



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Título “Análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI
318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15”**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Banshuy Lluco Jhon Paul
Guamunshi Cali Elian Fabricio

Tutor:

Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velásquez, Ph.D

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, **Jhon Paul Banshuy Lluco**, con cédula de ciudadanía: **0606016194** y **Elian Fabricio Guamunshi Cali**, con cédula de ciudadanía: **0604707539**, autores del trabajo de investigación titulado: “**Análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15**”, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 08 de marzo de 2024.



Jhon Paul Banshuy Lluco

C.I: 0606016194



Elian Fabricio Guamunshi Cali

C.I: 0604707539

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velásquez, Ph.D** catedrático adscrito a la **Facultad de Ingeniería** por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15”**, bajo la autoría de Jhon Paul Banshuy Lluco y Elian Fabricio Guamunshi Cali; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 08 días del mes de marzo de 2024.



Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velásquez, Ph.D

C.I:0602214892

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

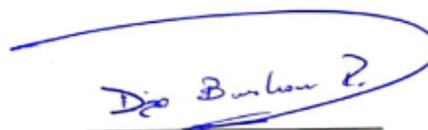
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15”, presentado por Jhon Paul Banshuy Lluco, con cédula de identidad 0606016194 y Elian Fabricio Guamunshi Cali, con cedula de identidad 0604707539, bajo la tutoría del Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velásquez, Ph.D; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 18 de marzo de 2024.

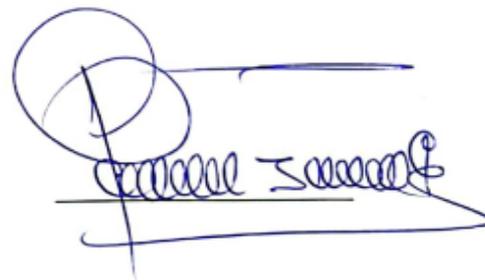
Ing. Jorge Núñez, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Diego Barahona, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Javier Palacios, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **BANSHUY LLUCO JHON PAUL** con CC: **0606016194** y **GUAMUNSHI CALI ELIAN FABRICIO** con CC: **0604707539**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15**", cumple con el **9 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN** porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de marzo de 2024

Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velásquez, PhD.
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen por su amor, cariño y comprensión en los momentos difíciles; y principalmente por ser mis guías a lo largo de este camino.

Con mucho amor a mis padres, Luis y María por todo el apoyo y la dedicación brindada en este largo camino; y siempre estar orgullosos de mí, educándome desde pequeño con sus valores. A mi hermanito Dylan y mi hermanita Gissela quienes son mi motivación para esforzarme y superarme cada día, para ser una inspiración para ellos. A los 4 integrantes de mi familia gracias por todo el apoyo brindado, que a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo haciéndome reírnos, llorar y hasta discutir por llamada. A mi ángel protector del cielo, mi hermanito Carlitos, por a pesar de los errores que cada día cometo como humano, desde el cielo me protege de todo mal. A toda mi familia en general (tíos, primos, abuelitos), por brindarme palabras de aliento, amor y comprensión.

A Katherine, por cada momento compartido de risas, comidas, tristezas, perdidas de semestres y por ser mi mejor amiga en este camino universitario, por ser mi alma gemela, por hacerme sentir parte de su familia, por entenderme y comprenderme en mis días tristes. A Daisy, por ser mi impulso para cada día levantarme y continuar en este camino, por brindarme todo el apoyo y confianza para ser parte de su vida; y gracias por soportarme en mis días malos. A mi compañero y amigo de tesis Elian, por a pesar de conflictos haber finalizado este camino para ser hoy llamados Ingenieros. A mis amigos del colegio y mis amigos de la infancia, gracias por ser esas personitas únicas que la vida me regaló, por las risas, llantos y salidas. Por su lealtad y permitirme conocer la verdadera amistad.

Finalmente, a mis amigos de la universidad Alvi, Pancho, Erika, Marcia, Santi y Danny, con quienes nos hemos apoyado mutuamente para estudiar y crecer cada día para nuestra vida profesional. Sin duda llevare marcado en el alma todos los bonitos recuerdos compartidos durante este camino, porque todo se puede terminar en esta vida, pero el alma es infinita. Muchas gracias a todos por su apoyo y buenos deseos, los quiero mucho.

Jhon Paul Banshuy Lluco

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico en primer lugar a Dios por darme la sabiduría necesaria, fortaleza y valentía para no rendirme en el camino universitario.

“Den gracias al Señor porque Él es bueno, porque para siempre es su misericordia” Salmo 136:1

Con Mucho amor dedico este logro a mis padres Juan y Magdalena que con mucho trabajo, esfuerzo y perseverancia han podido apoyarme incondicionalmente a mí y a mis hermanos impulsándonos a seguir nuestros sueños, motivándonos a superarnos cada día más para ser hombres de bien y con valores, a David y Teo quienes son los mejores hermanos y por ser esa compañía en momentos felices y tristes, a mi Abuelita Dolores que por azares de la vida no me pude ver al final de esta gran carrera, pero sé que desde el cielo me manda sus bendiciones.

Con amor a Alisson por ser esa persona que ha estado conmigo en la buenas y en las malas, brindándome todo su amor, muchas gracias por tus porras y por el tiempo que hemos compartido y por ser parte de un día tan importante para mí. A mi hija Camila que para Alisson y para mí se ha convertido en nuestro pilar de vida y un motor de perseverancia para salir adelante como familia, las amo demasiado.

A mis Abuelitos, a todos mis Tí@s y demás familia por su cariño y apoyo, sobre todo a mi Tío Chino por ser como un segundo padre, si me olvido de alguien mil disculpas.

A mis amigos del Team Parchis y de la universidad que son el gran ejemplo de no es como se empieza sino como se termina, gracias por compartir grandes momentos de risas, bromas, trabajos, llantos, de filosofía por todos esos recuerdos estarán siempre en mi corazón, a mis amigos del Team Falsos de la Iglesia que desde el inicio de mi carrera han estado y se ha compartido momentos de servicio para Dios, a todos los que ha estado junto a mí, mil gracias por confiar en mí, por sus palabras de alientos y apoyo, para todos ustedes este logro porque son parte de esta gran recompensa que me convirtieron no solo en ingeniero sino me convirtieron en la persona que soy, con mucho cariño y amor.

Elian Fabricio Guamunshi Cali

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias infinitas a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. También agradecer a nuestra familia por estar siempre apoyándonos en las diferentes etapas de este proceso universitario.

Agradecemos a todos nuestros amigos por su apoyo moral y que contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito nuestra investigación. Por brindarnos el soporte necesario y crear recuerdos valiosos.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial al Ing. Oscar Alfredo Cevallos Velásquez, Ph.D, tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha sido nuestro guía, por toda su ayuda y buena voluntad.

Jhon P. Banshuy L. & Elian F. Guamunshi C.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	16
DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICACIÓN ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Glosario.....	16
1.2 Antecedentes.....	18
1.2.1 Antecedentes de la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC).....	19
1.2.2 Antecedentes del Código American Concrete Institute (ACI).....	20
1.3 Problema.....	20
1.4 Justificación.....	21
1.5 Objetivos.....	21
1.5.1 Objetivo General.....	21
1.5.2 Objetivos Específicos.....	21
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Marco Teórico.....	22
2.2 Muros Estructurales.....	22
2.2.1 Generalidades.....	22
2.2.2 Tipos de Muros.....	23
2.3 Códigos de construcción.....	25
2.3.1 Norma ecuatoriana de la construcción (NEC).....	26
2.3.2 American concrete institute (ACI).....	26
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
3.1 Descripción de la metodología.....	28
3.2 Fases de la investigación.....	29
3.3 Datos.....	29
3.3.1 Descripción de la Estructura de estudio.....	29

3.4	Métodos de análisis.....	30
3.4.1	Sistema de Unidades	30
3.4.2	Análisis preliminar de la edificación.....	30
3.4.3	Modelo de la edificación en el programa ETABS	32
3.4.4	Diseño de muros a corte	33
3.5	Análisis de resultados	39
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1	Comparación en el análisis y diseño entre la NEC y ACI	40
4.2	Análisis de resultados en una edificación	48
4.2.1	Diferencias de derivas, desplazamientos, excentricidades y modos de vibración 48	
4.2.2	Diseño de muros NEC-15	51
4.2.3	Diseño de muros ACI 318-19.....	61
4.3	Diferencias entre el diseño de elementos con la NEC-15 y ACI 318-19	71
4.4	Análisis de varianza (ANOVA).....	73
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
5.1	Conclusiones.....	74
5.2	Recomendaciones	75
6.	BIBLIOGRAFÍA	76
7.	ANEXOS	80
7.1	Predimensionamiento estructural.....	80
7.2	Resultados de derivas, desplazamientos y excentricidades de piso.....	90
7.3	Resultados de los diseños de muros.....	91

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Fases y procedimientos del proyecto de investigación.....	29
Tabla 2 Datos Generales de la estructura	30
Tabla 3 Resultados finales del predimensionamiento	30
Tabla 4 Fuerzas y Momentos actuantes en el Muro	34
Tabla 5 Ecuaciones del diseño a corte.....	36
Tabla 6 Inercias Agrietadas	40
Tabla 7 Casos de Muros	40
Tabla 8 Espesores mínimos para muros estructurales	41
Tabla 9 Carga última a compresión y tensión	41
Tabla 10 Cuantías mínimas de acero	42
Tabla 11 Espaciamientos máximos del acero longitudinal y transversal	43
Tabla 12 Diseño a Corte	43
Tabla 13 Ecuaciones de la fuerza cortante de diseño	44
Tabla 14 Controles y requerimientos para elementos de borde especiales	45
Tabla 15 Longitud de Borde.....	46
Tabla 16 Zona Crítica	46
Tabla 17 Diseño de elementos de borde.....	47
Tabla 18 Separación de acero transversal en elementos de borde.....	47
Tabla 19 Modos de Vibración	50
Tabla 20 Cálculos iniciales del muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15	51
Tabla 21 Diseño de aceros finales del muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15	52
Tabla 22 Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15	54
Tabla 23 Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15	55
Tabla 24 Cálculos iniciales del muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15	56
Tabla 25 Diseño de aceros finales del muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15.....	57

Tabla 26 Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15.....	59
Tabla 27 Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15	60
Tabla 28 Cálculos iniciales del muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19	61
Tabla 29 Diseño de aceros finales del muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19	62
Tabla 30 Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19 .	64
Tabla 31 Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19	65
Tabla 32 Cálculos iniciales del muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19	66
Tabla 33 Diseño de aceros finales del muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19.....	67
Tabla 34 Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-1969	
Tabla 35 Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19.....	70
Tabla 36 Acero Longitudinal Necesario en el Piso más Crítico de los Muros Estructurales	73
Tabla 37 Análisis de varianza de los valores de excentricidades de piso, derivas de piso y aceros	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secciones de Muros Comunes	24
Figura 2. Muros Estructurales con aberturas	25
Figura 3. Esquema de la Metodología	28
Figura 4. Espectro sísmico elástico	31
Figura 5. Resultado final del espectro de Diseño	32
Figura 6. Modelo en planta con los datos del predimensionamiento	32
Figura 7. Modelo en 3D con los datos del predimensionamiento	33
Figura 8. Fuerza - Deformación del muro	35
Figura 9. Método del Diagrama de interacción	35
Figura 10. Proyección de la carga ultima de diseño.	37
Figura 11. Resumen de los requisitos de elementos a borde – Caso 1	37
Figura 12. Resumen de los requisitos de elementos a borde - Caso 2.....	38
Figura 13. Derivas en sentido X-X.....	48
Figura 14. Derivas en sentido Y-Y.....	48
Figura 15. Desplazamientos en sentido X-X.....	49
Figura 16. Desplazamientos en sentido Y-Y	49
Figura 17. Excentricidades en sentido X-X.....	49
Figura 18. Excentricidades en sentido Y-Y.....	50
Figura 19. Diagrama de Interacción del Muro PE-2-3 (NEC-15).....	53
Figura 20. Diagrama de Interacción del Muro P5-A-B (NEC-15).....	58
Figura 21. Diagrama de Interacción del Muro PE-2-3 (ACI 318-19).....	63
Figura 22. Diagrama de Interacción del Muro P5-A-B (ACI 318-19).....	68
Figura 23. Acero longitudinal y transversal del alma del muro PE 2-3	71
Figura 24. Acero longitudinal y transversal del elemento de borde del muro PE 2-3	71
Figura 25. Acero longitudinal y transversal del alma del muro P5 A-B	72
Figura 26. Acero longitudinal y transversal del elemento de borde del muro P5 A-B	72

RESUMEN

El Ecuador, al encontrarse dentro de una zona de alto riesgo sísmico, impone a los profesionales de la construcción a emplear códigos de diseño cada vez más rigurosos para el predimensionamiento, diseño y construcción de edificaciones seguras. Debido a estos desastres naturales, diferentes países que presentan el mismo riesgo sísmico han buscado dar seguridad a las edificaciones mediante el empleo de muros estructurales. Los muros mejoran el comportamiento de la estructura en presencia de un evento telúrico, por esta razón los muros estructurales a corte son diseñados para soportar no solo cargas laterales o de corte, sino también esfuerzos axiales, torsionales y flectores. En Ecuador rige la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), misma que hasta la fecha (2024) no ha sufrido actualizaciones, por lo cual nos lleva a entender que posiblemente se presenten vacíos sobre el diseño de Muros a corte de hormigón armado.

El objetivo de la presente investigación es realizar un análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15 con un enfoque comparativo, descriptivo y cuantitativo. Para evaluar las consideraciones y parámetros de diseño se asume un modelo arquitectónico de siete pisos destinados a departamentos unifamiliares con una terraza accesible. La estructura está conformada por elementos previamente predimensionados tales como losas aligeradas, vigas colgantes, columnas y muros en sentidos XX y YY; este modelo arquitectónico fue analizado según la NEC-15 y ACI 318-19 mediante el programa ETABS. Se compararon los resultados, obteniendo así una diferencia en el comportamiento de la estructura respecto a sus derivas de piso, desplazamientos de piso, excentricidades y fuerzas actuantes. Finalmente, se compara el diseño de muros, concluyendo así que el ACI 318-19 exige mayores demandas de acero de refuerzo en los muros de corte en comparación con la NEC-15.

Palabras claves: muros estructurales, muros a corte, comparación de normativas, NEC-15, ACI 318-19, hormigón armado.

ABSTRACT

Located in a high seismic risk zone, Ecuador demands stringent design codes for constructing safe buildings. The use of structural walls has been a common approach in countries facing similar seismic threats to enhance building safety among natural disasters. These walls play a crucial role in improving a structure's behavior during seismic events by withstanding various forces such as lateral, shear, axial, torsional, and bending loads. The Ecuadorian Construction Standard (NEC-15) serves as the governing standard in Ecuador, yet as of 2024; it has not undergone updates, potentially leaving gaps in the design of reinforced concrete shear walls. This research aims to conduct a comparative analysis between the ACI 318-19 and NEC-15 standards for shear wall design, employing a comparative, descriptive, and quantitative methodology. To assess design considerations and parameters, a seven-story architectural model of single-family apartments with an accessible terrace was utilized. The model includes pre-dimensioned elements like lightened slabs, hanging beams, columns, and walls in both XX and YY directions. Analysis of this architectural model was carried out using the ETABS program under both NEC-15 and ACI 318-19 standards. The comparison generated differences in the structure's behavior concerning story drifts, displacements, eccentricities, and acting forces. Precisely, the design of walls was compared, leading to the conclusion that ACI 318-19 imposes higher reinforcing steel demands in shear walls compared to NEC-15.

Keywords: structural walls, shear walls, comparison of standards, NEC-15, ACI 318-19, reinforced concrete.

Reviewed and improved by: Prof. Armijos Jacqueline



1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Glosario

α_c : Coeficiente que define la contribución relativa de la resistencia del Hormigón a la resistencia nominal a cortante del muro.

δ_u : Desplazamiento de diseño.

λ : Factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión.

μ : Factor de ductilidad.

ρ_l : Cuantía mínima para refuerzo vertical.

ρ_t : Cuantía mínima para refuerzo horizontal.

σ_c : Esfuerzo a compresión de una sección transversal del concreto

ϕ : Factor de reducción de capacidad de carga de secciones controladas por compresión.

ϕ^o : Factor de sobrerresistencia a flexión.

Ω : Factor de sobrerresistencia a flexión.

ω : Factor de amplificación dinámica de corte.

A_{cv} : Área bruta de la sección de concreto.

A_g : Área bruta de la sección de concreto.

A_{sh} : Área total de refuerzo transversal de confinamiento (estribos)

A_{st} : Área total de refuerzo longitudinal.

A_v : Área transversal del refuerzo de acero a cortante con un espaciamiento s .

b : Ancho o espesor total del elemento de borde.

c : Profundidad del eje neutro.

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d_b : Diámetro nominal de una barra de acero de refuerzo

f'_c : Resistencia a compresión del concreto.

f_y : Resistencia a la fluencia del refuerzo.

f_y : Resistencia a la fluencia del refuerzo transversal.

h : Espesor total o altura de un elemento.

h_x : Espaciamiento máximo, medido centro a centro, entre barras longitudinales de acero.

h_w : Altura total del muro medida desde la base hasta la parte superior.

I : Inercia de la sección transversal de un elemento

I_g : Valor agrietado de la inercia de la sección transversal del elemento.

L_{eb} : Longitud de elemento de borde.

l_w : Longitud del muro completo o longitud del segmento de muro considerado en dirección de la fuerza de cortante.

M_n : Momento probable mayorado.

M_u : Momento último obtenida del análisis.

N_u : Carga axial mayorada normal a la sección transversal que ocurre simultáneamente con el cortante último.

n_s : Número de pisos por encima de la sección crítica.

P_u : Carga última a compresión.

P_{u-max} : Máximo valor de resistencia nominal a la compresión de un elemento.

R : Factor de reducción de resistencia sísmica.

s : Espaciamiento medido centro a centro de unidades tales como refuerzo longitudinal, refuerzo transversal.

T_i : Periodo fundamental de la estructura.

V_c : Fuerza cortante de la sección transversal de un miembro de concreto.

V_e : Fuerza cortante de diseño resistente a momento probable del elemento.

V_n : Resistencia nominal a cortante.

V_s : Fuerza cortante del refuerzo de acero.

V_u : Fuerza cortante última obtenida del análisis estructural.

1.2 Antecedentes

Los terremotos han sido unos de los principales causantes de desastres naturales que el mundo ha sufrido desde tiempos remotos, así a lo largo de la historia han sido asignados diversas causas o explicaciones del porque se originan. En la actualidad se sabe que los sismos son causados principalmente por la interacción entre Placas Tectónicas, pero también procesos que puedan lograr grandes concentraciones de energía en la corteza terrestre pueden generar movimientos telúricos (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

En Ecuador una de las principales consideraciones que se debe tomar en cuenta a la hora de realizar el diseño, análisis y construcción de una edificación, es la presencia de fallas geológicas esto debido a su ubicación, ya que se encuentra en una de las zonas más activas sísmicamente a nivel mundial. Precisamente, localizada sobre la intersección de las placas tectónicas Sudamericana y Nazca, esta singularidad ha provocado que en el país se hayan suscitado varios eventos sísmicos de gran importancia, como es el caso del terremoto catastrófico del año 1906 de magnitud 8.8 en las costas de Ecuador y Colombia, considerado el décimo sismo más fuerte registrado a nivel mundial (Quinatoa, 2022).

