

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Estudio de riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación del edificio del
Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.**

AUTOR:

Solís Coello, Robinson Camilo

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.

Guayaquil - Ecuador

21 de septiembre del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Solís Coello, Robinson Camilo** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, M.Sc.

Guayaquil, a los 21 del mes de septiembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Solís Coello, Robinson Camilo

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR:

f. _____
Solís Coello, Robinson Camilo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Solís Coello, Robinson Camilo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR:

f. _____

Solís Coello, Robinson Camilo

REPORTE URKUND

Robinson Solís



Document information

Analyzed document	Solis_Robinson_FINAL (2).pdf (0144131596)
Submitted	2022-09-15 17:01:00
Submitted by	
Submitter email	caragias@ccu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	caragias@ccu.ucsg@analisis.urkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / GAVIRIA_ARIANNA_FINAL.docx Document: GAVIRIA_ARIANNA_FINAL.docx (0115416287) Submitted by: clagias@ccu.ucsg.edu.ec Receiver: clagias@ccu.ucsg@analisis.urkund.com	3
W	URL: https://www.ucsg.edu.ec/la-universidad/ Fetched: 2022-09-15 17:01:00	1
W	URL: https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/86479-tiptica-sismos-generalidades/86 Fetched: 2022-09-15 17:01:00	1
SA	Leonardo Parra-Tesis manual vs nec definitivo final.docx Document: Leonardo Parra-Tesis manual vs nec definitivo final.docx (040896562)	1
SA	Proyecto de Titulación Ivan Gustavo Alay Salazar.docx Document: Proyecto de Titulación Ivan Gustavo Alay Salazar.docx (096428166)	2
SA	GRUPO 1-ENSAYO DE ESPECTROS.pdf Document: GRUPO 1-ENSAYO DE ESPECTROS.pdf (031079570)	1
SA	TESIS JANNE VELASTEGUI AISLACION SISMICA-22-157.pdf Document: TESIS JANNE VELASTEGUI AISLACION SISMICA-22-157.pdf (0143693212)	2
SA	submission.pdf Document: submission.pdf (011049750)	1
SA	RODRIGUEZ QUIROZ WALTER XAVIER.docx Document: RODRIGUEZ QUIROZ WALTER XAVIER.docx (040896682)	3



TUTOR

f.

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.
Directora de la Carrera de Ingeniería Civil

f. _____

Ing. Guillermo Ponce, M.Sc.

Docente

f. _____

Ing. Xavier Casal Rodríguez, M. Sc.

Oponente

Índice

Capítulo 1	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Alcance.....	3
1.5 Metodología.....	4
Capítulo 2	5
2.1 Reseña histórica de la creación del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.....	5
2.2 Arquitecto Alamiro González Valdebenito	6
2.3 Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	10
Capítulo 3	12
3.1 Sismicidad en la ciudad de Guayaquil	12
3.2 Consideraciones sísmicas.....	13
3.2.1 Zonificación sísmica y factor Z.....	13
3.2.2 Curvas de peligro sísmico.....	15
3.2.3 Características geológicas según NEC 2015, tipos de perfiles de suelo.....	15
3.2.4 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.....	16
3.2.5 Espectro elástico de diseño en aceleraciones.....	18
3.3 Consideraciones de sismo resistencia.....	20
3.3.1 Categoría de edificio y coeficiente de importancia	20
3.4 Consideraciones Estructurales.....	21
3.4.1 Periodo de vibración de la estructura.....	21
Capítulo 4	23
4.1 Rehabilitación de Estructuras según NEC-15.....	23
4.1.1 Riesgo Sísmico.....	23
4.1.2 Niveles de desempeño de una estructura.....	24
4.1.3 Niveles de amenaza sísmica.....	25
Capítulo 5	27
5.1 Levantamiento de información	27

5.2 Planos Arquitectónicos	29
5.3 Estudio de suelos relacionados.....	36
5.3.1 Descripción del macizo rocoso	37
5.3.2 Geología Local.....	37
5.3.3 Sondeos de exploración y recuperación de muestra	39
5.2 Conclusiones del estudio geotécnico disponible.....	40
Capítulo 6	43
6.1 Definición de niveles de estudio.....	43
6.2 Niveles de desempeño esperado en la estructura.....	45
Capítulo 7	48
7.1 Modelo Estructural.....	48
7.1.1 Parámetros de ingreso	48
7.1.2 Resultados del análisis.....	59
Conclusiones.....	67
Recomendaciones	68
Referencias	69
Anexos 1	70
Anexos 2	71
Anexos 3	72
Anexos 4	73

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Colegio 20 de abril.	6
Ilustración 2. Arquitecto Alamiro González Valdebenito	7
Ilustración 3. Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	11
Ilustración 4. Ubicación del Aula Magna y terreno de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.	11
Ilustración 5. Mapa de zonificación sísmica y factor de zona Z	14
Ilustración 6. Curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil.	15
Ilustración 7. Espectro elástico de aceleraciones.	18
Ilustración 8. Diagrama de las placas tectónicas	23
Ilustración 9. Rotulo informativo de los responsables de la construcción del Aula Magna.	27
Ilustración 10. Ficha técnica con información del Aula Magna.	28
Ilustración 11. Relevamiento arquitectónico, vista en planta de la planta baja.	29
Ilustración 12. Relevamiento arquitectónico, vista en planta de la planta alta.	29
Ilustración 13. Relevamiento arquitectónico, vista en planta de la cubierta.	30
Ilustración 14. Relevamiento arquitectónico, vista interior I.	30
Ilustración 15. Relevamiento arquitectónico, vista interior II.	31
Ilustración 16. Relevamiento arquitectónico, vista interior III.	31
Ilustración 17. Vista en planta del plano estructural, relevamiento hecho en sitio.	32
Ilustración 18. Vista en lateral del plano estructural, relevamiento hecho en sitio.	32
Ilustración 19. Vista de fachada posterior	33
Ilustración 20. Vista de fachada frontal.	33
Ilustración 21. Sección de vigas de amarre $h = 4m$.	34
Ilustración 22. Sección de vigas de amarre $h = 9.55m$.	34
Ilustración 23. Sección de vigas de amarre de corta distancia.	34
Ilustración 24. Sección de viga banda de losa, curva.	35
Ilustración 25. Sección de columnas cortas (secundarias).	35
Ilustración 26. Sección de columnas Principales.	35
Ilustración 27. Socavón al Noroeste del Aula Magna de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.	36
Ilustración 28. Ubicación en sitio de sondeo P1	39
Ilustración 29. Sondeo E1.- Muestras desde 0.0 a 6.07 m.	39
Ilustración 30. Vista frontal del Socavón	40
Ilustración 31. Mapa geológico de Guayaquil	41
Ilustración 32. Leyenda de mapa de clasificación de suelos.	42
Ilustración 33. Datos de ingreso de materiales, Software Etabs	48
Ilustración 34. Sección de columna principal $h=9.55m$, Software Etabs	49
Ilustración 35. Columna secundaria $h= 4m$, Software Etabs	49
Ilustración 36. Sección de viga, Software Etabs	50
Ilustración 37. Sección de vigas de cubierta, Software Etabs	50
Ilustración 38. Sección de viga, Software Etabs	51
Ilustración 39. Sección de viga, Software Etabs	51
Ilustración 40. Viga de amarre generada con la función de diseñador de secciones, Software Etabs.	52
Ilustración 41. Discretización de columnas por sección variable en un sentido de la columna.	52
Ilustración 42. Ingreso de cargas al modelo estructural	53
Ilustración 43. Obtención de datos para el espectro de diseño de aceleraciones usando las curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil para un sismo con periodo de retorno de 72 años.	53

Ilustración 44. Obtención de datos para el espectro de diseño de aceleraciones usando las curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil para un sismo con periodo de retorno de 225 años.	54
Ilustración 45. Obtención de datos para el espectro de diseño de aceleraciones usando las curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil para un sismo con periodo de retorno de 2500 años.	57
Ilustración 46. Vista del modelo estructural del Edificio del Aula Magna. Software Etabs	59
Ilustración 47. Vista del modelo estructural del Edificio del Aula Magna. Software Etabs	59
Ilustración 48. Vista del modelo estructural del Edificio del Aula Magna. Software Etabs	60

Resumen

El siguiente documento presenta el desarrollo del trabajo de investigación en el que se evalúa del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil tomando en cuenta sus características estructurales, esto con el fin de determinar si la estructura esta apta para soportar las cargas producidas por los sismos de diseños y sus efectos, tal y como lo estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su edición del año 2015, la principal razón por la cual se realiza esta evaluación es porque la edificación tiene más de 50 años de vida desde su fundación y esta fue diseñada y concebida con códigos y/o normas que usaban criterios que con el pasar de los años ha ido mejorando, por tal motivo estas estructuras deben ser sometidas a este tipo de estudios que ayuden a descartar cualquier problema que puedan presentar y en caso de hacerlo se podría plantear un mecanismo óptimo para su rehabilitación o reforzamiento necesario. La información recopilada para hacer posible este estudio fue recaudada a partir de información existente, la cual fue muy escasa, también se realizó un relevamiento en el sitio con el fin de identificar y obtener dimensión de todos los elementos estructurales y su disposición. Los criterios que se usan para este estudio, son los criterios definidos en la NEC-SE-RE, esto ayudó a definir el nivel de desempeño deseado para los sismos establecidos y revisar si cumplía con los límites de derivas que dispone la NEC-SE-DS.

Palabras clave: *Sismo de diseño, derivas, estructura, rehabilitación, nivel de desempeño*

Abstract

The following document presents the development of the investigation in which the building of Aula Magna of Universidad Católica de Santiago de Guayaquil has been evaluated considering its structural characteristics, this in order to determine if the structure is suitable to support the loads produced by design earthquakes and their effects, as stipulated by the Norma Ecuatoriana de la Construcción in its 2015 edition, the main reason why this evaluation is carried out is because the building has more than 50 years of life since its foundation and this was designed and conceived with codes and/or standards that used criteria that have been improving over the years, for this reason these structures must be subjected to this type of study that helps to rule out any problem that they may present. and in case of doing so, an optimal mechanism could be proposed for its necessary rehabilitation or reinforcement. The information collected to make this study possible was collected from the existing information, which was very scarce, a survey was also carried out on the site in order to identify and obtain the dimension of all the structural elements and their disposition. The criteria used for this study are the criteria defined in the NEC-SE-RE, this helped define the desired level of performance for the established earthquakes and check if it complied with the drift limits established by the NEC-SE-RE. DS.

Keywords: *design earthquakes, drift, structure, rehabilitation, level of performance.*

Capítulo 1

1.1 Introducción

La ciudad de Guayaquil está caracterizada por ser una de las más emblemáticas del Ecuador, ya sea por su gran importancia en el comercio a nivel nacional, como por su historia en la era colonial y de su posterior independencia, de ello actualmente se rescatan muchos rasgos que han perdurado en el tiempo, tales como: Arte, tradiciones, cultura y su infraestructura, siendo esta última una de las características que más resalta la historia de las edificaciones de la ciudad, detalle que comparte con otras ciudades del país como, Cuenca, Quito, Loja y otras que aún conservan arquitectura de los siglos pasados.

Tomando en cuenta que la ciudad de Guayaquil se encuentra en una zona de alto peligro sísmico, es importante determinar la vulnerabilidad sísmica, a través de un estudio de riesgo sísmico a las estructuras antiguas existentes, debido a que estas pueden ser amenazadas ante la ocurrencia de movimiento telúrico, ya sean estas estructuras patrimoniales, de uso eventual o de vivienda.

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil fundada el 17 de mayo de 1962 inicialmente tuvo su sede en el colegio nocturno "20 de abril", a razón de que no poseía instalaciones propias, posteriormente en el año 1966 hizo uso de sus primeras instalaciones, el que es ahora el edificio principal, posteriormente en el año 1969 se inauguraría la que fue en sus comienzos la capilla de la universidad, conocida actualmente como el Aula Magna, lugar donde a lo largo de los años se han llevado a cabo eventos de índole política, ceremonial, y donde se llevan a cabo las ceremonias de graduación de todas las carreras de la universidad (UCSG, 2011).

El edificio del Aula Magna por su antigüedad y su diseño arquitectónico es parte de un selecto grupo de estructuras que deben ser objeto de estudio, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar si existe o no vulnerabilidad sísmica en esta estructura y en caso de existir, determinar el grado de vulnerabilidad presente y proponer una posible rehabilitación en caso de ser necesario.

1.2 Antecedentes

Tal y como lo estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, en su Capítulo de Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras NEC-SE-RE, ordena que los edificios que han cumplido más de 50 años de construidos, deben ser evaluados para determinar si pueden seguir prestando servicios en las mismas condiciones de su construcción original o deben ser reforzados para incrementar su sismo resistencia.

En el caso del Edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), cumple con esta condición ya que su fecha de finalización de construcción data del año 1969 es decir hace más de 50 años y se ve en la necesidad de ser evaluado, esto quiere decir que es necesario realizar su Estudio de Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación, a fin de determinar si el edificio requiere de reforzamiento para que cumpla con los actuales requerimientos sismo resistentes dispuestos por la NEC-2015.

1.3 Objetivos

- Determinar el Riesgo Sísmico del Edificio del Aula Magna de la UCSG, para un escenario sísmico que corresponda al sismo de diseño especificado en el Capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismo resistente de la Norma NEC-2015 (Código NEC-SE-DS).
- Evaluar la sismo-resistencia actual del edificio, para compararla con los requisitos sismo-resistentes establecidos por los Capítulos de la Norma NEC-2015 y determinar si es necesario o no su reforzamiento.
- Establecer el mejor método de rehabilitación o reforzamiento del Edificio del Aula Magna de la UCSG, a fin de que cumpla con los requisitos sismo-resistentes de la Norma NEC-2015

1.4 Alcance

Se realizará una evaluación estructural y el estudio de riesgo sísmico al edificio del Aula Magna ubicado sobre uno de los macizos rocosos que forman parte del área perteneciente a la UCSG tomando en cuenta el arreglo estructural y el haciendo un análisis del tipo de suelo correspondiente. La información del historial del comportamiento de la estructura a lo largo de los años en los eventos sísmicos se obtendrá a partir de entrevistas a personas que han estado

vinculadas al funcionamiento del edificio a través de entrevistas, ya que no existe información o registro histórico archivado.

1.5 Metodología

Se usará la metodología establecida por el Capítulo de Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras NEC-SE-RE, se recabará la información disponible referente al suelo y a la estructura ya sean estos estudios, memorias de cálculo y diseño, planos arquitectónicos y estructurales, sabiendo que esta información a la fecha de hoy no es de conocimiento público y tampoco se encuentra registrada en los archivos históricos de la universidad por lo cual puede que se hagan simplificaciones y suposiciones de parámetros necesarios para los respectivos análisis. Con dicha información se verificará el desempeño estructural de la edificación durante el sismo de diseño especificado en la Norma NEC-2015, estableciendo el nivel de Riesgo Sísmico de la estructura, para el efecto, se usarán las cargas y combinaciones de cargas establecidas en la norma tales como carga muerta, viva y sísmica, así como modelos computacionales para el análisis estructural.

Una vez realizada la evaluación estructural y en función de los resultados obtenidos, se harán recomendaciones con respecto a una posible rehabilitación, la cual pretende reducir la vulnerabilidad sísmica (en caso de existir) teniendo en cuenta que se espera que esta estructura siga cumpliendo con su normal funcionamiento en los años venideros sin representar una amenaza para la vida, para ello se establecerán las estrategias y mecanismos de rehabilitación sísmica, determinando el mejor método de reforzamiento a utilizar en el caso de que se demuestre que es necesario.

Capítulo 2

2.1 Reseña histórica de la creación del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

En la década de los años 50 la educación de segundo nivel, es decir la secundaria o el colegio, tenía su representación en la ciudad a través de muchos colegios icónicos como el colegio Guayaquil, Vicente Rocafuerte, Cristóbal Colón o el Colegio Javier, por mencionar algunos, sin embargo, en lo que respecta a la educación de tercer nivel, aun no existía una variedad de universidades, exceptuando a la Universidad de Guayaquil fundada en el año de 1883, esto preocupó un poco a los padres de familia que enviaban a sus hijos al colegio Javier, colegio que tenía como misión brindar una formación apostólica y científica a sus estudiantes, influenciado por sus fundadores los padres jesuitas.

La preocupación de este grupo de padres de familia dio como finalidad origen a la idea de encontrar la manera de seguir con el mismo lineamiento de formación que el colegio Javier, es cuando se da origen a la “junta pro Universidad Católica” consiguiendo el apoyo del Mons. Cesar Antonio Mosquera Corral, arzobispo de Guayaquil, el jurista Dr. Leónidas Ortega Moreira y el P. Joaquín Flor Vásconez S. J., quienes gestionaron la petición al Vaticano de una sede de la que sería la actual Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y con la ayuda del presidente Constitucional de la Republica el Dr. Carlos Julio Arosemena Monroy, establecerían su fundación el día 17 de mayo de 1962 en la ciudad de Guayaquil (UCSG, 2011).

