



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación estructural del bloque 3 del Mercado Tipo Centro Comercial en
la ciudad de Santa Rosa bajo la respuesta sísmica de la N.E.C.-2015 y C.E.C.-
2002**

**ESPINOZA SANSEN RANDY ROBERTO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación estructural del bloque 3 del Mercado Tipo Centro
Comercial en la ciudad de Santa Rosa bajo la respuesta sísmica de
la N.E.C.-2015 y C.E.C.-2002**

**ESPINOZA SANSEN RANDY ROBERTO
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**Evaluación estructural del bloque 3 del Mercado Tipo Centro
Comercial en la ciudad de Santa Rosa bajo la respuesta sísmica de
la N.E.C.-2015 y C.E.C.-2002**

**ESPINOZA SANSÉN RANDY ROBERTO
INGENIERO CIVIL**

AÑAZCO CAMPOVERDE GILBERT ADRIAN

**MACHALA
2024**

TESIS DE TITULACIÓN - Espinoza Randy - 10mo. A

6%
Textos
sospechosos



6% Similitudes
 < 1% similitudes entre
 comillas
 < 1% entre las fuentes
 mencionadas

8% Idiomas no reconocidos
 (ignorado)

Nombre del documento: TESIS DE TITULACIÓN - Espinoza Randy - 10mo. A.docx
ID del documento: f7c404f1177e756f9697af5382de76216bd76c0e
Tamaño del documento original: 25,39 MB
Autor: Randy Roberto Espinoza Sansen


Depositante: GILBERT ADRIAN AÑAZCO CAMPOVERDE
Fecha de depósito: 5/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 5/2/2025

Número de palabras: 22.880
Número de caracteres: 176.624

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #d011d0 El documento proviene de otro grupo 87 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (521 palabras)
2	 www.obraspublicas.gob.ec https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/MTOP_NEC-SE-DS.pdf 87 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (398 palabras)
3	 dspaca.ucuena.edu.ec Estudio de los coeficientes de reducción de respuesta estr... http://dspaca.ucuena.edu.ec/bitstream/123456789/22233/3/Tesis.pdf.txt 84 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (381 palabras)
4	 bibdigital.epn.edu.ec https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21180/1/CD_10706.pdf 83 fuentes similares	1%		 Palabras idénticas: 1% (377 palabras)
5	 repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23552/1/Trabajo_Titulacion_3565.pdf 83 fuentes similares	1%		 Palabras idénticas: 1% (376 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #2f1a7a El documento proviene de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
2	 revistapolitecnica.epn.edu.ec https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/1360	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
3	 repositorio.uta.edu.ec Evaluación de los niveles de desempeño en estructuras exi... http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27998/1/Tesis_1252_-Luna_Zabala_Alvaro_...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
4	 www.redalyc.org https://www.redalyc.org/journal/404/40475449008/40475449008.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
5	 Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y propuesta de diseño ... /var/dspace/bitstream/15000/21695/1/CD_11172.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27464>
-  <https://doi.org/10.1785/0120170259>
-  <https://doi.org/10.33333/rp.vol45n1.02>
-  <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n11.2018.650>
-  <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.008>

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ESPINOZA SANSEN RANDY ROBERTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación estructural del bloque 3 del Mercado Tipo Centro Comercial en la ciudad de Santa Rosa bajo la respuesta sísmica de la N.E.C.-2015 y C.E.C.-2002, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ESPINOZA SANSEN RANDY ROBERTO

0750544546

DEDICATORIA

A medida que pasaba el tiempo, la disciplina vencía al talento y se convertía en un hábito al que no se podía defraudar, es por eso que el presente trabajo de titulación en primera instancia está dedicado a Dios por brindarme la vida con buena salud, fuerzas, sabiduría y no abandonarme en los momentos donde pedía más su presencia para poder cumplir este tan anhelado logro profesional.

También se lo dedico a las mujeres que han estado presente en esta travesía, luchadoras al mil por ciento, que así sea un granito de arena aportaban en mi formación personal y académica, una de ellas lo es mi mama Lucy Sansen, a quien le debo todo esta y la otra vida, la misma que me ha permitido ser resiliente inculcándome buenos ejemplos de que ser rico no es tener lo material sino es ser noble de corazón para ayudar a motivar a muchos jóvenes de que si se puede lograr cuando nos proponemos.

A mis compañeros de clase porque ellos saben lo que nos ha tocado pasar para poder estar presentes hasta el último día de clase, cada minuto que pasábamos en las aulas era un tiempo en que aprendíamos unos de otros con sus victorias y derrotas.

De hecho, terminar este trabajo no hubiese sido posible con las directrices que mi tutor de tesis, el Ing. Civ. Adrián Añazco me impartía para mejorar cada vez más y con su experiencia me ayudaba a plasmar mis conocimientos aprendidos.

Ahora sin más que decir, una parte de mi vida se queda escrita aquí en este documento donde las noches se hicieron las mejores aliadas para poder estudiar, conocer e indagar más sobre problemas que se presentan en todo momento, el llegar hasta este punto hace regocijarme de energía y decirles a las personas que en el camino me querían ver rendido, pude lograr atravesar ese obstáculo, porque la mejor herencia que puede dejar un padre a un hijo es una buena educación.

Randy Roberto Espinoza Sansen

AGRADECIMIENTO

No pensé que llegaría este momento tan rápido, pero con la gracia de Dios se pudo y siempre se podrá, porque las palabras sobran cuando hay que agradecer a tantas personas, incluyendo familiares, amigos y conocidos que me alentaron a seguir y no rendirme en cada fase de mi progreso para poder llegar a cumplir mis metas.

Obviamente este trabajo es una pequeña parte de mi formación personal y académica, la cual es una muestra de eterno agradecimiento a mi madre Lucy Sansen, una mujer a todo terreno sin temor alguno, siendo un pilar muy fundamental e influyente como modelo a seguir de perseverancia y fortaleza, cumpliendo también el rol de padre para que nunca se note la ausencia. Su ayuda es incontable porque siempre está ahí para el llamado que le solicite y porque no ahora poder retribuir ese apoyo brindado con amor a lo largo de los años sin importar las circunstancias de su ayuda inconmensurable.

A Margarita Pereira, mi abuela – que me crio con el ejemplo de madre desde pequeño, estando presente en los momentos más felices y también en los más difíciles de la vida. Ella hace que mi vida sea más amena y enriquecedora, enfrentando los desafíos con fuerza e involucrarme activamente en la sociedad con la aplicación de buenos valores.

A Sandra Sansen, mi tía – que la considero como otra madre que me involucro en la responsabilidad de ser más capaz y autentico en lo que me proponga, aconsejándome con cariño en cada situación cotidiana que se me presentaba, la cual me ha permitido crecer mucho como persona en la vida destacando su valentía.

A Jenny Sansen, mi tía – quien teniendo sus compromisos por cumplir esta ahí brindando apoyo a todos, aunque no estando presente físicamente, su presencia siempre se hace sentir con la bondad que la caracteriza y así motivarme a travesar esta nueva etapa profesional con mucha confianza en gratitud hacia ella.

Por último, pero no menos importante a mi tutor de tesis, el Ing. Civ. Adrián Añazco por cuya experiencia le hizo tener la paciencia en cada faceta universitaria que cursaba, incluso cuando en algunas ocasiones fui su alumno, y poder él haber creído desde el inicio en mi para sacar adelante este trabajo de titulación, sin más que decirle muchas gracias.

Gracias a todos por estar presentes en esta página de mi vida y esto continuará...

Randy Roberto Espinoza Sansen

RESUMEN

Se justifica que el Ecuador al formar parte del Cinturón de Fuego del Pacífico es testigo de sufrir movimientos sísmicos de gran magnitud donde el nivel de desempeño estructural a lo largo de su historia ha sido deficiente por la omisión de la normativa, poniendo en evidencia la limitada fiscalización y mantenimiento de edificaciones ya existentes, como lo es el “Mercado Tipo Centro Comercial” de la ciudad de Santa Rosa, provincia de El Oro, al contar con juntas de construcción hace que el edificio se divida por bloques, lo cual el presente trabajo se centró en una evaluación estructural del bloque 3, el cuál ha sufrido modificaciones en ciertas áreas de su diseño original y así identificar las falencias que comprometen esos cambios a causa de los sismos bajo normas de construcción, mediante su modelación en el software E.T.A.B.S., pues había sido previamente diseñado con el C.E.C. – 2002, que ahora en la actualidad es la N.E.C. – 2015, en la evaluación se empleó el espectro de diseño en aceleraciones para una amenaza de sismo raro dado un periodo de retorno de 475 años con controles en especificaciones técnicas internacionales. Los datos reflejaron que la Norma Ecuatoriana de la Construcción exige una respuesta sísmica mayor estando sujetas a grandes fuerzas inelásticas frente al Código Ecuatoriano de la Construcción que al generar menores desplazamientos no demuestra con precisión la realidad sísmica actual durante un evento telúrico.

Palabras claves: *Espectro de diseño, evaluación estructural, normativas de construcción, sismo, juntas de construcción.*

ABSTRACT

It is justified that Ecuador, as part of the Pacific Ring of Fire, experiences high-magnitude seismic events, where the structural performance level throughout its history has been deficient due to the omission of regulations. This highlights the limited oversight and maintenance of existing buildings, such as the "Mercado Tipo Centro Comercial" in the city of Santa Rosa, El Oro province. The presence of construction joints in the building causes it to be divided into separate blocks. This study focused on a structural evaluation of Block 3, which has undergone modifications in certain areas of its original design. The goal was to identify the deficiencies resulting from these changes and how they are affected by seismic events under current construction standards. The evaluation was carried out through modeling in E.T.A.B.S., considering that the structure was initially designed according to the C.E.C. – 2002, which has since been updated to the N.E.C. – 2015. For the assessment, the acceleration design spectrum was applied for a rare seismic event with a 475-year return period, following international technical specifications. The results showed that the Ecuadorian Construction Standard (N.E.C.) requires a higher seismic response, subjecting structures to greater inelastic forces compared to the Ecuadorian Construction Code (C.E.C.), which, by allowing smaller displacements, does not accurately represent the current seismic reality during an earthquake.

Keywords: *Design spectrum, structural evaluation, building regulations, earthquake, construction joints.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	16
Importancia del tema.....	16
Actualidad de la problemática.....	16
Estructura del trabajo	17
CAPITULO I	19
1. Planteamiento del problema.....	19
1.1. Línea base del proyecto	19
1.2. Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos).	24
1.2.1. Árbol de problemas (Causas y efectos).	26
1.3. Formulación del problema: preguntas científicas.	26
1.4. Delimitación del objeto de estudio	27
1.5. Justificación.	28
1.6. Objetivos: general y específicos.	31
1.6.1. Objetivo general.....	31
1.6.2. Objetivos específicos	31
CAPITULO II	32
2. Marco Teórico	32
2.1. Antecedentes Contextuales	32
2.2. Antecedentes Conceptuales o Históricos	34
2.2.1. Peligro Sísmico en Edificaciones	34
2.2.2. Vulnerabilidad Sísmica Estructural	34
2.2.3. Demanda Sísmica	35
2.2.4. Torsión sísmica	35
2.2.5. Niveles de desempeño	35
2.2.6. Ductilidad.....	36
2.2.7. Diseño sismorresistente	36
2.3. Antecedentes Referenciales	37
CAPITULO III.....	38
3. Metodología.....	38

3.1.	Modalidad básica de la investigación	38
3.2.	Tipo de investigación	38
3.2.1.	Documental	38
3.2.2.	De campo	39
3.2.3.	Descriptiva	39
3.3.	Objeto de estudio	39
3.4.	Descripción de la población y muestra	40
3.4.1.	Definición de la muestra	40
3.5.	Métodos teóricos con los materiales utilizados	41
3.5.1.	Modelación	41
3.5.2.	Especificaciones técnicas de la edificación	45
3.5.3.	Detalle de las dimensiones en los elementos estructurales	46
3.5.4.	Distribución de Cargas.....	50
3.5.5.	Niveles de amenaza sísmica producidos en un terremoto.	52
3.5.6.	Perfil de suelo para el análisis dinámico espectral.	52
3.5.7.	Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s	53
3.5.9.	Máximos valores de Δ_m referenciados a la altura del entrepiso.....	57
3.5.10.	Categorización de la estructura con el coeficiente de importancia I.	57
3.6.	Coeficientes de la configuración estructural.....	60
3.7.	Fuerza horizontal de corte basal	63
3.8.	Cálculo del periodo fundamental de vibración.	63
CAPITULO IV		65
4.	Análisis e interpretación de datos	65
4.1.	Delimitación del área de trabajo	65
4.2.	Especificaciones del modelamiento	65
4.3.	Análisis estructural dinámico.....	66
4.3.1.	Generación del espectro sísmico en aceleraciones para N.E.C. – 2015	66
4.3.2.	Generación del espectro sísmico en aceleraciones para C.E.C. – 2002	68
4.4.	Comparación de espectros sísmicos en respuestas de aceleraciones bajo normativa.....	69
4.4.1.	Espectro Elástico	69

4.4.2. Espectro Inelástico.....	70
4.5. Datos iniciales de la estructura.	71
4.5.1. Ejes principales de la edificación.....	71
4.5.2. Alturas estructurales de entrepiso.	71
4.6. Periodo	73
4.7. Desplazamientos	74
4.8. Derivas	75
4.9. Determinación de momentos	76
CAPITULO V	78
5. Conclusiones y Recomendaciones	78
5.8. Conclusiones.....	78
5.9. Recomendaciones	79
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	85
Anexo 1: Tablas del espectro de peligro sísmico propuesto por la N.E.C. – 2015 para Tr=475 años.	85
Anexo 2: Tablas del espectro de peligro sísmico propuesto en el C.E.C. – 2002 para Tr=475 años.	86
Anexo 3: Documentación requerida para permiso en el trabajo de campo en la estructura de hormigón armado bajo análisis de estudio.	87
Anexo 4: Actualización fotográfica de la estructura de hormigón armado “Mercado Tipo Centro Comercial de Santa Rosa”.	89
Anexo 5: Recolección de información fotográfica sobre los bloques que conforman la estructura de hormigón armado “Mercado Tipo Centro Comercial de Santa Rosa”. ..	91
Anexo 6: Planos estructurales del bloque N°3 que conforma el “Mercado Tipo Centro Comercial de la Ciudad de Santa Rosa”.	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Crecimiento poblacional en el cantón Santa Rosa.	20
Tabla 2.- Clasificación del suelo en el cantón Santa Rosa	22
Tabla 3.- Valores del factor Z en base a la zona sísmica adoptada.	24
Tabla 4.- Usos ocupacionales del "Mercado Tipo Centro Comercial en Santa Rosa" ..	40
Tabla 5.- Combinaciones de cargas recomendadas por el "A.C.I.-318S-2005"	42
Tabla 6.- Configuraciones de cargas recomendadas por el "A.C.I.-318-99"	42
Tabla 7.- Características de los materiales – Modelado edificación.....	46
Tabla 8.- Dimensiones de vigas principales, secundarias y periféricas.	47
Tabla 9.- Dimensiones de vigas en voladizo.	48
Tabla 10.- Dimensiones de columnas centrales, internas y periféricas.	49
Tabla 11.- Valores para estados de cargas vivas - "C.E.C. - 2002"	50
Tabla 12.- Carga viva: valores de sobrecargas mínimas - "N.E.C. - 2015"	51
Tabla 13.- Valores de cargas muertas por entresijos de la edificación	51
Tabla 14.- Niveles de amenaza sísmica para verificación de desempeño.	52
Tabla 15.- Perfil de suelo para tipo D – “N.E.C. - 2015”	53
Tabla 16.- Valores de S y Cm para coeficientes de suelo – "C.E.C. - 2002"	53
Tabla 17.- Nomenclatura de los coeficientes de perfil de suelo.	54
Tabla 18.- Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.	54
Tabla 19.- Tipo de suelo y Factores de sitio Fd.	54
Tabla 20.- Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs....	55
Tabla 21.- Valores máximos de derivas de pisos Δ_m	57
Tabla 22.- Edificación – Clasificación de uso, ocupación e interés.	58
Tabla 23.- Sistemas estructurales dúctiles – Coeficientes R.....	59
Tabla 24.- Respuesta estructural – Coeficiente de reducción R.	60
Tabla 25.- Coeficientes de configuración - Irregularidades de planta “C.E.C.-2002” ..	61
Tabla 26.- Coeficientes de configuración - Irregularidades de elevación “C.E.C.-2002”	62
Tabla 27.- Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura T.	64
Tabla 28.- Método 1 - Período aproximado de vibración en una estructura.....	64
Tabla 29.- Especificaciones de elementos en edificaciones de hormigón armado.	65
Tabla 30.- N.E.C.-2015: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Elástico.	67
Tabla 31.- N.E.C.-2015: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Inelástico. .	67

Tabla 32.- C.E.C.-2002: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Elástico.	68
Tabla 33.- C.E.C.-2002: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Inelástico...	69
Tabla 34.- Comparación del periodo por cumplimiento de normativa.	73
Tabla 35.- Desplazamientos máximos para Sismo dinámico - "C.E.C.-2002"	74
Tabla 36.- Desplazamientos máximos para Sismo dinámico - "N.E.C.-2015"	75
Tabla 37.- Derivas de piso en comparación con la normativa.	76
Tabla 38.- Comparación de normas para los límites de momentos en columnas.	76
Tabla 39.- Momentos máximos de columnas en la estructura.	76
Tabla 40.- Fuerzas axiales en comparativas de normativas, E.T.A.B.S.	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1.- Localización de la Ciudad de Santa Rosa – Provincia de El Oro	19
Ilustración 2.- Crecida del río Santa Rosa.....	20
Ilustración 3.- Mapa de clasificación del suelo - Cantón "Santa Rosa"	21
Ilustración 4.- Mapa de zonificación del peligro sísmico - Tr=475 años.....	23
Ilustración 5.- Árbol de problemas.....	26
Ilustración 6.- Mercado tipo Centro Comercial – Santa Rosa.....	28
Ilustración 7.- Mapa para Diseño Sísmico: Norma Ecuatoriana de la Construcción ...	30
Ilustración 8.- Juntas de construcción	40
Ilustración 9.- Modelo arquitectónico - Estructura hormigón armado.....	41
Ilustración 10.- Modelado de la estructura de hormigón armado – Bloque N°1	43
Ilustración 11.- Modelado de la estructura de hormigón armado – Bloque N°2	43
Ilustración 12.- Modelado de la estructura de hormigón armado – Bloque N°3	44
Ilustración 13.- Bloques en planta para la estructura de hormigón armado.....	44
Ilustración 14.- Dimensiones del Bloque N°3 - Vista en planta.	45
Ilustración 15.- Losa aligerada con vigas no embebidas.....	50
Ilustración 16.- Espectro sísmico de diseño elástico en aceleraciones.	55
Ilustración 17.- Espectro que representa el sismo de diseño.....	57
Ilustración 18.- Configuración estructural en coeficientes de elevación y en planta. ...	60
Ilustración 19.- E.T.A.B.S. - Inercias agrietadas ingresadas para columnas.	65
Ilustración 20.- E.T.A.B.S. - Inercias agrietadas ingresadas para vigas.	66
Ilustración 21.- Espectros sísmicos establecido en la “N.E.C. – 2015” con Tr: 475 años para Santa Rosa.....	68
Ilustración 22.- Espectros sísmicos establecido en el “C.E.C. – 2002” con Tr: 475 años para Santa Rosa.....	69
Ilustración 23.- Comparativa de espectros de diseño elástico para la ciudad de Santa Rosa con un Tr: 475 años.	70
Ilustración 24.- Comparativa de espectros de diseño inelástico para la ciudad de Santa Rosa con un Tr: 475 años.	71
Ilustración 25.- E.T.A.B.S.: Planta baja, altura de piso 3.65 metros.....	72
Ilustración 26.- E.T.A.B.S.: Primera planta alta, altura de piso 3.70 metros.....	72
Ilustración 27.- E.T.A.B.S.: Segunda planta alta, altura de piso 3,65 metros.....	72

Ilustración 28.- Modelamiento en E.T.A.B.S. del Bloque 3 del “Mercado Tipo Centro Comercial”, ciudad de Santa Rosa.....	73
Ilustración 29.- Solicitud dirigida a la gerencia actual del "Mercado, Camal y Feria Libre".	87
Ilustración 30.- Emisión del certificado aprobado para el permiso respectivo de trabajo en campo.	88
Ilustración 31.- Vista frontal de la edificación.	89
Ilustración 32.- Vista de la esquina frontal derecha para la edificación bajo estudio. ..	89
Ilustración 33.- Vista de la esquina frontal izquierda para la edificación bajo estudio. 90	
Ilustración 34.- Vista lateral derecha de la edificación.	90
Ilustración 35.- Entrada derecha del estacionamiento subterráneo en la edificación....	91
Ilustración 36.- Vista interior y medición de sección de columnas del estacionamiento en Bloque N° 1 y 2.....	91
Ilustración 37.- Vista interior y medición de eje entre columnas del estacionamiento. 92	
Ilustración 38.- Vista interior y medición de la junta de construcción localizada en el estacionamiento.	92
Ilustración 39.- Medición de sección de columnas en detalles de escalera comprendida desde la planta baja, 1era y 2da planta alta perteneciente al bloque N°1.	93
Ilustración 40.- Vista interna de elementos y detalles estructurales en 1era planta alta del bloque N°3.	93
Ilustración 41.- Vista interna correspondiente a 1era planta alta del bloque N°3 y medición de sección en columnas para su verificación.	94
Ilustración 42.- Medición de la junta de construcción que divide al bloque N°1 y N°2 del bloque N°3 localizada en 1era planta alta.....	95
Ilustración 43.- Vista interna correspondiente a 2da planta alta del bloque N°3 y verificación de información en elementos estructurales.....	95
Ilustración 44.- Medición de sección de columnas en 2da planta alta o terraza del Bloque N°2.	96
Ilustración 45.- Medición de ejes entre columnas correspondientes a la 2da planta alta del Bloque N°3.....	97
Ilustración 46.- Vista interior y medición de la junta de construcción localizada en toda la extensión de la 2da planta alta.	97
Ilustración 47.- Planos estructurales Bloque N°3 – Cimentación, Plintos y Zapata.	98

Ilustración 48.- Planos estructurales Bloque N°3 – Losa de Volado para la 1era Planta Alta.....	99
Ilustración 49.- Planos estructurales Bloque N°3 – Secciones de Vigas y Losas para los entrepisos.	100
Ilustración 50.- Planos estructurales Bloque N°3 – Sección de columnas establecidos en cimentación.	101
Ilustración 51.- Planos estructurales Bloque N°3 – Detalles escaleras.	102

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

Actualmente en el mundo con la llegada de herramientas tecnológicas que favorecen a la comunicación del ser humano y estar al tanto de estudios e investigaciones científicas, el campo de la ingeniería civil presenta importantes y grandes avances en la construcción de edificaciones en distintos ámbitos que prioricen la protección interna de las personas frente a eventos naturales de todo tipo, siendo uno de ellos la actividad sísmica como producto del choque de las placas tectónicas o por fallas geológicas.

Sin embargo, los países latinoamericanos no están exentos a estas catástrofes que se producen constantemente en el planeta, y Ecuador es uno de ellos, ya que al estar ubicado en la costa noroeste del continente americano está expuesto a este riesgo.

El Ecuador, al ser un país costero forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico en el que su amenaza sísmica es de un riesgo muy alto, por lo que las construcciones existentes son categorizadas en base al grado de vulnerabilidad que presentan (Cunalata Vásquez & Caiza Sánchez, 2022), no obstante, la creación y actualización de normas de construcción que permitan una buena respuesta de protección frente a desastres naturales, en muchos casos se ha visto su deficiente aplicación en proyectos de gran magnitud.

Tal es el caso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción que precisamente desde su publicación, acaecido en el año 2015, hasta el presente trabajo ha sufrido cambios en sus regulaciones técnicas y de seguridad, generando así actualización anualmente de los capítulos y secciones normativas debido a los últimos eventos telúricos más recordados que se han suscitado en el país como lo fue el sismo del 16 de abril del 2016 con una magnitud Mw 7,8 acontecido en el cantón Pedernales, provincia de Manabí y al sur de Esmeraldas, dejando numerosas víctimas mortales. De igual manera ocurrió con el sismo sucedido el 18 de marzo del 2023 de magnitud Mw 6,6 registrado en el cantón Balao, provincia del Guayas, reincidiendo nuevamente en el saldo de personas fallecidas, y afectando directamente a la provincia del El Oro, donde varias edificaciones en diferentes cantones sufrieron colapsos y otras se vieron gravemente afectadas con daños visibles e inhabitables hasta que una consultoría permita su rehabilitación o demolición definitiva.