En el desarrollo de proyectos de construcción una de las propuestas de solución estructurales para el diseño, construcción y optimización de una edificación ante desastres naturales es la utilización de muros estructurales. En el país, los primeros indicios de empleo de muros en edificaciones datan de 1998 donde, por desastres debido a un terremoto de magnitud 7.1 en el puerto de Bahía de Caráquez, ingenieros propusieron dos soluciones. La primera fue reforzar tanto columnas como vigas mediante encamisados y la segunda opción consistió en reforzar los sistemas aporticados con muros estructurales. Sin embargo, el sismo del 16 de abril de 2016 de magnitud 7.8 a una distancia de 112 km de puerto de Bahía de Caráquez, volvió afectar a estas estructuras evidenciando las grandes deficiencias en las estructuras que adoptaron la primera opción respecto a las que se reforzaron mediante muros estructurales (Viera & Caiza, 2017).

Los muros estructurales (ME) proponen dar soluciones a múltiples problemas de diseño relacionados con la rigidez de los elementos como: columnas y vigas, bajo el sistema tradicional aporticado; permitiendo así a la estructura una mayor resistencia a cargas laterales, combinaciones de momentos flectores, fuerzas cortantes y fuerza axial (Arteaga, Malavé, & Olival, 2017).

Los ME de concreto armado están definidos como elementos con un desarrollo en altura de gran magnitud, contra un ancho intermedio y un espesor pequeño; los cuales principalmente están diseñados para resistir solicitaciones de corte. Sus ecuaciones de diseño no son empíricas, pues para estudiar su comportamiento se seleccionan parámetros como cuantía de refuerzo en el muro, carga axial, resistencia del concreto y longitud del muro, los cuales se encuentran involucrados en fórmulas de diseño (Flores Olano & Guevera Bravo, 2021).

En la actualidad, para el desarrollo de un proyecto civil en cada país rigen códigos de construcción, los cuales son una sumatoria de normas, parámetros, estándares y restricciones que tienen como objetivo garantizar la seguridad y calidad de una edificación informando al diseñador, arquitecto o ingeniero civil sobre el control de reglamentos que debe llevar a cabo desde el prediseño del proyecto, su construcción, hasta su mantenimiento (KeObra, 2019).

Es por ello, que las normas o códigos tienen la enorme responsabilidad de proporcionar conocimiento en temas relacionados con amenazas sísmicas realizando revisiones, actualizaciones, renovaciones periódicas y aportes de avances científicos; para de esta manera dar respuestas, recomendaciones y lineamientos al diseño de edificaciones.

En el país las universidades que forman Ingenieros Civiles proporcionan dentro de su malla curricular cátedras relacionadas al estudio, entendimiento y aplicación de las normas de diseño sismo-resistentes, pero esto no es suficiente debido a que el conocimiento adquirido se encuentra obsoleto ya que, en Ecuador hasta la fecha de publicación de este proyecto, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), no ha sufrido cambios en nueve años. Así, al mantener desactualizada el área de la construcción, se promueve la inadecuada aplicabilidad de conocimientos en la práctica ingenieril, desarrollando así construcciones vulnerables ante la ocurrencia de eventos telúricos (Quinatoa, 2022).

El propósito de esta investigación es desarrollar una comparación entre el diseño de muros estructurales, en base al proyecto normativo nacional ecuatoriano NEC-15 y el código ACI 318-19, con una compilación de especificaciones, recomendaciones, restricciones y lineamientos actuales para el diseño de muros estructurales seguros ante la ocurrencia de eventos telúricos.

1.2.1 Antecedentes de la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC)

Sus inicios datan en base a los eventos telúricos que al Ecuador en particular le han afectado de forma frecuente y con variedad de intensidades desde varios siglos atrás, debido a estas situaciones en el año 1951 fue publicado el primer Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) después del terremoto de 6.4 Mw ocurrido en 1949, el cual afectó gravemente la región central del país. Una nueva versión del CEC se publicó en 1976, como repuesta a otro sismo que sacudió a la ciudad de Esmeraldas de magnitud 6.6 Mw, en esta nueva actualización, se consideró una única zona sísmica para todo el país. Posteriormente el 4 de agosto de 1998, se registró un sismo de 7.1 Mw en la ciudad de Bahía de Caráquez, este causó pérdidas humanas, económicas y daños estructurales. En consecuencia, a este evento el CEC en el 2001 desarrolló el capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismo-resistente, este incluía una nueva zonificación sísmica (Fernández & Chamorro, 2022).

Finalmente, mediante un Registro Oficial del 10 de enero del 2015, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI creado el 10 de agosto de 1992) en conjunto con la Cámara de la Construcción de Quito, llevan a cabo un proceso de actualización de la

Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones, denominándola “Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)” (Pilamunga, 2014).

1.2.2 Antecedentes del Código American Concrete Institute (ACI)

Su inicio tuvo lugar a principios del siglo XX, en Estados Unidos donde mediante una publicación de Charles C. Brown “Municipal Engineering” se discute la idea de formar una organización para poner orden y estandarizar prácticas para la industria del bloque de hormigón. Así fue como en 1905, la Asociación Nacional de Usuarios de cemento se organizó y adoptó una constitución y unos estatutos. En julio de 1913, el Consejo de Dirección que en ese entonces era NACU decidió cambiar su nombre por el de American Concrete Institute el cual consideraron que era más descriptivo en relación con el trabajo que realizaban dentro del instituto (Enright, 2019).

Para el año 1910 el ACI publica su primer documento “Standard Building Regulations for the Use of Reinforced Concrete” es desde esa fecha hasta 1956 que se basaban en el diseño por teoría elástica o más conocido como “Esfuerzos permisibles”. En la edición de 1971, el ACI publica su nuevo código 318, donde se oficializa el uso del método de diseño por “Resistencia Última”, ya que en el ACI de 1963 ya se incluía este método, pero como diseño alternativo en anexos. En este año también ya se incluye por primera vez un capítulo de diseño sismo-resistente (Sánchez & Benavente, 2016).

Finalmente, cada cierto período de tiempo se fue aumentando información hasta llegar al código actual ACI 318-19, del cual se rigen algunos países de Latinoamérica.

1.3 Problema

La desactualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) frente al código American Concrete Institute (ACI318-19), ha implicado que se presenten ciertos problemas de seguridad y calidad en las diferentes propuestas estructurales. Dentro de dichas propuestas, la utilización de muros estructurales es relevante en sistemas resistentes a cargas laterales, para solucionar diversos problemas de diseño, relacionados con la rigidez de los elementos aporticados que conforman la super estructura.

Es importante mencionar que el ACI 318-19, contiene aspectos fundamentales para un cálculo sistematizado, preciso, correcto y actualizado de cómo se debe realizar un adecuado diseño a corte de muros de hormigón armado. Así, al construir, si se toma en cuenta solo la normativa nacional vigente, habría faltas (limitaciones) en el desarrollo de una obra civil, por lo que se requiere un análisis comparativo entre el ACI y la NEC para conocer los vacíos ausentes en la Norma Ecuatoria de la Construcción.

Por lo tanto, evidenciada la problemática de la falta de renovación en la normativa de diseño a nivel nacional, se plantea la siguiente interrogante: ¿La desactualización de la NEC 15 frente al código ACI 318-19, implica menores exigencias, parámetros y procesos constructivos inadecuados en el desarrollo de muros de hormigón armado en obras civiles?

1.4 Justificación

La Norma Ecuatoriana de Construcción del año 2015 frente al código ACI-318 actualizado en el 2019, no presenta una renovación para el desarrollo de los diferentes parámetros constructivos en el país. Esto presenta una relevante problemática debido a que el Ecuador, siendo un país de alto riesgo sísmico, debería tener un proceso de actualización periódico en los diferentes parámetros: factores de reducción, factores sísmicos, tipo de suelo, uso de edificación, entre otros, para la oportuna toma de medidas preventivas en la construcción de obras civiles.

Por lo tanto, lo que se busca con esta investigación es dar a conocer los aspectos fundamentales que el código ACI 318-19 presenta en su contenido para el diseño constructivo de muros de hormigón armado.

Las fuentes bibliográficas tomadas principalmente de artículos científicos, libros, normativas y códigos vigentes, tiene la finalidad de presentar a lectores un cierto grado de confiabilidad en el tema de estudio desarrollado y a profesionales dentro del área información que sirva de apoyo para la toma de decisiones en el desarrollo sustentable y adecuado de sus construcciones de muros a corte, desempeñando obras seguras y de óptima calidad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Revisar los procesos de diseño según la normativa NEC-15 y el Código ACI 318-19, para muros a corte de hormigón armado.
- Analizar los procedimientos de diseño de las normativas a estudio para el correcto diseño de muros estructurales de concreto reforzado.
- Comparar el código ACI 318-19 y la NEC-15, mediante un análisis bibliográfico de los procedimientos de diseño de muros estructurales a corte de hormigón armado.
- Identificar las diferencias de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC15) para el diseño de muros estructurales a corte de hormigón armado respecto a las exigencias, controles y parámetros vigentes actualizados de la norma ACI 318-19.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Teórico

Los muros estructurales de concreto armado son elementos importantes en la construcción que tienen la responsabilidad de resistir cargas y fuerzas, especialmente en situaciones sísmicas. Estos muros son considerados como placas de concreto armado y han evolucionado a lo largo del tiempo (Blanco Blasco, Chang, & Flores, 2015).

Existen diferentes manuales y normas que proporcionan pautas y directrices para el diseño y cálculo de muros estructurales de concreto armado. Por ejemplo, el "Manual de Cálculo y Diseño de Muros Estructurales de Concreto Armado" es una referencia útil para este propósito. También se puede consultar la norma ACI 318 para obtener información sobre el diseño de muros estructurales de concreto armado (Hernández, 2023).

En la práctica, es común combinar sistemas duales de pórtico y muro en estructuras de concreto reforzado, lo que permite una mayor resistencia y estabilidad (Briceño & Carreras, 2013). Es importante tener en cuenta que el diseño y cálculo de muros estructurales de concreto armado debe cumplir con las normas y regulaciones locales aplicables. Estas normas pueden variar según el país y la región.

2.2 Muros Estructurales

2.2.1 Generalidades

Los muros estructurales a corte son componentes importantes en la ingeniería estructural, utilizados para resistir fuerzas laterales como las generadas por el viento o los sismos. Aquí tienes información relevante sobre este tema:

2.2.1.1 Definición

Los muros estructurales a corte son elementos verticales de una estructura que están diseñados para resistir fuerzas laterales, también conocidas como fuerzas de corte. Estas fuerzas pueden ser causadas por terremotos, vientos fuertes o cualquier otra fuerza que actúe perpendicularmente a la longitud del muro (Barros & Peñafiel, 2015).

2.2.1.2 Función

Los muros a corte juegan un papel crucial en la estabilidad y resistencia sísmica de un edificio. Ayudan a distribuir las fuerzas laterales a lo largo de la estructura y a prevenir el colapso durante eventos sísmicos o condiciones de viento intenso.

2.2.1.3 Materiales

Estos muros pueden estar contruidos de una variedad de materiales, incluyendo concreto reforzado, mampostería, acero o incluso madera laminada encolada, dependiendo de las necesidades específicas de la estructura y las regulaciones locales de construcción.

2.2.1.4 Consideraciones de Diseño

El diseño de los muros estructurales a corte debe cumplir con normativas y estándares de construcción específicos, teniendo en cuenta la resistencia del material, la altura del edificio, la ubicación geográfica y las cargas sísmicas y de viento esperadas (Góngora Beltrán & Guzmán Labrador, 2019).

Cabe mencionar que las edificaciones deben dar una adecuada respuesta a la presencia de sollicitación sísmicas la cual se caracteriza por tener aceleraciones, velocidades y desplazamientos que pueden afectar a los distintos elementos de nuestra estructura. Dichas bases y consideraciones de diseño se pueden considerar las siguientes:

- Zona sísmica dentro del Ecuador donde se va a construir la estructura, es decir considerar el factor de zona Z correspondiente y las curvas de peligro sísmico.
- Las características del suelo de construcción
- El tipo de edificación y/o clase de uso, finalidad e importancia.
- Las estructuras se deberán diseñarse para una resistencia que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica de evento sísmico que tiene una probabilidad de ser excedido en 50 años respecto al periodo de retorno de 475 años. (NEC, 2015)

2.2.1.5 Importancia

La correcta ubicación, diseño y construcción de los muros estructurales a corte son cruciales para garantizar la seguridad y estabilidad de un edificio durante eventos sísmicos o condiciones climáticas extremas.

2.2.2 Tipos de Muros

Los muros estructurales son elementos continuos importantes en la ingeniería civil y la construcción, ya que proporcionan resistencia lateral produciendo un efecto estabilizador a las estructuras frente a fuerzas como viento, sismos, etc. Los tipos comunes de muros estructurales a corte incluyen (Arquitectura, 2012):

Según su Material

- **Muros de Hormigón Armado:** estos muros están hechos de concreto reforzado con barras de acero para aumentar su resistencia a la tracción. Son comunes en edificios de concreto de gran altura y en estructuras de retención de tierras.
- **Muros de Hormigón Pretensado:** estos muros de hormigón se construyen con tendones de acero pretensado para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Son eficaces para soportar cargas sísmicas y de viento en estructuras de gran altura (SkyCiv, 2020).
- **Muros de Madera Contra laminada:** la madera contra laminada es un material de construcción sostenible que se utiliza para crear muros estructurales a corte en

edificios de madera de varias plantas. Proporciona resistencia y estabilidad ante fuerzas laterales (Jesfer, 2020).

- **Muros de Acero:** los muros de acero son comunes en estructuras industriales y de gran altura. Pueden ser especialmente efectivos para resistir fuerzas sísmicas y de viento cuando se diseñan adecuadamente (Conislla Osorio, 2018).

Según su Esbeltez

La esbeltez es definida como la relación entre la altura del muro y el lado mayor de la sección transversal de este.

- **Muros Estructurales Bajos:** se caracterizan por ser muros de muy baja altura, que solo transmiten cargas muy pequeñas, estos muros son controlados por corte y por tener un brazo de palanca muy pequeño no se ven afectados por flexión por la acción de cargas laterales.

$$\frac{h_w}{l_w} \leq 2$$

- **Muros Estructurales Altos:** se caracterizan por transmitir cargas muy altas en su base, lo cual su resistencia a corte es mejor. Estos muros son afectados a flexión debido a su altura, es decir estos tipos de muros son controlados por flexión (Bondarenko, Slawko, García, & Iván, 2012).

$$\frac{h_w}{l_w} > 2$$

Según la Forma de su Sección Transversal

En la arquitectura y en el diseño estructural de los edificios, se aprovecha el perímetro de las plantas y áreas donde van ubicados pozos de luz o escaleras, para la ubicación de los muros estructurales. Se pueden incorporar secciones transversales I, T, L, U, H o formas angulares de secciones transversales, a lo largo de toda la altura del edificio, aunque para los muros, se prefieren las secciones simétricas, tal como se muestra en la figura 1.

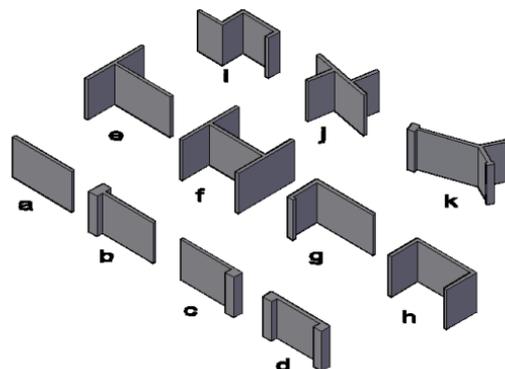


Figura 1. Secciones de Muros Comunes

Fuente: (Bondarenko, Slawko, García, & Iván, 2012)

Según Variaciones en Elevación

- **Muros Sin Aberturas:** geoméricamente un muro sin aberturas puede considerarse como un elemento continuo en toda su altura y en el plano. Los muros estructurales sin aberturas pueden tratarse como voladizos verticales calculándose la rigidez y los esfuerzos, usando la simple teoría de la flexión.
- **Muros Con Aberturas:** Las Ventanas, puertas y ductos de servicio, requieren que los muros estructurales interiores o exteriores tengan aberturas. Es imperativo que las aberturas interfieran lo menos posible con la capacidad de momentos y transmisión de cortante de la estructura.

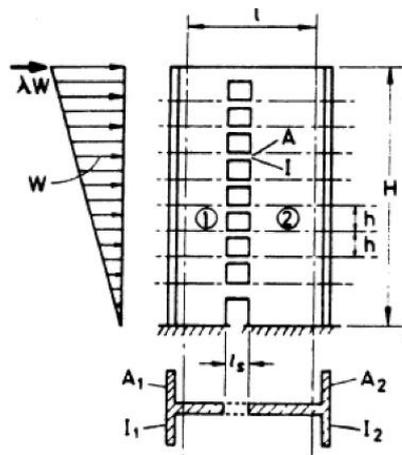


Figura 2. Muros Estructurales con aberturas

Fuente: (Ballesteros, Dias, Espinoza, Gamboa, & Paredes, 2015)

2.3 Códigos de construcción

El Código de Edificación, es el conjunto de normativas de un estado o país que regulan los mínimos de seguridad y calidad para la construcción de edificios en general o cualquier estructura artificial, inclusive especialmente las viviendas.

La práctica de desarrollar, aprobar y hacer cumplir los códigos de construcción varía considerablemente entre las naciones. En algunos países los códigos de construcción son desarrollados por los organismos gubernamentales u organizaciones cuasi gubernamentales, las normas a cumplir en todo el país por el gobierno central (Arqhys Construcción, 2012).

Los códigos de edificación se dividen en función de su objetivo:

- Regular la seguridad estructural.
- Regular el confort y bienestar de los usuarios (aislamiento acústico, calefacción).
- Regular los requisitos mínimos de seguridad que debe disponer una construcción (seguridad ante incendio o terremotos). Cada país adopta su propio código de construcción, y en algunos casos, organismos supranacionales imponen sus recomendaciones como la Unión Europea.

Estos códigos de edificación se redactan con la intención de que sean aplicados por arquitectos e ingenieros.

2.3.1 Norma ecuatoriana de la construcción (NEC)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC recoge una serie de normativas, de obligatorio cumplimiento a nivel nacional, por las cuales se establecen los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir las edificaciones a nivel nacional, en todas las etapas del proceso constructivo (NEC, 2015).

Tiene como objetivo regular los procesos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones (MIDUVI, 2014).

La normativa nacional cuenta con los siguientes capítulos para el diseño y construcción de elementos estructurales en una edificación:

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo-resistente parte 1
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo-resistente parte 2
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo-resistente parte 3
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo-resistente parte 4
- NEC-SE-RE: Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero
- NEC-SE-MP: Mampostería Estructural
- NEC-SE-MD: Estructuras de Madera
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m parte 1
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m parte 2
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m parte 3
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m parte 4
- NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa

2.3.2 American concrete institute (ACI)

El Instituto Americano de Concreto o en inglés American Concrete Institute (ACI) es una organización sin fines de lucro de Estados Unidos que desarrolla requisitos mínimos de materiales, normas, recomendaciones técnicas y principalmente aspectos de diseño para el hormigón reforzado.

