sigue más o menos paralelo a esta unidad. Estructuralmente, se trata de una zona de escamas de fallas regionales que han desarrollado dúplex y zonas complejas afectando tanto el Paleozoico inferior, como a las rocas del Paleozoico superior y del Meso-Cenozoico.

Localmente, se ha reconocido las siguientes geformas: montañas de Pachatusan-Vilcanota, la meseta de Huacoto, las montañas de Pucará-Curi y las montañas de Pucarani-Machuquempor”. (INGEMMET, 2011)

4.4.GEOMORFOLOGÍA LOCAL

MESETAS

A. Meseta de Sacsayhuamán:

Ubicada el norte y NE del valle del Cusco, comienza a unos 800 metros de la plaza de armas de la ciudad del Cusco. Definida como una llanura limitada por las montañas de Ccorao y la falla de Tambomachay hacia el norte (Sebrier y otros 1982). La erosión de las glaciaciones ha producido una penillanura con una altitud promedio de 3,600 msnm., existe una diferencia de altitud de 300m. Con referencia a la llanura fluvial del río Huatanay. Se ubica en su totalidad sobre la formación Yuncaypata.

FLACOS DE VALLE

A. Flancos del Valle Huatanay:

1.- Flanco Noreste del Huatanay:

El flanco noreste del Huatanay presenta una amplitud de alrededor de 8km, compuesta de una complejidad tanto litológica como estructural. Se caracteriza por tener pendientes mayores a los 30 grados y una potencia de 750 metros, desde el fondo del valle desde los 3150 msnm. Hasta los 3900 msnm.

2.- Flanco sureste del Huatanay:

Su extensión de aproximadamente 21 km. de longitud y una potencia promedio de 150m, abarca la cabecera del río Huatanay hasta la desembocadura del mismo. Emplazada íntegramente sobre rocas pelíticas, areniscas y conglomerados del grupo San Jerónimo. Tiene un desnivel promedio de 550m.

(De 3,700msnm. hasta 3,150msnm. en el fondo del valle). Las pendientes son mucho más moderadas que en el flanco anterior (30° promedio).

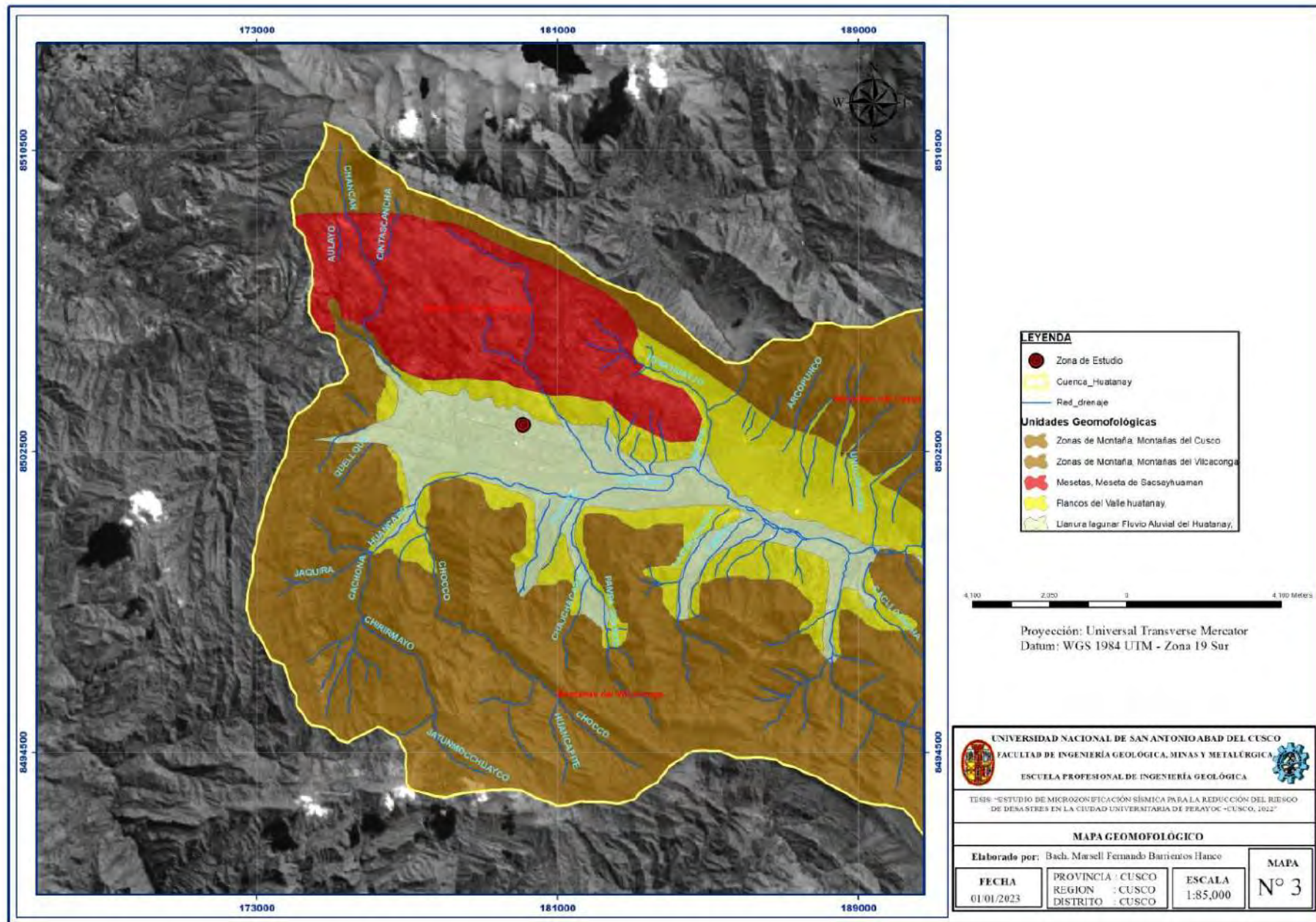
3.- Flanco oeste del río Huatanay:

Corresponde a las nacientes del río Huatanay por debajo de las cumbres de Picchu, Tica Tica, zona de grandes alimentadores de agua a la cuenca, emplazada en rocas del grupo Yuncaypata y grupo San Jerónimo. Tiene una longitud de 10km. y un ancho de 550m. Presenta pendientes que superan los 45° (promedio 45°), es una zona de complejidad estructural y litológica (numerosas estructuras de gran variedad de rocas con grandes acumulaciones de materiales coluviales).

LLANURA LAGUNAR FLUVIO ALUVIAL

Denominada también “Depresión del Cusco” (Candía y Carlotto 1985). Constituida por la llanura o fondo del valle del Huatanay (valle del Cusco). Las diferentes glaciaciones e interglaciaciones acumulan desde materiales glaciares aluviales conocidos como formación “Pumamarca” hasta el material lagunar “formación San Sebastián”. Los materiales aluviales del río Huatanay, los materiales coluviales antiguos y recientes, Tienen una extensión de 25km. de largo por 2km. con un área de 32km². En la ciudad del Cusco se distinguen dentro de esta unidad, terrazas y cono terrazas sucesivas (Córdova y Escobedo R. 1990).

“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”



CAPITULO V

GEOTECNIA

En la Ciudad universitaria de Perayoc, se han realizado diferentes estudios de suelos con el fin de conocer los parámetros geotécnicos para la construcción del terreno a nivel de cimentación del actual pabellón administrativo. Dicha información ha sido proporcionada por parte de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

El presente estudio de mecánica de suelos se realiza con el objetivo de garantizar la construcción y verificación de las características físicas del terreno a nivel de fundación, de tal forma que se evalúen y establezcan resultados en base a las condiciones litoestratigráficas y capacidad portante del subsuelo que soportará y transmitirá las cargas de las edificaciones.

Dichos estudios se han realizado siguiendo la Norma Técnica Peruana E-020 de Cargas, la Norma E - 030 de diseño Sismo-Resistente y la Norma E - 050 (NTP) de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

5.1. NORMA E-030 SISMO RESISTENTE

El Distrito de Cusco se encuentra geográficamente en una zona de sismicidad media, según el Reglamento Nacional de Construcciones, con fines de diseño estructural, se considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para los suelos de la ciudad del Cusco.

PARÁMETROS DE SITIO

Se debe tomar en cuenta el tipo de perfil que mejor se adecue a las condiciones de la zona de estudio, empleando las magnitudes de los parámetros de Sitio de la Norma E - 030 de diseño Sismo-Resistente.

TABLA N° 05. Parámetros de Sitio

Parámetro	Magnitud	Descripción
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0.25 g	Mapa de Zonificación Sísmica
Perfil de suelo	Tipo S3	Suelos finos, blandos. E < 20 metros
Parámetros del Suelo	Tp = 1,0 seg	Periodo predominante
	S= 1,40	Factor de Amplificación del Suelo

Fuente: Norma E-030 Sismo Resistente

GRÁFICO N° 17. Mapa de Zonificación Sísmica



Fuente: Norma E-030 Sismo Resistente

TABLA N° 06. Parámetros de Sitio

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"					Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "					
ZONA	SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	Perfil de suelo				
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	
Z ₄		0,80	1,00	1,05	1,10	T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
Z ₃		0,80	1,00	1,15	1,20	T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6
Z ₂		0,80	1,00	1,20	1,40					
Z ₁		0,80	1,00	1,60	2,00					

Fuente: Norma E-030 Sismo Resistente

5.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

La empresa encargada de realizar los estudios de suelos en la Ciudad Universitaria de Perayoc, ha realizado 05 sondeos de exploración, hasta los 10 metros de profundidad a través de calicatas y perforaciones con una Posteadora Auger.

TABLA N° 07. Técnicas Auxiliares

TECNICAS AUXILIARES	NORMAS APLICABLES
Calicatas	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2488
Penetrómetro de cono dinámico	German Standard DIN 4094

5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

De las muestras alteradas e inalteradas obtenidas de las calicatas se han realizado los siguientes ensayos de caracterización en laboratorio:

- Análisis Granulométrico NTP 339.128
- Peso Específico de Sólidos. NTP 339.131
- Contenido de Humedad Natural. NTP 339.127
- Clasificación de Suelo (SUCS). NTP 339.134
- Límites de Atterberg NTP 339.129

5.4. UBICACIÓN Y RESULTADO DE CALICATAS

Se desarrolló el proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”, estudio que cuenta con 04 calicatas y una perforación, distribuidas dentro del área de donde se construirá la infraestructura del pabellón administrativo de la ciudad universitaria de Perayoc, como se puede observar en el siguiente cuadro con coordenadas UTM: (Ver mapa N°04)

TABLA N° 08. Ubicación de Calicatas

CALICATAS	NORTE	ESTE
C1	8503169.07	179565.20
C2	8503116.42	179509.76
C3	8503125.27	179529.21
C4	8503144.90	179549.74
P1	8503165.65	179566.05

“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”



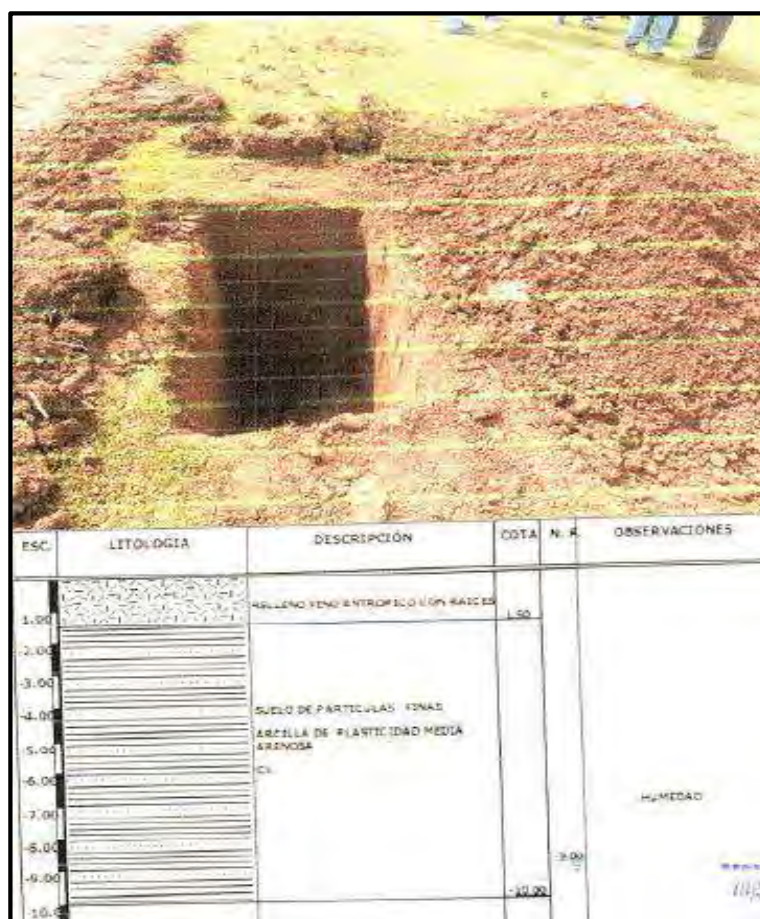
Descripción Estratigráfica de calicatas

└ Calicata N° 01

Estrato 01: de 0.00 a -1,50 m. material de relleno con presencia de gravas, arenas, limos y piedras.

Estrato 02: de -1,50 m. a-10,00m. suelo fino perteneciente a una ARCILIA DE PLASTICIDAD MEDIA CL, semi compacto y de coloración marrón claro.

GRÁFICO N° 18. Perfil estratigráfico de la Calicata 1



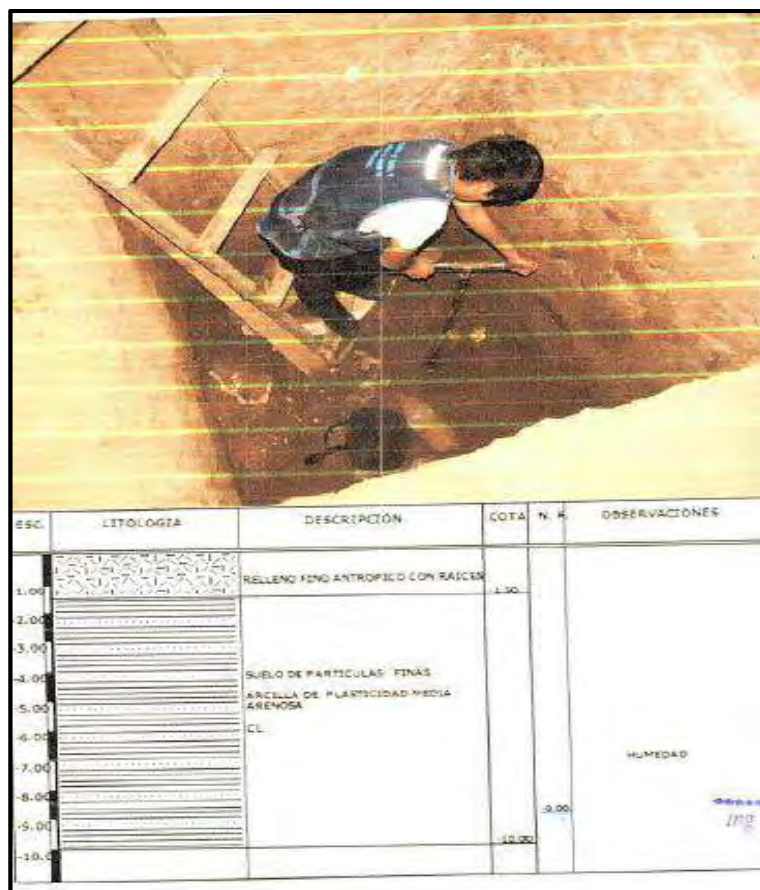
Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

└ Calicata N° 02

Estrato 01: de 0.00 a -1,50 m. material de relleno con presencia de gravas, arenas, limos y piedras.

Estrato 02: de -1,50 m. a-10,00m. con material fino correspondiente una ARCILIA DE BAJA PLASTICIDAD semi compacto con una coloración marrón claro.

GRÁFICO N° 19. Perfil estratigráfico de la Calicata 2



Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

— **Calicata N° 03**

Estrato 01: de 0.00 a -1,50 m. material de relleno con presencia de gravas, arenas, limos y piedras.

Estrato 02: de -1,50 m. a -10,00m. con material fino correspondiente una ARCILIA DE BAJA PLASTICIDAD semi compacto con una coloración marrón claro.

— **Calicata N° 04**

Estrato 01: de 0.00 a -1,50 m. material de relleno con presencia de gravas, arenas, limos y piedras.

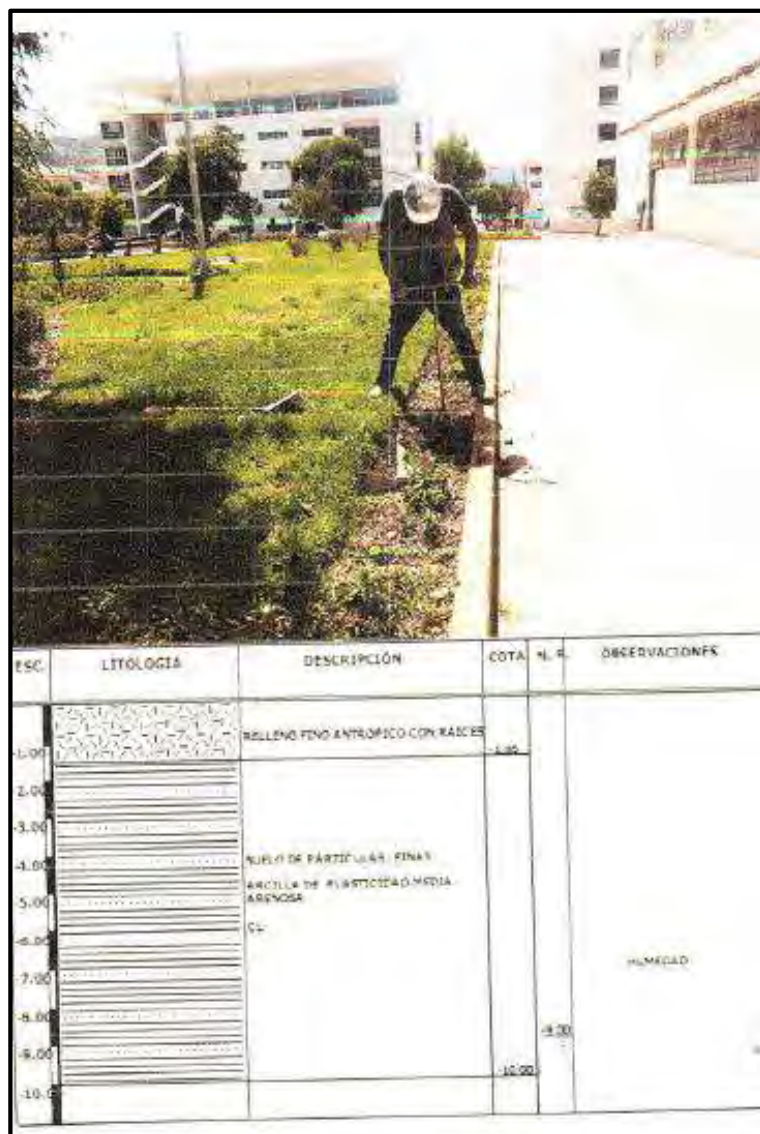
Estrato 02: de -1,50 m. a -10,00m. con material fino correspondiente una ARCILIA DE BAJA PLASTICIDAD semi compacto con una coloración marrón claro.

— **Perforación 05**

Estrato 01: de 0.00 a -1,50 m. material de relleno con presencia de gravas, arenas, limos y piedras.

Estrato 02: de -1,50 m. a -10,00m. con material fino correspondiente una ARCILIA DE BAJA PLASTICIDAD semi compacto con una coloración marrón claro.

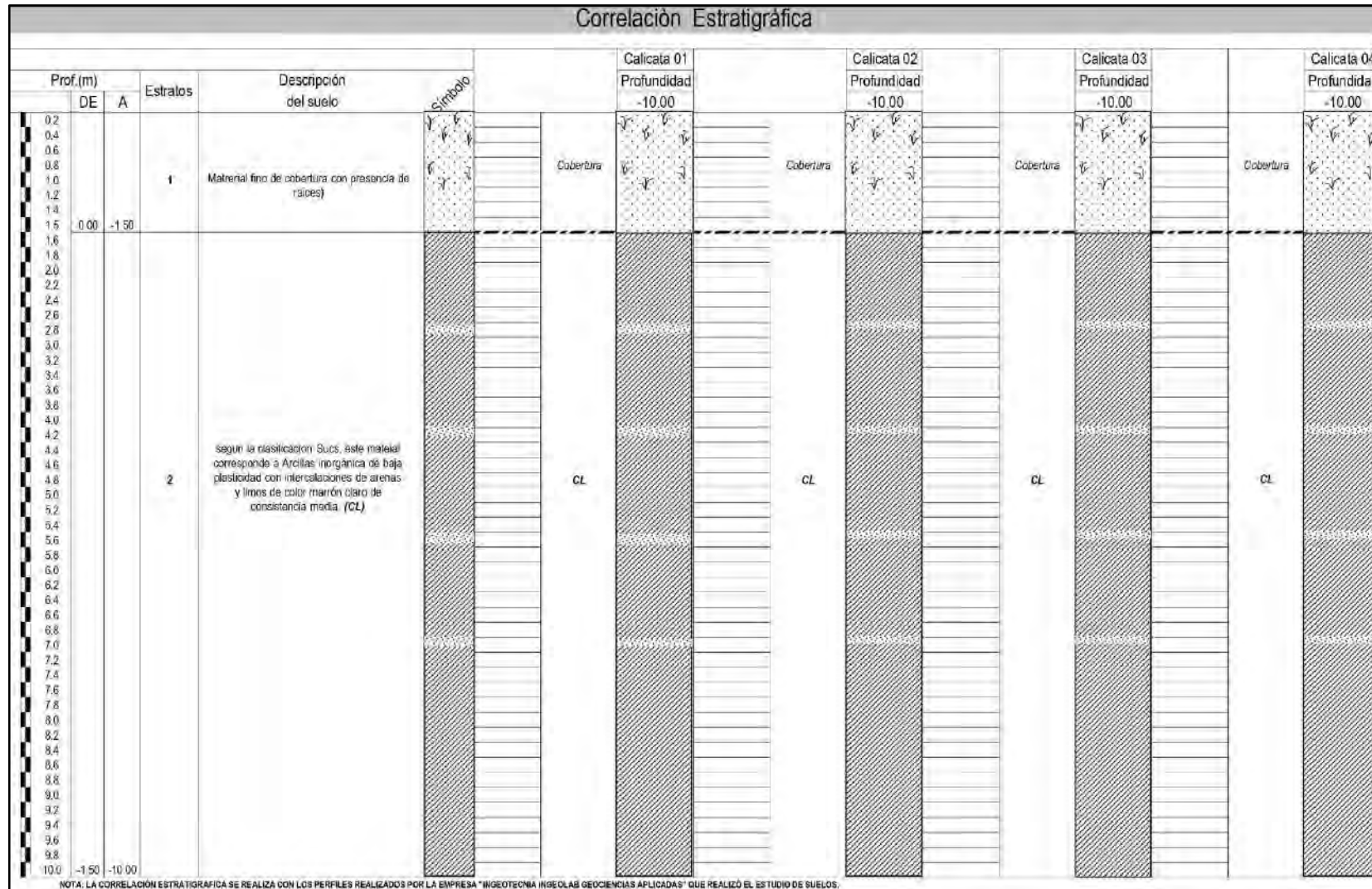
GRÁFICO N° 20. Perfil estratigráfico de perforación 5



Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

No se ha encontrado la presencia de nivel de aguas freáticas en ninguna de las calicatas referenciadas en el presente estudio.

5.5.CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA



5.6. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Los ensayos de penetración dinámica ligera DPL brindan resultados continuos sobre la resistencia a la perforación del subsuelo, empezando a partir de la superficie hasta la profundidad que se desee llegar con este ensayo, o hasta que se produzca el rechazo a la hinca. En el siguiente cuadro se muestran los resultados.

GRÁFICO N° 21. Resultados del ensayo de Penetración Dinámica

ENSAYO... Nr.1 Sondeo 01

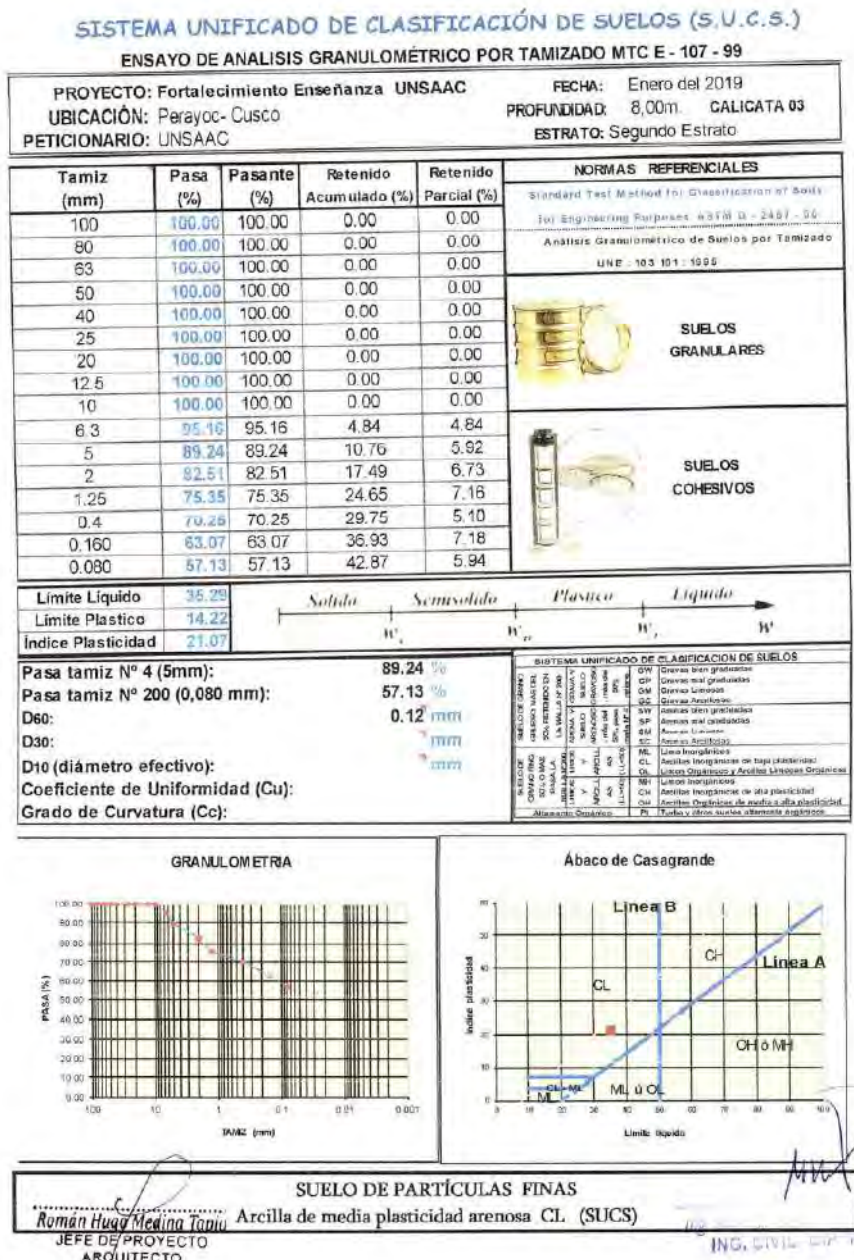
Equipo utilizado... DPL (light)
Profundidad ensayo 10,00 mt

Profundidad (m)	N° de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrometro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm ²)	Res. dinámica (Kg/cm ²)	Pres. admisible con reducción Heminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. admisible Heminier - Olandesi (Kg/cm ²)
5.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
5.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
5.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
5.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50	0	0.849	0.00	0.00	0.00	0.00
5.60	0	0.847	0.00	0.00	0.00	0.00
5.70	0	0.845	0.00	0.00	0.00	0.00
5.80	0	0.843	0.00	0.00	0.00	0.00
5.90	0	0.842	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
6.10	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
6.20	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
6.30	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
6.40	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
6.50	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
6.60	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
6.70	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
6.80	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
6.90	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
7.00	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
7.10	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
7.20	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
7.30	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
7.40	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
7.50	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
7.60	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
7.70	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
7.80	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
7.90	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
8.00	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
8.10	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
8.20	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
8.30	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
8.40	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
8.50	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
8.60	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
8.70	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
8.80	11	0.798	15.78	19.77	0.79	0.99
8.90	12	0.797	16.43	20.61	0.82	1.03
9.00	12	0.796	16.41	20.61	0.82	1.03
9.10	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
9.20	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
9.30	14	0.743	17.86	24.05	0.89	1.20
9.40	12	0.791	16.31	20.61	0.82	1.03
9.50	11	0.790	14.93	18.89	0.75	0.94
9.60	14	0.739	17.78	24.05	0.89	1.20
9.70	13	0.738	16.48	22.33	0.82	1.12
9.80	12	0.787	16.22	20.61	0.81	1.03
9.90	14	0.736	16.95	23.03	0.85	1.15
10.00	13	0.735	18.13	24.67	0.91	1.23
10.10	10	0.795	13.65	17.18	0.68	0.86
10.20	13	0.744	16.61	22.33	0.83	1.12
10.30	14	0.743	17.86	24.05	0.89	1.20
10.40	12	0.791	16.31	20.61	0.82	1.03
10.50	11	0.790	14.93	18.89	0.75	0.94
10.60	14	0.739	17.78	24.05	0.89	1.20
10.70	13	0.738	16.48	22.33	0.82	1.12
10.80	12	0.787	16.22	20.61	0.81	1.03
10.90	14	0.736	16.95	23.03	0.85	1.15
11.00	13	0.735	18.13	24.67	0.91	1.23


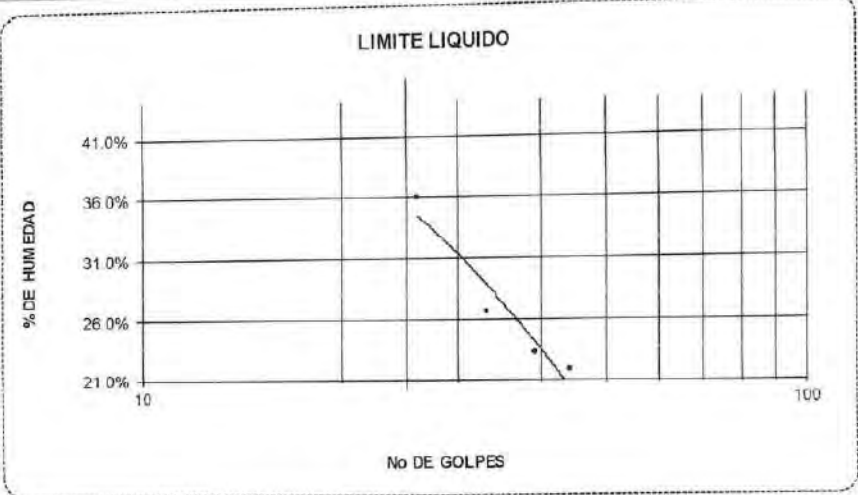
5.7. CLASIFICACIÓN SUCS

El Sistema de Clasificación Unificado es el más aplicado a nivel global, desde un enfoque de Mecánica de Suelos, los materiales como grava, arena, limo o arcilla abarcan un amplio rango de características ingenieriles. A continuación, se muestra los ensayos realizados para la clasificación de suelos (SUCS), teniendo en consideración que el subsuelo es homogéneo en toda la zona de estudio, se muestra los ensayos más representativos.

