



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN EN
INFRAESTRUCTURA ESCOLAR A PARTIR DE LA
INSTRUMENTACIÓN
SÍSMICA**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:
MAIBELYN DE LA CRUZ VARGAS**

**NOMBRE DEL ASESOR:
M.I. MIGUEL ÁNGEL TLATZIMATZI FLORES**



APIZACO, TLAX., JUNIO 2024

Apizaco, Tlax., **13/marzo/2023**

OFICIO No. C.T. 085/23

Asunto: Liberación de Proyecto de Titulación

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

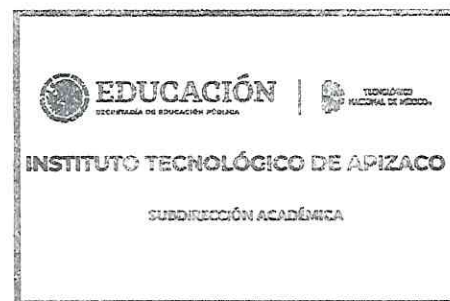
Nombre del Egresado:	MAIBELYN DE LA CRUZ VARGAS
Carrera:	ING. CIVIL
No. de Control:	18370350
Nombre Del Proyecto:	"ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN EN INFRAESTRUCTURA ESCOLAR A PARTIR DE LA INSTRUMENTACIÓN SISMICA"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*


MARÍA GUADALUPE MEDINA BARRERA
SUBDIRECTORA ACADÉMICA




MIGUEL ÁNGEL TLATZIMATZI FLORES

ASESOR

C.P.-DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES (COMUNÍQUESE LA INTERESADA)
C.P.-DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
C.P.-ARCHIVO.



Av. Instituto Tecnológico No. 412, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 144,
e-mail: etierra@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., 12/marzo/2024
No. OFICIO: DEP-CT/262/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

MAIBELYN DE LA CRUZ VARGAS
EGRESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CON NÚMERO DE CONTROL: 18370350
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN EN INFRAESTRUCTURA ESCOLAR A PARTIR DE LA INSTRUMENTACIÓN SISMICA"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*


MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES


SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
PROFESOR DE LA REVOLUCIÓN
REVOLUCIONARIO Y NOSTÁLGICO

Agradecimientos

Primeramente, doy gracias a Dios, por la vida, salud y felicidad que me ha brindado durante estos 23 años de vida.

Gracias doy a Dios por mis padres, Filadelfo de la Cruz Galindo y Maricela Vargas Vázquez. ya que con su amor incondicional de ambos estoy donde estoy, en ningún momento me han dejado a pesar de las situaciones difíciles en las que nos hemos encontrado, doy gracias por cada una de las personas que sumaron con un granito de arena a mi vida para lograr mis objetivos; hay un camino por recorrer aun, pero durante este camino doy gracias.

Doy gracias por mis hermanas, Brenda de la Cruz Vargas, Izamar de la Cruz Vargas, Dulce Brillith de la Cruz, Vargas, Perla de la Cruz Vargas y mi hermano Jan Carlo de la Cruz Vargas, siendo ellos apoyo, felicidad, sonrisas y sobre todo amor. Agradezco en gran manera al Dr. Eduardo Ismael Hernández, asesor externo, por su apoyo durante esta investigación, por el conocimiento que me brindo durante este proyecto al brindarme sus comentarios constructivos y proporcionarme herramientas para obtener los resultados deseados.

También me gustaría agradecer al Ingeniero y Maestro Miguel Ángel Tlatzimatzi Flores, asesor interno, el cual me brindó su apoyo, tiempo y conocimiento durante este proyecto, no solo agradezco por esto, sino que también fue mi catedrático de diferentes materias a lo largo de la carrera.

Índice general

Índice general.....	II
Índice de imágenes	IV
Índice de graficas	VII
Índice de tablas	VII
Agradecimientos	IX
Resumen.....	V
1.- Datos de la empresa	1
Lugar donde se realizará el proyecto	1
2.- Protocolo de investigación.....	2
Planteamiento del problema.....	2
Objetivo	2
Delimitación.....	2
Objetivos específicos:	3
Justificación.....	3
3.- Marco teórico.....	4
Capacidad de deformación equivalente	7
Vibración libre sin amortiguamiento	7
4.- Proceso de aplicación para instrumentar	9
5.- Análisis de los registros.....	10
Aplicación (instrumentación de edificios)	10
Edificio B	10
Edificio G.....	12
Resumen de aplicación (bitácora)	14
Registros edificio b	14
Registros edificio G	17
Software geopsy	20
Resultados obtenidos de geopsy (edificio B)	30
Gráficas de puntos (edificio B)	32
Resultados obtenidos de geopsy (edificio G).....	37

Gráficas de puntos (edificio G)	39
6.- Cálculo de los cocientes espectrales	44
Edificio B	44
Gráficas de los cocientes espectrales edificio B	46
Edificio G	48
Gráficas de los cocientes espectrales edificio G	50
7.- Resultados y estimación de la capacidad de deformación equivalente.....	52
Edificio B	52
Edificio G	53
8.- Conclusiones.....	54
9.- Bibliografía	55
10.- Reporte fotográfico de actividades	56

Índice de imágenes

Imagen 1. Zonificación Sísmica De México *	5
Imagen 2. Curva Esfuerzo-Formación.	6
Imagen 3. Modo de Vibrar, Edificio B, Punto 01, Centro Geométrico N1.	10
Imagen 4. Modo de Vibrar, Edificio B, Punto 02, Esquina Sur-Este N1.	11
Imagen 5. Modo de Vibrar, Edificio B, Punto 03, Centro Geométrico Pb.	11
Imagen 6. Modo de Vibrar, Edificio G, Punto 01, Centro Geométrico N1.	12
Imagen 7. Modo de Vibrar, Edificio G, Punto 02, Esquina Sur-Este N1.	12
Imagen 8. Modo de Vibrar, Edificio G, Punto 03, Centro Geométrico Pb.	13
Imagen 9. Punto 01 Centro Geométrico Nivel 1, Edificio B.	14
Imagen 10. Registro, Punto 01 Centro Geométrico, Nivel 1, Edificio B.	14
Imagen 11. Punto 02 Esquina Sur Este, Nivel 1, Edificio B.	15
Imagen 12. Registro Punto 02 Esquina Sur Este, Nivel 1, Edificio B.	15
Imagen 13. Punto 03 Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio B.	16
Imagen 14. Registro Punto 03 Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio B.	16
Imagen 15. Punto 01, Centro Geométrico, Nivel 1, Edificio G.	17
Imagen 16. Registro Punto 01 Centro Geométrico, Nivel 1, Edificio G.	17
Imagen 17. Punto 02 Esquina Sureste, Nivel 1, Edificio G.	18
Imagen 18. Registro Punto 02 Esquina Sureste, Nivel 1, Edificio G.	18
Imagen 19. Punto 03 Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio G.	19
Imagen 20. Registro Punto 03, Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio G.	19
Imagen No.21, Software Geopsy.	20
Imagen No.22, Configuración de software para análisis de cada punto.	20
Imagen 23. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Centro Geométrico Ch1.	21

Imagen 24. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Centro Geométrico Ch2.	21
Imagen 25. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Centro Geométrico Ch3.	22
Imagen 26. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Esquina Sur-Este Ch1.	22
Imagen 27. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Esquina Sur-Este Ch2.	23
Imagen 28. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Esquina Sur-Este Ch3.	23
Imagen 29. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En Pb, Centro Geométrico Ch1.	24
Imagen 30. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En Pb, Centro Geométrico Ch2.	24
Imagen 31. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En Pb, Centro Geométrico Ch1.	25
Imagen 32. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Centro Geométrico Ch1.	25
Imagen 33. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Centro Geométrico Ch2.	26
Imagen 34. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Centro Geométrico Ch3.	26
Imagen 35. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Esquina Sur-Este Ch1.	27
Imagen 36. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Esquina Sur-Este Ch2.	27
Imagen 37. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Esquina Sur-Este Ch3.	28
Imagen 38. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En Pb, Centro Geométrico Ch1.	28
Imagen 39. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En Pb, Centro Geométrico Ch2.	29
Imagen 40. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En Pb, Centro	

Geométrico Ch3.	29
Imagen 41. Reconocimiento de Equipo	56
Imagen 42. Orientación de Equipo	56
Imagen 43. Preparación del Equipo	56
Imagen 44. Conexión de Cables	57
Imagen 45. Pantalla de Acceso	57
Imagen 46. Condiciones del Programa	57
Imagen 47. Colocación de Tiempo para Cada Punto	58
Imagen 48. Verificación de Punto Analizado.	58
Imagen 49. Registro de Edificio y Punto a Analizar	59
Imagen 50, Modo de Vibrar, Edificio G Punto 01, Centro Geométrico N1.	59
Imagen 51, Respuesta modo de vibrar, Edificio G Punto 01, Centro Geométrico N1.	60
Imagen 52, Conexión de cables en equipo para nuevo punto, Edificio G Punto 02, esquina sur-este N1.	60
Imagen 53, Registro de puntos.....	60
Imagen 54. Análisis de punto terminado	61
Imagen 55. Parámetros, modo de vibrar	61
Imagen 56. Modo De Vibrar, Edificio G Punto 02, esquina sur-este N1	61
Imagen 57. Ubicando P03, edificio G, centro geométrico N1	62
Imagen 58. Modo De Vibrar, Edificio G Punto 03, centro geométrico PB.....	62

Índice de graficas

Gráfica 01, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P01-Ch1, N1.....	32
Gráfica 02, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P01-Ch2, N1.....	32
Gráfica 03, Espectro de Amplitudes de Fourier,Edificio B, P01-Ch3, N1.....	33
Gráfica 04, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P02-Ch1, N1.....	33
Gráfica 05, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P02-Ch2, N1.....	34
Gráfica 06, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P02-Ch3, N1.....	34
Gráfica 07, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P03-Ch1, PB.....	35
Gráfica 08, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P03-Ch2, PB.....	35
Gráfica 09, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P03-Ch3, PB.....	36
Gráfica 10, , Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P01-Ch1, N1.....	39
Gráfica 11, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P01-Ch2, N1.....	39
Gráfica 12, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P01-Ch3, N1.....	40
Gráfica 13, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P02-Ch1, N1.....	40
Gráfica 14, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P02-Ch2, N1.....	41
Gráfica 15, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P02-Ch3, N1.....	41
Gráfica 16 , Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P03-Ch1, PB.....	42
Gráfica 17, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P03-Ch2, PB.....	42
Gráfica 18, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P03-Ch3, PB.....	43
Gráfica 20, Cociente Espectral, Edificio B, C.E3.....	46
Gráfica 21, Cociente Espectral, Edificio B, C.E2.....	47
Gráfica 22, Cociente Espectral, Edificio B, C.E4.....	47
Gráfica 23, Cociente Espectral, Edificio G, C.E1.....	50
Gráfica 24, Cociente Espectral, Edificio G, C.E2.....	50
Gráfica 25, Cociente Espectral, Edificio G, C.E3.....	51
Gráfica 26, Cociente Espectral, Edificio G, C.E4.....	51

Índice de tablas

Tabla 01, Frecuencia-Amplitud, Edificio B, P01-P02 y P03	31
Tabla 02, Frecuencia-Amplitud, Edificio G, P01-P02 y P03	38
Tabla 03, Cocientes espectrales, Edificio B, C.E1,C.E2,C.E3 y C.E4	45
Tabla 04, Cocientes espectrales, Edificio G, C.E1,C.E2,C.E3 y C.E4	49
Tabla 05, Deformación equivalente, Edificio B.	52
Tabla 06, Deformación equivalente, Edificio G.....	53

Resumen

En este trabajo se presentan los valores de estimación de la capacidad de deformación en los edificios B y G del Tecnológico Nacional de México, Campus Apizaco (ITA), a partir de la instrumentación sísmica, donde se estiman los tres primeros modos globales de vibrar de cada edificio, para así saber la intensidad sísmica en sitio de cada edificio.

Donde se aplicará una metodología para estimar las propiedades mecánicas y dinámicas que determinan el comportamiento de la estructura, o bien llamado periodo de vibrar, empleando el software Geopsy, para así obtener la máxima amplitud de cada edificio, y finalmente obtener los cocientes espectrales, según corresponda longitudinal, transversal o torsionalmente. Empleando el Manual de Obras Civiles de la CFE y las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo.

1.- Datos de la empresa

El Dr. Eduardo Ismael Hernández, persona física.

Ha sido miembro activo en varias Sociedades Técnicas como el EERI y la SMIE. En la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica desde el 2005, fue vocal de la mesa directiva en el periodo 2009-2010; fue Secretario de la SMIS del 2018 al 2019, Coordinador de las Delegaciones Regionales y Capítulos Estudiantiles de la Mesa Directiva 2016-2019 y Presidente de la Delegación de la SMIS en el Estado de Tlaxcala del 2017 a la fecha.

Su experiencia profesional se ha centrado en la Consultoría para el Desarrollo e Implementación de criterios para estimar la salud estructural de construcciones existentes, en la estimación de espectros de sitio y en la generación de mapas de microzonificación sísmica de áreas urbanas.

Desde el año 2014 es Gerente del Departamento de Estructuras en INGEOSIS (Ingeniería Geofísica, Estructural y Sísmica), donde ha instrumentado y evaluado cerca de 70 edificios existentes, tanto escolares, hospitales, templos, edificios de departamentos, naves industriales, hoteles, etc.

Lugar donde se realizará el proyecto

Nombre: Dr. Eduardo Ismael Hernández

Giro, ramo o sector: Especialista y Consultor Independiente Domicilio: Av. 13 Norte, No.93, Col. La Nopalera, Calpulalpan, C.P. 90203.

RFC: IAHE7708082P8

Ciudad: Tlaxcala Celular: 2212593372

Correo electrónico: eduardo.ismael@upaep.mx

El trabajo se desarrollará bajo la supervisión del Dr. Eduardo Ismael Hernández, Especialista y Consultor Independiente en los temas de Riesgo Sísmico.

2.- Protocolo de investigación

Planteamiento del problema

En la actualidad, el éxito y calidad de un proyecto constructivo (estructura), dependen de diferentes aspectos, como calidad en el proceso, responsabilidad del personal, etc.

Pero una parte importante es ejecutar correctamente el proyecto, tomando en cuenta las diferentes cargas a las que puede someterse diariamente la estructura, es por ello que la estructura se debe analizar para diferentes combinaciones de cargas, como lo son la carga gravitatoria, carga viva, carga de viento, carga sísmica, además de los efectos de la naturaleza y el medio ambiente, etc.

Los parámetros antes mencionados, someterán a la estructura a compresión, tensión directa, flexión o torsión. Por lo que sufrirá deformaciones.

En la mayoría de los casos las deformaciones son impredecibles, es por ello que deben ser medidas con auxilio de instrumentos.

Por lo que la deformación, es una alteración física, este es el motivo por el cual se instrumentaran los edificios B y G del Tecnológico Nacional de México, Campus Apizaco (ITA), infraestructura que usan los estudiantes y profesores de la carrera de Ingeniería Civil, ya que se desconoce el estado de las estructuras, por lo que se requiere un análisis profundo para así poder detectar posibles vulnerabilidades que representen un riesgo y con ello proponer e implementar medidas preventivas o correctivas.

Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo general el estimar la capacidad de deformación equivalente de dos edificios pertenecientes a la Infraestructura Física del Tecnológico Nacional de México, Campus Apizaco (ITA). Este parámetro será útil para describir el nivel de vulnerabilidad sísmica de los casos de estudio y con ello contar con información cuantitativa para, en su caso, establecer su nivel de riesgo ante acciones sísmicas, considerando las normas aplicables. .

Delimitación

Para lograr el objetivo planteado se pretenden instrumentar dos edificios que se usan por el Departamento de Ciencias de la Tierra y en donde se imparten las clases de la carrera de Ingeniería Civil (Edificio B y Edificio G).

El Instrumento que se empleara es Basalt 4x, es un instrumento de grabación cinematográfica multicanal, con alto rango dinámico, rendimiento del acelerómetro episensor de kinematics con una precisión de tiempo, pureza espectral y grabación de datos de movimiento fuerte.

Con la instrumentación se estimarán los tres primeros modos globales de vibrar de cada edificio, así como sus correspondientes frecuencias y periodos. Estas estimaciones serán útiles para contar con los parámetros de permiten el cálculo de la capacidad de deformación equivalente, logrando así establecer relaciones de esta capacidad con los niveles esperados de intensidad sísmica en el sitio de desplante de los edificios. Estas relaciones se conocen como funciones de vulnerabilidad sísmica necesarias para realizar un análisis de riesgo a los que pueden estar expuestos los casos de estudio.

Objetivos específicos:

- Aplicar una metodología para estimar las principales propiedades mecánicas y dinámicas que determinan el comportamiento sísmico de cada caso de estudio.
- Estimar los periodos de vibrar de cada edificio usando las técnicas de monitoreo e instrumentación sísmica.
- Estimar la masa y el coeficiente de diseño sísmico asociados a los periodos de vibrar traslacionales de cada edificio.
- Estimar la capacidad de deformación equivalente usando valores de típicos del factor de comportamiento sísmico, según las características, materiales y estructuración de cada caso en estudio.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad y riesgo sísmicos de cada edificio en estudio.

Justificación

Se sabe que México es un país con un elevado nivel de peligro sísmico. Para el Estado de Tlaxcala se reconocen tres fuentes sísmicas potenciales, la zona de subducción de las costas del sur de México, los sismos provenientes de la fuente de fallamiento normal y profundidad intermedia y los sismos asociados con las fallas locales dentro del estado. Siendo la segunda la de mayor aportación al peligro sísmico en Tlaxcala. Un sismo que dejó cuantiosos daños en la infraestructura escolar fue el que ocurrió el 15 de junio de 1999, cuya magnitud fue de 7.1. Por otro lado, se sabe que la infraestructura escolar es catalogada como infraestructura crítica, misma que es clasificada, en los reglamentos y normas de construcción, es por ello que se empleara el Manual de Diseño de Obras Civiles (CFE), ya que fue actualizado el mapa de zonificación sísmica en el año 2015, es de gran relevancia ya que nuestro proyecto a analizar se encuentra ubicado en el estado de Tlaxcala, ya mencionado lo anterior, Tlaxcala se encontraba en zona B, y la actualización de CFE 2015, Tlaxcala se encuentra en zona B y C.

También se emplearán las Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo, en su Capítulo III.

Se tomó en cuenta este manual y estas normas por sus actualizaciones y extensión de información, ya que las Normas Técnicas de la Ley de Construcción del Estado de Tlaxcala, no cuenta con algunos datos requeridos en este análisis.

Es por esto que es necesario contar con un esquema de evaluación de la vulnerabilidad sísmica a la que puede estar expuesta dicha infraestructura. La vulnerabilidad y el peligro sísmico se combinan para estimar el nivel de riesgo, medido en términos de los costos esperados por daño y falla. El problema de establecer los niveles de vulnerabilidad es complejo, ya que se tienen que contemplar muchos parámetros que intervienen; entre los que se encuentran: la fecha de construcción, el tipo de materiales empleados, los sistemas de estructuración, las cargas actuantes reales, las propiedades mecánicas y dinámicas de cada estructura. Es por ello que se justifica el uso de novedosas técnicas para estimar de manera confiable las propiedades dinámicas y con ello establecer correlaciones con las que dominan el desempeño sísmico de los edificios escolares.

3.- Marco teórico

La capacidad de deformación equivalente depende de los desplazamientos laterales o deformaciones las cuales representan un cambio en la estructura, ya sea en la forma o tamaño debido a la tensión, siendo este un fenómeno físico. Lo cual hace posible que dicha capacidad que tenga la estructura llegue a su límite y sufra algún tipo de daño o bien rompimiento.

Para el análisis de la capacidad de deformación de la estructura se consideran los desplazamientos los cuales tomarán parte en la deformación de esta, los cuales serán representados por "U".

Siendo estos la respuesta de la estructura bajo una acción determinada, esta respuesta puede reflejarse por vibraciones, deformaciones o la durabilidad de la misma la cual está en función de las características de la estructura, o del elemento estructural considerado.

Los desplazamientos laterales [U]= Son [Respuesta de la estructura]

Para dicha respuesta, es necesario verificar su comportamiento, donde tendrá parte la Mecánica de materiales, ya que esta determinara la resistencia, rigidez y la estabilidad, así también influirán otros aspectos, como su diseño, construcción, sobrecargas y zonificación

Es por ello que se determinara la capacidad de deformación equivalente.

El Tecnológico Nacional de México, Campus Apizaco (ITA), el cual es perteneciente al estado de Tlaxcala y respecto al mapa, zonificación de peligro sísmico, se tomará en cuenta que Tlaxcala se encuentra en zona B y C, según el manual de CFE.

El análisis y monitoreo brindaran sus periodos de vibrar que tiene continuamente los edificios B y G.

Por lo que se tomaran diferentes aspectos para llegar a un informe que nos determine la salud de la estructura, Implementando una metodología para establecer su nivel de riesgo.