El ACI publica una serie de normas y requisitos técnicos que son ampliamente utilizados en la industria de la construcción. Uno de los documentos más conocidos es el ACI 318, que establece los requisitos de diseño y construcción para estructuras de armado concreto. Esta norma proporciona directrices detalladas sobre el diseño de elementos

estructurales, como columnas, vigas y losas, así como sobre el uso adecuado de materiales y métodos de construcción.

La última edición disponible de ACI 318 es la ACI 318-19. Esta norma está disponible en formato impreso y digital en el sitio web del ACI y se encuentra en inglés con unidades de pulgadas-libras y en español con unidades SI. Además del ACI 318, el ACI también publica otras normas y guías relacionadas con el concreto y las estructuras de armado concreto (Farmington Hills, 2019).

Es importante tener en cuenta que el cumplimiento de las normas ACI es fundamental para garantizar la seguridad y la calidad de las estructuras de concreto armado. Los profesionales de la construcción, como ingenieros y arquitectos, suelen utilizar estas normas como referencia en sus proyectos.

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Descripción de la metodología

El presente tema de estudio contiene una metodología mixta de nivel bibliográfico, documental, comparativo y descriptivo, con un enfoque cualitativo.

El análisis bibliográfico-documental se desarrolló a partir de una lectura selectiva, comprensiva y crítica de libros, artículos, normas, códigos y documentos científicos, a fin de obtener teoría, conceptos y datos relevantes para interpretar los diversos requisitos necesarios para el diseño de muros estructurales.

El análisis comparativo-descriptivo, parte del desarrollo de un modelo en software de una edificación de la cual se obtendrán datos para comparar, describir y determinar las diferencias de los resultados obtenidos con la NEC 2015 respecto a la ACI 318-19, para el diseño estructural de muros.

Esta investigación respecto a su enfoque cualitativo expone la información base y recolectada de muros estructurales, generando así nuevos conocimientos sobre los diferentes procesos que cada código desarrolla respecto al comportamiento estructural de una edificación con estos elementos, permitiendo a los profesionales ligados a la construcción un análisis y fácil entendimiento de estos procesos. Finalmente, mediante esta indagación se pretende responder la pregunta de investigación: ¿La desactualización de la NEC-15 frente al código ACI 318-19, implica menores exigencias, parámetros y procesos constructivos inadecuados en el desarrollo de muros de hormigón armado en obras civiles? A continuación, en la figura 3 se muestra un diagrama de flujo sobre el proceso de investigación a desarrollar.

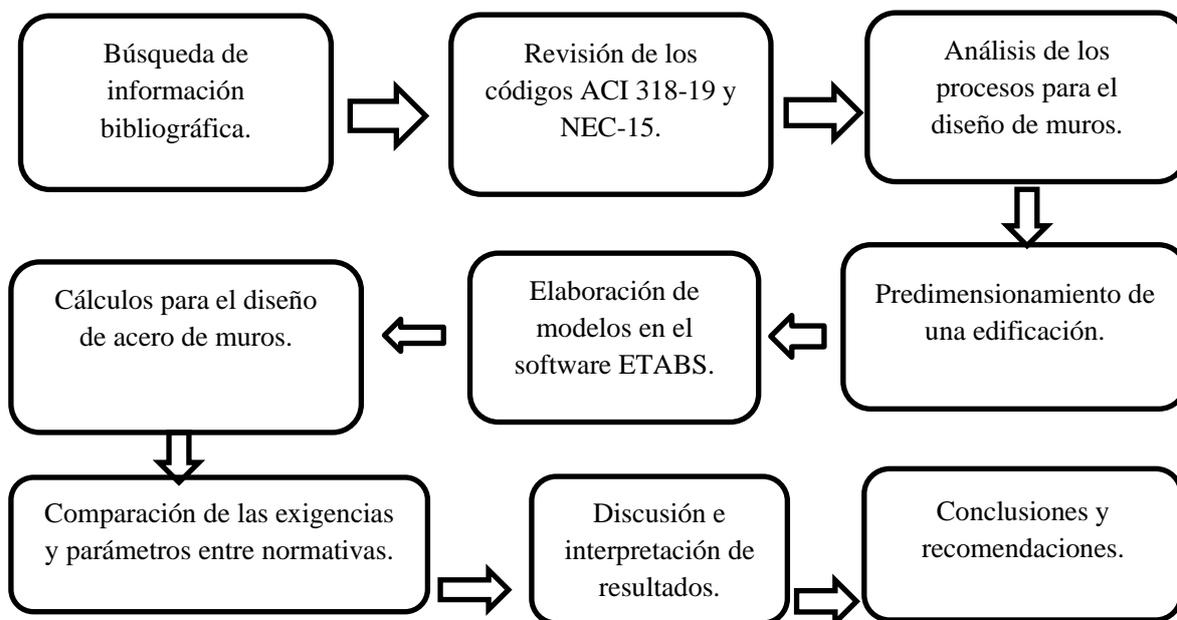


Figura 3. Esquema de la Metodología

3.2 Fases de la investigación

El trabajo de investigación conduce tres fases para el desarrollo del proyecto, estos son: recopilación de información, análisis de datos y presentación de los resultados y discusión.

Tabla 1

Fases y procedimientos del proyecto de investigación

FASE	PROCEDIMIENTO
Fase I Recopilación de la información	<ul style="list-style-type: none">• Recopilación bibliográfica sobre la historia de la NEC 2015 Y ACI 318-19.• Recolección de información sobre muros: concepto, tipos y usos.• Obtención estratégica de datos, restricciones y reglamentos que rigen en cada normativa para el diseño de muros estructurales.
Fase II Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none">• Registrar datos en el software Excel, con la finalidad de realizar los cálculos respectivos para el predimensionamiento de una edificación.• Elaborar mediante el programa ETABS un modelo de una edificación siguiendo los parámetros establecidos en cada normativa con la finalidad de obtener datos para el diseño de muros estructurales.• Realizar los cálculos correspondientes en el software Excel para analizar las diferencias en los diseños realizados con la NEC 2015 Y ACI 318-19.
Fase III Resultados y discusión	<ul style="list-style-type: none">• Analizar los resultados obtenidos en cada modelo sobre el diseño estructural.• Comparar los diferentes requisitos de diseño que tiene cada normativa, como también las características de la estructura obtenida al final del estudio.• Establecer las conclusiones y recomendación finales, para una correcta aplicación de los códigos al momento de desarrollar estructuras con muros a corte.

3.3 Datos

3.3.1 Descripción de la Estructura de estudio

La edificación está conformada por un bloque principal, donde la estructura de la edificación está compuesta por concreto reforzado, el cual tiene una resistencia a la compresión $f'c$ de 240 kg/cm² y un límite de fluencia f_y de 4200 kg/cm². La edificación se construirá en la ciudad de Riobamba con un tipo de suelo C, los acabados son en recubrimiento de porcelanato. El uso que tendrá el edificio es de departamentos, para todos sus siete pisos; finalmente el octavo piso será una cubierta accesible.

En la Tabla 2 se presentan los datos necesarios para la aplicación de la investigación en una edificación.

Tabla 2*Datos Generales de la estructura*

f'c	240 kg/cm ²
fy	4200 kg/cm ²
Acabados	Recubrimiento de Porcelanato
Ocupación	Departamentos
Altura entre piso	2.80 m
Tipo de suelo	C
Ubicación	Riobamba
Tipo Losa	Nervada

3.4 Métodos de análisis

3.4.1 Sistema de Unidades

Para el diseño y análisis comparativo de las normativas ACI 318-19 y NEC-15, las ecuaciones presentes en este documento trabajaran bajo el sistema mks. Las unidades fundamentales del sistema mks son metros, kilogramos y segundo.

3.4.2 Análisis preliminar de la edificación

3.4.2.1 Resultados finales del predimensionamiento

Una vez obtenidos los resultados es importante analizar las dimensiones finales de los diferentes elementos estructurales, como son: losas, columnas y vigas; partiendo de la obtención de los pesos propios de las cargas muertas, vivas y las combinaciones que estas cargas, ejercen sobre la estructura, al ser sometida a una fuerza sísmica. Los resultados finales de los elementos que componen la estructura están expuestos en la Tabla 3.

Tabla 3*Resultados finales del predimensionamiento*

CARGAS			
PISO	M[Ton/m²] Modelado	M+30% [Ton/m²] Predimensionamiento	VIVA [Ton/m²]
1 al 6	0.9068	1.1788	0.20
7	0.4868	0.6328	0.48
Tapa gradas	0.4196	0.5454	0.07
LOSAS			
Piso	1 al 8	0.25	m
	Descanso	0.2	m
	Tapa gradas	0.2	m
COLUMNAS			
Columnas	Base	Altura	Unidad
Centrales	65	65	cm
Lindero	50	50	cm
VIGAS			

Piso	Base	Altura	Unidad
1 al 7 eje XX	0.40	0.45	m
1 al 7 eje YY	0.40	0.45	m
Tapa gradas	0.25	0.30	m
Descanso	0.25	0.25	m
Pozo de luz	0.25	0.40	m
	0.40	0.25	m

Nota: Las fórmulas utilizadas para el cálculo del predimensionamiento de la estructura se encuentran en los anexos 1, 2, 3, 4 y 5.

3.4.2.2 Espectro elástico de diseño

El riesgo sísmico presente en todo el territorio nacional ocasiona la vulnerabilidad de las edificaciones. La sección 3.3 de la Norma NEC-SE-DS Peligro sísmico proporciona los criterios para el desarrollo del espectro de respuesta elástico sísmico, los cuales se presentan en la figura 4. Además, los criterios como la ubicación (zona) sísmica de la edificación, el tipo de suelo, periodo fundamental de vibración tanto de la edificación como del sismo y coeficientes de amplificación del suelo son parte de la filosofía Sismo-resistente.

El peligro sísmico es evidente por esa razón para el diseño de la estructura se busca disminuir substancialmente la ordenada elástica espectral con la aplicación del factor de reducción de resistencia sísmica (R), como se muestra la figura 5. Disponiendo un adecuado comportamiento inelástico, una adecuada ductilidad y capacidad de disipación de energía suficientes que impidan el colapso de la estructura ante eventos sísmicos severos (NEC, 2015).

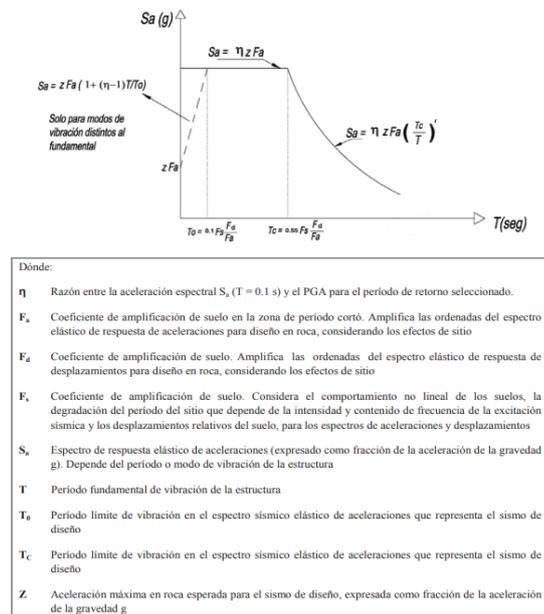


Figura 4. Espectro sísmico elástico
Fuente: (NEC, 2015)

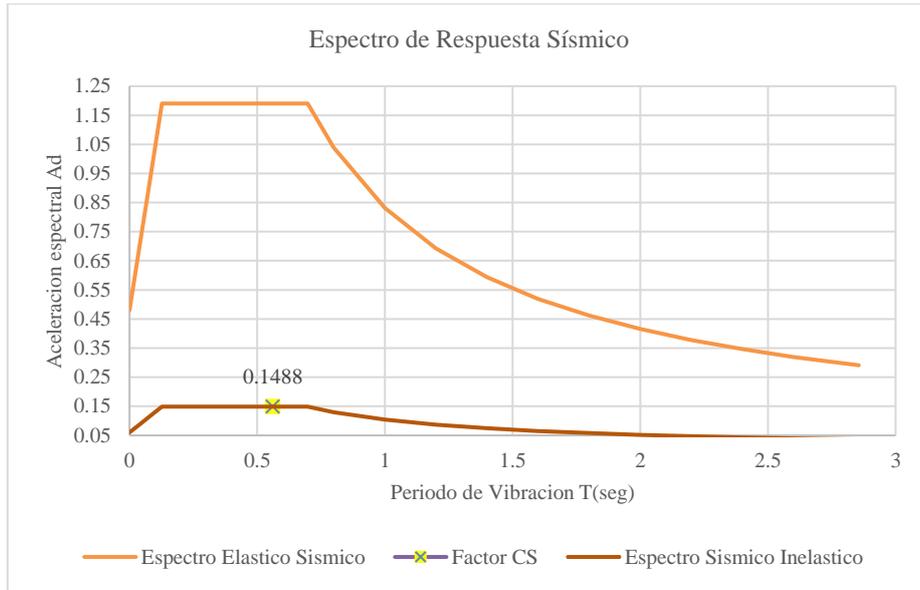


Figura 5. Resultado final del espectro de Diseño

La figura 5 que corresponde al espectro de respuesta sísmico de diseño de nuestro modelo a estudio, tanto elástico como inelástico en el cual presenciamos un coeficiente sísmico de 0.1488. Las fórmulas y resultado de cálculo se encuentran en los anexos 6, 7 y 8.

3.4.3 Modelo de la edificación en el programa ETABS

Se utilizó el software de diseño estructural ETABS 21.1.1. Este programa cuenta con la opción para definir materiales con sus respectivas propiedades, modelación, cálculo estructural y la posibilidad de asignar cargas muertas y vivas para una simulación sísmica. Se puede observar en la figura 6 que la estructura en sentido X-X tiene pórticos A, B, C, D Y E; y en sentido Y-Y cuenta con los pórticos 1, 2, 3, 4 y 5.

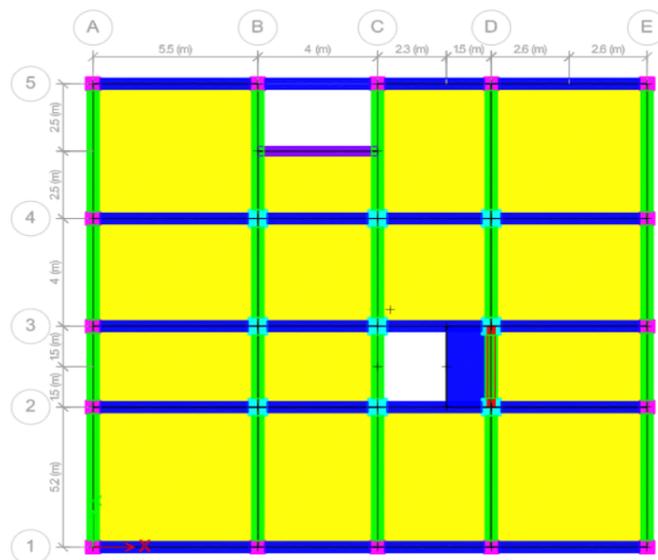


Figura 6. Modelo en planta con los datos del predimensionamiento

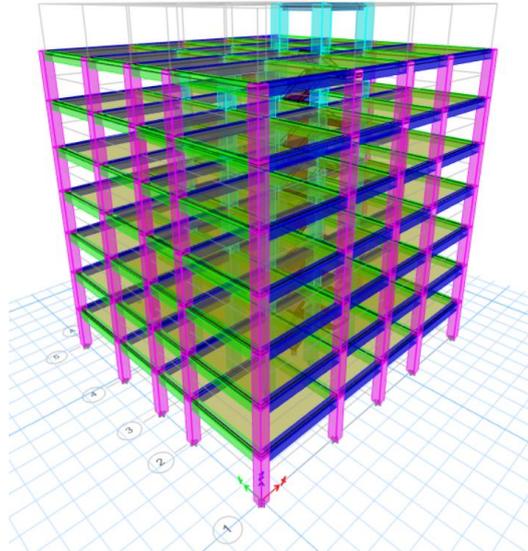


Figura 7. Modelo en 3D con los datos del predimensionamiento

3.4.4 Diseño de muros a corte

Para el diseño de muros a corte se debe realizar primero la verificación de elementos de borde, donde existen variaciones dependiendo la normativa aplicada. Una verificación se realiza con la profundidad del eje neutro c (valor tomado del programa ETABS) y c límite; mientras que el segundo caso se realiza con el esfuerzo a compresión máxima frente a un 20% de $f'c$, estos casos son:

- $c \geq c. \text{límite}$
- $\sigma_{\text{comp. máxima}} \geq 0.20 f'c$

Nota: El proceso de obtener la profundidad del eje neutro es de forma iterativa, por lo cual se utilizó “c” del ETABS, para así reducir los tiempos de cálculo de este.

Las diferencias notables son que en el caso de la NEC-15 se establece $c \geq \frac{l_w}{600 * (\frac{\delta u}{h_w})}$,

mientras que para la ACI 318-19 se aumenta un factor $c \geq \frac{l_w}{600 * (1,5 \frac{\delta u}{h_w})}$. Finalmente,

dependiendo el código si cumple la primera o segunda condición se debe incorporar la utilización de elementos de borde para mayor confinamiento del muro.

Para el predimensionamiento de los elementos de borde se tiene dos condiciones, las cuales trabajan en base a la profundidad del eje neutro “c”, estos requisitos son:

- $c - 0.1l_w$
- $c/2$

De estas dos condiciones se considera el máximo de ellos para su extensión longitudinal, ya que para su espesor se considera la misma dimensión del muro. Así también, se debe verificar el uso de doble capa de acero para el alma del muro, pero es recomendable el uso de dos capas para todos aquellos muros de mayores de 20 cm de espesor.

3.4.4.1 Diseño de aceros

El acero transversal mínimo es el mismo para el diseño realizado con la NEC (2015) como con el ACI 318-19, siendo este de $\rho_{t_{\min}} = 0.0025$

El acero longitudinal mínimo para realizar un diseño en un muro es de $\rho_{l_{\min}} = 0.0025$, este se considera tanto para el diseño realizado con la NEC (2015) como para el código ACI 318-19.

Para el diseño del acero longitudinal se considera la siguiente fórmula:

$$As. Extremo = \frac{As. Total - 0.0025(l_w * h_w)}{2}$$

De esta forma, se puede distribuir el acero longitudinal de una manera más estratégica, debido a que se pretende que el alma del muro trabaje con un acero mínimo 0.25% y la mayor cantidad se coloque en los elementos de borde, con lo cual los extremos se convierten en pilares fundamentales del muro para la estabilidad de la edificación.

El diseño del acero en los elementos de borde varía dependiendo si se considera como una zona confinada o diseñándola como una columna. Esto debido a que algunos muros se extienden de un pórtico a otro, con lo cual las columnas existentes nos permiten trabajarlas como elementos de borde y el cálculo de acero de los extremos colocarlos ahí. Pero en algunos casos donde los muros se extienden a cierta distancia sin alcanzar los dos pórticos, estos se diseñan con una zona confinada donde se coloca el acero de los extremos.

3.4.4.2 Verificación de Diseño Óptimo

Una vez diseñado el acero longitudinal del muro podemos verificar su demanda capacidad en otras palabras determinar si el muro soporta cargas y momentos últimos de todas las combinaciones de diseño. Se puede identificar en la Tabla 4 los valores de carga (Pu) y momento (Mu) más crítico, estos se grafican en el Diagrama de Interacción (figura 8) construido en base a la configuración de acero distribuido en todo el muro.