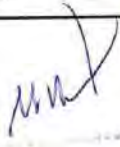
GRÁFICO N° 22. Clasificación SUCS



Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
PROYECTO :	Fortalecimiento Servicio de Enseñanza e Investigación UNSAAC Calicata N° 03			
UBICACIÓN :	Perayoc - Cusco	Segundo Estrato		Suelo
SOLICITADO:	UNSAAC	MUESTRA :		
FECHA :	Cusco Enero del 2019			
LIMITE LIQUIDO	1	2	3	4
Muestra N°				
Peso de la capsula	13.25	10.25	12.35	10.25
Peso capsula. + suelo humedo	95.34	100.12	100.25	107.15
Peso capsula + suelo seco	80.65	83.18	81.64	81.47
Numero de golpes	44	39	33	26
Peso suelo seco	67.4	72.93	69.29	71.22
Peso agua	14.69	16.94	18.61	25.68
% humedad	21.80%	23.23%	26.86%	36.06%
LIMITE PLASTICO	1	2	3	
Muestra				
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22	
Peso capsula. + suelo humedo	9.48	9.38	10.03	
Peso capsula + suelo seco	8.96	8.91	9.55	
Peso suelo seco	3.73	3.27	3.33	
Peso agua	0.52	0.47	0.48	
% humedad	13.93%	14.30%	14.41%	
OBSERVACIONES:				
				
RESULTADOS				
LIMITE LIQUIDO				35.29%
LIMITE PLASTICO				14.22%
INDICE PLASTICO				21.07%
				


Román Hugo Medina Tapia
 JEFE DE PROYECTO
 ARQUITECTO
 CAP. 2118


 Ing. Roberto...
 ING. CIVIL CIP 19778

Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

5.8. CÁLCULO DE CAPACIDAD PÓRTANTE

Luego de determinar y caracterizar el subsuelo hallaremos la capacidad de carga empleando las ecuaciones de la teoría de terzaghi:

$$q_{ult} = CN_C S_C + \gamma D_f N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

DATOS GENERALES DE CÁLCULO

Ancho cimentación	5.0 m
Largo cimentación	5.0 m
Profundidad plano de cimentación	10.5 m
Altura de encaje	2.0 m
Inclinación plano de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.15
Asientos después de T años	5.0
Nivel Freático	No existe

Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

CÁLCULO SEGÚN CONDICIONES REALES DEL SUBSUELO DE FUNDACIÓN

$$q_{ult}^* = (0,5 \gamma_c \cdot B \cdot N_c \cdot S_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot g_c) + C^* \cdot N_c \cdot S_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot g_c + q^* \cdot N_q \cdot S_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot g_q$$

Angulo de Fricción Interna: $\phi = 23^\circ$

Cohesión : $27.23 \text{ Kn/m}^2 = 0.28 \text{ Kg/cm}^2$

ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno;

DH (m)	Gam (kN/m ³)	Gams (kN/m ³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m ²)	c Corr. (kN/m ²)	Ed (kN/m ²)
1.0	18.63	20.59	15.0	10.18	1.96	1.313	2451.66
20.0	19.61	21.57	23.0	18.15	27.23	21.46	4903.32

Autor: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq] 4.29

Ing. Rosendo Torres - Kato - Licenciado
ING. CIVIL - 2011 10776

Factor [Ne]	11.55
Factor [Ng]	0.69
Factor forma [Sc]	1.37
Factor profundidad [Dc]	1.0
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.28
Factor profundidad [Dq]	1.0
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.6
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0
Carga última	635.22 kN/m ²
Resistencia de proyecto	211.74 kN/m ² = 2.12 Kg/cm ²

Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

Como resumen de todos los análisis geotécnicos, se tiene los siguientes datos: En dicho informe se realizaron 05 sondeos

Calicatas	Tipo	Profundidad
C1	Calicata - Perforación	10 metros
C2	Calicata - Perforación	10 metros
C3	Calicata - Perforación	10 metros
C4	Calicata - Perforación	10 metros
P1	Perforación	10 metros

El suelo de fundación pertenece a una ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CL. Desde el punto de vista geotecnico, se describe el subsuelo de fundación como:

- Granulometria: Suelo cohesivo
- Coloración: Marrón
- Textura: Fina
- Consistencia: Semi compacto
- Plasticidad : Baja
- Trabajabilidad: Buena

La capacidad portante que muestra el suelo de fundación a -10,50 m. de profundidad en condiciones reales es de 2,12 kg/cm² (Resultados del Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”).

TABLA N° 09. Resultados de capacidad portante

Profundidad (m)	Condición Real Qadm : Kg/cm²	NF
7.5	1.38	No
8.0	1.82	No
8.5	1.90	No
9.0	1.96	No
9.5	2.02	No
10.0	2.08	No
10.5	2.12	No
11.0	2.23	No
11.5	2.30	No
12.0	2.36	No
12.5	2.41	No
13.	2.47	No

Fuente: Proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el proceso de enseñanza, investigación y extensión de la UNSAAC”

5.9.RESISTENCIA DEL SUELO

Dentro de las limitaciones que se tuvo al desarrollar este tema de investigación, fue la escasa información proporcionada de los estudios de suelos realizados en las facultades de la ciudad universitaria de Perayoc.

Sin embargo, el estudio realizado por el laboratorio “*INGEOTECNIA INGEOLAB GEOCIENCIAS APLICADAS*” para el proyecto “fortalecimiento de los servicios de soporte para el Proceso de Enseñanza, investigación y Extensión de la UNSAAC” nos ayuda a tener a conocer el tipo de suelo que se tiene en esa zona puntual. Dentro de los resultados más importantes para este tema de investigación es la clasificación de Suelos, el cual nos indica que en esa área se tiene ARCILLAS DE PLASTICIDAD MEDIA CL. Además, de los resultados del estudios de suelos se observa que la Capacidad de Carga varía con el aumento de la profundidad y compacidad de los estratos, considerando que a mayor profundidad los estratos están más consolidados por tanto tienen mayor grado de compactación por lo mismo los valores de capacidad portante aumentan, tomando en cuenta otros factores como son: la humedad natural (12.90%), densidad del suelo 1.75 Tn/m³, cohesión 0.28 kg/cm² y ángulo de fricción de 23° resultados del ensayo de corte directo, se concluye que estos resultados de capacidad portante deberían tener resultados más bajos y estarían fuera de los parámetros permisibles para ese tipo de suelo.

CAPITULO VI

HIDROGEOLOGÍA

La Subcuenca del Cusco tiene una complejidad tectónica, estructural, geomorfológica y litológica. Por ello, tiene una heterogénea distribución del agua subterránea en toda la subcuenca. Existe una variedad de acuíferos situados a diferentes niveles altitudinales, que están relacionados a tipos de rocas específicos resaltando que es común localizar manantiales en rocas como las areniscas, conglomerados, calizas, evaporitas, materiales cuaternarios entre otros.

El sistema de almacenamiento y descarga de aguas del valle del Huatanay es generalmente estructural y estratigráfico encerrado por los márgenes de la cuenca.

Los flujos hidrodinámicos tienen un comportamiento variado, diferenciando básicamente en dos formas:

- a) **Control Litológico Estructural.** – En las terrazas de los valles en los que prevalecen la mayor cantidad de acuíferos, enlazados a estructuras rocosas fisuradas (formación Kayra).
- b) **Control Estratigráfico y Sedimentológico.** – Debido a las formaciones del cuaternario, como la formación San Sebastián, que por su disposición estructural y estar formado por materiales lagunares, que se dirigen en dirección al cauce más importante del río Huatanay conformado por acuitardos con presencia importante de ojos de agua en los sectores de Progreso, San Sebastián, Larapa entre otros.

- **Recarga y Descarga:**

La recarga se incrementa en temporada húmeda y esta es condicionada por parámetros morfológicos, estructurales y el sistema de fallas como Tambomachay, Quenko, Pachatusán, Cusco, Tancarpata, Huancaro y otros. El intenso fracturamiento de las formaciones, son los principales recolectores de las precipitaciones en la zona alcanzando niveles de precipitación acumulada

aproximados de 744.9 mm, La descarga es mediante flujos residuales permanentes y temporales, por otro lado, la pérdida se da por procesos de evapotranspiración y capilaridad en los suelos. El colector de descarga lo constituye el río Huatanay.

6.1.UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

6.1.1 Acuíferos

En el cusco los principales acuíferos son las rocas sedimentarias fisuradas por que disponen una gran cantidad de fracturas que brindan una porosidad secundaria, lo que ayuda en la infiltración de las precipitaciones que alimentan el acuífero.

Los acuíferos fisurados de las formaciones Kayra y Soncco del Grupo San Jerónimo son los de mayor importancia, afloran al norte y sur de la zona de estudio, además de los acuíferos porosos no consolidados ubicados en sedimentos cuaternarios como arenas fluviales y gravas.

1.- Formación Kayra.- Es un acuífero heterogéneo, con algunas secuencias de areniscas feldespáticas porosas, no cementadas, fracturadas, que posee buenos horizontes de acuíferos. Actualmente, los acuíferos arrojan caudales altos, como se registra en las galerías filtrantes localizadas alrededor de la ciudad. Estos acuíferos fisurados con porosidad y permeabilidad secundaria son los más relevantes en la subcuenca del Cusco.

2.- Formación Soncco.- “Cuentan con niveles altos de agua subterránea y está compuesta por areniscas. Se encarga de la zona de descarga de agua subterránea” (Córdoba C., 1982), que está en función de estratos pelíticos impermeables. La formación se caracteriza por tener caudales permanentes con fluctuaciones mínimas, y se tienen alrededor de 190 zonas relativamente constantes.

6.1.2 Acuitardos

Son las formaciones geológicas capaces de recolectar el agua en volúmenes importantes, pero la distribución es compleja, con frecuencia son denominados formaciones semipermeables con una transmisión lenta de los flujos subterráneos. Como por ejemplo las arenas arcillosas, areniscas, rocas compactas con alteración y/o fracturación moderada. Además de la Formación San Sebastián como principal acuitardo, le siguen en importancia las lutitas y limolitas de las formaciones Puquín, Quilque y Chilca.

- 1 Formación San Sebastián.** – Son secuencias de materiales fluvioglaciares antiguas y fluvio-aluviales recientes. Esta formación canaliza aguas provenientes de los acuíferos desarrollados anteriormente. Es relevante mencionar que estas secuencias tienen la capacidad de almacenar volúmenes importantes, generando saturaciones constantes.

6.1.3 Acuífugos

Son las formaciones geológicas que tienen una limitada capacidad de almacenamiento y transporte. Son rocas impermeables y se comportan como sello, quiere decir, influyen en el almacenamiento en otras unidades rocosas permeables. “Los acuífugos son muy locales en la ciudad del Cusco y corresponden a los afloramientos de yesos de la Formación Maras (Grupo Yuncaypata) o a zonas de fallas donde se ha desarrollado panizo en las zonas de cizalla”. (Bernex, 2005).

6.2. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS ACUÍFEROS

Con la finalidad de acceder al consumo de agua humano, se realizaron estudios como es la perforación de un pozo en Ttio - La Florida (Apaza, 1997), que viene produciendo 7 lts./seg. cada 4 horas/día y otro 8 lts/día.

Adicionalmente se tienen datos de una de las galerías filtrantes en el distrito de San Jerónimo, Marashuayco que ha dado hasta 62 lts/seg.

▪ **Permeabilidad**

La permeabilidad es una característica que consiste en la movilidad de los fluidos dentro del medio poroso. Su calificativo se ha realizado por medio del cuadro y se clasifica de la siguiente forma:

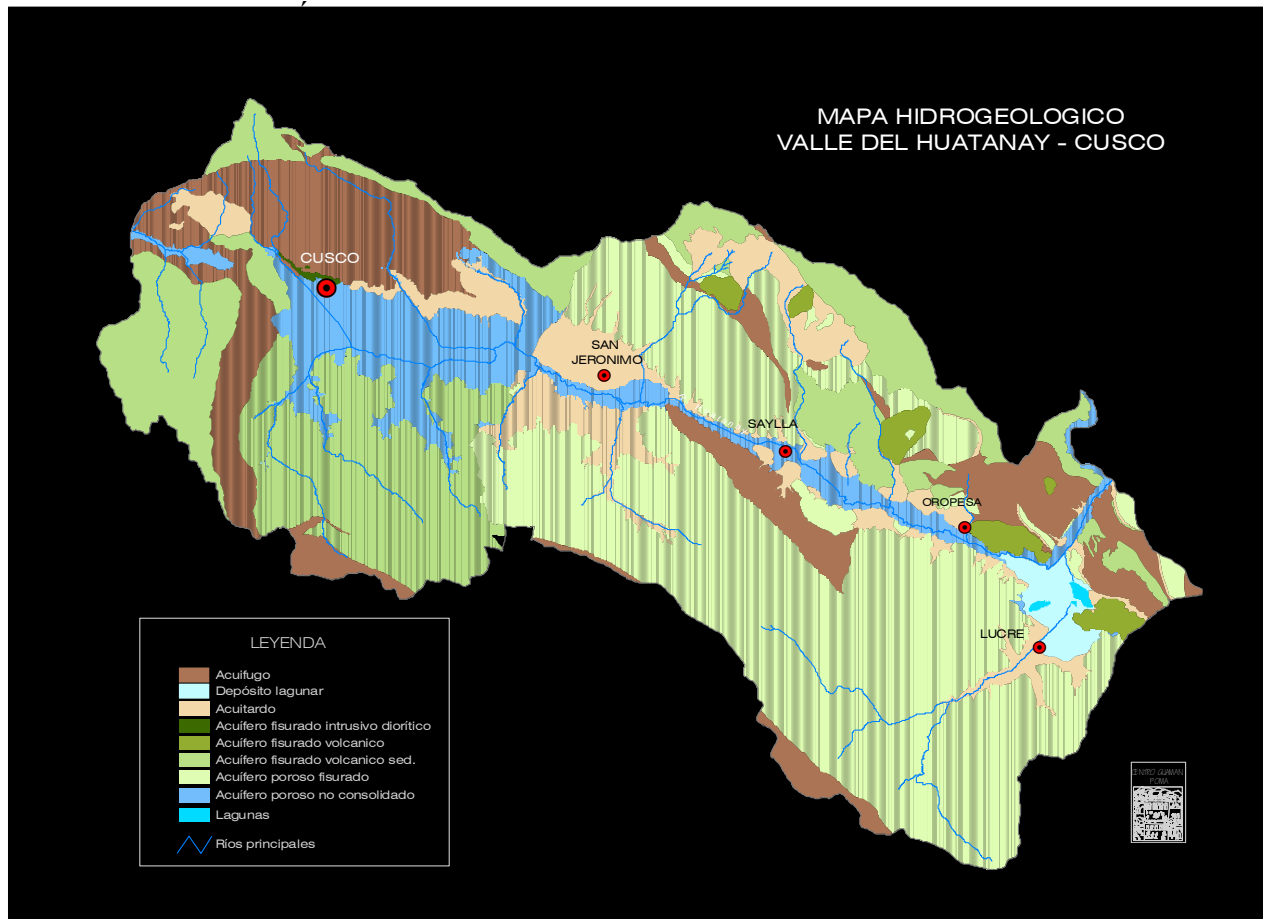
TABLA N° 10. Permeabilidad según Soil Conservation Service U.S.A.

Permeabilidad	Muy lenta	Lenta	Moderadamente lenta	Moderada	Moderadamente elevada	Elevada	Muy elevada
K (cm/h)	< 0,1	0,1 – 0,5	0,5 – 2,0	2,0 – 6,5	6,5 – 12,5	12,5 – 25,0	> 25,0

Por otro lado, tenemos un cuadro con los valores de permeabilidad de diferentes formaciones geológicas:

TABLA N° 11. Valores de permeabilidad de las formaciones geológicas

SUBCUENCA	FORMACIÓN GEOLÓGICA	LITOLOGÍA	K			Acuífero
			cm/s	mm/hr	m/día	
CUSCO	Kayra	Areniscas fracturadas	7.970E-04	28.69	0.69	REGULAR K= Moderada
	Cuaternario	Suelo coluvial	3.936E-04	14.17	0.34	POBRE K= Moder. Lenta
	Maras	Caótico	4.539E-04	16.34	0.39	POBRE K=Moder. Lento



CAPITULO VII

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

7.1.GENERALIDADES

En la Subcuenca del Cusco casi todos los afloramientos son sedimentarios, continentales, marinos, fluviales que fueron afectados por la actividad tectónica. La ciudad del cusco muestra estructuras complejas con ejes preferentemente en direcciones (NW-SE), aunque las estructuras mayores tienden a formar parte del sistema de los pliegues, es decir fallamientos inversos de dirección NW-SE.

La falla Vilcanota, parte de la falla Cusco y de la falla Uchuyqosqo, todas con una dirección NW-SE. Estas fallas son parte de la zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental. Por otra parte, la falla Tambomachay tienen unos comportamientos direccionales inversos, de rumbo, normales y compuestos, así lo demuestran las estrías presentes en sus diferentes planos de fallas conjugadas (Cabrera 1988).

7.2. TECTÓNICA.

7.2.1 Tectónica Andina.

Son los esfuerzos que se han dado entre fines del mesozoico (Cretáceo) y del Terciario, que dio como resultado la edificación del sistema andino en su estado actual. Habiéndose iniciado con una sedimentación marina y continental, fue continuada con plutonismo, vulcanismo y sedimentación continental para luego ser cortadas por fases tectónicas (Carlotto et. al 1996)

a) Fase Peruana (Santoniana)

Solo se manifiesta en la región por el retiro del mar que depósito el material del grupo Yuncaypata, para dar lugar a la formación de una secuencia continental. Las estructuras producidas por esta tectónica se pueden observar en algunos lugares de la cordillera.

b) Fase Incaica (Eoceno Superior – Oligoceno Inferior)

Tectonismo más importante del ciclo tectónico andino, tanto por su potencia como por la extensión. Estas deformaciones y estructuras comprenden anticlinales localizados en Vilcabamba y Vilcanota, y que probablemente esta fase es la que dio lugar a la formación de las capas rojas del Grupo San Jerónimo.

c) Fase Laramiana (Cretácico superior – Paleoceno)

“Cusco pone la evidencia de una discordancia erosional entre la formación Puquín y la formación Quilque que está relacionado con esta crisis tectónica, es posible que este fenómeno haya funcionado con mayor disidencia en dominio altiplánico NE, donde el anticlinorio de Piuray y la Formación Quilque sobreyace sobre la mega secuencia de la Formación Puquín”. (Carlotto, 1992).

d) Fase Quechua (Mio – Plioceno)

Soulas (1975) evidenció 3 etapas compresivas durante el Mioceno.

-Fase Quechua 0 (Crisis Tectónica del Oligoceno): El plegamiento presente del Grupo San Jerónimo, la expulsión de cuerpos evaporíticos y la posible reactivaron fallas de rumbo.

-Fase Quechua 1 (crisis tectónica del Oligoceno)

Esta crisis fue la más intensa de la Cordillera Occidental, donde se reactiva estructuras de la fase inca, afectando la altiplanicie de la cordillera oriental hasta la zona subandina.

-Fase Quechua 2 (crisis tectónica del Oligoceno)

Esta fase tectónica se manifiesta por una continua deformación que produce la propagación de los cabalgamientos ubicados en el dominio altiplánico.

-Fase Quechua 3 (crisis tectónica del Oligoceno) Se manifiesta por la propagación de los frentes de corrimiento (cabalgamiento), con vergencia SW y NE de la región. Esta fase 3 hace sentir sus efectos sobre el conjunto de la cadena andina del Perú (Carlotto et. al 1996).

7.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

El límite Altiplano - Cordillera Oriental está caracterizado por la presencia del anticlinal de Vilcanota, que es un anticlinal con dirección NW-SE, deformada que desaparece en algunos lugares como en Urcos, pero reaparece al SE y se prolonga hasta la zona de Sicuani.

“Cusco se ubica al sur de un gran rasgo macrotectónico que disloca y cambia de dirección estructural todo el sistema andino, nos referimos a la deflexión de Abancay. Este rasgo por su envergadura ha generado una gran complejidad tectónica y Cusco se encuentra dentro del área de la deflexión, donde se mostrará también los efectos estructurales correspondientes”. (Marocco, 1978)

Plegamientos Regionales:

- A.** Anticlinal del Vilcanota
- B.** Anticlinal de Lucre

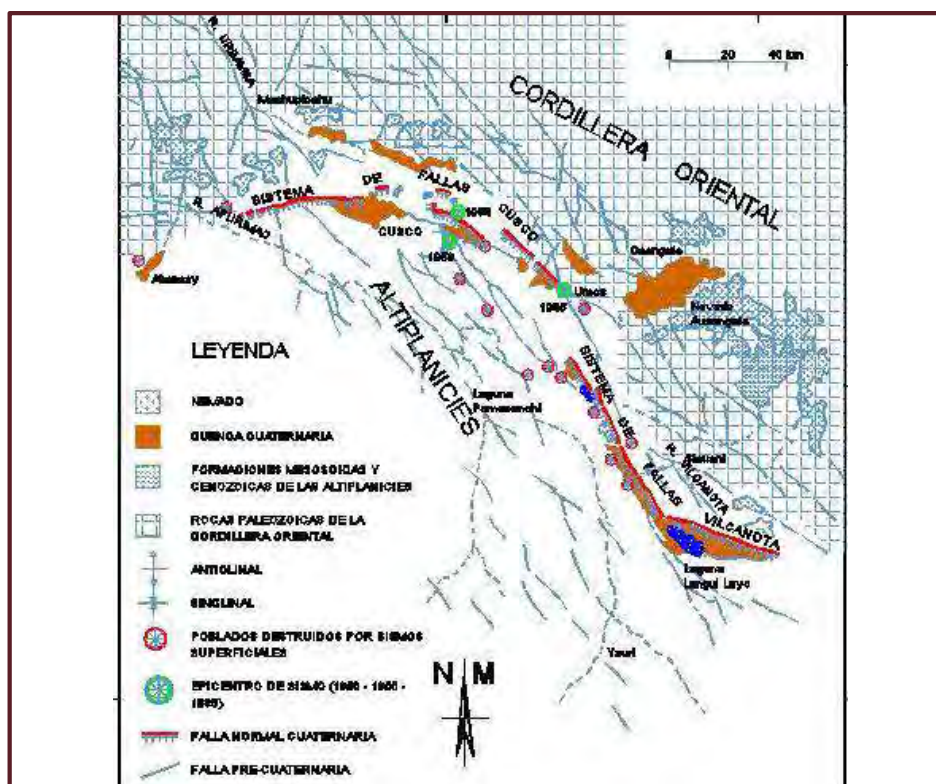
Fallas Regionales:

- A.** Sistema de fallas Vilcanota.
- B.** Sistema de fallas de Pachatusan.
- C.** Sistema de fallas de Tambomachay - Lucre- Pomacanchi.
- D.** Sistema de fallas Tancarpatá-Moyobamba-Acomayo.
- E.** Sistema de fallas Corcca-Huanoquite-Paruro.

Las estructuras regionales citadas controlan el marco geomorfológico de la región, en las que básicamente se distinguen:

- El gran valle del Vilcanota.
- Los valles del río Apurímac y afluentes.
- El valle menor del Huatanay.

GRÁFICO N° 24. Sistema de fallas Cusco



Fuente: J. Cabrera, et al, 1986

7.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

“Cusco muestra una importante actividad sísmica y presenta muchos sectores de fallas normales activas. Se considera como activa una falla que ha experimentado una o varias reactivaciones holocenas (en los últimos 10,000 años). Las fallas activas de la región han sido divididas en dos sectores denominados: sistema Cusco y sistema Vilcanota” (Cabrera, 1988).

Dentro del sistema de Fallas Cusco se han reconocido las

- Falla de Tambomachay.
- Falla de Tamboray.
- Falla de Qoricocha.
- Falla de Zurite.
- Falla de Pachatusan

Dentro del sistema de fallas Vilcanota se tienen las fallas de Pomacanchis, Pampamarca y Bangui. Así como también el sistema de fallas activas en la zona del Ausangate.

Las fallas activas son las fuentes sismogénicas que inciden directamente en los problemas sísmicos de la ciudad de Cusco. Dentro de este sistema de fallas se tiene las fallas de estado activo como son la falla de Tambomachay, Qoricocha, Tamboray y la probable falla Cusco.

“Según el estudio del INGEMMET, donde en base al análisis sismoestratigráfico en los depósitos lacustres de la formación cuaternaria San Sebastián, se pudo identificar estructuras asociadas a 36 eventos sísmicos, las que fueron caracterizadas utilizando las relaciones entre las estructuras de paleosismicidad en medios lacustres y magnitudes sísmicas propuesta por Rodríguez (1998). Con estas caracterizaciones se pudo interpretar que en la región del Cusco hubo sismos de magnitudes elevadas a lo largo de su historia cuaternaria. De igual manera estudios de paleosismología preliminares en las fallas Qoricocha, Písaq, Cuyo y Colquepata muestran evidencias de acumulaciones de eventos sísmicos”. (INGEMMET del 2009)

7.4.1. Falla Tambomachay

Se ubica al norte de la ciudad del Cusco a unos 5 km aproximadamente de la zona urbana. Esta falla separa la Meseta de Sacsayhuamán de las montañas del Cusco. Es la mayor estructura local de deformación frágil que establece todo un

comportamiento dinámico de la subcuenca, inicialmente se ha comportado como falla inversa, poniendo en contacto al grupo San Jerónimo (piso) con el grupo Yuncaypata (techo), posteriormente (fines del terciario y Cuaternario) ha rejugado en falla transcurrente (falla de rumbo) (Grafico N°21), dando lugar a la abertura de la subcuenca del Cusco; el comportamiento actual al parecer es de tipo normal (Sebrier at al 1982, Cabrera J. 1984). Su característica de falla reactiva es bastante notoria, tiene una dirección N110° a N130° con buzamientos que varían entre 60° y 70° hacia el sur, sus estrías en sus diferentes planos arrojan valores del Pitch, muy variables desde 45° hasta 15°, como se observa en (Fotografía N°01), (un juego sinextral). Su longitud es de 20km. Y se prolonga al SE.

7.4.2. Probable Falla Cusco

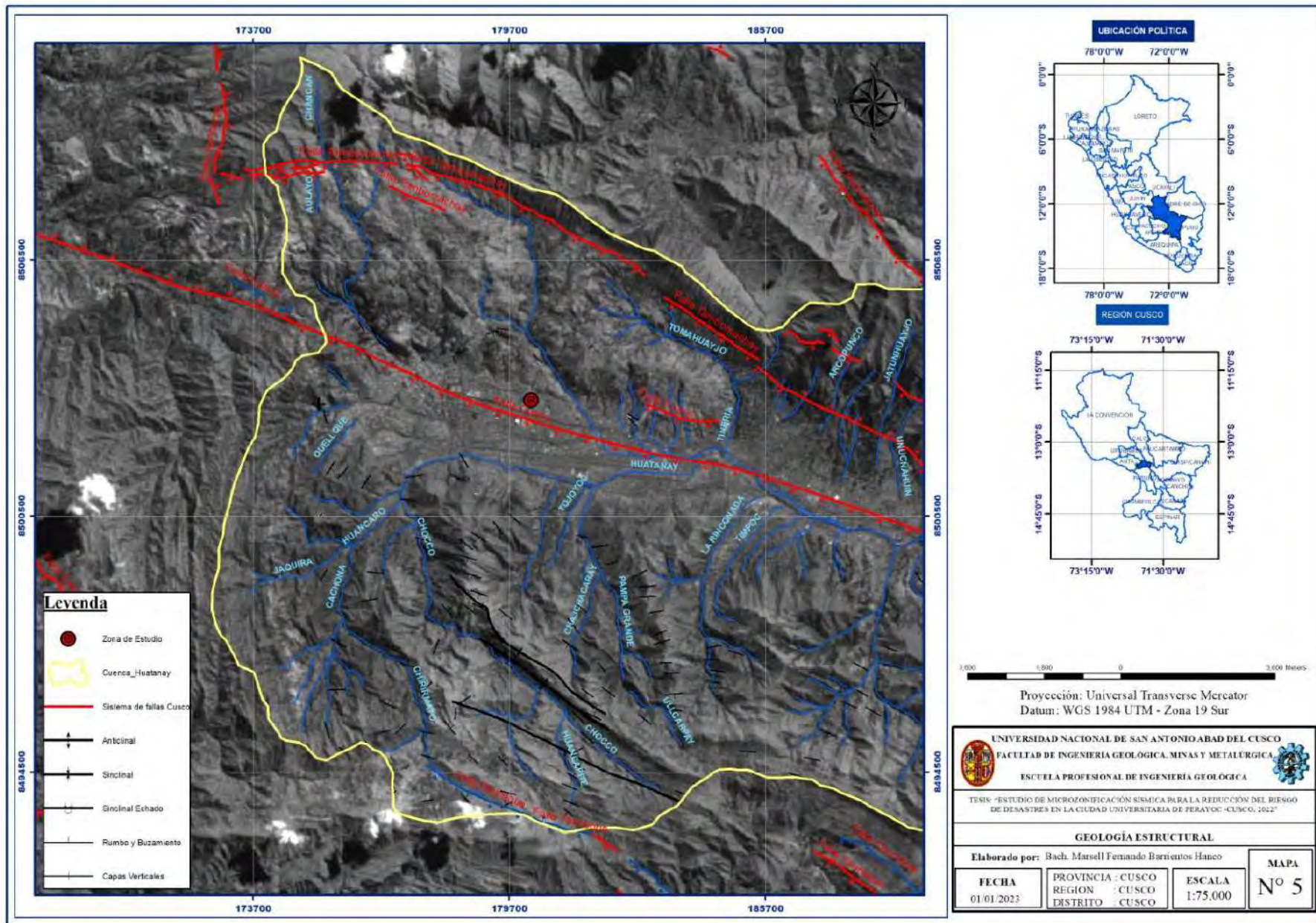
El alineamiento NW-SE de la probable falla Cusco (*Ver mapa N° 5*) coincide con el valle del río Huatanay, hasta las localidades de Saylla - Oropesa. Se interpreta como una falla de estado reciente inactivo cubierta con por la litología de la Formación San Sebastián. Actualmente no muestra signos de actividad reciente, sin embargo, durante el sismo del 21 de mayo de 1950 se observaron desplazamientos en terrenos de la Formación San Sebastián. Por otro lado, observaciones de campo del Dr. Carlos Kalafatovic, luego del sismo, indican la presencia de fracturas discontinuas en el suelo, que cartografió por varios km entre San Sebastián y San Jerónimo. Este hecho, podría evidenciar el dinamismo de la falla Cusco que podría demostrar la existencia de una fuente sismogénica dentro del valle de Cusco.

7.5. PALEOSISMICIDAD

“La falta de datos de la sismicidad histórica en el Cusco conduce a realizar trabajos de paleosismología, que permitirán identificar las estructuras geológicas asociadas a sismos ocurridos antes de las primeras crónicas históricas, donde se realiza un análisis integral de trincheras o calicatas realizadas por Cabrera en 1988, permite determinar las características paleosísmicas de las fallas activas”. INGEMMET 2011

“Las fallas se evidencian por la presencia de escarpas que cortan el basamento e indican las reactivaciones, tanto en el Pleistoceno como Holoceno (Cabrera, 1988). Estas reactivaciones están relacionadas con las dataciones radiométricas, que conducen a determinar el tiempo de retorno de sismos mayores, tomando en cuenta como base los 10,000 años del periodo Holoceno. Asimismo, la región del Cusco forma parte de un área de tectónica activa, que se evidencia a partir de las caracterizaciones de estructuras de deformación asociadas a eventos sísmicos, “sismitas”, conservadas en el registro estratigráfico de la formación cuaternaria San Sebastián”. INGEMMET 2011

“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”



CAPITULO VIII

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1.PROCESAMIENTO DE PUNTOS MEDIANTE SOFTWARE

Para el procesamiento de los puntos de registro se determinó 3 ítems principales, que se detallan a continuación:

TIEMPO DE ESPECTRO

El tiempo de espectro se determina en función a la configuración del acelerógrafo REF-TEK, y también a la hora UTC en la cual se prende y se apaga el equipo.

GRÁFICO N° 25. Datos fundamentales del espectro sísmico

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 14:00:00.000000	2022-11-04 14:22:14.145000	200	0.005	266829	22m14.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 14:00:00.000000	2022-11-04 14:22:14.145000	200	0.005	266829	22m14.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 14:00:00.000000	2022-11-04 14:22:14.145000	200	0.005	266829	22m14.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO SÍSMICO

El espectro sísmico se obtiene a partir del arreglo de la línea base mediante el software COMPASS., donde se eliminan las ventanas de tiempo que contengan ruido sísmico.

GRÁFICO N° 26. Ventanas de procesamiento del espectro sísmico

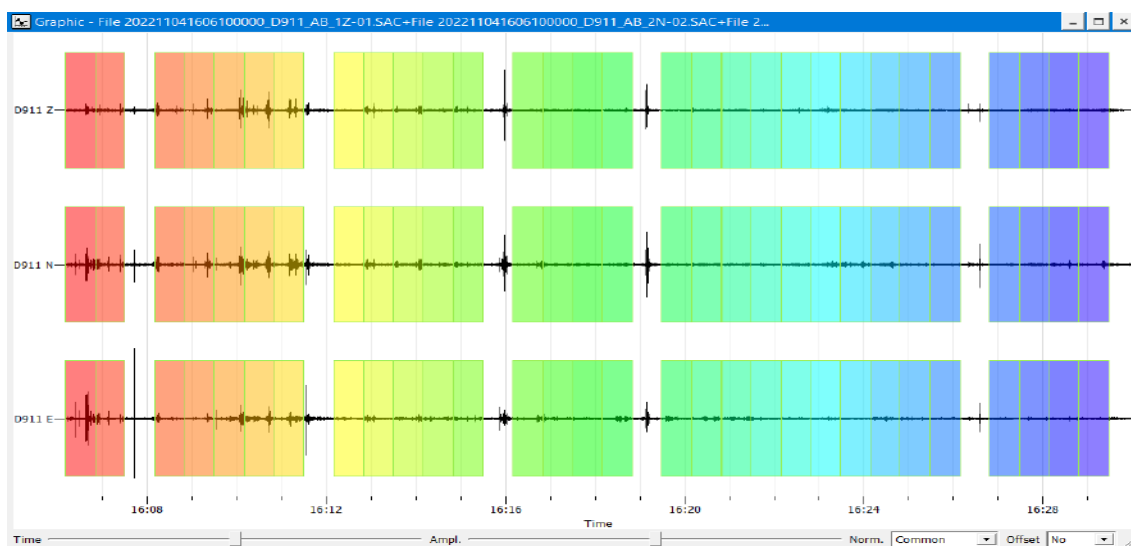
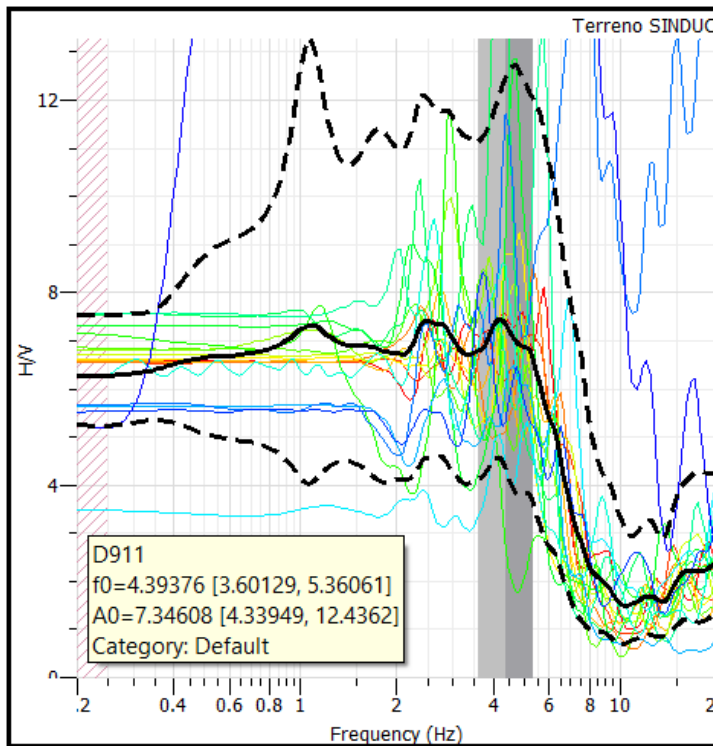


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS

El Grafico resultante se obtiene a partir del procesamiento tipo espectro de furier H/V, procesamiento que se realiza mediante el software Geopsy. Como resultado nos brinda parámetros sísmicos fundamentales, como se presenta a continuación.