En sus inicios la universidad no contaba con infraestructura propia, es por eso que sus primeros años tuvo como sede física las aulas del Colegio Particular Nocturno 20 de abril, viéndose en la necesidad de una infraestructura propia y teniendo designada el área del actual campus universitario se comenzaron los preparativos para llevar a cabo la construcción del edificio principal de la universidad, edificio que hasta el día de hoy sigue prestando servicios, el cual es el lugar donde se encuentran las oficinas administrativas y donde se toman las más importantes decisiones sobre el futuro de la institución.



Ilustración 1. Colegio 20 de abril.

Las instalaciones del edificio principal estuvieron listas para funcionar en el año 1966, el diseño arquitectónico tuvo como autor a uno de los personajes más influyentes de la arquitectura de la ciudad entre la década de los años 50 y 70, y autor del diseño urbanístico de la ciudadela Urdesa, el arquitecto Alamiro González Valdebenito, arquitecto chileno que fue autor de estructuras como iglesias, hoteles, viviendas de gran prestigio muchas de ellas existentes hasta la actualidad y que en común comparten detalles artísticos únicos que resaltan la influencia de las tendencias artísticas del aquel entonces .

2.2 Arquitecto Alamiro González Valdebenito

El arquitecto Alamiro González fue un arquitecto de procedencia chilena, llegó al Ecuador en el año de 1952 contratado por la Compañía Edificaciones Ecuatorianas, con el objetivo de ser partícipe de la creación del modelo urbanístico de la ciudadela Urdesa que hasta el día de hoy conserva los detalles de su concepción. Se desempeñó en varios cargos relacionados a su carrera profesional y a la educación superior, fue Proyectista de la Compañía Edificaciones Ecuatorianas entre los años de 1953 y 1979, fue profesor de urbanismo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Guayaquil entre los años 1960 y 1971, también destacó por dirigir como decano la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (Peñaherrera, 2011).



Ilustración 2. Arquitecto Alamiro González Valdebenito

Fuente: Diario El Universo

Así mismo, fue participante de asociaciones profesionales como el Colegio de Arquitectos de Santiago de Chile, Sociedad de Ingenieros y Arquitectos del Ecuador, Núcleo del Guayas, también fue miembro y fundador del Colegio de Arquitectos del Ecuador, Núcleo del Guayas, en abril de 1961 y presidente del Club Rotario de Guayaquil en el periodo 1975-1976 (Peñaherrera, 2011).

De entre sus obras y proyectos urbanísticos destacan las siguientes:

En 1953:

- Hotel Humboldt Internacional, en Malecón y Av. Olmedo.

En 1954:

- Club Metropolitano, en 9 de Octubre 612 y Escobedo.
- Colegio Espíritu Santo en Urdesa, Víctor Emilio Estrada.

En 1955:

- Teatro Sucre, En Quito entre Aguirre y Clemente Ballén, de tres pisos. (Teatro Sucre, Hoy cine Quito).
- Edificio Cóndor, Av. 9 de Octubre 421 y Chimborazo

En 1956:

- Edificio de Raquel García de Espinoza, Luis Urdaneta, 6 de Marzo y Lorenzo de Garaicoa.
- Edificio de Galo Granda Galarza, ,1er de Mayo y Tungurahua.

En 1957:

- Construcción del colegio Santo Domingo de Guzmán en Urdesa.
- Edificio de Carlos Enrique C., Rosa Borja de Icaza entre D y E.
- Edificio Santistevan 59

En 1958:

- Conjunto habitacional del IESS, en la parroquia Roca.
- Edificio de Elena Roca de Miranda, ubicado en Urdaneta entre Córdova, B Moreno.

En 1959:

- Club Rotario de Guayaquil, en la calle Esmeraldas.

En 1960:

- Centro Comercial Urdesa, en Av. Víctor Emilio Estrada.
- Iglesia San Antonio María Claret, Víctor Emilio Estrada.

En 1962:

- Edificio de propiedad de la urbanizadora del Salado S. A. (URDESA), en la entrada a Urdesa Norte.

En 1964:

- Edificio Fleitcher, en Chile y General Gómez.

En 1965:

- Edificio de Benjamín Urrutia H. Piedrahita, Rumichaca y Riobamba.
- Construcción del bloque central de la UCSG.

En 1968:

- Edificio de propiedad de Juan Chiriboga, Av. 2da Los Ceibos.
- Aula Magna UCSG

En 1969:

- Compañía Importadora S.A., M.A.C.I.S.A., Eloy Alfaro entre Uzariaga y Av. Olmedo.
- Biblioteca de la UCSG 60

En 1970:

- Edificio de LA Compañía Anónima Farías, Kilometro 4 y medio de la carretera Duran Tambo.
- Villa de propiedad del Arquitecto Alamiro González, eArguelles y calle D.
- Gran Hotel Guayaquil, Boyacá entre Clemente Ballén y 10 de Agosto.
- Edificio la Nacional Cía. de Seguros, Vélez 416 y Boyacá, esquina.
- Facultad de medicina UCSG

En 1972:

- Construcción del edificio Encalada, 9 de Octubre y García Avilés, esquina.

En 1976:

- Edificio COMANCO, Eloy Alfaro y Av. Olmedo.
- Edificio Tumorsa, Lorenzo de Garaicoa y San Martín, esquina.

En 1978:

- Construcción del Edificio Concorde, Lorenzo de Garaicoa 1216.

En 1980:

- Construcción del edificio Pinto, en Portete y Eloy Alfaro.
- Edificio Rubira, en la Plaza de San Francisco.
- Edificio El rosado, 9 de Octubre.
- Edificio de Renta, Av. 9 de Octubre y García Avilés, esquina.
- Edificio Intriago, en Av., Chile.
- Edificio Baduy, en Luque y 6 de Marzo, esquina.
- Edificio Baquerizo, en Chimborazo. 61
- Edificio Pérez-Quintero, Pedro Carbo 531 y 9 de Octubre.
- Guayaquil Tennis Club, ampliación, en 9 de Octubre.
- Hotel Miramar, en Salinas.
- Estación de servicios Ford, en Eloy Alfaro.

- Cine Presidente, Luque y 6 de Marzo.
- Cine Lux
- Feria Internacional, en Duran.
- Escuela de Artes y Oficios AZOATEGUI, en la Av. Kennedy.

PROYECTOS URBANISTICOS:

- Urbanización Urdesa, Centro, Norte y Las Lomas.
- Urbanización Acuarela, en Av. De Las Américas.
- Plan regulador de Salinas.
- 10 escuelas Públicas en Guayaquil.
- 12 escuelas Municipales en Guayaquil.
- Urbanización Torres del Salado, en el Km. 10 vía Salinas.
- Urbanización Rio-Mar.

2.3 Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

El edificio del Aula Magna fue una de las obras concebidas por el Arq. Alamiro González, una de las más vistosas por su arreglo estructural y junto con el edificio principal, una de las más icónicas de la institución, se terminó de construir en el año de 1969 por parte de la empresa Constructora Guayaquil. Su principal finalidad fue ser la capilla de la universidad, lugar donde se llevarían a cabo ceremonias religiosas y posteriormente eventos culturales relacionados a la institución, actualmente es el lugar donde se realizan varios eventos como las graduaciones de las carreras de la universidad, posesión de gobiernos estudiantiles, misas, matrimonios, talleres, conferencias y exposiciones, intervenciones artísticas, debates y demás.

La universidad mantiene esta estructura, de su propiedad, como una reliquia que se espera pueda seguir siendo usada en los años venideros, tiene a su disposición personal de limpieza y mantenimiento dirigida por la dirección administrativa, con el objetivo de atender a todas las necesidades que se presenten con el pasar del tiempo frente a las condiciones climáticas, deterioro normal y eventos sísmicos que puedan dañar la integridad de la edificación y limitar su uso.



Ilustración 3. Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Fuente: Archivo fotográfico de la UCSG

Se encuentra ubicado en el centro norte de la ciudad de Guayaquil, al oeste del Estero Salado y de la Ciudadela Urdesa, en el kilómetro 1.5 de la avenida Carlos Julio Arosemena, con las coordenadas 9758905.00 m S y 621872.00 m E, obtenidas Google Earth.



Ilustración 4. Ubicación del Aula Magna y terreno de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Fuente: Google Earth

Capítulo 3

3.1 Sismicidad en la ciudad de Guayaquil

La ciudad de Guayaquil se caracteriza por ser una ciudad con alta actividad sísmica, al igual que otras provincias de la costa ecuatoriana debido a que se encuentra sobre la subducción que se genera por la constante interacción entre dos placas tectónicas, la placa de Nazca y la placa Sudamericana, liberando energía y produciendo los movimientos telúricos que conocemos, esto ha sido documentado a lo largo de los años y se pueden mencionar eventos significativos como:

- 1906 Esmeraldas (8.8Mw) Costas afuera de Mompiche
- 1942 Manabí (7.8Mw) Pedernales
- 1958 Manabí (7.8Mw) Pedernales
- 1979 Esmeraldas (8.1Mw) Costas afuera de San Lorenzo
- 2016 Manabí (7.8Mw) Pedernales (IGEPN, 2011)

Estos registros pese a no tener su epicentro en la ciudad de Guayaquil han hecho sentir sus efectos en la urbe principal dejando daños en la infraestructura que ha cobrado pérdidas de vidas humanas y fuertes pérdidas económicas, por lo tanto, el grado de afectación por la magnitud de estos eventos sísmicos, es alto. Es importante mencionar también que, tomando en cuenta las características geológicas que se presentan en los suelos de Guayaquil tales como afloramientos rocosos y abundantes suelos blandos que amplifican ondas sísmicas, suman puntos negativos para la seguridad de las estructuras que tienen sus bases en suelos guayaquileños.

Esto ha motivado a muchos investigadores a realizar estudios acerca de la sismología de la ciudad de Guayaquil, siendo la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) participe de estos, con su aporte en instrumentación al final de los años 80 y a proyectos de investigación en los que han participado profesionales como los ingenieros Walter Mera PhD, Jaime Argudo PhD, Lilia Valarezo, Fausto Bravo, Rommel Yela M.Sc, y Alex Villacrés M.Sc, quienes han aportado con valiosa información para este campo de la ingeniería.

3.2 Consideraciones sísmicas

3.2.1 Zonificación sísmica y factor Z

Debido a la alta actividad sísmica de nuestro país y los registros históricos que se han obtenido a lo largo de los últimos 50 años, la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su última versión del año 2015 hace referencia a lineamientos que se deben tomar en consideración para enfrentar la realidad de nuestra ubicación geográfica en cuanto a la actividad sísmica presente. Sus recomendaciones están direccionadas a que las estructuras que sean diseñadas con estos criterios, tengan un mejor desempeño frente a las cargas cíclicas que se producen durante un evento sísmico y por tal razón la NEC-15 presenta un mapa de zonificación de aceleraciones expresado en fracción de la gravedad para la elaboración del espectro de diseño en aceleraciones para un periodo de retorno de 475 años, de igual manera también se presentan tablas que toman en cuenta consideraciones del tipo de suelo para los factores de amplificación de onda imprescindibles para estos procesos. Esta zonificación está basada en estudios realizados por profesionales ecuatorianos y extranjeros expertos en temas de peligro sísmico que establecen las bases necesarias para que el sector de la construcción de nuestro país tenga una guía que ayude a que las estructuras que sean diseñadas bajo estas recomendaciones tengan como objetivo principal salvaguardar las vidas de las personas que ocupen estas edificaciones.

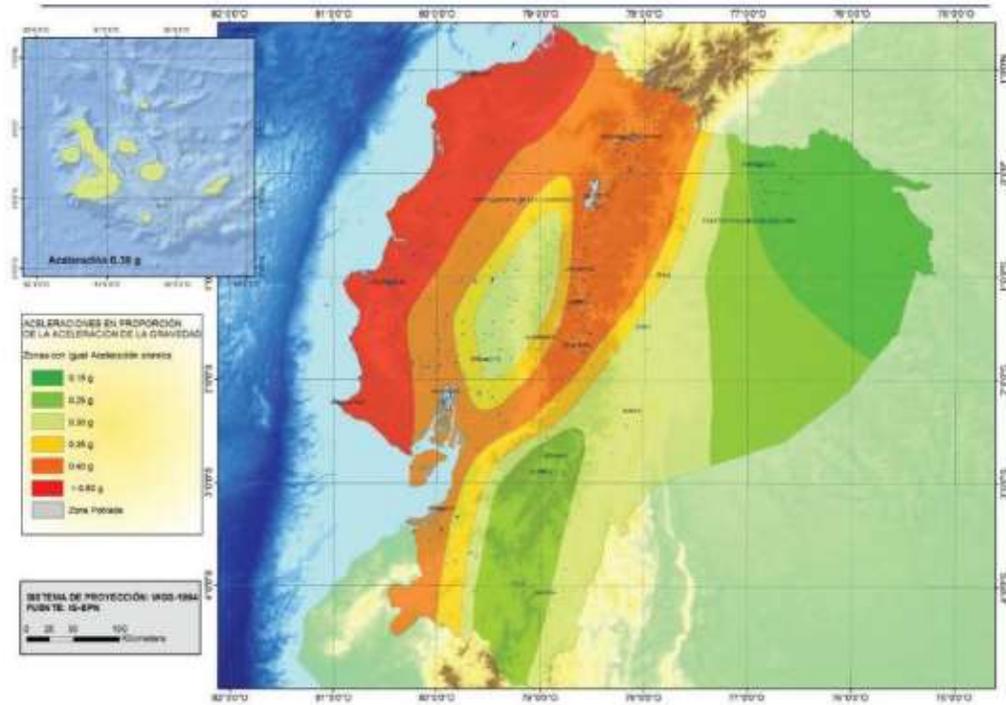


Ilustración 5. Mapa de zonificación sísmica y factor de zona Z

Fuente: NEC-15

En el mapa de zonificación podemos encontrar los diferentes valores de la aceleración en roca (Z) para una tasa de excedencia del 10% en 50 años para un periodo retorno de 475 años, los valores de aceleración están expresados en una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla No 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica. *Fuente: NEC-15*

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

3.2.2 Curvas de peligro sísmico.

Si se desea hacer un análisis a estructuras de carácter “especial” y/o “esencial” tal como puentes, obras portuarias y otras estructuras, o para otros periodos de retorno como 72 años (sismo frecuente), 225 (sismo ocasional) y 2500 años (sismo muy raro), es necesario usar las curvas de peligro sísmico para así hacer una evaluación de la estructura en diferentes niveles de desempeño.

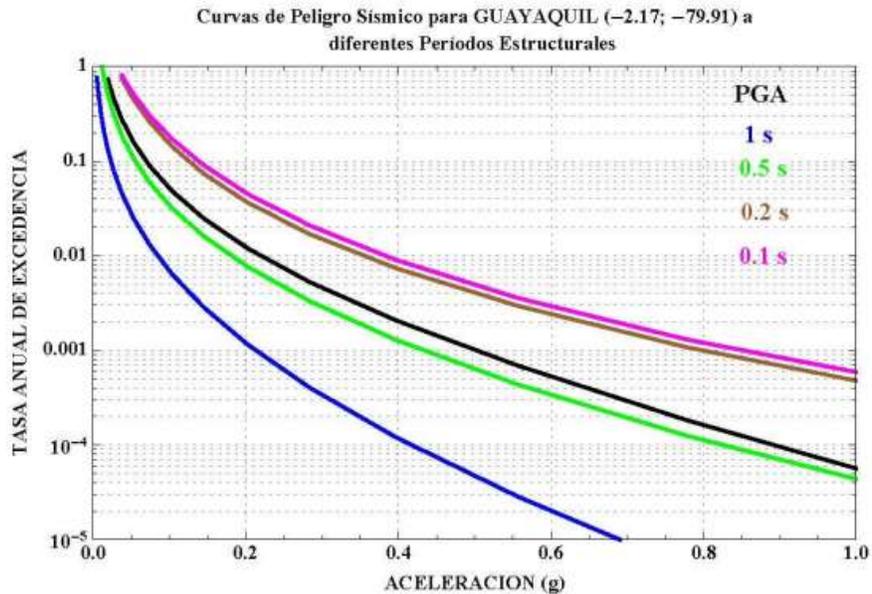


Ilustración 6. Curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil.

Fuente: NEC-15

3.2.3 Características geológicas según NEC 2015, tipos de perfiles de suelo.

Según la Norma Ecuatoriana de la construcción se han dispuesto 6 tipos diferentes de clasificación de suelos según sus parámetros físico mecánicos, haciendo referencia a su capacidad de deformación en lo que respecta a suelos blandos y a su rigidez en suelos compuestos por roca, esto con el objetivo de brindar características del sitio al respectivo análisis de la estructura. La clasificación puede ser A, B, C, D, E y F

Tabla No 2. Tipo de perfil de suelo. Fuente: NEC-15

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

3.2.4 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

Estos factores serán definidos una vez se hayan seleccionado los parámetros anteriores tales como el factor de aceleración Z y el tipo de suelo, esto ayuda a determinar de manera sencilla el valor correspondiente de los factores característicos del suelo mostrados a continuación.

Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

Tabla No 3. Factores de sitio Fa y tipo de suelo. *Fuente: NEC-15*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fd: es un factor de amplificación de los valores del espectro de respuesta de desplazamientos en roca, esto incluye posibles efectos de sitio.

Tabla No 4. Factores de sitio Fd y tipo de suelo *Fuente: NEC-15*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fs: es un factor que incorpora el comportamiento no lineal que poseen los suelos.

Tabla No 5. Factores de comportamiento inelástico del subsuelo Fs y tipo de suelo. *Fuente: NEC-15*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

3.2.5 Espectro elástico de diseño en aceleraciones

La Norma Ecuatoriana de la Construcción integra todos los factores presentados anteriormente, considerando los coeficientes del tipo de suelo, para dar origen a una representación gráfica de la respuesta de aceleraciones, llamado *espectro de respuesta elástico de aceleraciones* Sa , cuyos valores están expresados en función de un porcentaje de la constante gravitatoria (9.81 m/s²).

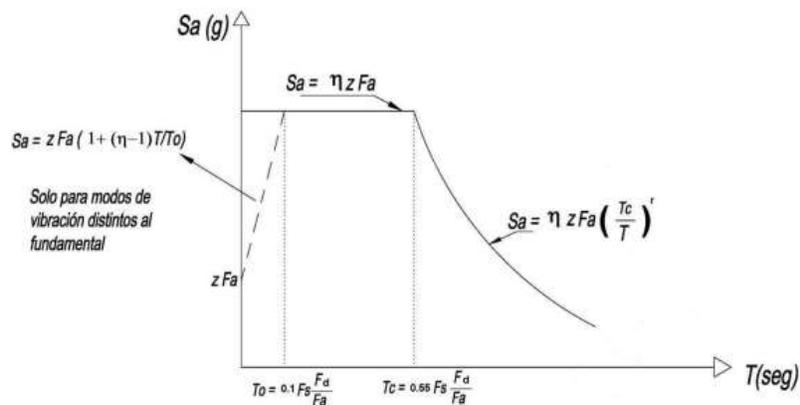


Ilustración 7. Espectro elástico de aceleraciones.

Fuente: NEC-15

Dónde:

Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

$\eta= 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas)

$\eta= 2.48$: Provincias de la Sierra Esmeraldas y Galápagos

$\eta= 2.60$: Provincias del Oriente

F_a Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para un diseño en roca, considerando los efectos de sitio

F_d Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para un diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_s Coeficiente de amplificación de suelo. Considerando el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

r Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$ para tipo de suelo A, B, o C

$r = 1.5$ para tipo de suelo D o E.

Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g .) depende del periodo o modo de vibración de la estructura

T Periodo fundamental de vibración de la estructura

T₀ Periodo límite de vibración en el espectro elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

T_c Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g .

T_L Es el periodo límite de vibración utilizado para la definición del espectro de respuesta en desplazamientos

3.3 Consideraciones de sismo resistencia

3.3.1 Categoría de edificio y coeficiente de importancia

La Norma Ecuatoriana de la Construcción estipula que al determinar la fuerza sísmica de las estructura estas deben de incrementar dependiendo el tipo de uso o importancia que tengan designada, para ello las edificaciones pueden clasificarse como esenciales, de ocupación especial y de uso ordinario, dependiendo de esto se le es asignado un porcentaje extra en el valor de la fuerza sísmica determinada, para que de este modo las estructuras puedan permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

Tabla No 6. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. *Fuente: NEC-15*

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Sin embargo, al utilizar las curvas de peligro sísmico para la evaluación del Edificio del Aula Magna, no es necesario modificar las fuerzas sísmicas con el factor de importancia **I** debido a que no se va a diseñar la estructura, si no a evaluar.

3.4 Consideraciones Estructurales

3.4.1 Periodo de vibración de la estructura

La Norma Ecuatoriana de la Construcción propone dos ecuaciones para la determinación del periodo de vibración de las edificaciones clasificándolas como método 1 y método 2, la diferencia entre ambos es el nivel de información que se tiene de la estructura con objeto de estudio

- a. **Método 1:** para estructuras de edificación, el valor de T_a puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T_a = C_t * h_n^\alpha$$

Donde:

h_n Altura máxima de la edificación de n piso, medida desde la base de a estructura, en metros.

T_a Periodo de vibración

C_t Coeficiente que depende del tipo de edificio

Para la asignación de valores de los coeficientes que forman parte de la ecuación tenemos la siguiente tabla:

Tabla No 7. Coeficiente C_t y α para determinar el periodo de vibración según el método 1

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.047	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.049	0.75

- b. Método 2:** el periodo fundamental T_a puede ser calculado utilizando las propiedades estructurales y las características de deformación de los elementos resistentes, en un análisis apropiado, mediante la utilización de la siguiente expresión, aplicada en cada dirección principal de la estructura o por medio de un análisis modal.

$$T_a = \pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2}{g \sum_{i=1}^n f_i \delta_i}}$$

Donde:

F_i Representa cualquier distribución aproximada de las fuerzas laterales en el piso i , de acuerdo con los principios descritos en el presente capítulo o cualquier distribución racional

δ_i Deflexión elástica del piso i , calculada utilizando las fuerzas laterales f_i

w_i Peso aginado al piso o nivel i de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva W (incluye la fracción de la carga viva correspondiente) peso: w /cargas: W

Sin embargo, el valor de T_a calculado por este método no debe sobrepasar en un porcentaje mayor al 30% del valor de T_a calculado con el método.

Capítulo 4

4.1 Rehabilitación de Estructuras según NEC-15

Dentro de los capítulos que ofrece la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su edición del año 2015 se encuentra el capítulo NEC-SE-RE, el cual nos las pautas necesarias para el estudio de la rehabilitación de estructuras con los lineamientos a seguir para el desarrollo de este trabajo de investigación.

4.1.1 Riesgo Sísmico

La actividad sísmica en el Ecuador es permanente, nuestro país se encuentra en la zona de choque de dos placas tectónicas que están en constante interacción provocada por la subducción de la placa de Nazca con la Sudamericana, fenómeno que genera varios eventos sísmicos todos los años, la forma de liberar energía en este choque de estas dos placas es a través del deslizamiento en el área de colisión y esto proyecta los movimientos telúricos hacia la superficie.



Ilustración 8. Diagrama de las placas tectónicas

Siendo conscientes de esta información, es importante tratar de mitigar esta amenaza haciendo que las estructuras que se diseñen y se construyan en el país estén preparadas para exponerse, durante toda su vida útil a esta condición de peligro constante, la cual se define como riesgo sísmico.

Con respecto al riesgo sísmico la NEC-15 establece que es el resultado de 3 factores:

- Peligro sísmico
- Nivel de exposición
- Vulnerabilidad al daño de las edificaciones

El peligro sísmico es una constante en nuestra ubicación geográfica, la mayoría de la superficie de nuestro país se encuentra en una zona de alto peligro sísmico, por lo tanto, se convierte en algo inevitable, mientras que el nivel de exposición se genera por las cualidades que puede tener una estructura para sufrir daño, estas cualidades pueden ser:

- Antigüedad
- Mala ubicación
- Elección de materiales inapropiados para su construcción
- Falta de mantenimiento
- Inapropiado sistema estructural
- Ampliaciones o remodelaciones sin un criterio estructural.

La vulnerabilidad al daño de una edificación se expresa como la probabilidad de que esta sufra un porcentaje de daño que está directamente vinculado a la intensidad de un sismo, también se toman en cuenta la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales.

Lo descrito anteriormente hace énfasis en que se debe tomar en cuenta el Riesgo Sísmico como un aspecto de gran importancia al momento de concebir un proyecto estructural o al momento de realizar algún cambio en él, ya que los beneficios de hacer esto implican buenos resultados como minimizar la pérdida de vidas humanas, el trastorno social y económico debido a los sismos, como lo dice la NEC-15.

4.1.2 Niveles de desempeño de una estructura

El comportamiento de una estructura frente a un evento sísmico ha sido categorizado para poder definir el objetivo que se desea alcanzar tomando en cuenta su comportamiento estructural y no estructural, estos niveles son:

- 1-A: nivel operacional
- 1-B: nivel de ocupación inmediata
- 3-C: nivel de seguridad de vida
- 5-E: nivel de prevención de colapso

Tomando en cuenta estos niveles de desempeño la NEC-15 define el control de daños de una edificación presentada en la siguiente tabla:

Tabla No 8. Control de daños y niveles de desempeño en edificios.

	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)	Nivel de Seguridad de Vida (5-E)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel Operacional (1-A)
Daño Global	Severo	Moderado	Ligero	Muy Ligero
General	Pequeña resistencia y rigidez residual, pero columnas y muros cargadores funcionando. Grandes derivas permanentes. Algunas salidas bloqueadas. Parapetos no asegurados que han fallado o tienen alguna falla incipiente. El edificio está cerca del colapso	Algo de resistencia y rigidez residual ha quedado en todos los pisos. Elementos que soportan cargas gravitacionales aún funcionando. Fallas en muros dentro de su plano o parapetos inclinados. Algo de deriva permanente. Daño en paredes divisorias. El Edificio se mantiene económicamente reparable	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, cielos razos así como en elementos estructurales. Los ascensores aún pueden ser encendidos. Sistema contra incendios aún operable	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene la resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, y cielos razos así como en elementos estructurales. Todos los sistemas importantes para una operación normal están en funcionamiento
Componentes No Estructurales	Daño severo	Peligro de caída de objetos mitigado pero bastante daño en sistemas: arquitectónico, mecánico y eléctrico	Equipos y contenido están seguros de manera general, pero algunos no operan debido a fallas mecánicas o falta de utilidad	Ocurre daño insignificante. La energía eléctrica y otros servicios están disponibles, posiblemente por servicios de reserva

4.1.3 Niveles de amenaza sísmica

Se definen 4 niveles de amenaza sísmica según la tasa de excedencia en 50 años, la cual también presenta la tasa de excedencia de 1 año, la misma que nos dice la probabilidad de que un evento sísmico con los periodos de retorno establecidos tenga una aceleración mayor.

Tabla No 9. Niveles de amenaza sísmica

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno T_r (años)	Tasa de excedencia ($1/T_r$)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro* (extremo)	2%	2 500	0.0004

Tomando en cuenta que la NEC-SE-RE establece objetivos para la rehabilitación de estructuras en base a los niveles de desempeño, se tomarán dichos objetivos para hacer el análisis de lo que se espera en la estructura del Edificio del Aula Magna para el presente trabajo de investigación, estos objetivos están dispuestos en la siguiente tabla:

Tabla No 10. Objetivos de rehabilitación

		Niveles de Desempeño Esperados en el Edificio			
		Nivel Operacional (1-A)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel de Seguridad de Vida (3-C)	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)
NIVEL DE TERREMOTO	50% / 50 años	a	b	c	d
	20% / 50 años	e	f	g	h
	BSE-1 (10% / 50 años)	i	j	k	l
	BSE-2 (2% / 50 años)	m	n	o	p

1.- Cada celda en esta matriz representa un Objetivo de Rehabilitación discreto

2.- Los objetivos de rehabilitación de esta tabla pueden ser usados para representar los siguientes 3 objetivos de rehabilitación:

Objetivo Básico de Seguridad	k y p
Objetivos Avanzados	k y m, n, o p e i ó j k y p y a, b, e, ó f
Objetivos Limitados	m, n, u o sólo k sólo p sólo c, d, g, h, o l sólo

Capítulo 5

5.1 Levantamiento de información

El edificio del Aula Magna a la fecha del día de hoy tiene 54 años de antigüedad y se posee muy poca información acerca de detalles constructivos como especificaciones técnicas de los materiales usados para su construcción, planos de detalles estructurales o procesos constructivos llevados a cabo durante su desarrollo, sin embargo, a través de la investigación realizada se logró conocer algunos nombres de los involucrados en su ejecución presentados a continuación:



Ilustración 9. Rotulo informativo de los responsables de la construcción del Aula Magna.

Fuente: UCSG

Construcción:	Constructora Guayaquil – Ing. Walter Camacho
Fiscalización:	Ing. Francisco Amador Ycaza
Calculo:	Ing. Arturo Rossi Ríos
Periodo de construcción:	1967-1968
Inauguración:	1969

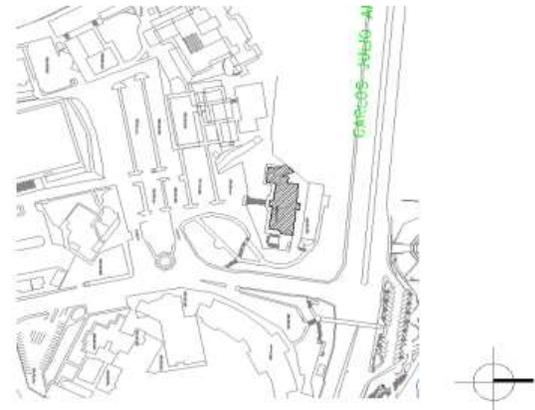
a. NOMBRE DEL INMUEBLE: Aula Magna-Capilla Universidad Católica Santiago de Guayaquil		c. AUTOR DISEÑO Arq. Alamiro González	
DIRECCIÓN	Parroquia Tarqui	d. AUTOR CONSTRUCCIÓN	f. USO ORIGINAL Cultural/religioso
	Calle y N° Av. Carlos Julio Arosemena Km 1 1/2	e. AÑO CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO C.1967-1968	g. USO ACTUAL Cultural/religioso
b. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN		h. PROPIETARIO ORIGINAL Universidad Católica Santiago de Guayaquil	i. PROPIETARIO ACTUAL Universidad Católica Santiago de Guayaquil
		j. RÉGIMEN ACTUAL DE PROPIEDAD	
		Estatal <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Religioso <input type="checkbox"/> Privado <input checked="" type="checkbox"/>	
FUENTE DE INFORMACIÓN			
a			
b			
c			
d		tesis: Inv. De la arq. De Gquill 1940-70	
e			
f		tesis: Inv. De la arq. De Gquill 1940-1970	
g		tesis: Inv. De la arq. De Gquill	
h			
i		tesis: Inv. De la arq. De Gquill	
j		tesis: Inv. De la arq. De Gquill	
k		tesis: Inv. De la arq. De Gquill	
l			

Ilustración 10. Ficha técnica con información del Aula Magna.

Fuente: (Compte, 2011)

Durante la indagación también se obtuvo un relevamiento arquitectónico hecho por la Dirección Administrativa de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil el cual fue proporcionado por el Arq. Carlos León, el cual tiene total congruencia, en cuanto a arquitectura, con lo constatado en el sitio y gracias al cual se han podido definir dimensiones y ubicación de los elementos estructurales que son de vital importancia para llevar a cabo el modelo estructural y proceder al desarrollo del trabajo de investigación.

5.2 Planos Arquitectónicos

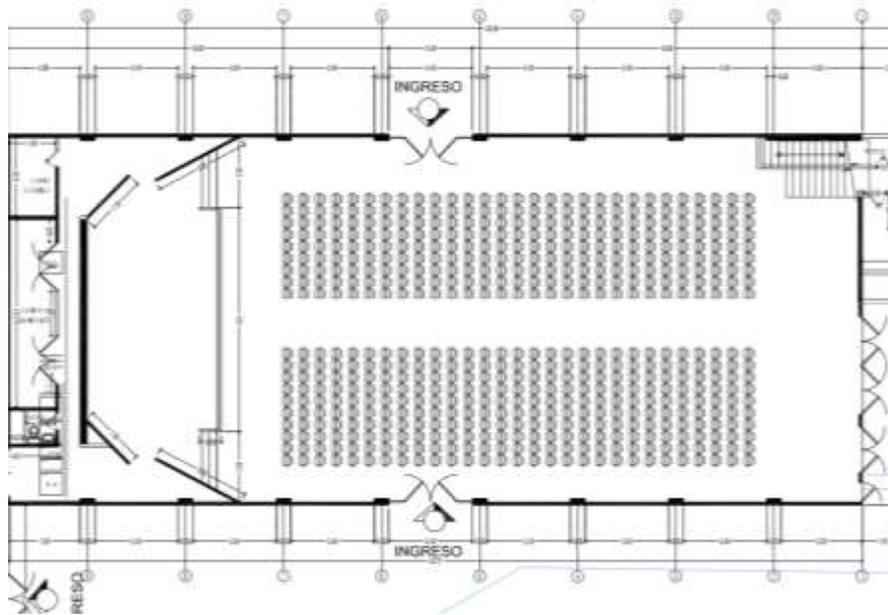


Ilustración 11. Relevamiento arquitectónico, vista en planta de la planta baja.