Actualidad de la problemática

En todo el territorio nacional, Ecuador, los riesgos y amenazas sísmicas son muy frecuentes, por ello se los clasifica en base a su tipología, ya que cada uno difiere del otro

por el impacto que producen. Es por eso que, el presente trabajo se centra en realizar una evaluación estructural del bloque 3 perteneciente al Mercado Tipo Centro Comercial edificación con nivel subterráneo que al día de hoy lleva más de 15 años de haber sido construido, por lo cual, las normas de construcción vigentes en esa época son obsoletas al periodo actual, ya que como todo registro de planificación y diseño sismorresistente se requiere de una actualización cada cierto tiempo por motivo de que los eventos naturales ocurridos en los últimos años generan nuevos comportamientos en que la edificación debe actuar frente a la fuerza de los sismos de gran magnitud detallados anteriormente, siendo así un factor importante el cambio en los reglamentos de diseño y cálculo sísmico en la normativa ecuatoriana.

De acuerdo con la información encontrada en el (P.D.O.T.) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Rosa, periodo de administración 2019 – 2023, el cantón en mención concentra el mayor número de inundaciones a nivel de la provincia de El Oro, por lo que sus mayores amenazas en época invernal provienen de parte de los deslizamientos e inundaciones y en época de verano se generan los incendios forestales por la intensidad del calor en la radiación solar (*Modelo de Gestión - P.D.O.T SANTA ROSA 2019-2023*, 2019).

En cuanto a su desarrollo urbanístico el cantón Santa Rosa ha experimentado un considerable aumento de su población lo cual indujo a modificar ciertas construcciones existentes para poder acoplarse a este cambio y dotar a sus habitantes de buena infraestructura moderna y funcional, y de esta manera, el Mercado Tipo Centro Comercial, ubicado en la zona céntrica de la ciudad, es uno de esos espacios innovadores que en su época de construcción fue y es un gran icono en la comunidad orense, el cual está sujeto a la evaluación en este trabajo de titulación para mejorar su desempeño estructural mediante la aplicación de las especificaciones técnicas encontradas en la (N.E.C. – 2015) Norma Ecuatoriana de la Construcción y códigos de referencias internacionales sujeto al diseño de edificios de hormigón armado.

Estructura del trabajo

Ante todo, el presente trabajo de titulación consta de 4 capítulos, los cuales están previamente estructurados para tener una línea definida del tema de investigación, siendo estos importantes en la clasificación de la información a detallar, no obstante, los mismos son descritos a continuación:

El Capítulo I, titulado como el “Planteamiento del problema”, es un punto importante porque de aquí parte el enfoque y los ejes de estudio que forman parte del fundamento en el tema propuesto. En este apartado, se establece desde un principio la línea base del proyecto, la situación actual de la zona de investigación mediante la descripción de su problemática, la formulación de preguntas con carácter científico que ayudaran a resolver el problema en mención, la justificación del por qué o para qué es importante dar una solución y los objetivos que señalan el alcance que se pretende buscar con el proyecto.

El Capítulo II, nombrado como el “Estado del arte”, es un modelo de contenido del marco teórico mediante una recopilación bibliográfica en base a artículos científicos que respalden la idea de investigación, partiendo primero con antecedentes contextuales en donde encontraremos sobre edificaciones que tengan juntas constructivas a causa de que horizontalmente su longitud es mayor a comparación de la altura que no se excede, lo que implica que se divida por bloques para un mejor comportamiento desde una visión macro, meso y micro, por otra parte, los antecedentes conceptuales o históricos definirán conceptos básicos en base a la evaluación de una estructura real y por último los antecedentes referenciales demuestran las diferentes metodologías de como determinar qué tipo de análisis requieren las estructuras en diferentes problemas relacionadas con la idea principal del proyecto.

El Capítulo III, designado como la “Metodología”, en esta sección se detalla el estudio de campo que se realizó como visita técnica hacia la obra vigente y constatando el cumplimiento del diseño plasmado en los planos, dada la revisión anticipada de los mismo, o sino identificar algún cambio actual en la edificación, no obstante, ya tener definido el tipo de evaluación estructural que involucra el objetivo del proyecto y los métodos teóricos y empíricos a emplear.

El Capítulo IV, denominado como el “Análisis e Interpretación de los resultados”, en esta posición del proyecto de investigación se revisa la aplicación de la metodología en la evaluación estructural de la edificación identificada con juntas de construcción, dando como respuesta el impacto que tiene la modificación de ciertas áreas en toda la extensión de los bloques hacia una respuesta sísmica y siendo visible la influencia del sismo en el nivel subterráneo utilizado como estacionamiento del Mercado Central en la ciudad de Santa Rosa y su riesgo que implica en todo el establecimiento.

CAPITULO I

1. Planteamiento del problema

1.1. Línea base del proyecto

La ciudad de Santa Rosa es una urbe localizada en la costa ecuatorial del país, exactamente en la zona centro de la provincia de El Oro, tal como se puede ver en la Ilustración 1, siendo su extensión territorial de 906,65 km² protagonista de varios eventos naturales, y uno de los más recientes es el evento sísmico suscitado el 18 de marzo de 2023, con una magnitud de 6,6 en el golfo de Guayaquil, afectando no solo a la ciudad benemérita en la jurisdicción Orense, sino también a varios cantones de diferentes provincias del Ecuador (José & Orellana, 2023).

Ilustración 1.- Localización de la Ciudad de Santa Rosa – Provincia de El Oro



Fuente: Larry Vite – alcalde (PDOT SANTA ROSA 2019-2023)

El cantón es privilegiado por poseer dos tipos de relieve general dada la diferencia de rango altitudinal del territorio. Sobre las cuales se han desarrollado manglares, estuarios, humedales y vegetación ribereña, zonas que en si están sujetas a la actividad turística, con la comercialización en gran variedad de mariscos. Dado este factor característico de la urbe en el año 2013 por disposición de la Asamblea Nacional del Ecuador, la ciudad es designada como la Capital Camaronera del Mundo, siendo esta insignia aprovechada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Rosa para generar una mayor exposición de la localidad a nivel nacional e internacional.

En la Tabla 1 podemos encontrar el estimado de los habitantes en base al Censo de la Población y Vivienda I.N.E.C 2010. Sin embargo, la municipalidad nos dice que la población total del cantón Santa Rosa en el año 2019 es de 82.171 personas, de las cuales el 73,29% equivale a la población en edad de trabajar (PET). Dentro del grupo de PET, 30.998 están disponibles para trabajar y buscan empleo, es decir que el 51,47% de las personas de 15 años en adelante pertenecen a la población económicamente activa (PEA), en la cual el 32,48% son mujeres y el 67,52% hombres (*Modelo de Gestión - P.D.O.T SANTA ROSA 2019-2023*, 2019).

Tabla 1.- Crecimiento poblacional en el cantón Santa Rosa.

Sexo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hombre	24332	24699	25071	25450	25833	26223	26619	27020	27428	27841	28261	28687	29120
Mujer	24597	24968	25345	25727	26115	26509	26908	27314	27726	28144	28569	29000	29437
TOTAL	48929	49667	50416	51176	51948	52732	53527	54334	55154	55986	56830	57687	58.557

Fuente: *Censo de Población y Vivienda INEC 2010 (PDOT SANTA ROSA 2019-2023)*

Santa Rosa cuenta con una infraestructura propia para el desarrollo de la acuicultura y agricultura. Posee ríos importantes como el río Santa Rosa tal como podemos ver en la Ilustración 2, también encontramos al río Caluguro, río Buenavista, río Negro y río Arenillas que abastecen a los cultivos agrícolas y acuícolas siendo una zona altamente productiva, especialmente en banano, cacao y camarón; además es una zona de creciente extracción minera. Se comunica con otras partes del Ecuador a través de la reconocida arteria vial Panamericana.

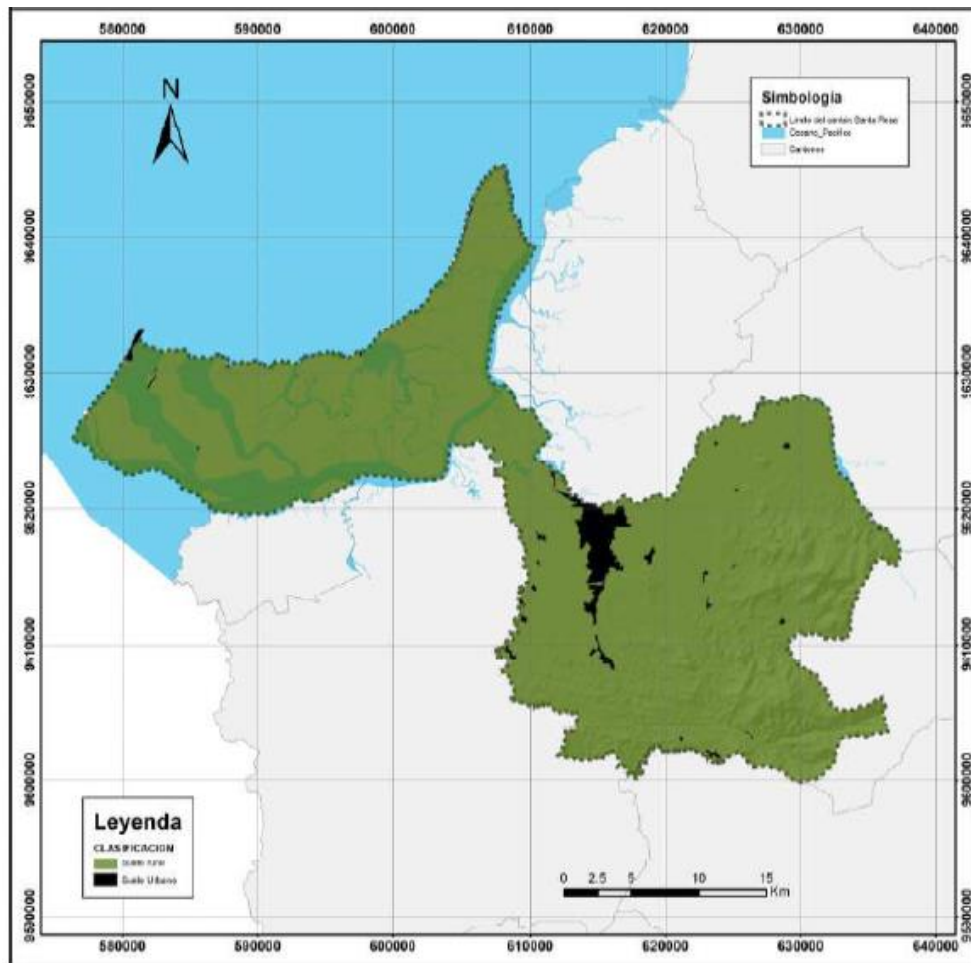
Ilustración 2.- Crecida del río Santa Rosa



Fuente: *Larry Vite – alcalde (PDOT SANTA ROSA 2019-2023).*

De acuerdo con la información encontrada en el “Plan de Uso y Gestión de Suelo” (P.U.G.S), correspondiente al periodo 2020 – 2032, nos establece que el suelo cantonal se clasifica en suelo rural y urbano, Ilustración 3, ya que por ley orgánica de ordenamiento territorial debe disponer de este componente como delimitación de perímetros en el aprovechamiento para la conservación de ecosistemas y esparcimiento del crecimiento poblacional.

Ilustración 3.- Mapa de clasificación del suelo - Cantón "Santa Rosa"



Fuente: Larry Vite – alcalde (P.D.O.T SANTA ROSA 2019-2023, 2019)

En base a los datos expuestos en la Tabla 2, el uso del suelo en la ciudad de Santa Rosa se clasifica en suelo urbano representando un 2,50% que comprende la infraestructura vial, edificios modernos al funcionamiento de servicios públicos y privados que impulsan el crecimiento económico como lo es el “Mercado Tipo Centro Comercial” del cantón. En cambio, el suelo rural se expresa en un 97,50% de todo el territorio cantonal, apto para el uso agrícola, ganadero, forestales o de explotación en zonas donde predominan los elementos naturales que albergan actividades productivas para el aprovechamiento de unidades territoriales.

Tabla 2.- Clasificación del suelo en el cantón Santa Rosa

Clasificación del suelo	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Suelo Urbano	2268.92	2.5
Suelo Rural	88444.79	97.5
TOTAL	90713.71	100

Fuente: Larry Vite – alcalde (P.D.O.T SANTA ROSA 2019-2023, 2019)

El vulnerable desempeño que tiene una edificación durante eventos naturales genera un impacto muy importante en las personas y comunidades, siendo afectadas no solo de forma física, sino también mental, por la reacción emocional que se presenta al instante de salvaguardar la vida y más cuando por zona geográfica de alta demanda en movimientos telúricos se debe tener un estricto control al momento de construir.

Aun así, es muy importante destacar que en el ámbito ecuatoriano se emplean diversos materiales en la construcción de viviendas, los cuales se acoplan según la región climática donde se establezca la obra. Sin embargo, dichos materiales suelen usarse e incluso reducir costos para maximizar ahorro sin considerar la valoración para un buen confort térmico, lo que refleja un desconocimiento general sobre el tema, independientemente del nivel socioeconómico que tiene el cliente. Incluso la elección de los materiales en la mayoría de los proyectos civiles se basa únicamente en el costo inicial de la inversión sin priorizar un buen estado habitacional para su mantenimiento posterior (Bustamante Crespo et al., 2018).

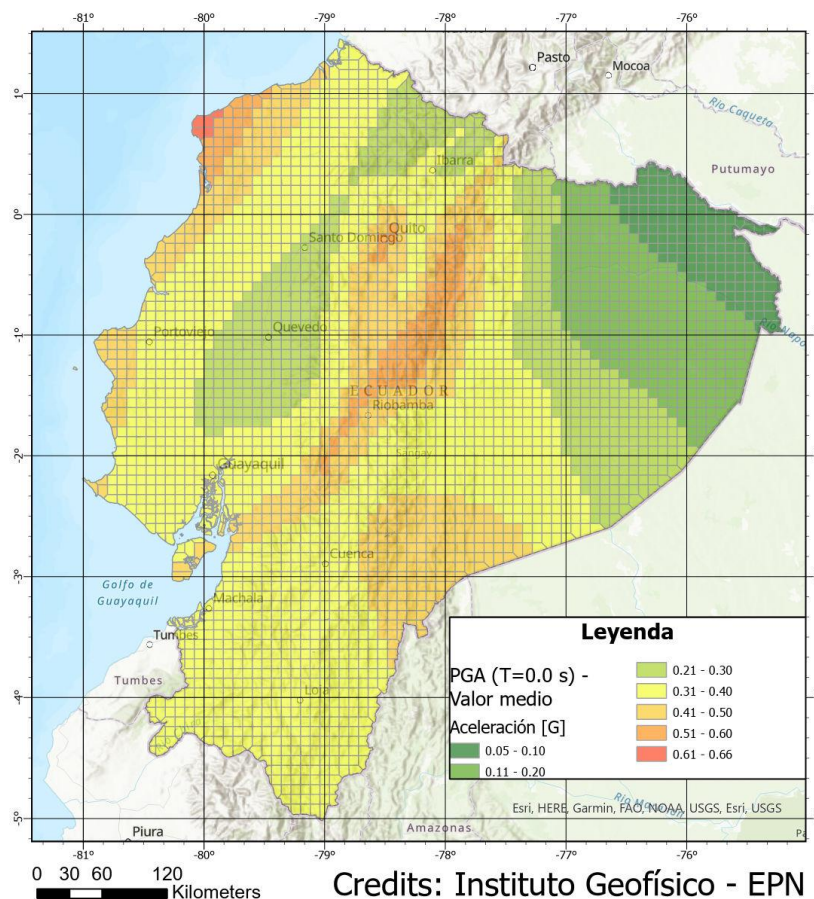
Sin embargo, el Ecuador al ser un país pequeño en superficie se encuentra dividido por 4 regiones naturales: Costa, Sierra, Oriente y Región Insular, lo cual facilita que presente una mayor actividad sísmica y volcánica como efecto en el movimiento litosférico entre la placa Oceánica de Nazca y la placa Continental Sudamericana. Siendo participe de muchos temblores moderados a grandes, dejando importantes daños materiales, víctimas colaterales y mortales, como lo es el recordado sismo del cantón Pedernales un 16 de abril del 2016 que dejó 663 personas fallecidas, hasta que años más tarde una fuerte sacudida en el cantón Balao sorprendió a la población un 18 de marzo del 2023 donde perdieron la vida 14 personas, concientizando la importancia de tener una buena seguridad estructural para que no se ocasionen daños significativos y evitar que la historia se repita (Beauval et al., 2018).

Ante este preámbulo el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (I.G.E.P.N) es una institución ecuatoriana dedicada a la vigilancia o monitoreo de fenómenos geofísicos, como la sismicidad, la vulcanología y la geotermia, en ese sentido, juega un

papel crucial para brindar la información necesaria al momento de producirse cualquier tipo de evento natural, señalando una magnitud de 6,6 Mw para el sismo del año 2023, pero para el último gran terremoto registrado en Ecuador en el año 2016 menciona que la magnitud fue de 7.8 Mw, liberando la gran acumulación de energía mediante la formación de replicas que enfrentaba un desafío a las estructuras a punto de colapsar mantenerse en pie hasta que la ayuda llegue para los sobrevivientes (José & Orellana, 2023).

Aunque el Instituto Geofísico del Ecuador a lo largo de la última actualización normativa ha hecho estudios e investigaciones que a partir del valor de Z que se genera para cada ciudad en las 24 provincias que tiene el país, se lo refleja en un mapa de zonificación sísmica para el diseño en un periodo de retorno “Tr” de 475 años, visto en la Ilustración 4, con una probabilidad del 10% en excedencia de 50 años.

Ilustración 4.- Mapa de zonificación del peligro sísmico - Tr=475 años.



Fuente: (Instituto Geofísico de La Escuela Politécnica Nacional - 475 Años, n.d.)

De hecho, la provincia de El Oro no se aleja mucho de la realidad con la vulnerabilidad y poco control en la planificación estructural con innovadoras practicas constructivas, tal es el caso del cantón Santa Rosa, al pertenecer a la zona costera, esta propensa a inundaciones lo que ocasiona que en temporadas invernales su infraestructura se vea

afectada y más cuando en la ciudad hay presencia de fallas geológicas, que combinando los factores descritos ocasionan sismos locales, pero obviamente que su regulación se establece con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C – 2015), en específico con el capítulo de Peligro Sísmico-Diseño Sismo Resistente, donde se establece el valor de la aceleración máxima esperada en roca para el sismo de diseño como un factor Z, el cual difiere de cada zona que se requiera analizar, ver Tabla 3.

Tabla 3.- Valores del factor Z en base a la zona sísmica adoptada.

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

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismorresistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

De este modo, se dispone que para el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, sea categorizada en una zona alta de peligro sísmico tipo V, por ende, su valor de aceleración, factor “Z”, es de 0.40 g, donde “g” es el valor de la gravedad.

Suscitado el evento sísmico del 18 de marzo del 2023, exactamente a las 12:12 p.m. del mediodía, localizado en el Golfo de Guayaquil con una determinada magnitud de 6,64 Mw a una profundidad de 63,1 km, se registraron 30 réplicas con magnitudes que oscilan entre 2.1 y 4.6 MLv. En efecto a la cercanía del epicentro del movimiento telúrico las provincias de El Oro, Guayas, Azuay y Pichincha fueron que se reportaron mayor actividad. A todo esto, las ciudades de Santa Rosa, Machala, Pasaje y Huaquillas, pertenecientes a la provincia de El Oro, percibieron una intensidad macrosísmica entre 5 y 6 (EMS), es decir “Escala Macrosísmica Europea” (José & Orellana, 2023).

1.2. Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos).

Durante los últimos años en el Ecuador ha surgido una recesión presupuestaria para todos los estados financieros donde el sector de la construcción es el más afectado por la falta de inversión local y extranjera, lo cual ha hecho que no se recupere económicamente este sector tan importante para la economía, ya que el mismo produce plazas de trabajo de forma directa e indirecta, viéndose perjudicados también las municipalidades de todas las provincias del país, obligando al gobierno a derogar leyes y actualizar normas que permitan un crecimiento a largo plazo (LOZANO TORRES, 2022).

Acotando a lo descrito, el país carece de un laboratorio para el estudio y análisis de las propiedades térmicas de los materiales y sistemas estructurales adaptados a las

condiciones locales de los países de la región. Además, no existen investigaciones que contribuyan a la creación de una base de datos sobre la caracterización térmica de los materiales frente a desastres naturales, lo que ha resultado en una dependencia tecnológica, ya que los datos disponibles son referencias internacionales que no se ajustan a los controles de los materiales usados en el país, donde la normativa ecuatoriana (N.E.C – 2025), en algunos casos queda obsoleta frente a especificaciones extranjeras de prácticas constructivas más rigurosas (*Bustamante Crespo et al., 2018*).

A nivel internacional, podemos observar que el agua es un agente externo siendo un enemigo palpable que causa daños estructurales mediante la corrosión de los materiales, y más cuando la zona es costera, siendo un claro ejemplo de ello, Ecuador, donde un reciente estudio menciona que alrededor de 50 edificaciones existentes situadas en las provincias que forman parte de la región Sierra o Interandina, los agentes atmosféricos y los que están en el suelo, afectan al inmueble en tierra cruda del área andina ecuatoriana junto con las características físicas, resistencia mecánica y composición químico-mineralógica, llegando a la estimación de que el agua afecta principalmente al 40% de las casas por defectos constructivos, como la falta de sobrecimientos que permite el ingreso de la humedad en las partes bajas o de aleros pequeños y que si no se protegen del agua de lluvia deterioran la mampostería (*Lara & Bustamante, 2022*).

Un punto importante por destacar es que toda edificación consta de dos sistemas estructurales, los mismos deben ser capaces de resistir los cambios drásticos que tiene la atracción de la tierra a lo largo de su uso, no obstante, estos sistemas son el de soportar las cargas verticales en todos los niveles de piso y el de aguantar las cargas laterales por acción del medio ambiente.

La exploración y aplicación de los códigos de diseño reconocen que en inmuebles de bastantes niveles de altura con sótanos profundos la interacción dinámica suelo-estructura (DSSI, por sus siglas en inglés) es fundamental, porque puede modificar la respuesta sísmica respecto a estimaciones de modelos simplificados convencionalmente empleados en los análisis y códigos de diseño estructural por cada demanda (*Pinto-Vega & Ledezma, 2019*).

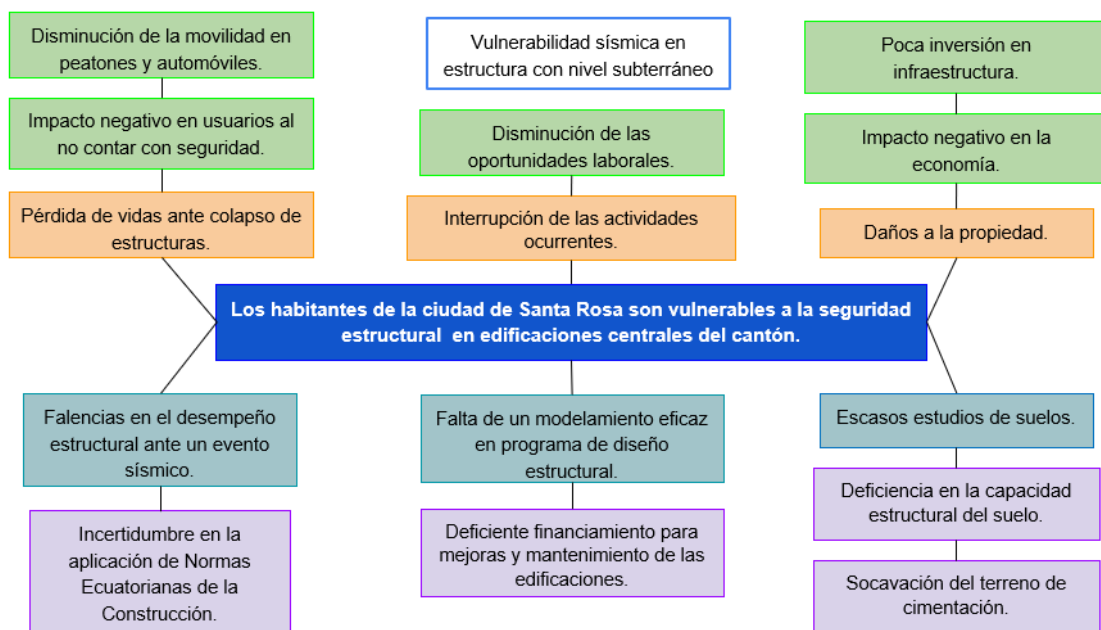
El construir una obra civil que requiere en su prediseño un nivel subterráneo, es todo un desafío para los ingenieros y más cuando el nivel freático de la zona es variable en un mismo punto (*Zhou et al., 2022*). Tal es el caso del cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, donde localizamos al Mercado Tipo Centro Comercial con esta simetría particular, ya que, desde su apertura al público en el año 2007, ha sufrido modificaciones y

problemas de asentamientos que ha requerido rediseño en ciertos bloques, pero todo esto fue planteado con el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C – 2002) que en su momento se lo considero para la estructura, la misma ha estado en constante cambio y actualizaciones dando lugar a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C. – 2015), en la que se pretende hacer una evaluación estructural de su condición actual con la normativa vigente.