GRÁFICO N° 27. Grafico resultante del Software Geopsy



Frecuencia (f_0)

4.39376

Periodo (T)

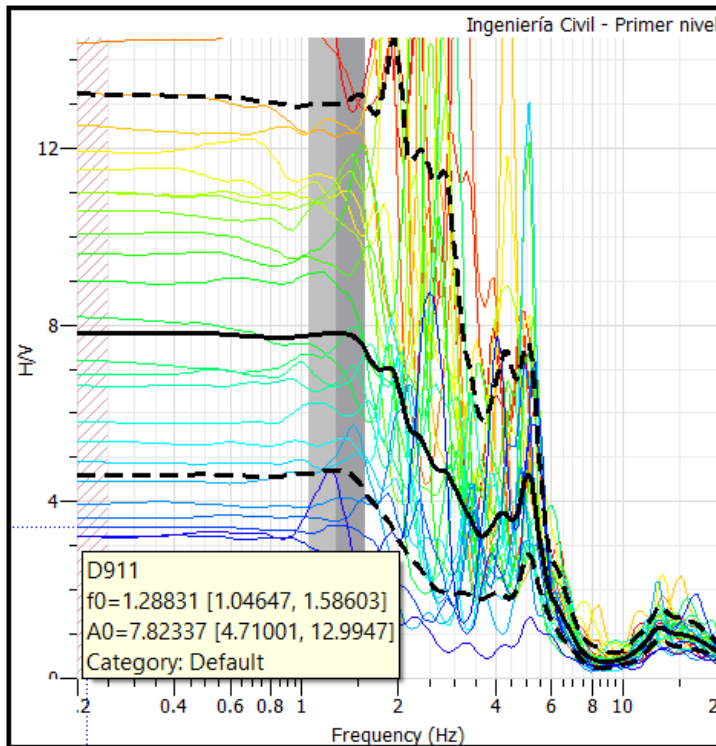
0.22760

Amplificación (A_0)

7.34608

También presentamos un gráfico resultante del procesamiento, con un periodo predominante alto, correspondiente a un suelo de comportamiento dinámico de categoría mala.

GRÁFICO N° 28. Grafico resultante del Software Geopsy



Frecuencia (f_0)

1.28831

Periodo (T)

0.77621

Amplificación (A_0)

7.8233

TABLA N° 12. Extracto Final De Puntos

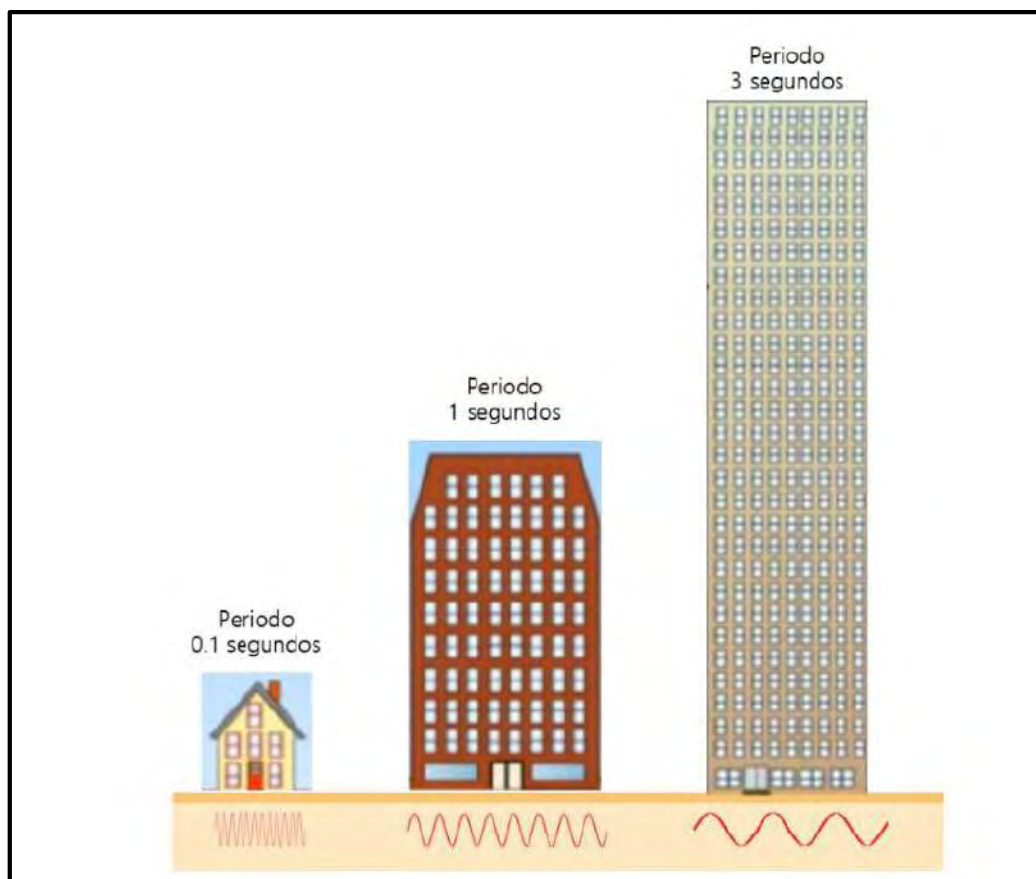
EXTRACTO FINAL DE PUNTOS				
Puntos	Ubicación	Frecuencia F₀	Periodo P	Amplificación A₀
Punto 01	Terreno SINDUC	4.39376	0.22760	7.34608
Punto 02	Ingeniería Civil - Primer nivel	1.28831	0.77621	7.82337
Punto 03	Ingeniería Civil - Tercer nivel	1.33277	0.75032	1.36239
Punto 04	Derecho - Primer nivel	5.07404	0.19708	3.72016
Punto 05	Derecho - Tercer nivel	2.90404	0.34435	6.71017
Punto 06	Frontis CEPRU	14.82470	0.06745	11.4090
Punto 07	Ingeniería Electrónica - Primer nivel	2.01172	0.49709	1.32616
Punto 08	Ingeniería Electrónica - Quinto nivel	2.35278	0.42503	10.25900
Punto 09	Ingeniería Química - Primer nivel	4.18133	0.23916	1.43334
Punto 10	Ingeniería Química - Tercer nivel	4.93715	0.20255	3.52972
Punto 11	Biología - Primer nivel	11.45460	0.08730	1.54812
Punto 12	Biología - Tercer nivel	3.21429	0.31111	4.72632
Punto 13	Educación - Primer nivel	7.01638	0.14252	2.60330
Punto 14	Plaza del Tricentenario	6.38307	0.15666	2.71385
Punto 15	Canchas deportivas UNSAAC	16.56750	0.06036	3.81120
Punto 16	Explanada Biblioteca central	12.85030	0.07782	2.15633
Punto 17	Ingeniería Geológica - Primer nivel	1.12213	0.89116	1.20086
Punto 18	Ingeniería Geológica - Tercer nivel	3.67626	0.27202	1.32141
Punto 19	Ingeniería Metalúrgica - Primer nivel	3.94567	0.25344	2.84940
Punto 20	Ciencias Sociales - Primer nivel	5.27906	0.18943	0.81634
Punto 21	Ciencias Sociales - Segundo nivel	19.21320	0.05205	3.34656
Punto 22	Pabellón A- Primer nivel	1.52162	0.65719	1.23497
Punto 23	Pabellón A- Tercer nivel	2.48032	0.40317	4.26089
Punto 24	Turismo - Primer nivel	1.05225	0.95034	1.27200
Punto 25	Turismo - Cuarto nivel	5.32432	0.18782	6.41392
Punto 26	Instituto de idiomas UNSAAC - sótano	1.44019	0.69435	1.31848
Punto 27	Instituto de idiomas UNSAAC - cuarto nivel	2.48436	0.40252	5.02739
Punto 28	Economía - Tercer nivel	3.40813	0.29342	5.93709
Punto 29	Economía - Primer nivel	5.83947	0.17125	1.67358
Punto 30	Economía - Área verde	7.72047	0.12953	1.92710
Punto 31	Frontis Ciencias Administrativas	8.30673	0.12038	3.14002
Punto 32	Medicina Humana - Primer nivel	6.68241	0.14965	3.07146
Punto 33	Medicina Humana - Cuarto nivel	2.92088	0.34236	14.86440

7.2. RESONANCIA ESTRUCTURAL

El fenómeno de resonancia en el cual tanto el suelo como la estructura oscilan de forma sincronizada y ésta última se ve sometida a mayores esfuerzos y desplazamientos, los cuales pueden generar daños estructurales y hasta colapso de las edificaciones.

Bajo este contexto, otro concepto importante es el periodo de vibración o periodo de oscilación, el cual corresponde al tiempo que le toma a una edificación vibrar de un lado a otro. En los casos donde el periodo de vibración de la edificación coincide con el periodo de vibración del suelo, se produce un fenómeno llamado “resonancia”, generando un aumento significativo de la amplitud de la señal, lo que se traduce en mayor aceleración y, por tanto, mayores daños en la edificación. La Figura 3 presenta un esquema de tres edificaciones con diferentes periodos de vibración, así como respectivas señales sísmicas que generarían un efecto de resonancia.

GRÁFICO N° 29. Resonancia Estructural



Fuente: Universidad Nacional de Riesgo de Desastre – Mexico

TABLA N° 13. Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Civil

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Ingeniería Civil - Primer nivel	1.28831	0.77621	7.82337
Ingeniería Civil - Tercer nivel	1.33277	0.75032	1.36239

FOTOGRAFÍA N° 02. Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Civil



TABLA N° 14. Edificación de la escuela profesional de Derecho

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Derecho - Primer nivel	5.07404	0.19708	3.72016
Derecho - Tercer nivel	2.90404	0.34435	6.71017

FOTOGRAFÍA N° 03. Edificación de la escuela profesional de Derecho



TABLA N° 15. Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Ingeniería Electrónica - Primer nivel	2.01172	0.49709	1.32616
Ingeniería Electrónica - Quinto nivel	2.35278	0.42503	10.25900

FOTOGRAFÍA N° 04. Escuela profesional de Ingeniería Electrónica



TABLA N° 16. Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Química

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Ingeniería Química - Primer nivel	4.18133	0.23916	1.43334
Ingeniería Química - Tercer nivel	4.93715	0.20255	3.52972

FOTOGRAFÍA N° 05. Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Química



TABLA N° 17. Edificación de la escuela profesional de Biología

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Biología - Primer nivel	11.45460	0.08730	1.54812
Biología - Tercer nivel	3.21429	0.31111	4.72632

FOTOGRAFÍA N° 06. Edificación de la escuela profesional de Biología



TABLA N° 18. Edificación de la escuela profesional de Ingeniería Geológica

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Ingeniería Geológica - Primer nivel	1.12213	0.89116	1.20086
Ingeniería Geológica - Tercer nivel	3.67626	0.27202	1.32141

FOTOGRAFÍA N° 07. Escuela profesional de Ingeniería Geológica



TABLA N° 19. Edificación de la escuela profesional de Ciencias Sociales

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F₀	Periodo P	Amplificación A₀
Ciencias Sociales - Primer nivel	5.27906	0.18943	0.81634
Ciencias Sociales - Segundo nivel	19.21320	0.05205	3.34656

FOTOGRAFÍA N° 08. Edificación de la escuela profesional de Ciencias Sociales

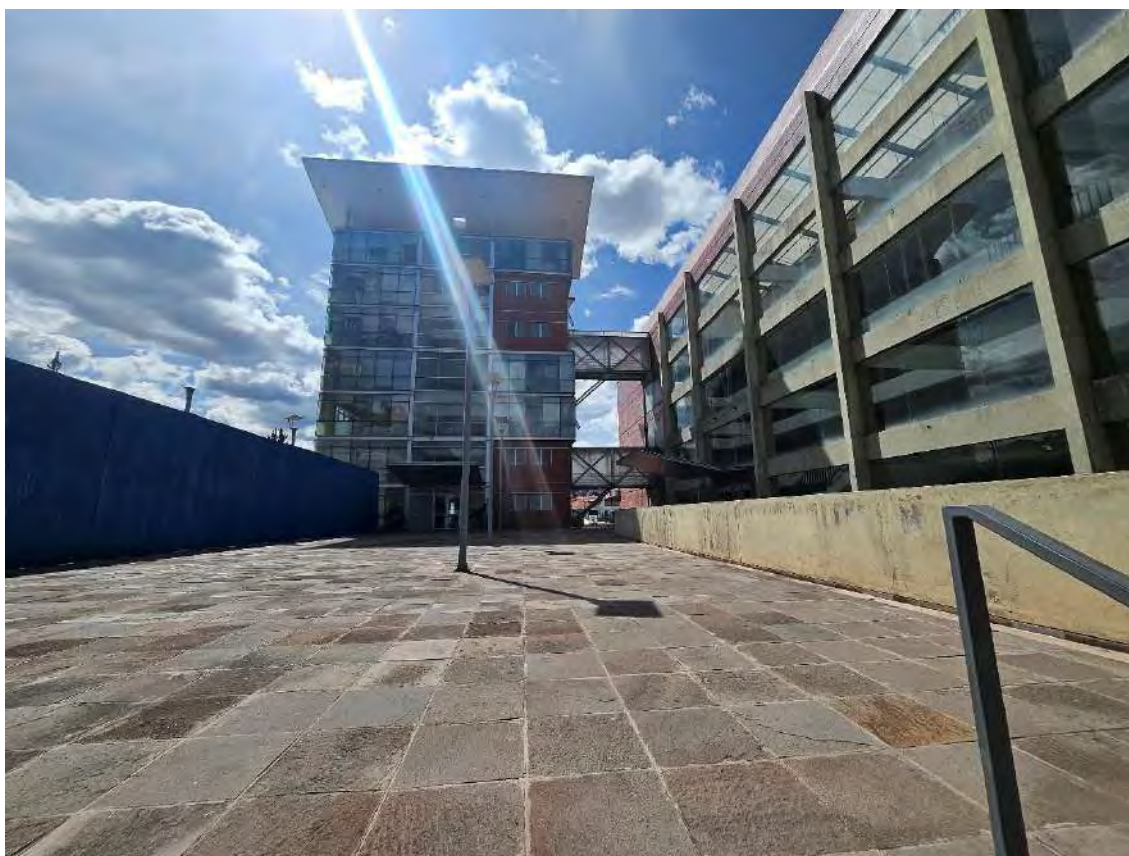


TABLA N° 20. Edificación del Pabellón A

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F₀	Periodo P	Amplificación A₀
Pabellón A- Primer nivel	1.52162	0.65719	1.23497
Pabellón A- Tercer nivel	2.48032	0.40317	4.26089

TABLA N° 21. Edificación de la escuela profesional de Turismo

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F₀	Periodo P	Amplificación A₀
Turismo - Primer nivel	1.05225	0.95034	1.27200
Turismo - Cuarto nivel	5.32432	0.18782	6.41392

FOTOGRAFÍA N° 09. Edificación de la escuela profesional de Turismo

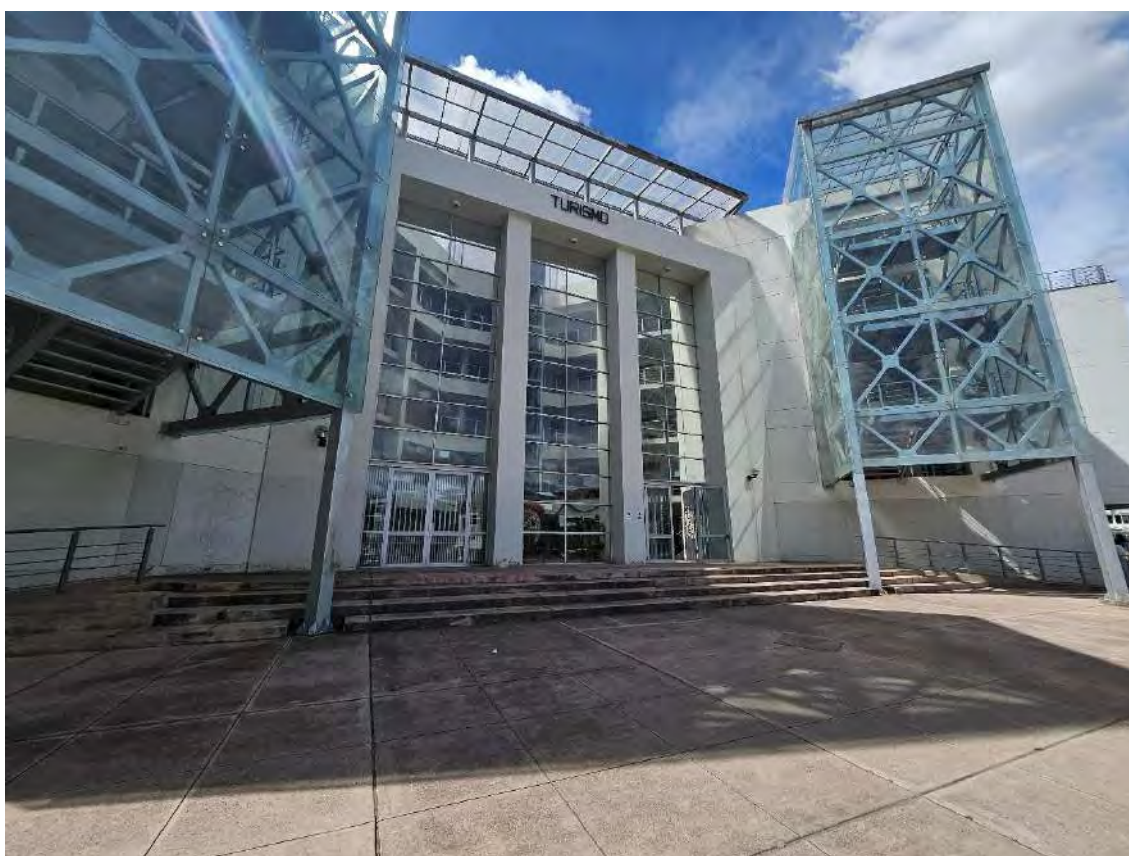


TABLA N° 22. Edificación del Instituto De Idiomas UNSAAC

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F₀	Periodo P	Amplificación A₀
Instituto de idiomas UNSAAC - sótano	1.44019	0.69435	1.31848
Instituto de idiomas UNSAAC - cuarto nivel	2.48436	0.40252	5.02739

FOTOGRAFÍA N° 10. Edificación del Instituto De Idiomas UNSAAC



TABLA N° 23. Edificación de la escuela profesional de Economía

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Economía - Tercer nivel	3.40813	0.29342	5.93709
Economía - Primer nivel	5.83947	0.17125	1.67358
Economía - Área verde	7.72047	0.12953	1.92710

FOTOGRAFÍA N° 11. Edificación de la escuela profesional de Economía



TABLA N° 24. Edificación de la escuela profesional de Medicina Humana

EXTRACTO FINAL DE PUNTOS			
Ubicación	Frecuencia F_0	Periodo P	Amplificación A_0
Medicina Humana - Primer nivel	6.68241	0.14965	3.07146
Medicina Humana - Cuarto nivel	2.92088	0.34236	14.86440

FOTOGRAFÍA N° 12. Edificación de la escuela profesional de Medicina Humana



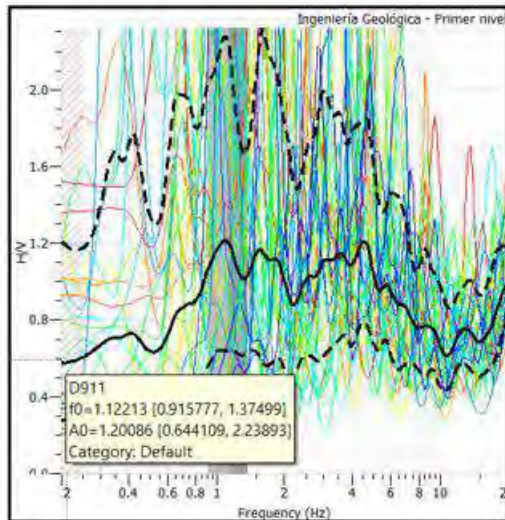
El fenómeno de resonancia que oscilan de forma sincronizada que pueden generar daños estructurales y hasta colapso de las edificaciones, están presentes en los siguientes puntos de registro

- Edificación de Ingeniería Civil
- Edificación de Ingeniería Electrónica
- Edificación de Ingeniería Química

7.3. PROCESAMIENTO DE PUNTOS MEDIANTE SOFTWARE

Las aplicaciones más importantes del coeficiente espectral H/V son las de determinar el contraste de impedancia entre capas y estimar el espesor al basamento rocoso. Para el presente caso se tomo los datos de parámetros sísmicos fundamentales de la escuela profesional de Ingeniería Geológica.

GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



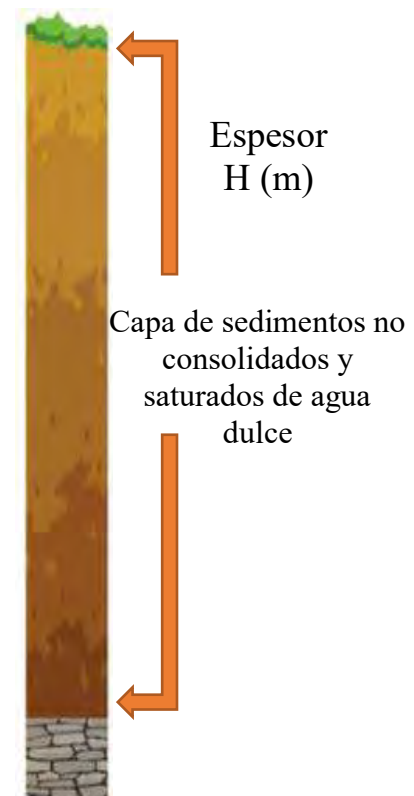
Frecuencia (f_0)	1.12213
Periodo (T)	0.89116
Amplificación (A_0)	1.20086

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

$$H = \frac{V_s}{4\left(\frac{1}{Hz}\right)}$$

$$H = \frac{V_s}{4\left(\frac{1}{6.38 Hz}\right)}$$

$$H = 51.75 \text{ metros}$$



7.4.MAPA DE ISOPERÍODOS

El período fundamental del suelo es uno de los indicadores más usados mundialmente para estimar los efectos de sitios de los suelos al ser sometidos a movimientos sísmicos. Frecuentemente se han podido asociar estos efectos a los daños observados en edificaciones, debido principalmente al fenómeno de resonancia en el cual tanto el suelo como la estructura oscilan en forma sincronizada y ésta última se ve sometida a mayores esfuerzos y desplazamientos, los cuales pueden conducirla al colapso.

El registro de vibraciones generadas por ruido ambiental, fueron procesadas por el Software COMPASS 2014, arreglando la línea base de los espectros de los acelerogramas, posteriormente a partir de datos de frecuencia obtenidos por el software GEOPSY 3.4.2, se convierte a Periodo con la siguiente formula:

$$T = \frac{1}{f}$$

f = frecuencia

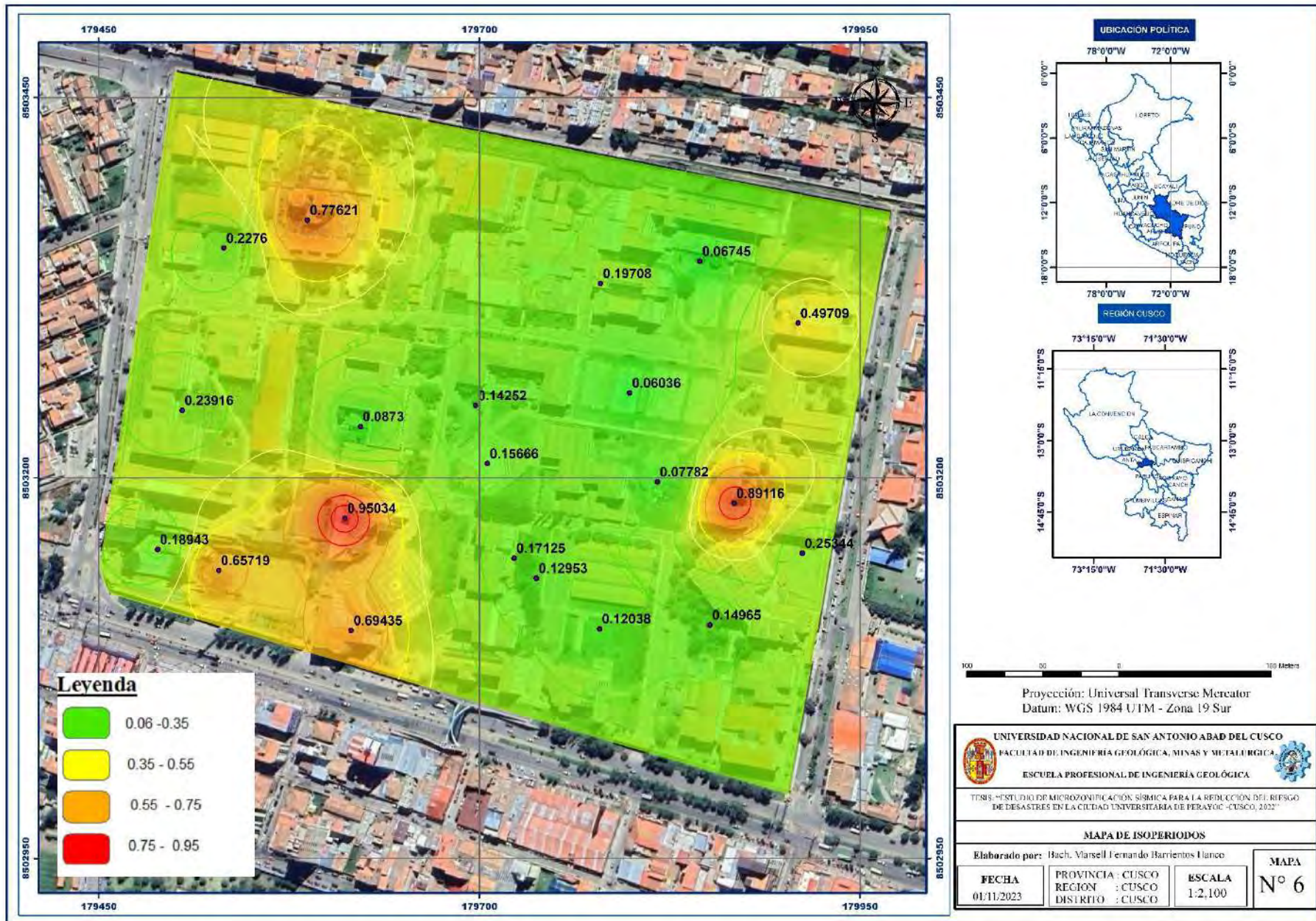
T = Periodo

Con esta información georreferenciada, se obtuvo el mapa de isoperíodos para la ciudad universitaria de Perayoc en el software ArcMap 10.5

TABLA N° 25. Categorización de niveles de periodos

MAPA DE ISO PERÍODOS	
Zonas	Periodos (seg)
Bajo	Menor a 0.35
Medio	0.35 – 0.55
Alto	0.55 – 0.75
Muy Alto	Mayor a 0.75

“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”



7.5.MAPA DE ISOAMPLIFICACIONES

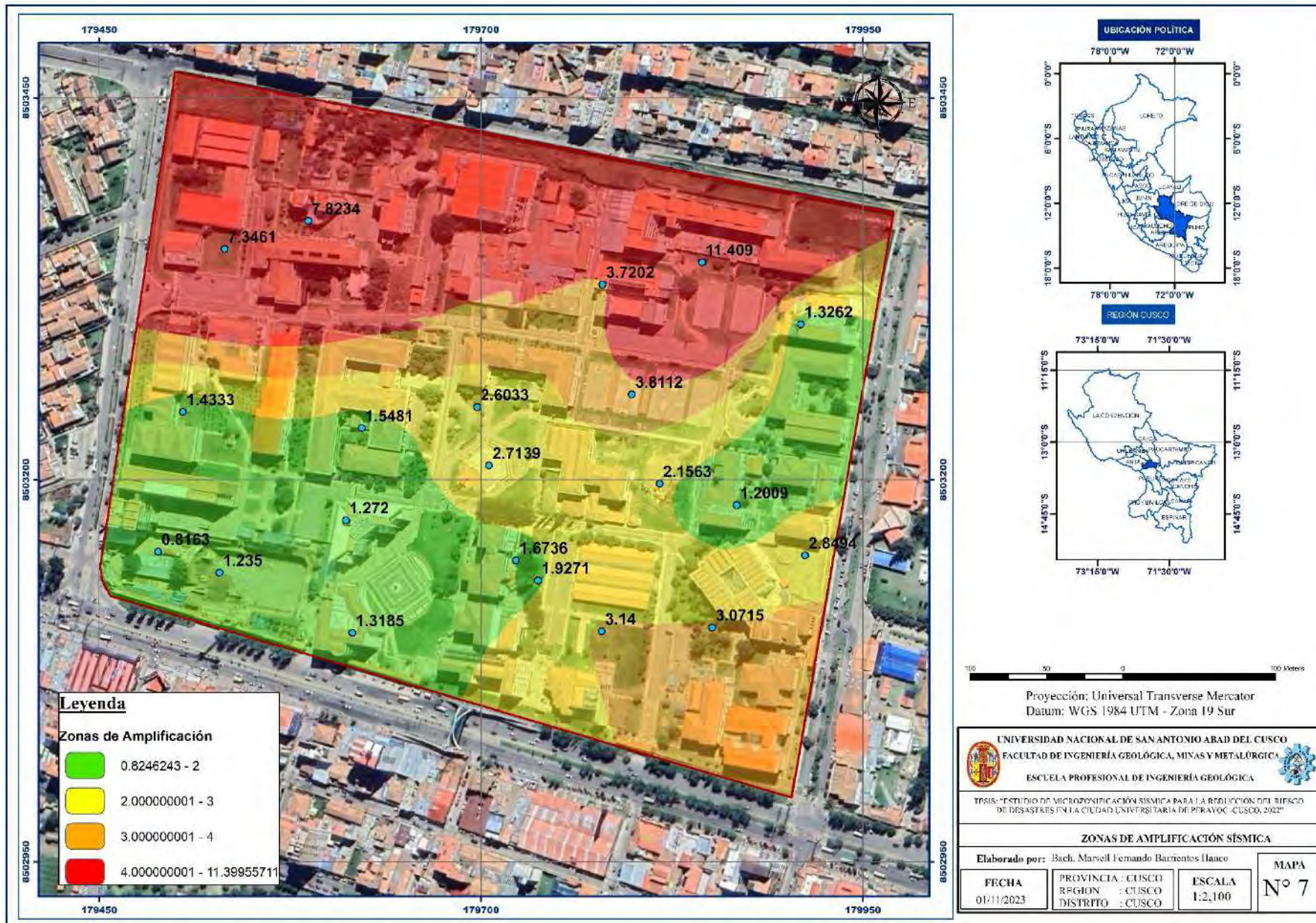
El registro de vibraciones generadas ruido ambiental, fueron procesado en los softwares correspondientes, a partir de los cuales obtuvimos los datos de amplificación sísmica. Con esta información georreferenciada, se obtuvo el mapa de Isoamplificaciones para la ciudad universitaria de Perayoc mediante el software ArcMap 10.5.

El mapa de Isoamplificaciones tiene valores entre 0.8246 y 11.3 veces, mostrando la heterogeneidad y rigidez de los suelos de la ciudad universitaria. Se dividió la ciudad universitaria en 4 zonas de amplificación sísmica presentados a continuación.