Para construir las curvas de comportamiento del muro (Diagrama de interacción) se deben realizar varias interacciones, tomando longitudes de “c” (profundidad del eje neutro), lo que conlleva a una relación entre las deformaciones unitarias del concreto y acero. También se utilizan factores de reducción de resistencia, dependiendo si el muro se encuentra en una zona a tensión o compresión, como se demuestra en la figura 9.

Tabla 4
Fuerzas y Momentos actuantes en el Muro

Piso	Muro	Tipo de Caso	Pu	V u	Mu
			Ton	Ton	Ton-m
1	P5-D-E	ENVEXX MAX	19.9122	46.7476	309.7333

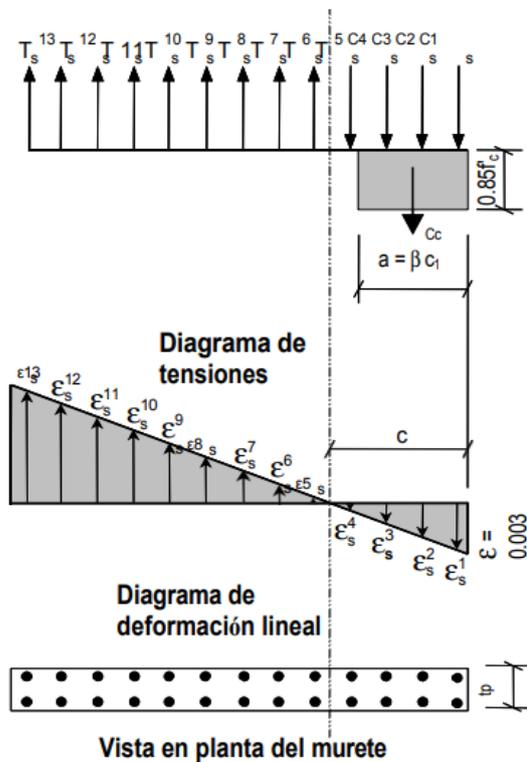


Figura 8. Fuerza - Deformación del muro
Fuente: (ETABS, 2022)

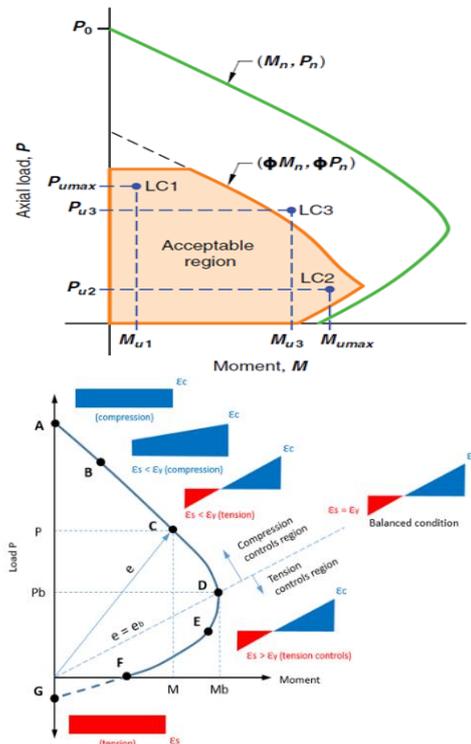


Figura 9. Método del Diagrama de interacción
Fuente: (Angamarca Masache & Macas Solano, 2017)

3.4.4.3 Diseño de acero Transversal

El diseño del acero transversal u horizontal que se colocará a una separación vertical no mayor a 45 cm en toda la altura del muro en las dos pantallas del muro de ser el caso se diseñará con la fuerza de cortante ultimo de diseño (V_e). La Norma NEC-15 (sección 5.3.2) y ACI 318-19 (sección 18.10.3.1) ocupan factores de sobrerresistencia, los cuales amplían la mayor fuerza cortante última resultante del análisis estructural con el análisis de las distintas combinaciones de cargas utilizadas por el usuario de diseño. Cumpliendo las condiciones de un diseño óptimo, en donde las fuerzas resistentes sean mayores a las fuerzas actuantes [$V_u < \phi(V_c + V_s)$], la Tabla 5 demuestra la ecuación para determinar el valor del cortante de diseño (V_e), del hormigón y del acero.

Tabla 5
Ecuaciones del diseño a corte.

NEC-15	ACI 318-19
De la NEC-SE-HM Sección 5.3.2	Del ACI Sección 18.10.3.1
$V_e = \phi^o \omega V_u \leq 3V_u$ $\phi^o = \left(\frac{M_n}{M_u} \right)$ $\omega = 1 + \frac{\mu}{\phi^o} C_{2,T}$ $C_{2,T} = 0.067 + 0.4(T_i - 0.5) \leq 1.15$	$V_e = \Omega \omega V_u \leq 3V_u$ $\Omega = \left(\frac{M_n}{M_u} \right)$ $\omega = 0.9 + \frac{n_s}{10} \text{ si } n_s \leq 6$ $\omega = 1.3 + \frac{n_s}{30} \text{ si } n_s > 6$
De la NEC-SE-HM Sección 5.1.1	Del ACI Sección 11.5
$V_u \leq \phi(V_c + V_s)$	$V_u \leq \phi(V_c + V_s)$
De la NEC-SE-HM Sección 5.1.1	Del ACI Según sección 22.5
$V_n = V_c + V_s$	$V_n = V_c + V_s$
De la NEC-SE-HM Sección 5.3.3	Del ACI Sección 11.5.4.3 y sección 18.10.4.1
$V_n \leq (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y t) A_{cv}$ $\alpha_c = 0.80 \text{ para } h_w/l_w \leq 1.5$ $\alpha_c = 0.53 \text{ para } h_w/l_w \geq 2$ $\alpha_c \text{ varia linealmente entre } 0.80 \text{ y } 0.53 \text{ para } 1.5 < h_w/l_w < 2$	$V_n \leq (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y t) A_{cv}$ $\alpha_c = 0.80 \text{ para } h_w/l_w \leq 1.5$ $\alpha_c = 0.53 \text{ para } h_w/l_w \geq 2$ $\alpha_c \text{ varia linealmente entre } 0.80 \text{ y } 0.53 \text{ para } 1.5 < h_w/l_w < 2$
De la NEC-SE-HM Sección 5.1.1 menciona al Capítulo 11 del ACI 318-14, según sección 11.5.4.5 y sección 22.5.5.1	
$V_c = 0.53 \lambda \sqrt{f'_c} A_{cv}$	
La del NEC-SE-HM Sección 5.1.1 menciona al Capítulo 11 del ACI 318-14, según sección 11.5.4.8 y sección 22.5	
$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$	

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

Los factores ϕ^o y Ω son un coeficiente de sobrerresistencia que dependen de la relación entre el momento mayorado (momento nominal resistente) y momento último requerido del análisis estructural (momento actuante). Esto se utiliza en el diagrama de interacción del muro diseñado, proyectando la carga ultima (Pu) horizontalmente hacia la curva nominal de diseño, como se presenta en la figura 10.

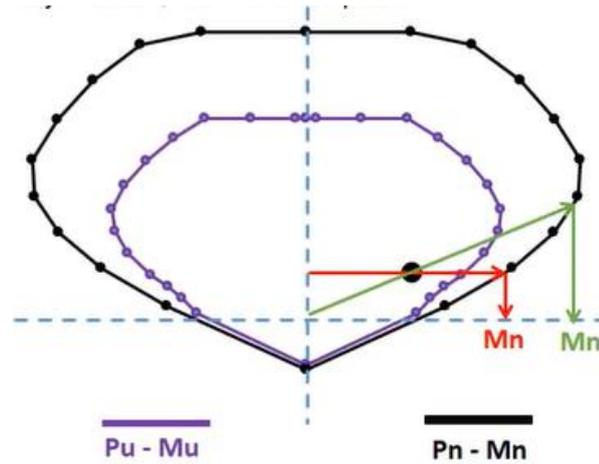


Figura 10. Proyección de la carga última de diseño.

Fuente: (Ommhia, 2022)

3.4.4.4 Diseño de elementos a borde

Según el tipo de Caso del muro, las dos normativas presentan una similar metodología de análisis para el diseño de elementos a borde. El caso 1 donde $\frac{M_u}{V_u \cdot l_w} \geq 2$ según la NEC-15 y $\frac{h_w}{l_w} \geq 2$ según el ACI 318-19, se diseñarán según los criterios de la figura 11.

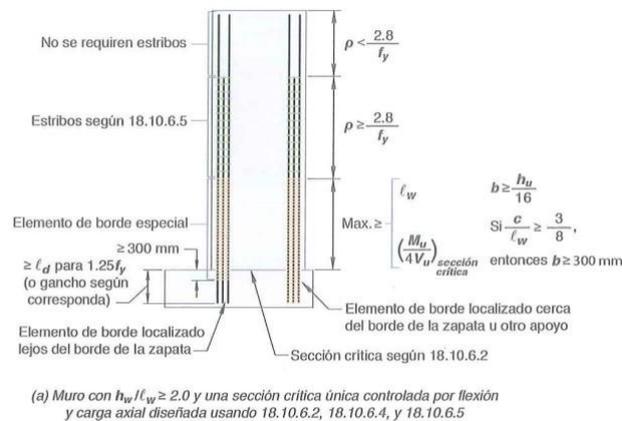
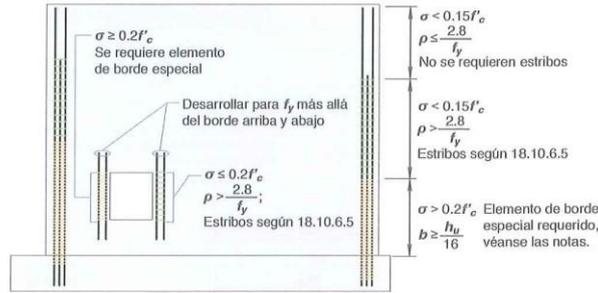


Figura 11. Resumen de los requisitos de elementos a borde – Caso 1

Fuente: (ACI 318, 2019)

El caso 2 donde $\frac{M_u}{V_u \cdot l_w} < 2$ según la NEC-15 y $\frac{h_w}{l_w} < 2$ según el ACI 318-19, los elementos de borde se diseñarán según los criterios de la figura 12.



Notas: El requisito de tener elementos especiales de borde se activa si el esfuerzo máximo en la fibra extrema compresión $\sigma \geq 0.2f'_c$. Una vez se activa, el elemento especial de borde se extiende hasta que $\sigma < 0.15f'_c$. Debido a que $h_w/l_w \leq 2.0$, 18.10.6.4(c) no aplica.

(b) Muro y machón de muro diseñados utilizando 18.10.6.3, 18.10.6.4, and 18.10.6.5.

Figura 12. Resumen de los requisitos de elementos a borde - Caso 2

Fuente: (ACI 318, 2019)

El diseño del acero transversal de refuerzo (estribos) en la zona diseñada, destinada para elementos de borde, se determinará tanto para la NEC-15 Y ACI 318-19 con las ecuaciones:

El mayor valor entre:

$$A_{sh1} = 0.3 s b_c \frac{f'_c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right]$$

$$A_{sh2} = 0.09 s b_c \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

El acero necesario se colocará a una separación s_1 hasta llegar a una altura de muro igual o mayor a la mayor entre l_w y $M_u/4V_u$ (Zona Crítica) y una separación s_2 en una altura mayor a la zona crítica, los valores de separación se detallan a continuación:

s_1 es el mínimo valor entre:

$$\frac{\text{dimensión más pequeña del elemento de borde}}{4}$$

6 * diámetro de varilla longitudinal más pequeña

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - hx}{3} \right)$$

100 mm

s_2 es el mínimo valor entre:

6 * diámetro de varilla longitudinal más pequeña

150 mm

3.5 Análisis de resultados

Durante el desarrollo del proyecto de investigación, los estudios realizados a los modelos presentan resultados los cuales se analizan a partir de algunas acciones, donde:

- Se comparan las ecuaciones que tanto la normativa ecuatoriana NEC-15 y el código ACI 318-19 contienen para el diseño especial de muros de hormigón armado a corte para buscar, identificar y demostrar los cambios que presentan y sus consideraciones.
- Se verifica la demanda-capacidad del muro mediante la representación gráfica de los valores máximos de corte y momento (diagrama de iteración).
- Se realiza un análisis estadístico de las variaciones encontradas en las derivas, excentricidades y desplazamientos de la edificación, respecto a la aplicación de la normativa ecuatoriana y extranjera.
- En el diseño del acero longitudinal y transversal del muro y elementos de borde; se realiza el análisis solo para los muros más críticos en sentido X-X y Y-Y tanto para la NEC-15 y ACI 318-19. Así también, se realiza una comparación de las diferencias en los aceros tanto para la NEC-15 como para el ACI 318-19.
- Considerando porcentajes de variación en los aceros necesarios, derivas de piso, desplazamientos y excentricidades, se realiza un análisis de varianza de un factor (ANOVA).

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comparación en el análisis y diseño entre la NEC y ACI

Las variaciones entre las consideraciones, controles y cumplimientos para el correcto diseño de Muros estructurales de hormigón armado entre la NEC-15 y ACI 318-19 se evidencia a continuación:

Las inercias agrietadas (I_g) en la modelación juegan un papel importante, porque las mismas son utilizadas para dar un comportamiento más real al muro en el momento de realizar el análisis mediante el Software ETABS. En la Tabla 6 se presentan los valores de inercias agrietadas.

Tabla 6
Inercias Agrietadas

NEC 2015	ACI 318-19	OBSERVACIONES
De la NEC-SE-HM Sección 6.1.6, menciona que: 0.5I para vigas 0.8I para columnas 0.6I para muros estructurales	La Tabla 6.6.3.1.1 (a) del ACI, menciona que: 0.7I para Columnas 0.7I para Muros no Fisurados 0.35I para Muros Fisurados 0.35I para Vigas 0.25I para placas planas y Losas	Se evidencia cambios entre los coeficientes de las inercias agrietadas entre las dos normativas.

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

La Tabla 6 presenta cambios de los valores en los coeficientes con respecto a las inercias de los elementos estructurales como vigas, columnas y muros estructurales. La inercia agrietada para muros estructurales se debe tomar el 35% y 70% de la Inercia producida por la sección del elemento, considerando si el muro es fisurado o no fisurado respectivamente.

Los tipos de casos de muros nos ayudan a identificar qué clase de muro vamos a diseñar, la Tabla 7 indica los casos que presenta la NEC y ACI.

Tabla 7
Casos de Muros

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
Según la NEC-SE-HM sección 6.1, menciona: Caso 1: $\frac{M_u}{V_u * l_w} \geq 2$ Caso 2: $\frac{M_u}{V_u * l_w} < 2$	Según la sección R18.10.1, presenta Caso 1: $\frac{h_w}{l_w} \geq 2$ Caso 2: $\frac{h_w}{l_w} < 2$	Se evidencia que las dos normativas presentan maneras distintas de análisis de casos.

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

En la Tabla 7 se presentan los casos para un previo análisis del muro, el cual vemos una diferencia entre las dos normativas. Evidenciando que la norma ecuatoriana trabaja con una relación de momento último y cortante último por la longitud del muro, mientras el ACI trabaja con una relación de altura y longitud del muro. Sin embargo, ambas normativas concuerdan que al momento que el muro presenta el Caso 1 este deberá ser diseñado con consideraciones a flexo-compresión.

Para los valores del ancho o espesor del muro se determinan mediante las consideraciones presentadas en la Tabla 8.

Tabla 8
Espesores mínimos para muros estructurales

NEC-15	ACI 318-14	ACI 318-19	OBSERVACIONES
La NEC-SE-HM no presenta un valor de espesor mínimo para muros.	Según la Tabla 11.3.1.1 del ACI, considera el mayor valor de: 100 mm menor $\begin{cases} \frac{h_w}{25} \\ \frac{l_w}{25} \end{cases}$	Según la Tabla 11.3.1.1 del ACI, considera el mayor valor de: 100 mm menor $\begin{cases} \frac{h_w}{25} \\ \frac{l_w}{25} \end{cases}$	La NEC-SE-HM del 2015 no presenta estas consideraciones, pero en el ACI 318-19 los valores de la Tabla 11.3.1.1 se mantienen con respecto al ACI 318-14.

Fuente: (NEC, 2015), (ACI 318, 2014) y (ACI 318, 2019)

La Tabla 8 respecto a valores mínimos para espesores de muros estructurales, presenta diferencias entre las dos normativas. La NEC-15 no menciona ninguna información respecto a este criterio, mientras que el ACI 318-14 y 19 presenta un valor mínimo de 10 cm de espesor de muro.

La carga última a compresión y tensión pura del muro, empleadas para construir el Diagrama de Interacción, corresponden al primer y último par de valores carga-momento. En la Tabla 9 se presentan las ecuaciones para el cálculo de la carga última a compresión y tensión.

Tabla 9
Carga última a compresión y tensión

NEC-15	ACI 318-14	ACI 318-19	OBSERVACIONES
La NEC-SE-HM en ninguna sección presenta “ P_u max” de una manera específica, ni tampoco menciona los capítulos del ACI.	Según la sección 22.4.2 del ACI 318-14, menciona: $P_{u,max} = 0.80\phi(0.85f_c(A_g - A_{st}) + f_yA_{st})$ ϕ : 0.65 para elementos sometidos a compresión $P_u = \phi f_y A_{st}$ ϕ : 0.90 para elementos sometidos a tensión	Según la sección 22.4.2 del ACI 318-19, menciona: $P_{u,max} = 0.80\phi(0.85f_c(A_g - A_{st}) + f_yA_{st})$ ϕ : 0.65 para elementos sometidos a compresión $P_u = \phi f_y A_{st}$ ϕ : 0.90 para elementos sometidos a tensión	La NEC-15 no presenta esta ecuación, pero el ACI 318-14 la menciona en la Sección 22.4.2. No existen cambios entre el ACI 318-14 y ACI 318-19 en la sección 22.4.2.

Fuente: (NEC, 2015), (ACI 318, 2014) y (ACI 318, 2019)

La ecuación que se presenta en la Tabla 9 para el análisis y control de resistencia a compresión del muro, no se describe en la NEC-SE-HM del 2015. En cambio, el código ACI 318-19 y ACI 318-14 no presentan modificaciones.

La cuantía es la relación entre el área de acero y el área de la sección del muro, esta contiene un valor mínimo que se presentan a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10
Cuantías mínimas de acero

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
	Según la sección 11.6.1 $\rho_l = \rho_t \geq 0.0025$ Según la Sección 11.6.1 $\text{Si, } V_u \leq 0.13\phi \alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} A_{cv}$ Según la sección 18.10.2.1 $\text{Si, } V_u \leq 0.27\lambda \sqrt{f'_c} A_{cv}$	
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.4: $\rho_l = \rho_t \geq 0.0025$	$\rho_l = 0.0012$ para varillas ≤ 16 mm con $f_y \geq 4200$ kg/cm ² $\rho_l = 0.0015$ para varillas ≤ 16 mm con $f_y < 4200$ kg/cm ² $\rho_l = 0.0015$ para varillas > 16 mm con f_y cualquiera $\rho_l = 0.0012$ para refuerzos electrosoldados con un f_y cualquiera. $\rho_t = 0.0020$ para varillas ≤ 16 mm con $f_y \geq 4200$ kg/cm ² $\rho_t = 0.0025$ para varillas ≤ 16 mm con $f_y < 4200$ kg/cm ² $\rho_t = 0.0025$ para varillas > 16 mm con f_y cualquiera $\rho_t = 0.0020$ para refuerzos electrosoldados con f_y cualquiera	El código ACI 318-19 presenta cambios entre la NEC- 15 respecto a las cuantías mínimas para el acero de refuerzo longitudinal y transversal.
Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)		

En la Tabla 10, con respecto a las cuantías mínimas del refuerzo tanto horizontal y longitudinal de acero, se mantiene el valor de 0.0025 para las dos normativas ACI 318-19 y NEC-15. Además, el ACI 318-19 de una manera rigurosa presenta consideraciones según el diámetro y resistencia de fluencia del acero.