Toda obra existente o en etapa de construcción se le debe realizar una evaluación estructural porque resulta vital para poder clasificar las edificaciones en términos de funcionabilidad, resistencia y seguridad para las personas que en ellas habitan o trabajan, siendo importante una evaluación periódica para ser considerada segura (*Patricio Dueñas-Solórzano, 2019*).

1.2.1. Árbol de problemas (Causas y efectos).

Ilustración 5.- Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia.

1.3. Formulación del problema: preguntas científicas.

- **¿Cuáles son las metodologías por usar para la evaluación estructural del “Mercado Tipo Centro Comercial” en Santa Rosa?**

La metodología por utilizar es analizar la edificación mediante un rango evaluativo, sin rediseño, mediante la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, es decir la (N.E.C – 2015), ya que en su fase inicial de diseño la

construcción fue orientada con el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. – 2002).

- **¿Cómo se puede evaluar la metodología constructiva para prevenir fallas estructurales?**

Se puede evaluar en base a los resultados obtenidos en el análisis modal espectral y su comparación con las especificaciones vigentes de la normativa ecuatoriana, para así poder establecer que la estructura es segura ante un evento sísmico con un periodo de retorno raro de 475 años.

- **¿Cómo se puede mejorar la construcción de edificios que limitan con niveles subterráneos para hacerlos más resistentes a la respuesta sísmica?**

Se puede mejorar primero mediante el correcto estudio de suelo en la zona de obra desde distintos puntos para la ejecución de un buen trabajo de campo en toda la superficie del terreno, ya que el suelo no es homogéneo en toda su extensión y se puede encontrar novedades, e incluso hacer ajustes en la fase de diseño incluyendo pilotes para asegurar estabilidad en el nivel subterráneo siendo menos propensos a un colapso.

- **¿Qué tecnologías se pueden utilizar para monitorear la respuesta sísmica de las estructuras y detectar fallas estructurales?**

Las tecnologías que se pueden usar son los acelerómetros M.E.M.S. (Micro-Electro-Mechanical Systems) o sensores de deformación para validar los resultados del modelado en E.T.A.B.S. También monitoreo con visión artificial para predecir la evolución del daño estructural con estudios de diseño de sismos futuros con espectros que favorezcan la relación demanda capacidad en un determinado tiempo de retorno, y si es necesario el reforzamiento de los elementos estructurales como lo son columnas, vigas y losas; no obstante, evitar materiales de mala calidad o que la mampostería no esté bien proporcionada, para prevenir multas en la etapa de fiscalización.

1.4. Delimitación del objeto de estudio

En el presente trabajo de análisis de estudio se tendrá una construcción real, que actualmente es un “Mercado tipo Centro Comercial, Camal y Feria libre”, ubicado en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, exactamente en las calles Colón entre Cuenca y Eloy Alfaro, ver *Ilustración 6*, no obstante, la edificación es un punto muy importante para el sector económico porque es el alma del comercio en la ciudad benemérita, ya que

en el interior encontramos locales comerciales de todo tipo siendo también participe el comercio informal que se genera a sus alrededores.

Ilustración 6.- Mercado tipo Centro Comercial – Santa Rosa



Fuente: Google Earth Pro.

En base a la programación en la construcción del mercado, el (G.A.D.) Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Rosa en su base datos establecen que la edificación fue inaugurada en Julio del 2007, siendo la misma ubicada en la Avenida Joffre Lima y Calle Libertad. La estructura consta de 3 niveles superiores a nivel de calle y 1 inferior a 3,50 metros de profundidad, cumpliendo el mismo la función de un estacionamiento subterráneo para las personas que visitan el mercado. Debido a ello se hará la evaluación del bloque 3, conforma a la estructura vigente del mercado, ya que, al contar con un nivel subterráneo en los otros bloques colindantes, se permitirá corroborar si con la normativa actual la edificación es completamente segura ante eventos sísmicos y en que afectaría su participación.

1.5. Justificación.

Hay que aclarar que la evaluación estructural de edificaciones es de suma importancia porque la investigación planteada debido desemboca en poder analizar el bloque 3 de la estructura del mercado central de Santa Rosa en base a las normas de construcción en curso, como lo es la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C. – 2015), ya que la

misma edificación en su momento fue planteada con el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. – 2002).

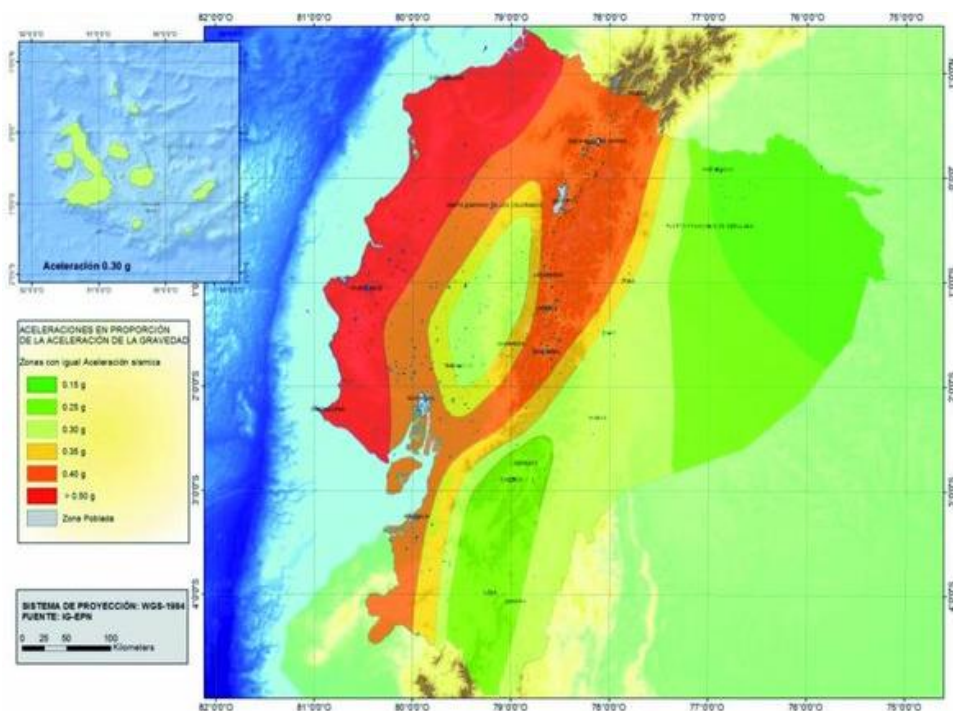
El propósito de realizar esta evaluación es verificar cómo se comportará una estructura cuando se vea expuesta a una combinación de cargas, lo que permite determinar si su rendimiento será adecuado o no ante un sismo, con lo que este análisis es fundamental para garantizar la seguridad de los ocupantes de la edificación, ya que permite prever cómo la estructura responderá a un evento sísmico que podría poner en riesgo la vida de las personas que utilizan las instalaciones de manera cotidiana. En este sentido, para el estudio que se presenta, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de diversas fuentes bibliográficas, consultando bases de datos que contienen artículos académicos, investigaciones científicas, y tesis de grado y maestría. El objetivo fue identificar los factores que afectan la vulnerabilidad estructural y determinar qué metodología adoptar para mejorar su resistencia sísmica. Los hallazgos obtenidos proporcionarán una base sólida para futuros proyectos de construcción, especialmente aquellos destinados a instituciones educativas en áreas donde las condiciones del suelo, como su alta saturación por cercanía a cuerpos de agua o la presencia de suelos arcillosos, limosos o arenosos, incrementan la peligrosidad sísmica. Estas condiciones geotécnicas requieren ser evaluadas y mejoradas antes de la edificación, para asegurar que las estructuras sean capaces de resistir adecuadamente los efectos sísmicos.

Actualmente en el país se están presentando proyectos de ingeniería de gran magnitud que incluyen estructuras con niveles subterráneos y siendo un desafío constante la zona costera del Ecuador por su alto nivel freático. Aunque hay edificaciones ya construidas que cumplen con las características necesarias para hacer una comparativa y analizarlas con la aplicación de nuevos métodos de construcción en base al análisis de su capacidad estructural. Estas características son: edificios con niveles subterráneos que requieran grandes cantidades de movimientos de tierra para simplemente comenzar el proyecto. Lo que busca este método es eliminar de la ruta crítica del proyecto las excavaciones, esto permite terminar las obras en un menor tiempo. Si bien las excavaciones tomaran más tiempo debido al espacio reducido. Al analizarlo a gran escala se observa un ahorro de tiempo en todo el proyecto (*Fundora Sautié et al., 2022*).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción dispone que, en casos donde existan voladizos o en edificaciones esenciales y de ocupación especial situadas cerca de una falla

geológica, es necesario combinar las fuerzas sísmicas horizontales y verticales. Asimismo, establece que la componente vertical del sismo puede estimarse escalando la aceleración horizontal por un factor mínimo de $2/3$. Sin embargo, para estructuras esenciales o especiales localizadas en el rango cercano (entre 0 y 10 km) de una falla superficial, resulta indispensable analizar la componente vertical mediante estudios específicos de respuesta del terreno. Adicionalmente, esta componente debe considerarse en los elementos que sobresalgan de los límites de las plantas de los niveles (*N.E.C. De & Construcción, 2015b*).

Ilustración 7.- Mapa para Diseño Sísmico: Norma Ecuatoriana de la Construcción



Fuente: (N. E. De & Construcción, 2015b)

Las regiones del Oriente Ecuatoriano están ubicadas en áreas con un bajo riesgo sísmico, lo que implica que la probabilidad de que ocurran terremotos de gran magnitud es considerablemente más baja en comparación con otras zonas del país. Por otro lado, las áreas costeras, debido a su proximidad a la actividad tectónica en el borde de las placas, presentan un riesgo sísmico mucho más elevado, lo que las hace más vulnerables a eventos sísmicos de gran escala (*Rojas et al., 2023*). Con base en esta clasificación de peligrosidad sísmica, se establecieron las aceleraciones máximas esperadas en roca, conocidas también como el factor de zona Z , que permiten evaluar las cargas sísmicas que una estructura podría experimentar según su ubicación geográfica. Esta información

es esencial para el diseño de edificaciones y la planificación de infraestructuras, ya que permite aplicar medidas preventivas y de protección adecuadas a cada región según su nivel de riesgo sísmico.

1.6. Objetivos: general y específicos.

1.6.1. Objetivo general

- Evaluar el desempeño estructural del edificio bloque 3 del Mercado Tipo Centro Comercial de la ciudad de Santa Rosa mediante el modelado de la estructura en rango evaluativo bajo los criterios de respuesta sísmica establecidos en las normativas “C.E.C. – 2002” y “N.E.C. – 2015”.

1.6.2. Objetivos específicos

- Fundamentar bibliográficamente mediante referencia de artículos científicos el comportamiento dinámico de estructuras para zonas costeras con alto peligro sísmico.
- Analizar la vulnerabilidad sísmica del bloque 3 del Mercado Tipo Centro Comercial de la ciudad de Santa Rosa mediante el uso del software comercial “E.T.A.B.S” para la aplicación del espectro de respuesta en aceleraciones considerando su diseño original.
- Obtener el análisis modal espectral del diseño mediante los resultados generados en el modelado a fin de garantizar la seguridad y estabilidad estructural con la actual norma.

CAPITULO II

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes Contextuales

Con la actual creciente poblacional que hay en diferentes naciones en el mundo, hace que las personas requieran una zona donde vivir donde los espacios céntricos y de influencia laboral se vea demasiado copada lo cual en la mayoría de los casos se hace inaccesible adquirir una propiedad fija en las ciudades con gran influencia económica para poder generar ingresos estables y uno de ellos es el negocio con la construcción de infraestructura moderna que se acople a las normativas que rigen para poder resistir un sismo dependiendo de la magnitud y la fuerza que sea aplicada en la misma

La información encontrada en el artículo científico realizado bajo autoría de los chilenos Medina y Music habla sobre la aplicación en el espectro de capacidad la cual se deriva de la curva que representa la resistencia estructural de un edificio, obtenida a través de un análisis estático no lineal conocido como pushover en la que el método exige incorporar las características no lineales de los materiales que constituyen los muros, empleando modelos matemáticos que describen la relación entre esfuerzo y deformación; no obstante, en el análisis pushover, se toman en cuenta tres esquemas diferentes para la distribución de cargas, lo que permite evaluar el comportamiento de estructuras de hormigón armado para condiciones de demanda sísmica con un enfoque que resulta crucial para comprender cómo estas estructuras responden frente a solicitaciones extremas y garantizar su diseño eficiente y seguro (Medina & Music, 2018).

Ahora lo que nos propone Abd-Elhamid, El-Tahawy y Fayed en su estudio radica en analizar cómo la presencia de sótanos y la presión del suelo sobre los muros de contención afectan el factor de modificación de respuesta sísmica en estructuras de hormigón armado fundamentando los resultados obtenidos mediante el uso del software A.B.A.Q.U.S., a través de análisis estáticos no lineales “Pushover” y análisis de historial temporal, con el propósito de mitigar los impactos adversos de los terremotos mediante la modelación de manera precisa la respuesta no lineal de las estructuras sometidas a cargas dinámicas, lo cual permite analizar su comportamiento real frente a eventos sísmicos y garantizar un diseño estructural seguro y confiable, ya que para alcanzar resultados adecuadamente específicos, es indispensable desarrollar modelos estructurales bien detallados y representativos de los elementos estructurales encargados de resistir las cargas laterales,

además de utilizar registros de movimientos sísmicos que sean representativos de las condiciones específicas del sitio y como verificación del mismo proceso esta respuesta no lineal debe compararse con el comportamiento elástico de las estructuras, estableciendo una correlación con los factores de modificación de respuesta especificados en los códigos de diseño (*Abd-Elhamid et al., 2020*).

Sin embargo, el objeto de estudio que encontramos en el trabajo de investigación ejecutado por Azodi, Banazadeh y Mahmoudi es un edificio gran altura de 30 pisos que utiliza un sistema lateral combinado, el cual compuesto por un núcleo de hormigón armado con muros de corte (CR) y un marco resistente a momentos de acero ayuda para evaluar su comportamiento sísmico desarrollando un modelo tridimensional de elementos finitos no lineal mediante el software OpenSees. En este modelo, se emplearon vigas de fibra para los elementos estructurales y elementos multicapa tipo cáscara para representar los muros del núcleo de CR, en la que los resultados obtenidos indican que el núcleo de hormigón armado absorbió aproximadamente dos tercios de las fuerzas de corte totales desde el nivel de base hasta un tercio de la altura del edificio, enfatizando que a medida que aumenta la altura en la edificación, las fuerzas de corte en el núcleo disminuyen significativamente, mientras que las del marco resistente a momentos permanecen prácticamente constantes (*Azodi et al., 2022*).

De modo similar, los autores Carpio-Pacheco, González-Cuevas y Arellano-Méndez en la investigación realizada abordan un análisis del comportamiento estático y dinámico no lineal de tres estructuras de concreto reforzado que utilizan un sistema de marcos resistentes a momento, los edificios bajo estudio se componen de 3, 9 y 14 niveles, y su diseño se llevó a cabo siguiendo las disposiciones establecidas en la nueva versión de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (NTCC-17). Cada diseño consideró diferentes niveles de ductilidad: baja ($Q=2$), media ($Q=3$) y alta ($Q=4$), aportando resultados obtenidos que las estructuras diseñadas conforme a las NTCC-17 cumplen, de manera teórica, con los niveles de ductilidad y capacidad previstos en su diseño y la información derivada de estos análisis está siendo contrastada con pruebas experimentales para validar las conclusiones teóricas (*Carpio Pacheco et al., 2023*).

A condición de lo expresado en la información anterior nos dirigimos a Ecuador donde la investigación propuesta por el grupo de trabajo Paz-Barzola, Escobar-Segovia y Jiménez

Oyola destaca el riesgo que causa una construcción de cualquier nivel estructural en zonas que fueron utilizadas para la explotación minera específicamente en el cantón Ponce Enriquez, provincia del Azuay, destacando la concentración de metales pesados y metaloides donde la clave está en identificar las condiciones del subsuelo, restaurar la capacidad del terreno para soportar cargas y garantizar la seguridad a largo plazo de la edificación durante su uso o respuesta frente a un temblor (*Paz-Barzola et al., 2022*).

Los puntos a destacar por haber seleccionado una estructura ya vigente y colocarla bajo análisis modal espectral es el constante cambio de sobrecarga que ha tenido en los niveles de pisos internos del edificio y poner a prueba su respuesta sísmica con la norma de construcción que se rige en el territorio ecuatoriano.

2.2. Antecedentes Conceptuales o Históricos

2.2.1. Peligro Sísmico en Edificaciones

El espectro de peligro es uniforme al convertirse en una herramienta clave para los análisis dinámicos espectrales, ya que proporciona una representación más completa del comportamiento sísmico esperado en un lugar determinado, considerando la intensidad como la proximidad del sismo, este espectro permite evaluar de manera más precisa los efectos potenciales en las estructuras, por ellos es especialmente relevante en zonas de alta sismicidad, donde el diseño de edificaciones debe garantizar la seguridad y funcionalidad incluso frente a escenarios sísmicos extremos (*Guzmán et al., 2022*).

2.2.2. Vulnerabilidad Sísmica Estructural

Es fundamental evaluar cómo responderán las estructuras ante un evento de gran magnitud, es decir, determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica asociado al sistema estructural, este comportamiento está directamente relacionado con diversos factores, como el diseño estructural adoptado para la edificación, la calidad de los materiales utilizados, los procesos constructivos empleados y otros aspectos relevantes, siendo Ecuador afectado por la zona de ubicación con alta actividad sísmica y testigo de algunos eventos sísmicos de características importantes y considerables víctimas mortales (*Cunalata Vásquez & Caiza Sánchez, 2022*).

2.2.3. Demanda Sísmica

El diseño basado en fuerzas y el basado en desplazamientos se consideran en la representación de la demanda sísmica que implica la aplicación de metodologías rigurosas que se dividen en los dos enfoques de diseño, ofreciendo las herramientas importantes para garantizar la seguridad estructural, aunque el diseño basado en desplazamientos resulta particularmente relevante en el contexto de estructuras modernas, donde se busca no solo resistir las cargas sísmicas, sino también optimizar el uso de materiales y reducir el riesgo de colapso (Zameeruddin & Sangle, 2021).

2.2.4. Torsión sísmica

Es esencial incluir en el análisis estructural métodos que permitan evaluar y mitigar los efectos de la torsión, este fenómeno, puede tener un impacto crítico en la estabilidad y seguridad de la edificación, porque los componentes estructurales sometidos a mayores esfuerzos pueden superar sus capacidades de resistencia si esta condición no se considera adecuadamente durante el diseño, por ello la torsión amplifica el riesgo de fallas locales, como grietas en vigas o columnas, o incluso el colapso parcial de la estructura, especialmente en configuraciones irregulares o asimétricas (*Godfrey Montero et al., 2020*).

2.2.5. Niveles de desempeño

Previamente al establecer los niveles de desempeño de una estructura, es crucial considerar varios factores que influyen en su comportamiento post-sismo. Entre estos aspectos se incluyen la extensión de los daños en los componentes tanto estructurales como no estructurales, la capacidad de los sistemas básicos para seguir funcionando después del evento sísmico y los riesgos a los que estarían expuestos los ocupantes de la edificación. En el caso de las estructuras apoyadas sobre pilotes geotérmicos, estos factores también deben tomar en cuenta el comportamiento mecánico de los pilotes, que deben ser capaces de resistir las cargas sísmicas sin perder su capacidad de transferencia de esfuerzos al terreno. La funcionalidad de los pilotes, particularmente aquellos que aprovechan las propiedades geotérmicas del subsuelo, puede influir significativamente en la capacidad de la estructura para mantenerse operativa y segura tras un sismo. Una vez analizados estos puntos, se pueden definir cuatro niveles de desempeño que reflejan la

capacidad de la edificación para resistir y continuar operando: ocupación inmediata, operacional, seguridad de vida y pre-colapso (*Pardo de Santayana et al., 2021*).

2.2.6. Ductilidad

La respuesta de una estructura puede depender de la capacidad de sus componentes para deformarse de manera significativa sin comprometer su resistencia. Esta propiedad, conocida como ductilidad, permite que los elementos estructurales soporten deformaciones en el rango no lineal. Por ello, aumentar la ductilidad en las edificaciones mejora su desempeño frente a cargas sísmicas y reduce el riesgo de que ocurran mecanismos de falla de tipo frágil (*Requena-Garcia-Cruz et al., 2021*).

2.2.7. Diseño sismorresistente

Los sismos son eventos naturales que liberan energía de forma abrupta en la corteza terrestre, cuyo efecto sobre las personas y el entorno depende de su magnitud y ubicación. Por esta razón, las edificaciones deben estar diseñadas para soportar dichos eventos y reducir al mínimo los daños que puedan ocasionar. En este contexto, la cultura sísmica local incorpora diversas estrategias constructivas, como la utilización de materiales más flexibles y resistentes, así como el diseño de estructuras capaces de absorber y disipar la energía sísmica de manera eficiente, garantizando así los objetivos del diseño sismorresistente (*Quinde et al., 2023*).

Asimismo, se sabe que, en el diseño sismorresistente de edificaciones, se permite un cierto nivel de daño controlado en los elementos estructurales, dado que crear una estructura capaz de permanecer totalmente elástica durante un sismo resultaría económicamente inviable y técnicamente poco eficiente. Este enfoque busca un equilibrio entre la seguridad y el costo, permitiendo que la estructura absorba y disipe parte de la energía sísmica mediante deformaciones plásticas controladas, sin comprometer la estabilidad general ni provocar colapsos, ya que diseñar para mantener un comportamiento completamente elástico requeriría un sobredimensionamiento excesivo de los componentes, lo cual sería poco factible desde el punto de vista constructivo y financiero, especialmente para edificaciones de gran tamaño o complejidad (*Rodriguez, 2023*). Así pues, los enfoques modernos de diseño sísmico están concebidos para permitir que las edificaciones experimenten deformaciones plásticas durante sismos de gran magnitud, manteniendo su ductilidad frente a movimientos sísmicos de menor intensidad.

Estas deformaciones plásticas ayudan a disipar la energía generada por el sismo, reduciendo así el riesgo de colapso. Aunque este enfoque es altamente eficiente para salvaguardar vidas humanas, no aborda plenamente las condiciones de habitabilidad y funcionalidad de las estructuras tras un terremoto (Takagi & Wada, 2019).

2.3. Antecedentes Referenciales

En base a la revisión de información idónea para la presentación de este proyecto de titulación, mediante la búsqueda de artículos científicos, se ha podido constatar que varios autores conocedores del ámbito estructural y hormigón armado han empleado diferentes metodologías para poder mejorar el desempeño estructural en una edificación ante la respuesta de eventos sísmicos, entre los cuales se encuentra el estudio de investigación realizado por Bungacho J, Baquero R & Hernández L; denominado “Evaluación de vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño de reforzamiento de una vivienda en Quito-Ecuador”, en la que para optimizar la respuesta dinámica y lateral de la edificación, se recomienda revestir las paredes y encamisar las columnas con el objetivo de incrementar la capacidad portante del terreno. Además, resulta esencial reforzar la cimentación, ya sea de tipo superficial o profunda (*Bungacho et al., 2022*).

También, Cagua-Gómez B y Tola-Tola A et al. en su investigación conocida como “Influencia sobre el cortante basal y derivas de edificaciones al incluir una fracción de la carga viva en la carga sísmica reactiva” nos detalla cómo la incorporación de la tipología del terreno afecta tanto el cortante basal como la deriva de los niveles al calcular la carga sísmica de una estructura. Esto se realiza utilizando el espectro elástico de diseño definido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (*Cagua-Gómez et al., 2022*).

CAPITULO III

3. Metodología

3.1. Modalidad básica de la investigación

El presente trabajo de investigación, tendrá un planteamiento de forma cuantitativo como modalidad básica para poder abordar el análisis de una edificación de hormigón armado en función de su modelamiento tridimensional mediante el uso de un software, previo a ello se obtendrá la información oportuna de sus elementos estructurales y no estructurales para la aplicación de métodos matemáticos y técnicas de cálculos para comprender su diseño idóneo de construcción e implementarlos en la optimización de resultados que se apeguen a la normativa actual, Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C. – 2015).