TABLA N° 26. Categorización de niveles de amplificaciones

MAPA DE ISOAMPLIFICACION	
Zonas	Amplificación (veces)
Bajo	Menor a 2 vez
Intermedio	3 veces
Moderado	4 veces
Severo	5 veces

“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE PERAYOC - CUSCO, 2022”



CONCLUSIONES

1. El estudio es una microzonificación sísmica de la ciudad universitaria de Perayoc del Cusco, ha definido 4 zonas delimitadas mediante sus características sísmicas, la delimitación se apoya en los softwares Compass y Geopsy.
2. La litología predominante en la zona de estudio (rocas y suelos) han sido agrupados en dos unidades principales:
 - Grupo San Sebastián, unidad litológica más somera que predomina en el proceso de microzonificación, definiendo con mayor impacto las características sísmicas de cada zona delimitada.
 - Grupo Pumamarca, unidad litológica que determina la delimitación del fondo del valle e impacta de menor manera la microzonificación.
3. Mediante el mapa de Isoperíodos podemos concluir que en las áreas correspondientes a las escuelas profesionales de Ingeniería Geológica, Turismo y la edificación de SINDUC, son las áreas que presenta un mayor periodo predominante y por consiguientes áreas de mayor vulnerabilidad frente a un evento sísmico.
4. Mediante el mapa de Isoamplificaciones podemos concluir que las edificaciones en la zona norte de la ciudad universitaria correspondientes las escuelas profesionales de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Civil, Derecho, Pabellón de CEPRU y SINDUC, presenta una mayor amplificación sísmica, llegando a tener valores mayores a 4 veces.
5. La resonancia estructural de las edificaciones no tiene impacto significativo debido a que las vibraciones ambientales del suelo y de las estructuras presenta periodos predominantes diferentes.

RECOMENDACIONES

1. La zona 4 de mayor índice de vulnerabilidad estructural requiere de acciones que mejoren su desgaste en el tiempo y un colapso futuro, dentro de las acciones tenemos.
 - a. Refuerzo en la estructura principal de las siguientes edificaciones: Pabellón Escuela Profesional de Química, Pabellón de la Biblioteca Central y Pabellón de CEPRU.
 - b. Disminución del tránsito de personas en los pabellones de la zona 4, a fin de disminuir la vibración antrópica generado en horas pico de uso de las instalaciones.

2. Mejoramiento de cimentaciones en la zona norte de la ciudad universitaria de Perayoc, debido a que se encuentra en la zona más crítica según la medición de parámetros geofísicos sísmicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aedo, J. &. (1993). Peligro sísmico en el Perú. Lima - Perú.
- Alfaro, A. Estimación de Períodos Predominantes de los Suelos de Barcelona a partir de Microtremors, Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 1997, Informe ICC No. GS091-97.
- Alva J., G. V. (1984). Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú. Tacna - Perú.
- Alva J. (2003). Avances en la Microzonificación Sísmica de Lima, Perú.
- Bermúdez, Luis & Franco, Samuel & Martínez, (2002). Cálculo del período fundamental del suelo como herramienta para la microzonificación sísmica: casos colombianos.
- Cismid. (1992). Obras Civiles en nuestro País. Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica.
- Chávez O. (1986), "Amplificación Sísmica en Algunas Ciudades del Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, UNI, Lima.
- Daza H. (1960) “Contribución al Estudio de los Sismos en Arequipa”, Tesis de Bachiller, Facultad de Geología, UNSA, Arequipa.
- García, A. P. (2012). Ocurrencias de grandes sismos. México: Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- Huamán C. (1990), "Microzonificación Sísmica de La Punta y El Callao”, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, UNI, Lima.
- Kuroiwa J. (1979) “Aspectos Ingenieriles del Sismo de Majes, Arequipa, del 16 de febrero de 1979”, Boletín N° 1 de la Asociación Peruana de Ingeniería Sísmica, pp. 13-43, Lima.
- Norma Técnica, E. 030 “Diseño Sismorresistente” del RNE. Decreto supremo n003-2016-vivienda. Perú. DS-003-2016.Vivienda peruana.

Ojeda, A. “Periodos de Vibración Dominantes en suelos de Santafé de Bogotá a Partir de Microtrepidaciones”. Tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., 1996.

Ordaz, M., Jara, J. and Singh, K. S., 1989, Riesgo sísmico y espectros de diseño en el Estado de Guerrero, Memoria del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, México, D40-D56.

Rocabado. (2011). Relación entre período del suelo y profundidad de los sedimentos para la ciudad de caracas, Venezuela.

Silgado E. (1978), “Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974)”, Instituto de Geología y Minería, boletín N°3, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú. (E., 1978)

ANEXOS

A. PROCESAMIENTO DE PUNTOS MEDIANTE SOFTWARE

PUNTO 01: TERRENO SINDUC

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 351	179 532

TIEMPO DE ESPECTRO

22 min. 14 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 14:00:00.000000	2022-11-04 14:22:14.145000	200	0.005	266829	22m14.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 14:00:00.000000	2022-11-04 14:22:14.145000	200	0.005	266829	22m14.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 14:00:00.000000	2022-11-04 14:22:14.145000	200	0.005	266829	22m14.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO SÍSMICO

18 Ventanas de 40 seg. por canal

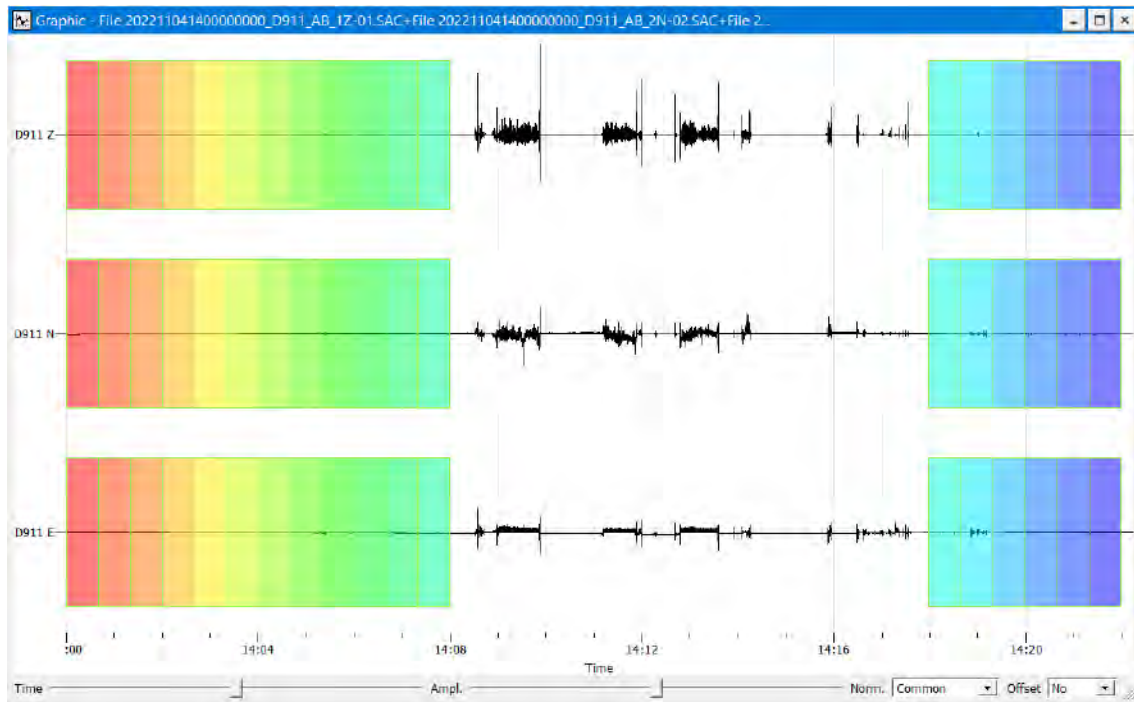
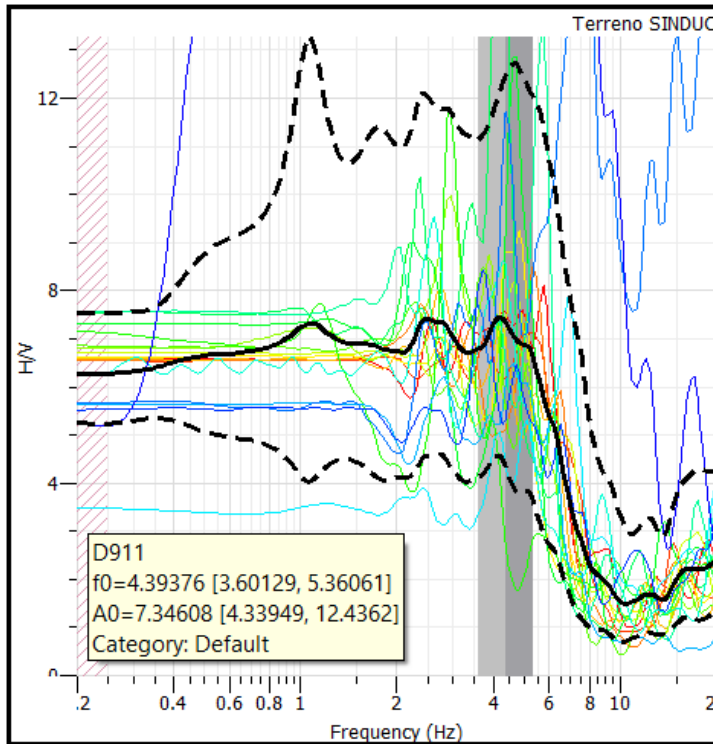


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

4.39376

Periodo (T)

0.22760

Amplificación (A_0)

7.34608

PUNTO 02: INGENIERÍA CIVIL – PRIMER NIVEL

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 369	179 587

TIEMPO DE ESPECTRO

29 min. 59 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 15:30:00.000000	2022-11-04 15:59:59.995000	200	0.005	359999	29m59.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 15:30:00.000000	2022-11-04 15:59:59.995000	200	0.005	359999	29m59.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 15:30:00.000000	2022-11-04 15:59:59.995000	200	0.005	359999	29m59.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

27 Ventanas de 40 seg. por canal

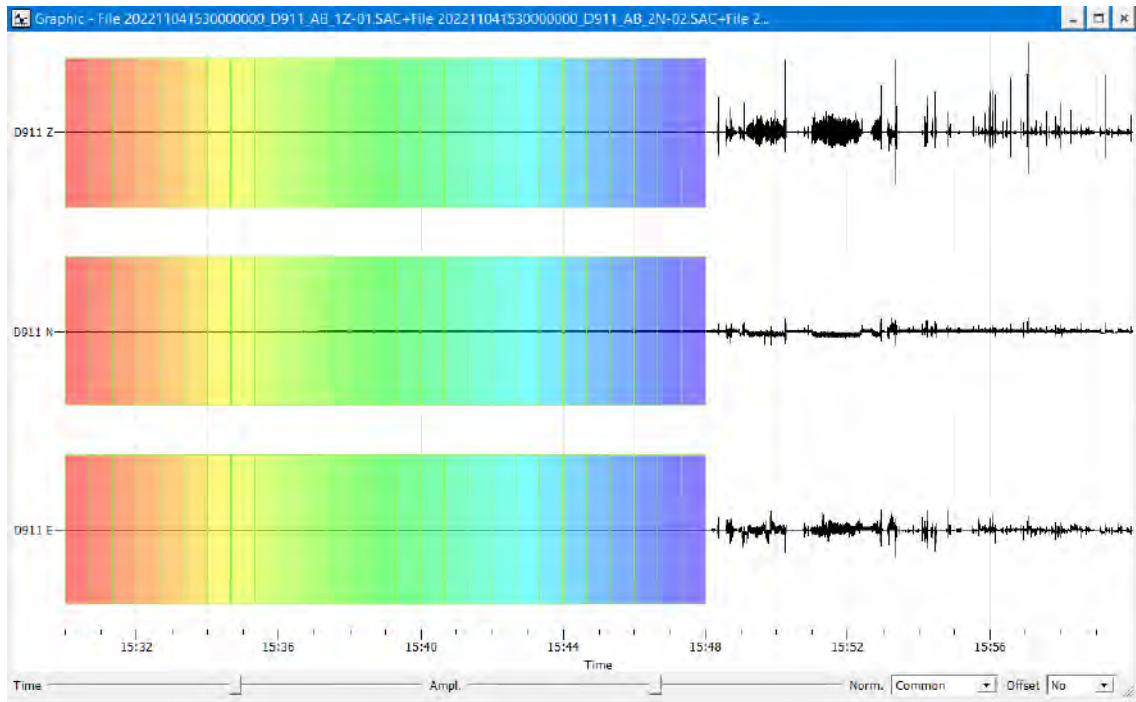
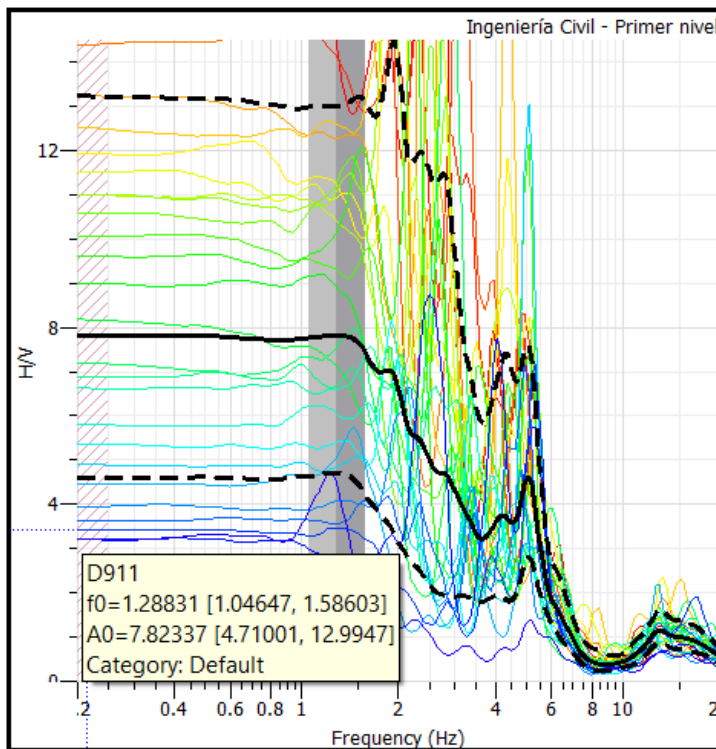


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

1.28831

Periodo (T)

0.77621

Amplificación (A_0)

7.82337

PUNTO 03: INGENIERÍA CIVIL – Tercer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 369	179 587

TIEMPO DE ESPECTRO

23 min. 49 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 16:06:10.000000	2022-11-04 16:29:59.995000	200	0.005	285999	23m49.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 16:06:10.000000	2022-11-04 16:29:59.995000	200	0.005	285999	23m49.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 16:06:10.000000	2022-11-04 16:29:59.995000	200	0.005	285999	23m49.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

30 Ventanas de 40 seg. por canal

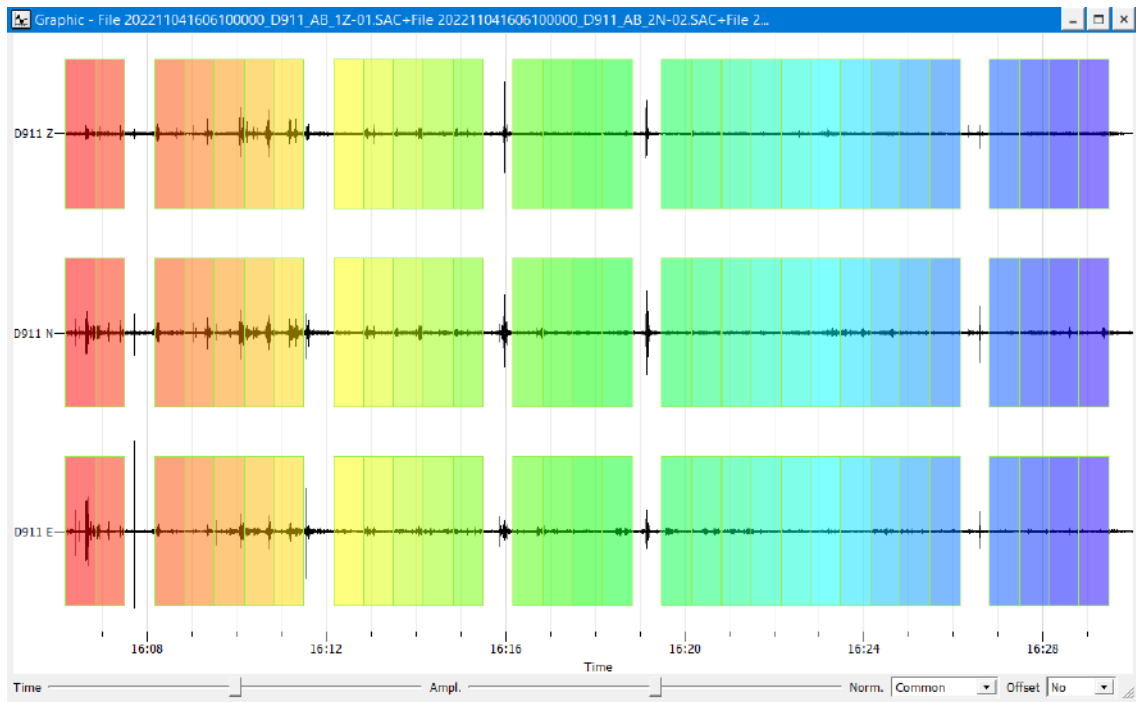
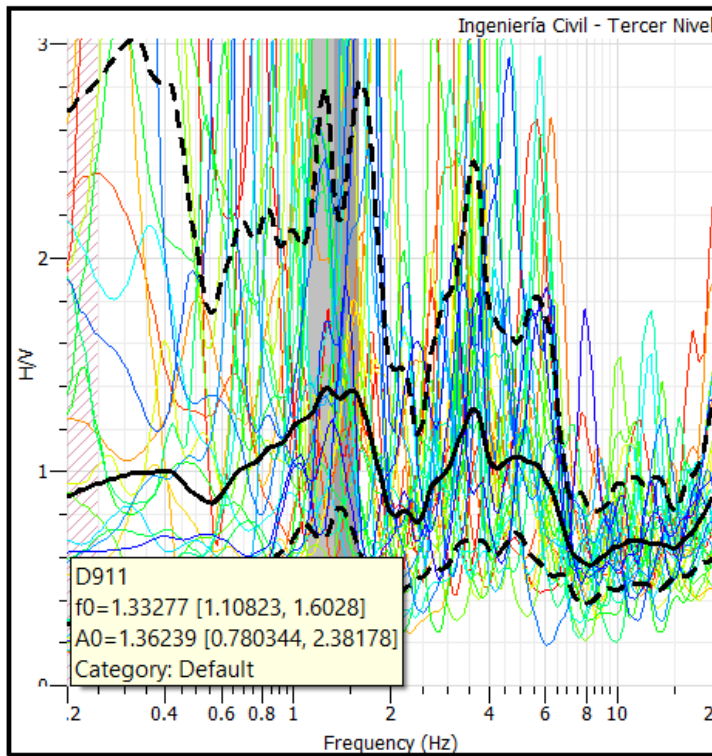


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

1.33277

Periodo (T)

0.75032

Amplificación (A_0)

1.36239

PUNTO 04: DERECHO – Primer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 327	179 779

TIEMPO DE ESPECTRO

21 min. 8 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 17:00:00.000000	2022-11-04 17:21:08.145000	200	0.005	253629	21m8.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 17:00:00.000000	2022-11-04 17:21:08.145000	200	0.005	253629	21m8.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 17:00:00.000000	2022-11-04 17:21:08.145000	200	0.005	253629	21m8.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO

31 Ventanas de 40 seg. por canal

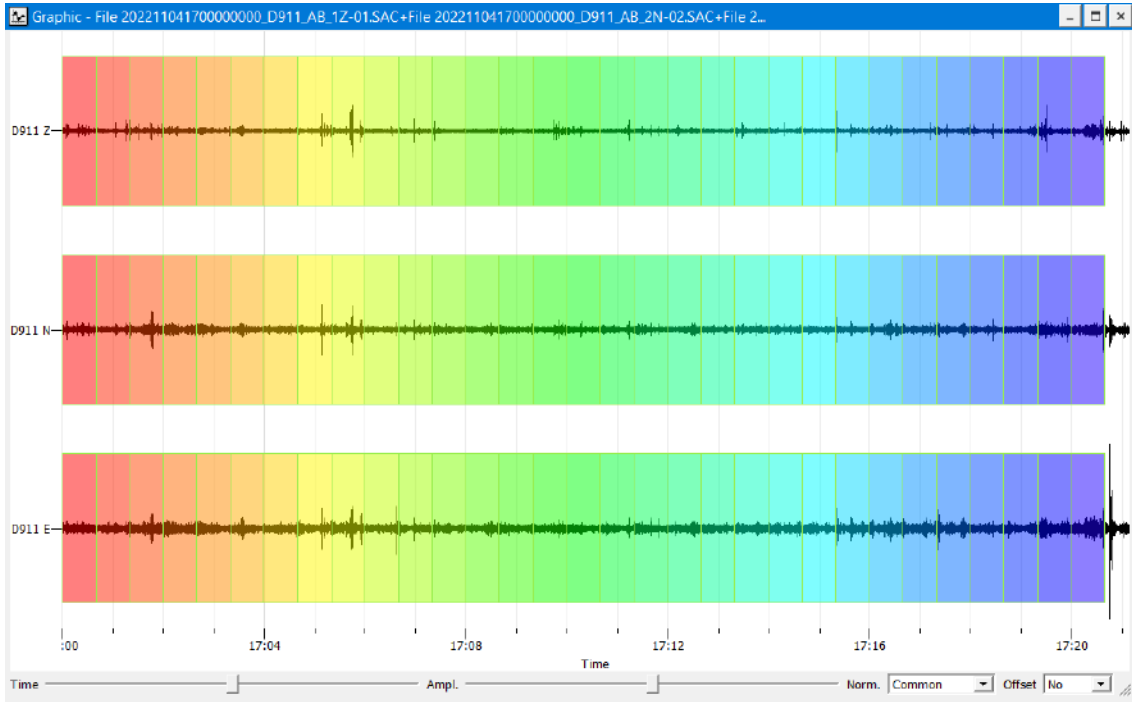
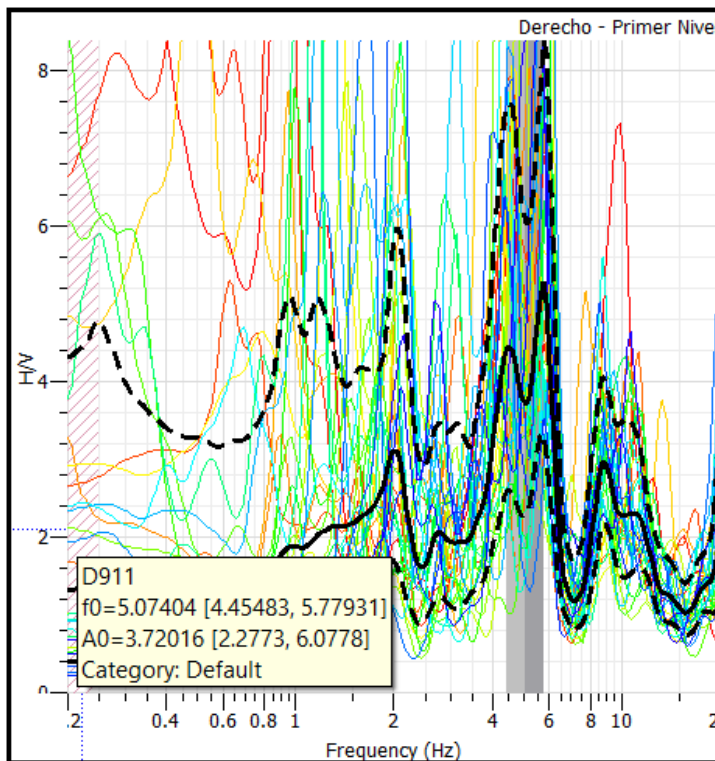


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

5.07404

Periodo (T)

0.19708

Amplificación (A_0)

3.72016

PUNTO 05: DERECHO - Tercer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 327	179 779

TIEMPO DE ESPECTRO

26 min. 41 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 18:30:00.000000	2022-11-04 18:56:41.145000	200	0.005	320229	26m41.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 18:30:00.000000	2022-11-04 18:56:41.145000	200	0.005	320229	26m41.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 18:30:00.000000	2022-11-04 18:56:41.145000	200	0.005	320229	26m41.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO

35 Ventanas de 40 seg. por canal

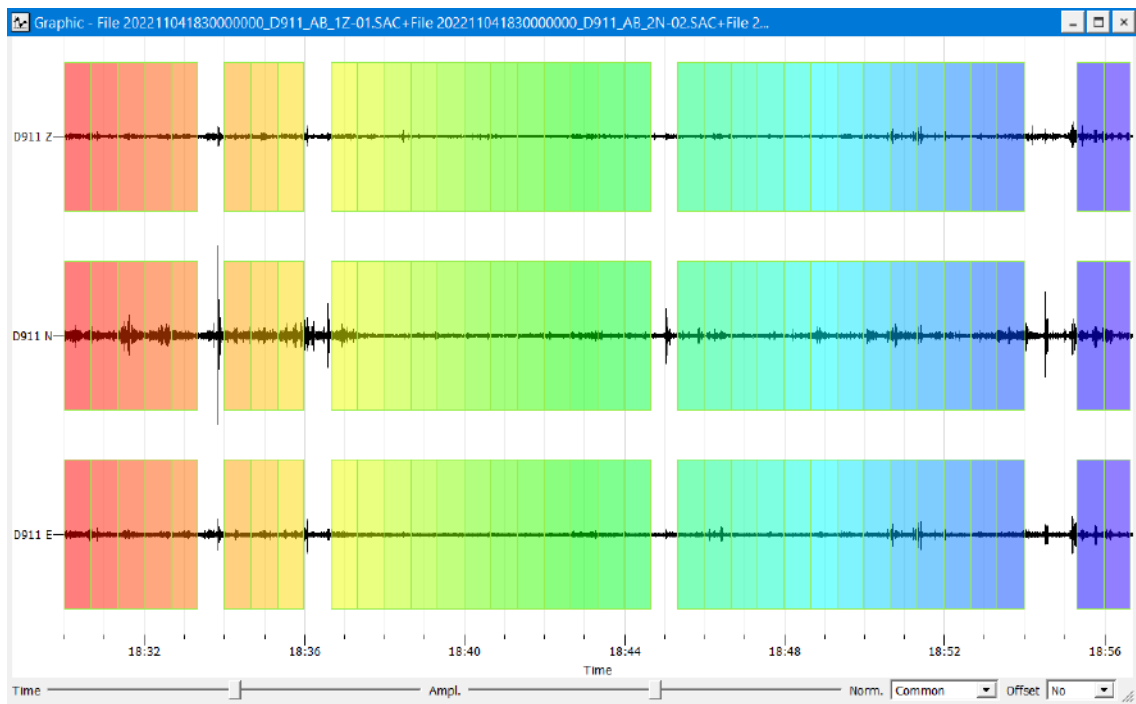
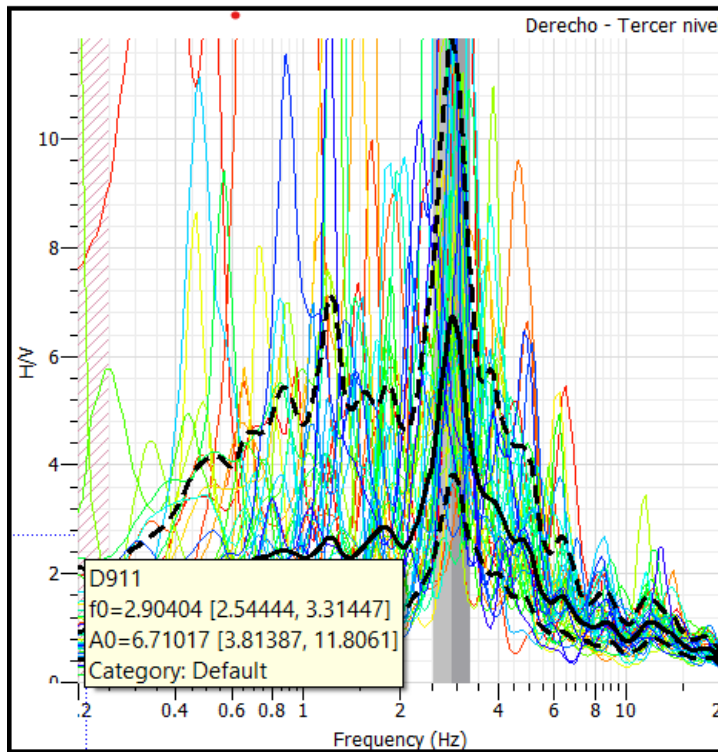


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

2.90404

Periodo (T)

0.34435

Amplificación (A_0)

6.71017

PUNTO 06: FRONTIS CEPRU – Primer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 342	179 844

TIEMPO DE ESPECTRO

25 min. 21 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 22:04:38.000000	2022-11-06 22:29:59.995000	200	0.005	304399	25m21.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 22:04:38.000000	2022-11-06 22:29:59.995000	200	0.005	304399	25m21.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 22:04:38.000000	2022-11-06 22:29:59.995000	200	0.005	304399	25m21.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

36 Ventanas de 40 seg. por canal

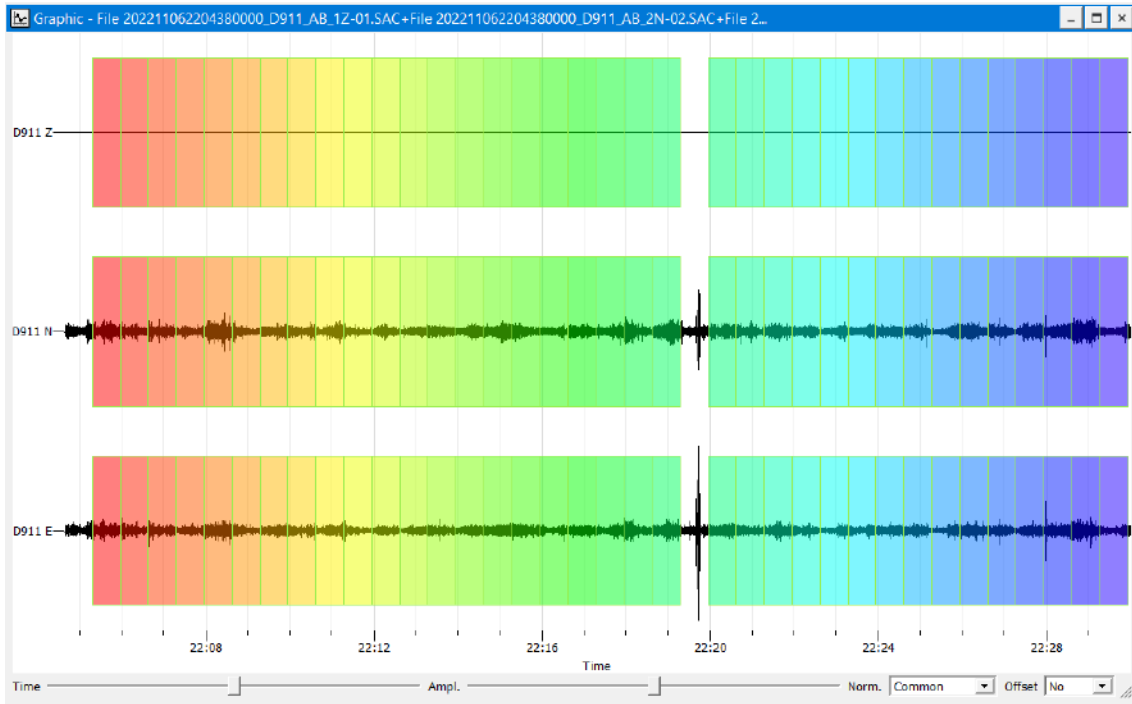
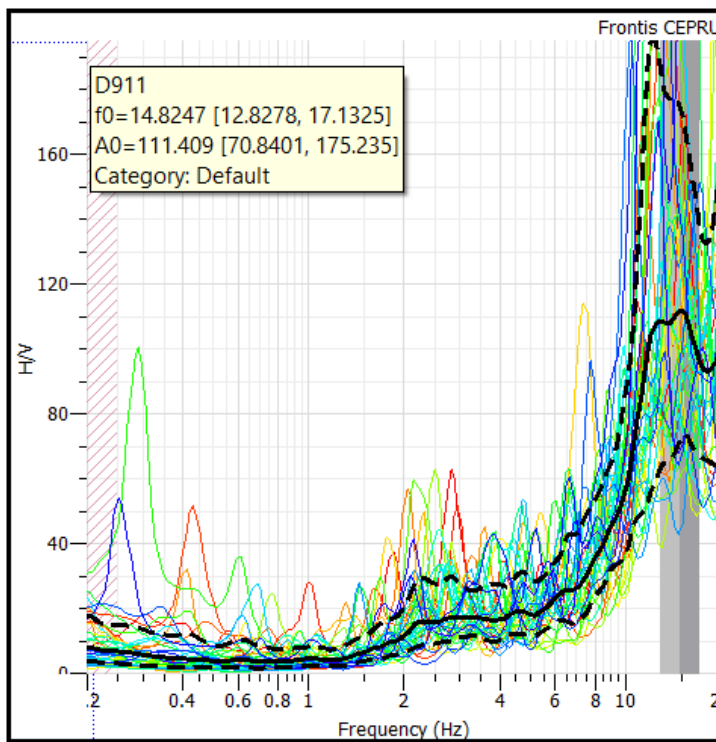