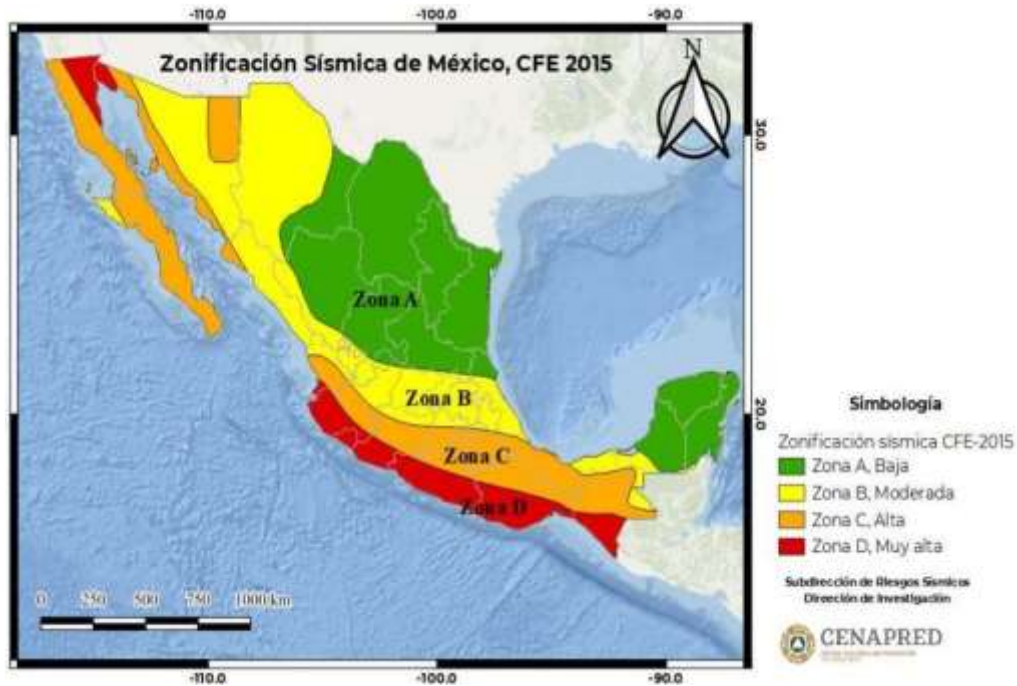


Imagen 1. Zonificación Sísmica De México *

La mecánica crea una relación entre las cargas y fuerzas externas que le son aplicadas a un cuerpo deformable y la intensidad de las fuerzas internas de la misma.

Teniendo una respuesta Dinámica la cual determinará el movimiento, velocidad y aceleraciones de su masa (deformación) cuando está sometida a una fuerza lateral o a un movimiento sísmico en su base.

Para la estimación de capacidad de deformación equivalente para ambos edificios es necesario aplicar la ecuación de capacidad de deformación equivalente, en ambos edificios pertenecientes a la Infraestructura Física del ITA.

Con el dato ya obtenido podremos establecer su nivel de riesgo ante acciones sísmicas.

Es importante para esto contemplar la gráfica esfuerzo-deformación, siendo esta, La ley de Hooke.

Donde se tomará en cuenta los siguientes datos:

* Manual de Obras Civiles (CFE)

F= Fuerza sísmica equivalente

Acción sísmica= Creada por un desplazamiento lateral que depende de la magnitud del sismo y de la estructura.

Deformación= Se puede proyectar como se muestra en el siguiente grafico
Donde,

1. U_{NY} = Desplazamiento de fluencia
2. U_{NF} = Desplazamiento de falla
3. V_{by} = Coeficiente basal de fluencia

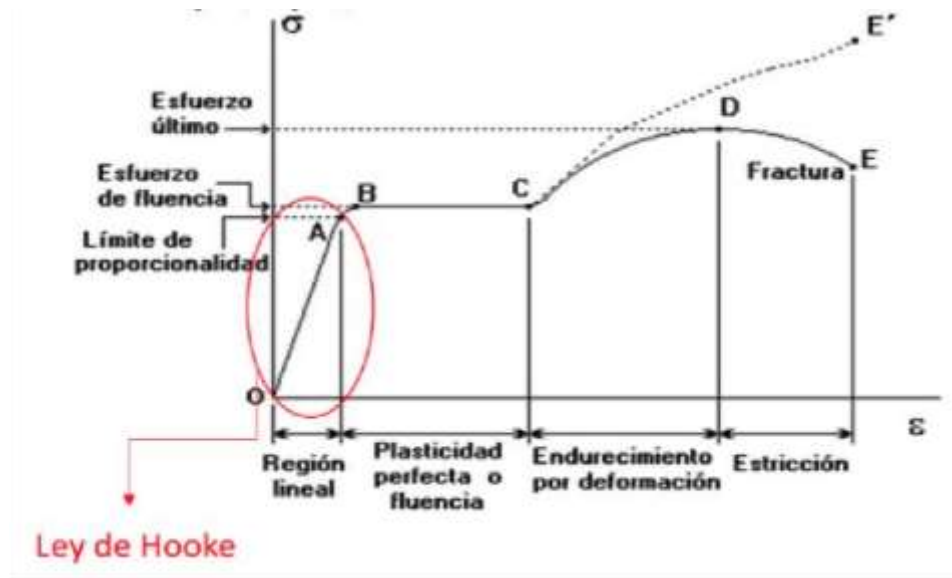


Imagen 2. Curva Esfuerzo-Formación.

Las propiedades mecánicas de la estructura describirán en el análisis la reacción ante una fuerza aplicada, siendo estas capaces de transmitir y resistir deformaciones.

A continuación, se muestran propiedades que debe tener una estructura, las cuales se consideraran para su misma evaluación así estimando la vulnerabilidad sísmica.

1) Resistencia= V_{by}

2) Rigidez lateral= $\frac{V_{by}}{U_{NY}} = K$; $V_{by} = K U_{NY}$... Ley Hooke

3) Ductilidad= $\frac{U_{NF}}{U_{NY}} = \mu$

Si $U_{NF} = U_{NY}$; $\mu = 1$, es el comportamiento frágil-comportamiento dúctil

Capacidad de deformación equivalente

Propiedades dinámicas

La segunda ley de Newton dice que: “La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre él e inversamente proporcional a la masa”.

Donde,

$$F=ma$$

1. $\frac{dv}{dt}$ = Velocidad
2. $\frac{d^2v}{dt^2}$ = Aceleración

$$\frac{md^2v}{dt^2} + \frac{Cdu}{dt} + Ku=0$$

Fuerzas por amortiguamiento $FD = (\text{Coeficiente de amortiguamiento}) (\text{velocidad})$

Vibración libre sin amortiguamiento

$M u(t) + Ku(t) = 0$, Ecuación diferencial homogénea

$$W_n = \sqrt{\frac{K}{m}}, \text{ Frecuencia de vibrar [rad/seg]}$$

$$T_n = \frac{2\pi}{W_n} = \text{Periodo de vibrar [seg]}$$

$$F_n = \frac{1}{T_n} = \text{Frecuencia cíclica, } \frac{\text{ciclos}}{\text{seg}} = H_2$$

Suponemos que el sismo es la aceleración del suelo, siendo una medida utilizada en su propio análisis sísmico.

La cual consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo.

La unidad de aceleración es la intensidad del campo gravitatorio ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$), también sabemos que la masa se puede calcular como:

$$m = \frac{WT}{g} = \frac{\text{Peso}}{\text{Constante de gravedad}}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \dots 980 \text{ cm/s}^2$$

El coeficiente basal es un coeficiente sísmico, el cual nos permitirá determinar la fuerza lateral, como consecuencia de las fuerzas inerciales aplicadas a un sistema de N grados de libertad, distribuidas a lo largo de sus diferentes alturas de la

estructura, donde se deberá tomar en cuenta, todas las cargas participativas, además incluir efectos sísmicos (aceleraciones según período fundamental obtenido).

La finalidad de determinar esta fuerza cortante es para poder distribuir la fuerza sísmica que se acumula en cada uno de los niveles y así aplicar a la ecuación final.

$$C = \frac{V_{by}}{W_T} = \frac{S_a(T)}{g}$$

$$V_{by} = C W_T$$

$$C W_T = K U_{NY}$$

Espectro de respuesta sísmica

Un espectro de respuesta (final), son espectros calculados en sitio. Los cuales representan la respuesta de la estructura, dentro de este proceso se incluye la sobrerresistencia en función del tipo de estructura.

Los espectros estudian las características del terreno, para así generar un espectro necesario y calcular la respuesta dinámica con sus diferentes periodos de vibrar.

$$C W_T = K U_{NY}$$

$$W_n = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$T_n = \frac{2\pi}{W_n} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$T_n^2 = \left[2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \right]^2$$

$$T_n^2 = 4\pi^2 \frac{m}{K}$$

$$\text{Si } m = \sqrt{\frac{W_T}{g}}$$

$$T_n^2 = 4\pi^2 \frac{W_T}{g \cdot K} = \frac{4\pi^2 W_T}{g \frac{C W_T}{U_{NY}}}$$

$$T_n^2 = 4\pi^2 \frac{W_T}{g C}$$

Parámetros para el diseño sísmico T_n

$$U_{NY} = \frac{T_n^2 \cdot c_g}{4\pi^2}$$

$\mu = Q \Rightarrow$ Factor de componente sísmico (tipo de material y estructuración)

$$\mu = \frac{U_{NF}}{U_{NY}} \dots$$

$$U_{NF} = \mu U_{NY}$$

$$U_{NF} = Q U_{NY}$$

Finalmente, la ecuación de capacidad de deformación equivalente

$$U_{NF} = \frac{Q T_n^2 \cdot c_g}{4\pi^2}$$

Donde:

Q: Factor de comportamiento sísmico

T_n^2 : Periodo de vibrar

c: Coeficiente de diseño sísmico

g: Gravedad

Por lo que Q, es igual a 2, respecto al Mapa de zonificaciones, Tlaxcala está dentro de la zona B, con un suelo tipo II, respecto a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo se ha tomado dicho valor para Q.

El periodo de vibrar se encuentra en el apartado, resultados y estimación de capacidad de deformación equivalente.

El coeficiente de diseño es igual a 0.32, según las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo Cdmx, en la notación 3, espectros para diseño sísmico, menciona en la tabla 3.1, Los valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones, por lo que $c = 0.32$.

4.- Proceso de aplicación para instrumentar

- 1.- Identificar el edificio de interés
- 2.- En la parte más alta del edificio ubicar el centro geométrico de la estructura
- 3.- Orientar el equipo, creando líneas paralelas del equipo con la orientación del mismo.

4.- Nivelar el equipo.

5.- Conectar

1. Cables

2. Pila

Espera 4 minutos

3. Conectar el cable ethernet a la computadora

6.- Configurar la computadora.

7.- Acceder al equipo

8.- Comenzar instrumentación (registro)

5.- Análisis de los registros

Aplicación (instrumentación de edificios)

Edificio B

Registro del edificio B, dos puntos en planta alta al uno al centro geométrico y otro en una esquina, el tercer punto se realizó al centro geométrico en planta baja. Como se muestran en las siguientes Fotografías.



Imagen 3. Modo de Vibrar, Edificio B, Punto 01, Centro Geométrico N1.



Imagen 4. Modo de Vibrar, Edificio B, Punto 02, Esquina Sur-Este N1.



Imagen 5. Modo de Vibrar, Edificio B, Punto 03, Centro Geométrico Pb.

Edificio G

Registro del edificio G, dos puntos en planta alta al uno al centro geométrico y otro en una esquina, el tercer punto se realizó al centro geométrico en planta baja. Como se muestran en las siguientes Fotografías.



Imagen 6. Modo de Vibrar, Edificio G, Punto 01, Centro Geométrico N1.



Imagen 7. Modo de Vibrar, Edificio G, Punto 02, Esquina Sur-Este N1.



Imagen 8. Modo de Vibrar, Edificio G, Punto 03, Centro Geométrico Pb.

Resumen de aplicación (bitácora)

Registros edificio b

Obtenidos en el software Geopsy.

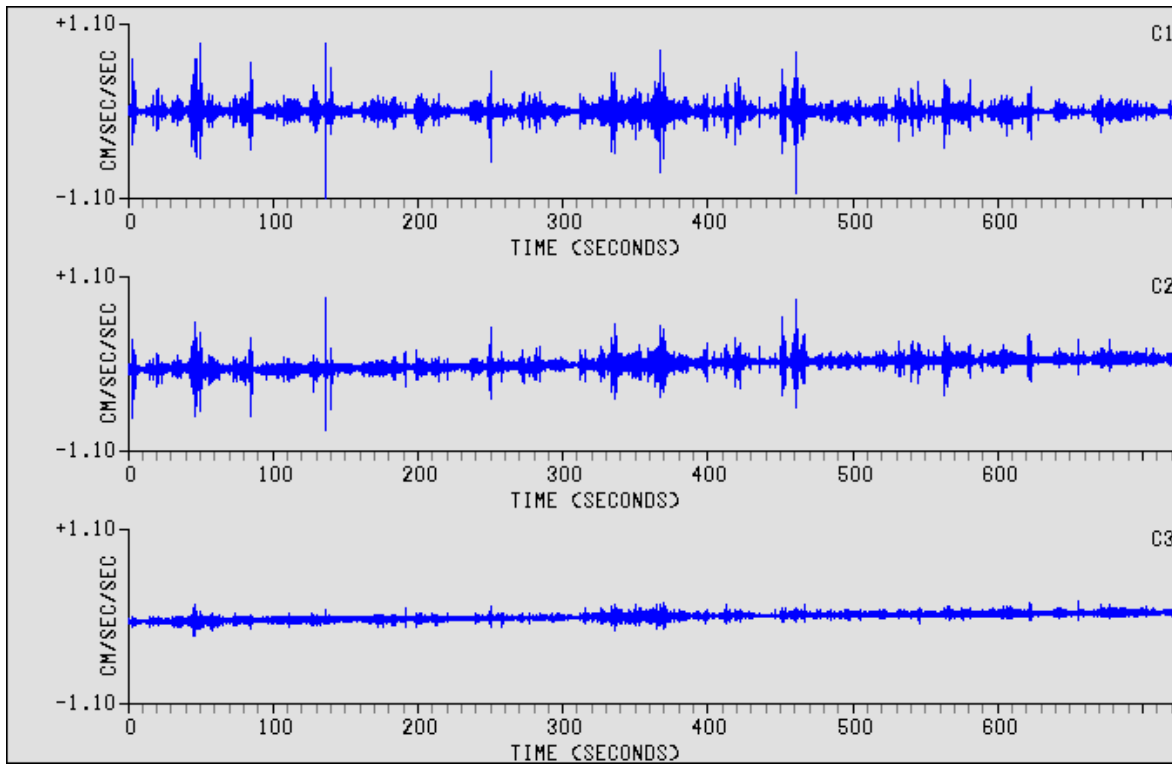


Imagen 9. Punto 01 Centro Geométrico Nivel 1, Edificio B.



Imagen 10. Registro, Punto 01 Centro Geométrico, Nivel 1, Edificio B.



Imagen 11. Punto 02 Esquina Sur Este, Nivel 1, Edificio B.

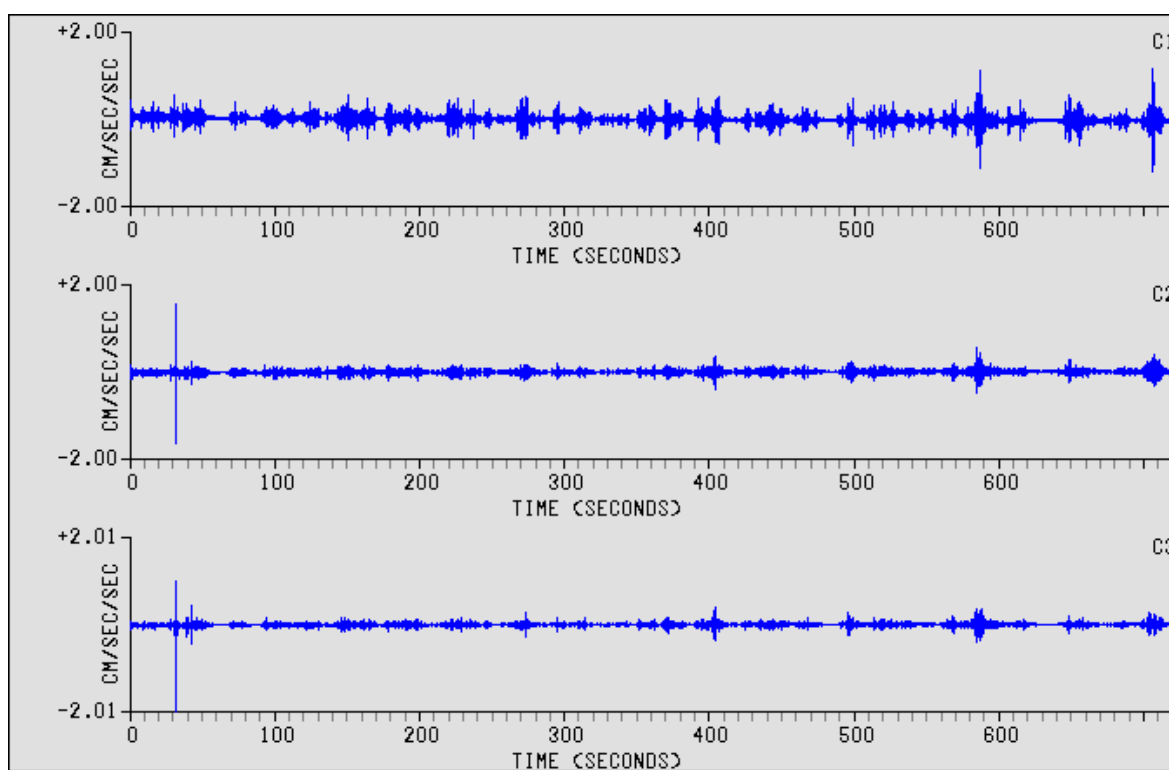


Imagen 12. Registro Punto 02 Esquina Sur Este, Nivel 1, Edificio B.



Imagen 13. Punto 03 Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio B.

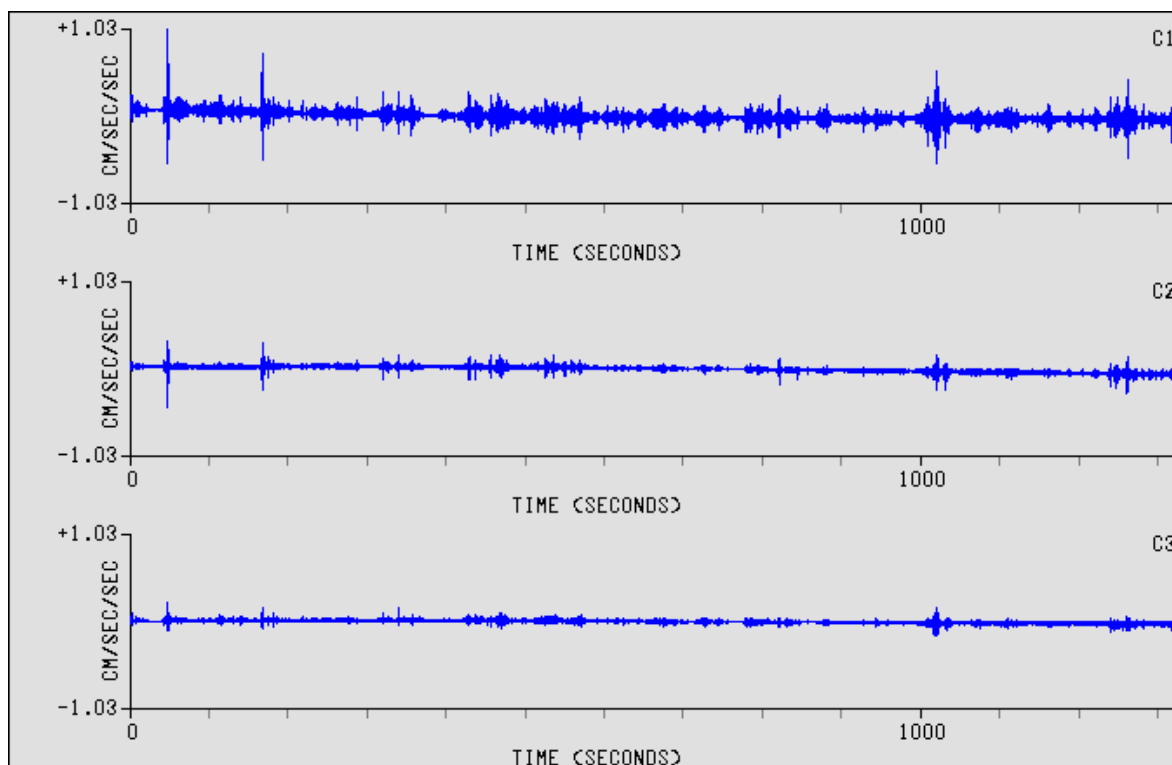


Imagen 14. Registro Punto 03 Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio B.

Registros edificio G

Obtenidos en el software Geopsy.



Imagen 15. Punto 01, Centro Geométrico, Nivel 1, Edificio G.