En efecto, resulta aclarar que el enfoque cuantitativo empleado, es por el tiempo de vida útil que la estructura hasta la actualidad lleva funcionando al servicio de la comunidad, no obstante, fue construida con normativa que, en su época año 2007 se encontraba vigente, la cual valido su ejecución en obra. Por ello el “Análisis Modal Espectral” que se requiere llevar a cabo dictamina nuevos controles y especificaciones a considerar en el modelaje del diseño.

3.2. Tipo de investigación

Toda investigación conlleva un proceso en el que nos encontramos con un campo amplio para poder determinar las técnicas a aplicar para la obtención de los resultados deseados, tal es el caso del análisis de este trabajo, que enmarca tres tipos de ejecución, siendo estos detallados a continuación:

3.2.1. Documental

En el ámbito de la investigación documental como primera índole es la búsqueda de información confiable mediante el uso de base de datos y bibliotecas digitales que permitan la obtención de artículos científicos, trabajos de posgrados o maestría y doctorado, normativa local (N.E.C. – 2015), códigos de referencias de diseño como el “Código Ecuatoriano de la Construcción” (C.E.C. – 2002), y requisitos generales de diseño que permitan dar a conocer más sobre los estándares a cumplir en estructuras de hormigón armado.

3.2.2. De campo

Dentro de este ámbito investigativo, el trabajo en campo es un punto muy importante dentro de la ingeniería, porque permitirá conocer más sobre la realidad de la edificación ya construida, que para este caso de estudio lleva más de 15 años al servicio de la población, de tal manera que se pueda obtener información específica que expresada en un plano no se puede apreciar. Es por esta razón que en el marco de este tipo de investigación se recolectará datos cualitativos sobre el espacio físico de la estructura, incluyendo detalles como las alturas entre piso para cada nivel, secciones de los elementos (vigas, losas y columnas), las distancias entre cada eje estimado, constatar si habido el mantenimiento respectivo del inmueble y la localización de las juntas de construcción que divide al edificio en 3 bloques.

3.2.3. Descriptiva

En efecto a los datos recopilados mediante la investigación de campo y adjuntados con la información documental, se procederá a determinar el análisis lineal junto con el modal espectral para estimar la respuesta dinámica frente a un sismo, debido a ello se optó el uso del software comercial “Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems”, más conocido por sus siglas como E.T.A.B.S para fines del modelado, con las consideraciones respectivas para el cálculo de momentos en flexión, fuerzas de corte y reacción en los elementos estructurales con más precisión (Choubisa, 2023).

En este sentido, el programa computacional E.T.A.B.S es fundamental en el ámbito profesional porque permite controlar las acciones a las que se desea someter el modelo de la edificación priorizando el ajuste en los parámetros de diseño con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C. – 2015) en comparación con los requisitos del Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. – 2002), que en su momento sus especificaciones técnicas fueron utilizadas para un óptimo diseño de la estructura en mención.

3.3. Objeto de estudio

De acuerdo al trabajo de titulación en curso, el objeto de estudio que está sometido bajo análisis es una estructura de hormigón armado que consta de varios niveles superiores y uno en el subsuelo, siendo su uso destinado desde su construcción a locales comerciales (comercio minorista) y puestos de comida, es decir que la edificación en mención es el “Mercado Tipo Centro Comercial” ubicado en la ciudad de Santa Rosa, provincia de El

Oro, Parroquia Santa Rosa, sus instalaciones se encuentran localizadas en las calles Eloy Alfaro y Cuenca, entre Colón y Cuenca. Sin embargo, para ser más específico en el estudio se prosigue a detallar el uso ocupacional por nivel que cuenta el edificio.

Tabla 4.- Usos ocupacionales del "Mercado Tipo Centro Comercial en Santa Rosa"

Niveles de la Edificación	Uso
N-Subsuelo	Estacionamiento vehicular
1° Nivel	Locales comerciales
2° Nivel	Puestos de comida
3° Nivel	Oficinas y Cubierta

Fuente: El autor

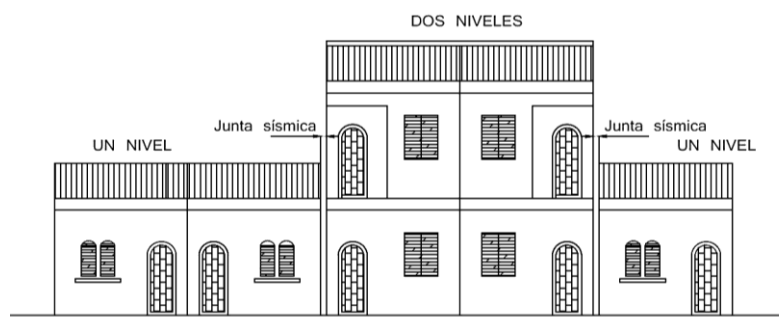
3.4. Descripción de la población y muestra

Con base a la caracterización del objeto de estudio en el presente trabajo, se identifica la población, en este caso comprende las estructuras de hormigón armado vigentes en la ciudad de Santa Rosa provincia de El Oro, por consiguiente, la muestra a tomar es el “Mercado Tipo Centro Comercial”, aun cuando la información necesaria obtenida de manera directa e indirectamente sirve para el correspondiente análisis modal espectral frente a eventos naturales como son los movimientos telúricos.

3.4.1. Definición de la muestra

En este caso el análisis esta direccionado a la muestra tomada en el punto 3.4. como objeto de estudio, por lo que con la visita realizada en campo se evidencio que la estructura satisface en primera instancia con la norma (N.E.C. – 2015) en un parámetro encontrado específicamente en el capítulo “Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m”.

Ilustración 8.- Juntas de construcción



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Seguridad Estructural – Vivienda (N.

E. De & Construcción, 2015c)

El parámetro menciona que la edificación al ser grande con respecto a su área constructiva y menor en niveles de planta se requiere tener juntas de construcción, ver *Ilustración 8*, dando por cumplido ese requisito en el edificio.

Por tal motivo, el diseño en este caso se divide en tres bloques diferentes que forman parte del modelado, centrando únicamente el análisis en el “Bloque N°3”. Dado que el inmueble básicamente es de hormigón armado con pórticos resistentes a momentos en sus niveles superiores, considerando su uso ocupacional detallado en *Tabla 4*.

3.5. Métodos teóricos con los materiales utilizados

3.5.1. Modelación

El procedimiento para poder emplear la técnica de modelación en una edificación, independientemente de la proporción de sus materiales en toda su extensión, ya sea en elementos metálicos u hormigón armado, se llevará a cabo su representación digital en base a los datos obtenidos en campo, mediante la observación y medición directa del entorno físico, sin dejar a un lado la implementación de los planos estructurales como manual de apoyo en el diseño geométrico y delimitación de zonas o condiciones de frontera para proceder al modelado en el software con parámetros que cumplan el análisis de la normativa vigente.

En la *Ilustración 9*, se expone el modelo arquitectónico en vista frontal del “Mercado Tipo Centro Comercial”, apreciando dos caras laterales de la estructura analizada, dando a conocer la magnitud del proyecto que se estudia.

Ilustración 9.- Modelo arquitectónico - Estructura hormigón armado



Fuente: *Larry Vite – alcalde* (PDOT SANTA ROSA 2019-2023).

Es fundamental establecer las cargas en sus diferentes combinaciones, las cuales están detalladas en las normativas vigentes. Ahora bien, los estados de carga a considerarse en el diseño y modelado son las estipuladas en el código American Concrete Institute (A.C.I.-318S-2005), ver *Tabla 5*, las mismas garantizan que la edificación resista todas las posibles cargas a lo largo de su vida útil.

Tabla 5.- Combinaciones de cargas recomendadas por el "A.C.I.-318S-2005"

Combinaciones de Carga	Estados de Carga
$WD + WL$	Dónde. - WD: Carga Muerta WL: Carga Viva WS: Carga Sísmica o Lateral. Nota: El valor de la carga WS depende mucho de la dirección de su aplicación "X" o "Y".
$1.2*WD + 1.6*WL$	
$1.2*WD + 1*WL + 1*WS$ en dirección "X"	
$1.2*WD + 1*WL - 1*WS$ en dirección "X"	
$1.2*WD + 1*WL + 1*WS$ en dirección "Y"	
$1.2*WD + 1*WL - 1*WS$ en dirección "Y"	
$0.9*WD + 1*WS$ en dirección "X"	
$0.9*WD - 1*WS$ en dirección "X"	
$0.9*WD + 1*WS$ en dirección "Y"	
$0.9*WD - 1*WS$ en dirección "Y"	

Fuente: Reglamento estructural para edificaciones (Comité A.C.I. 318, 2005)

En el caso del sismo, su tratamiento varía según la normativa: en el *C.E.C.-2002* se considera una carga de servicio, mientras que en la *N.E.C.-2015* se clasifica como una carga última. Esta diferencia se refleja en los factores de combinación de carga utilizadas en el diseño.

Tabla 6.- Configuraciones de cargas recomendadas por el "A.C.I.-318-99"

Cargas Combinadas	Estados de Carga
$1.4*D + 1.7*L$	Dónde. - D: Carga Muerta L: Carga Viva E: Carga Sísmica o Lateral. Nota: El valor de la carga E depende mucho de la dirección de su aplicación "X" o "Y".
$0.75*(1.4*D + 1.7*L + 1.87*Ex)$ en dirección "X"	
$0.75*(1.4*D + 1.7*L - 1.87*Ex)$ en dirección "X"	
$0.75*(1.4*D + 1.7*L + 1.87*Ey)$ en dirección "Y"	
$0.75*(1.4*D + 1.7*L - 1.87*Ey)$ en dirección "X"	
$0.9*D + 1.43*Ex$ en dirección "X"	
$0.9*D - 1.43*Ex$ en dirección "X"	
$0.9*D + 1.43*Ex$ en dirección "Y"	
$0.9*D - 1.43*Ex$ en dirección "Y"	

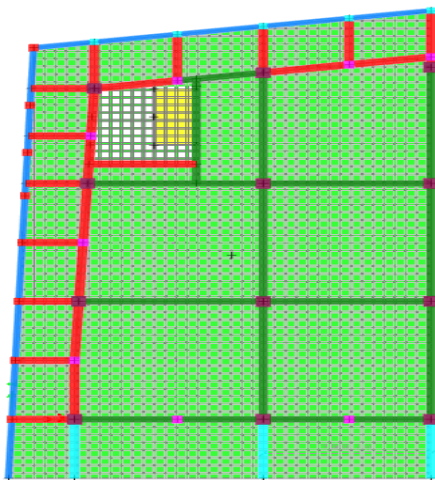
Fuente: (C. E. C. De, 2002)

Dado que el espectro se considera a nivel de servicio, es importante destacar que las fuerzas y los momentos asociados al estado de carga sísmico se amplifican en las

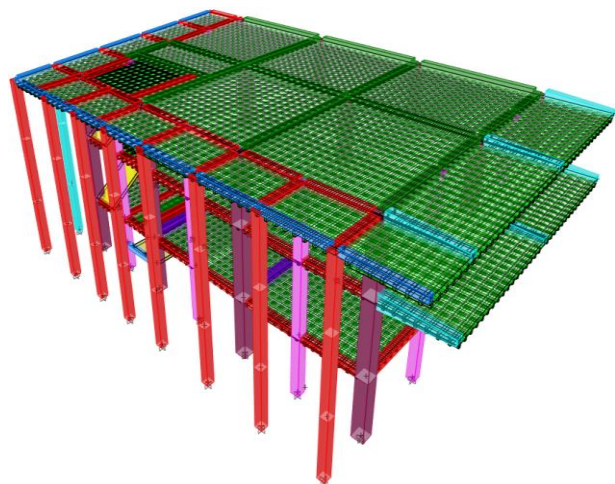
combinaciones de carga. En particular, se incrementan en un 1.4 en la segunda combinación y en un 1.43 en la tercera.

En el *punto 3.4.1.* se menciona que la estructura al tener juntas de construcción, porque la geometría lo requiere por norma, hace que se divida en tres bloques diferentes, en ese caso el modelamiento se analiza por separado a cada bloque con la información recolectada en la visita de campo y con el apoyo de los planos.

Ilustración 10.- Modelado de la estructura de hormigón armado – Bloque N°1



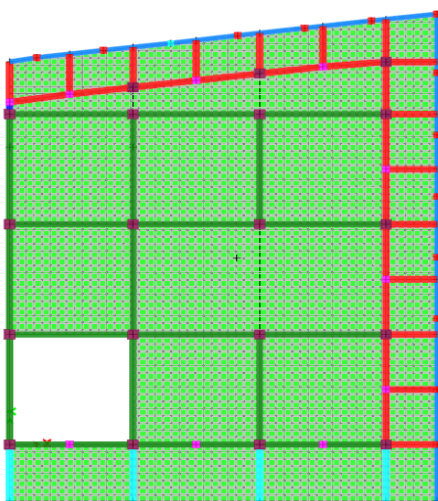
*Vista en planta



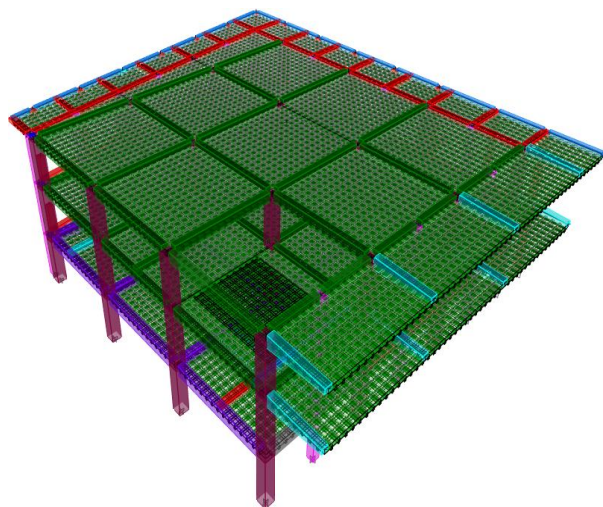
*Vista angular

Fuente: El autor

Ilustración 11.- Modelado de la estructura de hormigón armado – Bloque N°2



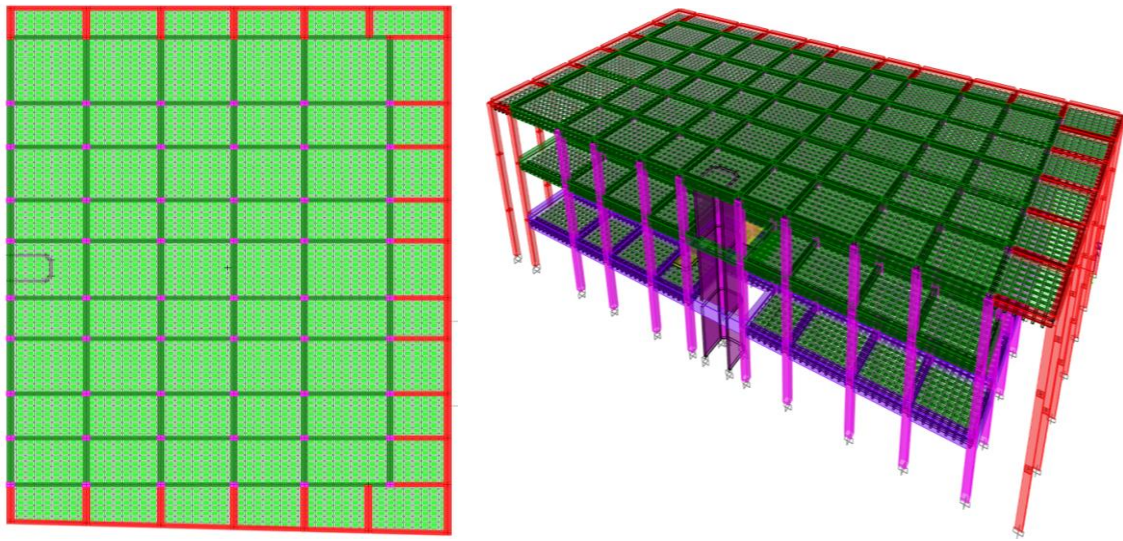
*Vista en planta



*Vista angular

Fuente: El autor

Ilustración 12.- Modelado de la estructura de hormigón armado – Bloque N°3



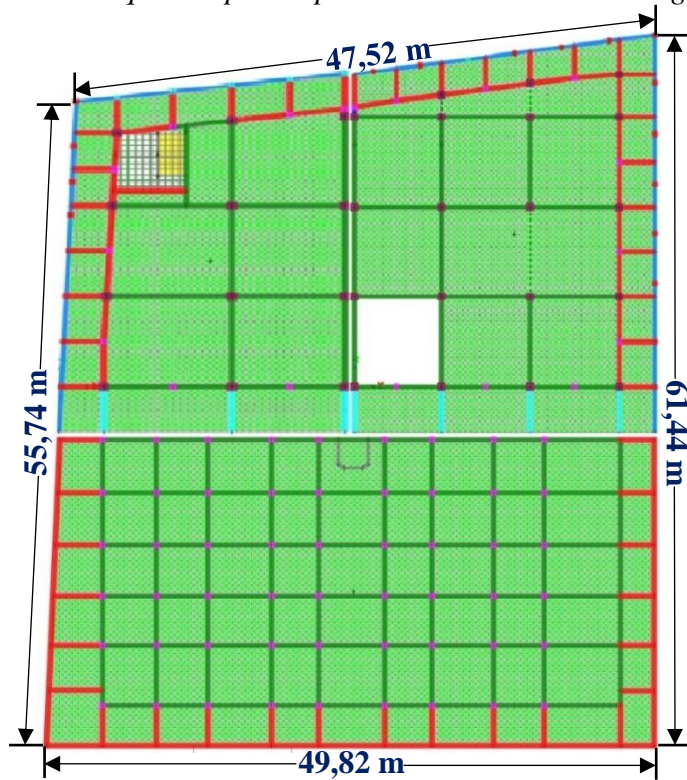
*Vista en planta

*Vista angular

Fuente: El autor

Posteriormente al modelado de los bloques que conforman la estructura, tal como se ve en la *Ilustración 10, 11 y 12*, se procede a destinar las cargas por piso según la ocupación que se desarrolla en cada nivel.

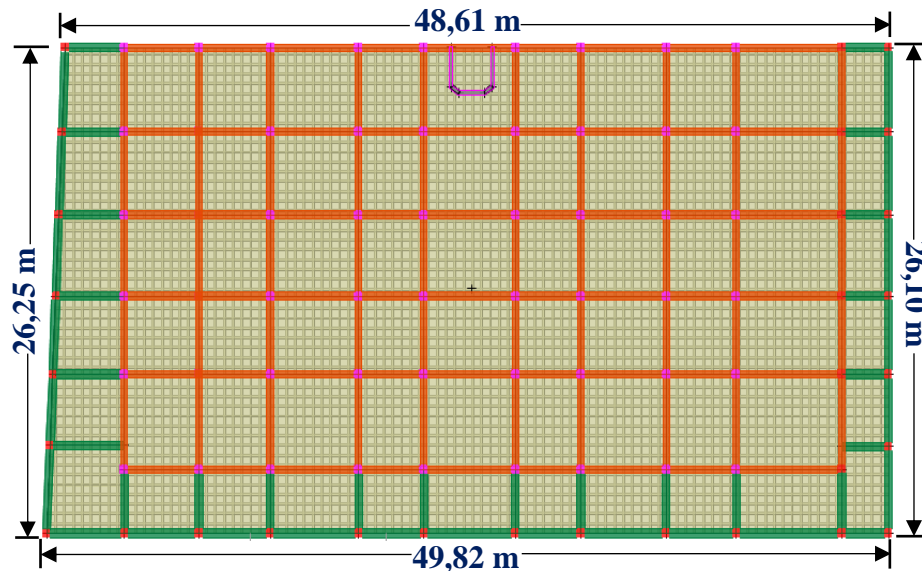
Ilustración 13.- Bloques en planta para la estructura de hormigón armado.



Fuente: El autor

Enfatizando la atención en el bloque más grande de la edificación, es decir “Bloque N°3” porque desde la construcción total del mercado municipal es el espacio que ha sufrido constantes cambios o remodelaciones y donde se genera la mayor movilidad del comercio formal en el interior de sus instalaciones e informal a los alrededores.

Ilustración 14.- Dimensiones del Bloque N°3 - Vista en planta.



Fuente: El autor

3.5.2. Especificaciones técnicas de la edificación

Expuesta la ejecución de este proyecto, en la construcción del “Mercado Tipo Centro Comercial de la ciudad de Santa Rosa”, se consideraron en su momento especificaciones técnicas nacionales y extranjeras para su control, las mismas que son detalladas a continuación:

- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente, NSR-1998 Tomo I.
- El American Concrete Institute (A.C.I. 318S-2005).
- El Uniform Building Code, UBC 1997, ICBO California 1997.
- Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures 2002, Revision of ASCE 7-98.
- Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. – 2002), con los siguientes requisitos:
 - Parte I: Requisitos Generales de Diseño CPE INEN 5
 - Parte I: 2001

- Parte II: Requisito de Diseño de hormigón armado CPE
- INEN 5
- Parte 2: 1993.

Para el respectivo modelamiento del edificio se tomó a consideración las características de los materiales en que fue basado desde un principio el diseño, detallados en *Tabla 6*; no obstante, en el software se usaron elementos tipo frame para modelar las vigas y columnas por lo que se pondrá en uso las dimensiones de los elementos estructurales existentes.

Tabla 7.- Características de los materiales – Modelado edificación

Material	Valor	Características
F_y	4200 kg/cm ²	Refuerzo longitudinal
F_y	4200 kg/cm ²	Refuerzo transversal
f'_c	210 kg/cm ²	Resistencia a la compresión del Hormigón
E_c	14000 * $\sqrt{f'_c}$ (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad del Concreto

Fuente: El autor.

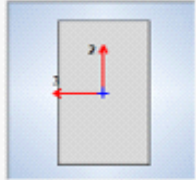
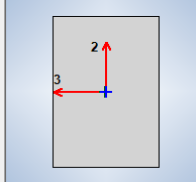
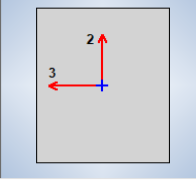
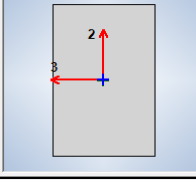
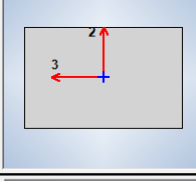
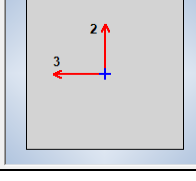
3.5.3. Detalle de las dimensiones en los elementos estructurales

El especialista a cargo debe garantizar un adecuado manejo del proceso y contar con el criterio necesario para interpretar correctamente los resultados. En cuanto al diseño, es relevante señalar que solo se consideran los resultados del acero de refuerzo por flexión en las vigas, mientras que el diseño por cortante se lleva a cabo de forma manual para todos los elementos.

En cuanto a la estructura de hormigón armado se dispuso a conocimiento del proceso de modelado, los elementos como las vigas y columnas con sus respectivas secciones y criterios de diseño hasta llegar a un mecanismo estable local y globalmente en toda el área estructural.

- **Vigas:** Como primer elemento a modelar se presentan las vigas de concreto armado con acero de refuerzo en su composición, pues bien, se utilizaron diferentes secciones, exactamente seis tipos, las mismas están repartidas en todos los niveles de la estructura de acuerdo con el requerimiento por ocupación que se genera por planta y también se las distribuye por cada bloque que forma parte del edificio.

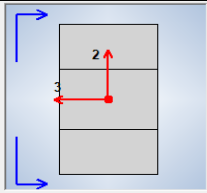

Tabla 8.- Dimensiones de vigas principales, secundarias y periféricas.

Secciones de Elementos Estructurales			
Viga	Dimensión (cm)		Gráfico
	Ancho	Profundidad	
V1 (Principal e Interna)	45	75	
V2 (Principal e Interna)	40	60	
V3 (Principal e Interna)	45	55	
V4 (Secundaria e Interna)	35	55	
V5 (Principal y Externa)	45	30	
V6 (Principal y Externa)	30	30	

Fuente: El autor.

- **Vigas en voladizo:** Dado este caso de análisis en curso, la estructura se divide en tres bloques, diferentes en longitudes donde la conexión entre ellos son vigas en voladizo, apoyadas solamente desde un extremo y utilizadas cuando se requiere aumentar la extensión en la edificación en relación con espacios abiertos o rescatar zonas de mucha afluencia de personas.

Tabla 9.- Dimensiones de vigas en voladizo.