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

14.82470

Periodo (T)

0.06745

Amplificación (A_0)

11.4090

PUNTO 07: INGENIERÍA ELECTRÓNICA - Primer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 301	179 909

TIEMPO DE ESPECTRO

18 min. 13 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-05 22:30:00.000000	2022-11-05 22:48:13.145000	200	0.005	218629	18m13.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-05 22:30:00.000000	2022-11-05 22:48:13.145000	200	0.005	218629	18m13.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-05 22:30:00.000000	2022-11-05 22:48:13.145000	200	0.005	218629	18m13.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO

26 Ventanas de 40 seg. por canal

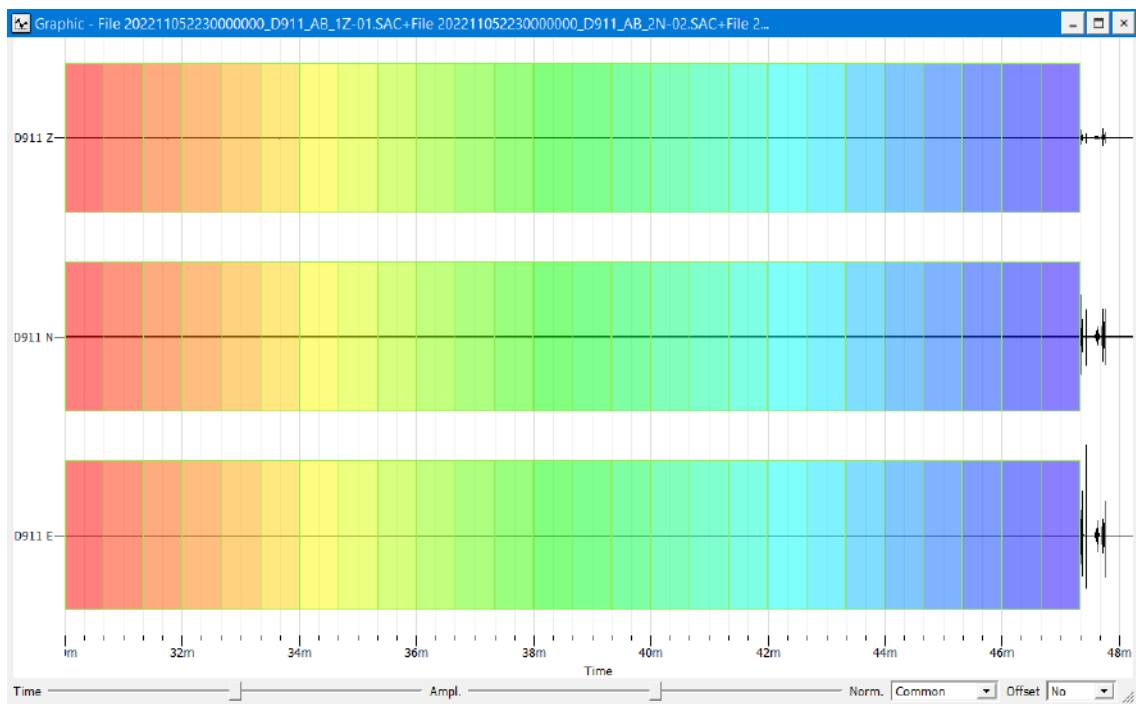
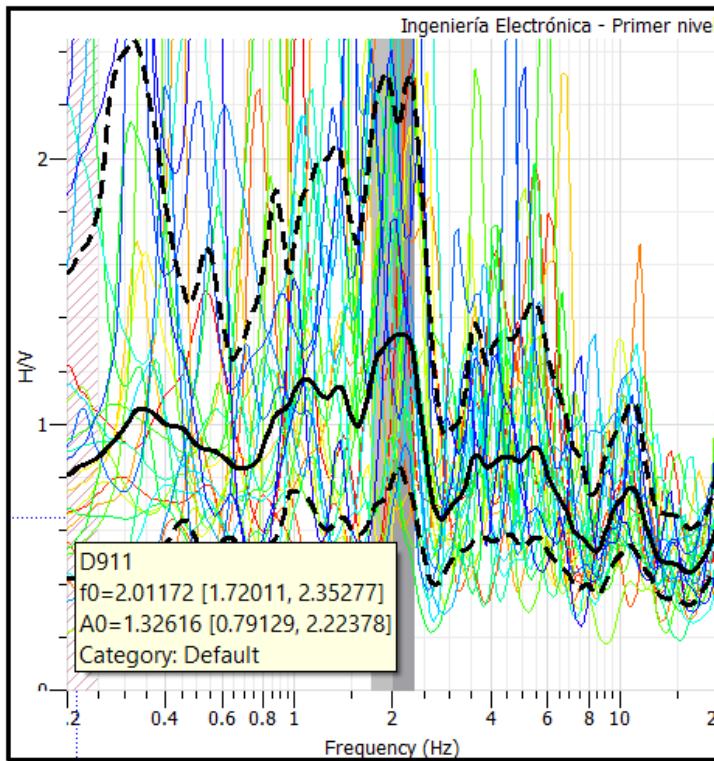


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

2.01172

Periodo (T)

0.49709

Amplificación (A_0)

1.32616

PUNTO 08: INGENIERÍA ELECTRÓNICA - Quinto nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 301	179 909

TIEMPO DE ESPECTRO

27 min. 52 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y	
1	4	D911	Vertical	2022-11-05 23:00:00.000000	2022-11-05 23:27:52.145000	200	0.005	334429	27m52.145000s	-12345	-12345
2	5	D911	North	2022-11-05 23:00:00.000000	2022-11-05 23:27:52.145000	200	0.005	334429	27m52.145000s	-12345	-12345
3	6	D911	East	2022-11-05 23:00:00.000000	2022-11-05 23:27:52.145000	200	0.005	334429	27m52.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO

41 Ventanas de 40 seg. por canal

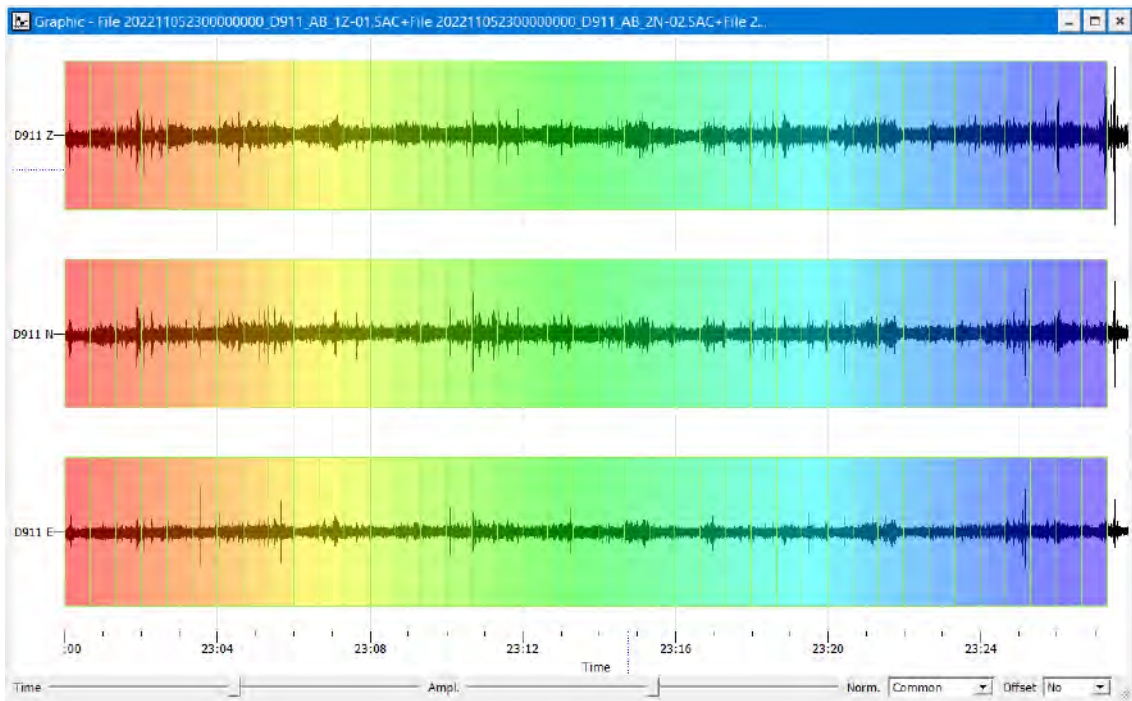
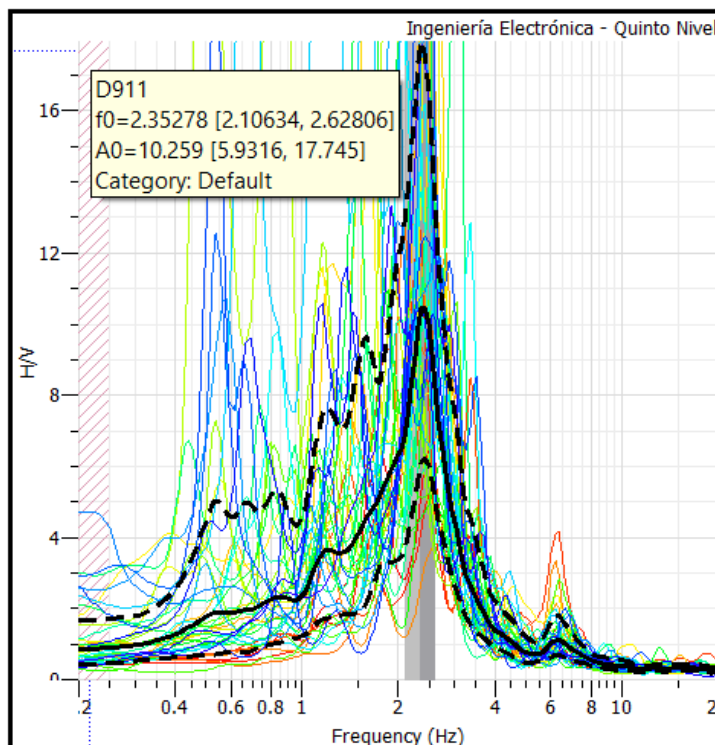


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

2.35278

Periodo (T)

0.42503

Amplificación (A_0)

10.2590

PUNTO 09: INGENIERÍA QUÍMICA – Primer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 244	179 504

TIEMPO DE ESPECTRO

22 min. 21 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 14:37:38.000000	2022-11-04 14:59:59.995000	200	0.005	268399	22m21.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 14:37:38.000000	2022-11-04 14:59:59.995000	200	0.005	268399	22m21.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 14:37:38.000000	2022-11-04 14:59:59.995000	200	0.005	268399	22m21.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

32 Ventanas de 40 seg. por canal

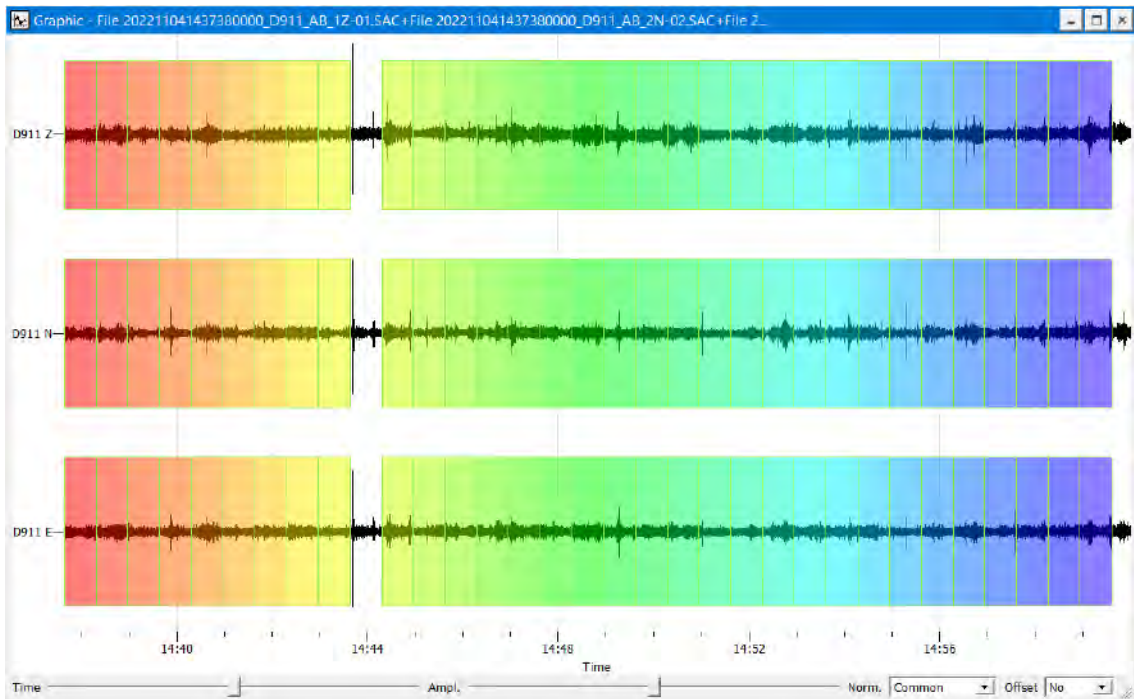
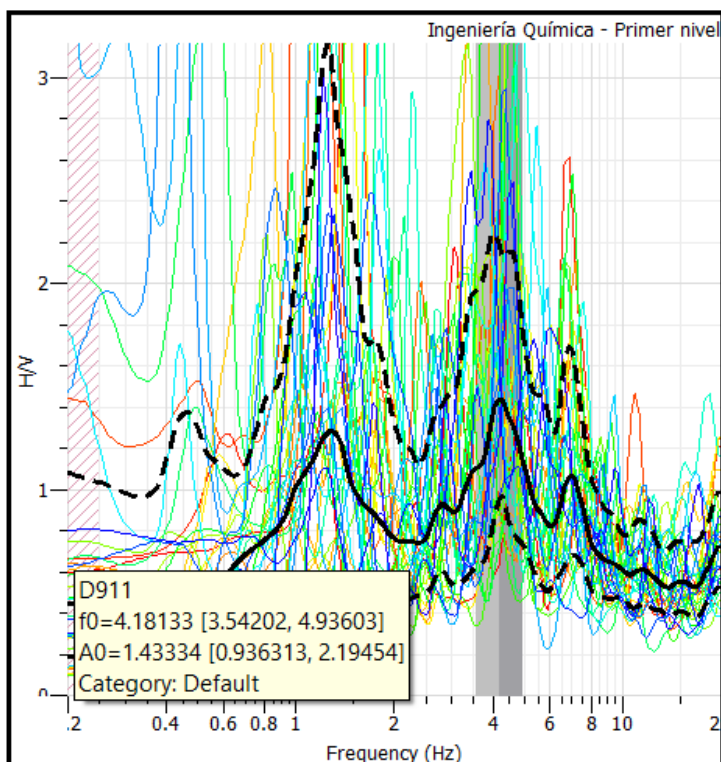


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

4.18133

Periodo (T)

0.23916

Amplificación (A_0)

1.43334

PUNTO 10: INGENIERÍA QUÍMICA – Tercer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 244	179 504

TIEMPO DE ESPECTRO

10 min. 25 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-04 15:19:34.000000	2022-11-04 15:29:59.995000	200	0.005	125199	10m25.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-04 15:19:34.000000	2022-11-04 15:29:59.995000	200	0.005	125199	10m25.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-04 15:19:34.000000	2022-11-04 15:29:59.995000	200	0.005	125199	10m25.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

15 Ventanas de 40 seg. por canal

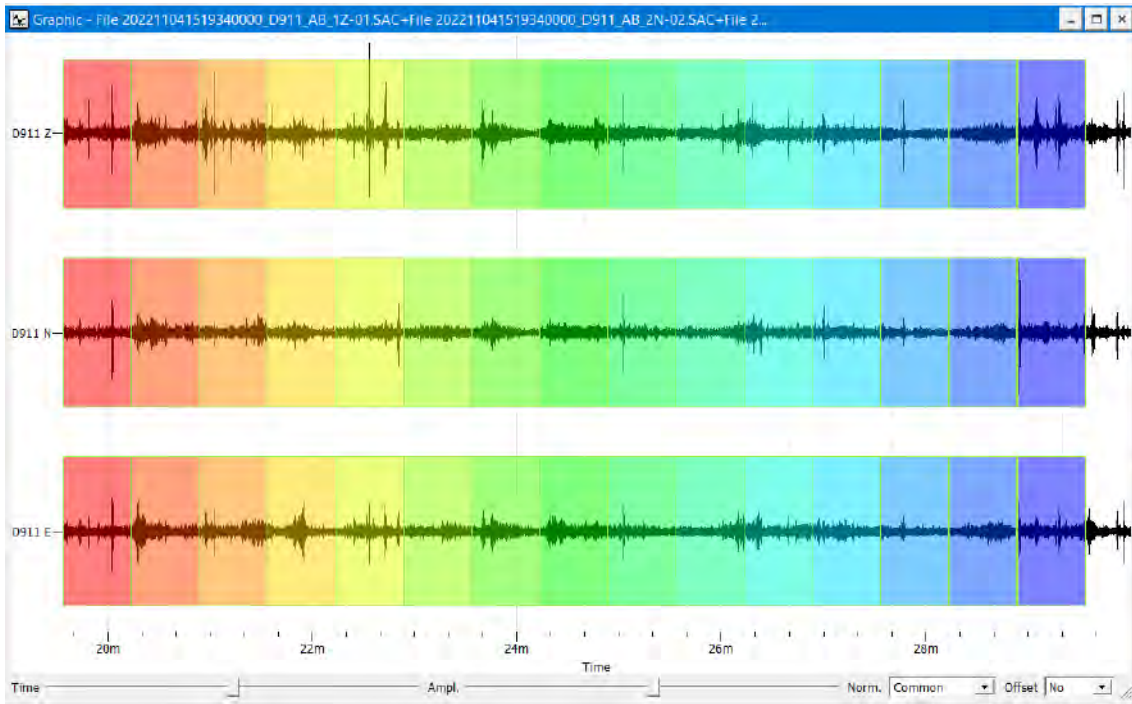
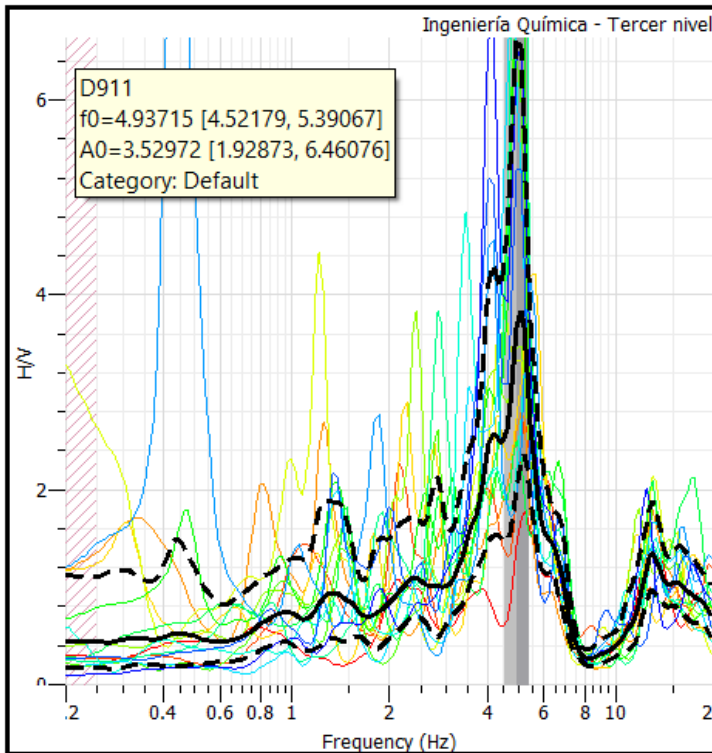


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

4.93715

Periodo (T)

0.20255

Amplificación (A_0)

3.52972

PUNTO 11: BIOLOGÍA – Primer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 233	179 621

TIEMPO DE ESPECTRO

19 min. 28 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 19:10:31.000000	2022-11-06 19:29:59.995000	200	0.005	233799	19m28.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 19:10:31.000000	2022-11-06 19:29:59.995000	200	0.005	233799	19m28.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 19:10:31.000000	2022-11-06 19:29:59.995000	200	0.005	233799	19m28.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

24 Ventanas de 40 seg. por canal

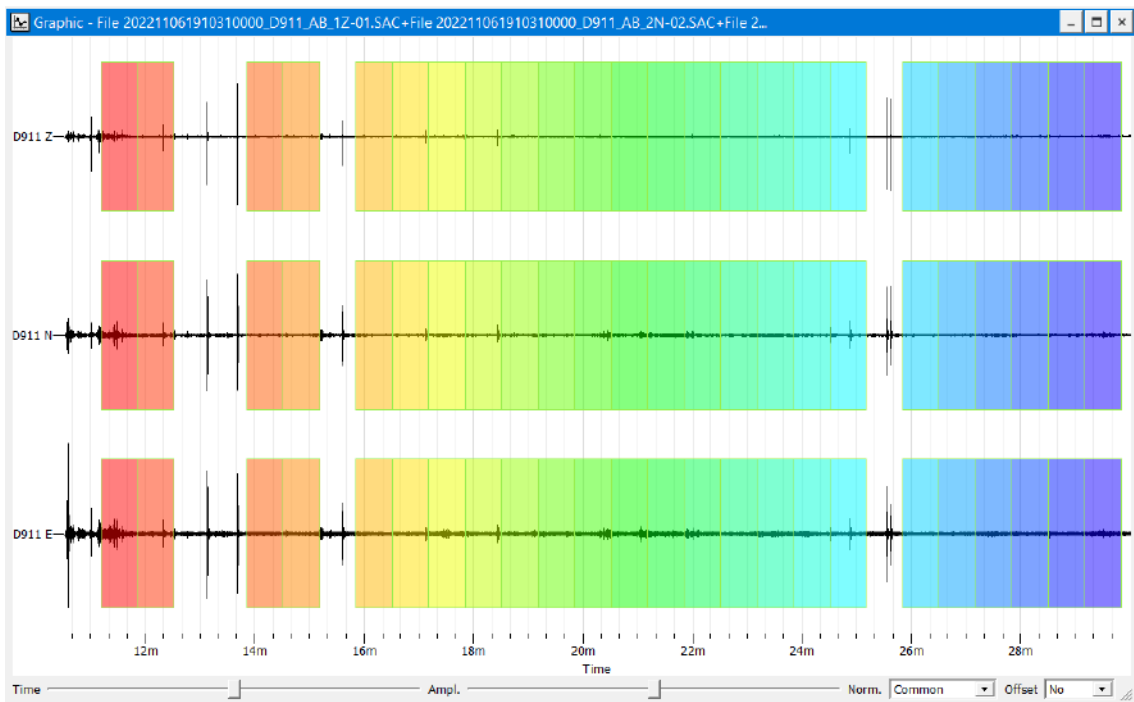
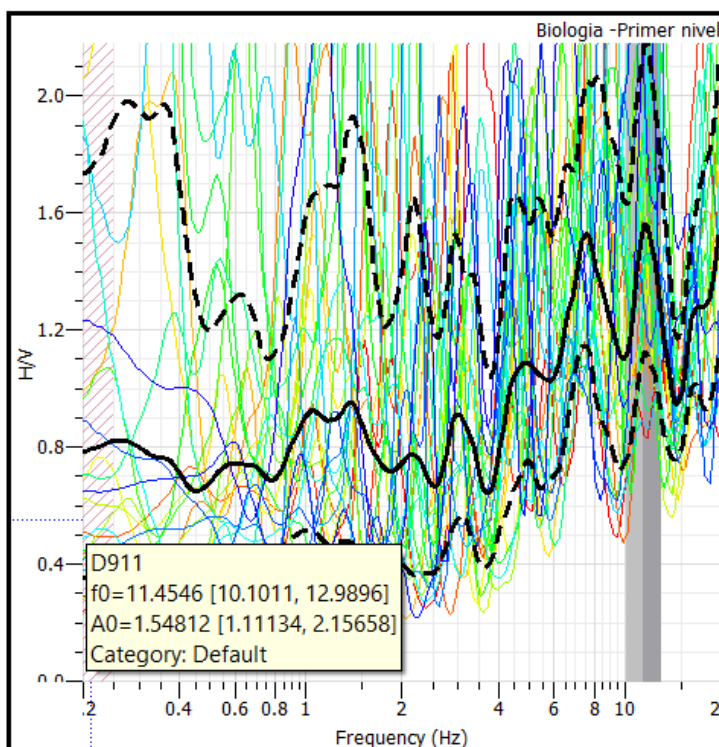


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

11.45460

Periodo (T)

0.08730

Amplificación (A_0)

1.54812

PUNTO 12: BIOLOGÍA – Tercer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 244	179 629

TIEMPO DE ESPECTRO

25 min. 27 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 18:30:00.000000	2022-11-06 18:55:27.035000	200	0.005	305407	25m27.035000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 18:30:00.000000	2022-11-06 18:55:27.035000	200	0.005	305407	25m27.035000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 18:30:00.000000	2022-11-06 18:55:27.035000	200	0.005	305407	25m27.035000s	-12345	-12345

ESPECTRO

35 Ventanas de 40 seg. por canal

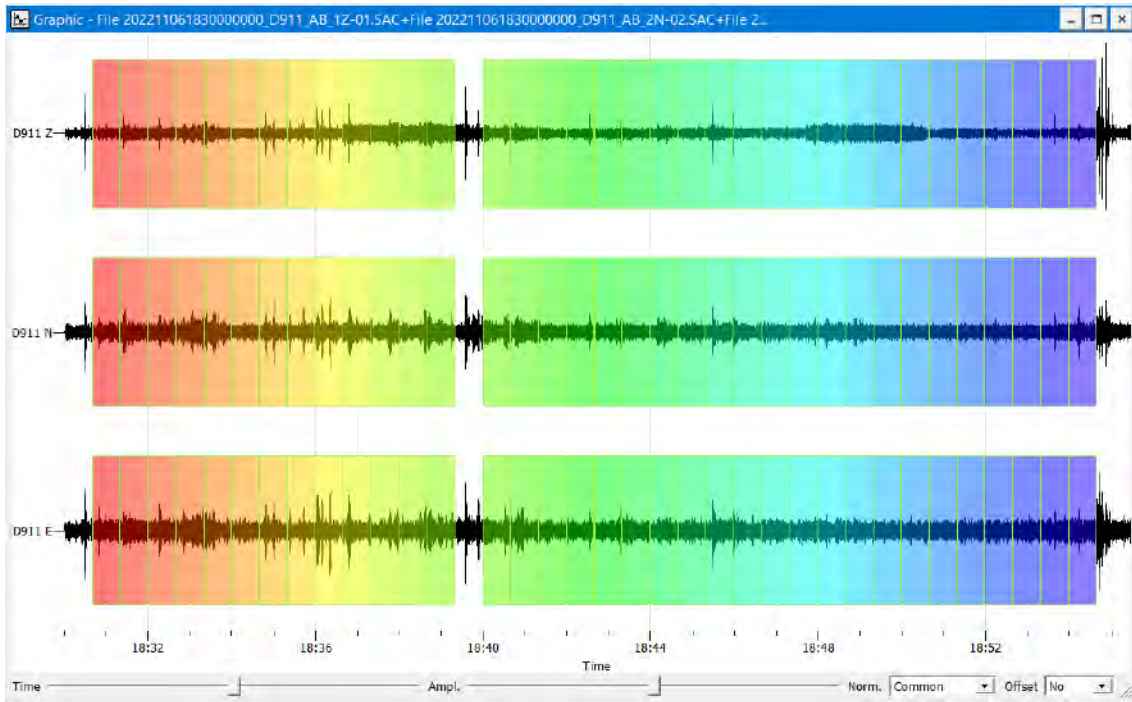
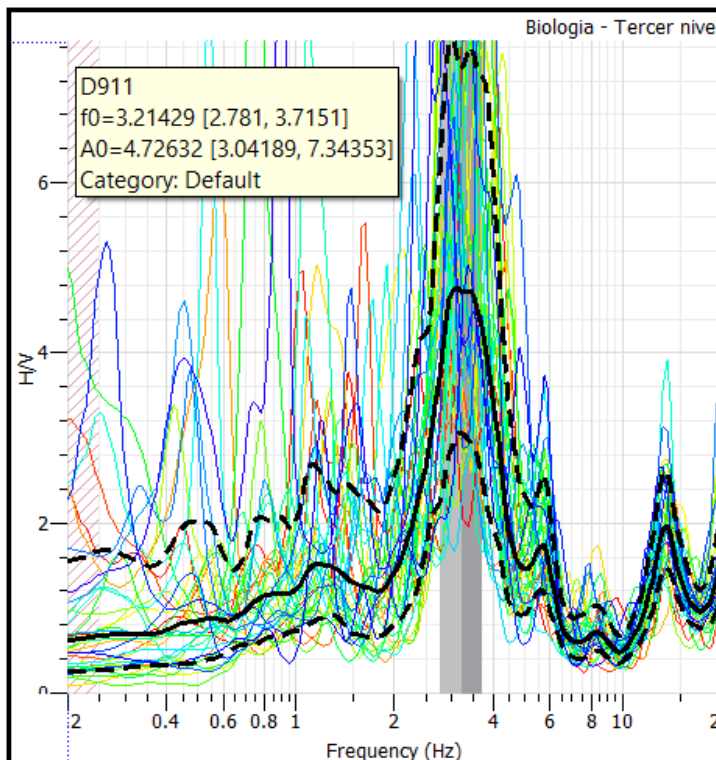


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

3.21429

Periodo (T)

0.31111

Amplificación (A_0)

4.72632

PUNTO 13: EDUCACIÓN - Primer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 247	179 697

TIEMPO DE ESPECTRO

15 min. 54 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 18:00:00.000000	2022-11-06 18:15:54.035000	200	0.005	190807	15m54.035000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 18:00:00.000000	2022-11-06 18:15:54.035000	200	0.005	190807	15m54.035000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 18:00:00.000000	2022-11-06 18:15:54.035000	200	0.005	190807	15m54.035000s	-12345	-12345

ESPECTRO

20 Ventanas de 40 seg. por canal

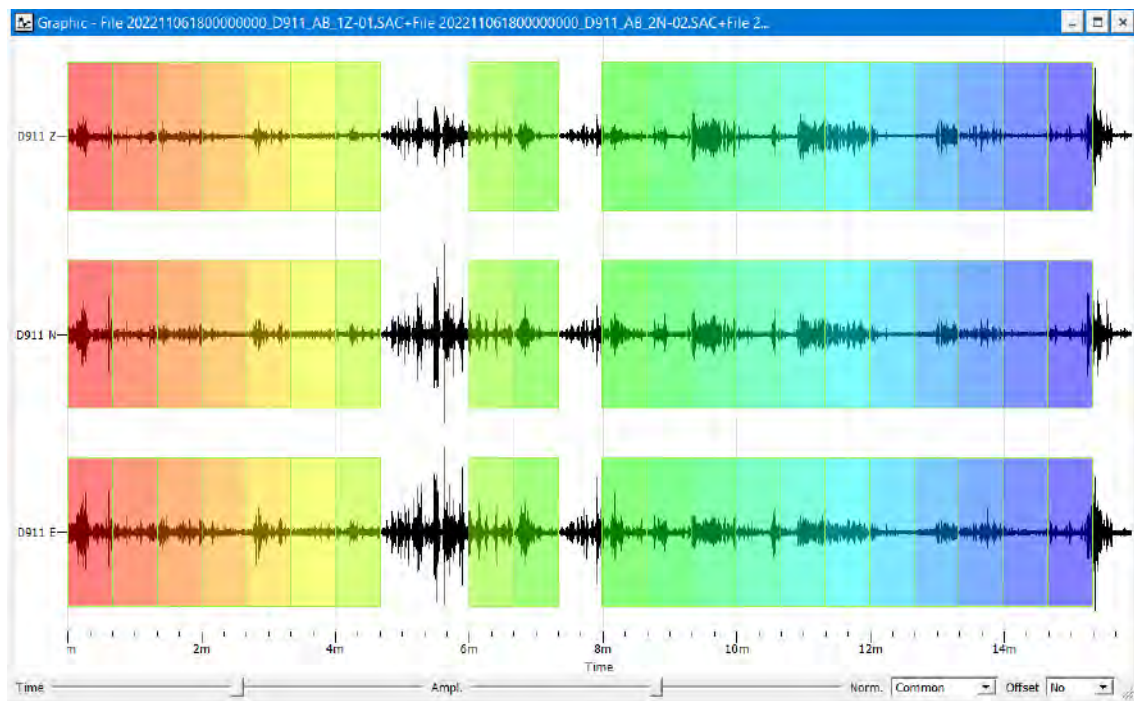
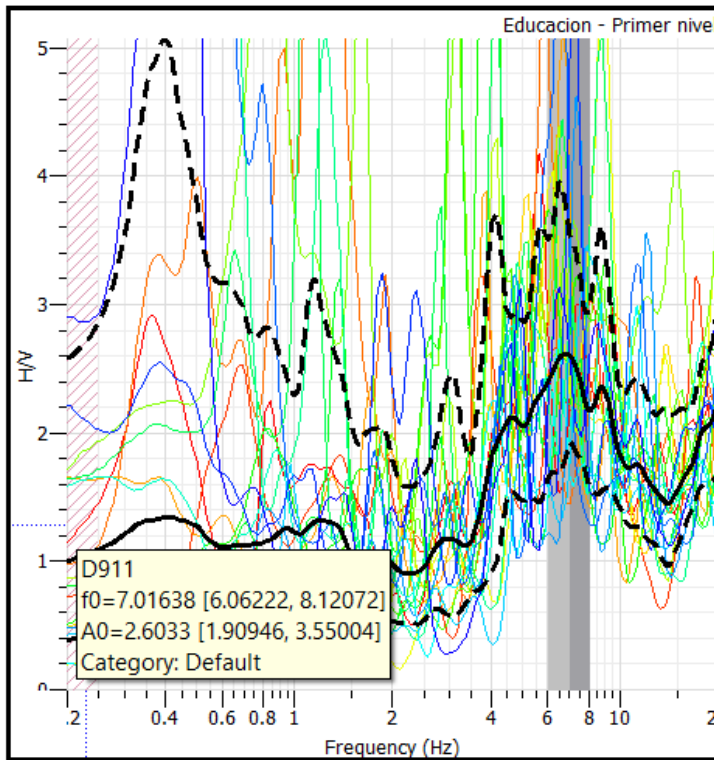