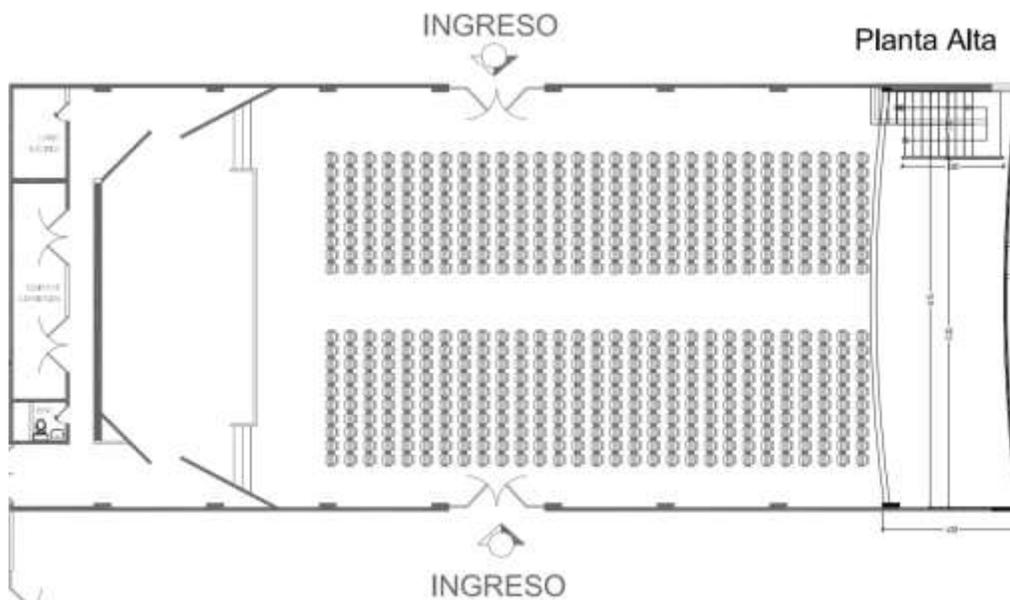


Ilustración 12. Relevamiento arquitectónico, vista en planta de la planta alta.

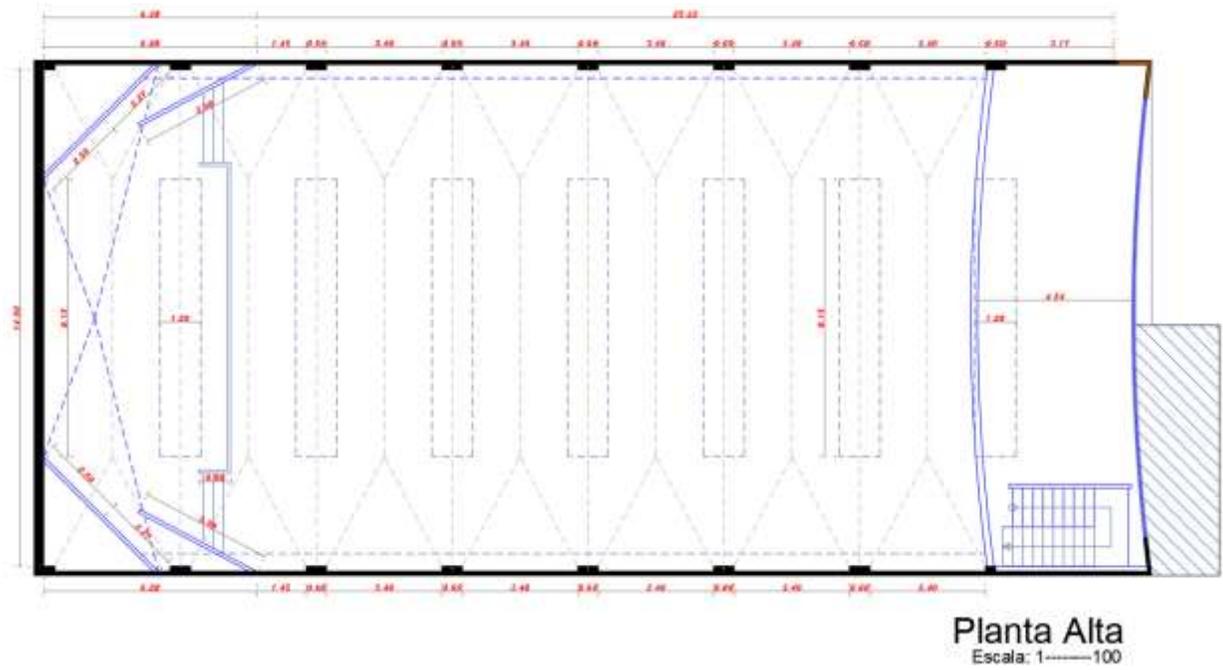


Ilustración 13. Relevamiento arquitectónico, vista en planta de la cubierta.

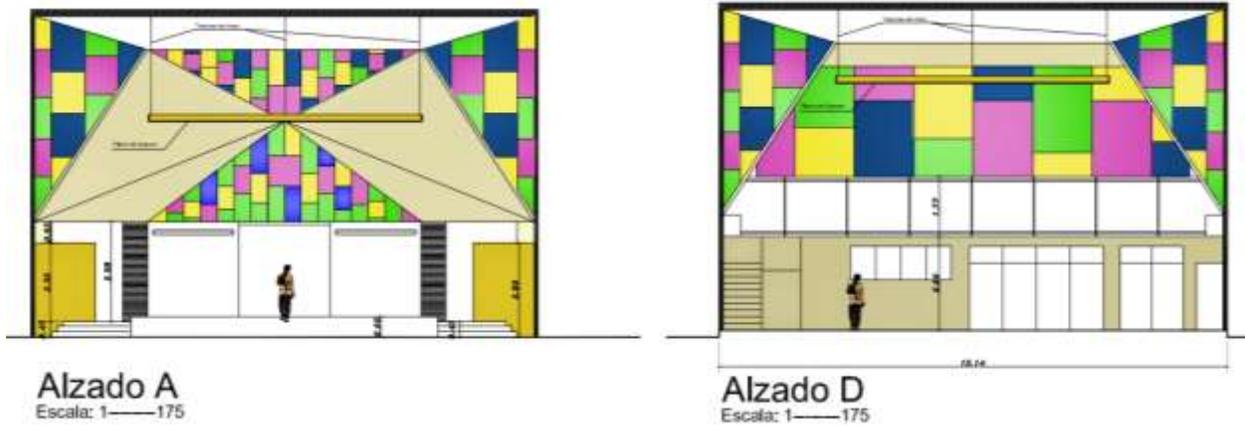


Ilustración 14. Relevamiento arquitectónico, vista interior I.



Ilustración 15. Relevamiento arquitectónico, vista interior II.



Ilustración 16. Relevamiento arquitectónico, vista interior III.

A pesar de contar con los planos arquitectónico se necesitó realizar una visita al sitio en varias ocasiones para definir secciones de los elementos estructurales y a su vez ubicar algunos de ellos que no eran visibles a simple vista por la implementación arquitectónica tales como, tumbados y recubrimientos ornamentales.

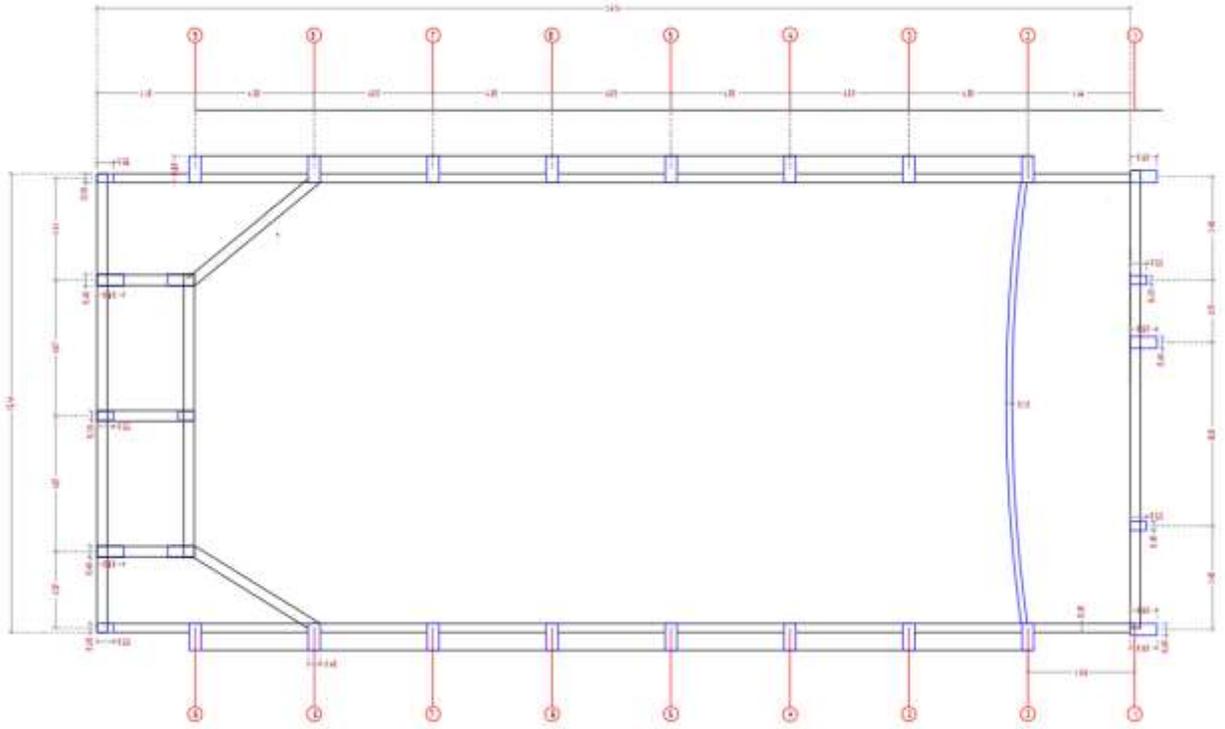


Ilustración 17. Vista en planta del plano estructural, relevamiento hecho en sitio.

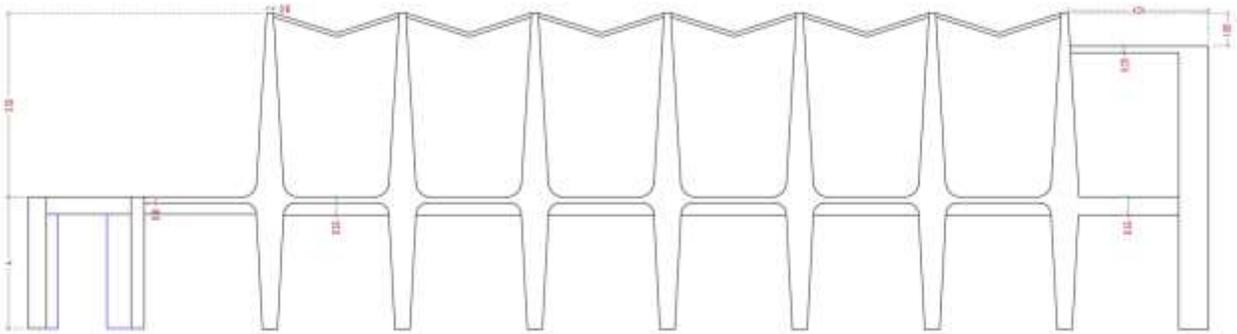


Ilustración 18. Vista en lateral del plano estructural, relevamiento hecho en sitio.

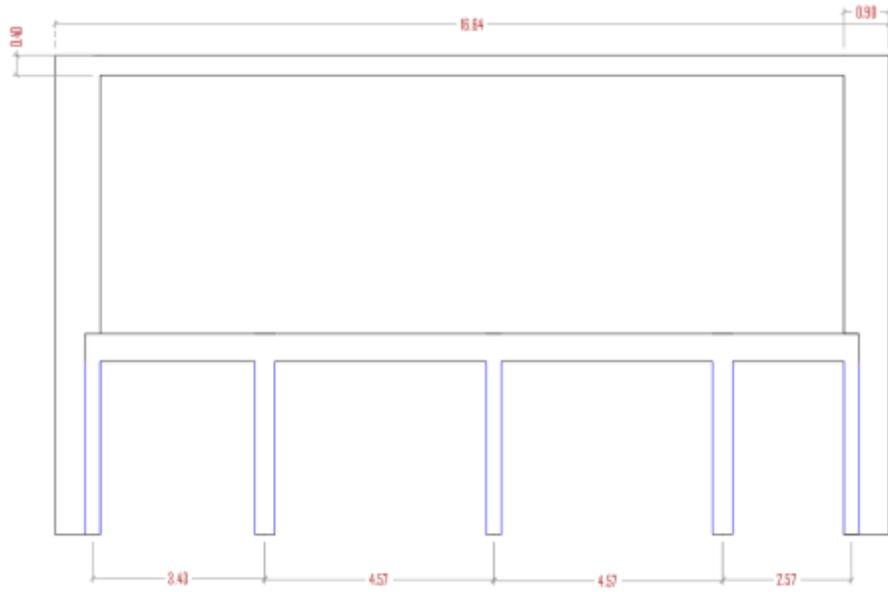


Ilustración 19. Vista de fachada posterior

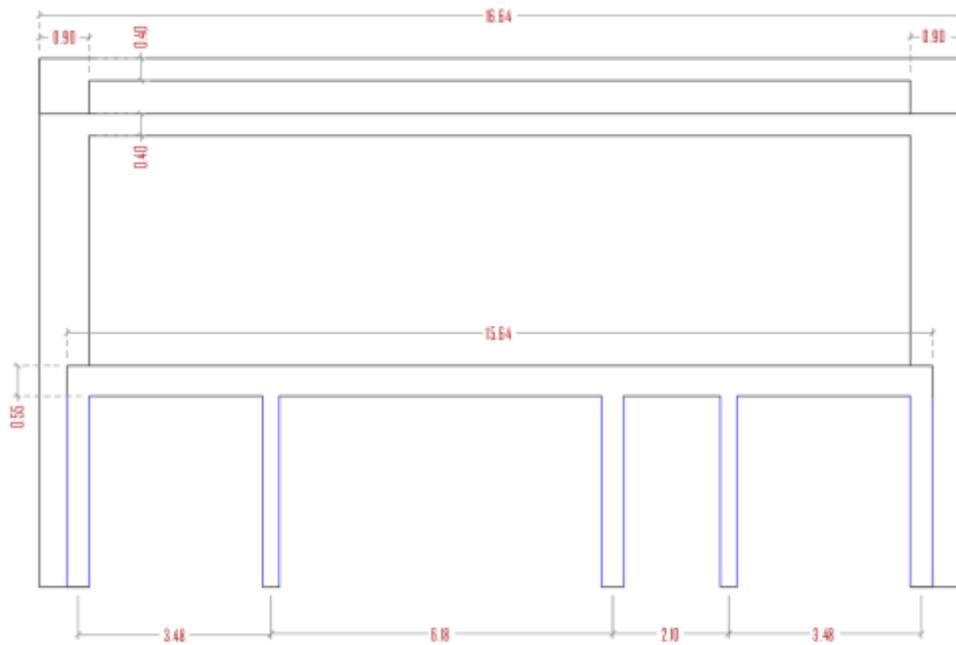


Ilustración 20. Vista de fachada frontal.

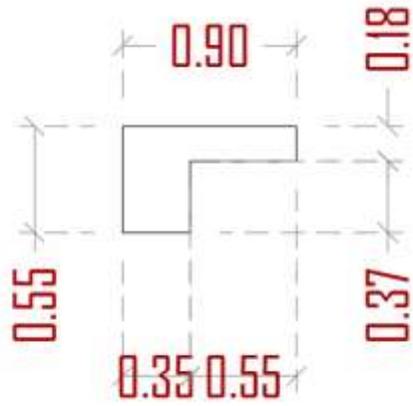


Ilustración 21. Sección de vigas de amarre $h = 4m$.

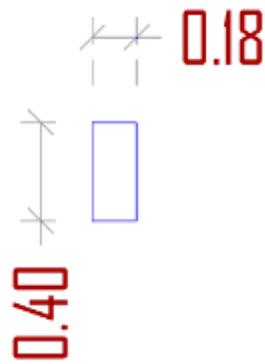


Ilustración 22. Sección de vigas de amarre $h = 9.55m$.

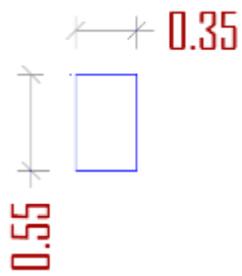


Ilustración 23. Sección de vigas de amarre de corta distancia.

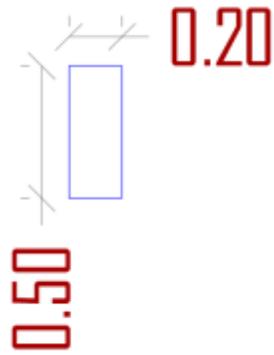


Ilustración 24. Sección de viga banda de losa, curva.