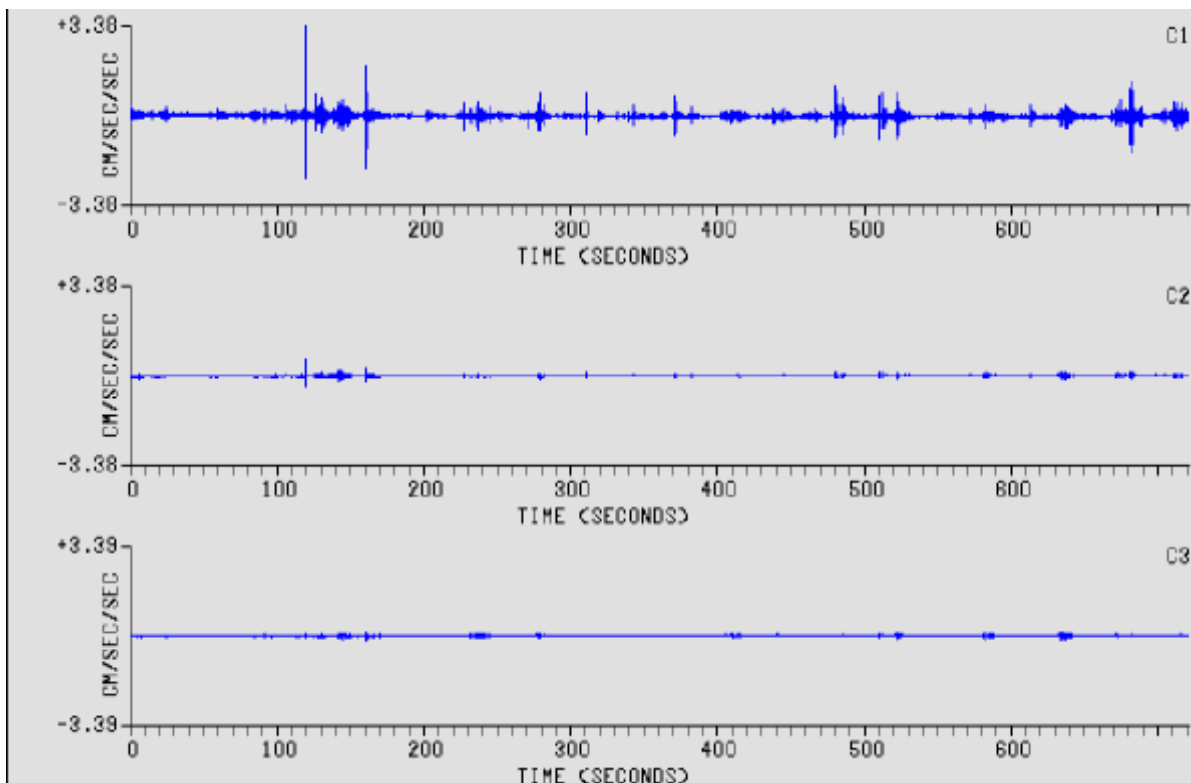


Imagen 16. Registro Punto 01 Centro Geométrico, Nivel 1, Edificio G.



Imagen 17. Punto 02 Esquina Sureste, Nivel 1, Edificio G.

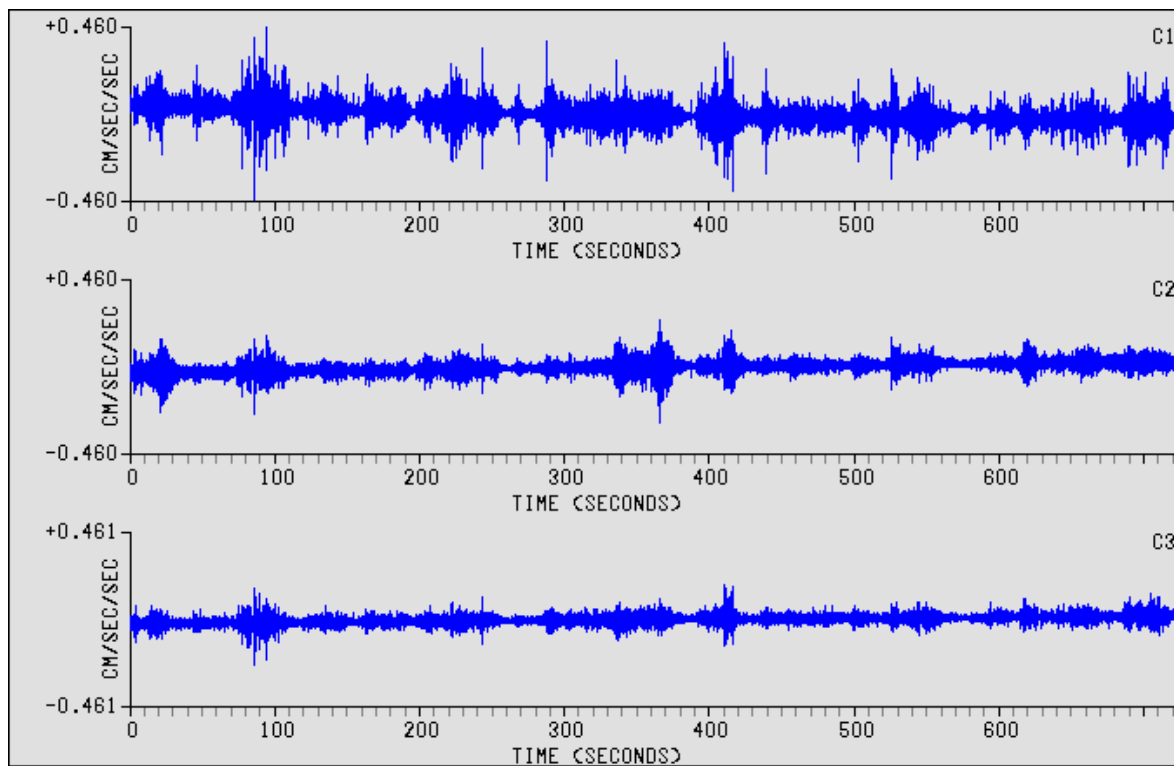


Imagen 18. Registro Punto 02 Esquina Sureste, Nivel 1, Edificio G.



Imagen 19. Punto 03 Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio G.

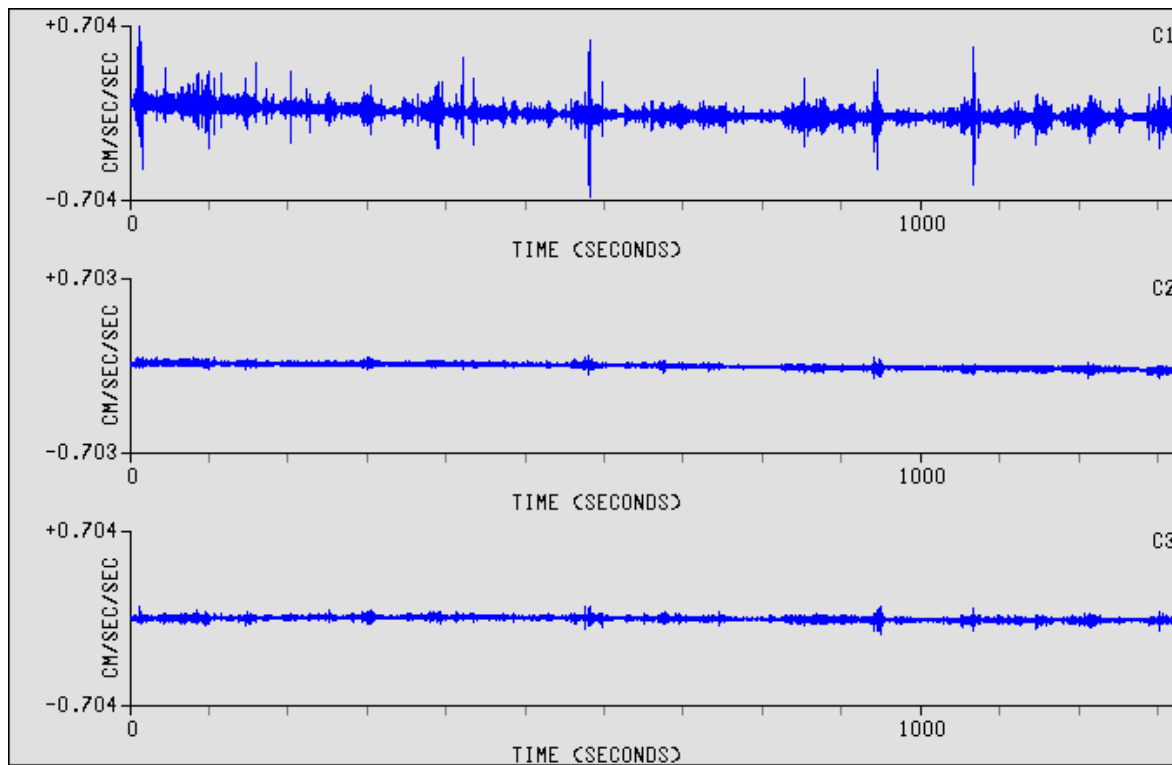


Imagen 20. Registro Punto 03, Centro Geométrico, Planta Baja, Edificio G.

Software geopsy

El equipo de Geopsy está desarrollando, distribuyendo y manteniendo software de código abierto para investigación y aplicaciones geofísicas. Nacido durante el proyecto europeo SESAME, ha proporcionado herramientas para procesar vibraciones ambientales con la caracterización del sitio en mente desde 2005.



Imagen No.21, Software Geopsy

Para poder hacer las aplicaciones correspondientes a los datos ya obtenidos con el equipo que se instrumentó cada edificio se deben de hacer algunos ajustes en el software geopsy para así obtener los cocientes espectrales de cada punto.



Imagen No.22, Configuración de software para análisis de cada punto.

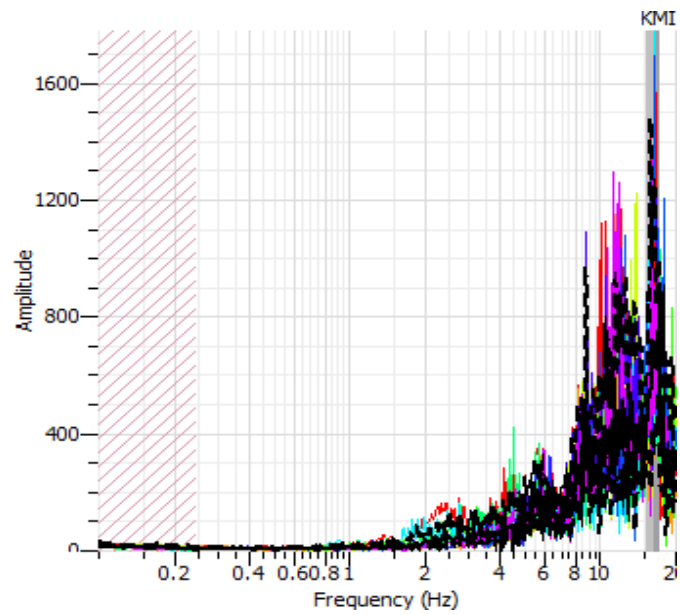


Imagen 23. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Centro Geométrico Ch1.

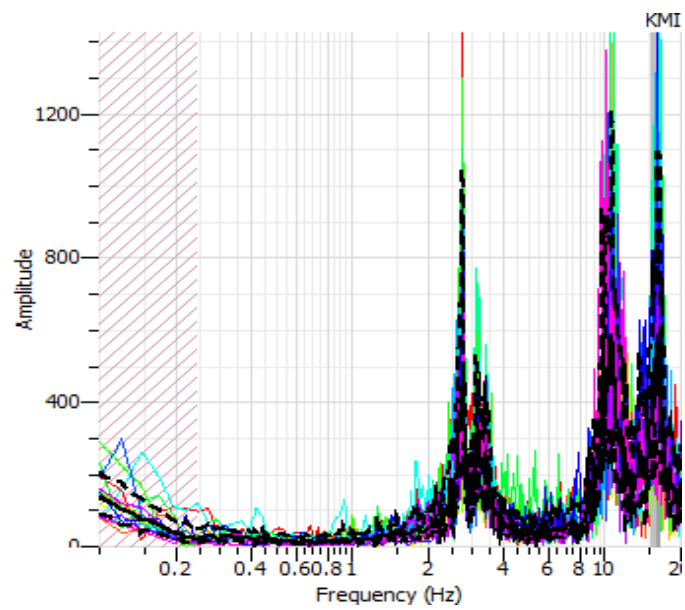


Imagen 24. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Centro Geométrico Ch2.

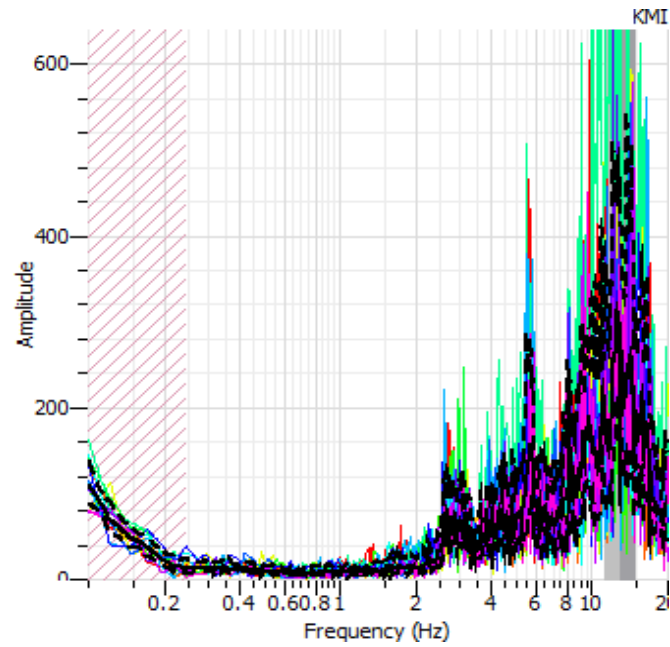


Imagen 25. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Centro Geométrico Ch3.

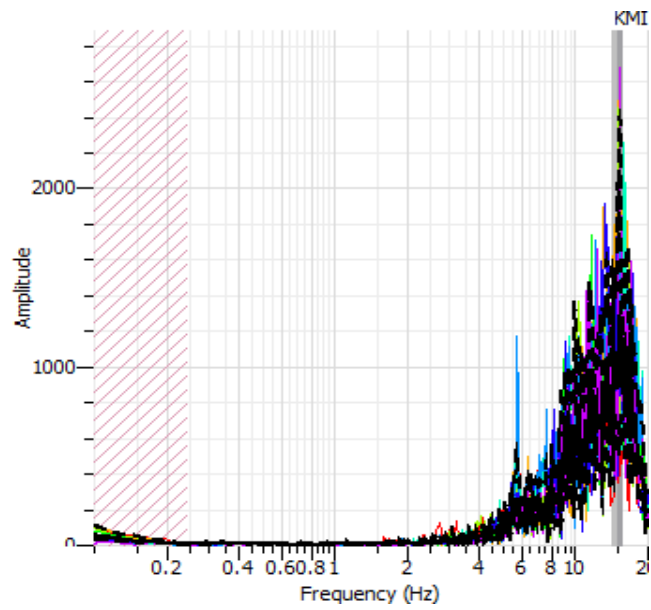


Imagen 26. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Esquina Sur-Este Ch1.

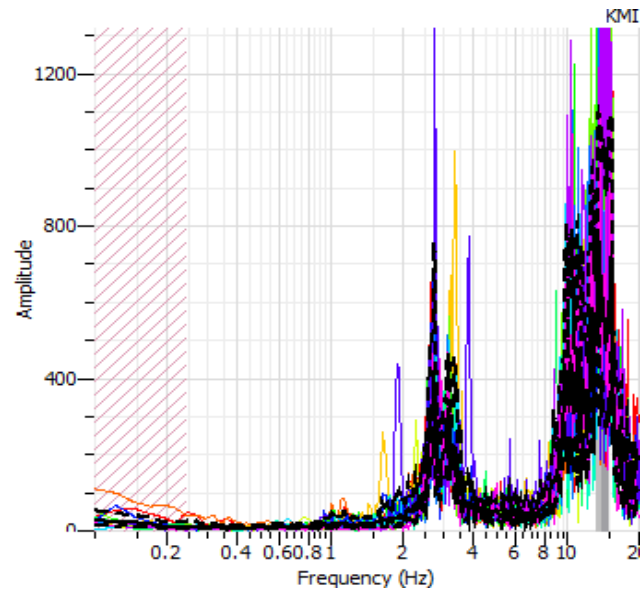


Imagen 27. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Esquina Sur-Este Ch2.

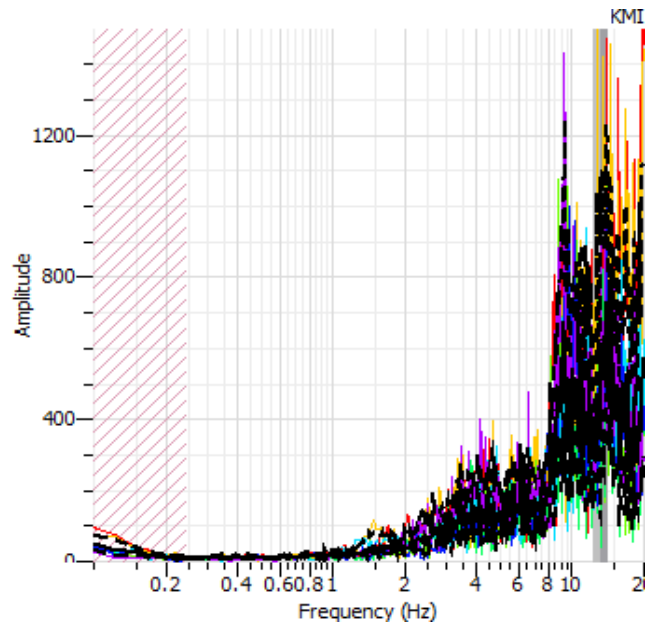


Imagen 28. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En N1, Esquina Sur-Este Ch3.

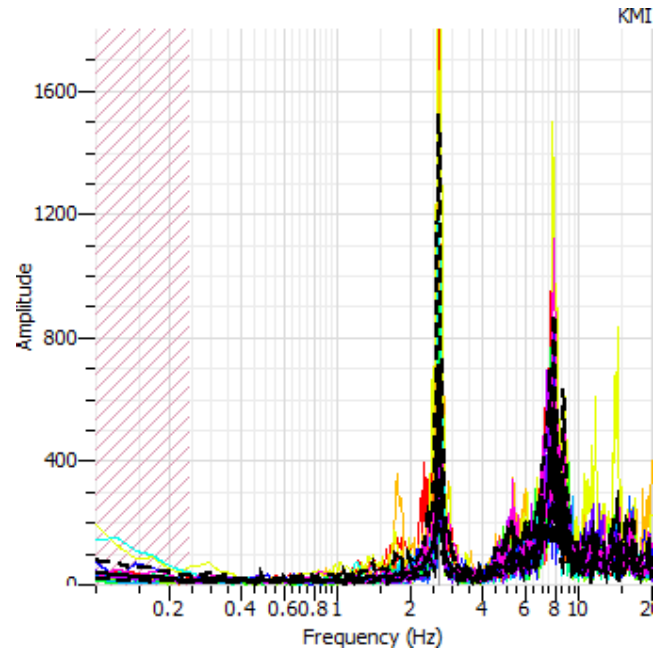


Imagen 29. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En Pb, Centro Geométrico Ch1.

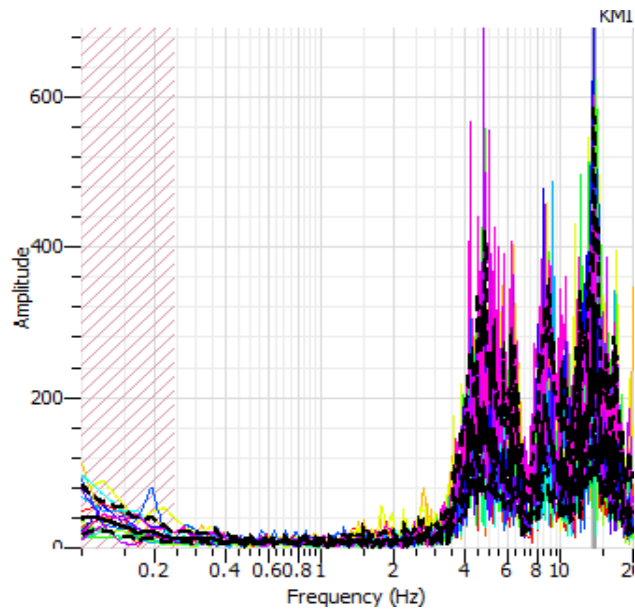


Imagen 30. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En Pb, Centro Geométrico Ch2.

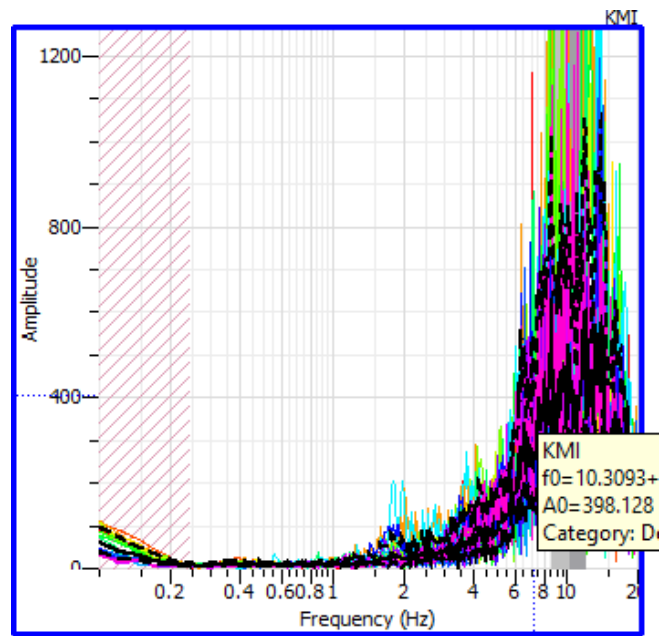


Imagen 31. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio B, En Pb, Centro Geométrico Ch1.