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

7.01638

Periodo (T)

0.14252

Amplificación (A_0)

2.60330

PUNTO 14: PLAZA TRICENTENARIO

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 209	179 705

TIEMPO DE ESPECTRO

22 min. 5 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	1	D911 Vertical	2022-11-06 16:00:00.000000	2022-11-06 16:22:05.955000	200	0.005	265191	22m5.955000s	-12345	-12345
2	2	D911 North	2022-11-06 16:00:00.000000	2022-11-06 16:22:05.955000	200	0.005	265191	22m5.955000s	-12345	-12345
3	3	D911 East	2022-11-06 16:00:00.000000	2022-11-06 16:22:05.955000	200	0.005	265191	22m5.955000s	-12345	-12345

ESPECTRO

29 Ventanas de 40 seg. por canal

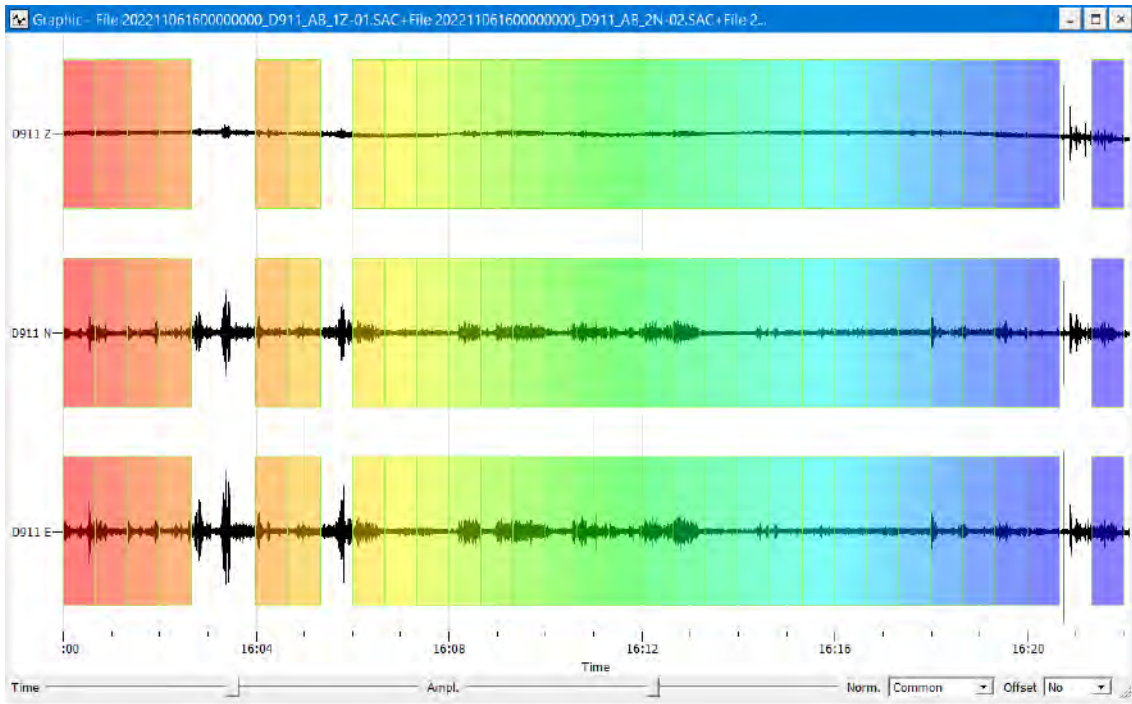
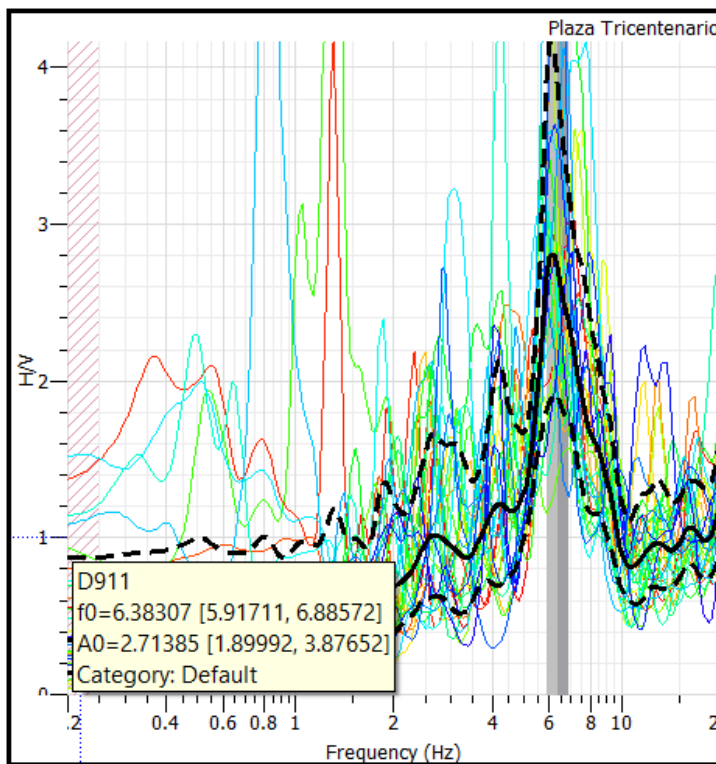


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

6.38307

Periodo (T)

0.15666

Amplificación (A_0)

2.71385

PUNTO 15: CANCHAS DEPORTIVAS UNSAAC

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 255	179 798

TIEMPO DE ESPECTRO

19 min. 14 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 21:30:00.000000	2022-11-06 21:49:14.035000	200	0.005	230807	19m14.035000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 21:30:00.000000	2022-11-06 21:49:14.035000	200	0.005	230807	19m14.035000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 21:30:00.000000	2022-11-06 21:49:14.035000	200	0.005	230807	19m14.035000s	-12345	-12345

ESPECTRO

23 Ventanas de 40 seg. por canal

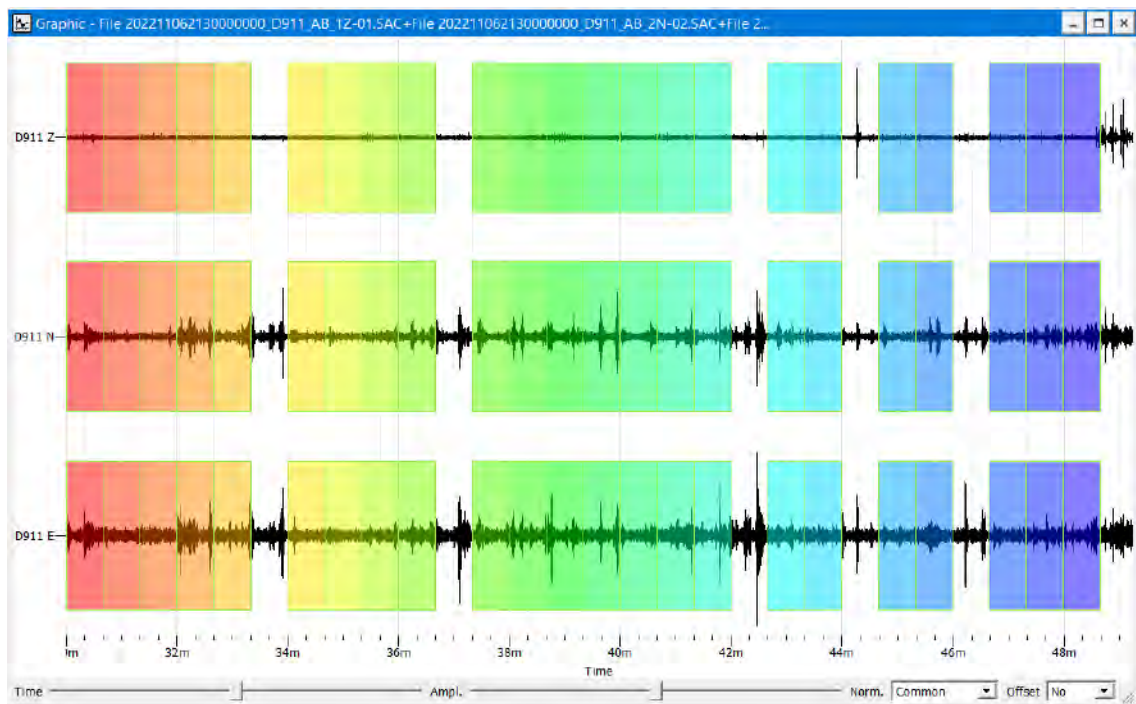
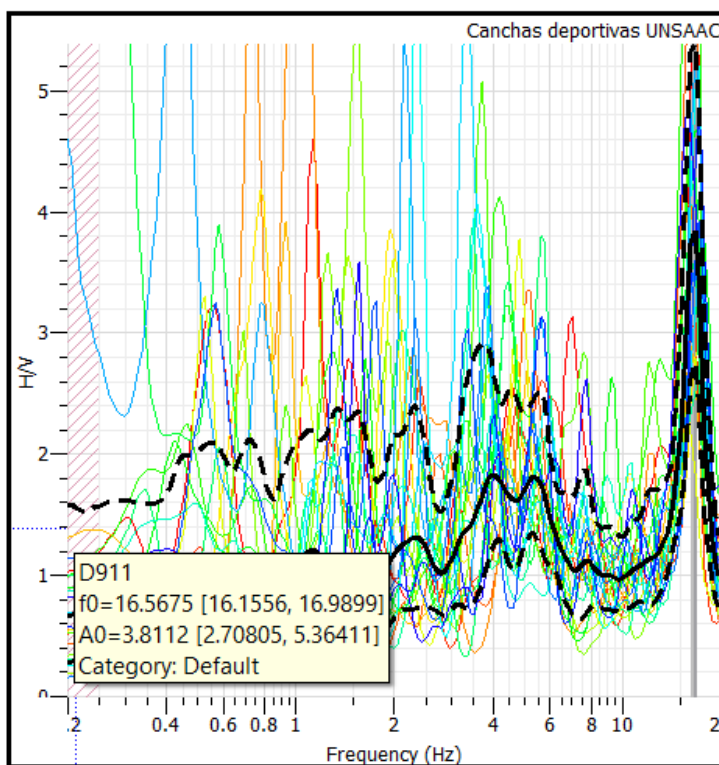


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

16.56750

Periodo (T)

0.06036

Amplificación (A_0)

3.81120

PUNTO 16: EXPLANADA BIBLIOTECA CENTRAL

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 197	179 817

TIEMPO DE ESPECTRO

23 min. 17 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 16:36:42.000000	2022-11-06 16:59:59.995000	200	0.005	279599	23m17.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 16:36:42.000000	2022-11-06 16:59:59.995000	200	0.005	279599	23m17.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 16:36:42.000000	2022-11-06 16:59:59.995000	200	0.005	279599	23m17.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

32 Ventanas de 40 seg. por canal

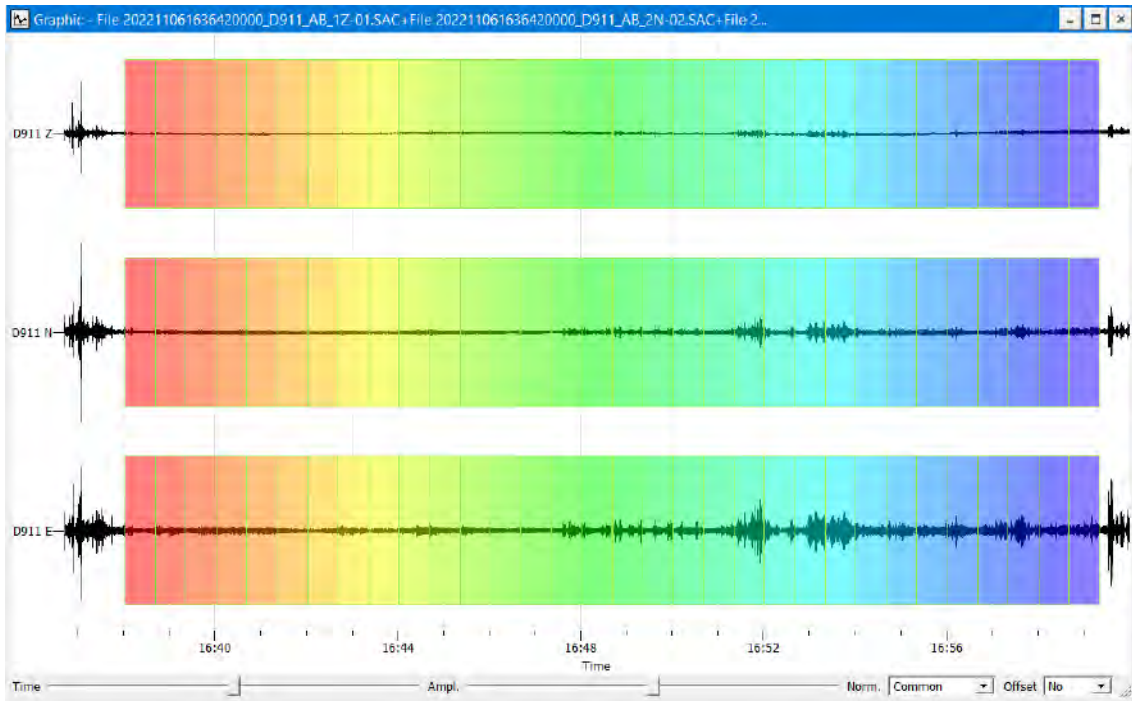
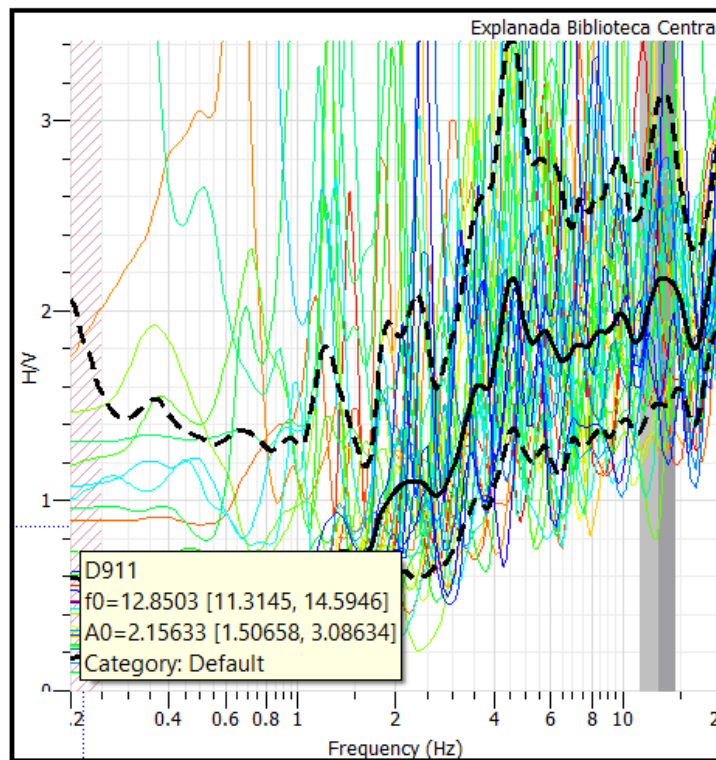


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

12.85030

Periodo (T)

0.07782

Amplificación (A_0)

2.15633

PUNTO 17: INGENIERÍA GEOLÓGICA – Primer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 183	179 867

TIEMPO DE ESPECTRO

23 min. 15 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-05 20:06:44.000000	2022-11-05 20:29:59.995000	200	0.005	279199	23m15.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-05 20:06:44.000000	2022-11-05 20:29:59.995000	200	0.005	279199	23m15.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-05 20:06:44.000000	2022-11-05 20:29:59.995000	200	0.005	279199	23m15.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

33 Ventanas de 40 seg. por canal

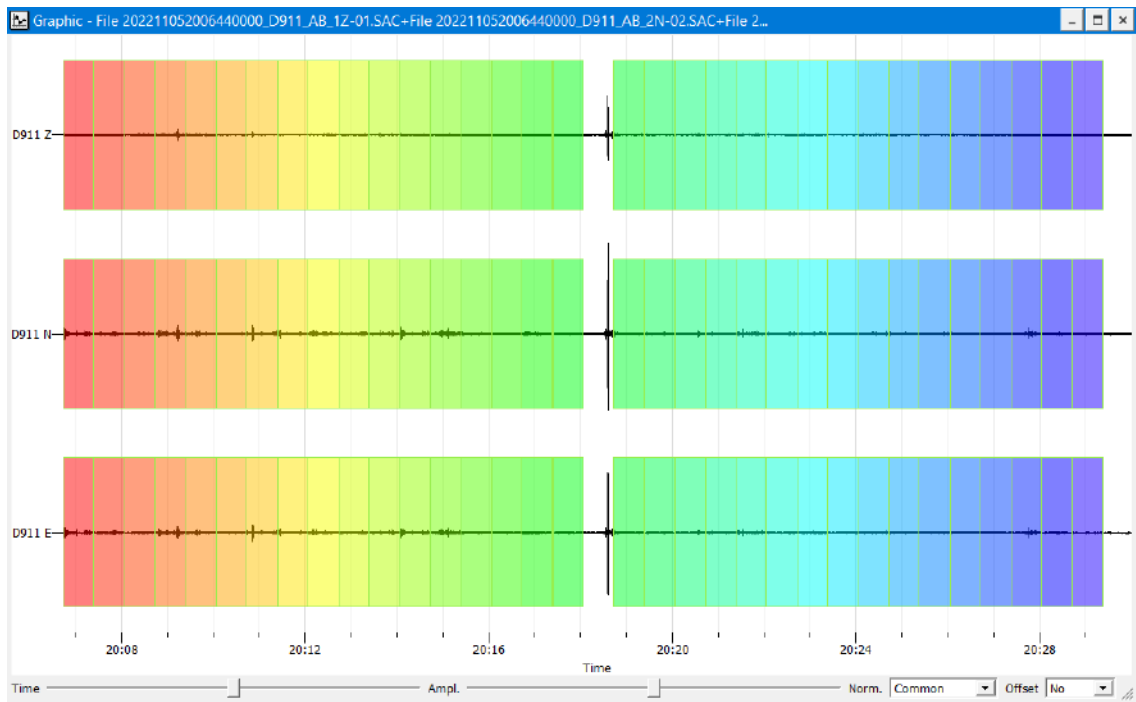
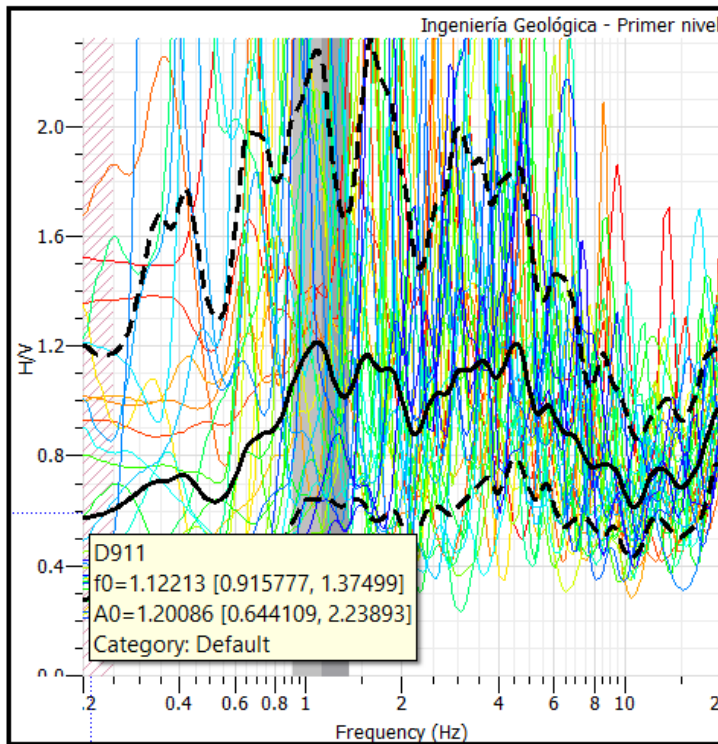


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

1.12213

Periodo (T)

0.89116

Amplificación (A_0)

1.20086

PUNTO 18: INGENIERÍA GEOLÓGICA – Tercer nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 183	179 867

TIEMPO DE ESPECTRO

22 min. 53 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-05 21:00:00.000000	2022-11-05 21:22:53.145000	200	0.005	274629	22m53.145000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-05 21:00:00.000000	2022-11-05 21:22:53.145000	200	0.005	274629	22m53.145000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-05 21:00:00.000000	2022-11-05 21:22:53.145000	200	0.005	274629	22m53.145000s	-12345	-12345

ESPECTRO

29 Ventanas de 40 seg. por canal

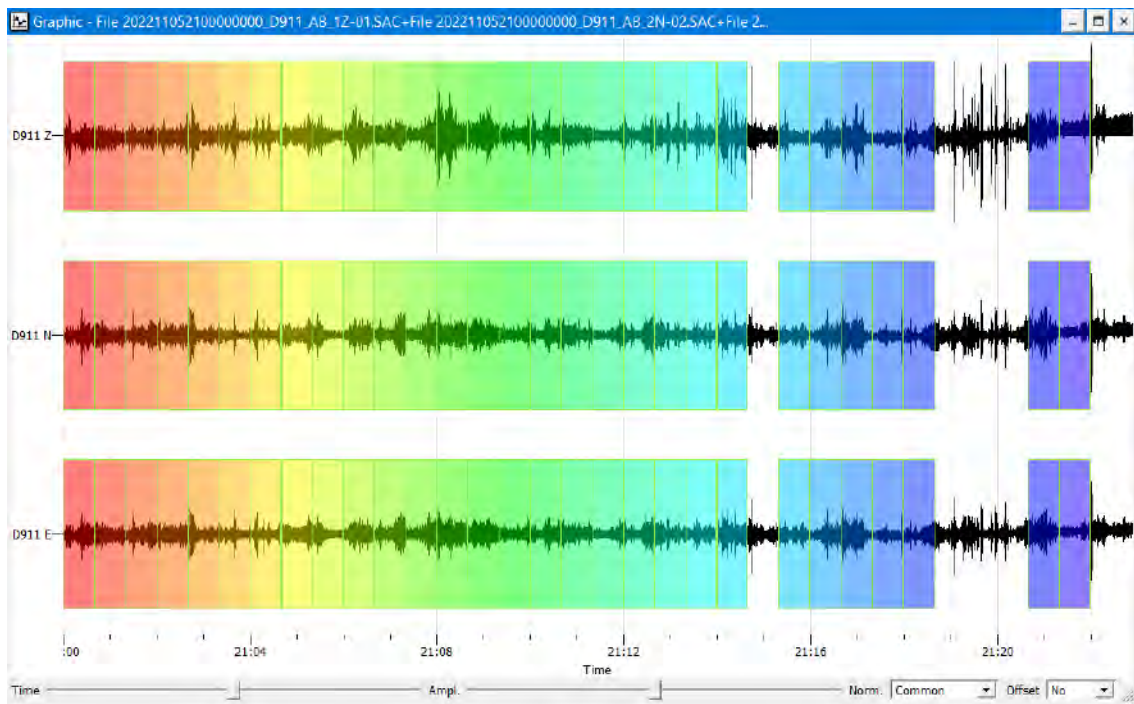
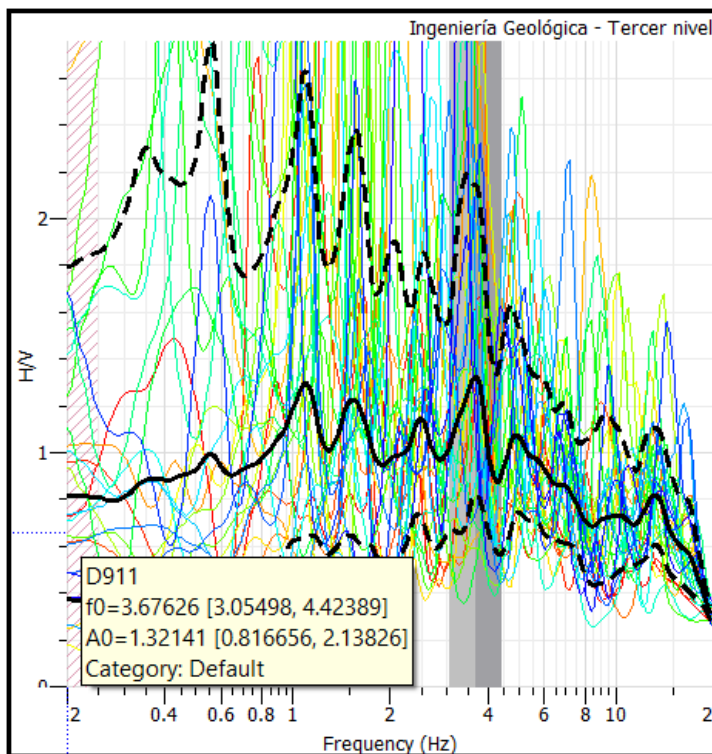


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

3.67626

Periodo (T)

0.27202

Amplificación (A_0)

1.32141

PUNTO 19: INGENIERÍA METALÚRGICA

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 150	179 912

TIEMPO DE ESPECTRO

25 min. 16 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-05 21:34:43.000000	2022-11-05 21:59:59.995000	200	0.005	303399	25m16.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-05 21:34:43.000000	2022-11-05 21:59:59.995000	200	0.005	303399	25m16.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-05 21:34:43.000000	2022-11-05 21:59:59.995000	200	0.005	303399	25m16.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

34 Ventanas de 40 seg. por canal

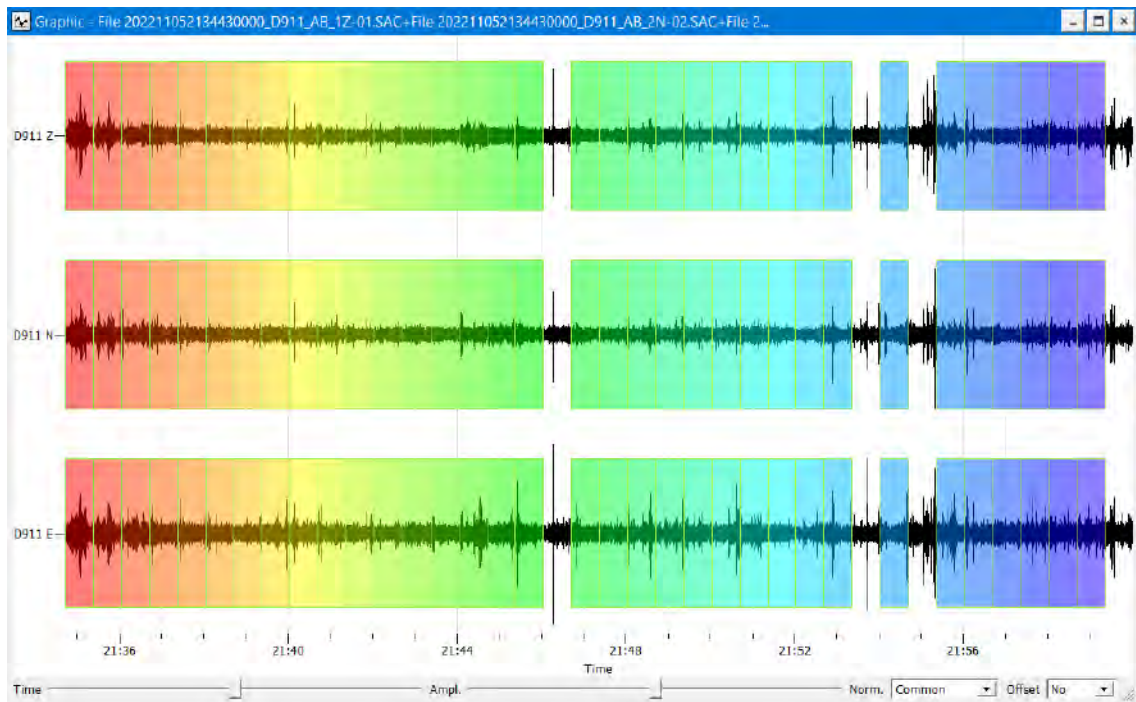
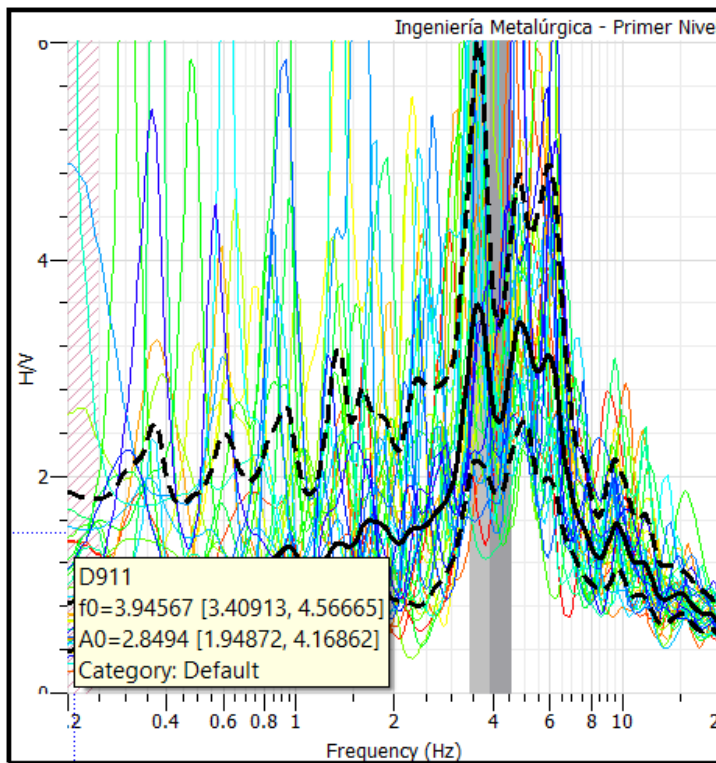


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

3.94567

Periodo (T)

0.25344

Amplificación (A_0)

2.84940

PUNTO 20: CIENCIAS SOCIALES – Primer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 152	179 488

TIEMPO DE ESPECTRO

25 min. 58 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 20:00:00.000000	2022-11-06 20:25:58.035000	200	0.005	311607	25m58.035000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 20:00:00.000000	2022-11-06 20:25:58.035000	200	0.005	311607	25m58.035000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 20:00:00.000000	2022-11-06 20:25:58.035000	200	0.005	311607	25m58.035000s	-12345	-12345