Secciones de Elementos Estructurales				
Viga		Dimensión (cm)		Gráfico
		Ancho	Profundidad	
Voladizo	Inicio de Sección	45	30	
	Fín de Sección	45	70	

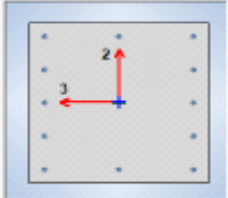
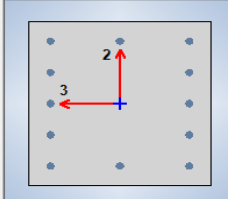
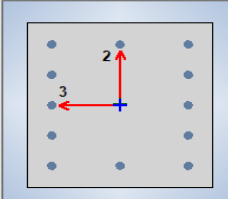
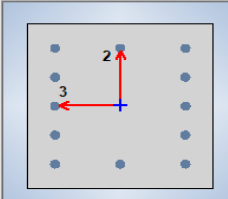
Fuente: El autor.

Para proyectar y levantar cualquier estructura de concreto armado que pueda resistir fuertes terremotos, es crucial identificar, ubicar y determinar un número mínimo de variables que, en términos generales, son fáciles de comprender. Sin embargo, cuando estas no se colocan de manera óptima, incluso si la cantidad es adecuada, pueden dar lugar a sistemas débiles y vulnerables. En las construcciones de concreto reforzado, más que en otros tipos de edificaciones, agregar más material del necesario no es un requisito para aumentar la seguridad. Es común que, utilizando la misma cantidad de material e invirtiendo lo mismo, se obtengan estructuras con deficiencias debido a errores en el diseño y la construcción, donde no se logró una distribución adecuada de las variables (Roldán Pinargote et al., 2020).

Cabe destacar que en todas las provincias del Ecuador encontramos casas patrimoniales, donde la mayoría usa el adobe como su material predominante, el cual es frágil en resistir cargas laterales en formas de muros y por eso se solicita el mallado de elementos finitos habitualmente empleado en el estudio de estructuras bidimensionales con apoyo en las vigas en voladizo como alivio en los esfuerzos y desplazamientos (Chacón Sánchez et al., 2021).

- **Columnas:** En lo que respecta a las columnas, su disposición se realiza según las exigencias estructurales, iniciando con las de mayor dimensión en los bordes de la base y, luego, con secciones más pequeñas en las áreas internas y los niveles superiores.

Tabla 10.- Dimensiones de columnas centrales, internas y periféricas.

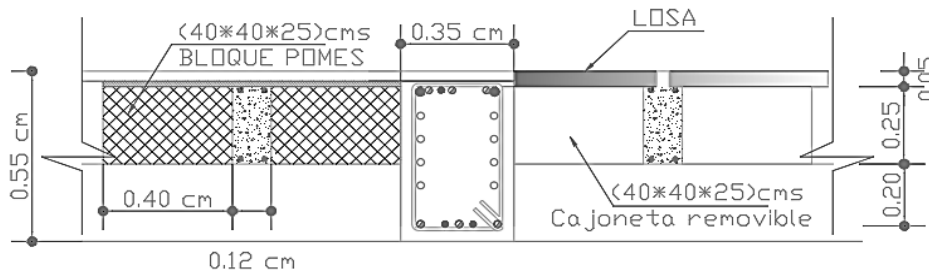
Secciones de Elementos Estructurales			
Columna	Dimensión (cm)		Gráfico
	Ancho	Profundidad	
C1 (Central e Interna)	70	70	
C2 (Central e Interna)	50	50	
C3 (Central, Periferia y Externa)	45	45	
C4 (Central, Periferia y Externa)	40	40	

Fuente: El autor.

- **Losa aligerada:** Con relación al diseño estructural inicial el edificio presenta en todos los niveles de piso un mismo tipo de losa de 30 cm en sección, la cual es aligerada o también conocida como alivianada, ver *Ilustración 14*, porque este modelo de elemento ayuda a que en la edificación su peso propio sea menor logrando así reducir lo más posible la asignación de cargas gravitacionales en toda la superficie.

En comparación que con el uso de losas planas se ha visto un desempeño favorable frente a cargas verticales; no obstante, durante un evento sísmico con fuerte movimiento los edificios que han colapsado son los que emplean este sistema, dado que la falla observada en estas edificaciones es alarmante, ya que suele ocurrir por el punzonamiento de las losas en las áreas cercanas a las columnas. Este tipo de daño sucede de manera abrupta, lo que hace indispensable prevenirlo urgente (Bermeo et al., 2020).

Ilustración 15.- Losa aligerada con vigas no embebidas.



Fuente: El autor.

3.5.4. Distribución de Cargas

Con relación al reciente modelamiento estructural los valores de carga viva, muerta y sismo se emplean en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C. – 2015), la cual en su contenido establece los valores mínimos de sobrecarga viva uniforme y concentrada en función de la ocupación a la que está destinada la edificación, presentada en la *Tabla 11*, tomando en consideración su distribución por piso que difiere para cada proyecto. Aunque el edificio originalmente se hizo la planificación con el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. – 2002) los estudios preliminares mencionan que la valoración en esa época para carga viva, ver *Tabla 10*, también se definieron según el estado ocupacional para las diferentes actividades que suceden en el mercado y como siempre se diseña con proyección a situaciones críticas se asume un valor más alto del establecido por la normativa.

Tabla 11.- Valores para estados de cargas vivas - "C.E.C. - 2002"

Nivel Ocupacional	Carga Uniforme (kN/m ²)	Carga Asumida (kgf/m ²)
Estacionamiento vehicular	4,905	510
Locales comerciales	4,905	510
Puestos de comida	4,905	510
Oficinas y Cubierta	4,905	510

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

En el mismo sentido, resulta recordar que el inmueble al ser un mercado con gran movimiento de personas el modelado de la losa se la dividió por paños a lo largo de toda su superficie por nivel de altura y así tener una variabilidad en los valores de desempeño estructural.

Tabla 12.- Carga viva: valores de sobrecargas mínimas - "N.E.C. - 2015"

Ocupación o Uso		Carga Uniforme	
		(kN/m ²)	(kgf/m ²)
Almacenes	Primer piso	4,80	480
	Pisos superiores	3,60	360
Comedores y restaurantes		4,80	480
Áreas de recepción y corredores del primer piso.		4,80	480
Oficinas		2,40	240
Cubierta destinada a patios de reunión.		4,80	480
Estacionamientos		5,00	500
Corredores		4,80	480

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Seguridad Estructural – Cargas No Sísmicas (N. E. De & Construcción, 2015a)

La información encontrada en la *Tabla 11*, es una recopilación en valores mínimos de carga viva para cualquier caso que se requiera estudiar, ya que para el presente estudio las sobrecargas dependerán de la distribución uniforme que se solicite en cada piso del elemento tipo losa e identificarlo correctamente en base a la magnitud de la carga aplicable al momento de ingresar los datos al software de modelación E.T.A.B.S.

Sin embargo, los valores para el estado de carga muerta están establecidos en el estudio del diseño preliminar, ver *Tabla 12*, donde el resultado del cálculo se lo distribuye por entrepiso a las losas de cada nivel para que así se transfiera la carga vertical y sísmica a los elementos horizontales y verticales que encontramos en la estructura.

Tabla 13.- Valores de cargas muertas por entrepisos de la edificación

Elementos y Detalles constructivos		Carga Uniforme (kgf/m ²)
Peso propio	Losa	377,12
	Vigas	207,41
Paredes		300
Masillados (espesor: 6cm)		150
Acabados		50

Fuente: (Modelo de Gestión - P.D.O.T SANTA ROSA 2019-2023, 2019)

De todos modos, los valores presentados en la *Tabla 12* fueron obtenidos mediante la información digital encontrada en el programa digitalizado AutoCAD, dando como respuesta un total de 1084.53 kgf/m² por la sumatoria de sus cargas uniformes, es decir que este resultado representa la carga muerta o sobrecarga habida por entre piso.

A consideración del modelado en el E.T.A.B.S. se indicó que el programa genere el peso propio de la estructura por lo que solo se tendrá que ingresar los valores de sobrecarga para paredes, masillados y acabados, ver datos en *Tabla 12*, obteniendo un resultado de 500 kgf/m^2 , el cual incorporaremos en el software.

3.5.5. Niveles de amenaza sísmica producidos en un terremoto.

Los movimientos telúricos cuando se producen hacen que la estructura verifique su desempeño para los diferentes niveles de peligro sísmico en los que se los categoriza y así evaluar la fuerza a la que se diseñara las posteriores estructuras.

Tabla 14.- Niveles de amenaza sísmica para verificación de desempeño.

Niveles de sismo	Amenaza Sísmica		Probabilidad de Excedencia en 50 años	Periodo de Retorno Tr (años)	Tasa Anual de excedencia (1/Tr)
	Sismo	Categoría			
1	Frecuentes	<i>menor</i>	50 %	72	0.01389
2	Ocasional	<i>moderado</i>	20 %	225	0.00444
3	Raro	<i>severo</i>	10 %	475	0.00211
4	Muy raro	<i>extremo</i>	2 %	2500	0.00040

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Para la presente edificación en estudio, ver *Ilustración 12*, se analizará el desempeño estructural bajo el sismo de 475 años en periodo de retorno (*Tr*) para así generar el espectro de respuesta sísmica en aceleraciones, es decir un temblor raro con categoría severo, estipulado en las especificaciones de la N.E.C. – 2015.

También se considerará el espectro de diseño propuesto por el C.E.C. – 2002 para la ciudad de Santa Rosa, El Oro. En la que se producirá una comparativa entre ambos.

3.5.6. Perfil de suelo para el análisis dinámico espectral.

Para la metodología de evaluación planteada en la estructura se necesita realizar un espectro de diseño en aceleraciones (*Sa*), con lo que está relacionado con la tipología del suelo donde se encuentra establecida la construcción, en este estudio la edificación se encuentra localizada en la ciudad de Santa Rosa, provincia de El Oro, bajo un suelo tipo D, ver *Tabla 14*, en la que la norma actual presenta rasgos distintivos para este suelo.

Tabla 15.- Perfil de suelo para tipo D – “N.E.C. - 2015”

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Ajustando las fuerzas sísmicas al tipo de suelo, se garantiza que la estructura tenga un diseño seguro, sin subestimar ni sobreestimar las demandas sísmicas.

Tabla 16.- Valores de S y Cm para coeficientes de suelo – “C.E.C. - 2002”

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
<i>S1</i>	Roca o suelo firme	1.0	2.5
<i>S2</i>	Suelos intermedios	1.2	3.0
<i>S3</i>	Suelos blandos y estrato profundo	1.5	2.8
<i>S4</i>	Condiciones especiales de suelo	2.0*	2.5

Fuente: (C. E. C. De, 2002)

En la información de la *Tabla 16*, el Código Ecuatoriano de la Construcción es sus especificaciones recomienda emplear el perfil de suelo tipo *S3* cuando no se dispone de información detallada sobre las características del terreno. Asimismo, el valor del coeficiente *Cm* varía en función del tipo de perfil de suelo seleccionado.

3.5.7. Coeficientes de perfil de suelo *Fa*, *Fd* y *Fs*

Los coeficientes de perfiles de suelo indican las propiedades mecánicas y dinámicas en el terreno donde se encuentra la estructura, brindando un ajuste de comportamiento en los coeficientes de amplificación (*Fa* y *Fd*) en la respuesta sísmica del suelo mientras dure un movimiento telúrico.

Los suelos blandos tienden a amplificar las aceleraciones en comparación con suelos más rígidos, como la roca.

En las siguientes tablas se presentan las características de los coeficientes de perfil de suelo, ver *Tabla 15*, para las zonas sísmicas con relación al factor *Z*.

Tabla 17.- Nomenclatura de los coeficientes de perfil de suelo.

Coeficientes de perfil de suelo	Detalle del significado de la nomenclatura
<i>F_a</i>	Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.
<i>F_d</i>	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.
<i>F_s</i>	Comportamiento no lineal de los suelos.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Tabla 18.- Tipo de suelo y Factores de sitio *F_a*.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor de Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
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	Este tipo de suelo requiere estudio en sitio proporcionado por un ingeniero especializado en geotecnia.					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Tabla 19.- Tipo de suelo y Factores de sitio *F_d*.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor de Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
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	Este tipo de suelo requiere estudio en sitio proporcionado por un ingeniero especializado en geotecnia.					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Los coeficientes de perfiles de suelo detallados en las *Tablas 18 y 19* son los esenciales para capturar la respuesta sísmica del sistema suelo-estructura para el edificio bajo estudio en relación a su perfil de suelo tipo *D* permitiendo evaluar la edificación más segura sin sobreestimar la demanda proporcionada por el sismo.

Tabla 20.- Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor de Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
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	Este tipo de suelo requiere estudio en sitio proporcionado por un ingeniero especializado en geotecnia.					

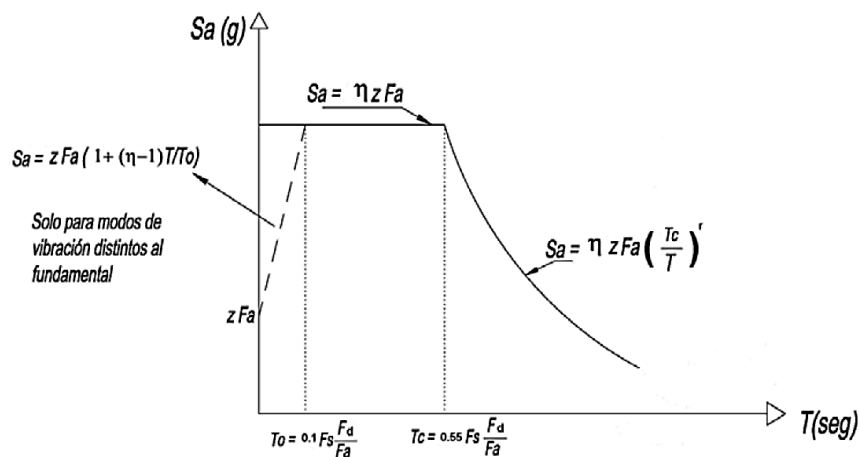
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Una adecuada clasificación del suelo, ver *Tabla 15* y la correcta interpretación del factor F_s , ver *Tabla 20*, permite incorporar los efectos reales del suelo en la respuesta sísmica en los cálculos estructurales ayudan a minimizar daños en edificaciones y proteger la vida de sus ocupantes.

3.5.8. Espectro elástico de diseño como componente horizontal en carga sísmica.

El espectro de diseño elástico S_a , proporciona una herramienta fundamental para el análisis estructural influenciado por la aceleración de la gravedad. Su correcta implementación en el modelamiento estructural asegura que las edificaciones tengan un desempeño predecible y cumplan con los estándares de seguridad requeridos.

Ilustración 16.- Espectro sísmico de diseño elástico en aceleraciones.



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Donde:

- **S_a** = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad “g”). Dependencia total del período o modo de vibración que presenta la estructura.
- **η** = Es la razón entre la aceleración espectral y el P.G.A. para el periodo de retorno seleccionado.
- **Z** = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad “g”.
- **T** = Período fundamental de vibración de la estructura.
- **T_0** = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- **T_c** = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

El espectro, calculado considerando un coeficiente de amortiguamiento equivalente al 5% del valor crítico, se determina a través de las siguientes ecuaciones, las cuales son aplicables a intervalos específicos del período de vibración estructural T .

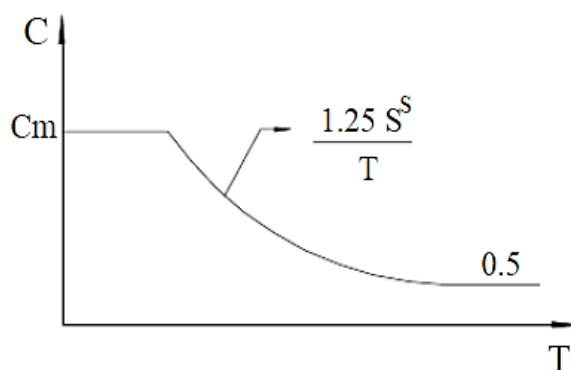
$$S_a: \eta Z F_a \Rightarrow \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$
$$S_a: \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \Rightarrow \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

Donde:

- **r** = Es un factor que se usa en el espectro de diseño elástico, donde sus valores dependen totalmente de la ubicación geográfica del proyecto a ejecutarse.
 $r = 1$ ↔ Para toda la tipología de los suelos, con excepción del tipo de suelo E.
 $r = 1,50$ ↔ Para tipo de suelo E.

El espectro de respuesta empleado en el diseño inicial del proyecto de obra se basó en el C.E.C. – 2001 que corresponde a un espectro elástico, considerando también con amortiguamiento del 5% en relación con el crítico. Este espectro es el mismo del año 2002 por lo que se utiliza en el proceso del modelo estructural para representar los efectos dinámicos generados por el sismo de diseño.

Ilustración 17.- Espectro que representa el sismo de diseño.



Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

Donde:

- **S** = Coeficiente del suelo de acuerdo al lugar de ejecución de la edificación.
- **T** = Periodo de vibración.
- **Cm** = Factor de modificación que ajusta la demanda sísmica en función de la tipología del suelo.

3.5.9. Máximos valores de Δ_m referenciados a la altura del entrepiso.

La determinación de los valores en derivas de piso son las mismas, para ambos casos tenemos hasta un 2% máximo en el cálculo con las actualizaciones correspondientes de las normas para el año 2002 y 2015.

Tabla 21.- Valores máximos de derivas de pisos Δ_m .

Tipos de estructuras	Δ_m máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,020
De mampostería	0,010

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

3.5.10. Categorización de la estructura con el coeficiente de importancia I.

Antes de su construcción, la edificación será categorizada según los criterios definidos en la *Tabla 22*, asignándole el factor de importancia *I* correspondiente. Este factor tiene como objetivo aumentar las exigencias sísmicas en el diseño estructural, especialmente en aquellas edificaciones cuya función o relevancia requiere que sigan en funcionamiento o presenten el menor nivel de daño posible tanto durante como después de un sismo de diseño. Esto es crucial para garantizar la seguridad y continuidad operativa de

infraestructuras esenciales, como hospitales, centros de emergencia y edificios estratégicos.

Tabla 22.- Edificación – Clasificación de uso, ocupación e interés.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. 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. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias.	1,50
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.	1,30
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1,00

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Estos coeficientes de importancia I deben escogerse adecuadamente en conjunto para diseñar estructuras más seguras y con mejor capacidad de absorción de energía durante un evento sísmico.

Para el valor de *R*, conocido como *factor de reducción de resistencia* se hace posible disminuir las fuerzas sísmicas consideradas en el diseño, siempre y cuando la estructura y sus uniones sean proyectadas de manera que permitan un mecanismo de falla controlado y con suficiente capacidad de deformación. A pesar de ello, los factores de reducción de resistencia *R* están determinados por diversas variables, ya sea para la N.E.C.-2015 “Tabla 23” o para el C.E.C.-2002 “Tabla 24” que influyen en el comportamiento estructural, entre ellas:

- ✓ **La tipología de la estructura**, ya que cada sistema constructivo responde de manera diferente ante cargas sísmicas.

- ✓ **Las características del suelo**, debido a que la rigidez y composición del terreno afectan la transmisión de las ondas sísmicas.
- ✓ **El período de vibración considerado**, el cual define la respuesta dinámica del edificio frente a un sismo.
- ✓ **Propiedades como la ductilidad, la capacidad de sobre resistencia, la redundancia y el amortiguamiento**, que condicionan el desempeño de la edificación en situaciones extremas.

Tabla 23.- Sistemas estructurales dúctiles – Coeficientes R.

R	Sistemas Estructurales Dúctiles
Pórticos resistentes a momentos	
8	Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.
8	Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas. placas.
8	Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.
Sistemas Duales	
7	Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.
8	Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).
8	Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).
8	Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
5	Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.
5	Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

La normativa establece diferentes categorías de sistemas estructurales para su selección. En el caso específico de la edificación en estudio, esta se clasifica dentro del grupo de sistemas estructurales dúctiles. Además, si la estructura combina múltiples sistemas de resistencia, se deberá optar por el valor más bajo entre ellos, garantizando así un enfoque conservador en el diseño para mejorar su desempeño sísmico.

Tabla 24.- Respuesta estructural – Coeficiente de reducción R.

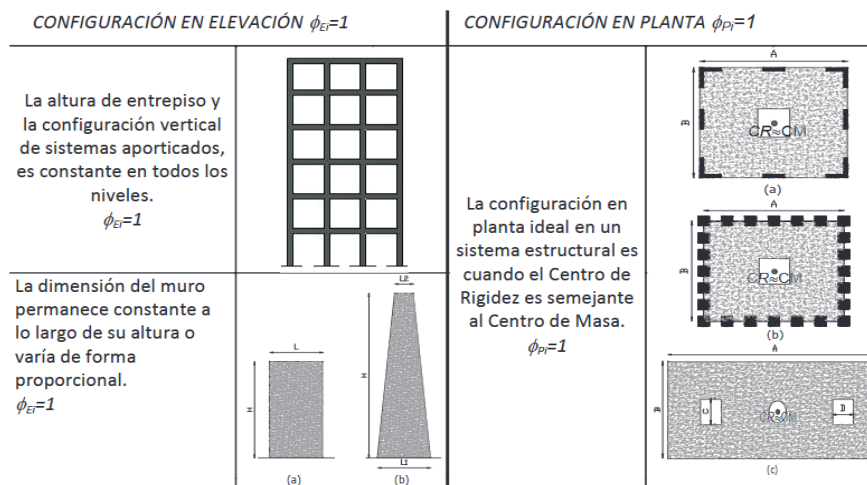
R	Sistema Estructural
3	Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada.
5	Estructura de mampostería reforzada o confinada.
7	Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de aceros conformados en frío. Estructuras de aluminio.
7	Estructuras de madera.
8	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.
9	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras. (*).
10	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).
10	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.
10	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras. *
12	Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

3.6. Coeficientes de la configuración estructural

Es destacable aclarar que la elaboración del espectro de diseño con sus respectivas curvas como la respuesta elástica e inelástica del peligro sísmico, se necesita que la estructura cumpla con coeficientes en planta y elevación, ver *Ilustración 18*.

Ilustración 18.- Configuración estructural en coeficientes de elevación y en planta.



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. C. De & Construcción, 2015b)

Relacionándose estrechamente los coeficientes con el modelo arquitectónico de la regularidad e irregularidad que el edificio posea.

Sin embargo, el *C.E.C. – 2002* establece tablas de irregularidades en planta y de igual forma con las irregularidades en elevación, ver *Tabla 25* y *26*, en donde se consideran pequeños detalles para cambiar la configuración de la estructura.

Tabla 25.- Coeficientes de configuración - Irregularidades de planta “C.E.C.-2002”

Tipo	Descripción de las irregularidades en planta	Φ_{pi}
1	<i>Irregularidad torsional</i> Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.	0,9
2	<i>Entrantes excesivos en las esquinas</i> La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.	0,9
3	<i>Discontinuidad en el sistema de piso</i> La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.	0,9
4	<i>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales</i> Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.	0,8
5	<i>Ejes estructurales no paralelos</i> La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.	0,9
6	<i>Sistema de piso flexible</i> Cuando la relación de aspecto en planta de la edificación es mayor que 4:1 o cuando el sistema de piso no sea rígido en su propio plano se deberá revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural	-

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

Tabla 26.- Coeficientes de configuración - Irregularidades de elevación "C.E.C.-2002"

Tipo	Descripción de las irregularidades en elevación	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda ΦE_i	Sistemas duales o con diagonales ΦE_i
1	<i>Piso blando (irregularidad en rigidez)</i> La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	0,9	1,0
2	<i>Irregularidad en la distribución de las masas</i> La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	0,9	1,0
3	<i>Irregularidad geométrica</i> La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.	0,9	1,0
4	<i>Desalineamiento de ejes verticales</i> La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos.	0,8	0,9
5	<i>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia</i> La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70%de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).	0,8	1,0
6	<i>Columnas cortas</i> Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.	-	-

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

Aplicar normativas y realizar un análisis detallado del comportamiento sísmico de la estructura ayuda a mejorar su seguridad y desempeño ante un terremoto o si no se

generarían concentraciones de esfuerzos que pueden provocar daños estructurales significativos.

3.7. Fuerza horizontal de corte basal

El cortante basal V representa la reacción total que debe resistir el sistema estructural debido a la acción sísmica y es un parámetro clave en el diseño y análisis sísmico de edificaciones.

Según el *C.E.C. – 2002* establece las siguientes fórmulas para su respectivo cálculo en el diseño por las cargas laterales:

$$V = \frac{Z * I * C}{R * \Phi_P * \Phi_E} * W \quad C = \frac{1,25 * S^S}{T}$$

Donde. -

- R = Factor de reducción de respuesta estructural.
- C = Coeficiente que no debe ser mayor al valor del C_m y no ser menor al 0,5.
- Z = Aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño.
- Φ_P y Φ_E = Factores de configuración en planta y elevación para la estructura.
- I = Factor de importancia del edificio.