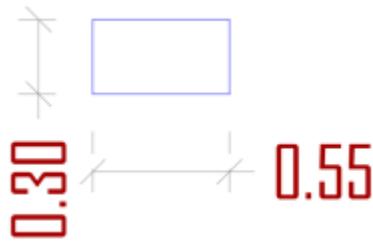


Ilustración 25. Sección de columnas cortas (secundarias).

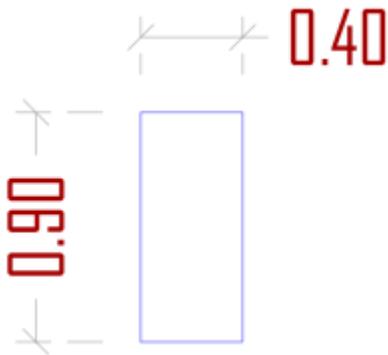


Ilustración 26. Sección de columnas Principales.

5.3 Estudio de suelos relacionados

A la fecha del día de hoy no existen sondeos o estudios de suelo relacionados al área de emplazamiento del edificio del Aula Magna que pueda servir como evidencia “directa” para hacer una clasificación sísmica del suelo, que es lo que esencialmente se necesita para el desarrollo del presente trabajo de investigación, sin embargo, se logró obtener un estudio y análisis del suelo realizado por el Ingeniero Oswaldo Ripalda Nuques M.Sc. docente de la UCSG, para la construcción del edificio de Post Grado, edificio que se encuentra en el socavón del cerro en el que se encuentra el Aula Magna, la información de este estudio es resumida a continuación:



Ilustración 27. Socavón al Noroeste del Aula Magna de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Fuente: Google Earth

5.3.1 Descripción del macizo rocoso

Es una excavación curva, con una dirección promedio Este-Oeste y taludes prácticamente verticales, en el macizo rocoso del cerro en cuya parte superior se construyó hace más de 50 años, la capilla de la universidad, hoy aula magna.

Este socavón existe en el sitio desde antes de la fundación de la universidad (más de 40 años) y aparentemente se originó durante el funcionamiento de la mina de material pétreo con la cual se construyó inicialmente las vías del antiguo ferrocarril de la Costa, que posteriormente se transformó en la vía a la Costa y finalmente en la avenida C.J. Arosemena.

5.3.2 Geología Local

El macizo rocoso está compuesto principalmente de lutita solidificada de alta resistencia, con planos de estratificación inclinados unos 26 grados al Sur, es decir, generalmente hacia el interior del corte, esto es, en contra de que se produzca algún deslizamiento. Estos planos están separados varios decímetros entre sí, los planos de estratificación presentan una superficie ligeramente rugosa, con separación menor a 1 mm y sus paredes ligeramente meteorizadas; con poca presencia de agua (húmedas) durante la temporada de lluvias; por lo que según el sistema de calificación internacional del macizo rocoso de Bieniawski de 1989, clasificaría como de buena calidad (Clase II), con un puntaje de por lo menos 61 puntos.

Tabla No 11. Sistema de Calificación de Macizos Rocosos, según Bieniawski, 1989.

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter		Range of values					For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa			
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	<1 MPa
		Rating	15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality ROD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
		Rating	20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.5 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
		Rating	20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slidensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
		Rating	30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press) (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
		Rating	15	10	7	4	0		
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)									
Strike and dip orientations			Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable		
Ratings	Tunnels & mines		0	-2	-5	-10	-12		
	Foundations		0	-2	-7	-15	-25		
	Slopes		0	-5	-25	-50			
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS									
Rating		100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21			
Class number		I	II	III	IV	V			
Description		Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock			
D. MEANING OF ROCK CLASSES									
Class number		I	II	III	IV	V			
Average stand-up time		20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span			
Cohesion of rock mass (MPa)		> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100			
Friction angle of rock mass (deg)		> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15			

La puntuación para este caso de estudio se presenta a continuación:

Tabla No 12. Parámetros de Resistencia según Calificación

RMR (Bieniawski,1989)	C' (KPa)	ϕ' (grados)
81	400	45
61	300	35
41	200	25
21	100	15

5.3.3 Sondeos de exploración y recuperación de muestra

La perforación a rotación (enfriamiento con agua), con recuperación continua de testigos, se realizó por el sistema *wireline* (recuperación interior de la muestra), utilizando brocas impregnadas con diamante; en barril de doble pared para las perforaciones realizadas en la zona en que se cimentará el edificio de Posgrado. El equipo de perforación a rotación se muestra a continuación:



Ilustración 28. Ubicación en sitio de sondeo P1

Las fotografías de las muestras recuperadas del sondeo característico, se muestran a continuación:



Ilustración 29. Sondeo E1.- Muestras desde 0.0 a 6.07 m.

5.2 Conclusiones del estudio geotécnico disponible.

Como se puede observar, este estudio fue realizado al pie del cerro de la UCSG lugar donde ahora se encuentra el edificio de estudios de Post Grado, un edificio que se terminó de construir en el año 2019 por lo cual el estudio geotécnico fue hecho en el lugar de emplazamiento de este edificio, el cual se encuentra en un nivel inferior al del edificio del aula Magna, sin embargo, se puede observar en la información que presentada anteriormente que se hace una descripción del macizo rocoso, mencionando características notables y contando con la calificación de macizos rocosos de Bieniawski estipulada por el mismo autor en el año 1989 arrojando como resultado la calificación Clase II, misma que atribuye características de una roca de buena calidad. Una desventaja que presenta esta descripción pudiera ser el grado de fracturación que se puede apreciar en la siguiente imagen:



Ilustración 30. Vista frontal del Socavón

Sin embargo, al ver esta imagen se debe mencionar que este es el lado expuesto del cerro y al presentar esta condición se expone a todas las condiciones climáticas que lo llevan a tener cierto grado de meteorización que se expresa en fracturación del macizo rocoso.

Otro aspecto a tener en cuenta es que según el mapa de zonificación de suelos realizado por el Ing. Xavier Vera Grunauer PhD para la ciudad de Guayaquil este afloramiento rocoso pertenece a la *Formación Cayo* que por definición geológica presentada en el estudio del mapa de zonificación y citando al autor, es un grupo potente de rocas de origen volcánico-clástico depositadas en ambiente marino, sobreyaciendo a la formación Piñón e infrayaciendo a la formación Guayaquil.

En la siguiente imagen se presenta la implantación de la ubicación del edificio del Aula Magna sobre el mapa de zonificación

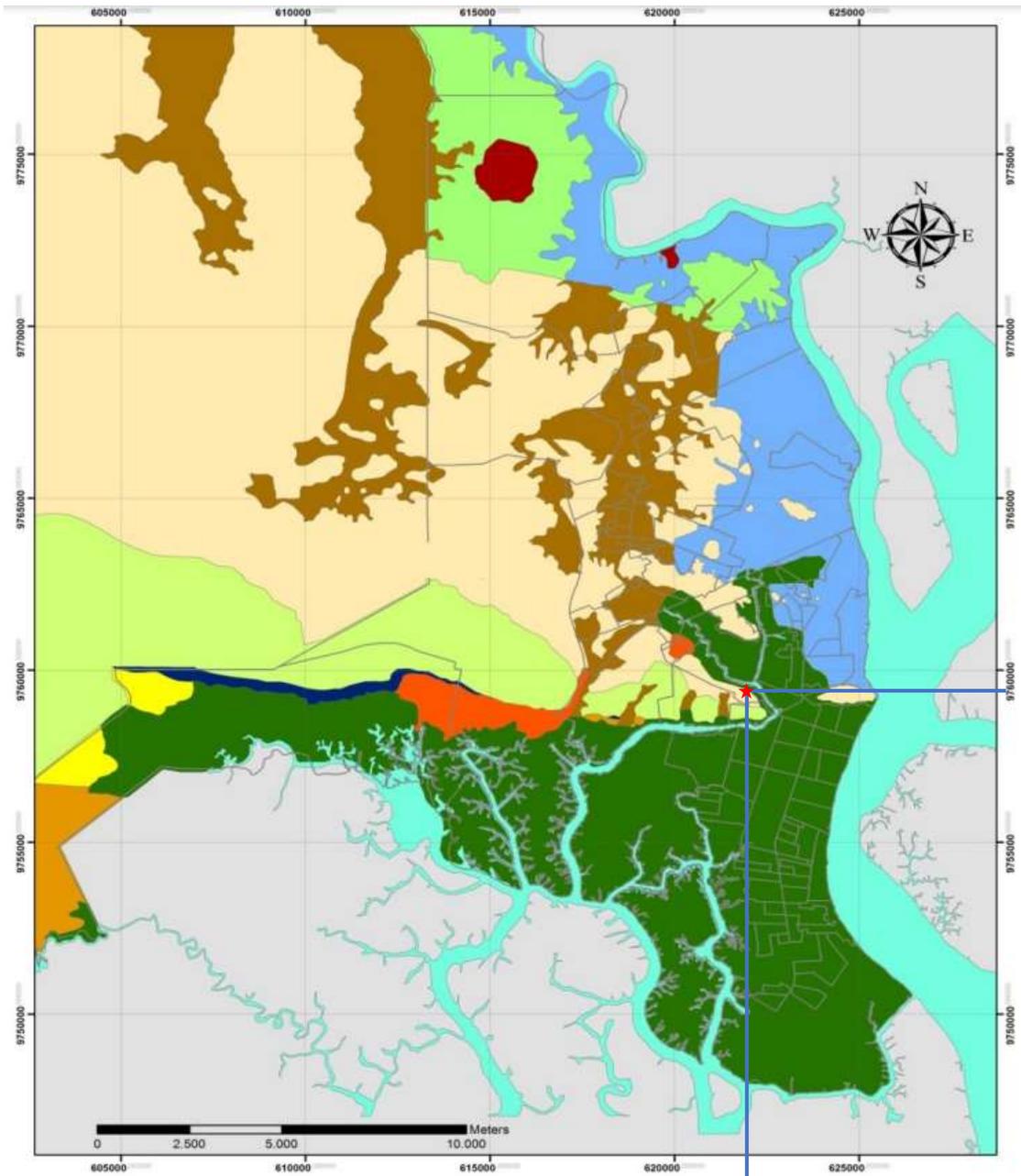


Ilustración 31. Mapa geológico de Guayaquil

Fuente: Estudio de zonificación geológica de Guayaquil. Ing. Xavier Vera Grunauer Ph.D

Leyenda		D7 Formación Rocosa	
Zona	Descripción		
	Ca Depósitos Aluviales		Ea G. Ancón
	Ce Depósitos Estuarinos		Ese Fm. San Eduardo
	Cal Depósitos Aluvio - Lacustres		PMg Fm. Guayaquil
	Ca Depósitos Coluviales		Kc Fm. Cayo
			Kg Rocas Graníticas Indiferenciadas
			Kp Fm. Piñón
			Pa G. Azúcar

Ilustración 32. Leyenda de mapa de clasificación de suelos.

Fuente: *Estudio de zonificación geológica de guayaquil. Ing. Xavier Vera Grunauer Ph.D*

Frente a la carencia de información directa para la clasificación sísmica de suelo para este caso de estudio, nos hemos basado en esta información adjunto a esto también la opinión del Ingeniero Oswaldo Ripalda Nuques quien es conocedor de muchos estudios que se han hecho en el terreno de la UCSG como el edificio de la facultad de empresariales y estudios a el mismo afloramiento rocoso que se encuentra que se encuentra dispuesto a lo largo de la vía a la costa. Haciendo un compendio de toda esta información se concluye que, la clasificación sísmica de suelo para este estudio de riesgo sísmico, evaluación y posible rehabilitación del edificio del Aula Magna es **suelo tipo B.**

Capítulo 6

6.1 Definición de niveles de estudio

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción existen 5 tipos diferentes de evaluación de riesgo sísmico, cada uno de ellos está enfocado para abarcar diferentes campos de investigación, siendo los siguientes:

1. **Estabilidad del edificio y desempeño sísmico (BS):** busca evaluar el desempeño sísmico y la estabilidad del edificio
2. **Estabilidad del sitio (SS):** enfocado en la evaluación de la estabilidad del sitio por fallas, licuefacción del suelo, deslizamiento de tierra u otra respuesta in situ que pudiera amenazar la estabilidad del edificio o causar daños durante un terremoto.
3. **Riego sísmico (BD):** Evaluación de la vulnerabilidad y pérdida que se podrían producir en un edificio o grupo de edificios por el peligro sísmico existente en el sitio de emplazamiento de las estructuras.
4. **Vulnerabilidad y pérdidas de contenido (CD):** evaluación de la vulnerabilidad y pérdidas de contenido del edificio.
5. **Tiempo de interrupción (BI):** Evaluación de las pérdidas por interrupción o uso parcial del edificio.

Bajo los lineamientos de la NEC-15 el siguiente trabajo de investigación debe cumplir con los requerimientos generales, el cual establece que los requerimientos mínimos deberán incluir la evaluación de estabilidad del edificio (BS) y de sitio (SS), para lo cual se han elegido los siguientes niveles:

Nivel BS1

- Determinación de los sistemas del edificio que resisten las cargas verticales y laterales revisando los documentos de construcción o las inspecciones visuales del edificio, de no haber documentos disponibles. Donde la documentación no esté disponible para su revisión, el año de construcción en el cual el edificio fue diseñado deberá ser estimado, así como el código o norma de construcción que se usó en ese tiempo.
- Determinación del código de construcción aplicable que regía en el tiempo que se realizó la construcción y las prácticas profesionales seguidas durante la construcción.

- Consideración especial se deberá tener a cualquier condición irregular que pueda crear inestabilidades como pisos débiles, columnas restringidas por pisos inclinados, o paneles de pared rígidos, elementos no arriostrados y materiales y sistemas potencialmente frágiles como mampostería no reforzada, elementos de concretos prefabricados, etc.

Un Nivel BS1 de investigación tiene una alta incertidumbre inherente en el resultado.

La información que se encontraba disponible con respecto al edificio del Aula Magna es muy limitada, como se menciona anteriormente los planos arquitectónicos que fueron otorgados por la Dirección Administrativa de la universidad no definen disposición ni magnitudes de los elementos estructurales, sin embargo, se pudo contar con esta información haciendo un relevamiento de los elementos estructurales con inspecciones realizadas desde el exterior y al interior del edificio, en cuanto a la fecha de creación del edificio se conoce el año de construcción e inauguración, pero no se posee conocimiento del código o norma que se usó.

Nivel SS1

- Determinación de las condiciones del sitio de reportes y mapas publicados y disponibles, con códigos para áreas de susceptibilidad, así como mapas que identifican las áreas con susceptibilidad al peligro sísmico, establecidas tal vez por códigos postales, ubicación geográfica u otro sistema.
- Determinación de si el área donde el sitio está localizado tiene susceptibilidad a ruptura de la falla, licuación de suelos, hundimiento, asentamiento, o deslizamiento de estudios disponibles o de reportes geotécnicos del sitio.
- Determinación de si el sitio es susceptible a inundación por tsunami o si el sitio está localizado cerca de un cuerpo de agua que sea susceptible a un seiche causado por un terremoto o localizado cerca de un dique, cuya ruptura podría causar que las ondas del agua impacten la propiedad.

Un nivel de investigación SS1 tiene alta incertidumbre en el resultado

Se conoce de las condiciones del lugar por medio de estudios geotécnicos realizados en un área muy cercana al lugar de emplazamiento del edificio del Aula Magna y también porque se ha hecho uso del mapa de zonificación geológica de Guayaquil, en el cual al ubicar las coordenadas del edificio con objeto a estudio podemos ver que coincide con la Formación Cayo y eso brinda una clara idea del tipo de suelo con el que se va a tratar, sin embargo, esta información no permite conocer otros parámetros necesarios para realizar una clasificación sísmica del suelo.

Nivel BD1

- Como línea básica debe cumplir con los niveles BS1 y SS1

Un nivel BD1 de investigación tiene una incertidumbre moderada inherente en su resultado

6.2 Niveles de desempeño esperado en la estructura

Para la evaluación estructural del Edificio del Aula Magna se han designado los siguientes niveles de desempeño frente a los eventos sísmicos que estipula la norma.