ESPECTRO

38 Ventanas de 40 seg. por canal

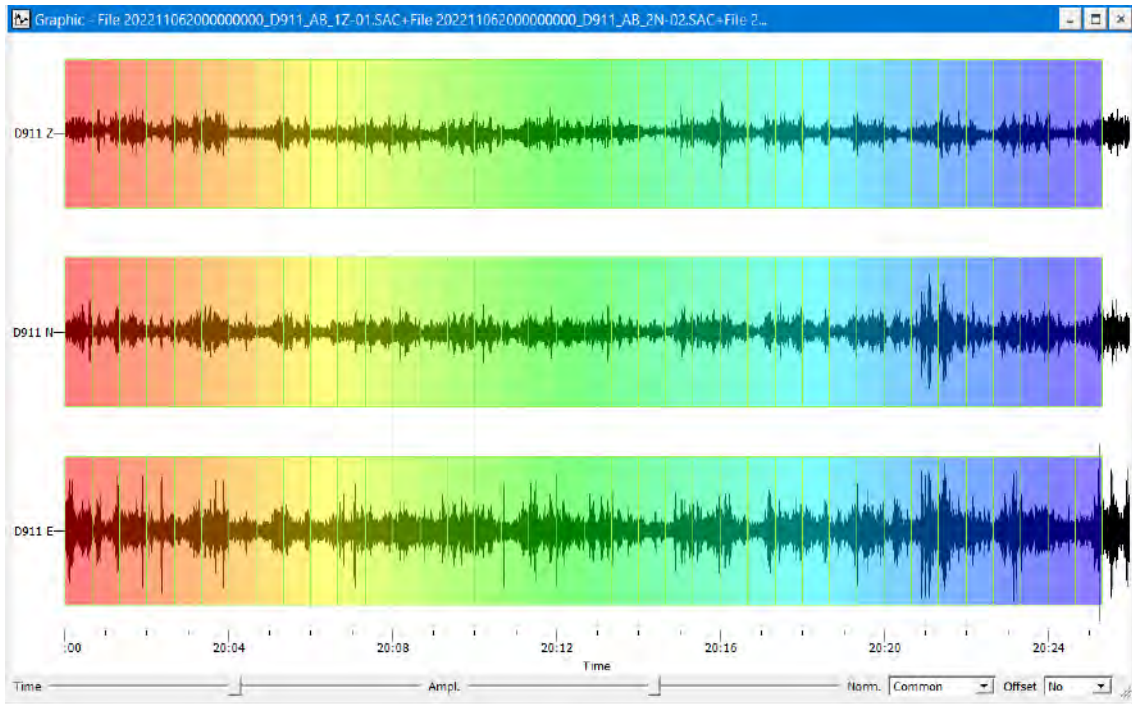
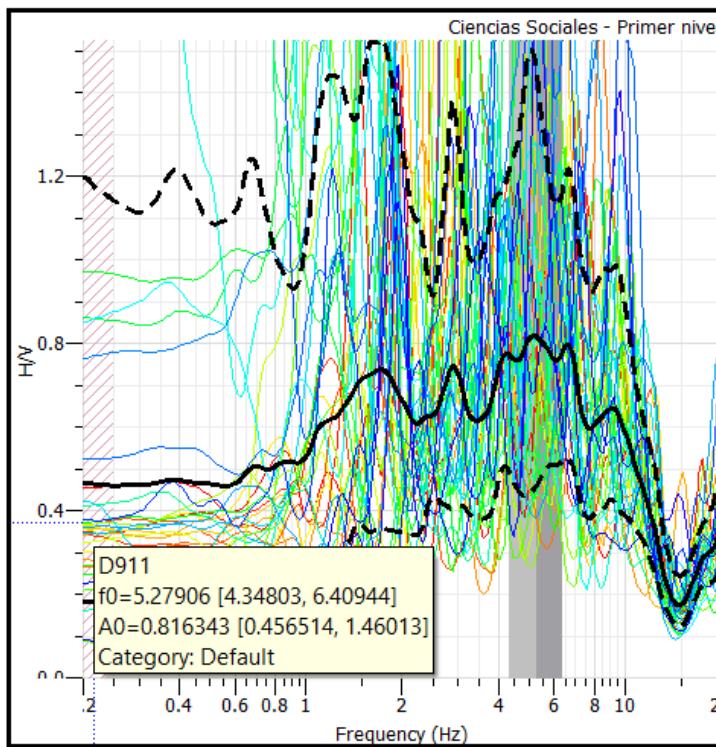


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

5.27906

Periodo (T)

0.18943

Amplificación (A_0)

0.81634

PUNTO 21: CIENCIAS SOCIALES – segundo Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 165	179 495

TIEMPO DE ESPECTRO

22 min. 44 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 20:37:15.000000	2022-11-06 20:59:59.995000	200	0.005	272999	22m44.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 20:37:15.000000	2022-11-06 20:59:59.995000	200	0.005	272999	22m44.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 20:37:15.000000	2022-11-06 20:59:59.995000	200	0.005	272999	22m44.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

32 Ventanas de 40 seg. por canal

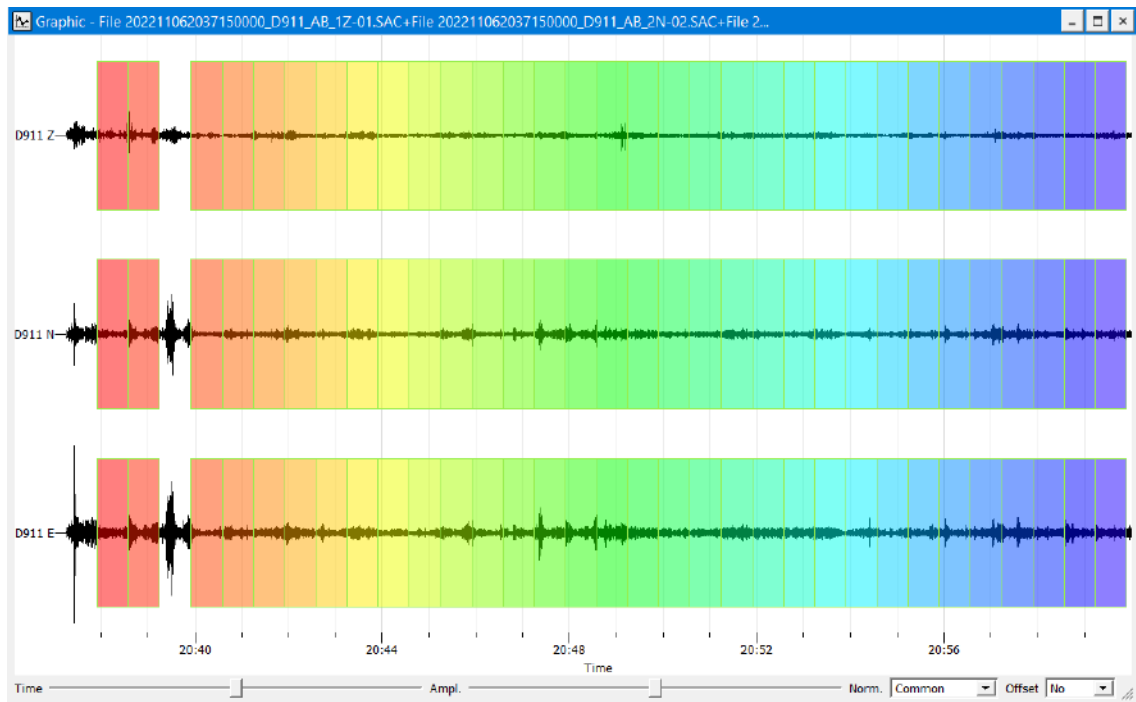
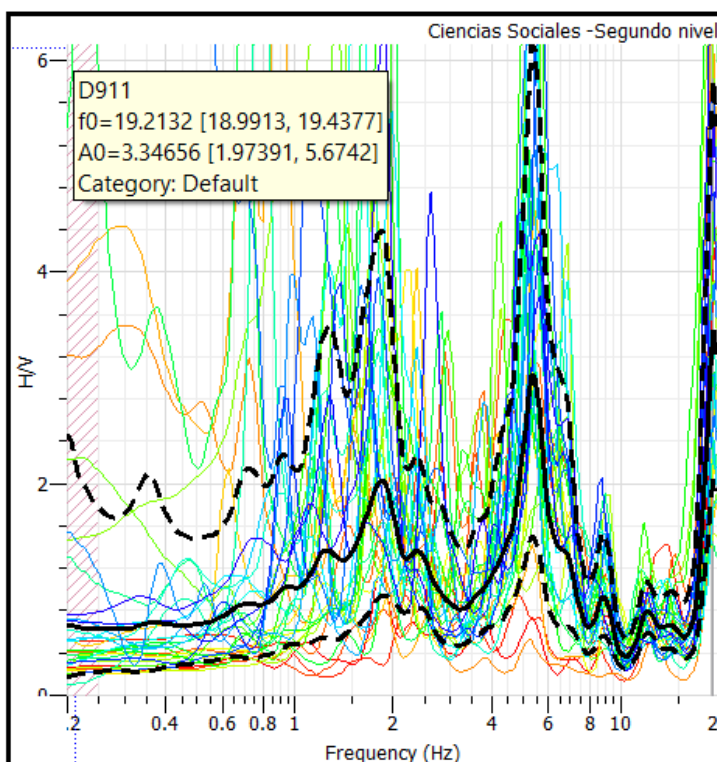


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

19.21320

Periodo (T)

0.05205

Amplificación (A_0)

3.34656

PUNTO 22: PABELLÓN A - Primer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 139	179 528

TIEMPO DE ESPECTRO

13 min. 47 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 18:00:00.000000	2022-11-19 18:13:47.195000	200	0.005	165439	13m47.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 18:00:00.000000	2022-11-19 18:13:47.195000	200	0.005	165439	13m47.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 18:00:00.000000	2022-11-19 18:13:47.195000	200	0.005	165439	13m47.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

18 Ventanas de 40 seg. por canal

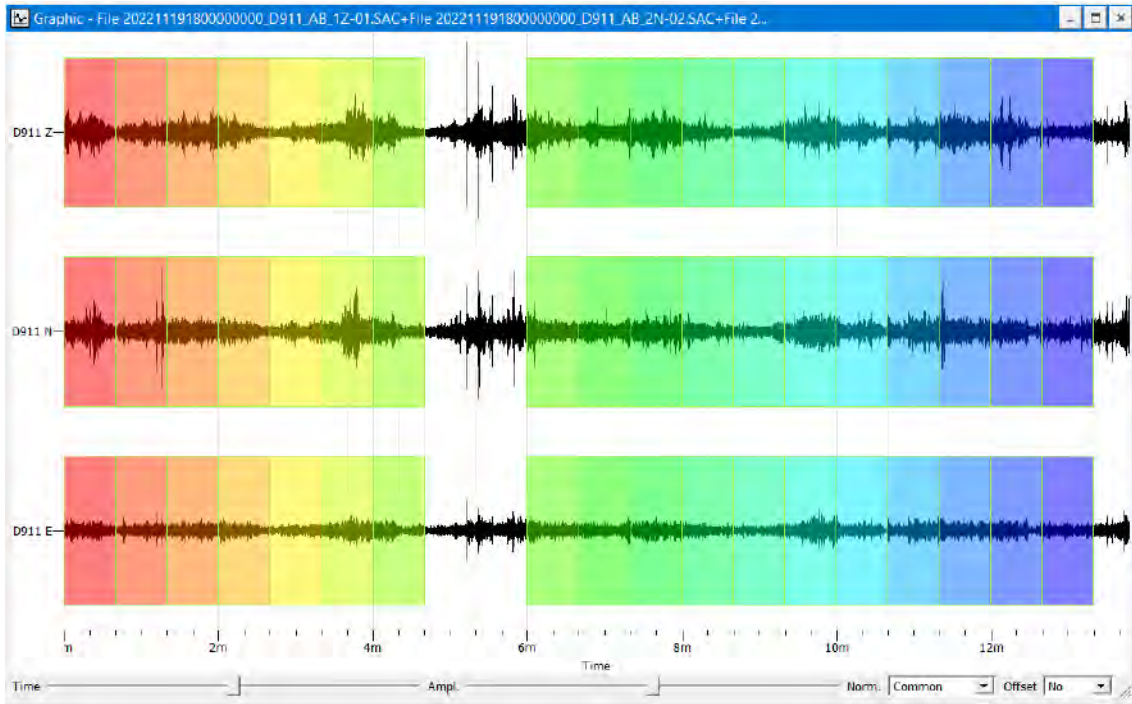
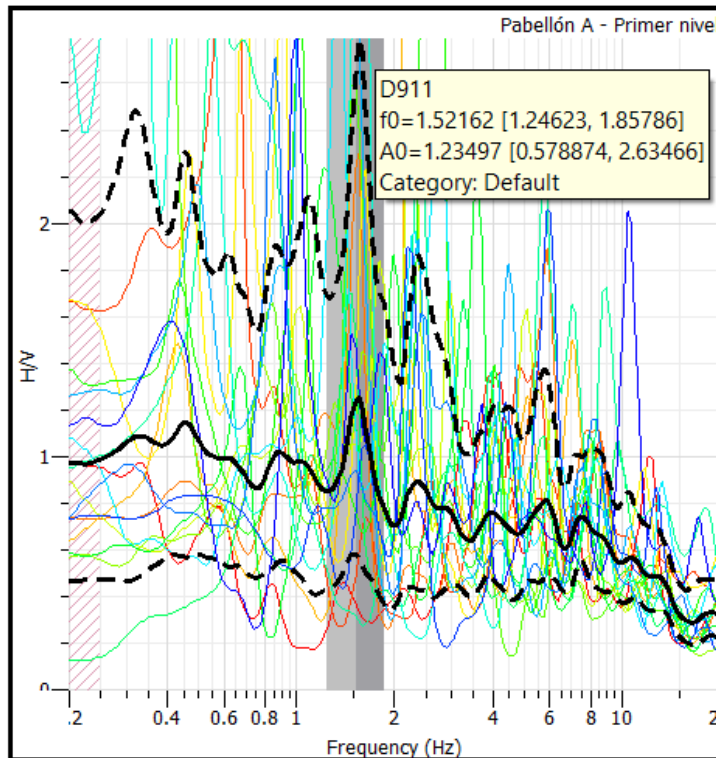


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

1.52162

Periodo (T)

0.65719

Amplificación (A_0)

1.23497

PUNTO 23: PABELLÓN A – Tercer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 139	179 528

TIEMPO DE ESPECTRO

25 min. 15 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 18:30:00.000000	2022-11-19 18:55:15.195000	200	0.005	303039	25m15.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 18:30:00.000000	2022-11-19 18:55:15.195000	200	0.005	303039	25m15.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 18:30:00.000000	2022-11-19 18:55:15.195000	200	0.005	303039	25m15.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

33 Ventanas de 40 seg. por canal

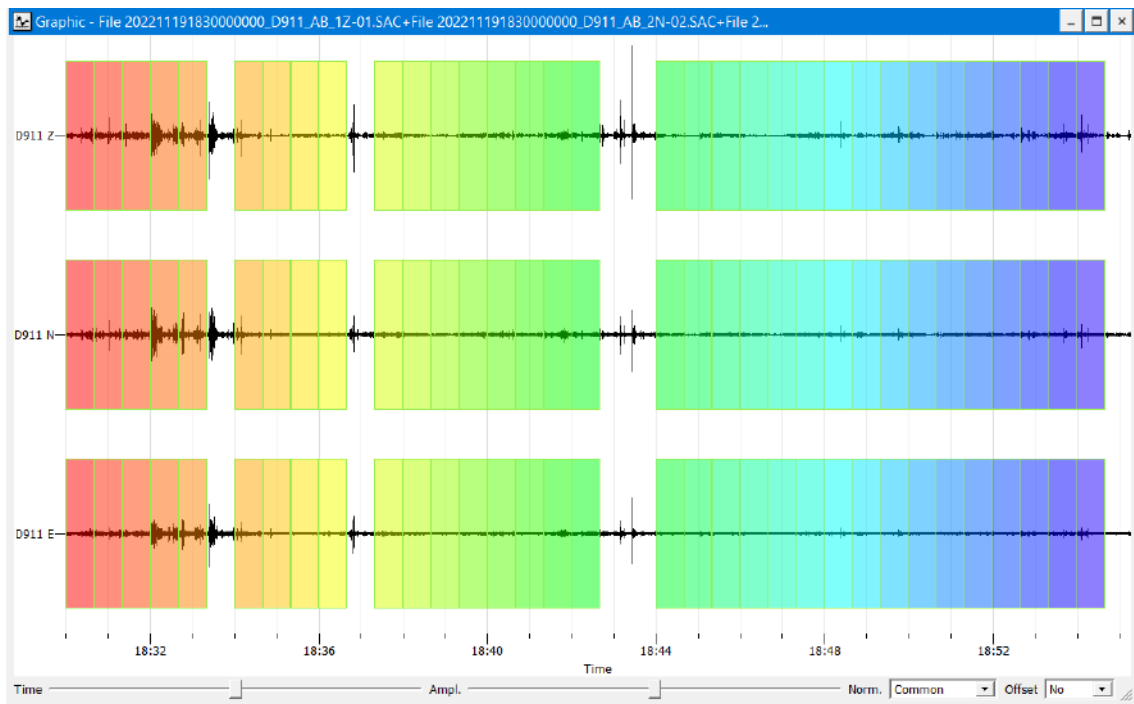
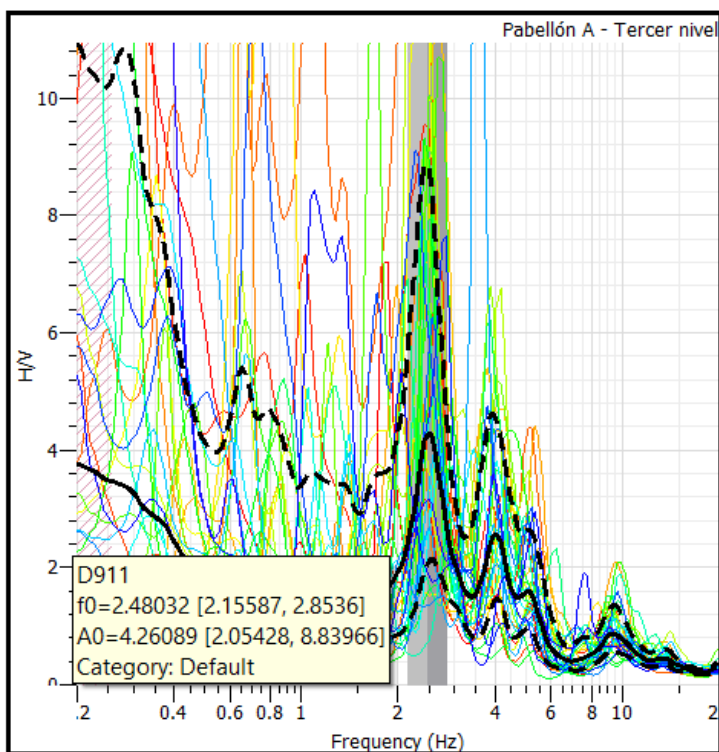


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

2.48032

Periodo (T)

0.40317

Amplificación (A_0)

4.26089

PUNTO 24: TURISMO - Primer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 173	179 611

TIEMPO DE ESPECTRO

13 min. 14 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 19:30:00.000000	2022-11-19 19:43:14.195000	200	0.005	158839	13m14.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 19:30:00.000000	2022-11-19 19:43:14.195000	200	0.005	158839	13m14.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 19:30:00.000000	2022-11-19 19:43:14.195000	200	0.005	158839	13m14.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

16 Ventanas de 40 seg. por canal

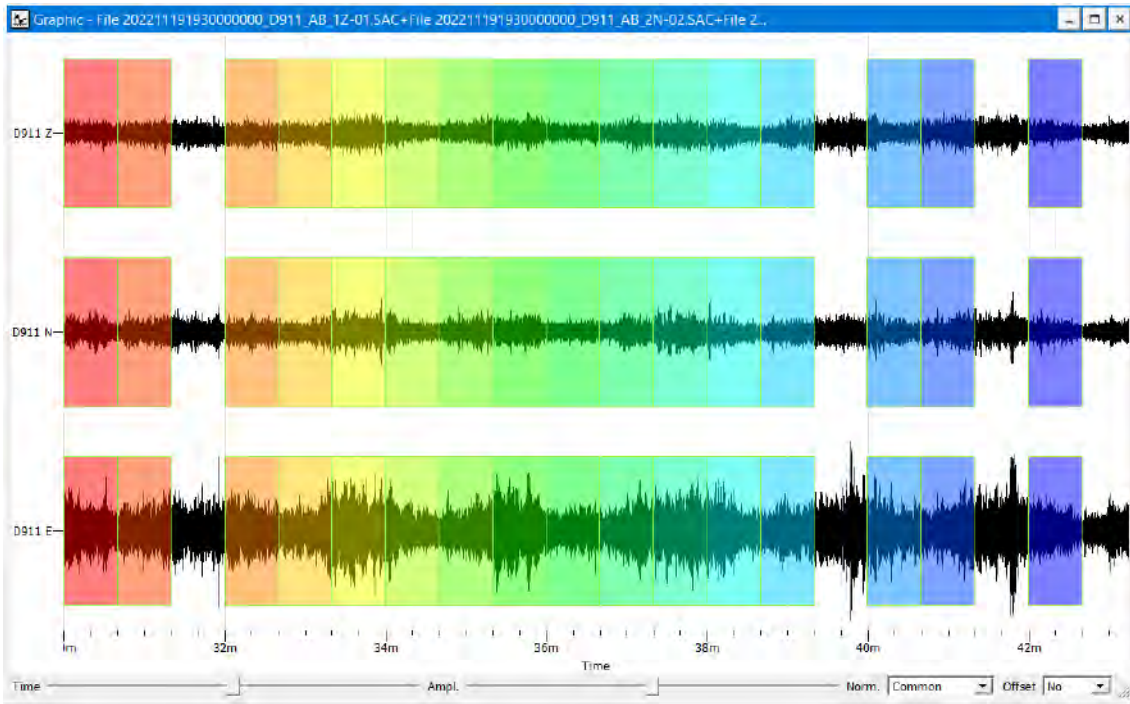
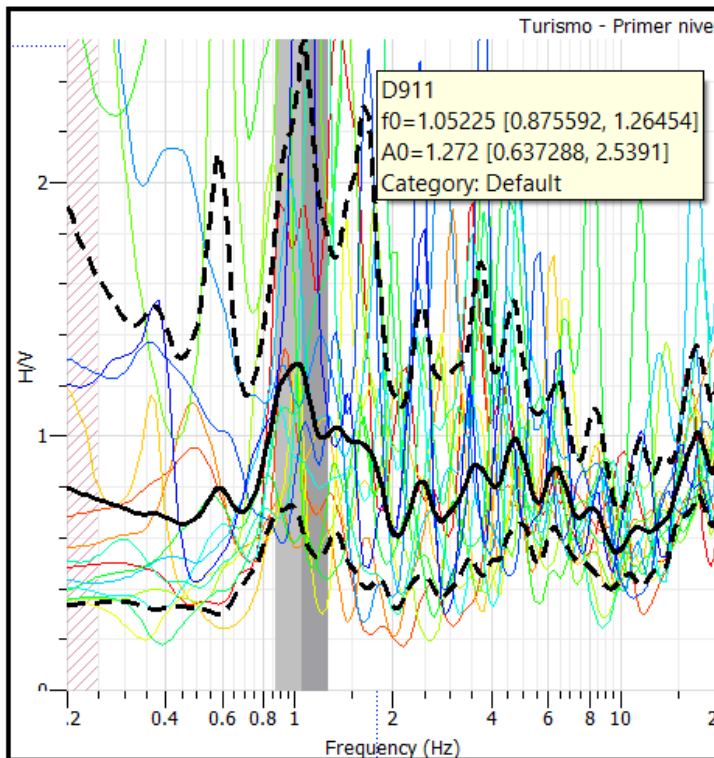


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

1.05225

Periodo (T)

0.95034

Amplificación (A_0)

1.27200

PUNTO 25: TURISMO - Cuarto Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 173	179 611

TIEMPO DE ESPECTRO

21 min. 50 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 20:00:00.000000	2022-11-19 20:21:50.195000	200	0.005	262039	21m50.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 20:00:00.000000	2022-11-19 20:21:50.195000	200	0.005	262039	21m50.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 20:00:00.000000	2022-11-19 20:21:50.195000	200	0.005	262039	21m50.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

29 Ventanas de 40 seg. por canal

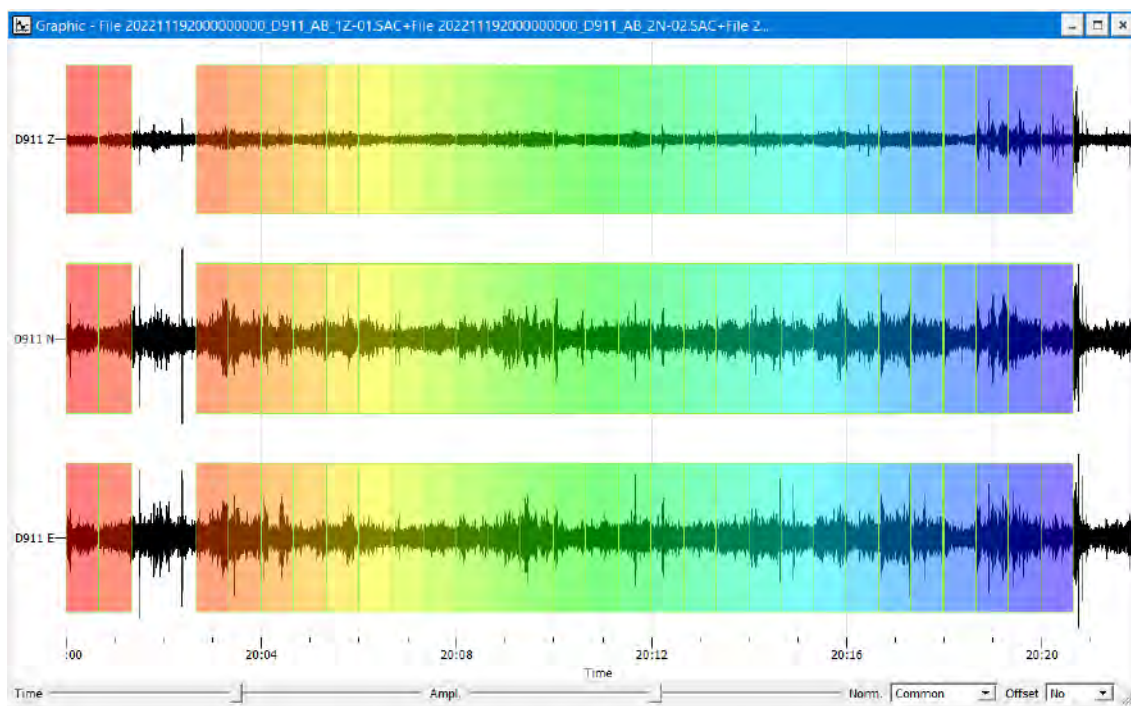
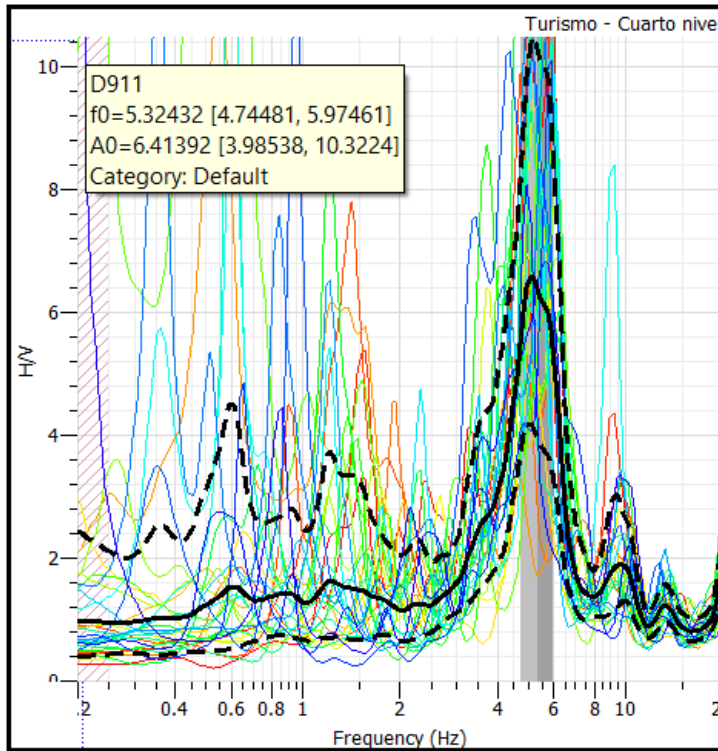


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

5.32432

Periodo (T)

0.18782

Amplificación (A_0)

6.41392

PUNTO 26: INSTITUTO DE IDIOMAS UNSAAC - Sótano

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 099	179 615

TIEMPO DE ESPECTRO

29 min. 49 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 16:00:00.000000	2022-11-19 16:29:49.195000	200	0.005	357839	29m49.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 16:00:00.000000	2022-11-19 16:29:49.195000	200	0.005	357839	29m49.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 16:00:00.000000	2022-11-19 16:29:49.195000	200	0.005	357839	29m49.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

44 Ventanas de 40 seg. por canal

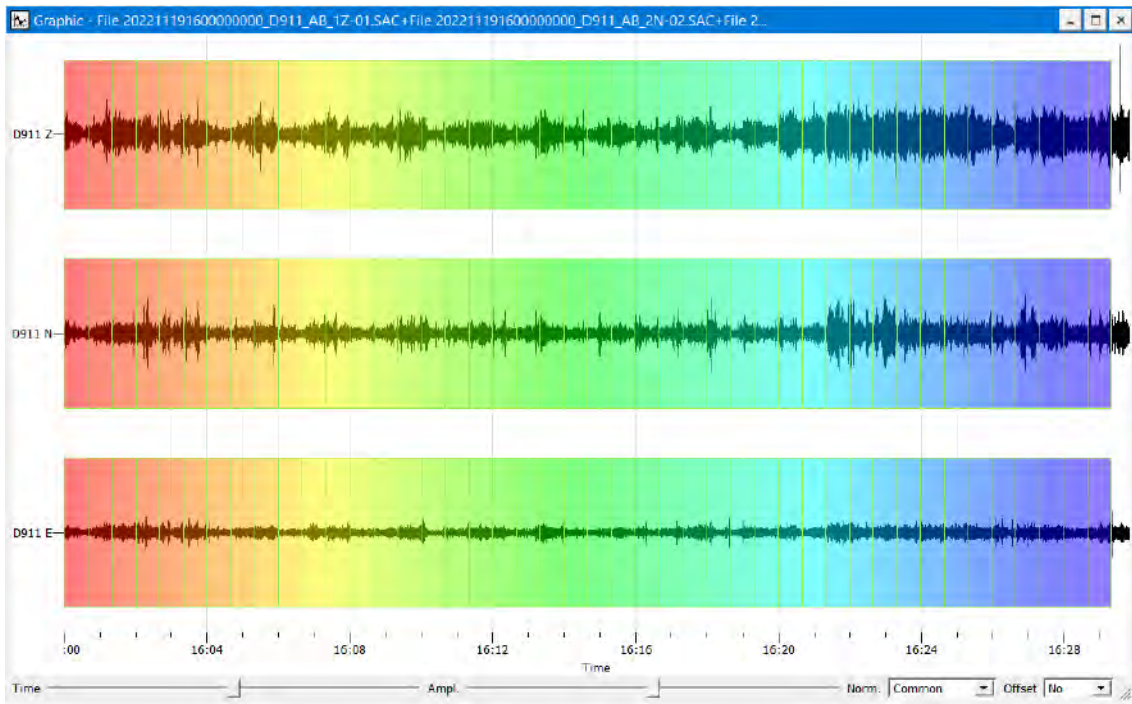
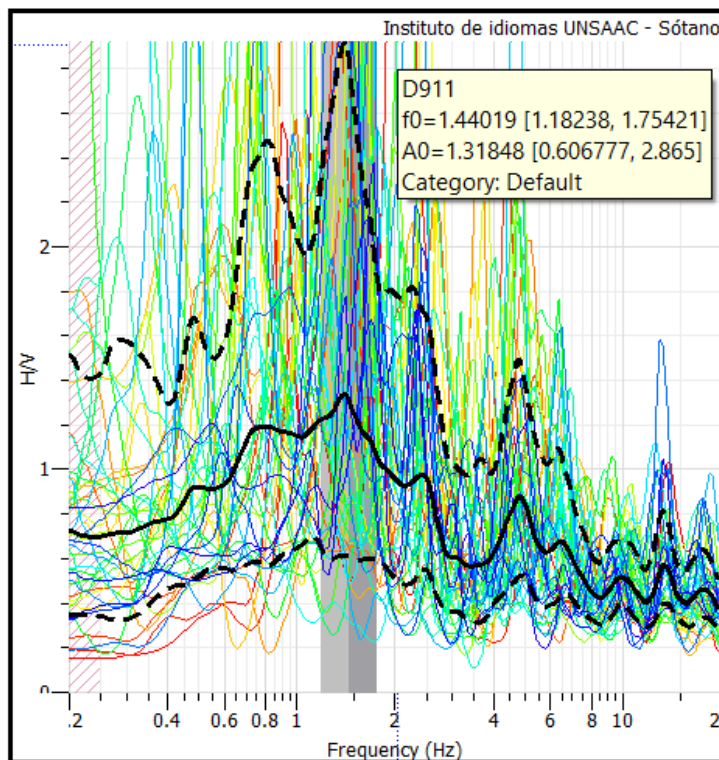


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

1.44019

Periodo (T)

0.69435

Amplificación (A_0)

1.31848

PUNTO 27: CENTRO DE IDIOMAS – Cuarto Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 099	179 615

TIEMPO DE ESPECTRO

28 min. 46 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 17:00:00.000000	2022-11-19 17:28:46.195000	200	0.005	345239	28m46.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 17:00:00.000000	2022-11-19 17:28:46.195000	200	0.005	345239	28m46.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 17:00:00.000000	2022-11-19 17:28:46.195000	200	0.005	345239	28m46.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