La separación máxima del refuerzo de acero longitudinal y transversal del muro, que se debe colocar se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11
Espaciamientos máximos del acero longitudinal y transversal

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.3 Espaciamiento máximo “s” entre refuerzos del acero longitudinal y transversal es: 450 mm	Según la sección 11.7.2. el espaciamiento máximo “s” del acero longitudinal, debe ser el menor entre: 3h 450 mm $l_w/3$ Según la Sección 11.7.3 el espaciamiento máximo “s” del acero transversal, debe ser el menor entre: 5h 450 mm $l_w/5$	Se observan diferencias entre ambas normativas respecto a los espaciamientos del refuerzo de acero transversal y longitudinal dentro del muro.
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.3 se debe usar al menos doble malla de refuerzo en cualquier muro estructural de hormigón de más de 150 mm de espesor.	Según la sección 11.7.2.3 menciona que, con espesores mayores a 250 mm, debe tener refuerzo de acero distribuido en dos capas paralelas.	

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

En la Tabla 11, podemos visualizar la separación máxima que permite tanto el código ACI 318-19 y la NEC-15, la cual es 45 cm. Además, el código ACI 318-19 presenta mayores condiciones en base a su espesor y longitud del muro, permitiendo así un mayor control.

Respecto al diseño a corte se presentan algunas consideraciones que debe cumplir el muro, estas se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12
Diseño a Corte

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
La NEC-SE-HM Sección 5.1.1 $V_u \leq \phi(V_c + V_s)$	Sección 11.5 $V_u \leq \phi(V_c + V_s)$	
La NEC-SE-HM Sección 5.1.1 $V_n = V_c + V_s$	Según sección 22.5 $V_n = V_c + V_s$	No existe cambio alguno en las dos normativas NEC-15 y ACI 318-19
La NEC-SE-HM Sección 5.3.3 $V_n \leq (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_c v$ $\alpha_c = 0.80$ para $h_w/l_w \leq 1.5$ $\alpha_c = 0.53$ para $h_w/l_w \geq 2$	Sección 11.5.4.3 y sección 18.10.4.1 $V_n \leq (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) A_c v$ $\alpha_c = 0.80$ para $h_w/l_w \leq 1.5$ $\alpha_c = 0.53$ para $h_w/l_w \geq 2$	

α_c varia linealmente entre 0.80 y 0.53 para $1.5 < h_w/l_w < 2$	α_c varia linealmente entre 0.80 y 0.53 para $1.5 < h_w/l_w < 2$	
La NEC-SE-HM Sección 5.3.3	Sección 18.10.4.1	
$V_n \leq 2.65\sqrt{f'_c}Acv$	$V_n \leq 2.65\sqrt{f'_c}Acv$	
La NEC-SE-HM Sección 5.1.1, menciona el Capítulo 11 del ACI 318-14. Según sección 11.5.4.5 y sección 22.5.5.1 del ACI 318-14.	Sección 22.5.5.1	Existe diferencias entre ambas normativas
$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'_c} A_{cv}$	$V_c = \left(0.53\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g}\right) Acv$	
La NEC-SE-HM Sección 5.1.1, menciona el Capítulo 11 del ACI 318-14. Según la sección 11.5.4.8 y sección 22.5 del ACI 318-14.	Sección 22.5.8.5.3	Ambas normativas trabajan con la misma ecuación
$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$	$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$	

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

La Tabla 12 muestra los parámetros de diseño que deben cumplir los muros estructurales con respecto al diseño a corte. Se puede observar que la metodología de diseño de ambas normativas en base a sus ecuaciones es bastante similar, la única diferencia encontrada es la ecuación de cortante máximo del hormigón.

La Tabla 13 presentan las ecuaciones de la fuerza cortante de diseño, en la cual se puede observar las diferencias que existen entre la NEC-15 y el ACI 318-19.

Tabla 13
Ecuaciones de la fuerza cortante de diseño

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
La NEC-SE-HM Sección 5.3.2, menciona: $V_e = \phi^o \omega V_u \leq 3V_u$ $\phi^o = \left(\frac{M_n}{M_u}\right)$ $\omega = 1 + \frac{\mu}{\phi^o} C_{2,T}$ $C_{2,T} = 0.067 + 0.4(T_1 - 0.5) \leq 1.15$	Sección 18.10.3.1, menciona: $V_e = \Omega \omega V_u \leq 3V_u$ $\Omega = \left(\frac{M_n}{M_u}\right)$ $\omega = 0.9 + \frac{n_s}{10}$ si $n_s \leq 6$ $\omega = 1.3 + \frac{n_s}{30}$ si $n_s > 6$	Existe diferencia entre ambas normativas en su metodología de cálculo.

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

La Tabla 13 presenta la ecuación del cortante último de diseño, tanto para la normativa NEC-15 y ACI 318-19, que busca una fuerza cortante mayorada con la integración de factores de sobrerresistencia y amplificación dinámica. Respecto a este

criterio las normativas presentan diferencias de nomenclatura entre los factores Ω y ϕ . Además, se diferencia en la forma de obtener del factor ω , ya que cada normativa tiene sus parámetros de cálculo.

La Tabla 14 presenta controles y requisitos que deben cumplir los elementos de borde, en caso de que el muro lo requiera.

Tabla 14
Controles y requerimientos para elementos de borde especiales

NEC 15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
Cuando se requiere elementos de borde especiales		
Caso 1: Requerimiento de deformación. Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c): $c \geq \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta u}{h_w} \right)}$ $\frac{\delta u}{h_w} \geq 0.007$	Caso 1: Requerimiento de deformación. Según la sección 18.10.6.2 $c \geq \frac{l_w}{600 \left(1.5 \frac{\delta u}{h_w} \right)}$ $\frac{\delta u}{h_w} \geq 0.005$ $b \geq \sqrt{0.025cl_w}$ $\frac{\delta_c}{h_w} = \frac{1.5\delta_u}{h_w} \text{ donde:}$ $\frac{\delta_c}{h_w} = \frac{1}{100} \left[4 - \frac{1}{50} \left(\frac{lw}{b} \right) \left(\frac{c}{b} \right) - \frac{Vu}{0.68\sqrt{f'c}A_{cv}} \right]$ $\frac{\delta_c}{h_w} \geq 0.015$	Existen diferencias entre ambas normativas. En el código ACI 318-19 aumenta consideraciones en la sección 18.10.6.2 y 18.10.6.3.
Caso 2: Requerimiento de esfuerzos. Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c): $\sigma_c \geq 0.20f'c$	Caso 2: Requerimiento de esfuerzos. Según la sección 18.10.6.3 $\sigma_c \geq 0.20f'c$	Tanto la NEC-15 como la ACI 318-19 trabajan con el mismo criterio.
Cuando no se requiere elementos de borde especiales		
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c): Si ρ en los bordes $> 28/f_y$	Según sección 18.10.6.5 (b) Si ρ en los bordes $> 28/f_y$	No existen cambios. Ambas normas mencionan que en caso de no requerir elemento de borde especiales, se debe colocar refuerzo de confinamiento en su longitud de borde si cumple las condiciones dadas.
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c): Si $V_u > 0.27\lambda\sqrt{f'c}A_{cv}$	Según la sección 18.10.6.5 (b) Si $V_u > 0.27\lambda\sqrt{f'c}A_{cv}$	No existen ningún cambio. Ambas normativas mencionan que no se colocará elementos de borde en caso de cumplir estas condiciones.

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

Nota: Para el Caso 1, en caso de no cumplir con el requerimiento de deformaciones los elementos de borde, se deberán colocar acero en todo lo alto del muro hasta una altura donde su esfuerzo a compresión no exceda el 20% de $f'c$.

En la Tabla 14 se puede destacar también que, la norma ACI 318-19 adiciona dos consideraciones respecto a elementos de borde, a fin de una mejor evaluación para la incorporación de estos elementos de confinamiento.

La Tabla 15 presenta los distintos criterios que la NEC-15 y ACI 318-19 exponen, para el predimensionamiento de la longitud de confinamiento que deben tener los elementos de borde.

Tabla 15
Longitud de Borde

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 literal d; la mayor entre:	Según la sección 18.10.6.4 literal a; la mayor entre:	
$L_{eb} = c - 0.10l_w$	$L_{eb} = c - 0.10l_w$	No existe una diferencia entre ambas normativas.
$L_{eb} = \frac{c}{2}$	$L_{eb} = \frac{c}{2}$	

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

En la Tabla 15 se puede observar que, para el dimensionamiento de la zona de confinamiento, tanto la norma ecuatoriana y extranjera trabajan en base a la profundidad del eje neutro “c”, para obtener la longitud del elemento de borde.

En la Tabla 16 se expone información respecto a las zonas críticas de los muros estructurales.

Tabla 16
Zona Crítica

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
Caso 1: Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c), menciona que la sección crítica es el mayor valor entre l_w $M_u/4V_u$	Caso 1: Según la sección 18.10.6.2 (b), menciona que la sección crítica es el mayor valor entre l_w $M_u/4V_u$	No existe ningún cambio respecto a la zona Crítica en ambas normativas
Caso 2: Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c), menciona que la sección crítica se extenderá donde el esfuerzo a compresión máximo exceda el $0.20f_c$ y sea mayor o igual al $0.15f_c$.	Caso 2: Según la sección 18.10.6.3, menciona que la sección crítica se extenderá donde el esfuerzo a compresión máximo exceda el $0.20f_c$ y sea mayor o igual al $0.15f_c$.	
Según la NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (c), no se requiere estribos cuando el esfuerzo a compresión sea menor que $0.15f_c$	No se requiere estribos cuando el esfuerzo a compresión sea menor a $0.15f_c$ ρ en los bordes $\leq 28/f_y$	Existe diferencia entre ambas normativas, pues el código ACI 318-19 aumenta una condición para determinar el requerimiento de estribos en los bordes.

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

En la Tabla 16 se puede observar los casos y condiciones de los de las zonas críticas, que representan la longitud o la altura hasta donde se debe colocar el acero de confinamiento en los elementos de borde del muro.

Respecto al diseño de elementos a borde (estribos), las ecuaciones se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17
Diseño de elementos de borde

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
<p>La NEC-SE-HM Sección 4.3.3 (c), menciona:</p> $A_{sh1} = 0.3 s b_c \frac{f'c}{fy_t} \left[\frac{Ag}{Ac} - 1 \right]$ $A_{sh2} = 0.09 s b_c \frac{f'c}{fy_t}$	<p>Según la Sección 18.10.7.4 (c)</p> $A_{sh1} = 0.3 s b_c \frac{f'c}{fy_t} \left[\frac{Ag}{Ac} - 1 \right]$ $A_{sh2} = 0.09 s b_c \frac{f'c}{fy_t}$	<p>El código ACI 318-19 y NEC-15 presenta las mismas ecuaciones, no existe cambio alguno.</p>

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

La Tabla 17 presenta ecuaciones para el acero transversal o estribos que se deberán colocar en los elementos de borde en caso de que el muro los considere, podemos presenciar que no existe ningún cambio respecto a las dos normativas en estudio.

Respecto a las separaciones que tendrá el acero de confinamiento en los elementos de borde, se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18
Separación de acero transversal en elementos de borde

NEC-15	ACI 318-19	OBSERVACIONES
Cuando se requiere elementos de borde especiales		
<p>La NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (d) menciona que se debe cumplir lo dicho en la sección 4.3.4</p> <p><u>dimensión mínima del elemento</u></p> $s = \frac{4}{\frac{6d_{b \text{ menor}}}{3} + 1} \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$ <p>150 mm</p>	<p>Según la sección 18.7.5.3 No debe exceder la menor entre:</p> <p>$6d_{b \text{ menor}}$ 150 mm</p> $s = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$ <p>Según la sección 18.10.6.4 (e):</p> <p><u>dimensión mínima del elemento</u></p> <p>3</p>	<p>Existen diferencia entre ambas normativas</p>
Cuando no se requiere elementos de borde especiales		
<p>La NEC-SE-HM Sección 6.1.5 (d) menciona que se debe cumplir los parámetros de la sección 4.3.4, además, menciona que el espaciamiento máximo es 200 mm</p>	<p>Según la sección 18.10.6.5 Dentro de zona crítica (Caso 1) el menor de:</p> <p>$6d_{b \text{ menor}}$ 150mm</p> <p>Fuera de zona crítica (Caso 1) el menor de:</p> <p>$8d_{b \text{ menor}}$ 200 mm</p>	<p>Existe diferencia entre la normativa ecuatoriana y ACI 318-19, respecto al espaciamiento de estribos cuando no requiere elementos especiales de borde.</p>

Nota: h_x dentro de la sección del elemento de borde no debe exceder de 350 mm centro a centro

Fuente: (NEC, 2015) y (ACI 318, 2019)

En la Tabla 18 se observa los criterios para el cálculo de separación del acero transversal en los elementos de borde, donde entre ambas normativas existen diferencias, siendo la más significativa la implementación en la norma extranjera un espaciamiento de estribos cuando el muro no requiera elementos especiales de borde.

4.2 Análisis de resultados en una edificación

4.2.1 Diferencias de derivas, desplazamientos, excentricidades y modos de vibración

Se puede observar en el anexo 9 y 10 los resultados de derivas de piso, desplazamientos de piso y excentricidades del modelado, en sentido XX y YY, de los ocho pisos de análisis de la edificación aplicando la NEC-15 y ACI 318-19.

Al aplicar las inercias de la Normativa Ecuatoriana de Construcción al modelo, se puede evidenciar una mejor estabilidad y rigidez en la estructura, frente a la aplicación de factores de inercia del código ACI 318-19. Esto se debe a que dentro del código nacional los factores de inercia son más altos. Cabe mencionar también, que el piso 8 corresponde a la losa de la Tapa grada, y es por este motivo que se tiene excentricidades muy grandes en este piso, ya que se encuentra el sentido de la mayor rigidez de la escalera (XX).

- Diferencias de derivas, desplazamientos y excentricidades finales

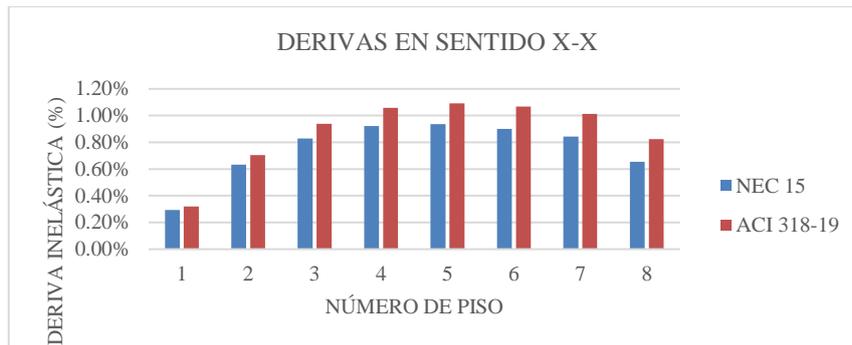


Figura 13. Derivas en sentido X-X



Figura 14. Derivas en sentido Y-Y

En la figura 13 y 14 se puede observar la disminución de las derivas de piso, tanto en el eje XX y YY con respecto al modelo inicial aplicando los parámetros del ACI 318-19 y la NEC-15. La diferencia de derivas entre estas dos normativas se podría deber a las inercias

agrietadas que en cada código se especifican. De esta manera, al aplicar las restricciones del código ACI (0.35I_g en vigas, 0.7I_g en columnas y 0.35I_g en muros), la estructura se vuelve menos rígida que al emplear el código ecuatoriano (0.50I_g en vigas, 0.8I_g en columnas y 0.60I_g en muros). Como consecuencia de la mayor reducción de inercias en el ACI 318-19 se incrementaron las demandas de acero en los elementos estructurales, como se verá más adelante.



Figura 15. Desplazamientos en sentido X-X



Figura 16. Desplazamientos en sentido Y-Y

La reducción de los desplazamientos al igual que la derivas respecto a la estructura inicial es evidente debido a las inercias agrietadas. De esta manera, el modelo analizado con el ACI 318-19 presenta más flexibilidad y menor rigidez, desarrollando un mayor grado de desplazamiento respecto al modelo aplicado la NEC-15. También se observa que al aplicar cualquiera de las dos normas, la estructura tiene mayor desplazamiento en sentido X-X (figura 15) ya que cuenta con 5 pórticos igual que en el sentido Y-Y (figura 16), solo que éste cuenta con una longitud menor respecto al otro eje.

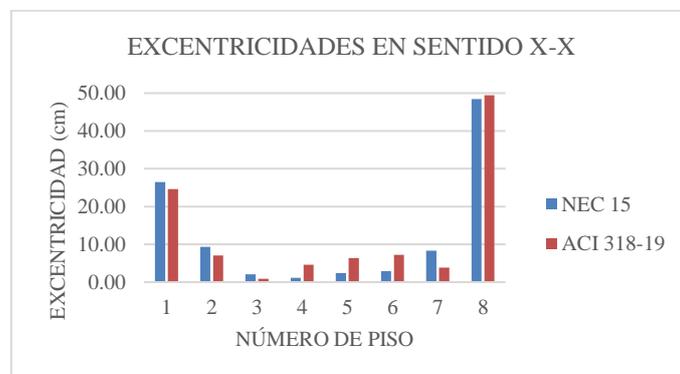


Figura 17. Excentricidades en sentido X-X

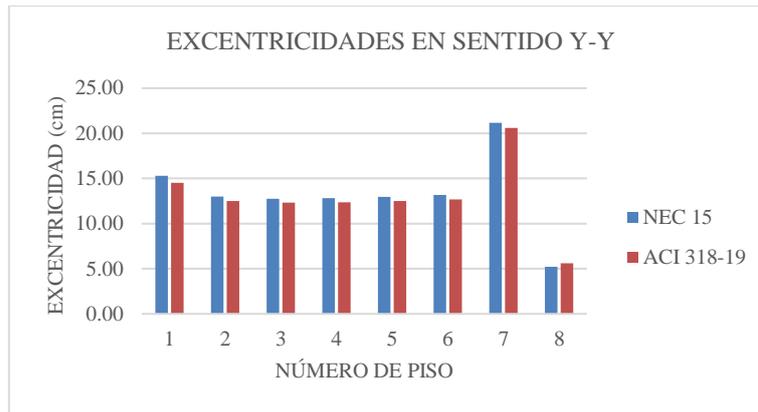


Figura 18. Excentricidades en sentido Y-Y

En la excentricidad en planta tanto para el eje X-X (figura 17) y eje Y-Y (figura 18), se pretende que CM y CR tengan valores muy cercanos para que no exista una gran diferencia, con lo cual se garantiza que la edificación no sufra efectos de torsión en planta frente a un sismo de magnitud considerable.

Se puede observar que a pesar de las restricciones como la presencia de las escaleras o el pozo de luz; aplicando la NEC-15 o ACI 318-19 la edificación se encuentra dentro de los límites permitidos de excentricidades sin exceder: 0.925 m en X y 0.86 m en Y. Cabe destacar que la mayor excentricidad se encuentra es en el octavo piso del eje X-X esto debido a la presencia de la tapa grada que existe en ese nivel.