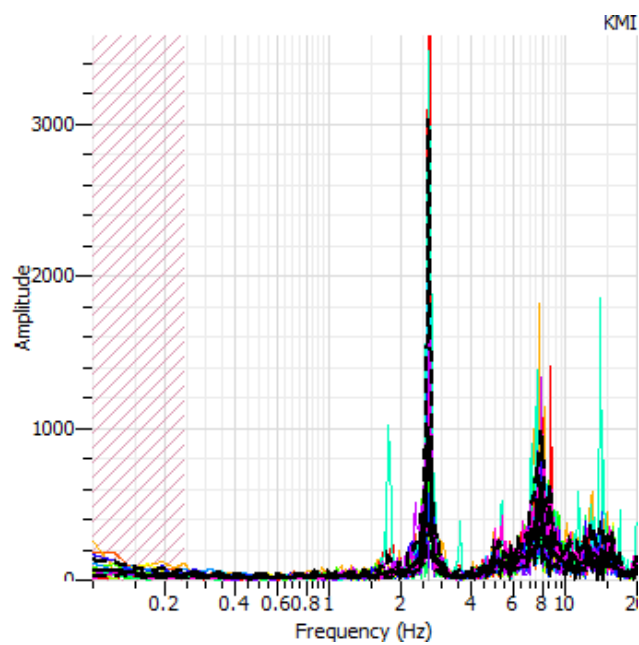


Imagen 32. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Centro Geométrico Ch1.

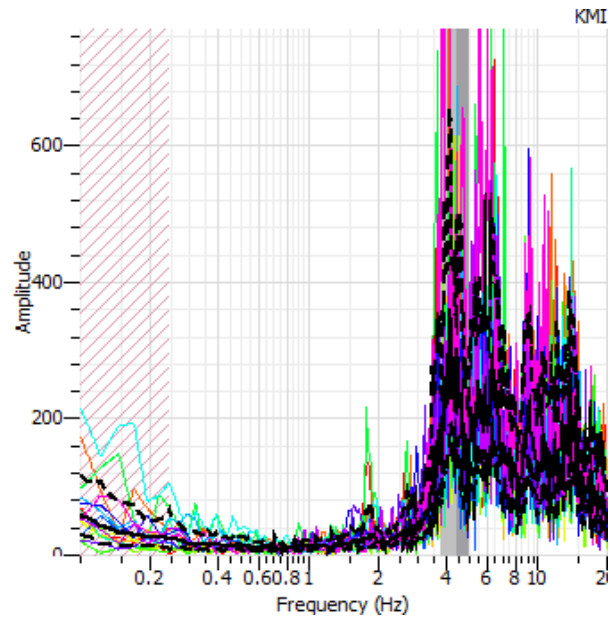


Imagen 33. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Centro Geométrico Ch2.

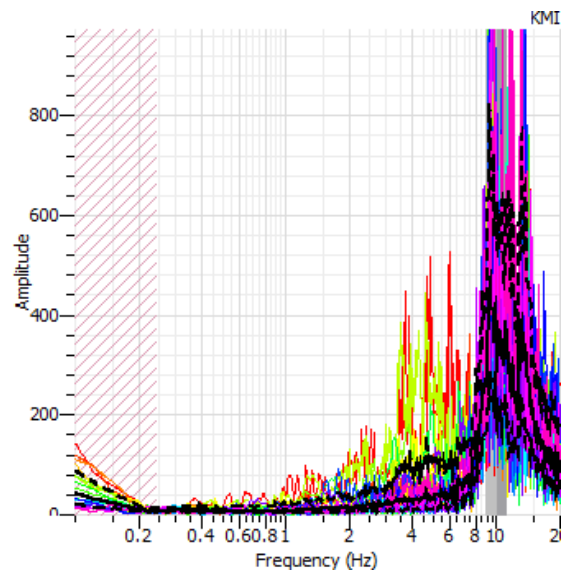


Imagen 34. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Centro Geométrico Ch3.

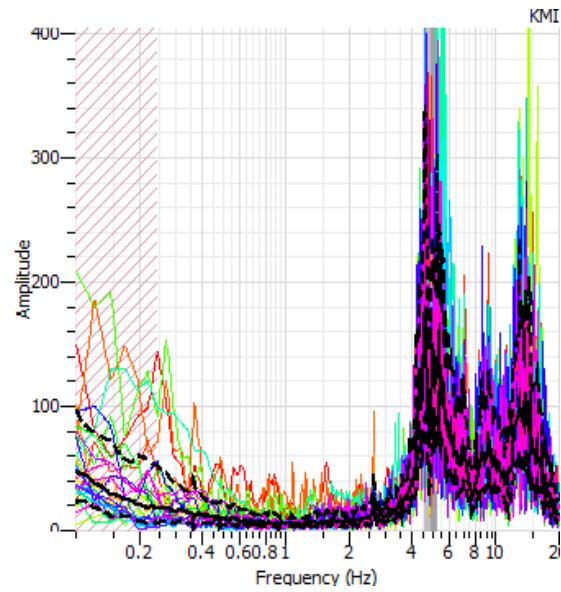


Imagen 35. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Esquina Sur-Este Ch1.

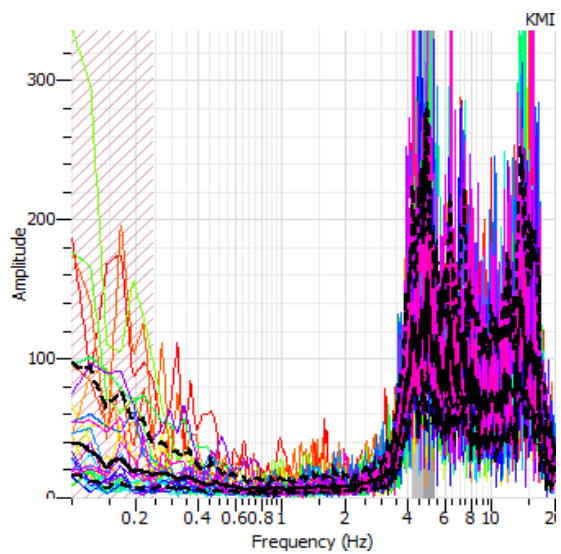


Imagen 36. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Esquina Sur-Este Ch2.

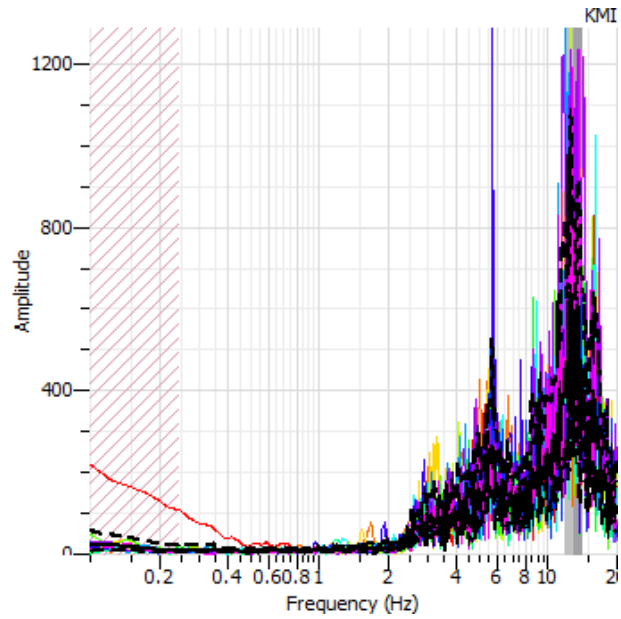


Imagen 37. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En N1, Esquina Sur-Este Ch3.

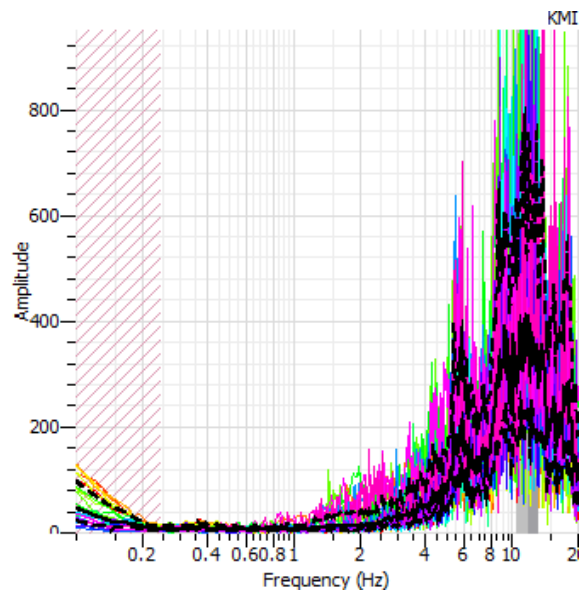


Imagen 38. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En Pb, Centro Geométrico Ch1.

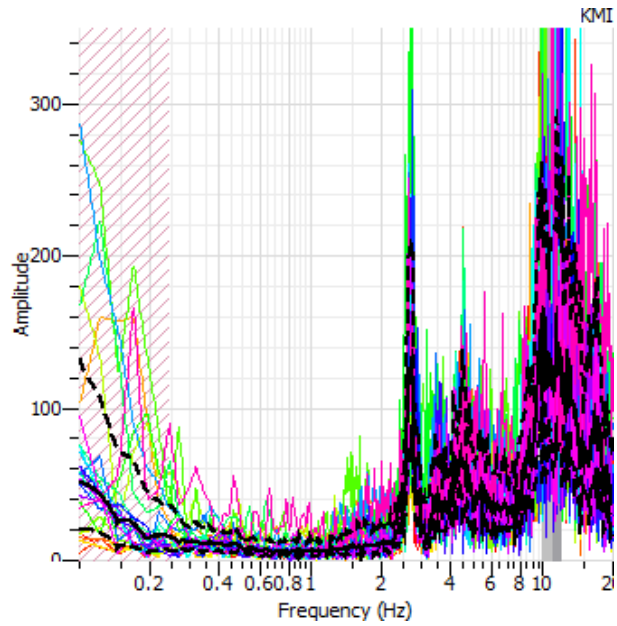


Imagen 39. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En Pb, Centro Geométrico Ch2.

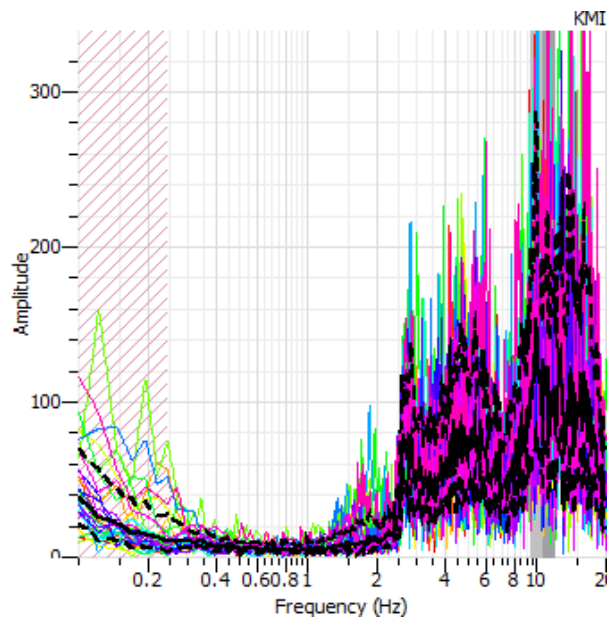


Imagen 40. Espectro de Amplitudes de Fourier, Datos Obtenidos del Edificio G, En Pb, Centro Geométrico Ch3.

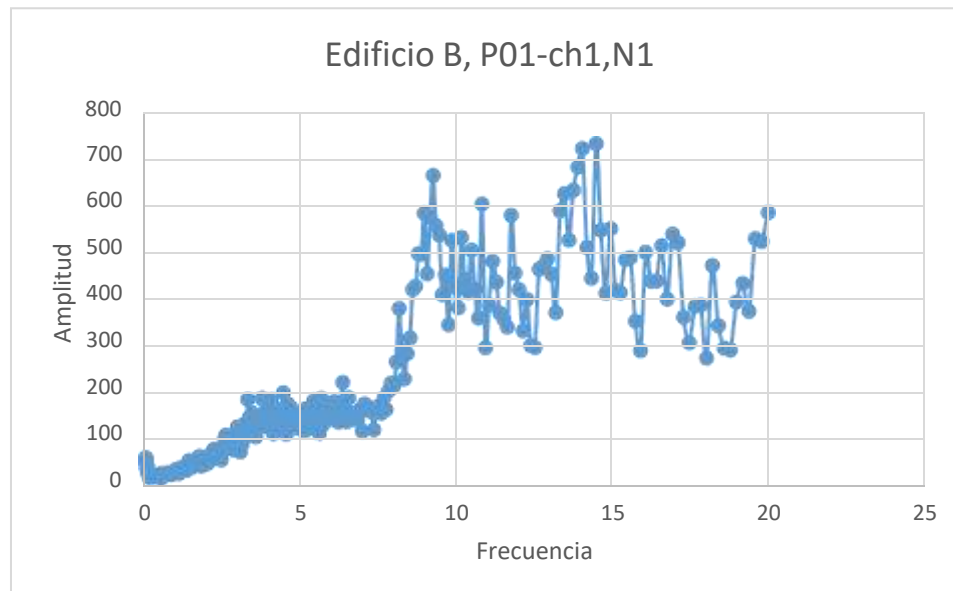
Resultados obtenidos de geopsy (edificio B)

Edificio B	P01-CENTRO GEOMETRICO-N1			P02-ESQUINA SURESTE-N1			P03-CENTRO GEOMÉTRICO-PB		
Frecuencia	Amplitud ch1	Amplitud ch2	Amplitud ch3	Amplitud ch1	Amplitud ch2	Amplitud ch3	Amplitud ch1	Amplitud ch2	Amplitud ch3
0,1	48,0576	37,4932	38,0265	60,3614	55,6258	56,7511	41,9952	46,1449	39,2116
0,101042	47,2761	37,3342	38,3606	59,3794	56,4299	56,467	41,5234	46,1491	39,2033
0,102095	46,4825	37,145	38,6539	58,3841	57,1456	56,1408	41,0414	46,1058	39,171
0,103159	45,6767	36,9257	38,9076	57,3752	57,78	55,772	40,5489	46,0175	39,1142
0,104235	44,8582	36,6764	39,1225	56,3521	58,3385	55,3602	40,0458	45,8856	39,0321
0,105321	44,0265	36,3968	39,299	55,3144	58,8247	54,9044	39,5318	45,7111	38,9238
0,106419	43,1812	36,0867	39,4371	54,2616	59,2411	54,4037	39,0066	45,4948	38,7882
0,107528	42,3217	35,7456	39,5366	53,1931	59,589	53,8566	38,4699	45,2367	38,6238
0,108649	41,4475	35,3726	39,5969	52,1082	59,8689	53,2615	37,9213	44,9365	38,429
0,109781	40,5579	34,967	39,617	51,0063	60,0804	52,6165	37,3603	44,5936	38,202
0,110925	39,6523	34,5276	39,5957	49,8863	60,2221	51,9189	36,7866	44,2067	37,9403
0,112081	38,7298	34,053	39,5313	48,7474	60,2916	51,1657	36,1997	43,7743	37,6412
0,113249	37,7897	33,5415	39,4214	47,5885	60,2853	50,3531	35,5989	43,2939	37,3013
0,11443	36,8309	32,9913	39,2635	46,4083	60,1983	49,4764	34,9837	42,7625	36,9165
0,115622	35,8523	32,3998	39,054	45,2051	60,024	48,5295	34,3532	42,176	36,4818
0,116827	34,8527	31,7642	38,7885	43,9772	59,7532	47,5045	33,7067	41,5291	35,9908
0,118045	33,8306	31,0809	38,4616	42,7222	59,3738	46,3907	33,043	40,8141	35,4353
0,119275	32,7842	30,3455	38,0661	41,4372	58,8684	45,173	32,361	40,0208	34,8047
0,120519	31,7115	29,5523	37,5927	40,1185	58,2124	43,8284	31,6592	39,1338	34,0845
0,121775	30,6101	28,694	37,0286	38,7612	57,368	42,3197	30,9358	38,1292	33,2538
0,123044	30,2424	28,6518	36,6485	38,179	57,2922	41,7946	30,5823	37,6692	32,8772
0,124326	30,0918	28,7977	36,3297	37,8287	57,3551	41,5658	30,3175	37,3832	32,6123
0,125622	29,9264	28,8719	35,9947	37,4637	57,2906	41,292	30,0243	37,0745	32,2929
0,126931	29,7456	28,8843	35,643	37,084	57,1195	40,9761	29,7059	36,7425	31,9221
0,128254	29,549	28,8417	35,2738	36,6894	56,8554	40,6201	29,3642	36,386	31,5015
0,129591	29,336	28,7489	34,8866	36,2797	56,5076	40,2256	29,0008	36,0041	31,0323
0,130942	29,1059	28,6093	34,4805	35,8545	56,082	39,7931	28,6169	35,5953	30,5145
0,132306	28,8579	28,4251	34,0543	35,4135	55,5829	39,3231	28,213	35,1581	29,9477
0,133685	28,5913	28,1977	33,6067	34,9563	55,0127	38,8153	27,7896	34,6906	29,3307
0,135079	28,305	27,9277	33,1362	34,4822	54,3724	38,2691	27,3468	34,1906	28,6615
0,136487	27,9981	27,6147	32,6407	33,9908	53,6622	37,6836	26,8845	33,6553	27,9373
0,137909	27,6692	27,2579	32,1175	33,4811	52,8809	37,0573	26,4025	33,0813	27,1543
0,139346	27,3169	26,8552	31,5632	32,9524	52,0262	36,3883	25,9001	32,4644	26,3076
0,140799	26,9397	26,4032	30,9733	32,4034	51,0944	35,6741	25,3767	31,7991	25,3901
0,142266	26,5357	25,8968	30,3414	31,833	50,0803	34,9114	24,8312	31,0781	24,3926

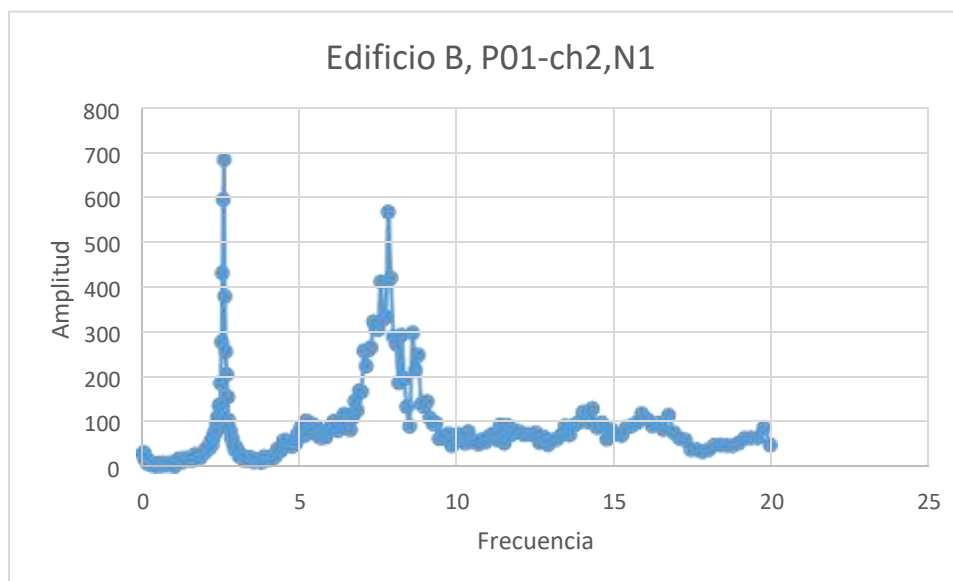
0,143749	26,1026	25,3278	29,658	31,2395	48,9763	34,0961	24,2621	30,2915	23,3019
0,145247	25,6378	24,6831	28,9086	30,6209	47,7716	33,2228	23,6677	29,4243	22,0988
0,146761	25,1592	24,1125	28,1796	29,9622	46,5287	32,497	23,1303	28,6401	21,1735
0,148291	24,7458	24,2374	27,8857	29,2254	45,5516	32,6588	22,9379	28,6291	22,0086
0,149836	24,3081	24,3112	27,5607	28,4721	44,5172	32,7592	22,7066	28,5858	22,7581
0,151398	23,8448	24,3395	27,2024	27,7011	43,4239	32,8032	22,4391	28,5106	23,4385
0,152976	23,3542	24,326	26,808	26,9113	42,2695	32,7942	22,1371	28,4037	24,06
0,15457	22,8345	24,2728	26,3741	26,1016	41,0511	32,7342	21,8016	28,2645	24,6296
0,156181	22,283	24,1809	25,8967	25,2703	39,765	32,6244	21,4332	28,0921	25,1515
0,157809	21,6963	24,0505	25,3707	24,4157	38,4064	32,4651	21,0318	27,885	25,6286
0,159454	21,0701	23,8811	24,7893	23,5356	36,9691	32,2558	20,5969	27,6413	26,0622
0,161116	20,3983	23,6715	24,1437	22,6273	35,4453	31,9949	20,127	27,3583	26,4526
0,162795	19,6722	23,4196	23,4214	21,6873	33,8245	31,6804	19,6199	27,0325	26,799
0,164492	18,8789	23,1228	22,6043	20,7114	32,0928	31,3089	19,0721	26,6595	27,0993
0,166206	17,9972	22,7772	21,6631	19,6936	30,2307	30,8761	18,478	26,2331	27,3503
0,167938	16,9895	22,3777	20,5441	18,6258	28,2093	30,3757	17,8285	25,745	27,5465
0,169689	15,777	21,9174	19,124	17,4958	25,9835	29,7995	17,107	25,1834	27,6802
0,171457	14,9118	21,6697	18,1036	16,6147	24,7459	29,3736	16,489	24,7701	27,5775
0,173244	15,3326	21,9459	18,9579	16,4095	26,0947	29,3911	16,2579	24,8001	27,0718
0,17505	15,5813	22,1404	19,6124	16,1885	27,3593	29,3471	15,9938	24,7727	26,5324
0,176874	15,7076	22,269	20,1261	15,9515	28,5502	29,2437	15,6967	24,6929	25,9591
0,178718	15,7372	22,3406	20,5302	15,6982	29,6741	29,0819	15,3658	24,5626	25,351
0,18058	15,6845	22,3607	20,843	15,4281	30,7361	28,8621	14,9998	24,3818	24,7067
0,182463	15,5574	22,3321	21,0763	15,1404	31,7393	28,5839	14,5962	24,1486	24,0242
0,184364	15,36	22,2558	21,2379	14,8342	32,6856	28,2461	14,1519	23,8592	23,3005
0,186286	15,0933	22,1309	21,3329	14,5084	33,5761	27,8467	13,6621	23,5071	22,5317
0,188227	14,7557	21,9545	21,3645	14,1612	34,4109	27,3828	13,12	23,082	21,7121
0,190189	14,343	21,7212	21,3345	13,7909	35,1894	26,8504	12,5153	22,5667	20,8335
0,192171	13,8477	21,4209	21,2436	13,3947	35,91	26,2438	11,8317	21,93	19,8837
0,194174	13,2577	21,0363	21,0914	12,9693	36,5706	25,5556	11,0403	21,1038	18,8423
0,196198	12,7759	20,7165	20,8192	12,5824	36,6551	25,2787	10,5732	20,4762	18,3193
0,198243	12,5029	20,5317	20,4362	12,2602	36,0233	25,551	10,6057	20,431	18,5494
0,200309	12,1723	20,2754	20,0261	11,9124	35,3412	25,7391	10,5549	20,3563	18,7316
0,202397	11,784	19,9572	19,5876	11,5382	34,6066	25,8567	10,4345	20,2515	18,8697
0,204506	11,3358	19,5821	19,1194	11,1363	33,8163	25,9121	10,2512	20,1156	18,9659
0,206638	10,8237	19,1514	18,6191	10,705	32,9657	25,9106	10,0072	19,9467	19,0209
0,208791	10,2408	18,664	18,084	10,2416	32,0482	25,8553	9,70216	19,7426	19,034