En cambio, la *N.E.C. – 2015* como norma en curso actual menciona este valor en base al ajuste de la expresión.

$$V = \frac{S_a(T_a) * I}{R * \Phi_P * \Phi_E} * W$$

Donde. -

- Φ_P y Φ_E = Configuración en planta y elevación como coeficientes.
- R = Factor de reducción de respuesta estructural.
- W = Esfuerzo sísmico reactivo.
- $S_a(T_a)$ = Espectro de diseño en respuesta de aceleraciones.
- I = Índice de importancia.

3.8. Cálculo del periodo fundamental de vibración.

Este período se relaciona con el coeficiente k , que se emplea en la distribución de fuerzas sísmicas a lo largo de la altura de la edificación.

Tabla 27.- Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura T .

Valores de T (s)	K
$\leq 0,5$	1
$0,5 < T \leq 2,5$	$0,75 + 0,50 T$
$> 2,5$	2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. C. De & Construcción, 2015b)

El período aproximado de vibración, denotado como T , se determinará en cada una de sus direcciones principales mediante la estimación de sus 2 métodos y uno de ellos es detallado en la *Tabla 28*.

Tabla 28.- Método 1 - Período aproximado de vibración en una estructura.

Período fundamental de vibración	
$T = C_t h_n^\alpha$	
Donde:	
C_t	Coeficiente que depende del tipo de estructura.
h_n	Representa la altura total de la edificación desde la base hasta el punto más alto, medida en metros.
α	Exponente que también varía según el tipo de estructura.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. C. De & Construcción, 2015b)

CAPITULO IV

4. Análisis e interpretación de datos

4.1. Delimitación del área de trabajo

Descrita la metodología se la emplea para la evaluación del bloque 3 en estudio del presente trabajo, llevando a cabo la inserción de espectros de diseño en la modelación estructural propuestos en la N.E.C. – 2015 como normativa vigente y el C.E.C. – 2002 como criterio del diseño inicial para obtener una respuesta sísmica y poder determinar su comportamiento.

Dada las especificaciones de los materiales detallados en la *Tabla 7* el valor calculado para el módulo de elasticidad del concreto (E_c) en base a la resistencia (f'_c), será obtenido con la expresión siguiente:

$$E_c = 14000\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 14000\sqrt{210} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$E_c = 202879,2744 \text{ kg/cm}^2$$

No obstante, el resultado del valor para el módulo de elasticidad será el de $202879,2744 \text{ kg/cm}^2$.

4.2. Especificaciones del modelamiento

Las características de los elementos estructurales en la modelación del software ETABS se tendrá presente algunos criterios de la N.E.C. – 2015 para elementos de hormigón armado como las vigas y columnas, uno de ellos son las inercias agrietadas.

Tabla 29.- Especificaciones de elementos en edificaciones de hormigón armado.

INERCIAS AGRIETADAS	
Elementos	Ig
Vigas	0,5
Columnas	0,8
Muros estructurales	0,6

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Las inercias agrietadas se usan para reflejar la reducción en la rigidez de los elementos que forman parte del edificio, debido al comportamiento de lo que pasa en la realidad.

Ilustración 19.- E.T.A.B.S. - Inercias agrietadas ingresadas para columnas.

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.8
Moment of Inertia about 3 axis	0.8
Mass	1
Weight	1

Fuente: El autor.

Ilustración 20.- E.T.A.B.S. - Inercias agrietadas ingresadas para vigas.

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

Fuente: El autor.

4.3. Análisis estructural dinámico

4.3.1. Generación del espectro sísmico en aceleraciones para N.E.C. – 2015

La edificación en proceso de evaluación se encuentra en la ciudad de Santa Rosa, provincia de El Oro con un tipo de suelo *D* y zona sísmica *V* con caracterización de alto peligro sísmico para el área de construcción en base a los coeficientes de la tipología del mismo. Posterior a la visita de campo y revisión de planos, se constata la información para poder definir el espectro de diseño en sismo dinámico con un periodo de retorno de 475 años en base con los parámetros establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, ver *Tabla 30*.

Tabla 30.- N.E.C.-2015: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Elástico.

Zona V – Tipología de suelo D – Ciudad de Santa Rosa		
Simbología	Descripción	Valor
$Z(g)$	Aceleración máxima en roca.	0,4
F_a	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.	1,2
F_d	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.	1,19
F_s	Comportamiento no lineal de los suelos.	1,28
r	Factor para tipología de suelo, excepto el “E”.	1
n	Relación de amplificación espectral.	1,8 (Costa)

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Establecidos los principales coeficientes de amplificación y factores de respuesta en aceleración para la generación del espectro elástico de diseño, se procede a establecer los cálculos correspondientes:

$$z * F_a = 0.4g * 1.2 = 0.48 g$$

$$S_a = n * z * F_a = 1.8 * 0.4g * 1.2 = 0.864 g$$

$$T_o = 0.1 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right) = 0.1 * 1.28 * \left(\frac{1.19}{1.2}\right) = 0.1269 g$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right) = 0.55 * 1.28 * \left(\frac{1.19}{1.2}\right) = 0.6981 g$$

Determinados los valores para el cálculo en el diseño elástico del espectro, se procede a tabular los datos para el diseño inelástico mediante los factores que se establecen para cortante basal.

Tabla 31.- N.E.C.-2015: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Inelástico.

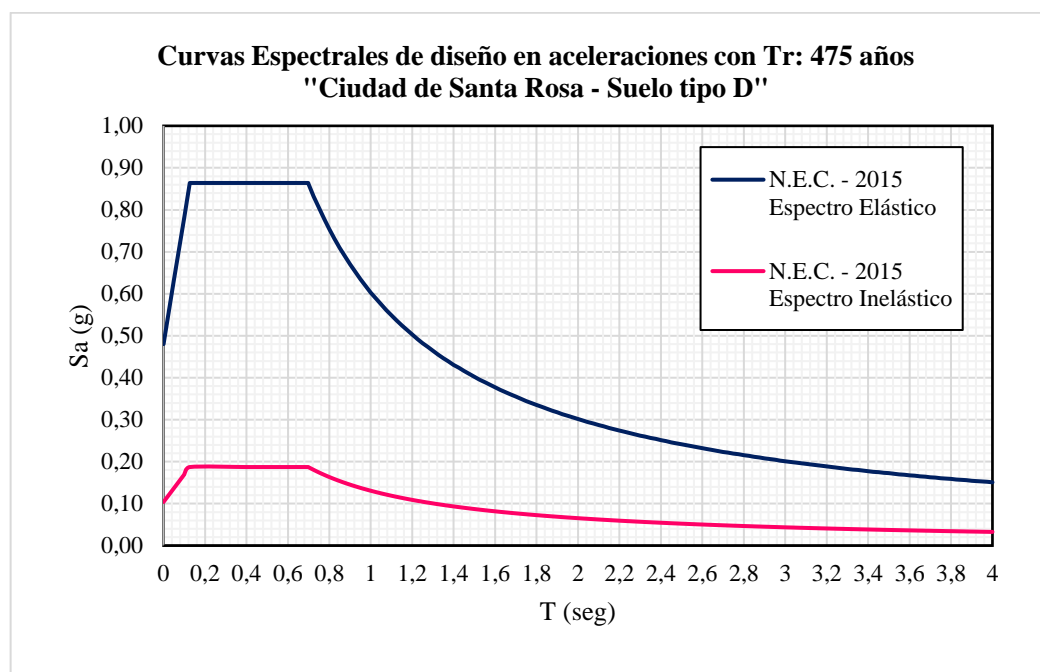
Cortante basal – Coeficientes de Espectro Inelástico		
Simbología	Descripción	Valor
Φ_P	Configuración de coeficiente en planta.	1
Φ_E	Configuración de coeficiente en elevación.	1
R	Factor de reducción	6
I	Nivel de índice en importancia	1,3

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico – Diseño Sismo Resistente (N. E. De & Construcción, 2015b)

Para el análisis lineal dinámico del modelo estructural, se trabajará específicamente con el espectro inelástico. A partir de estos coeficientes considerando un período de retorno

de 475 años se construyen las curvas que reflejan el comportamiento de los espectros elásticos e inelásticos, ver *Ilustración 21*, para la benemérita ciudad de Santa Rosa, provincia de El Oro.

Ilustración 21.- Espectros sísmicos establecido en la “N.E.C. – 2015” con T_r : 475 años para Santa Rosa.



Fuente: El autor.

4.3.2. Generación del espectro sísmico en aceleraciones para C.E.C. – 2002

Ahora bien, plantearemos el espectro de diseño elástico e inelástico con los datos encontramos en el Código Ecuatoriano de la Construcción en base a la localidad donde se ha ejecutado la construcción de la edificación.

Tabla 32.- C.E.C.-2002: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Elástico.

Tipología de suelo S3		
Simbología	Descripción	Valor
S	Coeficiente del suelo en lugar de ejecución.	1,5
C_m	Factor de modificación que ajusta la demanda sísmica.	2,8
T_o	Periodo de vibración última.	0,82

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

Una vez definidos los valores para el cálculo del diseño elástico del espectro, se estructuran los datos en una tabla con el propósito de aplicar el diseño inelástico. Para ello, se utilizan los factores de reducción sísmica que influyen en la determinación del

cortante basal, los cuales están regulados por el *Código Ecuatoriano de la Construcción* del año 2001.

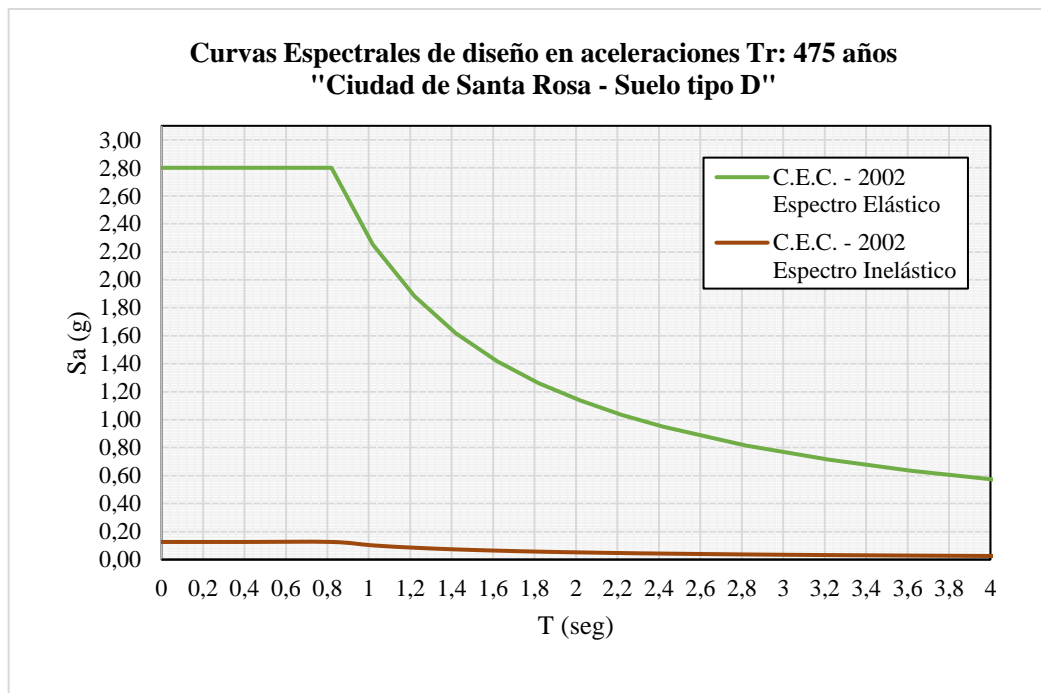
Tabla 33.- C.E.C.-2002: Coeficientes y factores para Espectro en Diseño Inelástico.

Cortante basal – Coeficientes de Espectro Inelástico		
Simbología	Descripción	Valor
R	Factor de reducción de respuesta estructural	10
Φ_E	Coefficiente de configuración en elevación.	1
Φ_P	Coefficiente de configuración en planta	1
I	Factor de importancia del edificio.	1,5
Z	Aceleración máxima efectiva en roca esperada para sismo de diseño.	0,3

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (C. E. C. De, 2002)

Se trabajará con el espectro inelástico una vez puntualizados los datos para la generación del espectro de respuesta sísmico en servicio de los coeficientes para las aceleraciones.

Ilustración 22.- Espectros sísmicos establecido en el “C.E.C. – 2002” con Tr: 475 años para Santa Rosa.



Fuente: El autor.

4.4. Comparación de espectros sísmicos en respuestas de aceleraciones bajo normativa

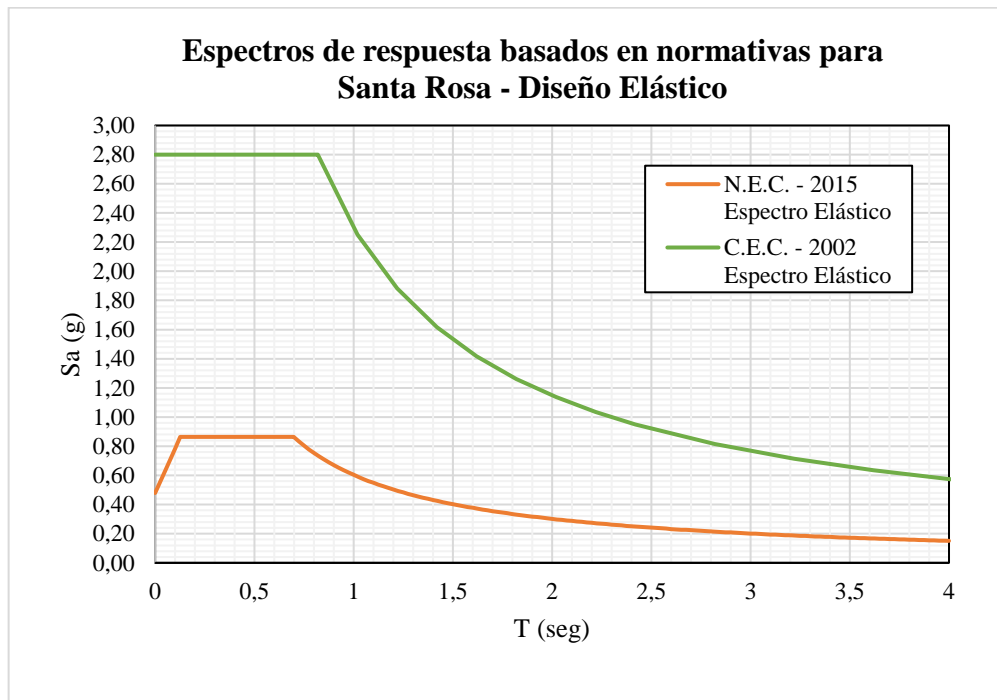
4.4.1. Espectro Elástico

- El espectro del *C.E.C. – 2002* presenta valores de aceleración espectral significativamente más altos en comparación con la *N.E.C. – 2015*. Esto indica que,

bajo esta norma, las estructuras debían diseñarse para resistir mayores fuerzas sísmicas.

- La *N.E.C. – 2015* introduce un espectro con menores valores de aceleración sísmica, especialmente en períodos cortos; esto sugiere un ajuste en la forma de evaluar la respuesta de la estructura, posiblemente incorporando un mejor entendimiento de la atenuación sísmica y comportamiento inelástico.

Ilustración 23.- Comparativa de espectros de diseño elástico para la ciudad de Santa Rosa con un *Tr*: 475 años.

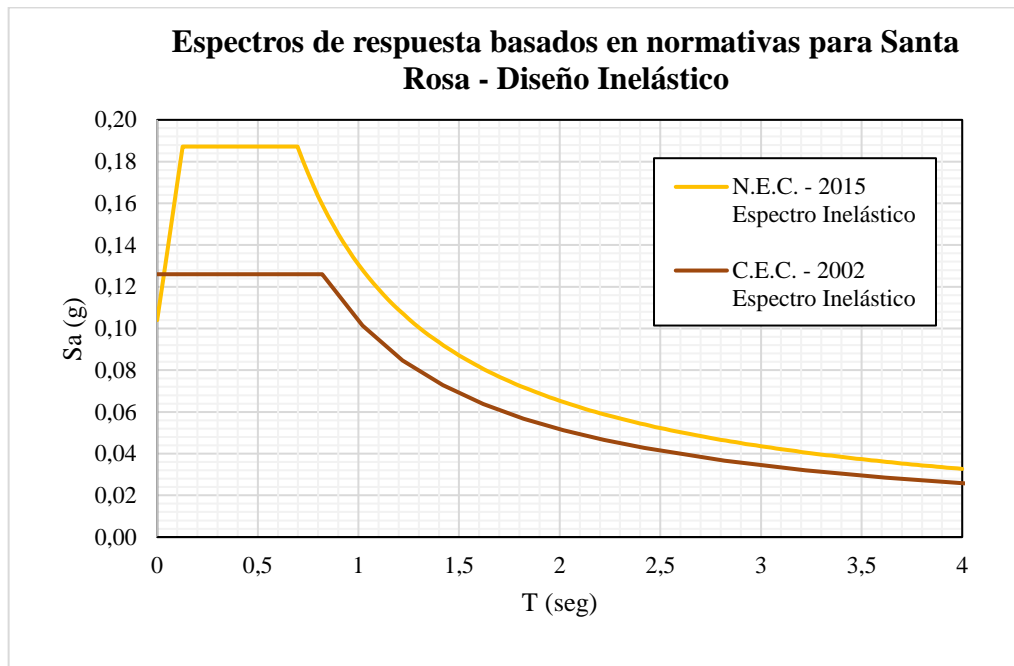


Fuente: El autor.

4.4.2. Espectro Inelástico

- El espectro de la *N.E.C. – 2015* presenta valores de aceleración más altos en períodos cortos ($T < 1s$) en comparación con el *C.E.C. – 2002*, por lo que se sugiere que, en edificios de poca altura, se consideran mayores esfuerzos sísmicos en la *N.E.C. – 2015*, posiblemente debido a una mejor adaptación a la realidad sísmica ecuatoriana.
- En contraste, el *C.E.C. – 2002* muestra una curva más uniforme, lo que podría haber llevado a diseños más conservadores y menos optimizados en términos estructurales. A medida que el período de vibración aumenta ($T > 1s$), las aceleraciones en ambos espectros tienden a converger.

Ilustración 24.- Comparativa de espectros de diseño inelástico para la ciudad de Santa Rosa con un T_r : 475 años.



Fuente: El autor.

4.5. Datos iniciales de la estructura.

4.5.1. Ejes principales de la edificación

La estructura está conformada por 3 niveles de piso: planta baja, primera planta alta y segunda planta alta o terraza. En la cual tenemos los siguientes ejes en sentido de su distribución.

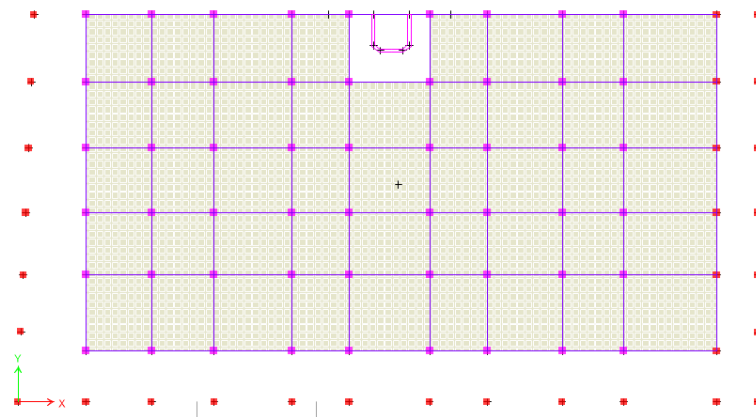
- **Ejes en sentido “X”:** A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L.
- **Longitud mayor entre los ejes J a la K:** 6,19 m.
- **Ejes en sentido “Y”:** A, B, C, D, E, F, G.
- **Longitud mayor entre los ejes B a la C:** 5,06 m.

4.5.2. Alturas estructurales de entrepiso.

El bloque estructural 3 del “Mercado Tipo Centro Comercial” tiene 11,00 metros de altura total entre todos los niveles de piso.

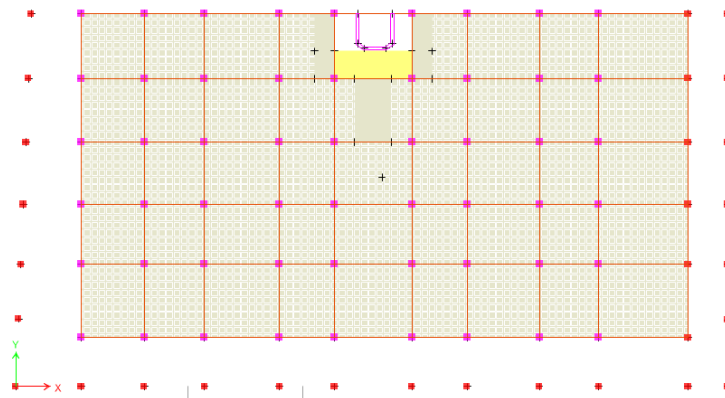
A continuación, se presentan las gráficas de los niveles que está conformada la estructura tomando en cuenta su altura.

Ilustración 25.- E.T.A.B.S.: Planta baja, altura de piso 3.65 metros.



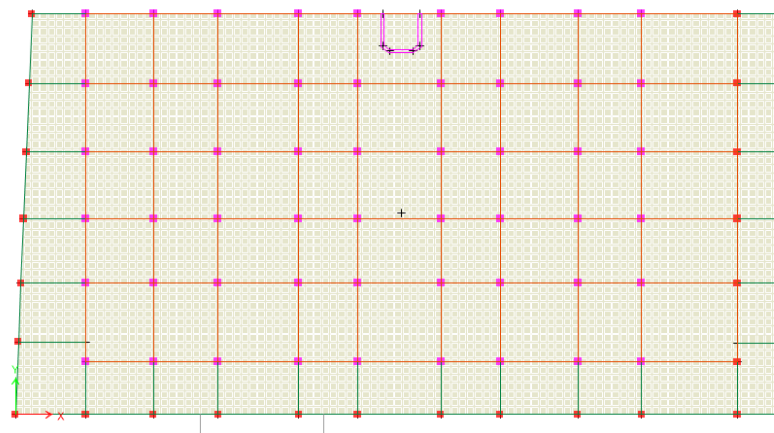
Fuente: El autor.

Ilustración 26.- E.T.A.B.S.: Primera planta alta, altura de piso 3.70 metros.



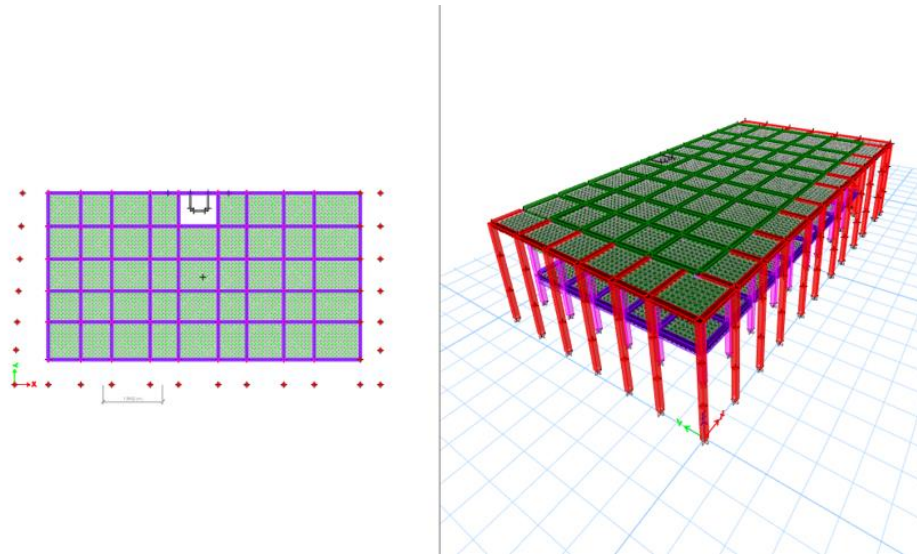
Fuente: El autor.

Ilustración 27.- E.T.A.B.S.: Segunda planta alta, altura de piso 3,65 metros.



Fuente: El autor.

Ilustración 28.- Modelamiento en E.T.A.B.S. del Bloque 3 del “Mercado Tipo Centro Comercial”, ciudad de Santa Rosa.



Fuente: El autor.

4.6. Periodo

El período fundamental es un parámetro clave en el análisis sísmico, ya que define la frecuencia natural de vibración del edificio bajo excitaciones sísmicas. Su valor depende de la altura, rigidez, masa y sistema estructural de la edificación.

Tabla 34.- Comparación del periodo por cumplimiento de normativa.