- Diferencias entre los modos de vibración

La Tabla 19 presentan los modos de vibración de la estructura modelada con las normativas ACI 318-19 y NEC-15.

Tabla 19
Modos de Vibración

Modo	NEC-15				ACI 318-19				
	Periodo seg	RX	RY	RZ	Modo	Periodo seg	RX	RY	RZ
1	0.583	0.3303	6.96E-06	0.0002	1	0.583	0.3362	0.0003	0.0001
2	0.572	8.44E-06	0.3291	0.0004	2	0.572	0.0003	0.3363	0.0003
3	0.415	1.04E-05	0.0002	0.6939	3	0.415	0	0.0002	0.689

La Tabla 19 presenta el primer y segundo modo de vibración que son traslacionales en los ejes XX y YY, y el tercer modo de vibración que es torsional. La columna de datos RZ, representa los valores de torsión que sufre la estructura para los tres modos de vibración. Existe una mínima diferencia del valor RZ entre la NEC-15 y ACI 318-19, respecto al tercer modo de vibración de 0.0049. Con la colocación de muros estructurales los valores torsionales del tercer modo son menores al 80%, pero los valores torsionales del primer y segundo modo son menores al 1%, con lo que podemos concluir que la edificación trabaja efectivamente.

4.2.2 Diseño de muros NEC-15

- Diseño del muro más crítico sentido Y-Y (NEC-15)

En esta sección se presentan los diferentes resultados de los cálculos aplicados a los muros, para obtener elementos de borde, cantidad de aceros colocados, separaciones, condiciones o restricciones que se deben cumplir, así también como diagramas de iteración; todo esto con el fin de obtener un buen comportamiento de estos elementos en el eje Y-Y. A continuación, se presenta la Tabla 20 con los cálculos iniciales.

Tabla 20

Cálculos iniciales del muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

DISEÑO DEL MURO DE CORTE TIPO I EJE Y-Y									
DATOS DE LOS ELEMENTOS									
COLUMNA	Altura [cm]	65	MURO	Espesor [cm]	30	COLUMNA	Altura [cm]	65	
	Base [cm]	65		Long. Mur [cm]	300		Base [cm]	65	
	Área Columna [cm ²]	4225		Ag Total Muro [cm ²]	9000		Área Columna [cm ²]	4225	
	As. Min [cm ²]	42.25		As. Min [cm ²]	90		As. Min [cm ²]	42.25	
	Rec [cm]	4		Rec [cm]	2		Rec [cm]	4	
	Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm]	1	
1. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE BORDE									
PRIMERA CONDICIÓN					SEGUNDA CONDICIÓN				
$c \geq \frac{l_w}{600 \cdot (\frac{h_w}{l_w})}$					$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_C}{I}$				
C	38.774	No Necesita	$\sigma = 0.20f'c$		48	Necesita			
C. Lim	71.4285714		E. Comp Max [kg/cm ²]		115.74				
2. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE BORDE									
	PISO	1	2	3	4	5	6	7	8
$c - 0.1l_w$	Log. E. Borde [cm]	8.774	7.222	5.272	3.315	-30	-30	-30	-30
$c/2$	Log. E. Borde [cm]	19.387	18.611	17.636	16.6575	0	0	0	0
	Máximo	19.387	18.611	17.636	16.6575	0	0	0	0
	Altura [cm]	30	20	20	20	0	0	0	0
CUMPLE									
3. DOBLE CAPA DE ACERO									
PRIMERA CONDICIÓN					SEGUNDA CONDICIÓN				
$V_u > 0.53A_{cv}\lambda\sqrt{f'c}$					$h_w/l_w \geq 2$				
Vu [T]	168.3965	Necesita	$\frac{h_w}{l_w}$		2	Necesita			
	73.8965222		hw/lw		6.53333				

Como se puede observar en la Tabla 20 al cumplir la segunda condición de la necesidad de elementos de borde, se procede con el predimensionamiento. Este está vinculado con la profundidad del eje neutro, para lo cual en estos casos como el muro se extiende entre los ejes 2 y 3, las columnas actúan como elementos de borde. Finalmente, se

verifica el uso de la doble capa de acero para el alma del muro, para lo cual en base a las dos condiciones aplicadas sí se requiere en este caso.

Tabla 21

Diseño de aceros finales del muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

ACERO LONGITUDINAL														
PISO	As. Muro [cm ²]	Capa	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPLE	#Var./lec	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Separación			
1	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PISO	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA							COLUMNA DERECHA O ABAJO						
	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE
1	117.32	2.5	12	58.90	117.81	8.75	OK	117.32	2.5	12	58.90	117.81	8.75	OK
		2.5	12	58.90					2.5	12	58.90			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PISO	Vn act. [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av Calc	Av Neces						
1	200.95	168.40	32.56	266.03	OK	7.5	5.74	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

NOTA: La tabla con los resultados del cálculo de aceros de todos los pisos se encuentra en el anexo 11.

En la Tabla 21 se observan los distintos diseños de acero como, el longitudinal colocado en el alma del muro el cual trabaja con la cuantía mínima que es 0.25% (27.709 cm² a lo largo y alto de todo el elemento).

El acero en los elementos de borde debe estar distribuidos de manera estratégica debido a que estos brindan estabilidad a la estructura. Se colocó 14 varillas de 2.8 cm en cada elemento de borde, recordando que para la construcción in situ se debe realizar traslapes cada tres pisos, procurando reducir menos del 50% de la cantidad de varillas colocadas.

Finalmente, el acero transversal para el análisis realizado con la NEC del 2015 trabaja con la cuantía mínima de 0.0025 lo cual permite colocar (2Ø14mm@25 cm) por cada metro, esto debe ser colocado en todo el alto del muro.

Los puntos calculados de forma analítica y obtenido del ETABS de la capacidad axial y momentos aceptables del muro del pórtico E entre los ejes 2 y 3 con el refuerzo de acero diseñado, se puede apreciar en el Anexo 12.

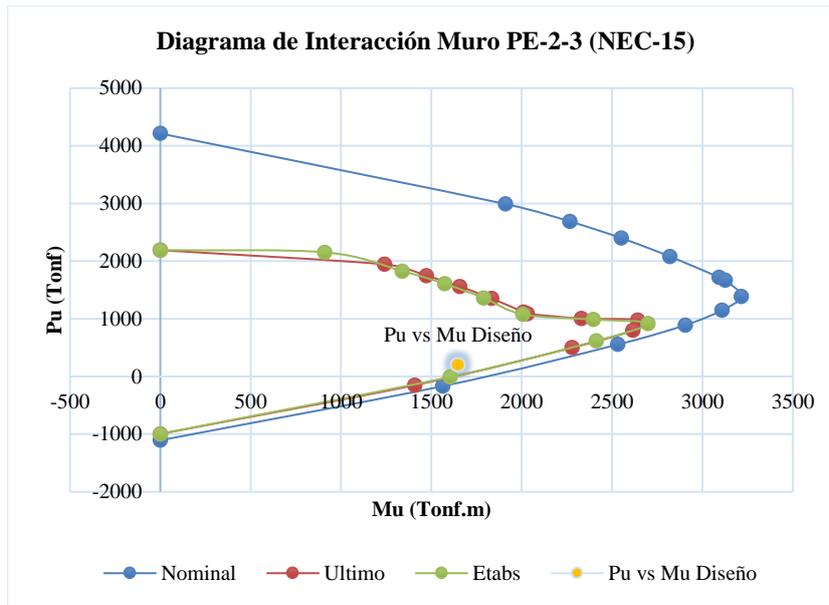


Figura 19. Diagrama de Interacción del Muro PE-2-3 (NEC-15)

La figura 19 demuestra el comportamiento que tiene la carga axial versus momento flexionante del muro que se ubica en el eje E entre los pórticos dos y tres, además podemos observar que la carga y momento último de diseño tomado por el ETABS se ubica dentro de la curva de interacción última calculada y obtenida del ETABS.

Tabla 22

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

Piso	Muro	V_u	V_e diseño	V_c	V_s	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa (cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	PE-2-3	170.81	213.11	71.93	178.80	12	2.26	15.52	7.5	30.16	8	18.10	2Ø12@13cm

Nota: Los resultados de diseño colocados son de la sección del Muro PE-2-3 del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 13.

El contenido de la Tabla 22, representa los resultados del diseño por capacidad del acero de refuerzo horizontal del muro en la cual se puede visualizar el Cortante de diseño del hormigón y del acero requerido, el área de acero y separación calculada y mínima. Además, se expone el resultado final del diseño a corte por capacidad para el muro del pórtico E entre los pórticos dos y tres con un acero colocado final de 1 varilla de 12 mm de diámetro a cada 13 cm de distancia distribuidas en cada cara de la pantalla del muro.

Con respecto a la longitud de la zona crítica, requisitos de las dimensiones de los elementos de borde, el valor de separación, acero necesario y ramales que tendrán los estribos de confinamiento, los cálculos respectivos se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE															
Piso	Muro	Control 1 $c=climit$	Control 2 $0.15f'c > \sigma_c >= 0.2f'c$	lw (m)	Mu/4Vu	Zona Crítica Lo (m)	Extremo 1: E borde	Extremo 2: Columna	$b >= hu/16$; Si $C/Lw >= 0.375$ $b >= 300mm$	s1 Zona Crítica (cm)	s2 Otra Ubicación (cm)				
1	PE-2-3	Confinamiento Especial	Confinamiento Especial	3.65	2.41	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12				
RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO															
EXTREMO 1								EXTREMO 2							
bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios	bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67 ≈ 4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67 ≈ 4

Nota: Los resultados de diseño colocados de elementos de borde son de la sección del Muro PE-2-3 del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 14.

Nota: El plano en planta de la sección del Muro PE-2-3 del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño se puede observar en el Anexo 15.

La Tabla 23 presenta resultados del análisis y diseño de elementos de borde, de cada piso del muro del eje E entre los pórticos dos y tres. Se puede evidenciar también que el Muro PE-2-3 requiere elementos de borde, para lo cual se necesitan 4 ramales en estribos en el sentido del muro, con un diámetro de acero de 10 mm, una separación de 10 cm hasta el 4 piso y una separación de 12 cm los pisos restantes.

- **Diseño del muro más crítico sentido X-X (NEC-15)**

La Tabla 24 contiene cálculos iniciales para el muro del eje X-X. Posteriormente, en esta sección se presentan tablas con los diferentes resultados de elementos de borde, cantidad de aceros colocados, separaciones, condiciones o restricciones que se deben cumplir, así también como diagramas de iteración.

Tabla 24

Cálculos iniciales del muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

DISEÑO DEL MURO DE CORTE TIPO T – EJE (A-B)								
ELEMENTOS								
COLUMNA	Altura [cm]	60	MURO	Espesor [cm]	30	E. BORDE	Espesor [cm]	30
	Base [cm]	60		Long. Mur [cm]	350		L. E. Borde [cm]	65
	A. Colum [cm ²]	3600		Ag Total Muro [cm ²]	10500		Ag Total Muro [cm ²]	1950
	As. Min [cm ²]	36		As. Min [cm ²]	105		As. Min [cm ²]	19,5
	Rec [cm]	4		Rec [cm]	2		Rec [cm]	2
	Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm]	1

1. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE BORDE

PRIMERA CONDICIÓN		SEGUNDA CONDICIÓN	
$c \geq \frac{h_w}{600 + \frac{2h_w}{3}}$		$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_C}{I}$	
C	100.072	$\sigma = 0.20f'c$	48
C. Lim	83.3333333	E. Comp Max [kg/cm ²]	156.05
	Necesita		Necesita

2. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE BORDE

PISO		1	2	3	4	5	6	7	8
$c - 0.1l_w$	Log. E. Borde [cm]	65.072	46.057	28.603	14.636	-35	-35	-35	-35
$c/2$	Log. E. Borde [cm]	50.036	40.5285	31.8015	24.818	0	0	0	0
	Máximo	65.072	46.057	31.8015	24.818	0	0	0	0
	Altura [cm]	65	45	30	30	0	0	0	0
CUMPLE									

3. DOBLE CAPA DE ACERO

PRIMERA CONDICIÓN		SEGUNDA CONDICIÓN	
$V_u > 0.53A_{cv}\lambda\sqrt{f'c}$		$h_w/l_w \geq 2$	
Vu [T]	196.4626		2
	86.2126093	Necesita	hw/lw
			5.6
			Necesita

Se puede observar en la Tabla 24 que en base a las dos condiciones se necesitan elementos de borde, posteriormente se procesa con el predimensionamiento el cual está vinculado con la profundidad del eje neutro “c” con lo cual el área de confinamiento tiene las dimensiones de 65 cm de largo y 30 cm de ancho. Finalmente, se verifica el uso de la doble capa de acero para el alma del muro.

Tabla 25

Diseño de aceros finales del muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

ACERO LONGITUDINAL														
PIS O	As. Muro [cm ²]	CAPA	Diam (cm)	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPL E	#Var.C/le c	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Sep			
1	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PIS O	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA						E. BORDE DERECHA O ABAJO							
	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E
1	102.07	2.5	12	58.90	104.52	7.92	OK	102.07	2.5	14	68.72	106.74	7.92	OK
		2.2	12	45.62					2.2	10	38.01			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PIS O	Vn act [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av calc	Av nec						
1	158.30	196.46	Av min	310.37	OK	7.5	7.50	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

NOTA: La tabla con los resultados del cálculo de aceros de todos los pisos se encuentra en el anexo 16.

La Tabla 25 presenta los distintos diseños de aceros. En primer lugar, expone el longitudinal que se coloca en el alma del muro, este trabaja con una cuantía mínima (10Ø14 mm) en cada cara del muro a lo largo y alto de todo el elemento, con este acero se cumple la demanda solicitada.

El acero para confinamiento está distribuido de manera estratégica tanto para la columna como para el elemento de borde, donde para ambos casos el primer piso es el de mayor demanda. Para ambos elementos se coloca el mismo número de varillas, pero diferentes diámetros para cumplir con las separaciones respectivas ya que uno tiene mayor dimensión a lo largo respecto al ancho, dificultando la colocación adecuada del acero.

Finalmente, el acero transversal para el análisis realizado con la NEC-15 propone trabajar con una cuantía mínima de 0.0025 permitiendo de esta manera colocar (1Ø14mm@25 cm) por cada metro en cada cara, esto debe ser colocado en todo el alto del muro.

Los puntos calculados de forma analítica y obtenido del ETABS de la capacidad axial y momentos aceptables del muro del pórtico 5 entre los ejes A y B con el refuerzo de acero diseñado, se puede apreciar en el Anexo 17.

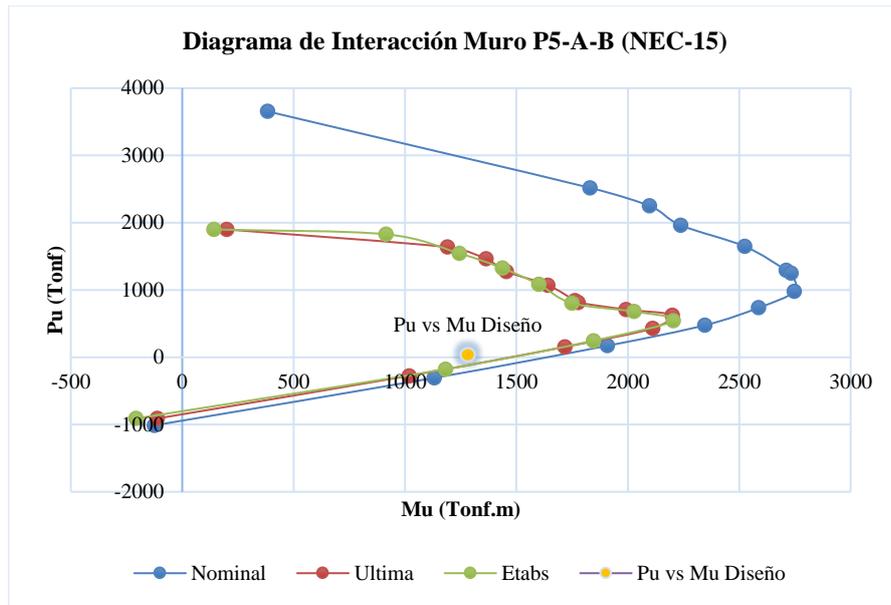


Figura 20. Diagrama de Interacción del Muro P5-A-B (NEC-15)

La figura 20 muestra el comportamiento que tiene la carga axial versus momento flexionante del muro que se ubica en el eje 5 entre los pórticos A y B. Además, podemos observar que la carga y momento último de diseño tomado por del programa se ubica dentro de la curva de interacción, cumpliendo la demanda de las fuerzas y momentos.

El diseño por capacidad del acero de refuerzo transversal del muro P5-A-B en la cual se puede visualizar el Cortante de diseño, del hormigón y del acero se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

Piso	Muro	V_u	V_u diseño	V_c	V_s	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa (cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	P5-A-B	134.56	176.45	74.88	132.70	12	2.26	21.76	7.5	30.16	6	13.57	2Ø12@17cm

Nota: Los resultados de diseño colocados son de la sección del Muro P5-A-B del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico de diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 18.

El contenido de la Tabla 26, representa los resultados del diseño a corte por capacidad para el muro del pórtico 5 entre el eje A y B, con un acero colocado final de 1 varilla de 12 mm de diámetro a cada 17 cm de distancia, distribuidas en cada cara de la pantalla del muro.

El diseño de elementos a borde del muro del pórtico del Eje 5 entre los ejes A y B, respecto a zona crítica, controles y acero necesario los estribos de confinamiento se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE															
Piso	Muro	Control 1 c=climit	Control 2 0.15f'c>σc>=0.2f'c	lw (m)	Mu/4Vu	Zona Crítica Lo (m)	Extremo 1: E borde	Extremo 2: Columna	b>=hu/16; Si C/Lw>=0.375 b>=300mm	s1 Zona Crítica (cm)	s2 Otra Ubicación (cm)				
1	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	2.38	3.8	65x30	60x60	Cumple	10	12				
RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO															
EXTREMO 1								EXTREMO 2							
bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios	bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4

Nota: Los resultados de diseño colocados de elementos de borde son de la sección del Muro P5-A-B del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 19.

Nota: El plano en planta de la sección del Muro P5 A-B del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño se puede observar en el Anexo 20.

La Tabla 27 evidencia que el Muro P5-A-B requiere elementos de borde, para la cual se necesitan 4 ramales en estribos en el sentido del muro, con un diámetro de acero de 10 mm, con una separación de 10 cm hasta el 4 piso y una separación de 12 cm en los pisos restantes.

4.2.3 Diseño de muros ACI 318-19

- Diseño del muro más crítico sentido Y-Y (ACI 318-19)

En esta sección se presentan los diferentes resultados de los cálculos aplicados a los muros en base al código ACI 318-19, para obtener dimensiones de elementos de borde, cantidad de aceros colocados, separaciones, condiciones o restricciones que se deben cumplir, así también como diagramas de iteración. La Tabla 28 contiene los datos y primeros cálculos del muro tipo I colocado en el eje X-X.