Tabla No 13. Niveles de desempeño esperado

Sismo	Periodo de retorno (años)	Nivel de desempeño	
Frecuente	72	Operacional	1-A
Ocasional	225	Ocupación Inmediata	1-B
Raro	475	Seguridad de vida	3-C
Muy raro	2500	Prevención al colapso	5-E

Los niveles de desempeño están vinculados con los objetivos de rehabilitación de la estructura ya que, estos nos ayudan a definir la magnitud de daño que se quiere tolerar frente a la ocurrencia de un evento sísmico. En el presente caso de estudio se han definido los objetivos mínimos que se desean alcanzar en lo que respecta a su comportamiento, daños estructurales y no estructurales, tomando en cuenta la Tabla No 13 de los niveles de desempeño esperados para cada sismo y también la Tabla No 14 en la que se establecen los objetivos de rehabilitación mostrados a continuación:

Tabla No 14. Objetivos de rehabilitación. *Fuente: NEC-15*

		Niveles de Desempeño Esperados en el Edificio			
		Nivel Operacional (1-A)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel de Seguridad de Vida (3-C)	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)
NIVEL DE TERREMOTO	50% / 50 años	a	b	c	d
	20% / 50 años	e	f	g	h
	BSE-1 (10% / 50 años)	i	j	k	l
	BSE-2 (2% / 50 años)	m	n	o	p

1.- Cada celda en esta matriz representa un Objetivo de Rehabilitación discreto

2.- Los objetivos de rehabilitación de esta tabla pueden ser usados para representar los siguientes 3 objetivos de rehabilitación:

Objetivo Básico de Seguridad	k y p
Objetivos Avanzados	k y m, n, or o p e i ó j k y p y a, b, e, ó f m, n, u o sólo
Objetivos Limitados	k sólo p sólo c, d, g, h, o l sólo

Resumen:

1. Para el sismo **frecuente** con un periodo de retorno de 72 años con Nivel Operacional como desempeño esperado, el objetivo de rehabilitación es **“a”**
2. Para el sismo **ocasional** con un periodo de retorno de 225 años con Nivel de Ocupación Inmediata como desempeño esperado, el objetivo de rehabilitación es **“f”** sin embargo, como esta estructura es una edificación de ocupación especial la NEC-15 estipula que deberán ser rehabilitadas para un objetivo limitado **“g”**

3. Para el sismo **raro** con un periodo de retorno de 225 años con Nivel de Seguridad de Vida como desempeño esperado, el objetivo de rehabilitación es “**k**” sin embargo, como esta estructura es una edificación de ocupación especial la NEC-15 estipula que deberán ser rehabilitadas para un objetivo limitado “**l**”
4. Para el sismo **muy raro** con un periodo de retorno de 2500 años con Nivel de Prevención al Colapso como desempeño esperado, el objetivo de rehabilitación es “**p**”

Para los casos 2 y 3 que tiene los objetivos **f** y **k** designados por el nivel de desempeño esperado, la NEC-15 ofrece la opción de reducir el nivel de exigencia y proporcionar otra opción de objetivo de rehabilitación estos son **g** y **l** esto con la finalidad de reducir la exigencia que estos objetivos exigen por el fuerte impacto que tienen los sismo *raros* y *muy raros* sobre las estructuras.

Capítulo 7

7.1 Modelo Estructural

Para el modelo estructural presentado a continuación se hizo uso del software Etabs de análisis estructuras que desarrolla el método de elementos finitos para la obtención de la información correspondiente al comportamiento de la estructura frente a los 4 sismos de diseño, se utilizó el análisis modal como método para determinar derivas y verificar si estas cumplen con lo determinado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción frente a los niveles de desempeño que se le ha asignado (Tabla No 13).

7.1.1 Parámetros de ingreso



The screenshot displays the material input dialog box in Etabs software, organized into three sections:

- General Data:** Material Name (4000Psi), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (dark grey), and Material Notes (Modify/Show Notes...).
- Material Weight and Mass:** Radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. Weight per Unit Volume is 2402.77 kgf/m³, and Mass per Unit Volume is 2402.77 kg/m³.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E (2534.56 kgf/mm²), Poisson's Ratio, U (0.2), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.000099 1/C), and Shear Modulus, G (1056.07 kgf/mm²).

Ilustración 33. Datos de ingreso de materiales, Software Etabs

Para el siguiente análisis los datos de los materiales a utilizar fueron necesarios, no se cuenta con mucha información al respecto, sin embargo, el estudio realizado por el Ing. Walter Mera Ortiz PhD al Edificio Principal de la UCSG brinda bastante información de la cual se puede hacer

uso ya que los dos edificios poseen características similares, fueron construidos en la misma década y tuvieron a cargo el mismo constructor. Se asume la resistencia a compresión del hormigón como 280 kg/cm².

The screenshot shows the 'General Data' and 'Shape' sections of a software interface. Under 'General Data', the 'Property Name' is 'Columna 400x900', 'Material' is '4000Pa', and 'Section Dimensions' are 'Depth: 900 mm' and 'Width: 400 mm'. Under 'Shape', the 'Section Shape' is 'Concrete Rectangular'.

Ilustración 34. Sección de columna principal $h=9.55m$, Software Etabs

Estas columnas forman parte de la estructura más visible del edificio, la sección es de 40 x 90 centímetros y se encuentra en casi todas las columnas tanto en las de altura completa (9.55 m) y las de media altura (4 m)

The screenshot shows the 'General Data' and 'Shape' sections of a software interface. Under 'General Data', the 'Property Name' is 'Columna 300x400', 'Material' is '4000Pa', and 'Section Dimensions' are 'Depth: 300 mm' and 'Width: 400 mm'. Under 'Shape', the 'Section Shape' is 'Concrete Rectangular'.

Ilustración 35. Columna secundaria $h=4m$, Software Etabs

Estas columnas se encuentran en menor cantidad y son únicamente para las columnas de media altura (4 m).

General Data	
Property Name	Columnas 300x550
Material	4000Pa
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Display Color	Change
Notes	Modify/Show Notes...
Shape	
Section Shape	Concrete Rectangular
Section Property Source	
Source	User Defined
Section Dimensions	
Depth	300 mm
Width	550 mm

Ilustración 36. Sección de viga, Software Etabs

General Data	
Property Name	Viga 200x400
Material	4000Pa
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Display Color	Change
Notes	Modify/Show Notes...
Shape	
Section Shape	Concrete Rectangular
Section Property Source	
Source	User Defined
Section Dimensions	
Depth	400 mm
Width	200 mm

Ilustración 37. Sección de vigas de cubierta, Software Etabs

Esta sección posee una particularidad que vale la pena recalcar y es que posee una sección con una altura de 40 cm la cual solo carga con su peso propio y las losas inclinadas que derivan de la misma viga.

General Data	
Property Name	Viga 250x550
Material	4000Pa
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Display Color	Change...
Notes	Modify/Show Notes...
Shape	
Section Shape	Concrete Rectangular
Section Property Source	
Source:	User Defined
Section Dimensions	
Depth	550 mm
Width	250 mm

Ilustración 38. Sección de viga, Software Etabs

General Data	
Property Name	Viga 300x200
Material	4000Pa
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Display Color	Change...
Notes	Modify/Show Notes...
Shape	
Section Shape	Concrete Rectangular
Section Property Source	
Source:	User Defined
Section Dimensions	
Depth	200 mm
Width	300 mm

Ilustración 39. Sección de viga, Software Etabs

Sección de viga que acompaña a las columnas de media altura y están dispuestas de forma diagonal.

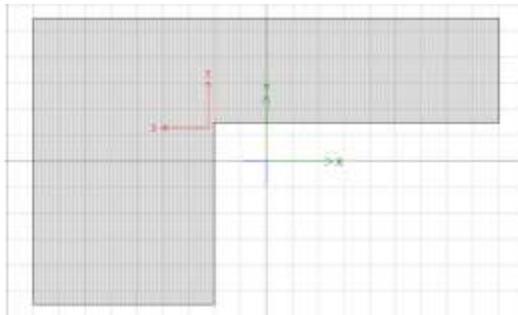


Ilustración 40. Viga de amarre generada con la función de diseñador de secciones, Software Etabs.

El programa Etabs en su versión del año 2015 tiene como opción la función de “diseñador de sección” para poder ingresar secciones de elementos estructurales que no tengan una sección regular, en esta opción de despliega una interfaz que nos permite dibujar la sección deseada.

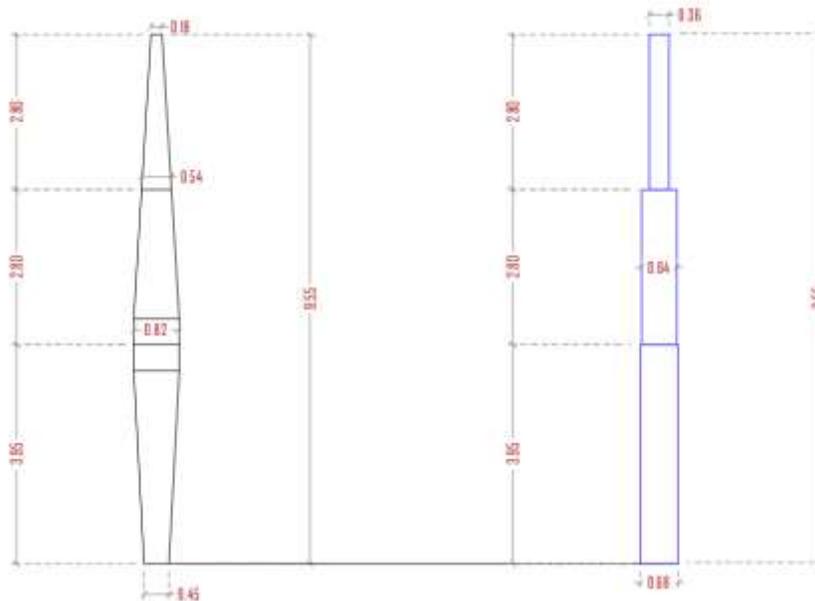


Ilustración 41. Discretización de columnas por sección variable en un sentido de la columna.

Las columnas de la estructura tienen una variación en uno de sus lados, la variación, como se observa en la imagen, es de su lado menor es decir del lado de 40 cm el cual se ensancha hasta los 4 metros de altura para luego poder reducirse hasta los 18 cm en su parte mas elevada. Esta es una desventaja que se presenta al momento de realizar el modelo, ya que el software no permite representar elementos de que sean irregulares, es por eso que se realiza una

discretización del elemento columna con la finalidad de que sea más fácil el ingreso de información y más aun que el software no tenga problemas en identificarlo.

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
D	Dead	1	
L	Live	0	
SD	Super Dead	0	User Coefficient
EX	Seismic	0	User Coefficient
Ey	Seismic	0	User Coefficient

Ilustración 42. Ingreso de cargas al modelo estructural

Patrones de carga:

- D – Peso propio
- L – Carga viva
- SD – Carga muerta super impuesta (100kg/m2 cubierta y 400kg/m2 para la losa)

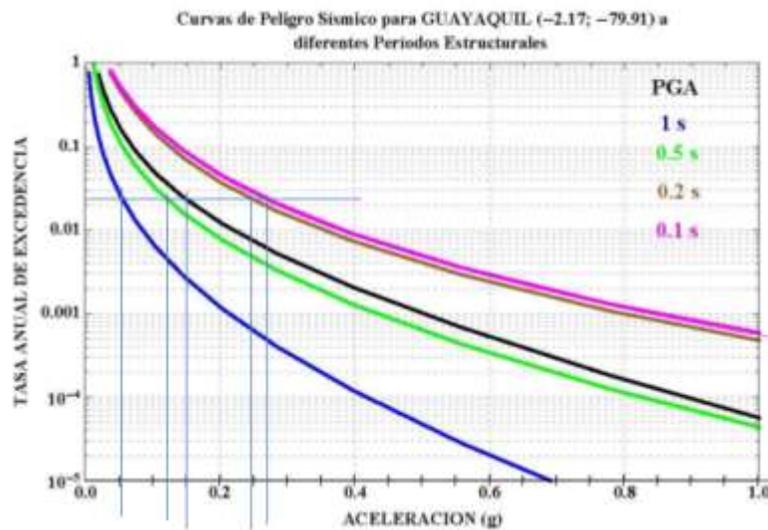
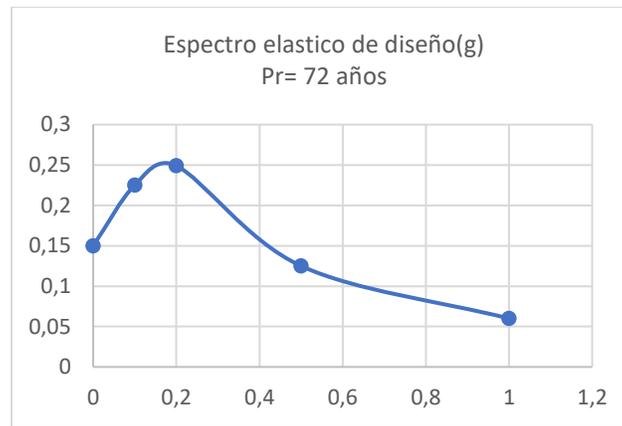


Ilustración 43. Obtención de datos para el espectro de diseño de aceleraciones usando las curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil para un sismo con periodo de retorno de 72 años.

Tabla No 15. Datos obtenidos de las curvas de peligro sísmico para diferentes periodos

	T(s)	Sa(g)
PGA	0	0,15
	0,1	0,225
	0,2	0,249
	0,5	0,125
	1	0,06



Gráfica No 1. Espectro elástico de diseño de aceleraciones para un periodo de retorno de 72 años usando las Curvas de Peligro Sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil.

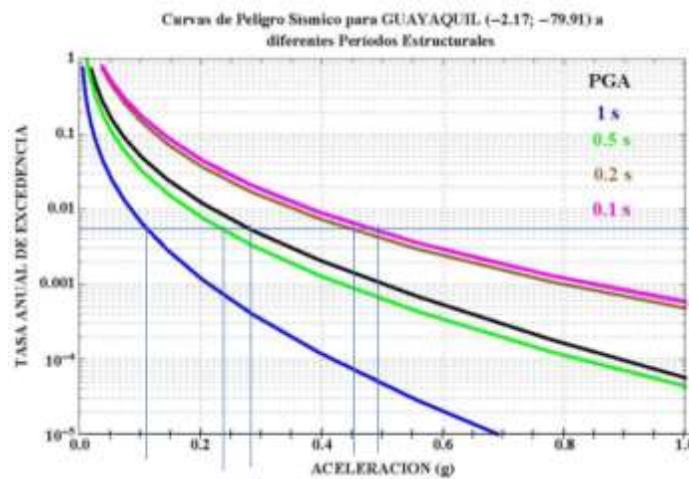
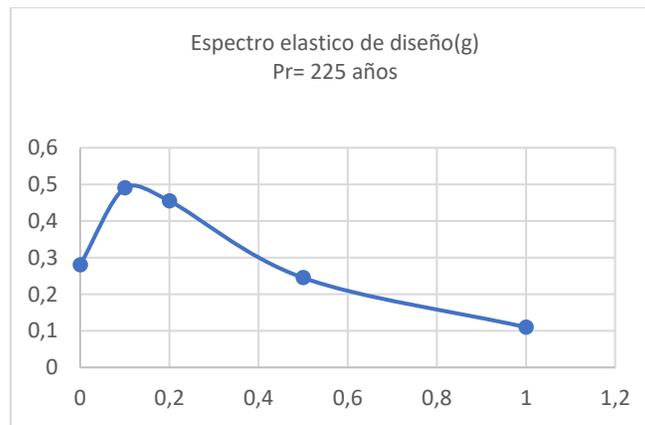


Ilustración 44. Obtención de datos para el espectro de diseño de aceleraciones usando las curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil para un sismo con periodo de retorno de 225 años.

Tabla No 16. Datos obtenidos de las curvas de peligro sísmico para diferentes periodos

	T(s)	Sa(g)
PGA	0	0,28
	0,1	0,49
	0,2	0,455
	0,5	0,245
	1	0,11



Gráfica No 2. Espectro elástico de diseño de aceleraciones para un periodo de retorno de 225 años usando las Curvas de Peligro Sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil.

Tabla No 17. Datos necesarios para la elaboración del espectro elástico de diseño en aceleraciones para el sismo de 475 años

Z	0,4
n	1,8
Fd	1
Fa	1
Fs	0,75
Tipo Suelo	B
r	1
To	0,075
Tf	0,413

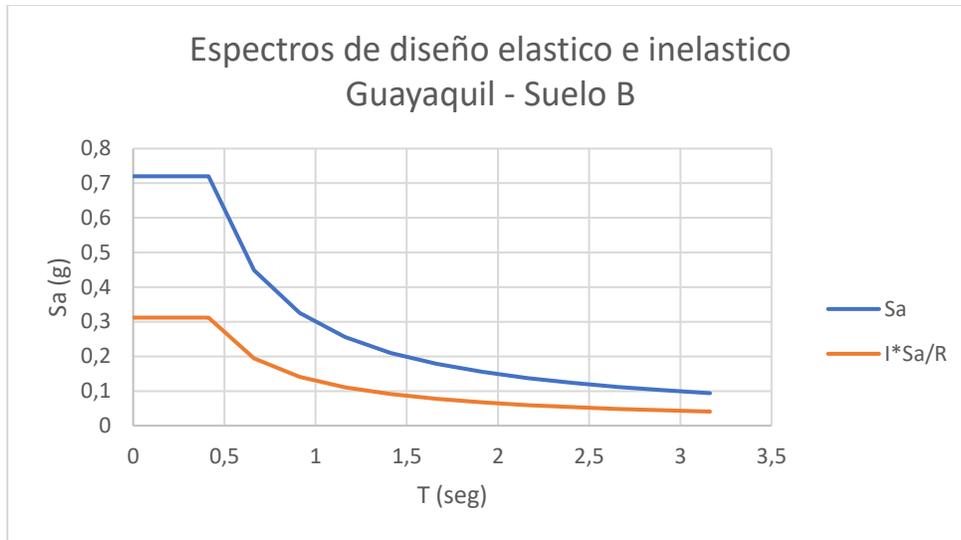
Tabla No 18. Aceleración vs periodo para la elaboración del espectro elástico e inelástico de diseño en aceleraciones para el sismo de 475 años

T	Sa - Elástico	I*Sa/R
0	0,72	0,234
0,075	0,72	0,234
0,413	0,72	0,234
0,663	0,448301887	0,145698
0,913	0,325479452	0,105781
1,163	0,255483871	0,083032
1,413	0,210265487	0,068336
1,663	0,178646617	0,05806
1,913	0,155294118	0,050471
2,163	0,13734104	0,044636
2,413	0,123108808	0,04001
2,663	0,111549296	0,036254
2,913	0,101974249	0,033142
3,163	0,093913043	0,030522

R= 4 como lo estipula el Ing. Walter Mera Ortiz PhD en su trabajo de investigación para el edificio Principal de la UCSG, se asume por la similitud de la estructura.