PERIODO FUNDAMENTAL "T" (seg)			
Método de Cálculo		N.E.C. – 2015 $T = 0,055 * (11m)^{0,9}$	C.E.C. - 2002 $T = 0,08 * (11m)^{3/4}$
Empírico por la normativa		0,476	0,483
Análisis Modal (E.T.A.B.S.)	X	0,362	0,371
	Y	0,358	0,365
T*1,30	X	0,471	0,482
	Y	0,465	0,474
Verificación	X	0,471 < 0,476	0,482 < 0,483
	Y	0,465 < 0,476	0,474 < 0,483

Fuente: El autor.

4.7. Desplazamientos

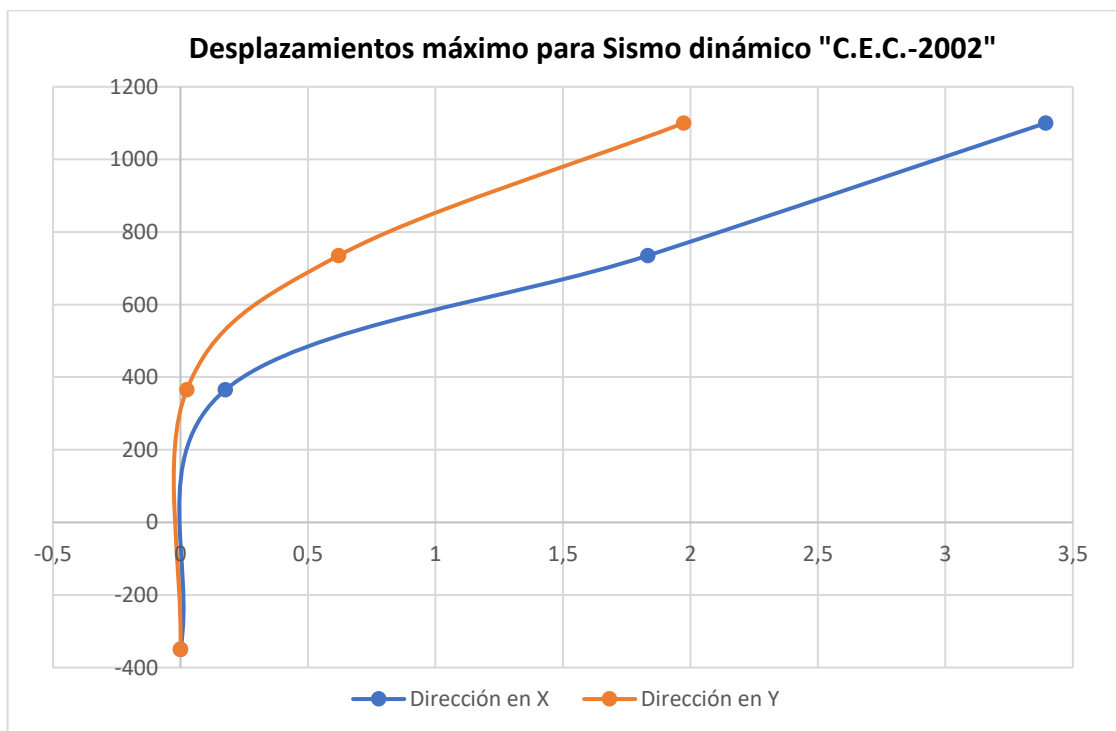
Los límites de desplazamientos que se establecen por normativas de construcción en Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. – 2002) y en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C. – 2015) se definen principalmente en términos de deriva de entrepiso para garantizar la estabilidad y evitar daños estructurales y no estructurales en una edificación.

Tabla 35.- Desplazamientos máximos para Sismo dinámico - "C.E.C.-2002"

Desplazamientos máximos para sismo dinámico – "C.E.C. – 2002"			
Planta	Altura (cm)	X (cm)	Y (cm)
2da. Planta alta	1100	3,3931	1,9736
1era. Planta alta	735	1,8327	0,6204
Planta Baja	365	0,1761	0,0249
Planta de Cimentación	-350	0	0

Fuente: El autor.

Ilustración 29.- Gráfica de desplazamientos máximos - "C.E.C.-2002"



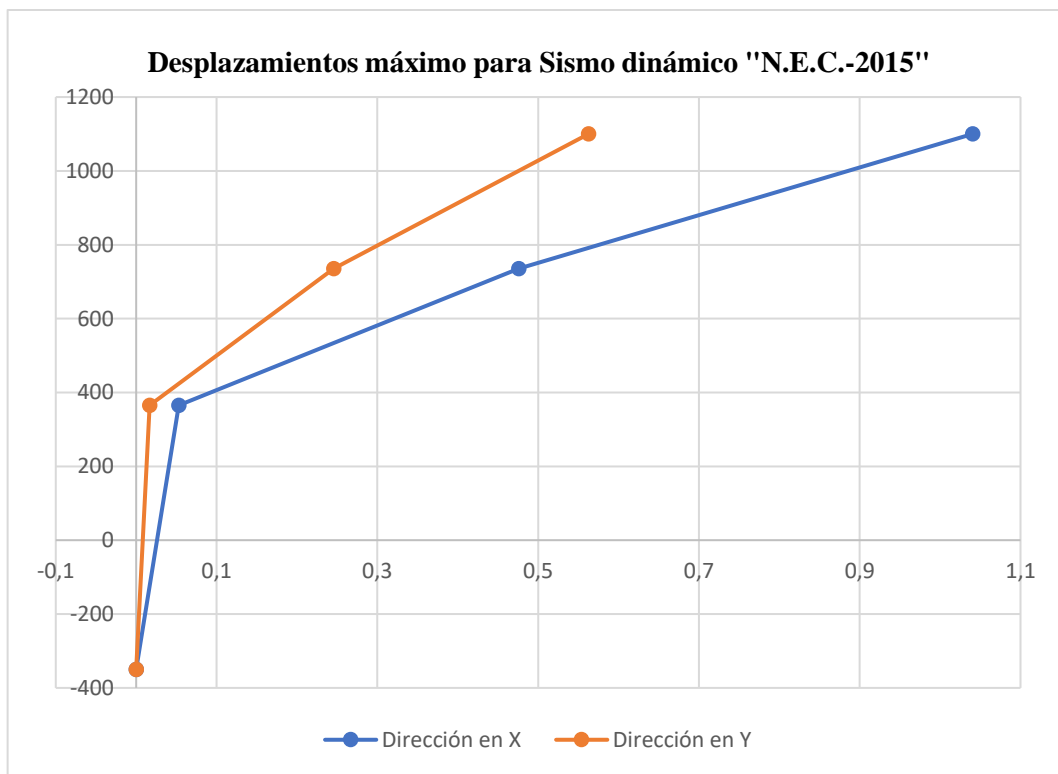
Fuente: El autor.

Tabla 36.- Desplazamientos máximos para Sismo dinámico - "N.E.C.-2015"

Desplazamientos máximos para sismo dinámico – “N.E.C. – 2015”			
Planta	Altura (cm)	X (cm)	Y (cm)
2da. Planta alta	1100	1,0404	0,5626
1era. Planta alta	735	0,4758	0,2455
Planta Baja	365	0,0531	0,0169
Planta de Cimentación	-350	0	0

Fuente: El autor.

Ilustración 30.- Gráfica de desplazamientos máximos - "N.E.C.-2015"



Fuente: El autor.

4.8. Derivas

Son un indicador clave de estabilidad estructural, ya que valores excesivos pueden causar daños en elementos no estructurales, fallas estructurales y problemas de confort, expresándose en los cálculos como una fracción de la altura del entrepiso y su control es fundamental para evitar fallas estructurales y daños en elementos no estructurales.

Tabla 37.- Derivas de piso en comparación con la normativa.

DERIVAS POR PISO				
Piso	N.E.C. - 2015		C.E.C. - 2002	
	X	Y	X	Y
Planta baja	0,000	0,000	0,000	0,000
1era Planta alta	0,0012	0,113	0,0019	0,152
2da Planta alta	0,0027	0,254	0,0029	0,268

Fuente: El autor.

4.9. Determinación de momentos

Los momentos máximos en columnas son un parámetro crítico en el diseño estructural, ya que determinan la capacidad de la estructura para resistir cargas laterales y gravitacionales. Un adecuado diseño de columnas garantiza la ductilidad, estabilidad y seguridad de la edificación, especialmente en zonas sísmicas.

Tabla 38.- Comparación de normas para los límites de momentos en columnas.

NORMATIVA	CONTROL DE MOMENTOS EN COLUMNAS	FACTOR DE REDUCCIÓN (Φ)
C.E.C.-2002	No exigía estrictamente que $M_{col} \geq 1.2M_{viga}$ en todas las estructuras.	0.9 (Flexión) 0.65-0.75 (Compresión)
N.E.C.-2015	Exige que $M_{col} \geq 1.2M_{viga}$ en uniones viga-columna. Control estricto en estructuras sísmicas.	0.9 (Flexión) 0.65-0.75 (Compresión)

Fuente: El autor.

Ahora bien, el valor del momento que refleja en la *Tabla 38*, corresponde a las columnas del primer piso, ya que son las que en este caso deben resistir las cargas de los pisos superiores y por la gran circulación de personas que tiene la estructura.

Tabla 39.- Momentos máximos de columnas en la estructura.

MOMENTO MÁXIMO EN COLUMNAS		
Parámetro	N.E.C. – 2015	C.E.C. – 2002
Momento máximo en columnas de la edificación (kN*m)	320	360

Fuente: El autor.

4.10. Fuerza axial

En normativas las fuerzas axiales es un parámetro clave en el diseño de estructuras de hormigón armado, ya que influye en la capacidad de carga, estabilidad y resistencia del edificio, considerando que el edificio en estudio es de hormigón armado, la tracción es resistida por el acero de refuerzo, ya que el hormigón tiene baja resistencia a la tracción.

Tabla 40.- Fuerzas axiales en comparativas de normativas, E.T.A.B.S.

FUERZA AXIAL y CARGA MÁXIMA		
Parámetro	N.E.C. - 2015	C.E.C. - 2002
Fuerza axial en Columnas (kN*m)	343	390
Carga máxima aplicada (kN*m)	500	510

Fuente: El autor.

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.8. Conclusiones

- De acuerdo con la información obtenida mediante el modelamiento de la estructura, los resultados de las derivas de piso para el Código Ecuatoriano de la Construcción excede el umbral del 2%, el cual es el límite de deriva que en la N.E.C-Peligro Sísmico lo establece, lo que indicaría que bajo el C.E.C.-2002 se necesitaría un reforzamiento estructural en los elementos de la edificación; no obstante, los valores presentados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción los valores de derivas se encuentran dentro del rango aceptable siendo un diseño más rígido frente a una menor demanda sísmica.
- El cálculo del peso total del edificio ha sido realizado incorporando todas las cargas permanentes (muertas) y variables (vivas), resultando en una carga total optimizada que cumple con los requisitos y normativas vigentes de diseño estructural. Este proceso incluye la evaluación precisa de elementos estructurales y no estructurales, así como las cargas superpuestas derivadas de ocupación, equipos y otras influencias externas, asegurando que el diseño final adherido a los estándares de seguridad y eficiencia estructural, considerando este enfoque integral, se garantiza que el diseño final no solo cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia, sino que también asegure la estabilidad y funcionalidad del edificio a largo plazo.
- En comparación de espectros de diseños inelásticos tendremos que, como la estructura es de tres niveles no sobrepasan el rango de periodos que en estos casos para la N.E.C.-2015 exige una mayor respuesta sísmica sujetas a mayores fuerzas inelásticas en cortos periodos, requiriendo una evaluación más detallada a comparación del C.E.C.-2002 que no convendría tomar en cuenta por la escasa información de restricciones, ya que la precisión no contempla las condiciones reales porque impone menores derivas que podrían no reflejar correctamente el comportamiento estructural ante sismos.

5.9.Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis más detallado para evaluar posibles soluciones de reforzamiento estructural en los elementos clave de la edificación. Además, se sugiere considerar la implementación de los valores y criterios establecidos en la N.E.C.-2015, que ofrece un enfoque más riguroso frente a la demanda sísmica, para asegurar un diseño estructural más eficiente y conforme a las necesidades de seguridad actuales.
- Mantener la implementación de un enfoque integral en futuros proyectos estructurales, porque este enfoque asegura no solo el cumplimiento de los requisitos normativos, sino también una mayor optimización en términos de seguridad y funcionalidad, siendo fundamental que este análisis continúe siendo parte esencial del proceso de diseño, garantizando la estabilidad estructural a largo plazo y reduciendo los riesgos ante eventuales cargas imprevistas, como las derivadas de ocupación y equipos adicionales.
- Adoptar y revisar más a profundidad la N.E.C.-2105, porque esta normativa en lugar del C.E.C.-2002 es más dinámica para obtener un análisis más preciso y realista, ya que la diferencia en la precisión de las derivas y las fuerzas inelásticas requiere que las evaluaciones estructurales consideren las condiciones reales de la edificación. Además, es importante realizar una revisión periódica de los marcos normativos, asegurando que se integren las últimas actualizaciones y metodologías para una mejor protección sísmica.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-Elhamid, S. G., El-Tahawy, R. M. G. E., & Fayed, M. N. E.-D. (2020). Dynamic Behavior of Multi-Story Concrete Buildings Based on Non-Linear Pushover & Time History Analyses. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(2), 143–153. <https://doi.org/10.25046/aj050219>
- Azodi, M., Banazadeh, M., & Mahmoudi, A. (2022). Seismic performance assessment of high-rise steel moment frame building with Reinforced Concrete (RC) core wall based on nonlinear time history analysis. *Research, Society and Development*, 11(4), e35711427464. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27464>
- Beauval, C., Marinière, J., Yepes, H., Audin, L., Nocquet, J. -M., Alvarado, A., Baize, S., Aguilar, J., Singaicho, J. -C., & Jomard, H. (2018). A New Seismic Hazard Model for Ecuador. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(3A), 1443–1464. <https://doi.org/10.1785/0120170259>
- Bermeo, C., Sánchez, D., & Placencia, P. (2020). Comportamiento de Conexión Losa-Columna en Nudos Interiores de Pórticos con Losas Planas y Vigas Embebidas. *Revista Politécnica*, 45(1), 17–24. <https://doi.org/10.33333/rp.vol45n1.02>
- Bungacho, J., Baquero, R., & Hernandez, L. (2022). Evaluación de vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño de reforzamiento de una vivienda en Quito–Ecuador. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 5(2), 63–79. <https://doi.org/10.22206/cyap.2022.v5i2.pp63-79>
- Bustamante Crespo, M., Martínez Gómez, J., & Macias, J. (2018). Caracterización Térmica y Mecánica de Bloque de Concreto. *INNOVA Research Journal*, 62–79. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n11.2018.650>
- Cagua-Gómez, B., Tola-Tola, A., Pilatasig-Caizaguano, J., & Aguilar-Rosero, P. (2022). Influencia sobre el cortante basal y derivas de edificaciones al incluir una fracción de la carga viva en la carga sísmica reactiva. *Investigación y Desarrollo*, 16(1). <https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1667>
- Carpio Pacheco, C., González Cuevas, O. M., & Arellano Méndez, E. (2023). Comportamiento no lineal de marcos de concreto reforzado diseñados con diferentes

- niveles de ductilidad. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 24(1), 1–15.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.008>
- Chacón Sánchez, J. P., Suquillo Ronquillo, B. J., Sosa Caiza, D. A., & Celi Sánchez, C. A. (2021). Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta. *Revista Politécnica*, 47(1), 43–56.
<https://doi.org/10.33333/rp.vol47n1.05>
- Choubisa, J. (2023). Structural Behavior of Steel Structures on the Basis of Computer Simulation Software. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(2), 1284–1292.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.49234>
- Comité A.C.I. 318. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*.
- Cunalata Vásquez, F. E., & Caiza Sánchez, P. E. (2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1), 55–64.
<https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>
- De, C. E. C. (2002). *Peligro Sísmico, Espectro de Diseño y Diseño Sismo-Resistente*.
- De, N. E., & Construcción, L. A. (2015a). *CARGAS (NO SÍSMICAS)*.
- De, N. E., & Construcción, L. A. (2015b). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*.
- De, N. E., & Construcción, L. A. (2015c). *VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m.*
- Fundora Sautié, N., Braña Nuez, P., Gamón Payret, R., & Martínez Cid, J. O. (2022). Influencia de la altura en la consideración de la interacción dinámica suelo-estructura en edificaciones con tipología mixta ubicadas en zonas de alto peligro sísmico. *Ingeniería y Desarrollo*, 40(01), 6–27.
<https://doi.org/10.14482/inde.40.01.621.852>
- Godfrey Montero, R., Schmidt Díaz, V., Esquivel Salas, L. C., & Liu Kuan, Y. C. (2020). IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE TORSIÓN EMPLEANDO LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES AMBIENTALES Y EL ANÁLISIS ESPECTRAL EN DOS

EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 104, 72–99. <https://doi.org/10.18867/ris.104.552>

Guzmán, R. C., Levy, J. P. C., & Terán, L. A. J. (2022). Evaluación de los objetivos de desempeño sísmico alcanzados bajo los requerimientos de la guía boliviana de diseño sísmico 2020, en el diseño de edificaciones de hormigón armado para el departamento de Cochabamba, Bolivia. *Brazilian Journal of Development*, 8(9), 63426–63444. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n9-200>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional - 475 años. (n.d.).

José, I., & Orellana, R. (2023). *INSTITUTO GEOFÍSICO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*. www.igepn.edu.ec

Lara, M. L., & Bustamante, R. (2022). Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas. *Revista Politécnica*, 49(2), 37–46. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.04>

LOZANO TORRES, B. V. (2022). Oferta y demanda en mercados competitivos: Enfoque al sector de la construcción en el Ecuador. *E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar*, 4(10), 50–65. <https://doi.org/10.53734/mj.vol4.id194>

Medina, R., & Music, J. (2018). Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. *Obras y Proyectos*, 23, 63–77. <https://doi.org/10.4067/s0718-28132018000100063>

Modelo de gestión - P.D.O.T SANTA ROSA 2019-2023. (2019).

Pardo de Santayana, F., Santiago, C., & De Groot, M. (2021). Comportamiento mecánico de pilotes geotérmicos. Estudios experimentales. *Geotecnia*, 152, 369–403. https://doi.org/10.14195/2184-8394_152_11

Patricio Dueñas-Solórzano, F. I. (2019). *Evaluación Estructural de acuerdo con las Normas NEC Y FEMA de la Estación de Bomberos del Cantón Jama Provincia de Manabí, Ecuador Structural Evaluation in accordance with the NEC and FEMA Norms of the Jama Cantón Province of Manabí Fire Statio, Ecuador Avaliação Estrutural de acordo com as Normas NEC e FEMA da Estação de Incêndio da*

- Provincia de Manabí en Jama Cantón, Ecuador.* 5(01), 380–397.
<https://doi.org/10.23857/pc.v5i01.1229>
- Paz-Barzola, D., Escobar-Segovia, K., & Jiménez Oyola, S. (2022). Evaluación de la calidad del suelo en núcleos poblados cercanos a la zona minera aurífera de Ponce Enríquez. *Enfoque UTE*, 13(4). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.811>
- Pinto-Vega, F. J., & Ledezma, C. (2019). Interacción suelo-estructura en edificios de gran altura con subterráneos en Santiago, Chile. *Obras y Proyectos*, 25, 66–75.
<https://doi.org/10.4067/S0718-28132019000100066>
- Quinde, J., Jiménez-Pacheco, J., & Ortega-Guamán, E. (2023). Revisión de normas de diseño para mampostería confinada en Latinoamérica: propuestas para la Norma Ecuatoriana de Construcción. *Revista Politécnica*, 51(1), 77–92.
<https://doi.org/10.33333/rp.vol51n1.07>
- Requena-Garcia-Cruz, M.-V., Morales-Esteban, A., Durand-Neyra, P., & Romero-Sanchez, E. (2021). *SOIL-STRUCTURE INTERACTION IN THE SEISMIC VULNERABILITY ANALYSIS OF RC BUILDINGS. APPLICATION TO A CASE STUDY BUILDING LOCATED IN SOUTHWESTERN SPAIN.* 5015–5027.
<https://doi.org/10.7712/120121.8846.18945>
- Rodriguez, M. E. (2023). *NORMATIVAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS, ENSEÑANZAS DE TERREMOTOS Y DE RESULTADOS EXPERIMENTALES.* *Revista de Ingeniería Sísmica*, 110, 19–44.
<https://doi.org/10.18867/ris.110.611>
- Rojas, P. P., Moya, C., Caballero, M., Márquez, W., Briones-Bitar, J., & Morante-Carballo, F. (2023). Assessing and Mitigating Seismic Risk for a Hospital Structure in Zaruma, Ecuador: A Structural and Regulatory Evaluation. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 13(4), 597–610.
<https://doi.org/10.18280/ijss.130402>
- Roldán Pinargote, E. F., Suárez Balcázar, R. M., García Vincés, L. J., & Zevallos Loor, M. G. (2020). Análisis estructural del edificio de docentes N° 1 de la Universidad Técnica de Manabí, comparando los espectros sísmicos de la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015, el determinado por el estudio de la microzonificación

- sísmica de Portoviejo. *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 4(2), 21. <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i2.2190>
- Takagi, J., & Wada, A. (2019). Recent earthquakes and the need for a new philosophy for earthquake-resistant design. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 119, 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.11.024>
- Zameeruddin, Mohd., & Sangle, K. K. (2021). Performance-based Seismic Assessment of Reinforced Concrete Moment Resisting Frame. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 33(3), 153–165. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.04.005>
- Zhou, B., Gui, Y., Wang, X., & Xie, X. (2022). Three-Level Distributed Real-Time Monitoring of Construction near Underground Infrastructure Using a Combined Intelligent Method. *Sensors*, 22(9), 3260. <https://doi.org/10.3390/s22093260>

ANEXOS

Anexo 1: Tablas del espectro de peligro sísmico propuesto por la N.E.C. – 2015 para Tr=475 años.

N.E.C. - 2015			
Ciudad de Santa Rosa - El Oro - Ecuador			
Suelo Tipo D - 475 años			
Espectro Elástico		Espectro Inelástico	
t(s)	Sa(g)	t(s)	Sa(g)
0	0,4800	0	0,1040
0,05	0,6313	0,05	0,1368
0,1	0,7825	0,1	0,1695
0,1	0,7825	0,1	0,1695
0,1	0,7825	0,1	0,1695
0,1269	0,8640	0,1269	0,1872
0,4	0,8640	0,4	0,1872
0,5	0,8640	0,5	0,1872
0,6	0,8640	0,6	0,1872
0,6981	0,8640	0,6981	0,1872
0,7	0,8617	0,7	0,1867
0,725	0,8320	0,725	0,1803
0,75	0,8042	0,75	0,1743
0,775	0,7783	0,775	0,1686
0,8	0,7540	0,8	0,1634
0,825	0,7311	0,825	0,1584
0,85	0,7096	0,85	0,1538
0,875	0,6894	0,875	0,1494
0,9	0,6702	0,9	0,1452
0,925	0,6521	0,925	0,1413
0,95	0,6349	0,95	0,1376
0,975	0,6187	0,975	0,1340
1	0,6032	1	0,1307
1,025	0,5885	1,025	0,1275
1,05	0,5745	1,05	0,1245
1,075	0,5611	1,075	0,1216
1,1	0,5484	1,1	0,1188
1,125	0,5362	1,125	0,1162
1,15	0,5245	1,15	0,1136
1,175	0,5134	1,175	0,1112
1,2	0,5027	1,2	0,1089
1,225	0,4924	1,225	0,1067
1,25	0,4825	1,25	0,1046
1,275	0,4731	1,275	0,1025
1,3	0,4640	1,3	0,1005
1,325	0,4552	1,325	0,0986
1,35	0,4468	1,35	0,0968
1,375	0,4387	1,375	0,0950
1,4	0,4308	1,4	0,0934
1,425	0,4233	1,425	0,0917
1,45	0,4160	1,45	0,0901
1,475	0,4089	1,475	0,0886
1,5	0,4021	1,5	0,0871

Fuente: El autor

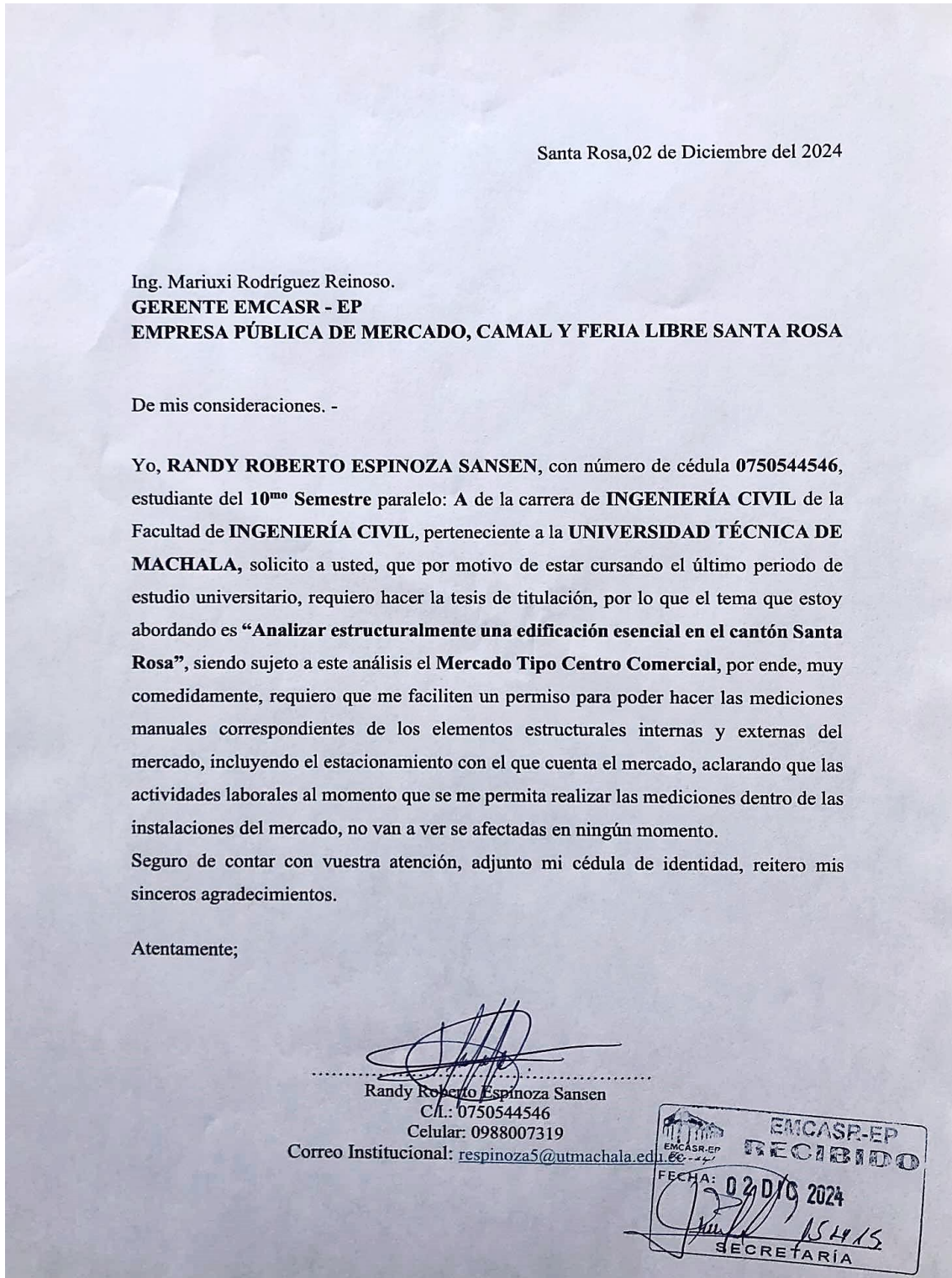
Anexo 2: Tablas del espectro de peligro sísmico propuesto en el C.E.C. – 2002 para Tr=475 años.