Tabla 01, Frecuencia-Amplitud, Edificio B, P01-P02 y P03

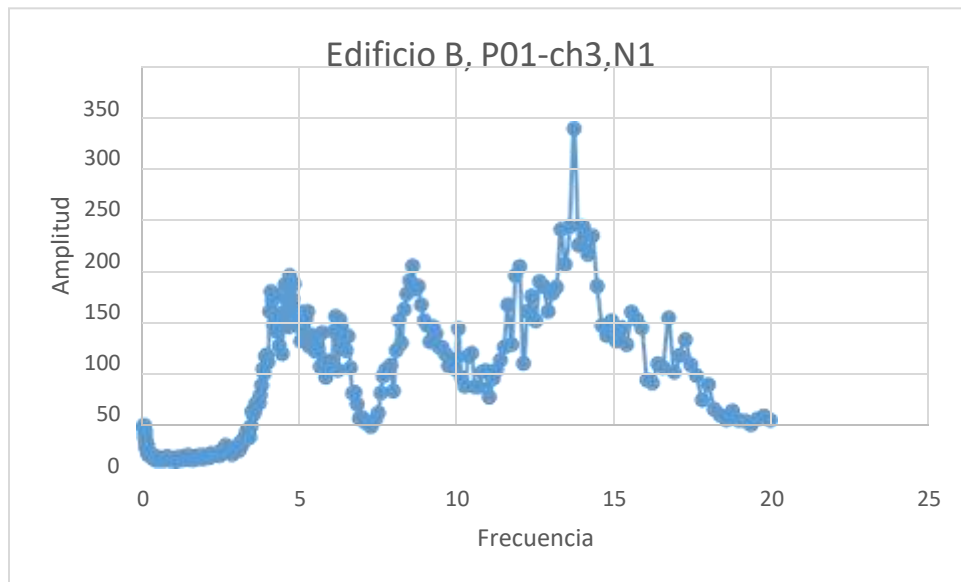
Gráficas de puntos (edificio B)



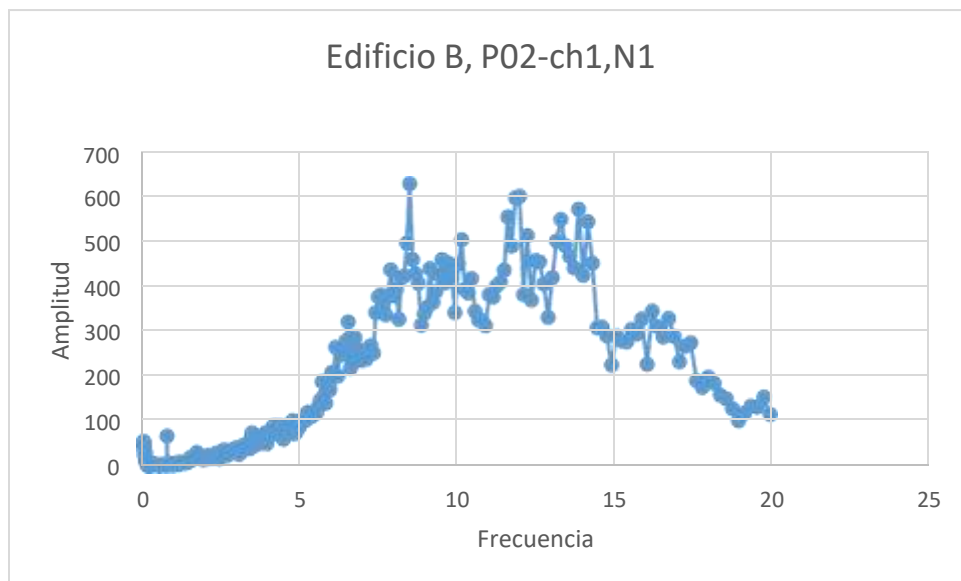
Gráfica 01, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P01-Ch1, N1



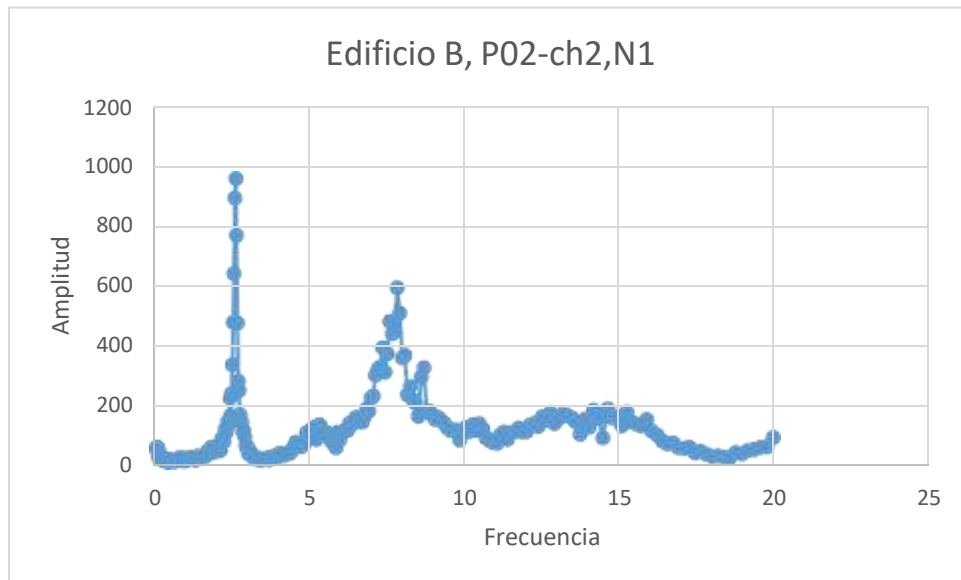
Gráfica 02, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P01-Ch2, N1



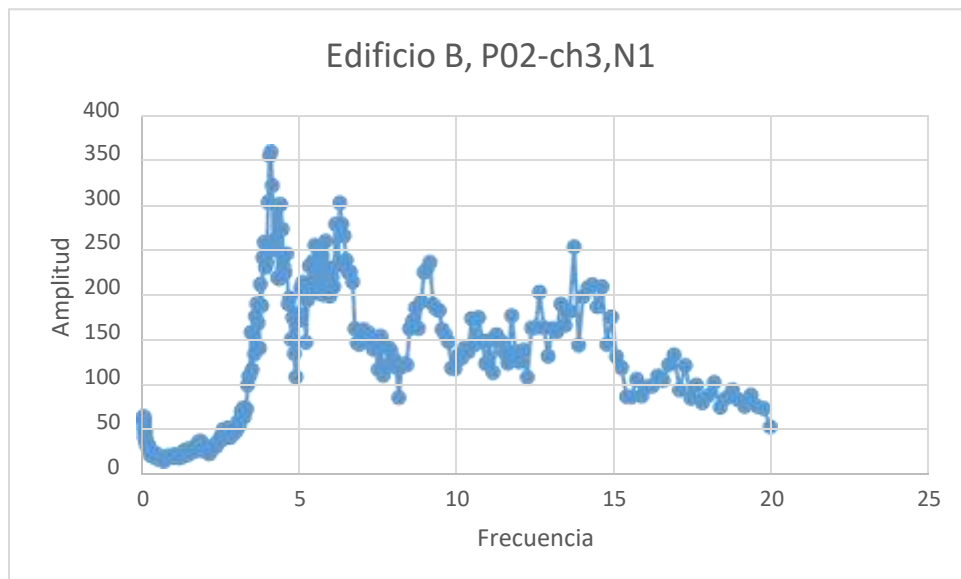
Gráfica 03, Espectro de Amplitudes de Fourier,Edificio B, P01-Ch3, N1



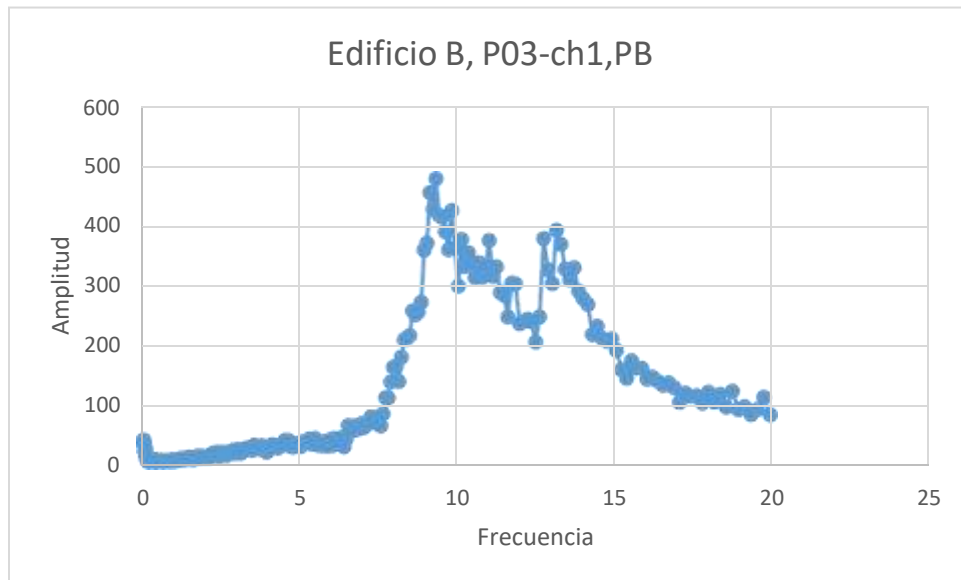
Gráfica 04, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P02-Ch1, N1



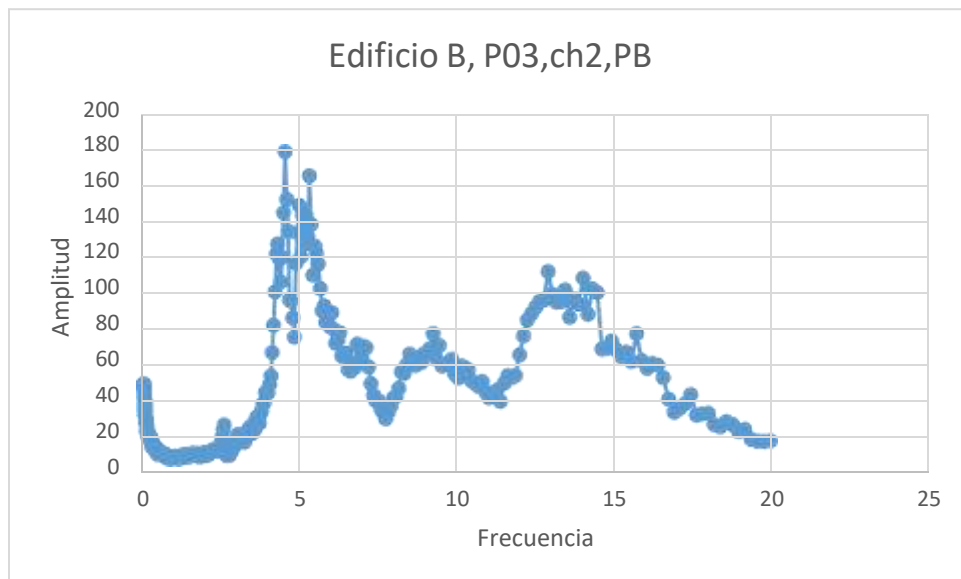
Gráfica 05, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P02-Ch2, N1



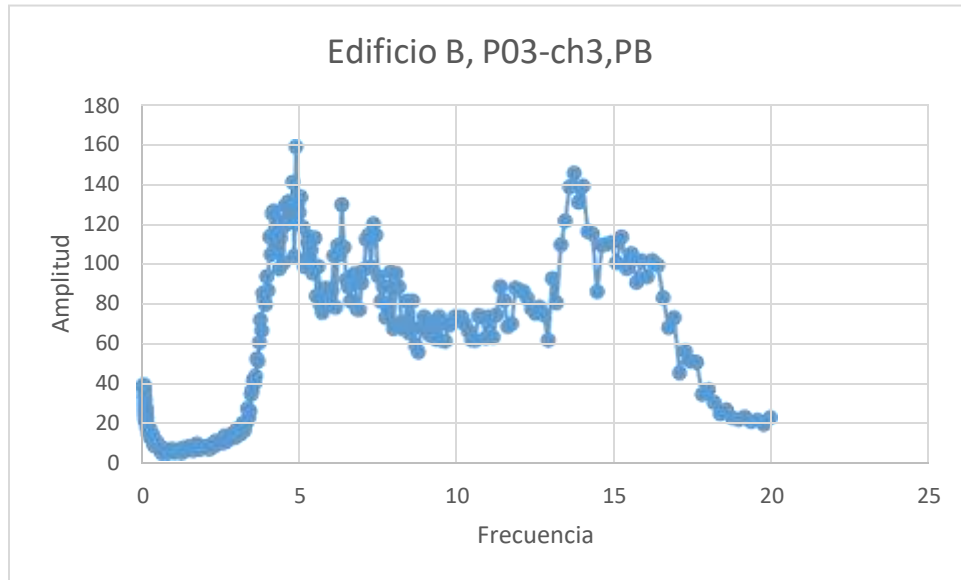
Gráfica 06, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P02-Ch3, N1



Gráfica 07, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P03-Ch1, PB



Gráfica 08, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P03-Ch2, PB



Gráfica 09, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio B, P03-Ch3, PB

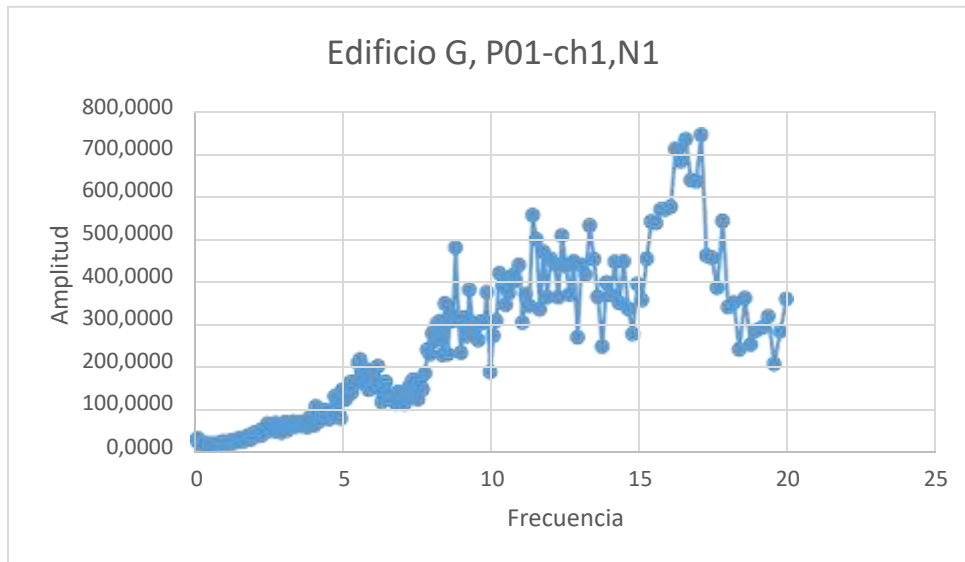
Resultados obtenidos de geopsy (edificio G)

Edificio G	P01-CENTRO GEOMETRICO-N1			P02-ESQUINA SURESTE-N1			PO3-CENTRO GEOMÉTRICO-PB		
Frecuencia	Amplitud ch1	Amplitud ch2	Amplitud ch3	Amplitud ch1	Amplitud ch2	Amplitud ch3	Amplitud ch1	Amplitud ch2	Amplitud ch3
0,1	19,9411	134,981	110,334	54,9097	25,6636	19,7212	45,6786	51,4299	37,9328
0,101042	19,6546	133,928	108,604	54,2485	25,6328	20,2353	45,03	51,2627	37,4985
0,102095	19,3603	132,814	106,838	53,5747	25,5833	20,6687	44,3712	51,068	37,0438
0,103159	19,0580	131,636	105,036	52,888	25,5152	21,0371	43,7019	50,847	36,5687
0,104235	18,7470	130,394	103,196	52,1881	25,4286	21,3508	43,0216	50,6006	36,073
0,105321	18,4271	129,087	101,316	51,4745	25,3234	21,6168	42,3302	50,3293	35,5562
0,106419	18,0974	127,713	99,3963	50,7471	25,1995	21,8403	41,6271	50,0335	35,0179
0,107528	17,7575	126,271	97,434	50,0053	25,0566	22,0247	40,9121	49,7132	34,4572
0,108649	17,4066	124,757	95,4277	49,2488	24,8943	22,1725	40,1846	49,3686	33,8733
0,109781	17,0438	123,17	93,3754	48,477	24,7122	22,2854	39,4443	48,9995	33,265
0,110925	16,6681	121,504	91,2747	47,6897	24,5095	22,3644	38,6904	48,6057	32,6307
0,112081	16,2786	119,755	89,1232	46,8862	24,2856	22,4098	37,9223	48,1865	31,9688
0,113249	15,8736	117,919	86,9178	46,066	24,0393	22,4216	37,1394	47,7417	31,2768
0,11443	15,4518	115,987	84,655	45,2285	23,7697	22,399	36,3407	47,2703	30,5518
0,115622	15,0111	113,951	82,3308	44,373	23,4752	22,3406	35,5252	46,7716	29,7901
0,116827	14,5491	111,801	79,9402	43,4989	23,1543	22,2446	34,6918	46,2446	28,9863
0,118045	14,0628	109,521	77,4773	42,6054	22,8049	22,1078	33,8388	45,6879	28,1331
0,119275	13,5483	107,09	74,9345	41,6916	22,4245	21,9262	32,9645	45,1003	27,219
0,120519	13,0004	104,481	72,3024	40,7566	22,0101	21,694	32,0665	44,4799	26,2246
0,121775	12,4117	101,65	69,5685	39,7992	21,5578	21,4024	31,1414	43,8249	25,1109
0,123044	12,4748	100,497	68,1604	38,9965	21,5858	21,2611	30,6079	43,1619	24,864
0,124326	12,7145	99,8304	67,1634	38,231	21,748	21,1556	30,1795	42,4702	24,8746
0,125622	12,9247	99,0785	66,1488	37,4486	21,888	21,0246	29,7289	41,7418	24,8482
0,126931	13,1099	98,2414	65,1156	36,6481	22,0062	20,8689	29,2561	40,9773	24,7907
0,128254	13,2732	97,3181	64,0628	35,8286	22,1029	20,6886	28,7612	40,1762	24,7059
0,129591	13,4169	96,3067	62,9894	34,9889	22,1781	20,4837	28,2438	39,338	24,5962
0,130942	13,5426	95,2044	61,8939	34,1275	22,2318	20,2539	27,7036	38,4615	24,4633
0,132306	13,6515	94,0071	60,7751	33,2427	22,2635	19,9989	27,1399	37,5448	24,3079
0,133685	13,7446	92,7092	59,6311	32,3326	22,2728	19,718	26,5518	36,5855	24,1304
0,135079	13,8226	91,3034	58,4598	31,3949	22,2589	19,4102	25,9381	35,5803	23,9309
0,136487	13,8857	89,7799	57,2588	30,4267	22,2208	19,0743	25,2974	34,5249	23,7088
0,137909	13,9344	88,1257	56,0253	29,4242	22,1572	18,7088	24,6277	33,4136	23,4631
0,139346	13,9687	86,3229	54,7553	28,3829	22,0662	18,3116	23,9267	32,2385	23,1925
0,140799	13,9886	84,346	53,4444	27,2965	21,9453	17,8803	23,1911	30,9888	22,8947
0,142266	13,9939	82,1572	52,0864	26,1564	21,7915	17,4117	22,4167	29,6485	22,5665