I= 1.3 Como lo estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su edición del año 2015 en el capítulo de Diseño sismo resistente.

Tabla No 18. Datos obtenidos de las curvas de peligro sísmico para diferentes periodos incluye la reducción y la importancia según NEC-15



Gráfica No 3. Espectro elástico de diseño de aceleraciones para un periodo de retorno de 475 años usando el mapa de zonificación de aceleraciones de Ecuador y para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil.

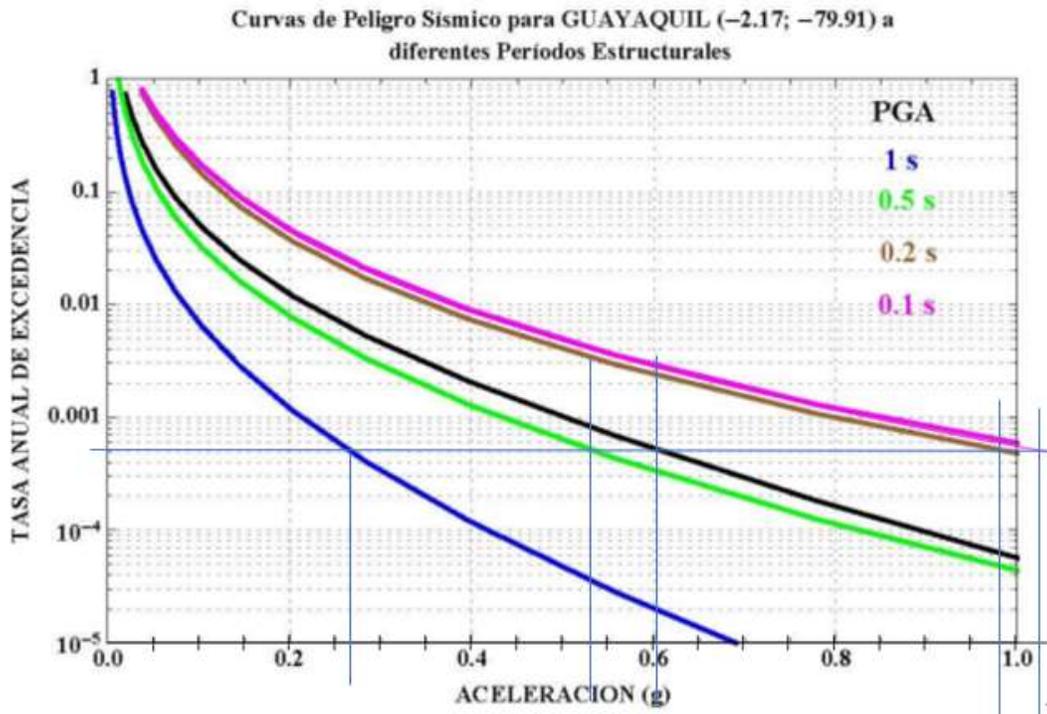
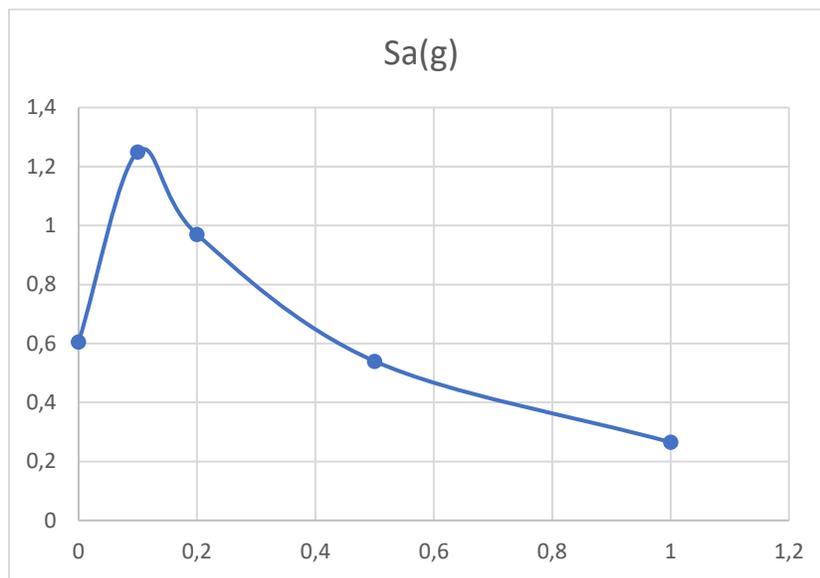


Ilustración 45. Obtención de datos para el espectro de diseño de aceleraciones usando las curvas de peligro sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil para un sismo con periodo de retorno de 2500 años.

Tabla No 19. Datos necesarios para la elaboración del espectro elástico de diseño en aceleraciones para el sismo de 2500 años

	T(s)	Sa(g)
PGA	0	0,605
	0,1	1,25
	0,2	0,97
	0,5	0,54
	1	0,265



Gráfica No 4. Espectro elástico de diseño de aceleraciones para un periodo de retorno de 2500 años usando las Curvas de Peligro Sísmico para suelo tipo B de la ciudad de Guayaquil.

7.1.2 Resultados del análisis

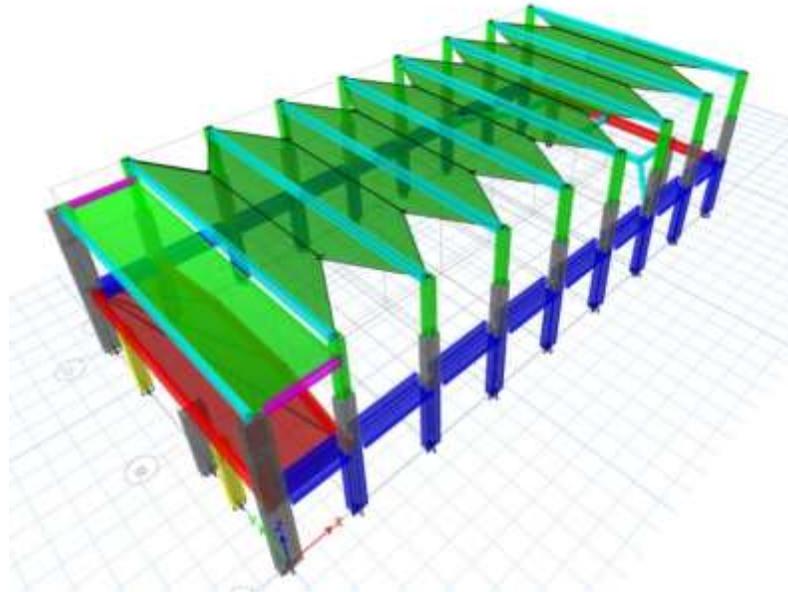


Ilustración 46. Vista del modelo estructural del Edificio del Aula Magna. Software Etabs

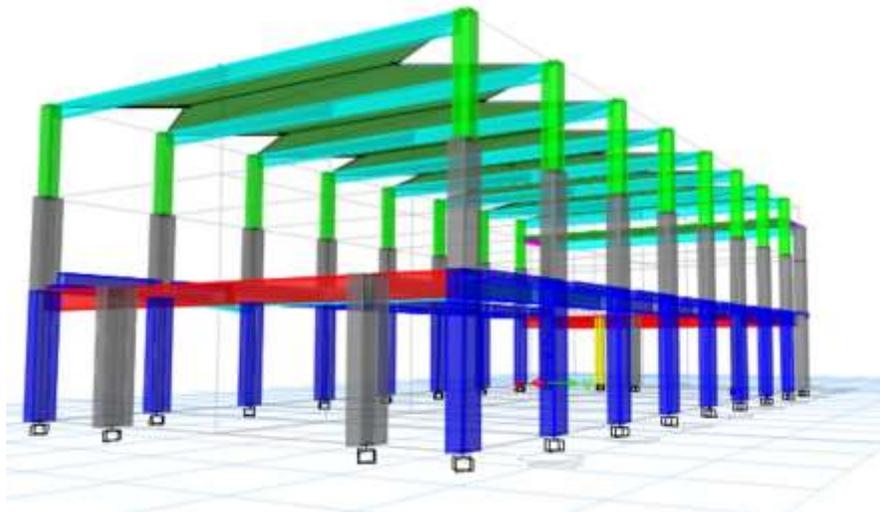


Ilustración 47. Vista del modelo estructural del Edificio del Aula Magna. Software Etabs

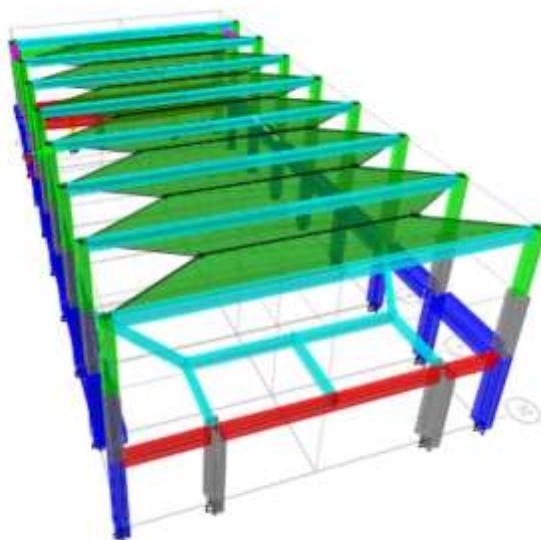


Ilustración 48. Vista del modelo estructural del Edificio del Aula Magna. Software Etab

Tabla No 20. Resultados obtenidos de los valores máximos de derivas para las direcciones X y Y para el sismo frecuente de 72 años en condiciones elásticas.

Load Case/Combo	Item	Max Drift		Limite	
			%		
EEX - 72 Max	Diaph D1 X	0,001605	0,161%	0,30%	< 3/1000
EEY - 72 Max	Diaph D1 Y	0,002537	0,254%	0,30%	< 3/1000

Tabla No 21. Resultados obtenidos de los valores máximos de derivas para las direcciones X y Y para el sismo ocasional de 225 años en condiciones elásticas.

Load Case/Combo	Item	Max Drift		Limite	
			%		
EEX - 225 Max	Diaph D1 X	0,002992	0,299%	0,50%	< 5/1000
EEY - 225 Max	Diaph D1 Y	0,004949	0,495%	0,50%	< 5/1000

Tabla No 22. Resultados obtenidos de los valores máximos de derivas para las direcciones X y Y para el sismo frecuente de 475 años en condiciones inelásticas.

Load Case/Combo	Item	Max Drift		Sa*I*R		Limite
			%		%	
EEX - 475 Max	Diaph D1 X	0,001847	0,185%	0,00554	0,554%	<2%
EEY - 475 Max	Diaph D1 Y	0,003704	0,370%	0,01111	1,111%	<2%

Tabla No 23. Resultados obtenidos de los valores máximos de derivas para las direcciones X y Y para el sismo frecuente de 475 años en condiciones inelásticas.

Load Case/Combo	Item	Max Drift		Limite
			%	
EEX - 2500 Max	Diaph D1 X	0,006463	0,65%	<2%
EEY - 2500 Max	Diaph D1 Y	0,011004	1,10%	<2%

Como se puede observar en los resultados obtenidos en cada caso de carga sísmica se cumple con el límite propuesto para cada nivel de desempeño, sin embargo, esta información no es suficiente para descartar que el edificio se vea en la necesidad de tener una intervención con una rehabilitación o reforzamiento, es por ello que pese a la falta de información disponible se chequea la capacidad de ciertos elementos con cuantías de acero mínimo ya que no hay información disponible acerca del armado de acero de refuerzo para los elementos estructurales.

Viga de cubierta:

Cálculo de acero mínimo

Datos

b= 18 cm

h= 40 cm

f'c= 280 kg/cm²

fy= 2800 kg/cm²

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2800} 18 * 35$$

$$A_{s_{min}} = 3,15 \text{ cm}^2$$

Corresponde a 2 varillas de 16 mm que dan un valor de 4.02cm²

Cálculo de capacidad a flexión

Datos:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{4.02}{18 * 35} = 0.0064$$

$$\omega = \frac{\rho * f_y}{f'_c} = \frac{0.0064 * 2800}{280} = 0.064$$

$$\phi M_n = \phi * b * d^2 * f'_c * \omega (1 - 0.59\omega)$$

$$\phi M_n = 0.9 * 18 * 35^2 * 280 * 0.064 (1 - 0.59(0.064))$$

$$\phi M_n = 3.12 \text{ T.m}$$

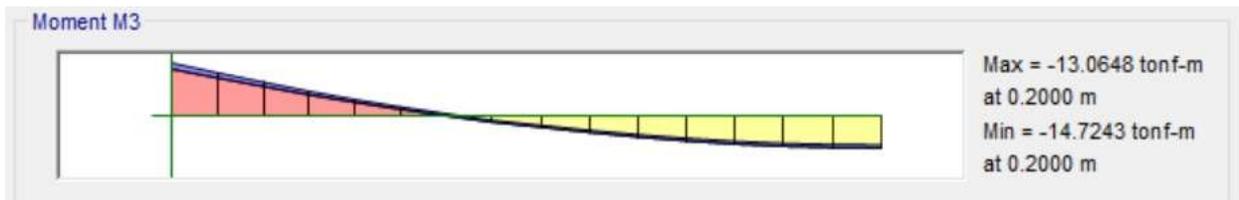


Ilustración 49. Momento flector de viga de cubierta 0.18x0.4 m

Asumiendo el acero mínimo la sección no presenta la capacidad suficiente para soportar la carga de su peso propio, por lo tanto, lo más probable es que el elemento estructural posea una cuantía mucho mayor a la del A_s mínimo para poder resistir el momento flector máximo de 14.72 T.m

Cálculo de capacidad a corte

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 18 * 35 = 4.19 T$$

Asumiendo separación de estribos de 5.5mm a una distancia de 200mm

$$\phi V_s = \phi * \frac{A_v * f_y * d}{S}$$

$$\phi V_s = 0.75 * \frac{(2 * 0.23) * 2800 * 35}{20}$$

$$\phi V_s = 1.69 T$$

$$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_n = 4.19 + 1.69 = 5.88 T$$

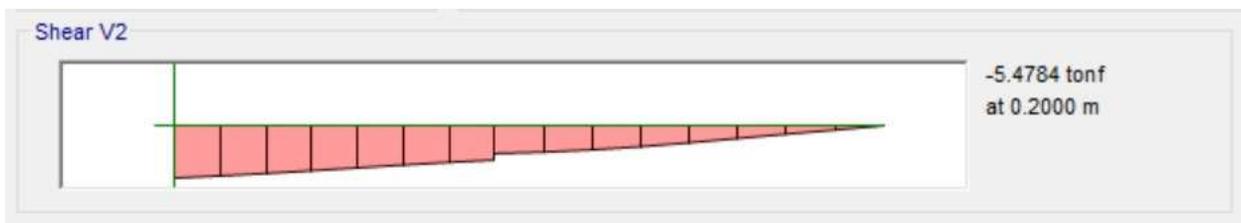


Ilustración 50. Fuerza cortante en viga de cubierta

Asumiendo la misma disposición del acero de refuerzo transversal que los elementos estudiados en el trabajo de investigación del Ing. Walter Mera Ortiz PhD, el acero mínimo (estribos de 55mm a una distancia de 200mm) presenta la capacidad suficiente de 5.88 T para soportar la fuerza de corte transmitida por la viga de cubierta que es 5.47 T.