Tabla 28

Cálculos iniciales del muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

DISEÑO DEL MURO DE CORTE TIPO I EJE X-X									
DATOS DE LOS ELEMENTOS									
COLUMNA	Altura [cm]	65	MURO	Espesor [cm]	30	COLUMNA	Altura [cm]	65	
	Base [cm]	65		Long. Mur [cm]	300		Base [cm]	65	
	A. Colum [cm ²]	4225		Ag Total Muro [cm ²]	9000		Ag Total Muro [cm ²]	4225	
	As. Min [cm ²]	42.25		As. Min [cm ²]	90		As. Min [cm ²]	42.25	
	Rec [cm]	4		Rec [cm]	2		Rec [cm]	4	
	Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm]	1	
1. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE BORDE									
PRIMERA CONDICIÓN			SEGUNDA CONDICIÓN						
$c \geq \frac{l_w}{600 \cdot (1.5 + \frac{h_w}{l_w})}$			$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_C}{I}$						
C	38.683	No Necesita	$\sigma = 0.20f'c$	48	Necesita				
C. Lim	66.6666667		E. Comp Max [kg/cm ²]	125.92					
2. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE BORDE									
	PISO	1	2	3	4	5	6	7	8
$c - 0.1l_w$	Log. E. Borde [cm]	8.683	7.142	5.199	3.254	-30	-30	-30	-30
$c/2$	Log. E. Borde [cm]	19.3415	18.571	17.5995	16.627	0	0	0	0
	Máximo	19.3415	18.571	17.5995	16.627	0	0	0	0
	Altura [cm]	30	20	20	20	0	0	0	0
CUMPLE									
3. DOBLE CAPA DE ACERO									
PRIMERA CONDICIÓN			SEGUNDA CONDICIÓN						
$V_u > 0.53A_{cv}\lambda\sqrt{f'c}$			$h_w/l_w \geq 2$						
Vu [T]	168.3965	Necesita			2	Necesita			
	73.8965222		hw/lw	6.53333					

Se puede observar en la Tabla 28 que, en base a la segunda condición, existe la necesidad de elementos de borde, para lo cual se procese con el predimensionamiento el cual está vinculado con la profundidad del eje neutro, pero en este caso como el muro se extiende

entre los ejes dos y tres, las columnas actúan como elementos de borde, dando como dimensiones finales para el confinamiento 65x65 cm. Finalmente, se verifica el uso de la doble capa de acero para el alma del muro, que en este caso en base a las dos condiciones aplicadas, sí se requiere.

Tabla 29

Diseño de aceros finales del muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

ACERO LONGITUDINAL														
PISO	As. Muro [cm ²]	CAPA	Diam (cm)	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPL E	#Var.C/le c	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Sep			
1	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PISO	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA							COLUMNA DERECHA O ABAJO						
	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E
1	129.15	2.8	12	73.89	147.78	8.70	OK	129.15	2.8	12	73.89	147.78	8.70	OK
		2.8	12	73.89					2.8	12	73.89			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PISO	Vn act [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av calc	Av nec						
1	206.33	168.40	37.94	266.03	OK	7.5	6.69	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

NOTA: La tabla con los resultados del cálculo de aceros de todos los pisos se encuentra en el anexo 21.

Los resultados del modelo aplicando los criterios el código ACI, se presenta en la Tabla 29 donde se exponen los distintos diseños de aceros como, el longitudinal colocado en el alma del muro el cual trabaja con una cuantía mínima de 0.0025 que no cambia con respecto a la NEC-15.

El acero para los elementos de borde está distribuido de manera estratégica para brindar estabilidad a la estructura. El primer piso es el cual necesita mayor cantidad de acero en ambas columnas, también se debe recordar realizar traslapes cada tres pisos, procurando reducir menos del 50% de la cantidad de varillas colocadas.

Finalmente, la ACI 318 del año 2019 permite trabajar con una cuantía mínima de 0.0025 para el diseño del acero transversal (2Ø14mm@25 cm) por cada metro, esto debe ser colocado en todo el alto del muro.

Los puntos calculados de forma analítica y obtenido del ETABS de la capacidad axial y momentos aceptables del muro del pórtico E entre los ejes 2 y 3 con el refuerzo de acero diseñado, se puede apreciar en el Anexo 22.

La figura 21 demuestra el comportamiento que tiene la carga axial versus momento flexionante del muro que se ubica en el eje E entre el eje 2 y 3.

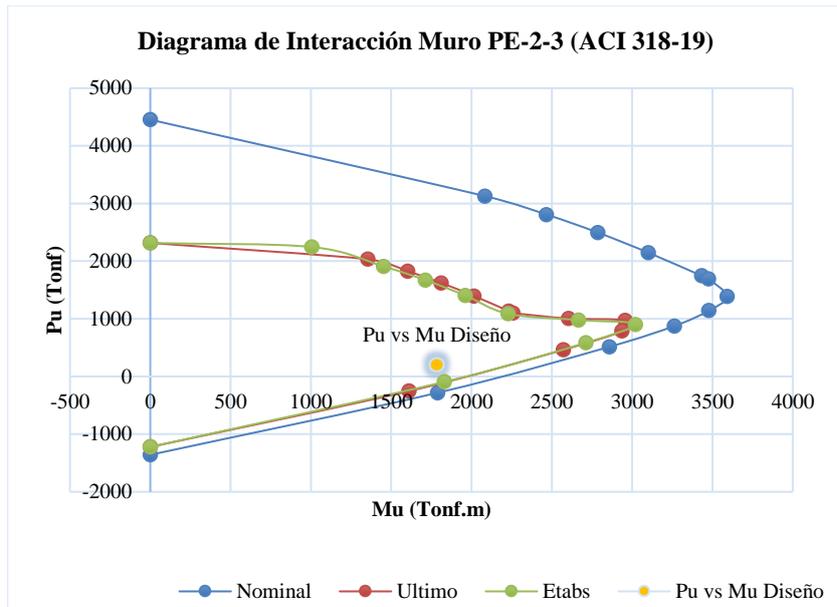


Figura 21. Diagrama de Interacción del Muro PE-2-3 (ACI 318-19)

En la figura 21 podemos observar que la carga y momento último de diseño tomado por el programa se ubica dentro de la curva de interacción última calculada y obtenida del ETABS, dando a entender que el muro soporta las fuerzas de demanda.

Los resultados del diseño por capacidad del acero de refuerzo horizontal del muro en la cual se puede visualizar el Cortante de diseño, del hormigón, acero requerido, el área acero y separación mínima, se indican en la Tabla 30.

Tabla 30

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

Piso	Muro	Vu	Ve diseño	Vc	Vs	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa(cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Separación Colocada	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	PE-2- 3	175.38	334.60	105.79	228.81	12	2.26	12.12	7.5	30.16	8	13	18.10	2Ø12@13cm

Nota: Los resultados de diseño colocados son de la sección del Muro PE-2-3 del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico de diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 23.

El contenido de la Tabla 30, expone el resultado final al diseño a corte por capacidad para el muro del pórtico E entre el eje dos y tres. El resultado final es un acero colocado de 1 varilla de 12 mm de diámetro a cada 13 cm de distancia, distribuidas en cada cara de la pantalla del muro.

El análisis y diseño de elementos a borde de cada piso del muro del pórtico del Eje E entre los ejes dos y tres con respecto a la longitud de zona crítica, requisitos, acero necesario y separación de los estribos de confinamiento, se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE															
Piso	Muro	Control 1 c=climit	Control 2 0.15f _c >σ _c ≥0.2f _c	lw (m)	Mu/4V u	Zona Crítica a Lo (m)	Extremo 1: Columna	Extremo 2: Columna	b≥hu/16; Si C/Lw≥0.37 5 b≥300mm	b≥ (0.025L _{wc}) ^{0.5}	L _{eb} ≥0.15l _w	s1 Zona Crítica (cm)	s2 Otra Ubicación (cm)		
1	PE-2-3	Confinamiento Especial	Confinamiento Especial	3.65	2.41	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12		
RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO															
EXTREMO 1								EXTREMO 2							
bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios	bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67 ≈ 4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67 ≈ 4

Nota: Los resultados de diseño colocados de elementos de borde son de la sección del Muro PE-2-3 del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 24.

Nota: El plano en planta de la sección del Muro PE-2-3 del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño se puede observar en el Anexo 25

La Tabla 31 evidencia que Muro PE-2-3 requiere elementos de borde para la cual se necesitan 4 ramales en estribos en el sentido del muro en ambos extremos. Teniendo un área de acero necesario de 2.88 cm² y colocando estribos de 10 mm de diámetro, con una separación de 10 cm toda la altura de la zona crítica de 3.65 m y una separación de 12 cm en la altura restante del muro.

- **Diseño del muro más crítico sentido X-X (ACI 318-19)**

La Tabla 32 contiene cálculos iniciales para el muro del eje X-X, analizado con los parámetros del código ACI 318-19. Posteriormente, en esta sección se presentan tablas con los diferentes resultados de elementos de borde, cantidad de aceros colocados, separaciones, condiciones o restricciones que se deben cumplir, así también como diagramas de iteración.

Tabla 32

Cálculos iniciales del muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

DISEÑO DEL MURO DE CORTE TIPO T – EJE (A-B)									
DATOS									
ELEMENTOS									
COLUMNA	Altura [cm]	60	MURO	Espesor [cm]	30	E. BORDE	Espesor [cm]	30	
	Base [cm]	60		Long. Mur [cm]	350		L. E. Borde [cm]	70	
	A. Colum [cm ²]	3600		Ag Total Muro [cm ²]	10500		Ag Total Muro [cm ²]	2100	
	As. Min [cm ²]	36		As. Min [cm ²]	105		As. Min [cm ²]	21	
	Rec [cm]	4		Rec [cm]	2		Rec [cm]	2	
	Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm] =	1		Ø Estribos [cm]	1	
1. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE BORDE									
PRIMERA CONDICIÓN					SEGUNDA CONDICIÓN				
$c \geq \frac{l_w}{600 + (1.5 \frac{s_w}{h_w})}$					$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = \frac{p_u}{A} \pm \frac{M_C}{I}$				
C	106.737	Necesita	$\sigma = 0.20f'c$		48	Necesita			
C. Lim	77.777778		E. Comp Max [kg/cm²]		171.83				
2. PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE BORDE									
	PISO	1	2	3	4	5	6	7	8
$c - 0.1l_w$	Log. E. Borde [cm]	71.737	51.866	33.239	17.999	-35	-35	-35	-35
$c/2$	Log. E. Borde [cm]	53.3685	43.433	34.1195	26.4995	0	0	0	0
	Máximo	71.737	51.866	34.1195	26.4995	0	0	0	0
	Altura [cm]	70	50	35	30	0	0	0	0
CUMPLE									
3. DOBLE CAPA DE ACERO									
PRIMERA CONDICIÓN					SEGUNDA CONDICIÓN				
$V_u > 0.53A_{cv}\lambda\sqrt{f'c}$					$h_w/l_w \geq 2$				
Vu [T]	196.4626	Necesita	h_w/l_w		2	Necesita			
	86.2126093		5.6						

La Tabla 32 presenta la necesidad de incorporar elementos de borde al cumplir las dos condiciones. Se procese con el predimensionamiento basado en “c”, en este caso rige solo para el lado izquierdo con medidas de 70x30 cm, ya que para el otro lado la columna

actúa como elemento de confinamiento. Finalmente, se verifica el uso de la doble capa de acero para el alma del muro, para lo cual en base a las dos condiciones aplicadas sí se requiere en este muro.

Tabla 33

Diseño de aceros finales del muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

ACERO LONGITUDINAL														
PISO	As. Muro [cm ²]	CAPA	Diam (cm)	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPLE	#Var.C/lec	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Sep			
1	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PISO	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA						E. BORDE DERECHA O ABAJO							
	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE
1	116.11	2.5	12	58.90	117.81	7.92	OK	116.11	2.5	14	68.72	117.81	7.92	OK
		2.5	12	58.90					2.5	10	49.09			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PISO	Vn act [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av cale	Av nec						
1	162.75	196.46	Av min	310.37	OK	7.5	7.50	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

NOTA: La tabla con los resultados del cálculo de aceros de todos los pisos se encuentra en el anexo 26.

En la Tabla 33 se observa los distintos diseños de aceros. El longitudinal el cual trabaja con una cuantía mínima, cumple su demanda colocando 10 varillas de 14 mm a lo largo y alto del alma del muro.

El acero en los elementos de borde es similar debido a que al aplicar los parámetros del código ACI nos permite tener una mayor área de concreto para el lado derecho de confinamiento con lo cual se coloca la misma cantidad de acero en la columna y elemento de borde. En este caso el primer piso para ambos elementos son los más críticos permitiendo cumplir esa exigencia con 24 varillas de 25mm a los cuales se deben realizar traslapes cada tres pisos, procurando reducir menos del 50% de la cantidad de varillas colocadas.

Finalmente, el acero transversal para el análisis realizado con la ACI 318-19 permite colocar (1Ø14mm@25 cm) por cada metro a lo alto del muro y en cada cara; esto refleja una cuantía un poco superior a la mínima permitida.

Los puntos calculados de forma analítica y obtenido del ETABS de la capacidad axial y momentos aceptables del muro del pórtico 5 entre los ejes A y B con el refuerzo de acero diseñado, se puede apreciar en el Anexo 27.

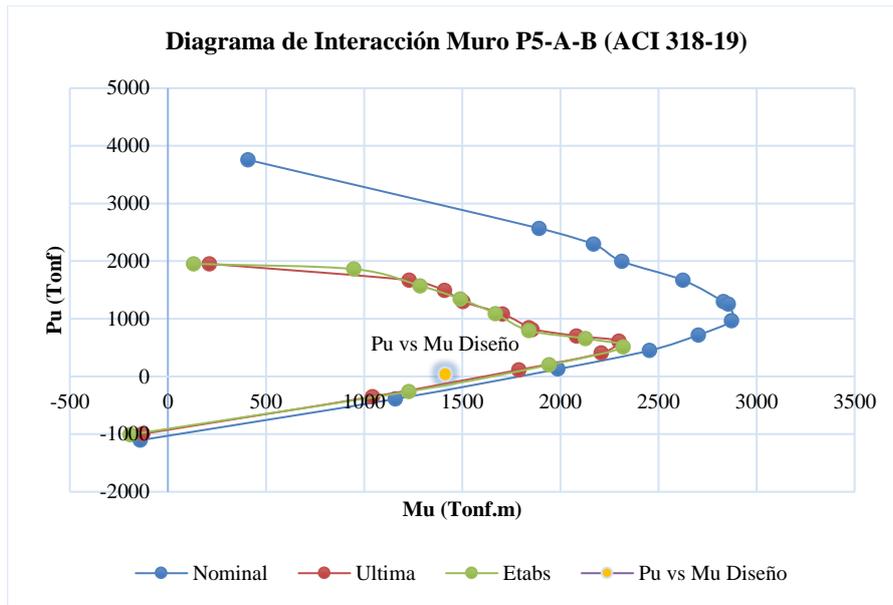


Figura 22. Diagrama de Interacción del Muro P5-A-B (ACI 318-19)

La figura 22 demuestra el comportamiento que tiene la carga axial versus momento flector del muro que se ubica en el eje 5 entre los pórticos A y B. La carga y momento último de diseño obtenido del análisis de software ETABS, al graficarlas se encuentran dentro de las curvas de interacción, con lo cual se menciona que el muro cumple la demanda capacidad.

Los resultados del diseño por capacidad del acero de refuerzo transversal del muro se pueden visualizar en la Tabla 40, la cual contiene el Cortante de diseño, del hormigón, acero requerido, además el área acero y separación calculada y mínima.

Tabla 34

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

Piso	Muro	Vu	Ve diseño	Vc	Vs	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa(cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Separación Colocada	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	P5-A-B	138.34	257.38	82.20	175.18	12	2.26	16.48	7.5	30.16	6	17	13.57	2Ø12@17cm

Nota: Los resultados de diseño colocados son de la sección del Muro P5-A-B del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico de diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 28.

La Tabla 34 expone el resultado final al diseño a corte por capacidad para el muro del pórtico 5. Este contiene un acero colocado de 1 varilla de 12 mm de diámetro, a cada 13 cm de distancia distribuidas en cada cara de la pantalla del muro en los tres primeros pisos, a 14 cm en el cuarto piso y a 25 cm los pisos restantes.

Los resultados del análisis y diseño del acero de confinamiento de elementos a borde de cada piso del muro del pórtico del Eje 5 entre los ejes A y B, se presentan a la Tabla 35.

Tabla 35

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE															
Piso	Muro	Control 1 c=climit	Control 2 0.15f'c>σc>=0.2f'c	lw (m)	Mu/4Vu	Zona Crítica Lo (m)	Extremo 1: E borde	Extremo 2: Columna	b>=hu/16; Si C/Lw>=0.375 b>=300mm	b>= (0.025Lwc) ^0.5	Leb>=0.15lw	s1 Zona Crítica (cm)	s2 Otra Ubicación (cm)		
1	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	2.38	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12		
RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO															
EXTREMO 1								EXTREMO 2							
bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios	bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
<i>Nota: Los resultados de diseño colocados de elementos de borde son de la sección del Muro P5-A-B del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño. El Análisis y resultados de los pisos restante se pueden observar en el Anexo 29.</i>															
<i>Nota: El plano en planta de la sección del Muro P5 A-B del piso 1 de la edificación, considerado el piso más crítico del diseño se puede observar en el Anexo 30.</i>															

La Tabla 35 sobre el diseño de elementos de borde del muro P5-A-B evalúa y verifica los controles y requisitos establecidos en las dos normativas. Se evidencia en el diseño del elemento de borde, que el muro tiene una zona crítica de 3.8 m.

El muro P5-A-B es de tipo T con un elemento de borde que sobresale del ancho del alma del muro. Los aceros necesarios de confinamiento para el extremo embebido en el muro es 3.34 cm² y para el ala del muro es 3.69 cm². Evidenciado que los estribos colocados serán de un diámetro de 10 mm y estarán separados cada 10 cm en la altura de la zona crítica y una separación de 12 cm en la altura restante del muro.

4.3 Diferencias entre el diseño de elementos con la NEC-15 y ACI 318-19

Se puede evidenciar en la figura 23, que el acero longitudinal y trasversal necesario en el alma del muro es igual en la NEC-15 y ACI 318-19, debido a que los dos códigos trabajan con la cuantía mínima. Así también, el acero colocado en el alma del muro para ambas normativas termina siendo igual ya que, al contar con la misma simetría e igual demanda de acero en el alma, se colocan el mismo número de varillas para cumplir con las exigencias.