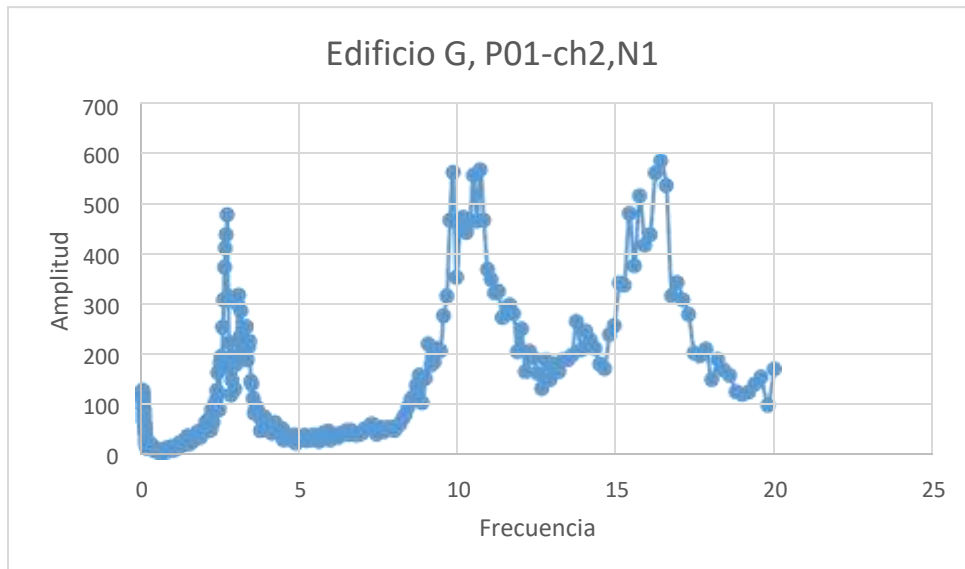
0,143749	13,9843	79,6955	50,6731	24,9502	21,6001	16,9016	21,5977	28,1928	22,2028
0,145247	13,9593	76,8528	49,1932	23,6583	21,3647	16,3445	20,7257	26,5786	21,7958
0,146761	13,9156	74,1446	47,8472	22,6345	21,0878	15,8765	19,9905	25,1626	21,3764
0,148291	13,8427	74,2522	47,4215	23,1936	20,8349	15,9877	20,1052	25,5568	21,1182
0,149836	13,7519	74,1138	46,9653	23,6248	20,5733	16,0399	20,1751	25,8747	20,8384
0,151398	13,6422	73,7828	46,4773	23,9581	20,3026	16,044	20,2045	26,1241	20,5368
0,152976	13,5127	73,2915	45,9559	24,2115	20,0223	16,007	20,1964	26,3097	20,213
0,15457	13,3617	72,6604	45,3993	24,3963	19,732	15,9333	20,153	26,4339	19,8661
0,156181	13,1876	71,9031	44,8056	24,5202	19,431	15,8259	20,0754	26,4977	19,4949
0,157809	12,9878	71,028	44,1725	24,5878	19,1186	15,6865	19,9646	26,5006	19,0978
0,159454	12,7594	70,0404	43,4974	24,6022	18,7941	15,5165	19,8205	26,4408	18,6727
0,161116	12,4982	68,9427	42,7772	24,565	18,4565	15,3162	19,6429	26,315	18,2167
0,162795	12,1986	67,7352	42,0084	24,4764	18,1044	15,0858	19,4308	26,1182	17,7254
0,164492	11,8524	66,4156	41,1869	24,3356	17,7365	14,8248	19,1826	25,8434	17,1926
0,166206	11,4473	64,9793	40,3077	24,1404	17,3507	14,5321	18,8958	25,4804	16,608
0,167938	10,9628	63,4187	39,3647	23,887	16,9445	14,2065	18,5666	25,0143	15,9529
0,169689	10,3594	61,7217	38,3504	23,5697	16,5142	13,8456	18,1893	24,4228	15,1847
0,171457	10,0367	59,9912	37,3148	23,0928	16,1674	13,5817	17,8208	23,7526	14,7514
0,173244	10,5361	58,4444	36,3648	22,3891	16,0104	13,5671	17,5592	23,1804	15,192
0,17505	10,8808	56,8623	35,3923	21,6685	15,7936	13,5086	17,2744	22,5816	15,4461
0,176874	11,1144	55,2424	34,3956	20,9296	15,523	13,4087	16,9659	21,9541	15,5986
0,178718	11,2579	53,5822	33,3723	20,1712	15,2019	13,2685	16,6328	21,2956	15,6784
0,18058	11,3225	51,8782	32,3199	19,3914	14,8311	13,0883	16,2741	20,6031	15,6986
0,182463	11,3138	50,1268	31,2349	18,5884	14,4097	12,8674	15,8881	19,8729	15,666
0,184364	11,2334	48,3229	30,1132	17,7598	13,9348	12,6041	15,4729	19,1001	15,5839
0,186286	11,0797	46,4607	28,9492	16,9024	13,4012	12,2955	15,0256	18,2784	15,4531
0,188227	10,8467	44,5322	27,7357	16,0127	12,8001	11,9371	14,5427	17,3993	15,2727
0,190189	10,5224	42,5266	26,4622	15,0856	12,1166	11,5223	14,0191	16,4506	15,0397
0,192171	10,0828	40,4287	25,1135	14,1148	11,3238	11,0406	13,4473	15,4142	14,7487
0,194174	9,47488	38,2151	23,6653	13,091	10,3633	10,4753	12,8157	14,2615	14,3908
0,196198	9,10766	36,9056	22,5887	12,3639	9,71377	10,0691	12,3162	13,9065	14,1424
0,198243	9,27045	36,7267	22,0955	12,0684	9,73483	9,9643	12,0421	14,5697	14,0964
0,200309	9,36118	36,3345	21,5573	11,7489	9,72032	9,84061	11,7382	15,0688	14,0261
0,202397	9,39184	35,7596	20,9721	11,4039	9,67426	9,69664	11,4041	15,4505	13,9323
0,204506	9,36809	35,015	20,3364	11,0316	9,59865	9,53052	11,0389	15,7393	13,8152
0,206638	9,29167	34,1025	19,6453	10,6292	9,49411	9,33973	10,6406	15,949	13,6745

Tabla 02, Frecuencia-Amplitud, Edificio G, P01-P02 y P03

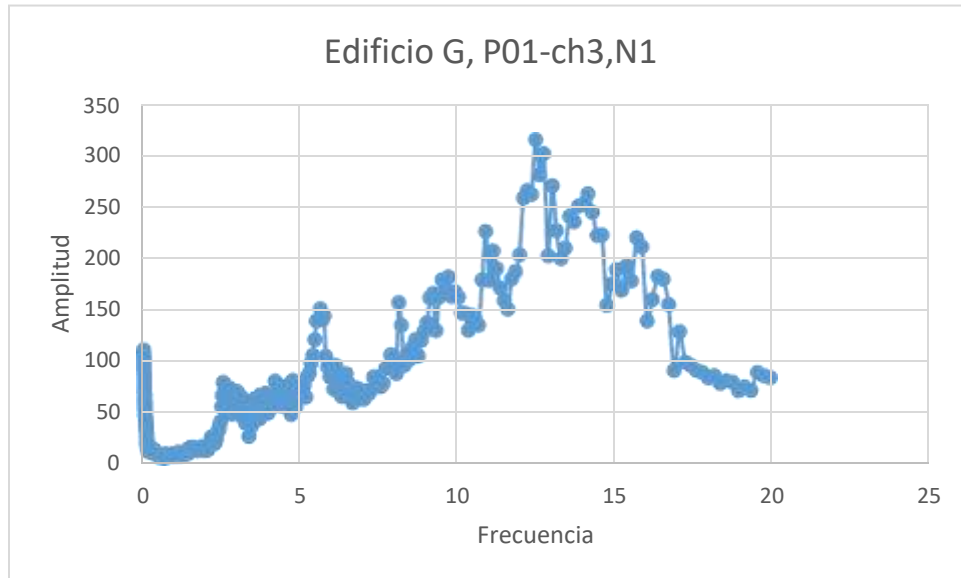
Gráficas de puntos (edificio G)



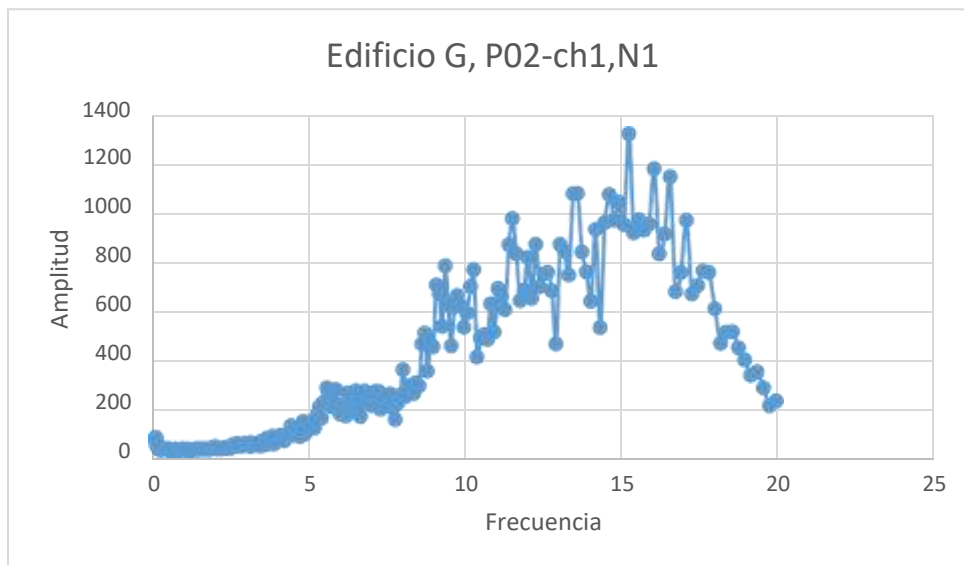
Gráfica 10, , Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P01-Ch1, N1



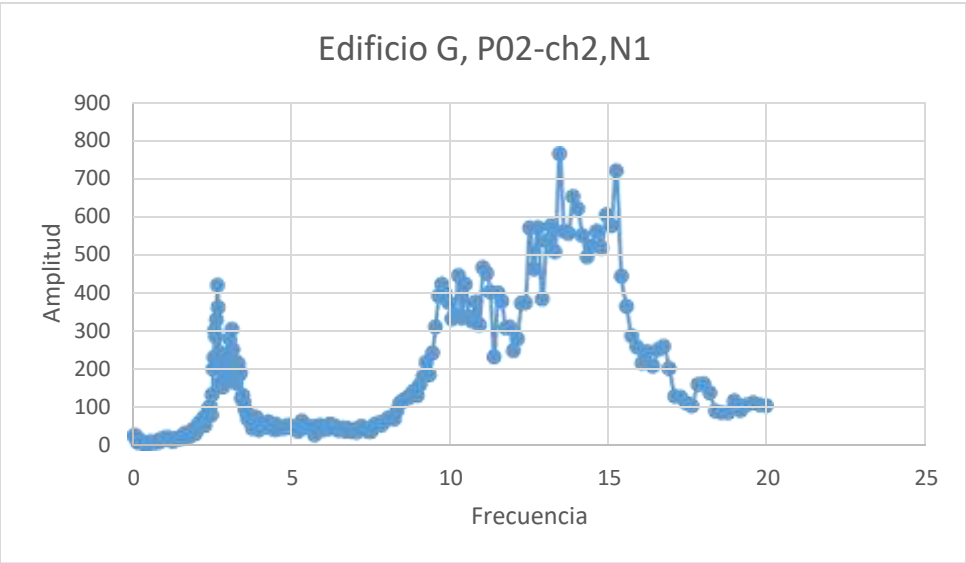
Gráfica 11, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P01-Ch2, N1



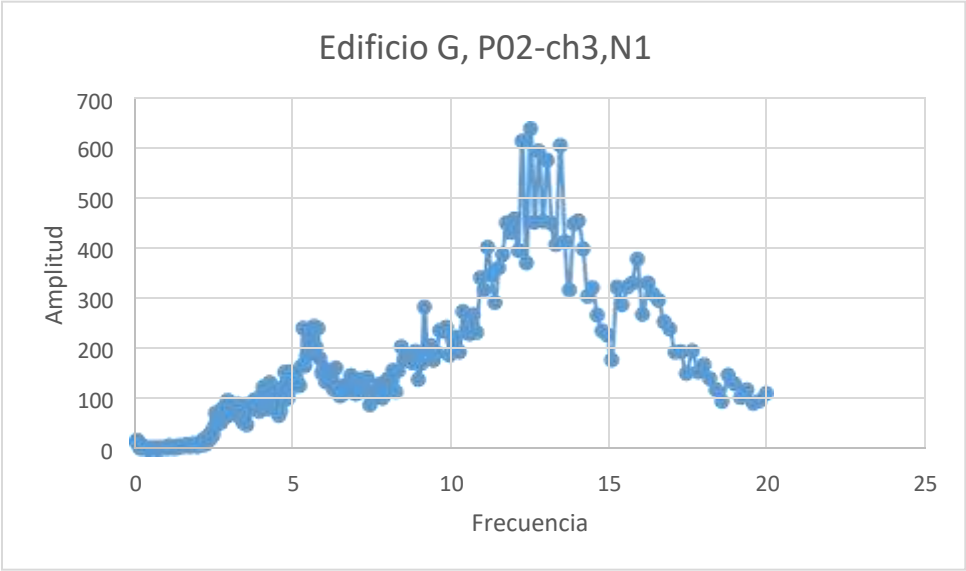
Gráfica 12, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P01-Ch3, N1



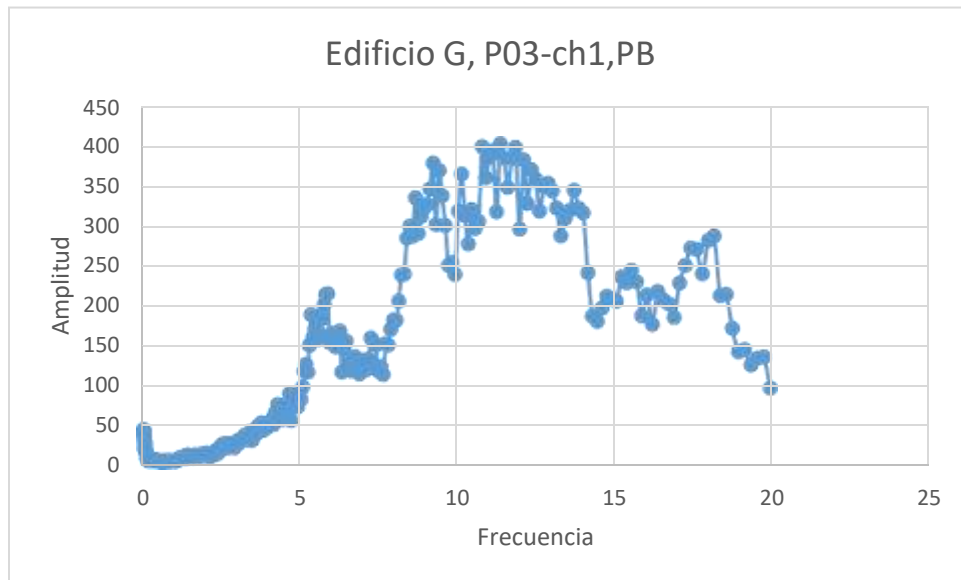
Gráfica 13, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P02-Ch1, N1



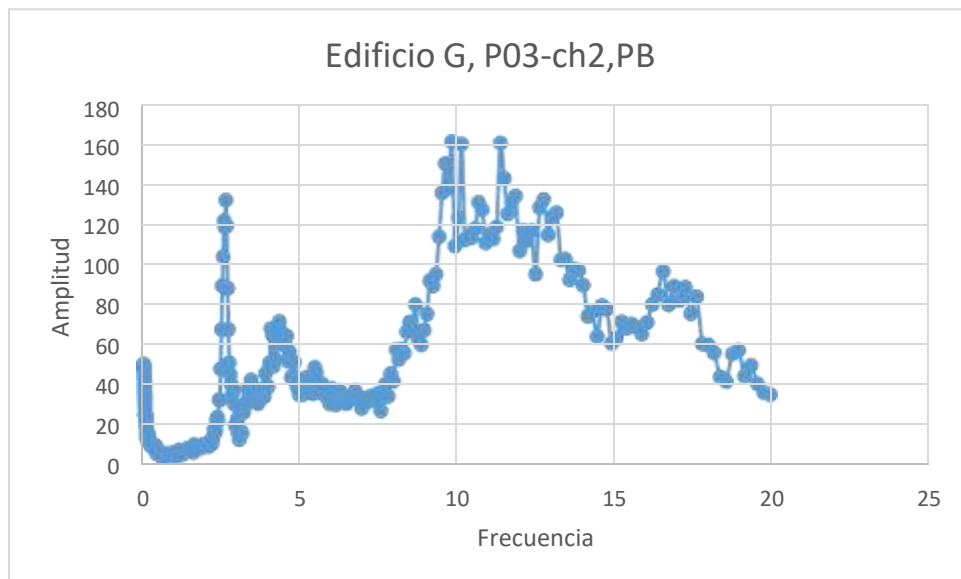
Gráfica 14, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P02-Ch2, N1



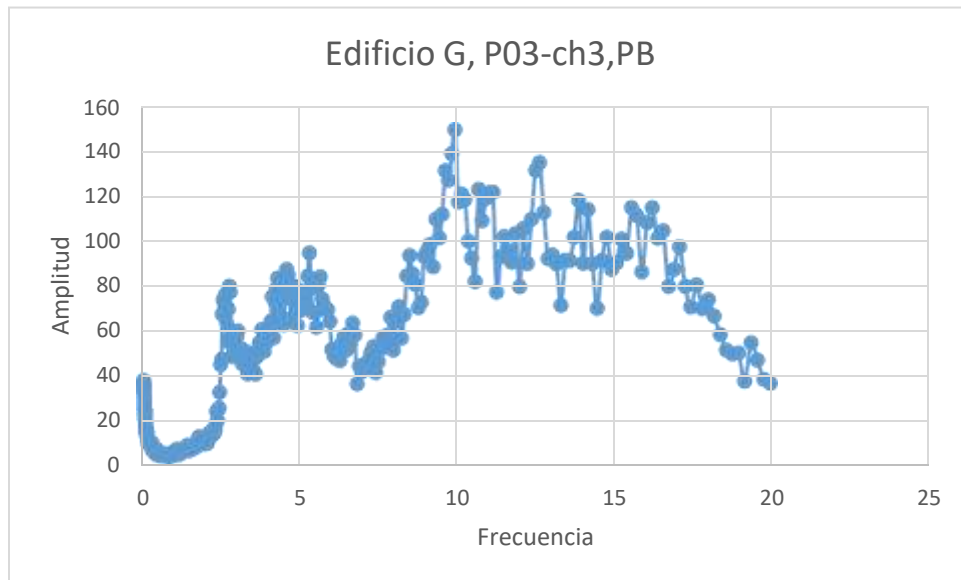
Gráfica 15, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P02-Ch3, N1