Cálculo de capacidad de fuerza axial en columnas

Datos:

Datos:

$$\rho = 0.015 \quad (\text{asumido})$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 90 \text{ cm}$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.015 * 40 * 90 * 54 \text{ cm}^2$$

Cálculo de capacidad a corte

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 85 * 40$$

$$\phi V_c = 22.61 \text{ T}$$

$$\phi V_s = \phi * \frac{A_v * f_y * d}{S}$$

$$\phi V_s = 0.75 * \frac{(2 * 0.23) * 2800 * 35}{20}$$

$$\phi V_s = 1.69 \text{ T}$$

$$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s$$

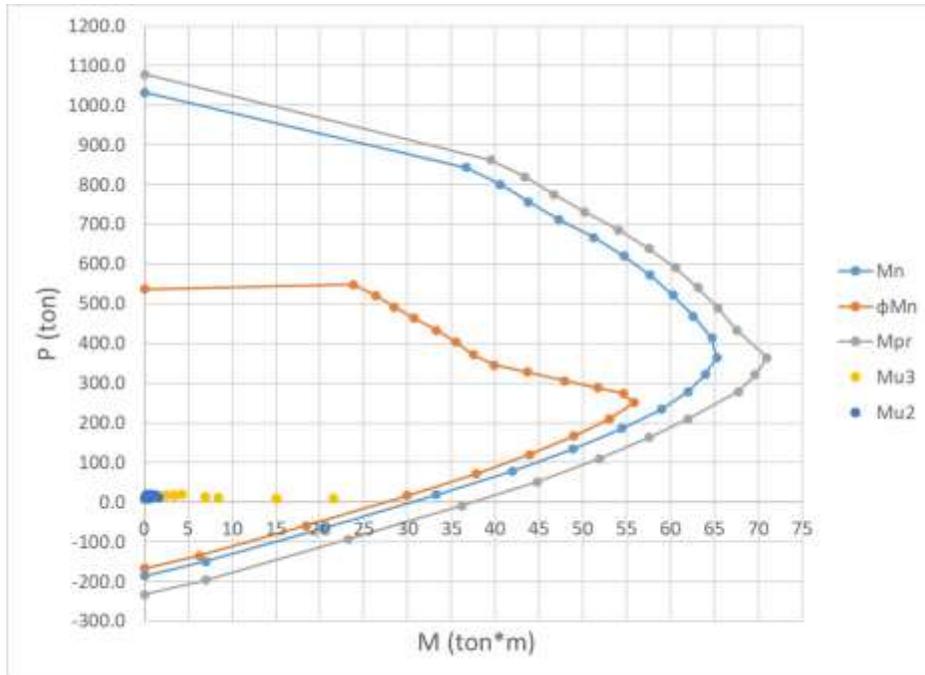
$$\phi V_n = 22.61 + 1.69 = 24.3$$

Tabla No 24. Diagrama de interacción de columna.

Story	Column		Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
				m	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story3	C12	12	1.4D	0	-10,4071	-0,0238	5,2839	0,7717	-8,1328	-0,0681
Story3	C12	12	1.4D	1,2	-9,8258	-0,0238	5,2839	0,7717	-14,4735	-0,0395
Story3	C12	12	1.4D	2,4	-9,2445	-0,0238	5,2839	0,7717	-20,8142	-0,011
Story3	C12	12	1.2D+1.6L	0	-11,4957	-0,0281	6,0714	0,8838	-9,2874	-0,0805
Story3	C12	12	1.2D+1.6L	1,2	-10,9975	-0,0281	6,0714	0,8838	-16,5731	-0,0468
Story3	C12	12	1.2D+1.6L	2,4	-10,4992	-0,0281	6,0714	0,8838	-23,8589	-0,0131
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex Max	0	-10,5299	-0,0624	5,4926	0,8	-8,4197	-0,1764
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex Max	1,2	-10,0317	-0,0624	5,4926	0,8	-15,0108	-0,1015
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex Max	2,4	-9,5334	-0,0624	5,4926	0,8	-21,602	-0,0266
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex Min	0	-10,5299	-0,0624	5,4926	0,8	-8,4197	-0,1764
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex Min	1,2	-10,0317	-0,0624	5,4926	0,8	-15,0108	-0,1015
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex Min	2,4	-9,5334	-0,0624	5,4926	0,8	-21,602	-0,0266
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex-1 Max	0	-10,53	0,0121	5,4934	0,8008	-8,4179	0,0321
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex-1 Max	1,2	-10,0317	0,0121	5,4934	0,8008	-15,01	0,0176
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex-1 Max	2,4	-9,5335	0,0121	5,4934	0,8008	-21,6021	0,0031
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex-1 Min	0	-10,53	0,0121	5,4934	0,8008	-8,4179	0,0321
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex-1 Min	1,2	-10,0317	0,0121	5,4934	0,8008	-15,01	0,0176
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ex-1 Min	2,4	-9,5335	0,0121	5,4934	0,8008	-21,6021	0,0031
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey-1 Max	0	-10,5846	-0,0975	5,4912	0,8739	-8,8336	-0,2609
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey-1 Max	1,2	-10,0863	-0,0975	5,4912	0,8739	-15,423	-0,144
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey-1 Max	2,4	-9,5881	-0,0975	5,4912	0,8739	-22,0125	-0,027
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey-1 Min	0	-10,5846	-0,0975	5,4912	0,8739	-8,8336	-0,2609
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey-1 Min	1,2	-10,0863	-0,0975	5,4912	0,8739	-15,423	-0,144
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey-1 Min	2,4	-9,5881	-0,0975	5,4912	0,8739	-22,0125	-0,027
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey Max	0	-10,4753	0,0471	5,4948	0,7269	-8,004	0,1166
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey Max	1,2	-9,9771	0,0471	5,4948	0,7269	-14,5978	0,0601
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey Max	2,4	-9,4788	0,0471	5,4948	0,7269	-21,1916	0,0036
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey Min	0	-10,4753	0,0471	5,4948	0,7269	-8,004	0,1166
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey Min	1,2	-9,9771	0,0471	5,4948	0,7269	-14,5978	0,0601
Story3	C12	12	1.2D+1L+Ey Min	2,4	-9,4788	0,0471	5,4948	0,7269	-21,1916	0,0036

$$\phi V_n > V_u \therefore \text{cumple con la demanda}$$

Como se puede observar el valor máximo de la fuerza de corte que es 6.0714 Toneladas la cual es menor que la fuerza que resiste la columna, por tanto, la capacidad de resistencia a corte de la columna es mayor que la máxima fuerza a corte que se desarrolla en el elemento.



Grafica No 5. Diagrama de interacción de la columna

En este diagrama se ubican los valores de fuerza axial y momento flector que se generan en la columna los cuales se pueden encontrar en la Tabla No 24. Como se observa, ningún caso (puntos amarillos y azules) se aproxima a los límites que, generados por el diagrama de interacción, lo cual nos da información suficiente para saber que el elemento posee las características necesarias para resistir las fuerzas actuantes.

Conclusiones

Se puede concluir que el edificio del Aula Magna en cuanto a los análisis realizados y a lo expuesto en este trabajo de investigación, tiene la capacidad de resistir las cargas sísmica generadas por los espectros de aceleraciones definidos por las curvas de peligro sísmico y el mapa de zonificación de aceleraciones como lo dicta la Norma Ecuatoriana de la construcción, esto en cuanto a derivas. En cuanto a resistencia de las columnas hemos comprobado que usando el acero mínimo definido por la sección geométrica según las ecuaciones del ACI, el elemento columna tienen la capacidad de resistir las fuerzas actuantes, sin embargo, la viga de cubierta en la resistencia a flexión no cumple con la demanda, es importante aclarar que se ha usado el acero mínimo por lo que existe la probabilidad de que el acero longitudinal sea mayor que el mínimo, tomando en cuenta que hasta el día de hoy no ha presentado daños ni fallas de ningún tipo.

A su vez, cumple con los niveles de desempeño que se le ha asignado a la estructura para los escenarios de los sismos con periodo de retorno de 72, 225, 475 y 2500 años, esto indica que su sismo resistencia es alta, pese a los años de vida que tiene la estructura poniendo en consideración algo que vale la pena recalcar y es, que las normativas o códigos de diseño y construcción que se usaron para la concepción de este proyecto, no toman en cuenta las consideraciones estructurales que tienen los códigos actuales, esto deja un campo de la investigación abierto para futuros trabajos de investigación que estén vinculados con los mecanismos de fallo que `pudieran existir en esta estructura en caso que llegara al colapso.

Tomando en cuenta la alta peligrosidad sísmica que presenta la ciudad de Guayaquil el edificio del Aula Magna al estar asentado sobre un suelo tipo B reduce en gran significancia el riesgo sísmico debido a las características que este suelo presenta frente a las cargas cíclicas de los sismos y que por ende son transmitidas a la estructura. Un factor importante para el sismo resistencia de este edificio son las secciones de gran dimensión que posee.

La rehabilitación o reforzamiento no es necesario para los escenarios que se han estudiado en el análisis estructural de este edificio.

Recomendaciones

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación se pudo constatar que existe mucha falta de información con respecto a estructura para hacer un análisis más exhaustivo en cuanto a la integridad de la estructura, así como de la disposición de acero de refuerzo y de la resistencia exacta del hormigo usado en los elementos estructurales. Una recomendación sería, estudiar a fondo las características de los materiales que componen el edificio.

La falta de una perforación para un estudio del macizo rocoso también es otra recomendación, ya que en este trabajo de investigación se ha determinado la clasificación sísmica del suelo a través de un estudio realizado en las cercanías mas no en el lugar de emplazamiento del Edificio del Aula Magna

Referencias

Compte, F. (2011). *Alamiro Gozales: "Su aporte a la arquitectura de Guayaquil"*. Guayaquil.

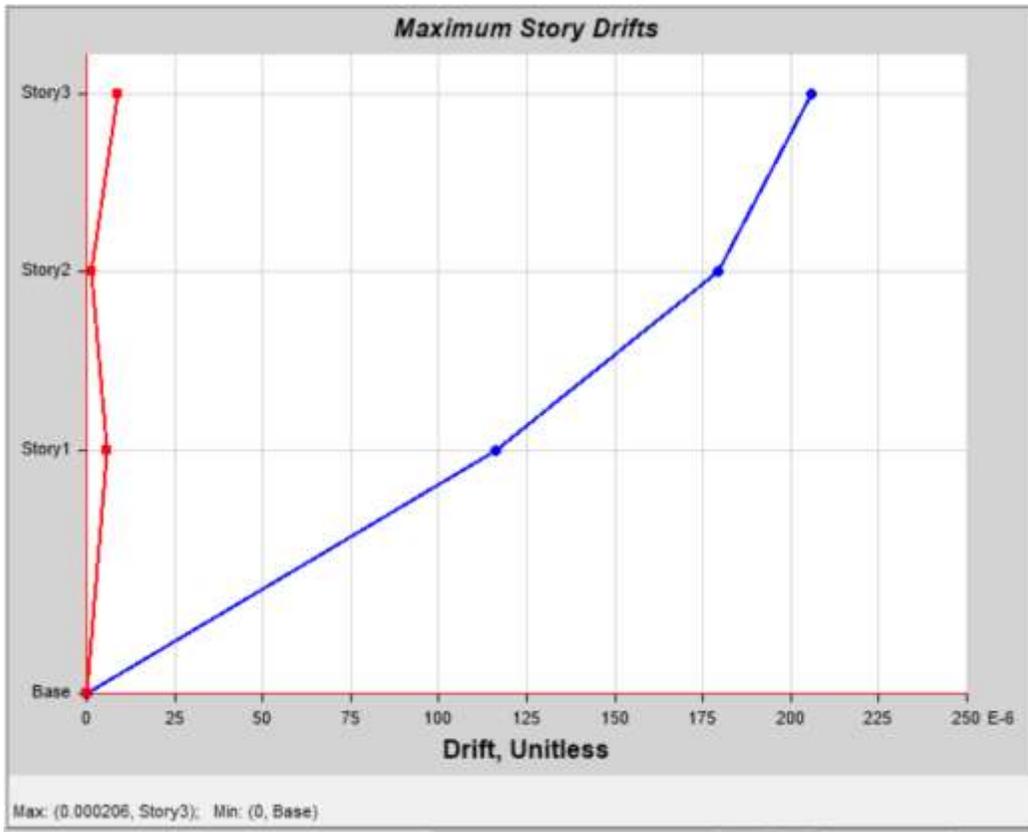
IGEPN. (10 de junio de 2011). *www.igepn.edu.ec*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/16479-triptico-sismos-generalidades/file>

Las obras arquitectónicas de Alamiro González Valdebenito se destacan en varios rincones de Guayaquil. (19 de septiembre de 2020). *El Universo*.

Peñaherrera, M. J. (2011). Alamiro Gonzales: Su aporte a la arquitectura de Guayaquil. *Alamiro Gonzales: Su aporte a la arquitectura de Guayaquil*. Guayaquil, Guayas, Ecuador : UCSG.

UCSG. (2011). *www.ucsg.edu.ec*. Obtenido de <https://www.ucsg.edu.ec/la-universidad/>

Anexos 2



Derivas X – Ex (método estático equivalente)

Anexos 3

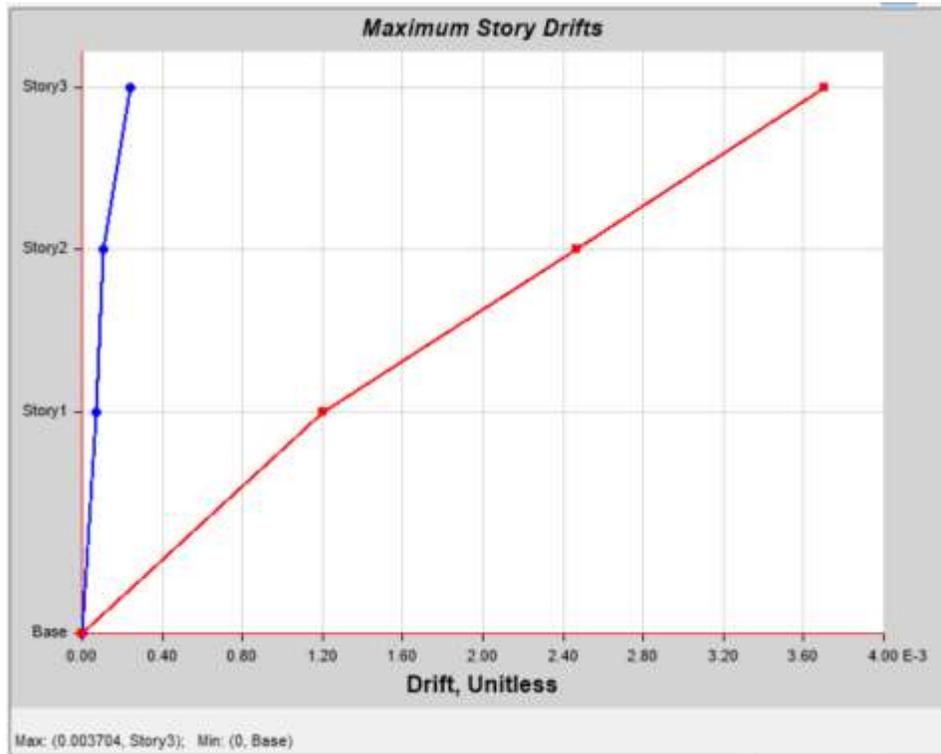


Derivas Y – Ey (método estático equivalente)



Derivas en X 475 años (Método dinámico modal espectral)

Anexos 4



Derivas en Y 475 años (Método dinámico modal espectral)



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Solís Coello, Robinson Camilo** con C.C: **171781725-6** autor del trabajo de titulación: **Estudio de riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 21 de septiembre de 2022

f. _____

Solís Coello, Robinson Camilo

C.C: 1717817256



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
AUTOR	Solís Coello, Robinson Camilo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de septiembre de 2022	No. DE PÁGINAS:	72
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería Estructural, Ingeniería Sísmica, Ingeniería de la Construcción		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sismo de diseño, derivas, estructura, rehabilitación, nivel de desempeño, Norma Ecuatoriana de la Construcción		
RESUMEN/ABSTRACT			
<p>El siguiente documento presenta el desarrollo del trabajo de investigación en el que se evalúa del edificio del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil tomando en cuenta sus características estructurales, esto con el fin de determinar si la estructura esta apta para soportar las cargas producidas por los sismos de diseños y sus efectos, tal y como lo estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su edición del año 2015, la principal razón por la cual se realiza esta evaluación es porque la edificación tiene más de 50 años de vida desde su fundación y esta fue diseñada y concebida con códigos y/o normas que usaban criterios que con el pasar de los años ha ido mejorando, por tal motivo estas estructuras deben ser sometidas a este tipo de estudios que ayuden a descartar cualquier problema que puedan presentar y en caso de hacerlo se podría plantear un mecanismo óptimo para su rehabilitación o reforzamiento necesario. La información recopilada para hacer posible este estudio fue recaudada a partir de información existente, la cual fue muy escasa, también se realizó un relevamiento en el sitio con el fin de identificar y obtener dimensión de todos los elementos estructurales y su disposición. Los criterios que se usan para este estudio, son los criterios definidos en la NEC-SE-RE, esto ayudó a definir el nivel de desempeño deseado para los sismos establecidos y revisar si cumplía con los límites de derivas que dispone la NEC-SE-DS.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-987306031	E-mail: robinson.solis@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Clara Glas		
	Teléfono: +593-984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			