41 Ventanas de 40 seg. por canal

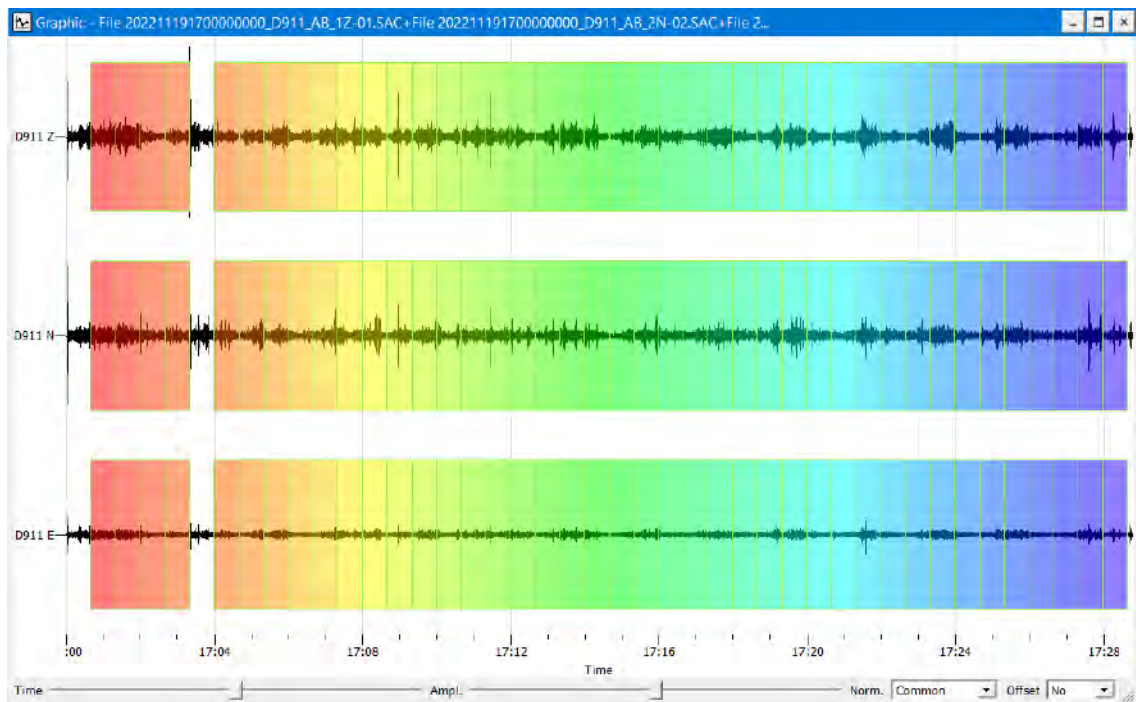
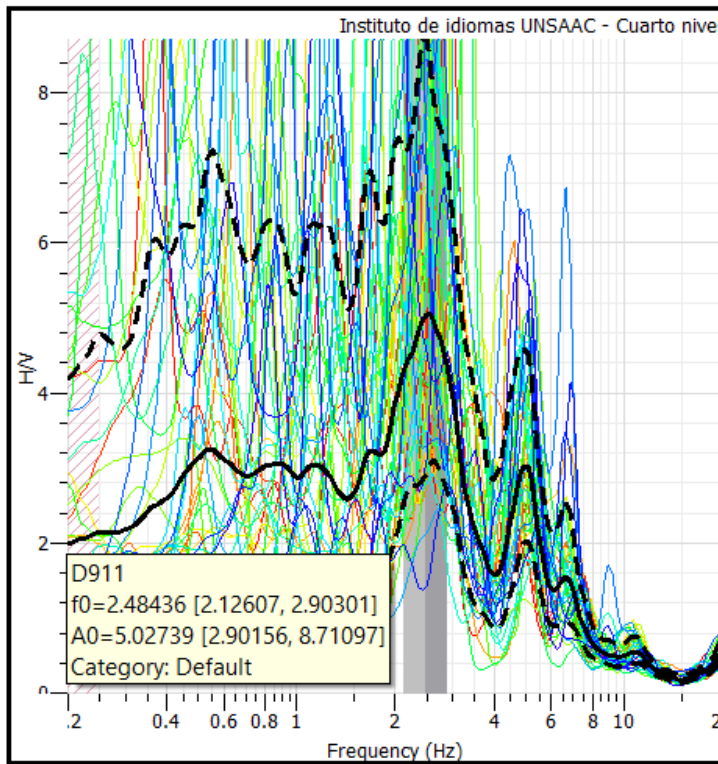


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

2.48436

Periodo (T)

0.40252

Amplificación (A_0)

5.02739

PUNTO 28: ECONOMÍA - Tercer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 157	179 715

TIEMPO DE ESPECTRO

26 min. 14 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 14:33:45.000000	2022-11-19 14:59:59.995000	200	0.005	314999	26m14.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 14:33:45.000000	2022-11-19 14:59:59.995000	200	0.005	314999	26m14.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 14:33:45.000000	2022-11-19 14:59:59.995000	200	0.005	314999	26m14.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

35 Ventanas de 40 seg. por canal

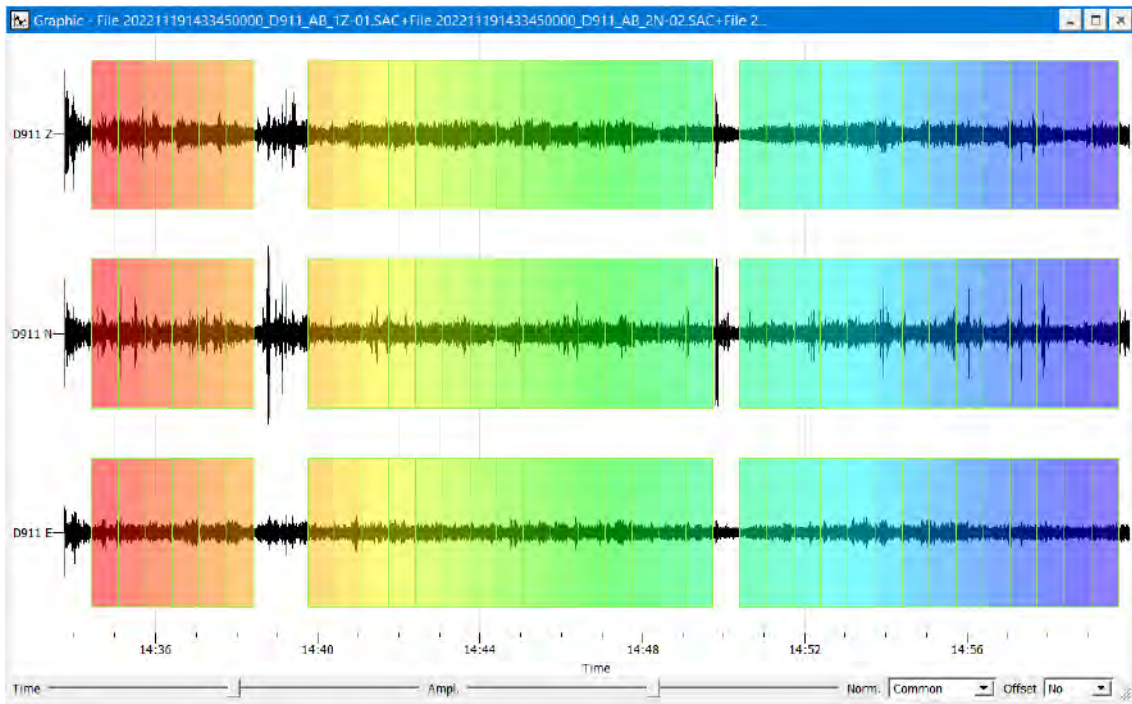
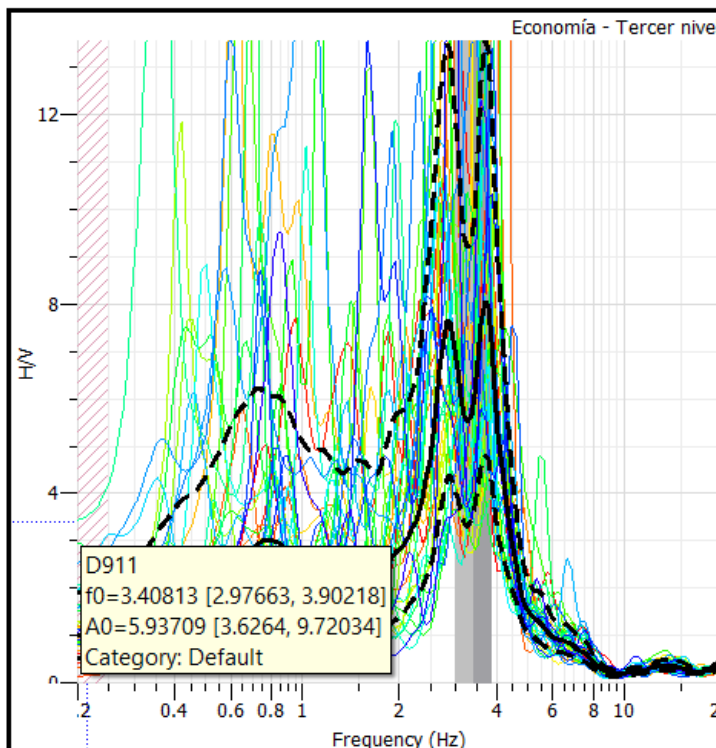


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

3.40813

Periodo (T)

0.29342

Amplificación (A_0)

5.93709

PUNTO 29: ECONOMÍA - Primer Nivel

COORDENADAS UTM

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 157	179 722

TIEMPO DE ESPECTRO

20 min. 15 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 14:00:00.000000	2022-11-19 14:20:15.195000	200	0.005	243039	20m15.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 14:00:00.000000	2022-11-19 14:20:15.195000	200	0.005	243039	20m15.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 14:00:00.000000	2022-11-19 14:20:15.195000	200	0.005	243039	20m15.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

28 Ventanas de 40 seg. por canal

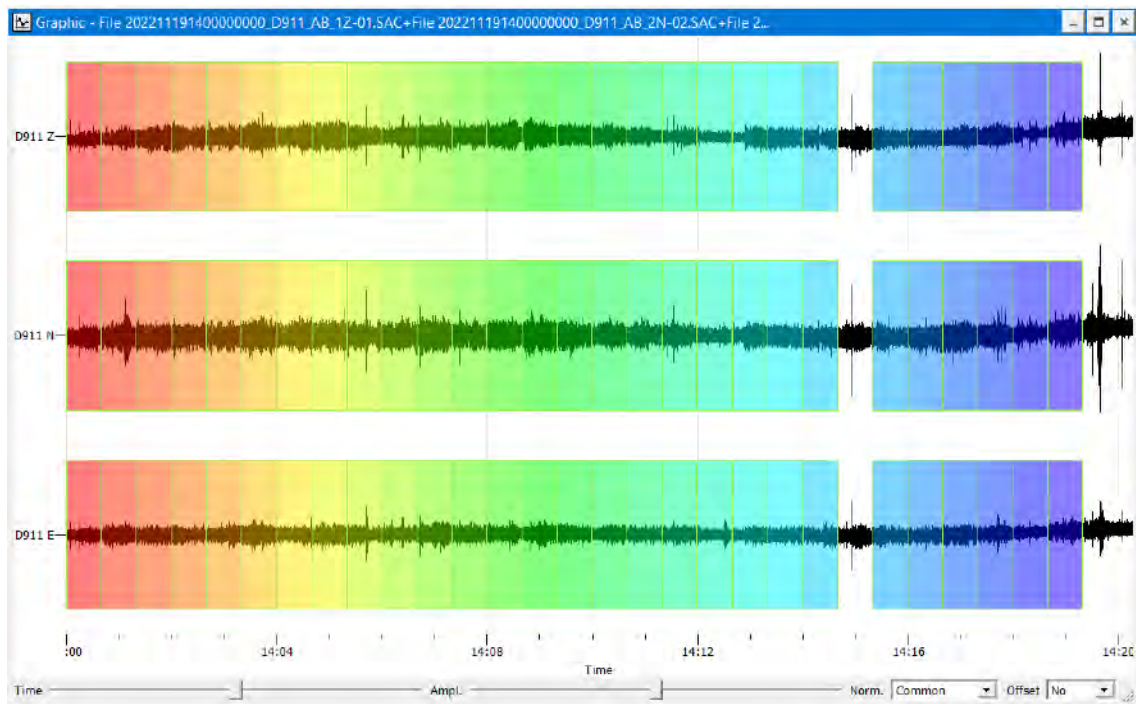
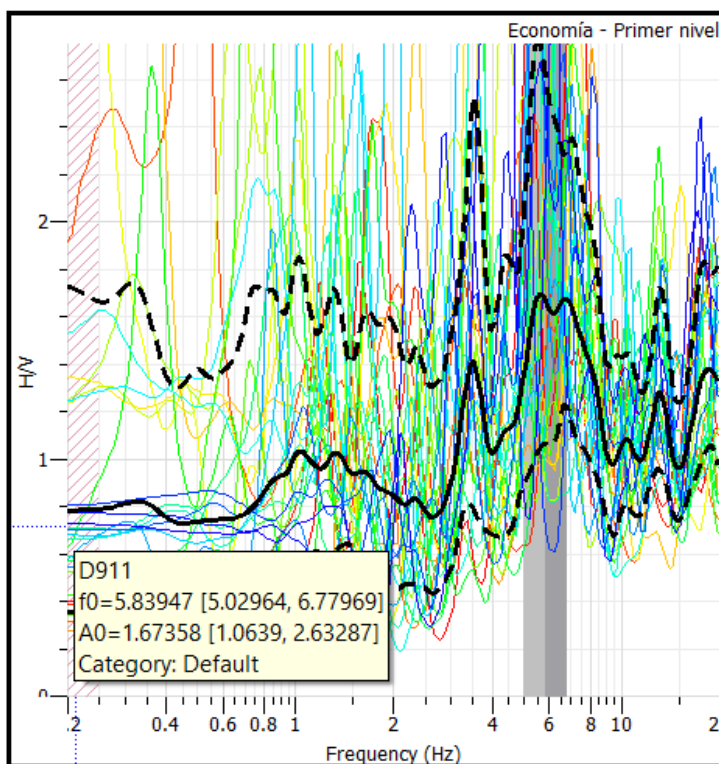


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

5.83947

Periodo (T)

0.17125

Amplificación (A_0)

1.67358

PUNTO 30: ECONOMÍA - Área Verde

COORDENADAS

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 134	179 737

TIEMPO DE ESPECTRO

15 min. 19 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-19 15:30:00.000000	2022-11-19 15:45:19.195000	200	0.005	183839	15m19.195000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-19 15:30:00.000000	2022-11-19 15:45:19.195000	200	0.005	183839	15m19.195000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-19 15:30:00.000000	2022-11-19 15:45:19.195000	200	0.005	183839	15m19.195000s	-12345	-12345

ESPECTRO

22 Ventanas de 40 seg. por canal

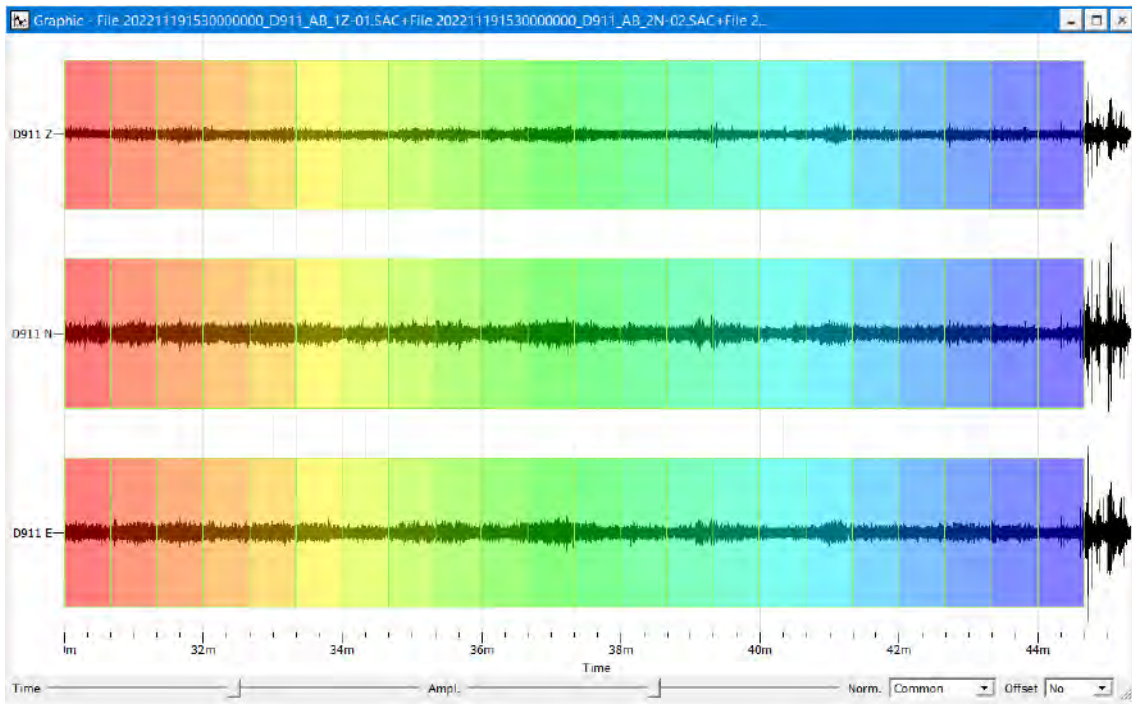
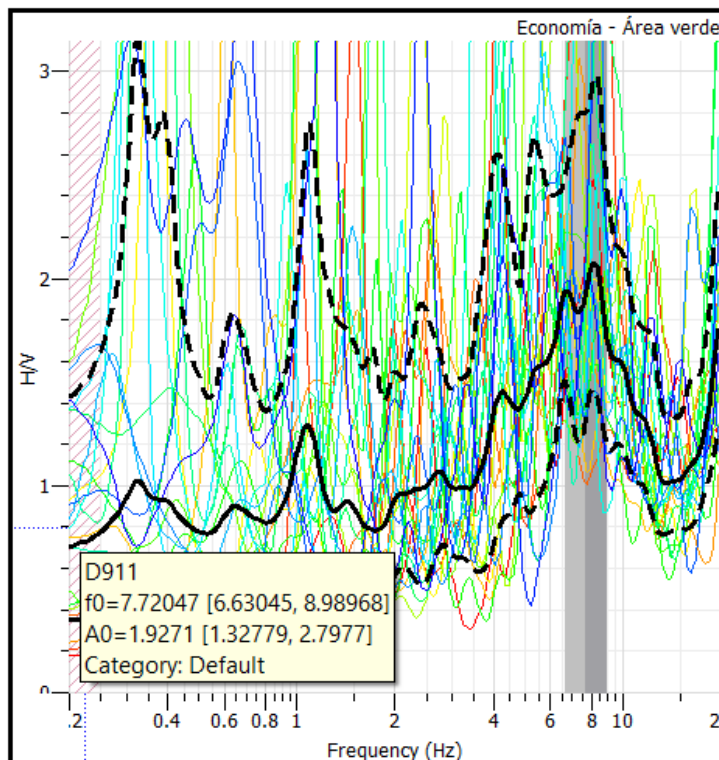


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

7.72047

Periodo (T)

0.12953

Amplificación (A_0)

1.92710

PUNTO 31: FRONTIS CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

COORDENADAS

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 100	179 779

TIEMPO DE ESPECTRO

26 min. 21 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 15:03:38.000000	2022-11-06 15:29:59.995000	200	0.005	316399	26m21.995000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 15:03:38.000000	2022-11-06 15:29:59.995000	200	0.005	316399	26m21.995000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 15:03:38.000000	2022-11-06 15:29:59.995000	200	0.005	316399	26m21.995000s	-12345	-12345

ESPECTRO

38 Ventanas de 40 seg. por canal

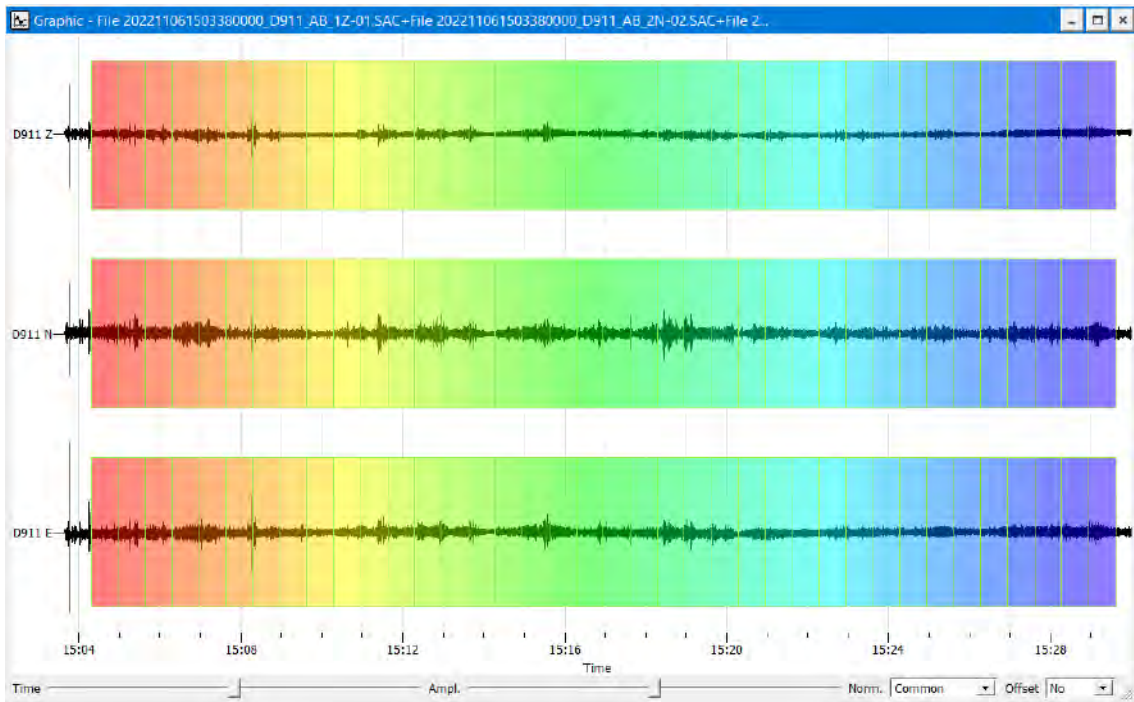
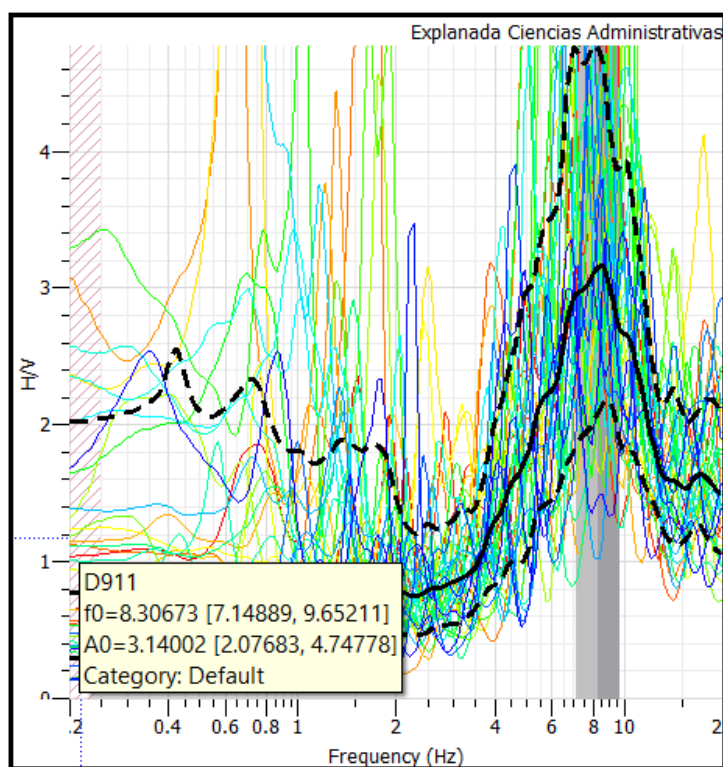


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

8.30673

Periodo (T)

0.12038

Amplificación (A_0)

3.14002

PUNTO 32: MEDICINA HUMANA – Primer Nivel

COORDENADAS

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 103	179 851

TIEMPO DE ESPECTRO

29 min. 34 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 13:30:00.000000	2022-11-06 13:59:34.955000	200	0.005	354991	29m34.955000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 13:30:00.000000	2022-11-06 13:59:34.955000	200	0.005	354991	29m34.955000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 13:30:00.000000	2022-11-06 13:59:34.955000	200	0.005	354991	29m34.955000s	-12345	-12345

ESPECTRO

40 Ventanas de 40 seg. por canal

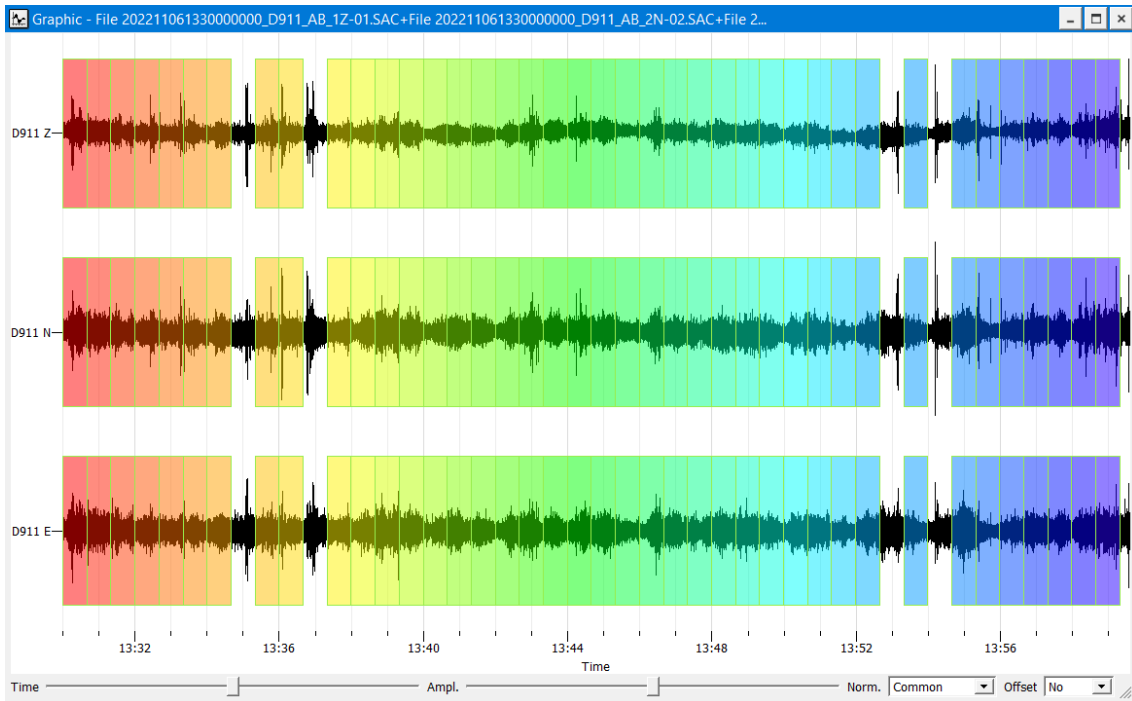
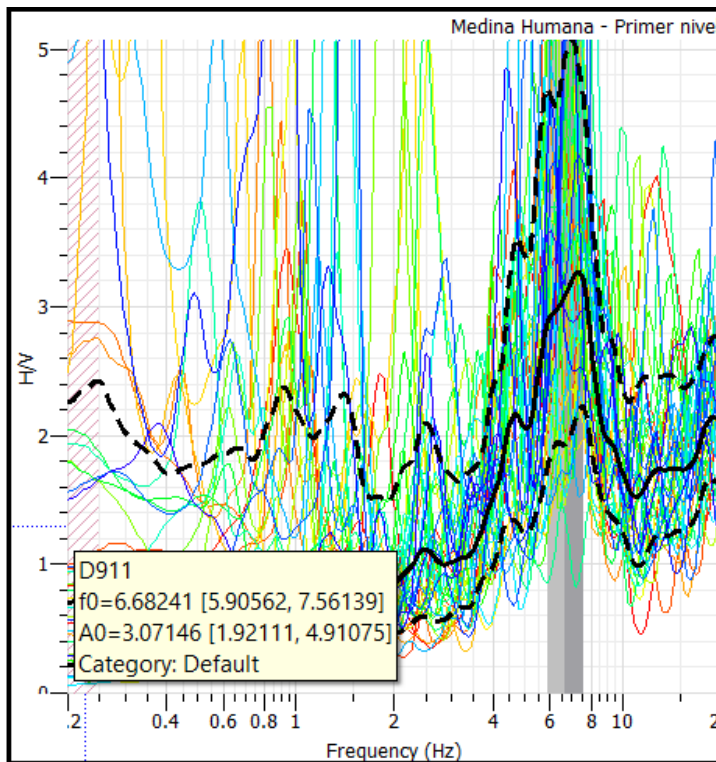


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

6.68241

Periodo (T)

0.14965

Amplificación (A_0)

3.07146

PUNTO 33: MEDICINA HUMANA – Cuarto Nivel

COORDENADAS

ZONA	Norte	Este
19L	8 503 119	179 866

TIEMPO DE ESPECTRO

15 min. 39 seg.

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	D911	Vertical	2022-11-06 14:30:00.000000	2022-11-06 14:45:39.955000	200	0.005	187991	15m39.955000s	-12345	-12345
2	D911	North	2022-11-06 14:30:00.000000	2022-11-06 14:45:39.955000	200	0.005	187991	15m39.955000s	-12345	-12345
3	D911	East	2022-11-06 14:30:00.000000	2022-11-06 14:45:39.955000	200	0.005	187991	15m39.955000s	-12345	-12345

ESPECTRO

22 Ventanas de 40 seg. por canal

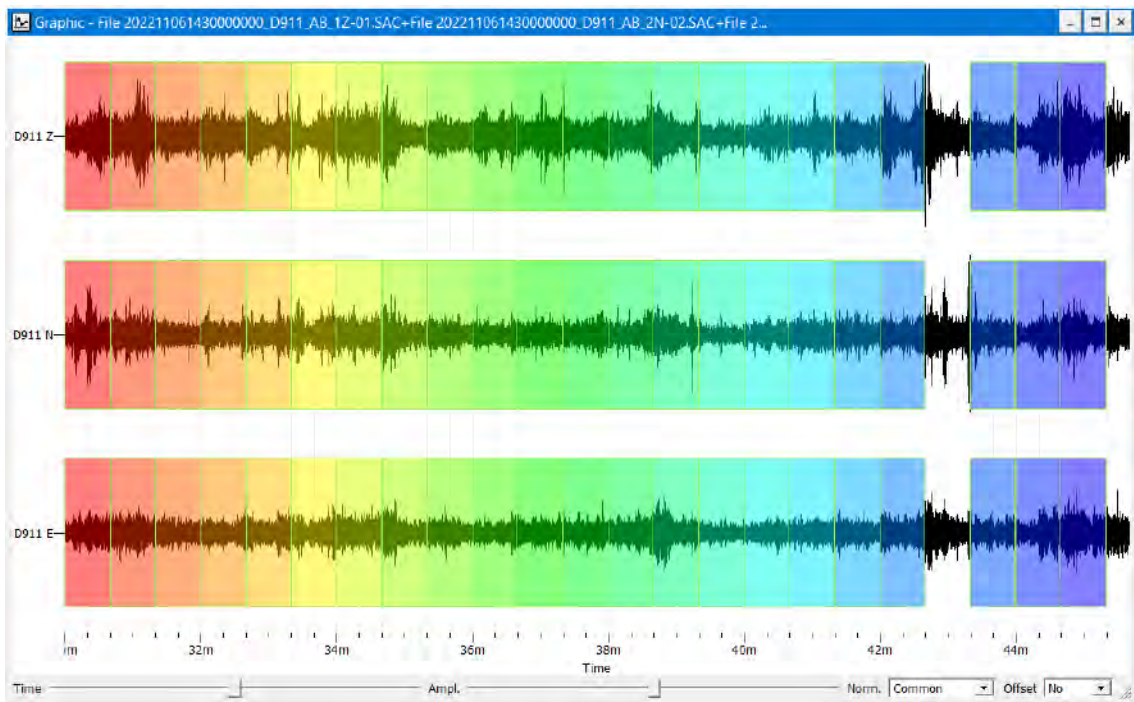
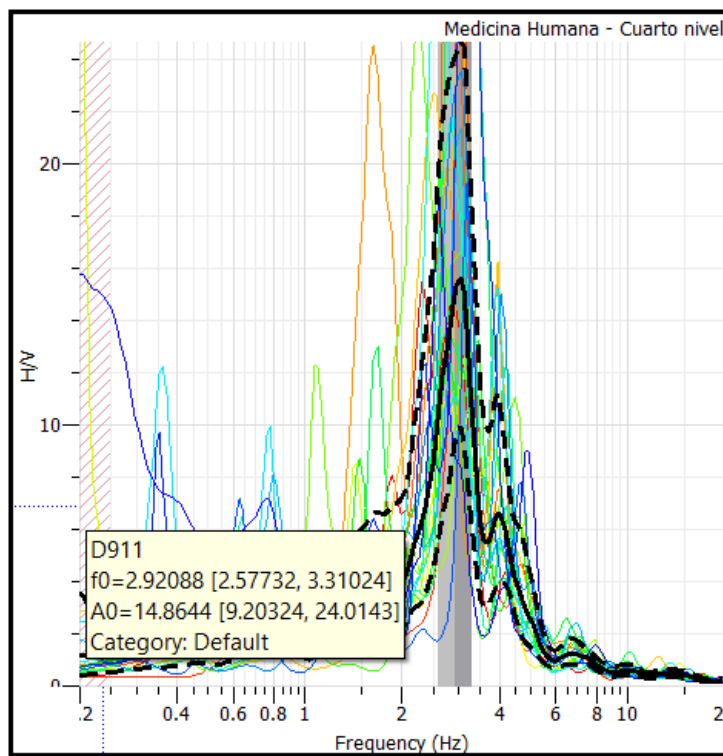


GRÁFICO H/V Y RESULTADOS



Frecuencia (f_0)

2.92088

Periodo (T)

0.34236

Amplificación (A_0)

14.86440