Gráfica 16 , Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P03-Ch1, PB



Gráfica 17, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P03-Ch2, PB



Gráfica 18, Espectro de Amplitudes de Fourier, Edificio G, P03-Ch3, PB

6.- Cálculo de los cocientes espectrales

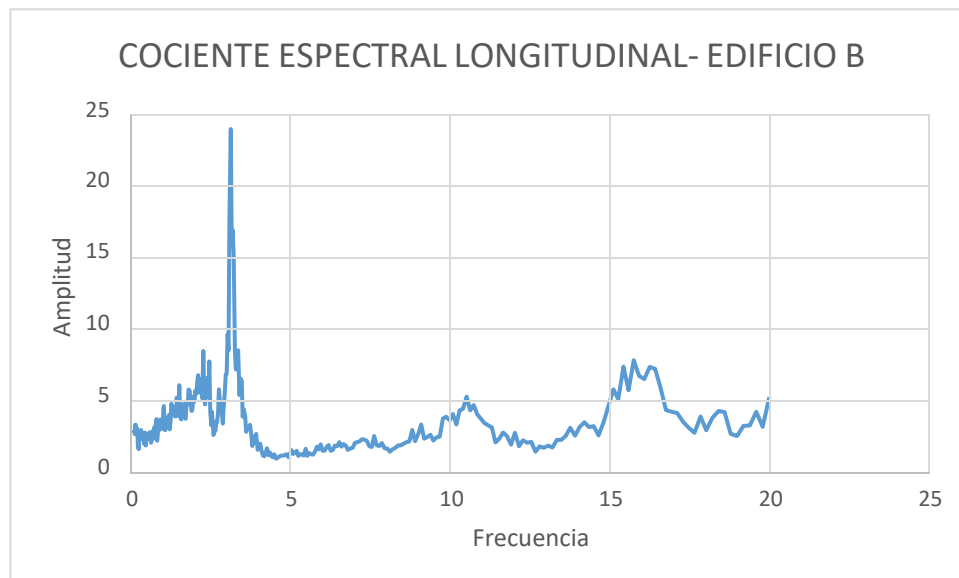
Edificio B

COCIENTES ESPECTRALES EDIFICIO B										
	CH2	CH3	CH2	CH3	CH2	CH3				
	N1- CENTRO		PB- CENTRO		N1- ESQUINA					
FRECUENCIA (x)	AMPLITUDES (y)						C. E1	C. E2	C.E3	C.E4
0,1	134.981	110.334	51.4299	37.9328	25.6636	19.7212	2.62456275	2.90867007	0.1901275	0.17874091
0,101042	133.928	108.604	51.2627	37.4985	25.6328	20.2353	2.61258186	2.89622252	0.19139239	0.18632187
0,102095	132.814	106.838	51.068	37.0438	25.5833	20.6687	2.60072844	2.88409936	0.19262502	0.19345832
0,103159	131.636	105.036	50.847	36.5687	25.5152	21.0371	2.58886463	2.87229242	0.19383147	0.20028466
0,104235	130.394	103.196	50.6006	36.073	25.4286	21.3508	2.57692597	2.86075458	0.19501357	0.20689562
0,105321	129.087	101.316	50.3293	35.5562	25.3234	21.6168	2.56484791	2.84946085	0.19617312	0.21336018
0,106419	127.713	99.3963	50.0335	35.0179	25.1995	21.8403	2.55254979	2.83844263	0.19731351	0.21972951
0,107528	126.271	97.434	49.7132	34.4572	25.0566	22.0247	2.53998938	2.82768188	0.19843511	0.22604738
0,108649	124.757	95.4277	49.3686	33.8733	24.8943	22.1725	2.52705161	2.81719525	0.19954231	0.23234868
0,109781	123.17	93.3754	48.9995	33.265	24.7122	22.2854	2.51369912	2.80701638	0.20063489	0.23866457
0,110925	121.504	91.2747	48.6057	32.6307	24.5095	22.3644	2.49978912	2.79720325	0.20171764	0.24502299
0,112081	119.755	89.1232	48.1865	31.9688	24.2856	22.4098	2.48523964	2.78781812	0.20279404	0.25144743
0,113249	117.919	86.9178	47.7417	31.2768	24.0393	22.4216	2.46993718	2.77898634	0.20386282	0.25796327
0,11443	115.987	84.655	47.2703	30.5518	23.7697	22.399	2.45369714	2.77086784	0.20493417	0.26459158
0,115622	113.951	82.3308	46.7716	29.7901	23.4752	22.3406	2.43632888	2.76369666	0.20601136	0.27135167
0,116827	111.801	79.9402	46.2446	28.9863	23.1543	22.2446	2.41760119	2.75786147	0.2071028	0.2782655
0,118045	109.521	77.4773	45.6879	28.1331	22.8049	22.1078	2.39715548	2.75395531	0.20822399	0.28534551
0,119275	107.09	74.9345	45.1003	27.219	22.4245	21.9262	2.37448531	2.75302179	0.20939864	0.29260487
0,120519	104.481	72.3024	44.4799	26.2246	22.0101	21.694	2.34894863	2.75704491	0.21066127	0.30004537
0,121775	101.65	69.5685	43.8249	25.1109	21.5578	21.4024	2.31945766	2.77045028	0.2120787	0.30764498
0,123044	100.497	68.1604	43.1619	24.864	21.5858	21.2611	2.32837294	2.74132883	0.21479049	0.31192745
0,124326	99.8304	67.1634	42.4702	24.8746	21.748	21.1556	2.35059877	2.7000796	0.21784947	0.31498703
0,125622	99.0785	66.1488	41.7418	24.8482	21.888	21.0246	2.37360392	2.66211637	0.22091574	0.31783797
0,126931	98.2414	65.1156	40.9773	24.7907	22.0062	20.8689	2.39745908	2.62661401	0.22400129	0.32049002
0,128254	97.3181	64.0628	40.1762	24.7059	22.1029	20.6886	2.42228235	2.59301624	0.22712013	0.32294249
0,129591	96.3067	62.9894	39.338	24.5962	22.1781	20.4837	2.44818496	2.56094031	0.23028616	0.32519281
0,130942	95.2044	61.8939	38.4615	24.4633	22.2318	20.2539	2.47531688	2.53007158	0.23351652	0.3272358
0,132306	94.0071	60.7751	37.5448	24.3079	22.2635	19.9989	2.50386472	2.50022009	0.23682786	0.32906404
0,133685	92.7092	59.6311	36.5855	24.1304	22.2728	19.718	2.53404218	2.4712023	0.24024369	0.33066638
0,135079	91.3034	58.4598	35.5803	23.9309	22.2589	19.4102	2.56612226	2.4428584	0.24379048	0.33202645
0,136487	89.7799	57.2588	34.5249	23.7088	22.2208	19.0743	2.6004391	2.41508638	0.24750306	0.33312434
0,137909	88.1257	56.0253	33.4136	23.4631	22.1572	18.7088	2.63742009	2.38780468	0.25142722	0.33393485
0,139346	86.3229	54.7553	32.2385	23.1925	22.0662	18.3116	2.67763388	2.36090547	0.25562394	0.33442607
0,140799	84.346	53.4444	30.9888	22.8947	21.9453	17.8803	2.72182208	2.33435686	0.26018187	0.33455891

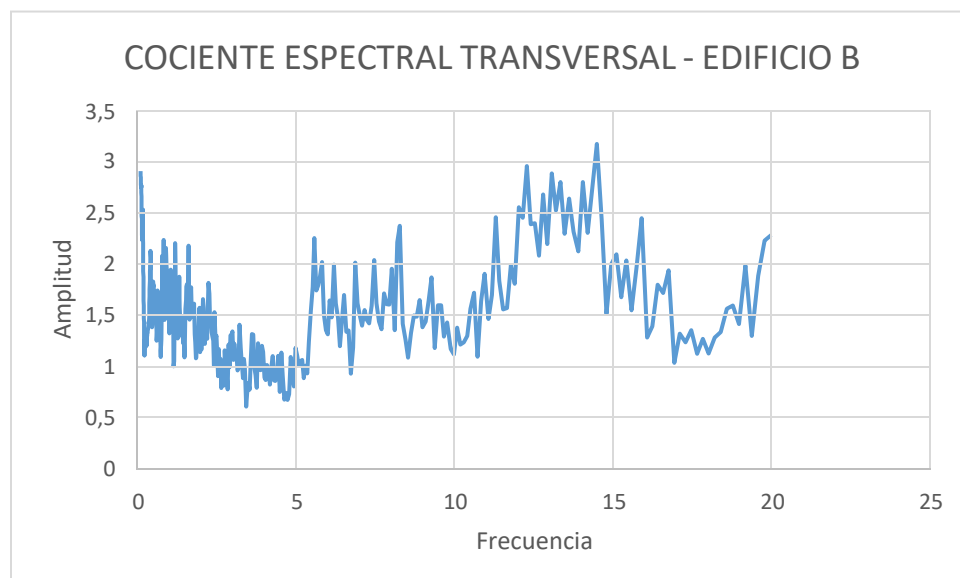
0,142266	82.1572	52.0864	29.6485	22.5665	21.7915	17.4117	2.77104069	2.30812931	0.26524151	0.33428496
0,143749	79.6955	50.6731	28.1928	22.2028	21.6001	16.9016	2.8268033	2.28228422	0.27103287	0.33354186
0,145247	76.8528	49.1932	26.5786	21.7958	21.3647	16.3445	2.89152928	2.25700364	0.27799508	0.33225121
0,146761	74.1446	47.8472	25.1626	21.3764	21.0878	15.8765	2.94661919	2.23831889	0.28441451	0.3318167
0,148291	74.2522	47.4215	25.5568	21.1182	20.8349	15.9877	2.90537939	2.24552755	0.2805964	0.33714033
0,149836	74.1138	46.9653	25.8747	20.8384	20.5733	16.0399	2.86433466	2.25378628	0.27759068	0.34152662
0,151398	73.7828	46.4773	26.1241	20.5368	20.3026	16.044	2.82431931	2.26312278	0.27516711	0.34520078
0,152976	73.2915	45.9559	26.3097	20.213	20.0223	16.007	2.78572162	2.27358136	0.2731872	0.34831219
0,15457	72.6604	45.3993	26.4339	19.8661	19.732	15.9333	2.74875822	2.28526485	0.2715647	0.35095916
0,156181	71.9031	44.8056	26.4977	19.4949	19.431	15.8259	2.71356004	2.29832418	0.2702387	0.35321254
0,157809	71.028	44.1725	26.5006	19.0978	19.1186	15.6865	2.6802412	2.31296275	0.2691699	0.35511914
0,159454	70.0404	43.4974	26.4408	18.6727	18.7941	15.5165	2.64895162	2.32946494	0.26833228	0.35672247
0,161116	68.9427	42.7772	26.315	18.2167	18.4565	15.3162	2.6199012	2.3482409	0.26770782	0.35804587
0,162795	67.7352	42.0084	26.1182	17.7254	18.1044	15.0858	2.59340996	2.36995498	0.267282	0.35911389
0,164492	66.4156	41.1869	25.8434	17.1926	17.7365	14.8248	2.56992501	2.39561788	0.26705322	0.35993969
0,166206	64.9793	40.3077	25.4804	16.608	17.3507	14.5321	2.55016797	2.42700506	0.26701888	0.36052913
0,167938	63.4187	39.3647	25.0143	15.9529	16.9445	14.2065	2.53529781	2.46755762	0.2671846	0.36089441
0,169689	61.7217	38.3504	24.4228	15.1847	16.5142	13.8456	2.52721637	2.52559484	0.26755906	0.36102883
0,171457	59.9912	37.3148	23.7526	14.7514	16.1674	13.5817	2.52566877	2.52957685	0.26949619	0.36397622
0,173244	58.4444	36.3648	23.1804	15.192	16.0104	13.5671	2.52128522	2.39368088	0.27394241	0.37308331
0,17505	56.8623	35.3923	22.5816	15.4461	15.7936	13.5086	2.51808109	2.29134215	0.27775169	0.38168189
0,176874	55.2424	34.3956	21.9541	15.5986	15.523	13.4087	2.51626803	2.20504404	0.28099793	0.38983765
0,178718	53.5822	33.3723	21.2956	15.6784	15.2019	13.2685	2.51611601	2.12855266	0.28371176	0.39759022
0,18058	51.8782	32.3199	20.6031	15.6986	14.8311	13.0883	2.5179803	2.05877594	0.28588309	0.40496103
0,182463	50.1268	31.2349	19.8729	15.666	14.4097	12.8674	2.52236966	1.99380186	0.28746499	0.41195586
0,184364	48.3229	30.1132	19.1001	15.5839	13.9348	12.6041	2.52998152	1.93232759	0.28836845	0.41855731
0,186286	46.4607	28.9492	18.2784	15.4531	13.4012	12.2955	2.54183627	1.87335874	0.28844163	0.42472676
0,188227	44.5322	27.7357	17.3993	15.2727	12.8001	11.9371	2.5594248	1.81603122	0.28743471	0.43038755
0,190189	42.5266	26.4622	16.4506	15.0397	12.1166	11.5223	2.58510936	1.75948988	0.28491815	0.43542487
0,192171	40.4287	25.1135	15.4142	14.7487	11.3238	11.0406	2.62282181	1.70276024	0.2800931	0.43962809
0,194174	38.2151	23.6653	14.2615	14.3908	10.3633	10.4753	2.67959892	1.64447425	0.27118338	0.44264387
0,196198	36.9056	22.5887	13.9065	14.1424	9.71377	10.0691	2.65383813	1.59723244	0.26320585	0.44575828
0,198243	36.7267	22.0955	14.5697	14.0964	9.73483	9.9643	2.52075884	1.56745694	0.26506139	0.45096513
0,200309	36.3345	21.5573	15.0688	14.0261	9.72032	9.84061	2.41124044	1.53694184	0.26752315	0.4564862

Tabla 03, Cocientes espectrales, Edificio B, C.E1,C.E2,C.E3 y C.E4

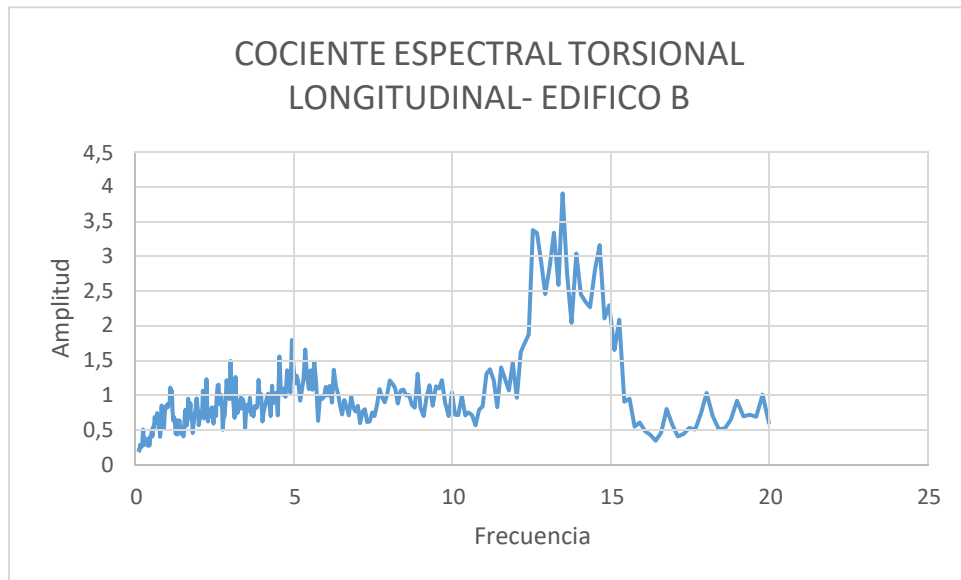
Gráficas de los cocientes espectrales edificio B



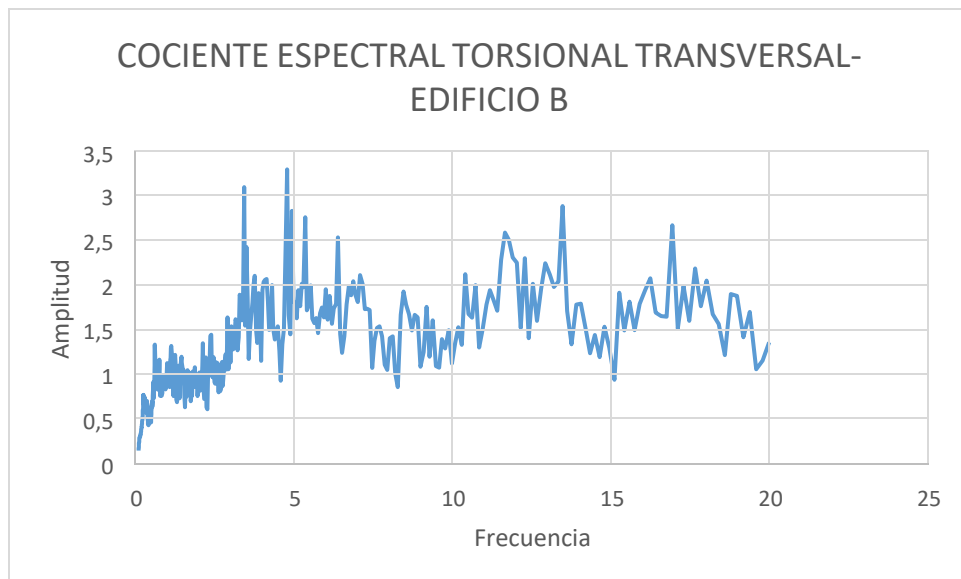
Gráfica 19, Cociente Espectral, Edificio B, C.E1



Gráfica 20, Cociente Espectral, Edificio B, C.E3



Gráfica 21, Cociente Espectral, Edificio B, C.E2



Gráfica 22, Cociente Espectral, Edificio B, C.E4

Edificio G

COCIENTES ESPECTRALES										
	CH2	CH3	CH2	CH3	CH2	CH3				
	N1- CENTRO		PB- CENTRO		N1- ESQUINA					
FRECUENCIA (x)	AMPLITUDES (y)						C. E1	C. E2	C.E3	C.E4
0,1	37.4932	38.0265	46.1449	56.7511	55.6258	19.7212	0.81251016	0.6700575	1.4836237	0.51861728
0,101042	37.3342	38.3606	46.1491	56.467	56.4299	20.2353	0.80899086	0.67934546	1.51148009	0.52750218
0,102095	37.145	38.6539	46.1058	56.1408	57.1456	20.6687	0.80564701	0.68851709	1.53844663	0.53471189
0,103159	36.9257	38.9076	46.0175	55.772	57.78	21.0371	0.80242734	0.69761888	1.56476384	0.54069385
0,104235	36.6764	39.1225	45.8856	55.3602	58.3385	21.3508	0.79930087	0.70669	1.59062776	0.54574222
0,105321	36.3968	39.299	45.7111	54.9044	58.8247	21.6168	0.79623549	0.71577141	1.61620527	0.5500598
0,106419	36.0867	39.4371	45.4948	54.4037	59.2411	21.8403	0.79320494	0.72489739	1.64163251	0.55380086
0,107528	35.7456	39.5366	45.2367	53.8566	59.589	22.0247	0.79019027	0.73410873	1.66703035	0.55707117
0,108649	35.3726	39.5969	44.9365	53.2615	59.8689	22.1725	0.78716856	0.7434432	1.6925219	0.55995545
0,109781	34.967	39.617	44.5936	52.6165	60.0804	22.2854	0.78412597	0.75293872	1.71820288	0.56252114
0,110925	34.5276	39.5957	44.2067	51.9189	60.2221	22.3644	0.78104903	0.7626452	1.74417278	0.56481891
0,112081	34.053	39.5313	43.7743	51.1657	60.2916	22.4098	0.77792221	0.77261329	1.77052242	0.5668875
0,113249	33.5415	39.4214	43.2939	50.3531	60.2853	22.4216	0.77473963	0.78289917	1.79733465	0.56876722
0,11443	32.9913	39.2635	42.7625	49.4764	60.1983	22.399	0.77150073	0.79358037	1.82467196	0.57047894
0,115622	32.3998	39.054	42.176	48.5295	60.024	22.3406	0.76820467	0.80474763	1.85260403	0.57204384
0,116827	31.7642	38.7885	41.5291	47.5045	59.7532	22.2446	0.76486608	0.81652265	1.88114922	0.57348441
0,118045	31.0809	38.4616	40.8141	46.3907	59.3738	22.1078	0.76152359	0.82907997	1.91029861	0.57480188
0,119275	30.3455	38.0661	40.0208	45.173	58.8684	21.9262	0.75824321	0.84267372	1.93993838	0.57600332
0,120519	29.5523	37.5927	39.1338	43.8284	58.2124	21.694	0.7551605	0.85772467	1.96980946	0.57708012
0,121775	28.694	37.0286	38.1292	42.3197	57.368	21.4024	0.7525466	0.87497312	1.99930299	0.57799647
0,123044	28.6518	36.6485	37.6692	41.7946	57.2922	21.2611	0.7606161	0.87687165	1.99960212	0.58013561
0,124326	28.7977	36.3297	37.3832	41.5658	57.3551	21.1556	0.77033801	0.87402865	1.99165558	0.58232245
0,125622	28.8719	35.9947	37.0745	41.292	57.2906	21.0246	0.77875359	0.87171123	1.98430308	0.58410266
0,126931	28.8843	35.643	36.7425	40.9761	57.1195	20.8689	0.78612778	0.86984852	1.97752758	0.58549785
0,128254	28.8417	35.2738	36.386	40.6201	56.8554	20.6886	0.79265926	0.86838289	1.97129157	0.58651464
0,129591	28.7489	34.8866	36.0041	40.2256	56.5076	20.4837	0.79848962	0.86727358	1.96555694	0.58715094
0,130942	28.6093	34.4805	35.5953	39.7931	56.082	20.2539	0.80373813	0.86649444	1.96027166	0.58740157
0,132306	28.4251	34.0543	35.1581	39.3231	55.5829	19.9989	0.80849363	0.8660126	1.95541616	0.58726504
0,133685	28.1977	33.6067	34.6906	38.8153	55.0127	19.718	0.81283402	0.86581065	1.95096409	0.58672824
0,135079	27.9277	33.1362	34.1906	38.2691	54.3724	19.4102	0.81682392	0.86587351	1.9468986	0.58577025
0,136487	27.6147	32.6407	33.6553	37.6836	53.6622	19.0743	0.82051564	0.86617786	1.94324762	0.58437166
0,137909	27.2579	32.1175	33.0813	37.0573	52.8809	18.7088	0.82396701	0.86669833	1.94002106	0.58251109
0,139346	26.8552	31.5632	32.4644	36.3883	52.0262	18.3116	0.82721997	0.86739969	1.93728589	0.58015664
0,140799	26.4032	30.9733	31.7991	35.6741	51.0944	17.8803	0.83031281	0.86822933	1.93515937	0.57728108