C.E.C. - 2002			
Ciudad de Santa Rosa - El Oro - Ecuador			
Suelo Tipo D - 475 años			
Espectro Elástico		Espectro Inelástico	
t(s)	Sa(g)	t(s)	Sa(g)
0	2,800	0	0,126
0,2	2,8	0,2	0,126
0,4	2,8	0,4	0,126
0,82	2,8	0,82	0,126
1,02	2,251	1,02	0,101
1,22	1,882	1,22	0,085
1,42	1,617	1,42	0,073
1,62	1,418	1,62	0,064
1,82	1,262	1,82	0,057
2,02	1,137	2,02	0,051
2,22	1,034	2,22	0,047
2,42	0,949	2,42	0,043
2,82	0,814	2,82	0,037
3,22	0,713	3,22	0,032
3,62	0,634	3,62	0,029
4,02	0,571	4,02	0,026

Fuente: El autor


Anexo 3: Documentación requerida para permiso en el trabajo de campo en la estructura de hormigón armado bajo análisis de estudio.


Ilustración 31.- Solicitud dirigida a la gerencia actual del "Mercado, Camal y Feria Libre".



Fuente: El autor.

Ilustración 32.- Emisión del certificado aprobado para el permiso respectivo de trabajo en campo.

**EMCASR-EP**
EMPRESA PÚBLICA DE MERCADO, CANAL Y FERIA LIBRE SANTA ROSA
RUC: 0760044390001
TELEFAX 072-944-205 EMAIL: emcasr-ep@hotmail.com



MEMORÁNDUM-000233-EMCASR-EP-SG-2024

Santa Rosa, 10 de diciembre del 2024


DE: Ing. Bella Patiño Jende.
SECRETARIA DE LA EMCASR-EP

PARA: Sr. Randy Espinoza Sansen

Por **DISPOSICIÓN** de la Ing. Mariuxi Rodríguez Reinoso, GERENTE GENERAL (e) DE LA EMCASR-EP, para su conocimiento y fines pertinentes remito la siguiente comunicación, en respuesta a su solicitud del 2 de diciembre del 2024, en el cual manifiesta que se le permite realizar las mediciones de la parte interna y externa incluido el garaje, mediante el presente se le comunica que se autoriza el permiso para realizar las mediciones de los sectores antes mencionados.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Cordialmente,


EMPRESA PÚBLICA DE MERCADO, CANAL Y FERIA LIBRE
SECRETARIA
Santa Rosa - EL ORO

Ing. Bella Patiño Jende
SECRETARIA DE LA EMCASR-EP
C/C DOCUMENTO

Dirección: Cuenca Entre Eloy Alfaro Y Libertad- Santa Rosa –EL ORO- ECUADOR

Fuente: El autor.

**Anexo 4: Actualización fotográfica de la estructura de hormigón armado
“Mercado Tipo Centro Comercial de Santa Rosa”.**

Ilustración 33.- Vista frontal de la edificación.



Fuente: El autor.

Ilustración 34.- Vista de la esquina frontal derecha para la edificación bajo estudio.



Fuente: El autor.

Ilustración 35.- Vista de la esquina frontal izquierda para la edificación bajo estudio.



Fuente: El autor.

Ilustración 36.- Vista lateral derecha de la edificación.



Fuente: El autor

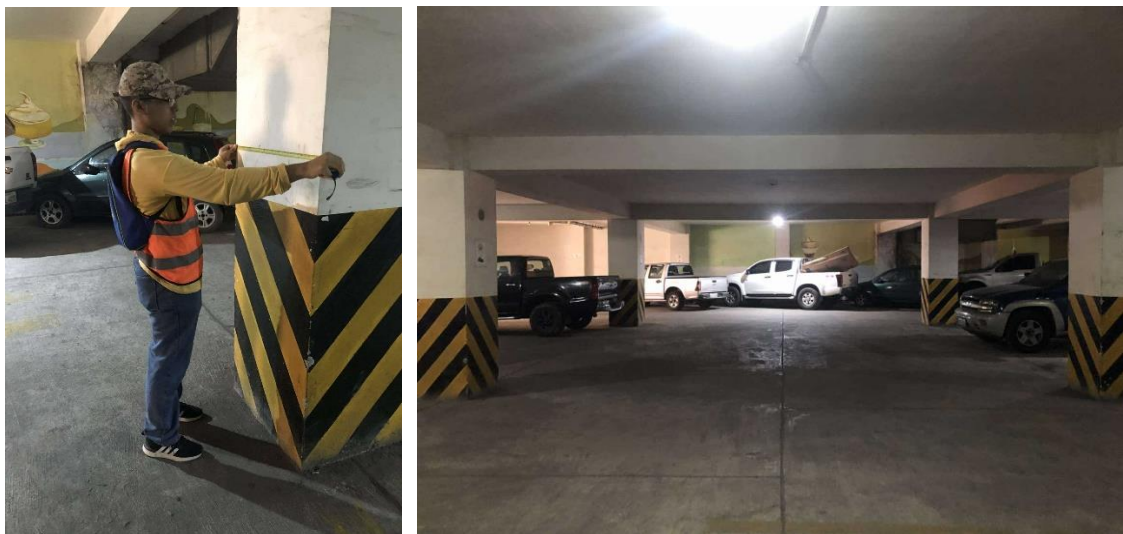
Anexo 5: Recolección de información fotográfica sobre los bloques que conforman la estructura de hormigón armado “Mercado Tipo Centro Comercial de Santa Rosa”.

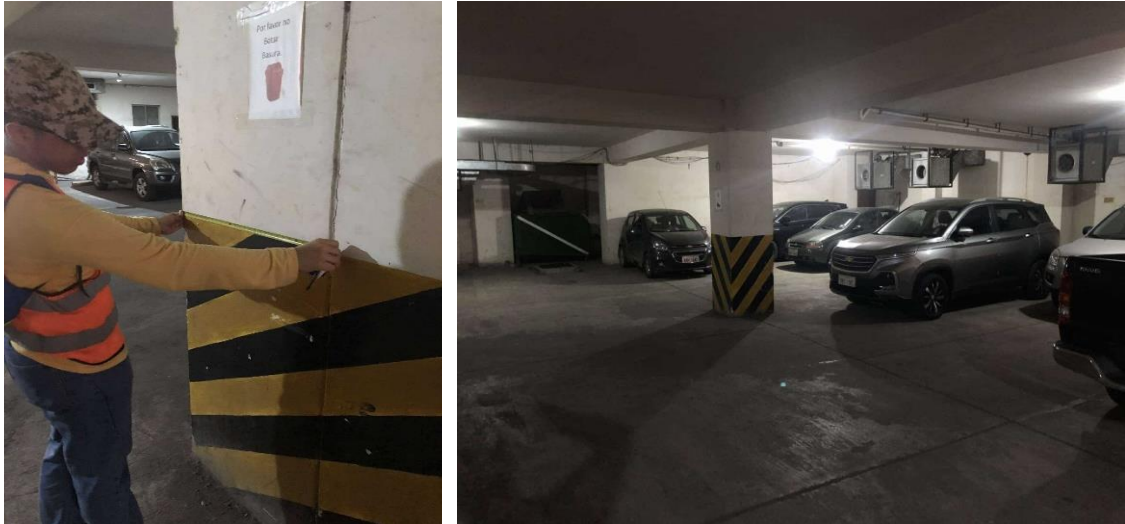
Ilustración 37.- Entrada derecha del estacionamiento subterráneo en la edificación.



Fuente: El autor.

Ilustración 38.- Vista interior y medición de sección de columnas del estacionamiento en Bloque N° 1 y 2.





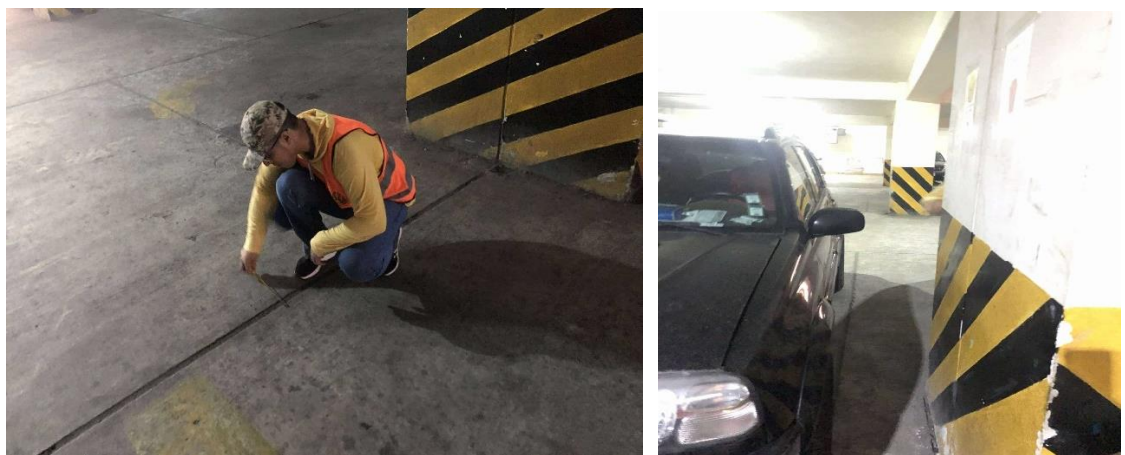
Fuente: El autor.

Ilustración 39.- Vista interior y medición de eje entre columnas del estacionamiento.



Fuente: El autor.

Ilustración 40.- Vista interior y medición de la junta de construcción localizada en el estacionamiento.



Fuente: El autor.

Ilustración 41.- Medición de sección de columnas en detalles de escalera comprendida desde la planta baja, 1era y 2da planta alta perteneciente al bloque N°1.



Fuente: El autor.

Ilustración 42.- Vista interna de elementos y detalles estructurales en 1era planta alta del bloque N°3.





Fuente: El autor.

Ilustración 43.- Vista interna correspondiente a 1era planta alta del bloque N°3 y medición de sección en columnas para su verificación.



Fuente: El autor.

Ilustración 44.- Medición de la junta de construcción que divide al bloque N°1 y N°2 del bloque N°3 localizada en 1era planta alta.



Fuente: El autor.

Ilustración 45.- Vista interna correspondiente a 2da planta alta del bloque N°3 y verificación de información en elementos estructurales.





Fuente: El autor.

Ilustración 46.- Medición de sección de columnas en 2da planta alta o terraza del Bloque N°2.



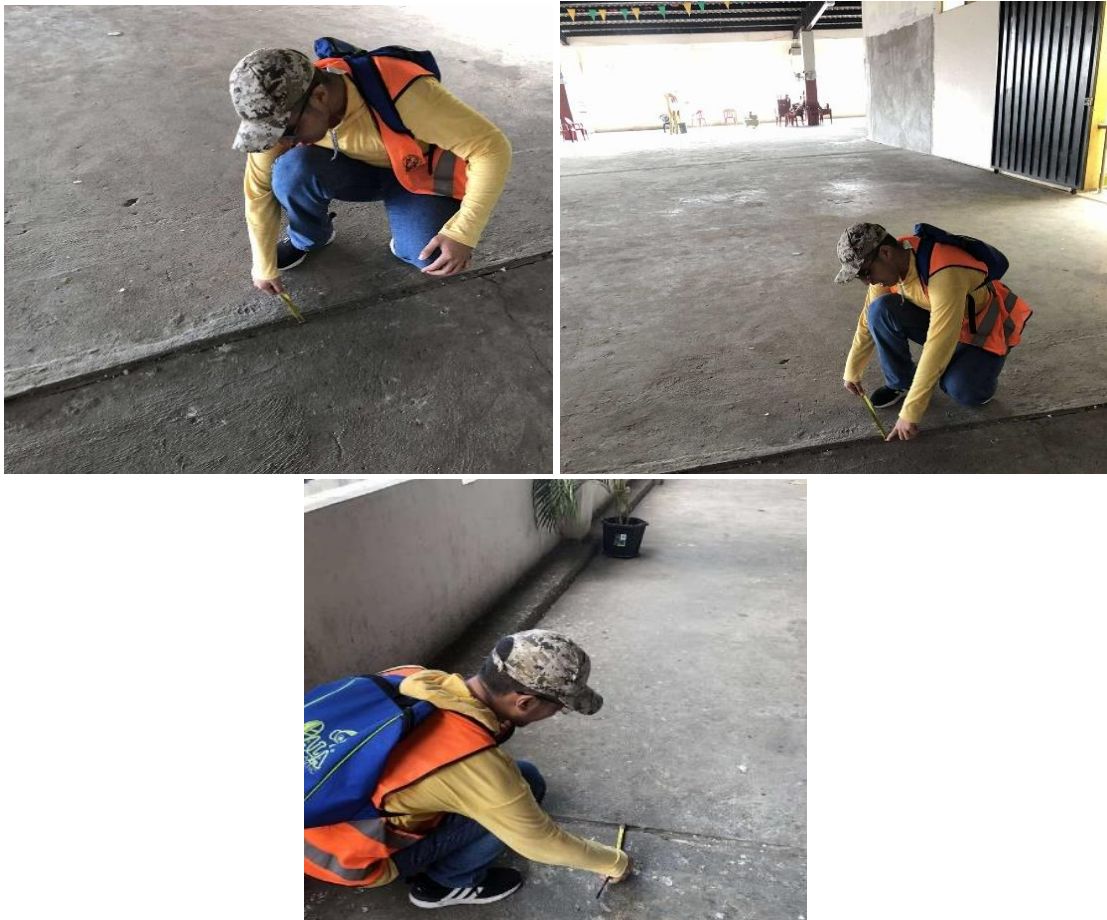
Fuente: El autor

Ilustración 47.- Medición de ejes entre columnas correspondientes a la 2da planta alta del Bloque N°3.



Fuente: El autor.

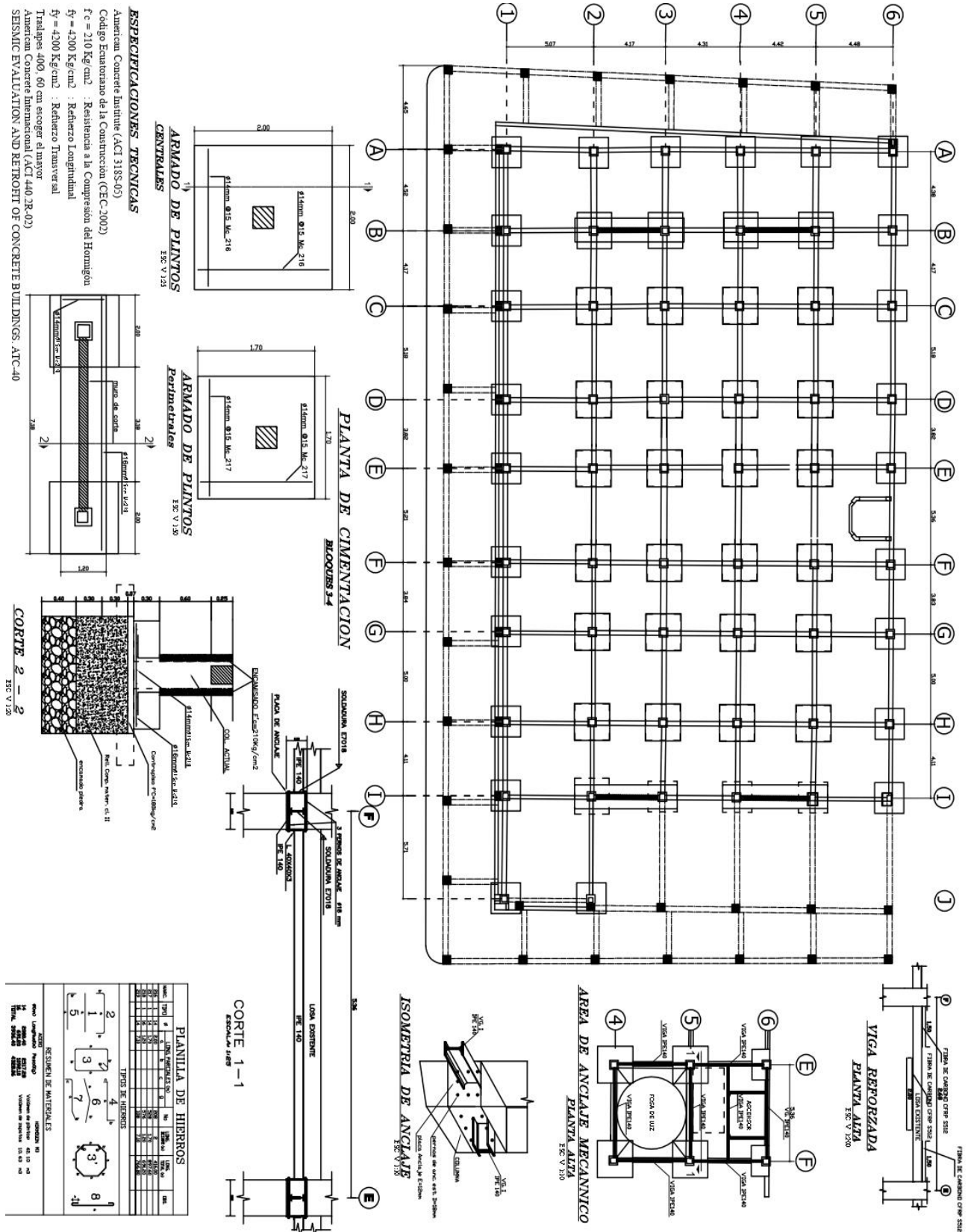
Ilustración 48.- Vista interior y medición de la junta de construcción localizada en toda la extensión de la 2da planta alta.



Fuente: El autor.

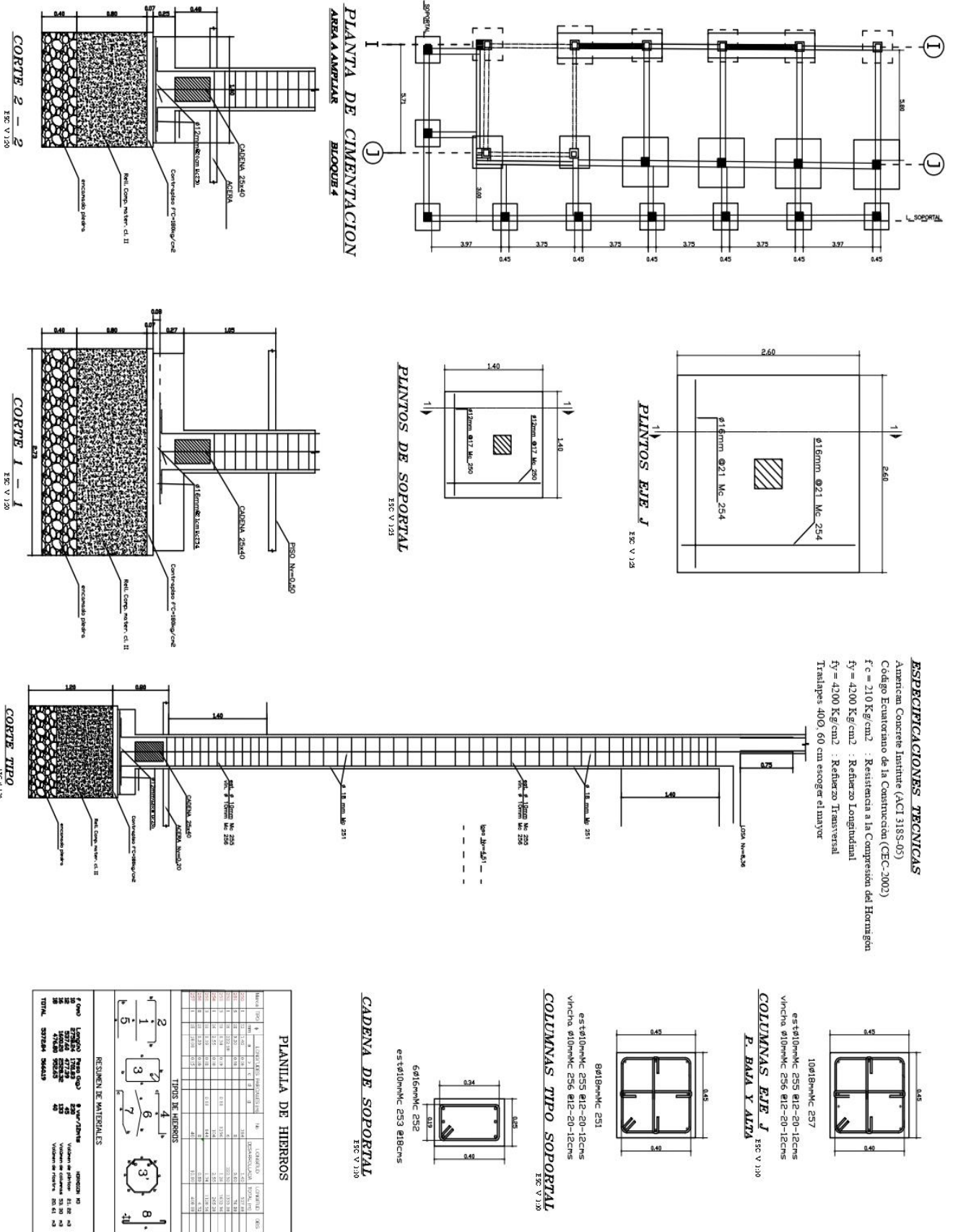
Anexo 6: Planos estructurales del bloque N°3 que conforma el “Mercado Tipo Centro Comercial de la Ciudad de Santa Rosa”.

Ilustración 49.- Planos estructurales Bloque N°3 – Cimentación, Plintos y Zapata.



Fuente: Mercado Tipo Centro Comercial de la Ciudad de Santa Rosa, 2007.

Ilustración 52.- Planos estructurales Bloque N°3 – Sección de columnas establecidos en cimentación.



Fuente: Mercado Tipo Centro Comercial de la Ciudad de Santa Rosa, 2007.