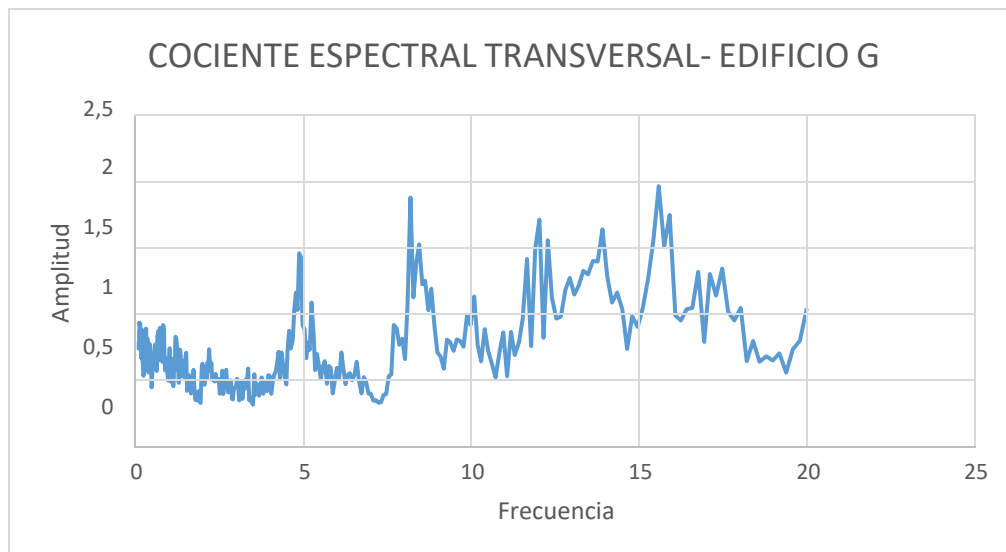
0,142266	25.8968	30.3414	31.0781	34.9114	50.0803	17.4117	0.83328131	0.8690972	1.93384125	0.57385948
0,143749	25.3278	29.658	30.2915	34.0961	48.9763	16.9016	0.83613555	0.86983555	1.93369736	0.56988334
0,145247	24.6831	28.9086	29.4243	33.2228	47.7716	16.3445	0.83886787	0.8701434	1.93539709	0.56538539
0,146761	24.1125	28.1796	28.6401	32.497	46.5287	15.8765	0.84191396	0.86714466	1.9296506	0.56340402
0,148291	24.2374	27.8857	28.6291	32.6588	45.5516	15.9877	0.84660014	0.8538495	1.879393	0.5733297
0,149836	24.3112	27.5607	28.5858	32.7592	44.5172	16.0399	0.85046422	0.84131175	1.83113956	0.58198449
0,151398	24.3395	27.2024	28.5106	32.8032	43.4239	16.044	0.85370003	0.82926056	1.7840917	0.5898009
0,152976	24.326	26.808	28.4037	32.7942	42.2695	16.007	0.85643772	0.81746162	1.73762641	0.59709788
0,15457	24.2728	26.3741	28.2645	32.7342	41.0511	15.9333	0.85877337	0.80570474	1.69123875	0.60412678
0,156181	24.1809	25.8967	28.0921	32.6244	39.765	15.8259	0.86077225	0.79378318	1.64447973	0.61111647
0,157809	24.0505	25.3707	27.885	32.4651	38.4064	15.6865	0.86248879	0.78147611	1.59690651	0.61829197
0,159454	23.8811	24.7893	27.6413	32.2558	36.9691	15.5165	0.86396443	0.76852225	1.54804846	0.62593538
0,161116	23.6715	24.1437	27.3583	31.9949	35.4453	15.3162	0.86524016	0.75461089	1.49738293	0.63437667
0,162795	23.4196	23.4214	27.0325	31.6804	33.8245	15.0858	0.86634976	0.73930253	1.44428171	0.64410326
0,164492	23.1228	22.6043	26.6595	31.3089	32.0928	14.8248	0.8673381	0.72197682	1.3879288	0.65583982
0,166206	22.7772	21.6631	26.2331	30.8761	30.2307	14.5321	0.86826185	0.70161387	1.32723513	0.67082274
0,167938	22.3777	20.5441	25.745	30.3757	28.2093	14.2065	0.86920567	0.67633338	1.26059872	0.69151241
0,169689	21.9174	19.124	25.1834	29.7995	25.9835	13.8456	0.8703114	0.64175573	1.18551927	0.7239908
0,171457	21.6697	18.1036	24.7701	29.3736	24.7459	13.5817	0.87483296	0.61632214	1.14195859	0.75022095
0,173244	21.9459	18.9579	24.8001	29.3911	26.0947	13.5671	0.88491175	0.64502179	1.1890467	0.71564361
0,17505	22.1404	19.6124	24.7727	29.3471	27.3593	13.5086	0.8937419	0.6682909	1.23571842	0.68877853
0,176874	22.269	20.1261	24.6929	29.2437	28.5502	13.4087	0.90183818	0.68822003	1.28206026	0.66623439
0,178718	22.3406	20.5302	24.5626	29.0819	29.6741	13.2685	0.90953726	0.70594425	1.32825887	0.6462918
0,18058	22.3607	20.843	24.3818	28.8621	30.7361	13.0883	0.9171062	0.72215812	1.37455894	0.62794703
0,182463	22.3321	21.0763	24.1486	28.5839	31.7393	12.8674	0.92477825	0.73734865	1.42124117	0.61051513
0,184364	22.2558	21.2379	23.8592	28.2461	32.6856	12.6041	0.93279741	0.75188787	1.4686329	0.59347205
0,186286	22.1309	21.3329	23.5071	27.8467	33.5761	12.2955	0.94145599	0.76608359	1.51715927	0.57636327
0,188227	21.9545	21.3645	23.082	27.3828	34.4109	11.9371	0.95115241	0.78021605	1.56737343	0.55873529
0,190189	21.7212	21.3345	22.5667	26.8504	35.1894	11.5223	0.96253329	0.79456917	1.62004862	0.54007828
0,192171	21.4209	21.2436	21.93	26.2438	35.91	11.0406	0.97678523	0.80947119	1.67640015	0.51971417
0,194174	21.0363	21.0914	21.1038	25.5556	36.5706	10.4753	0.99680152	0.82531422	1.7384521	0.49666215
0,196198	20.7165	20.8192	20.4762	25.2787	36.6551	10.0691	1.01173558	0.82358666	1.76936741	0.4836449
0,198243	20.5317	20.4362	20.431	25.551	36.0233	9.9643	1.00492878	0.79981997	1.75452106	0.48758086
0,200309	20.2754	20.0261	20.3563	25.7391	35.3412	9.84061	0.9960258	0.77804197	1.74305809	0.49138924
0,202397	19.9572	19.5876	20.2515	25.8567	34.6066	9.69664	0.98546774	0.75754447	1.73404085	0.49503972
0,204506	19.5821	19.1194	20.1156	25.9121	33.8163	9.53052	0.9734783	0.73785606	1.72689855	0.4984738
0,206638	19.1514	18.6191	19.9467	25.9106	32.9657	9.33973	0.96012874	0.71859008	1.72132063	0.50162092

Tabla 04, Cocientes espectrales, Edificio G, C.E1,C.E2,C.E3 y C.E4

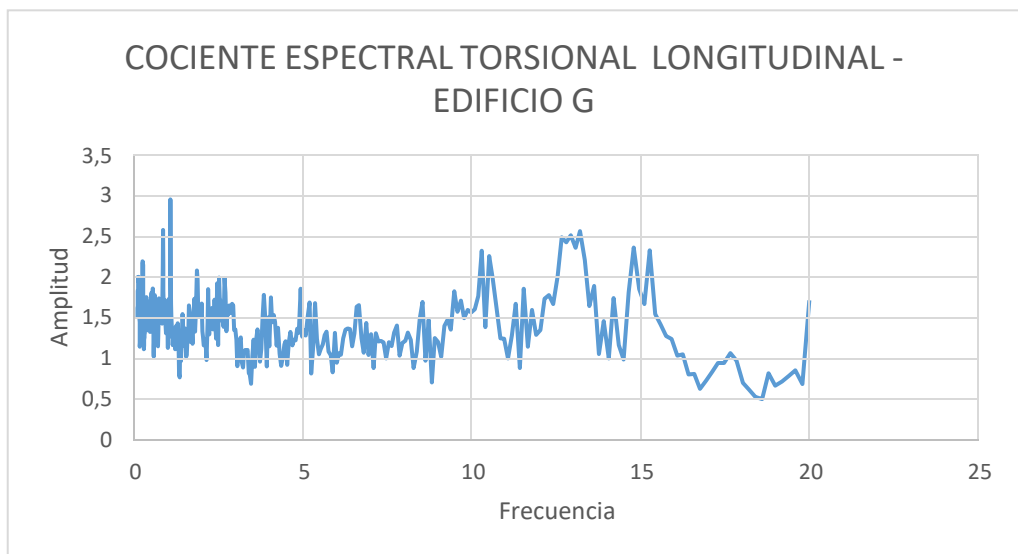
Gráficas de los cocientes espectrales edificio G



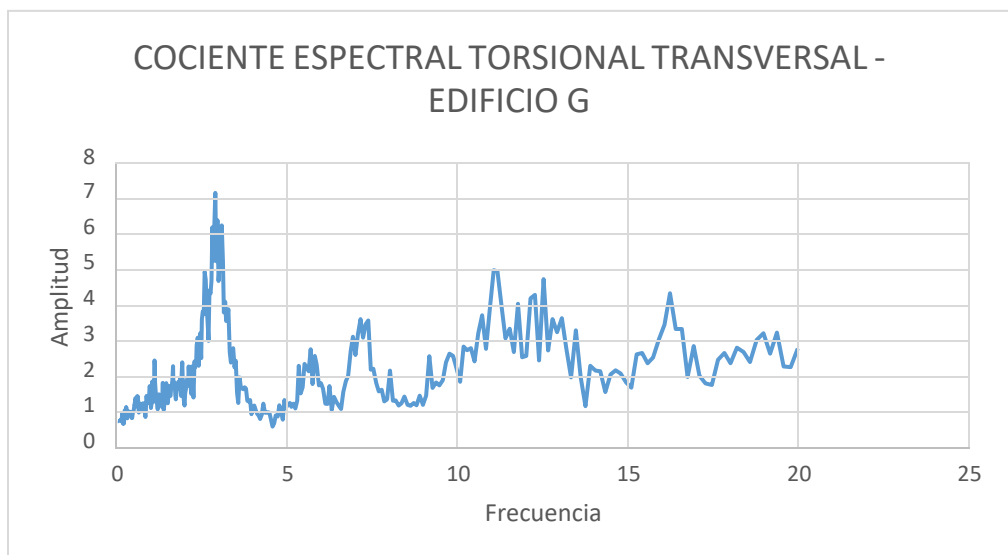
Gráfica 23, Cociente Espectral, Edificio G, C.E1



Gráfica 24, Cociente Espectral, Edificio G, C.E2



Gráfica 25, Cociente Espectral, Edificio G, C.E3



Gráfica 26, Cociente Espectral, Edificio G, C.E4

7.- Resultados y estimación de la capacidad de deformación equivalente

Edificio B

Edificio B		
Modo De Vibrar	Frecuencias Hz	Periodo (s)
C.E. Longitudinal	7.86	0.127226463
C.E. Transversal	14.5	0.068965517
C.E. Torsional Longitudinal	13.48	0.074183976
C.E Torsional Transversal	4.78	0.209205021

Tabla 05, Deformación equivalente, Edificio B.

Sustituyendo en la Ecuación,

$$U_{NF} = \frac{Q T_n^2 c_g}{4\pi^2}$$

Donde:

Q: Factor de comportamiento sísmico

T_n^2 : Periodo de vibrar

c: Coeficiente de diseño sísmico

g: Gravedad

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.127^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 0.256 \text{ cm}$$

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.068^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 0.073 \text{ cm}$$

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.074^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 0.087 \text{ cm}$$

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.209^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 0.694 \text{ cm}$$

Edificio G

Edificio G		
Modo De Vibrar	Frecuencias Hz	Periodo (s)
C.E. Longitudinal	2.73	0.366300366
C.E. Transversal	15.59	0.064143682
C.E. Torsional Longitudinal	1.07	0.934579439
C.E Torsional Transversal	2.9	0.344827586

Tabla 06, Deformación equivalente, Edificio G.

Sustituyendo en la Ecuación,

$$U_{NF} = \frac{QT_n^2 c g}{4\pi^2}$$

Donde:

Q: Factor de comportamiento sísmico

T_n^2 : Periodo de vibrar

c: Coeficiente de diseño sísmico

g: Gravedad

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.366_s^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 2.130 \text{ cm}$$

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.064_s^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 0.065 \text{ cm}$$

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.934_s^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 13.877 \text{ cm}$$

$$U_{NF} = \frac{(2 \cdot 0.344_s^2 \cdot 0.32 \cdot 980 \text{ cm/s}^2)}{4\pi^2} = 1.881 \text{ cm}$$

8.- Conclusiones

Se recopilieron tres registros en cada edificio, los cuales fueron, centro geométrico N1, esquina sur-este N1 y centro geométrico planta baja. A estos registros se les aplicó la técnica de cocientes espectrales para determinar su deformación que domina a cada estructura. Los resultados muestran frecuencias que varían de 4.78 a 13.48 Hz, para el edificio B, y de 1.07 a 15.59Hz.

Empleando la ecuación a la que llegamos, junto con el software Geopsy y el cálculo de coeficientes sísmicos en sus distintas secciones, las cuales son: longitudinal, transversal, torsional-transversal y torsional-longitudinal, esto para ver que sección es la que predomina a cada edificio.

Finalmente se ha llegado a la conclusión que el Edificio B, edificio que pertenece al Tecnológico Nacional de México, Campus Apizaco (ITA), aula de Ingeniería Civil, lo predomina la sección torsional-transversal, *Tabla 05, Deformación equivalente, Edificio B*, ya que son edificios muy largos, muestra un 0.694 cm de deformación, por otro lado, el edificio G sufre una mayor deformación, edificio donde se encuentran los cubículos de Ciencias de la Tierra, lo predomina la sección torsional-longitudinal con 13.877cm, *Tabla 06, Deformación equivalente, Edificio G*.

La experiencia fue muy agradable, durante este periodo de la investigación. Hay un propósito dentro de esta investigación, el cual es brindarles la estimación de capacidad de deformación equivalente de cada edificio, al área Ciencias de la Tierra.

9.- Bibliografía

- [1] Comisión Federal de Electricidad (1993) “Manual de Diseño de Obras Civiles” Instituto de Investigaciones Electricas, Mexico.
- [2] Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, México D.F., octubre 29, (2004).
- [3] Ismael Hernández, Eduardo (2010) “Diseño sísmico basado en desempeño y confiabilidad de sistemas marco-muro”, Tesis presentada en la DEPMI, UNAM, como requisito para obtener el grado de Doctor en Ingeniería.
- [4] Javier Lermo-Samaniego, Isabel Bernal-Esquia. (2005) “Zonificación Sísmica del Estado de Tlaxcala, Mexico” Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] Ismael Hernández, Eduardo (2003) “Funciones de vulnerabilidad sísmica para el diseño óptimo de sistemas marco-muro”, Tesis presentada en la DEPMI, UNAM, como requisito para obtener el grado de Maestro en Ingeniería.

10.- Reporte fotográfico de actividades



Imagen 41. Reconocimiento de Equipo



Imagen 42. Orientación de Equipo



Imagen 43. Preparación del Equipo



Imagen 44. Conexión de Cables

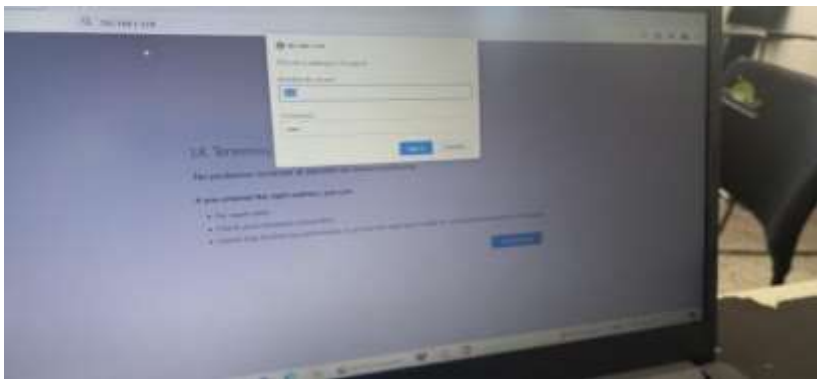


Imagen 45. Pantalla de Acceso

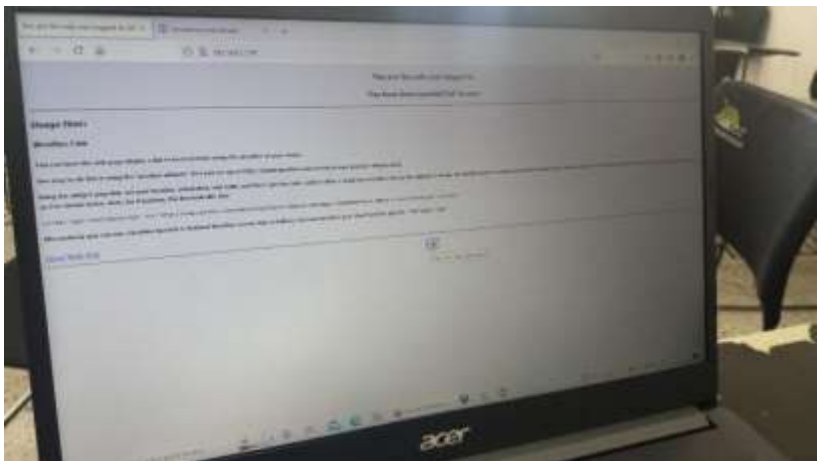


Imagen 46. Condiciones del Programa



Imagen 47. Colocación de Tiempo para Cada Punto



Imagen 48. Verificación de Punto Analizado.



Imagen 49. Registro de Edificio y Punto a Analizar



Imagen 50, Modo de Vibrar, Edificio G Punto 01, Centro Geométrico N1.

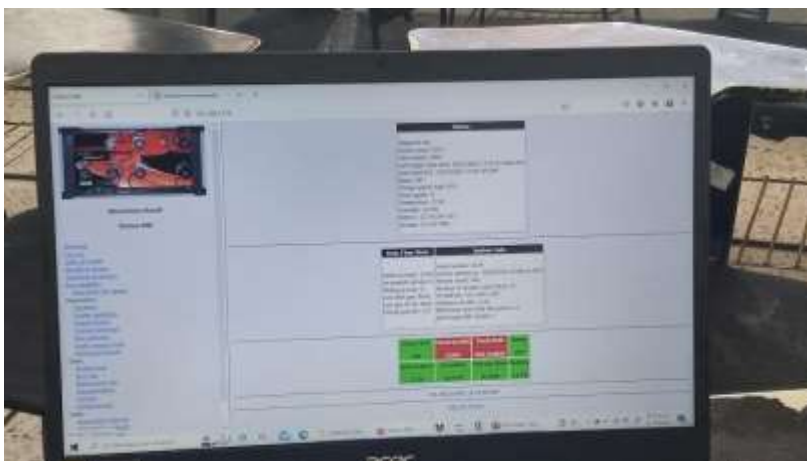


Imagen 51, Respuesta modo de vibrar, Edificio G Punto 01, Centro Geométrico N1.



Imagen 52, Conexión de cables en equipo para nuevo punto, Edificio G Punto 02, esquina sur-este N1.

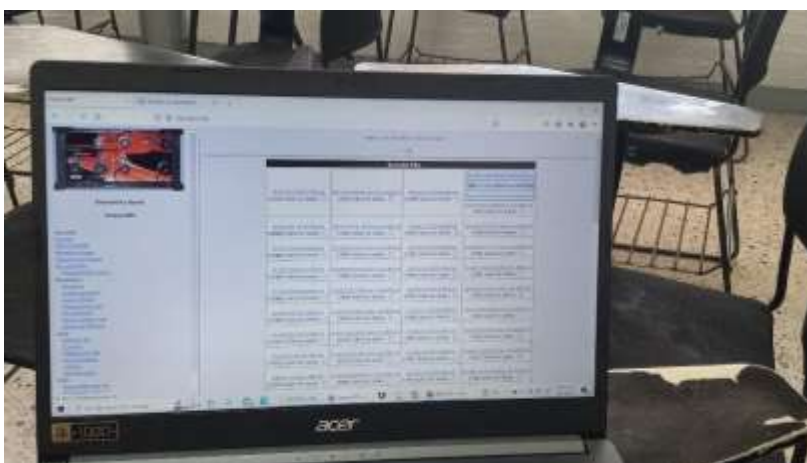


Imagen 53, Registro de puntos



Imagen 54. Análisis de punto terminado

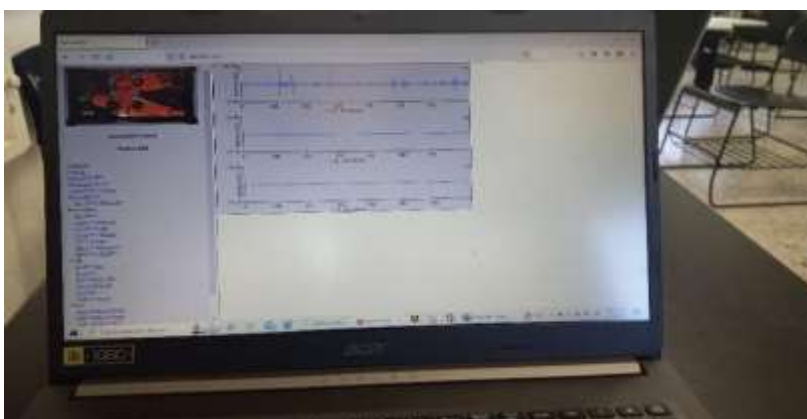


Imagen 55. Parámetros, modo de vibrar



Imagen 56. Modo De Vibrar, Edificio G Punto 02, esquina sur-este N1



Imagen 57. Ubicando P03, edificio G, centro geométrico N1



Imagen 58. Modo De Vibrar, Edificio G Punto 03, centro geométrico PB