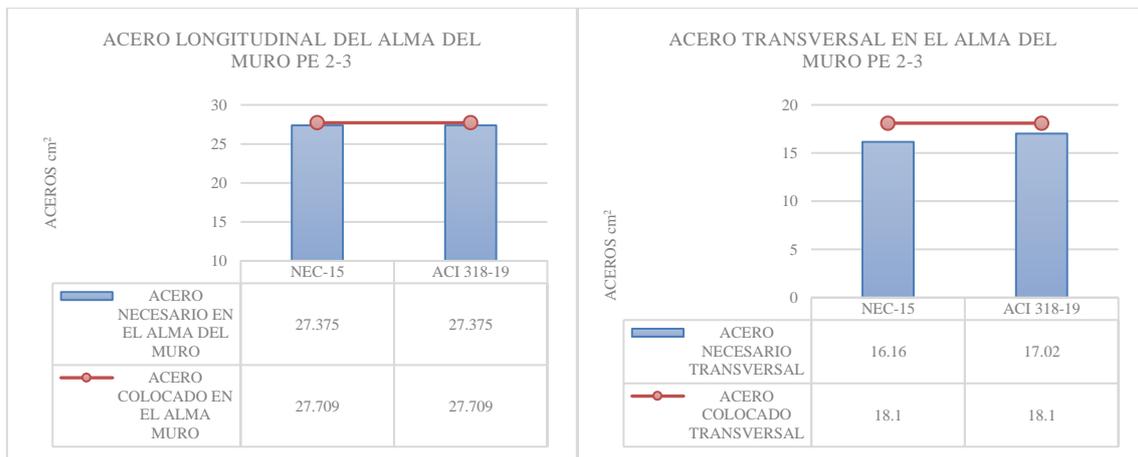


Figura 23. Acero longitudinal y transversal del alma del muro PE 2-3

En la figura 24 se evidencia que existe una diferencia en la demanda de acero longitudinal para el elemento de borde, esto debido a que el código ACI 318-19 establece mayores exigencias en la cantidad de acero necesario. De esta manera el acero longitudinal colocado también termina siendo diferente en las dos normativas. Así también, se puede evidenciar el acero transversal necesario, este termina siendo igual en ambos códigos.

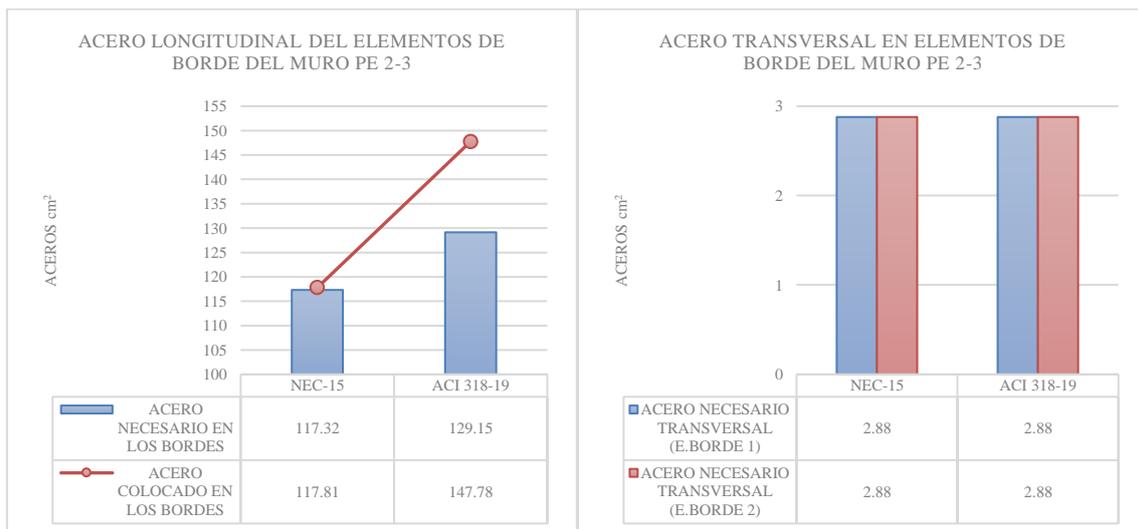


Figura 24. Acero longitudinal y transversal del elemento de borde del muro PE 2-3

Se puede evidenciar en la figura 25, que el acero longitudinal y transversal necesario en el alma del muro es igual en la NEC-15 y ACI 318-19, debido a que estos trabajan con la cuantía mínima ($\rho_{\min} = 0.0025$). Así también, el acero colocado en ambas normativas termina siendo igual debido a que, al contar con la misma simetría y necesidad de acero, se coloca igual número de varillas en cualquier código. El acero transversal necesario es menor en la NEC-15, debido a que el ACI 318-19 al contar con una menor rigidez, permite una demanda mayor de acero, que en este caso no es tan significativa, pero termina siendo superior.

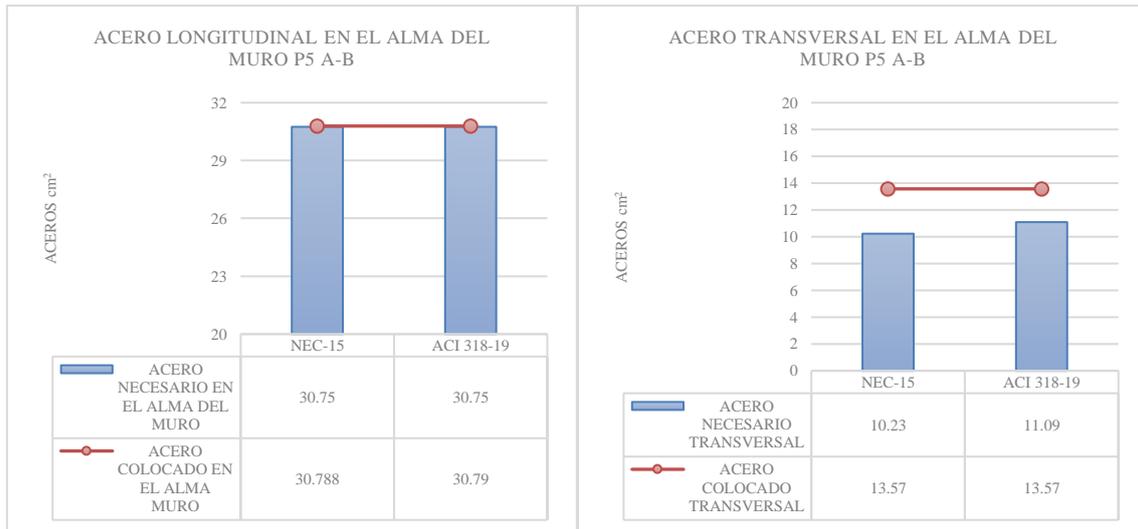


Figura 25. Acero longitudinal y transversal del alma del muro P5 A-B

La figura 26 representa una diferencia en la demanda de acero longitudinal para el elemento de borde, esto debido a que el código ACI 318-19 establece menores inercias agrietadas con lo cual la demanda de acero aumenta en los elementos de la estructura. Así, el acero longitudinal colocado termina siendo diferente en las dos normativas. También, se puede evidenciar el acero transversal necesario para el elemento de borde izquierdo y derecho, el cual termina diferente en ambas normativas.

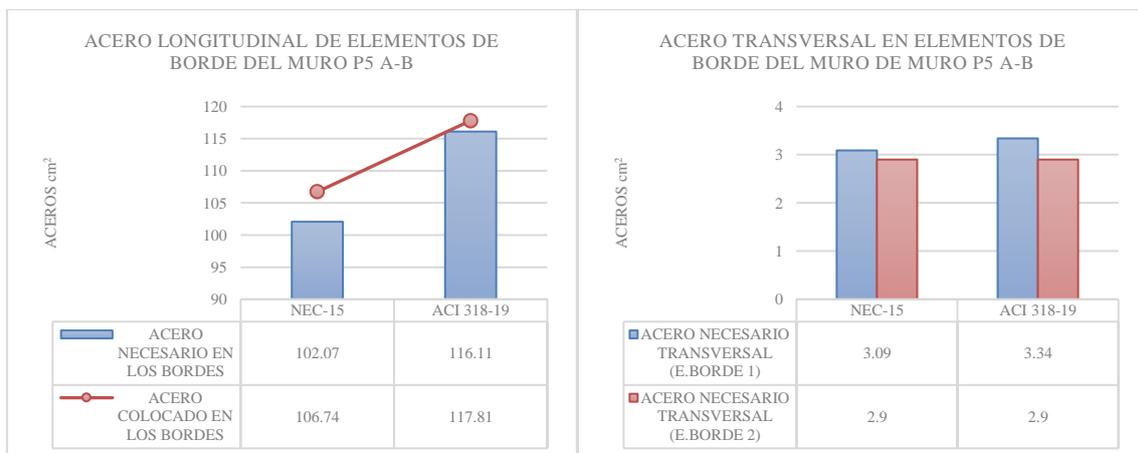


Figura 26. Acero longitudinal y transversal del elemento de borde del muro P5 A-B

4.4 Análisis de varianza (ANOVA)

Es un método estadístico que determina si los resultados de una prueba son significativos, es decir, permiten rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alternativa.

Tabla 36

Acero Longitudinal Necesario en el Piso más Crítico de los Muros Estructurales

MURO	ACEROS (cm ²)	
	NEC-15	ACI 318-19
PE-2-3	262.01	295.09
PA-2-3	197.46	227.44
P5-A-B	234.89	262.96
P1-A-B	195.09	221.39
P1-D-E	69.41	80.69
P5-D-E	97.45	106.35

Para el análisis de varianza del diseño de acero longitudinal se consideran solo muros PE-2-3 y PA-2-3, debido a la semejanza de demanda de acero. También se comparan las derivas de piso y excentricidades. A continuación, se presenta la Tabla 37 con el análisis de diferencias significativas.

Tabla 37

Análisis de varianza de los valores de excentricidades de piso, derivas de piso y aceros

	Comparación entre	F	P-valor	F crítico	Existen diferencias significativas
As necesario (Todos los muros)	Diseño NEC-15 / Diseño ACI 318-19	30.169165	0.002731073	6.607890974	SI
As necesario (Muro PE 2-3 / Muro PA 2-4)	Diseño NEC-15 / Diseño ACI 318-19	413.7943392	0.031270755	161.4476388	SI
Derivas XX (Estructura completa)	Diseño NEC-15 / Diseño ACI 318-19	45.14554778	0.000272629	5.591447851	SI
Derivas YY (Estructura completa)	Diseño NEC-15 / Diseño ACI 318-19	41.77203857	0.000345948	5.591447851	SI
Excentricidades XX (Estructura completa)	Diseño NEC-15 / Diseño ACI 318-19	0.100551536	0.760417077	5.591447851	NO
Excentricidades YY (Estructura completa)	Diseño NEC-15 / Diseño ACI 318-19	11.56286632	0.011435922	5.591447851	SI

En la Tabla 37, se evidencia los resultados del análisis ANOVA para distintos criterios, comparándoles entre las normativas NEC-15 y ACI 318-19. Los resultados finales exponen que existen una diferencia significativa, ya que los valores de la probabilidad P-valor en la mayoría de los criterios tiene un valor por debajo del 5% de significancia, a diferencia del criterio de excentricidades en XX, mismo que no presenta un cambio significativo, porque su P-valor es superior al 5% de significancia.

No existen diferencias significativas en excentricidades en sentido XX, porque los muros estructurales colocados ayudan a mejorar la rigidez en este sentido, provocando que el centro de masas y el de rigidez de la estructura lleguen aproximarse.

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La implementación de muros de corte aporta mayor rigidez al sistema estructural, permitiendo la reducción de las secciones de vigas y columnas, a su vez evita que la edificación sufra grandes desplazamientos horizontales, todo esto con el fin de controlar efectos de torsión en planta.
- La metodología de diseño según la normativa NEC-15 y el Código ACI 318-19, para muros estructurales o muros de corte de hormigón armado tiene diferencia desde el orden, disposición y contenido de los capítulos que conforman cada normativa, se pudo evidenciar un sustancial cambio en su organización.
- Las dos normativas en el control y diseño de muros estructurales buscan la estabilidad, resistencia y rigidez de la estructura cumpliendo el criterio de que las cargas actuantes deben ser menor o iguales a las cargas resistentes ($\phi V_n \geq V_u$, $\phi M_n \geq M_u$, $\phi P_n \geq P_u$).
- Al analizar cada metodología de diseño de las normativas en estudio para el correcto diseño de muros estructurales de concreto reforzado, nos ha llevado a obtener condiciones, casos de análisis, controles y disposiciones que se deben seguir y aplicar al muro de corte, tales como longitud y ancho de elementos de borde, ancho de muro, acero mínimo de diseño y cortantes últimos de diseño, todo esto con el fin de obtener el mejor comportamiento dentro de la edificación de los muros.
- Al comparar el código ACI 318-19 y la NEC-15, mediante un análisis bibliográfico sobre los procedimientos de diseño de muros estructurales a corte de hormigón armado, se pudo concluir que el código ACI 318-19 presenta un mayor número de consideraciones, mismas que son más rigurosas a la hora de evaluar los elementos de borde. Así como nota se puede recalcar que la longitud del elemento de borde no debe ser menor al 15% de la longitud del muro, ancho no menor a 30 cm y acero total requerido en el muro distribuido mayoritariamente en las zonas críticas.
- La NEC-15 presenta información muy limitada en cuanto a los controles, separaciones de estribos en elementos de borde, espesor de muro y casos de muros en comparación con el código ACI 318-19.
- El modelo analizado y diseñado con el código ACI 318-19 tiene un incremento de acero de refuerzo necesario en el muro y elementos de borde. En comparación a la NEC-15, donde disminuyen los cortantes y momentos flectores utilizados para el diseño, esto refleja una menor demanda de acero necesario; por lo cual se podría suponer un costo menor en la construcción de estos elementos dependiendo la norma.
- Al aplicar la metodología de diseño de las dos normativas en la misma edificación de estudio se puede evidenciar la diferencia que existe, ya que las consideraciones tomadas por parte del código ACI 318-19 evalúa a la estructura en condiciones más críticas. Esto provoca un aumento del refuerzo de acero en los muros, donde la NEC registra una suma total de 1056.31 cm² y el código ACI un total de acero requerido

de 1193.92 cm²; de esta manera se evidencia un aumento del refuerzo de acero de 137.61 cm², en comparación a la NEC-15.

- Se pudo evidenciar diferencias en las normativas desde los primeros controles, tales como: derivas, desplazamientos y excentricidades, donde la NEC-15 permite considerar una mayor rigidez de la edificación (mayores valores de inercias agrietadas), en comparación a el código ACI 318-19, en el cual se debe incrementar la sección de los elementos para obtener niveles de rigidez similares a los de la NEC.
- El ACI 318-19 en comparación al código ACI 318-14 del cual se guía la NEC-15 propone una guía de diseño estructural mucho más ordenada y didáctica; debido a que ha sido reorganizado, presentando los requisitos de diseño estructurales en capítulos individuales a fin de seguir una filosofía organizacional con un proceso cronológico en el diseño y construcción.
- Se realizó un análisis comparativo de los resultados de la modelación y diseño estructural de todas las plantas, en función del análisis de excentricidades, derivas de pisos y demandas de acero, dando como resultado una diferencia estadísticamente significativa en casi todos los parámetros evaluados al comparar el análisis y diseño de la edificación entre la NEC-15 y el ACI 318-19.

5.2 Recomendaciones

- Se debe tomar en cuenta todos los parámetros y requisitos de análisis y diseño de la NEC-15 y ACI 318-19 para el diseño de una estructura sismo-resistente, a fin de evitar evasión de información minuciosa pero relevante.
- Mediante los resultados expuestos se recomienda realizar más investigaciones acerca de las diferentes configuraciones que los muros pueden presentar y como trabajan frente a un sismo, pudiendo obtener una configuración geométrica óptima.
- Se recomienda realizar estudios sobre cómo actúan los muros indebidos en la configuración arquitectónica (centro de la edificación), para evidencia diferencias con los muros colocado en los contornos, permitiendo así obtener información del comportamiento que estos desarrollan en las edificaciones.
- Se recomienda profundizar estudios del comportamiento de los muros frente a: configuraciones asimétricas, estructuras metálicas, edificaciones con ascensores, sistemas mixtos concreto-acero, entre otros; ya que estos parámetros pueden ser los causantes del desarrollo de problemas de excentricidades, derivas y desplazamientos.
- La NEC-15 no presenta información detallada del diseño de muros con aberturas, para lo cual se recomienda una investigación enfocada en el cálculo y diseño para la utilización de muros con aberturas (huecos).
- Se recomienda continuar esta tesis con un estudio de las diferentes normativas que rigen en Latinoamérica, con un enfoque en el predimensionamiento y diseño de muros estructurales. Esto con el fin de obtener información importante la cual permita optar un mejor cálculo de los muros a corte, brindado así mayor confianza y diferentes opciones de diseño a los calculistas para elegir la más adecuada en el ámbito de seguridad, eficacia y economía.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACI 318. (2014). *REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL (ACI 318S-14) Y COMENTARIO (ACI 318SR-14)*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- ACI 318. (2019). *Requisitos de Reglamento de Construcción para Concreto Estructural y Comentarios*. Farmington Hill: American Concrete Institute. Obtenido de <https://ingenieriaymas.com/2022/02/aci-318-19-codigo-para-concreto-estructural-en-espanol.html>
- Angamarca Masache, W. O., & Macas Solano, E. V. (3 de Enero de 2017). *Diagramas de interacción para muros de corte y columnas de cualquier sección*. Obtenido de Repositorio Institucional de la UTPL: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/16363>
- Arqhys Construcción. (2012). *Normas de Construcción*. Obtenido de Arqhys Construcción: <https://www.arqhys.com/construccion/tipos-codigos-construccion.html>
- Arquitectura, A. (2012). *¿Qué es un Muro?*. Obtenido de Portal de arquitectura Arqhys.com.: <https://www.arqhys.com/arquitectura/muros.html>
- Arteaga, S., Malavé, J., & Olival, J. (12 de Febrero de 2017). *Comparative of reinforced concrete structural walls design compliant to FONDONORMA 1753:2006 and ACI 318-14*. Obtenido de Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70750544013.pdf>
- Ballesteros, E., Dias, D., Espinoza, V., Gamboa, K., & Paredes, D. (29 de noviembre de 2015). *Calculo y Diseño de Muros de Corte*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/rodilmartineshuaches/muros-de-corte-55630674>
- Banshuy, J. P., & Guamunshi, E. F. (2024). *Análisis comparativo de la normativa dispuesta en la ACI 318-19 para el diseño de muros a corte, frente a la NEC-15*. Riobamba: Universidad Nacional De Chimborazo.
- Blanco Blasco, A., Chang, D., & Flores, H. (Agosto de 2015). *Conferencia Conceptos de Diseñi Estructurasl de Muros de Concreto Armado en el Peru*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2023, de Abbings: https://www.abbings.com/descargas/muros_de_concreto_agosto_2015.pdf
- Bondarenko, H., Slawko, B., García, T., & Iván, A. (noviembre de 2012). *MANUAL DE CÁLCULO Y DISEÑO DE MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO*. Obtenido de Universidad Bolivariana de Venezuela: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/5208/sbondarenko.pdf?sequence=1>

- Briceño, A., & Carreras, N. (Octubre de 2013). *https://www.academia.edu/41268546/MUROS_ESTRUCTURALES_DE_CONCRETO_ARMADO_NORMA_ACI_318_14*. Obtenido de Biblioteca Universidad Católica Andrés Bello: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS6201.pdf>
- Canchig, M. (2016). *Análisis comparativo del diseño estructural de un proyecto de vivienda en hormigón armado aplicando las Normas del Código Ecuatoriano de Construcción (CEC 2002) y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015)*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Conislla Osorio, P. (31 de Mayo de 2018). *Muros de Acero*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/380626963/Muros-de-Acero>
- Domínguez, M. (2014). Períodos de vibración de las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193932724001.pdf>
- Enright, C. (Septiembre de 2019). *ACI y ASTM International*. Obtenido de ACI y ASTM International: <https://sn.astm.org/esp/features/aci-y-astm-international-so19.html>
- ETABS. (2022). *Shear Wall Design Manual ACI 318-19*. United States of America: Computers and Structures, Inc.
- Farmington Hills. (8 de Agosto de 2019). *El Instituto Americano del Concreto (ACI) anuncia que ACI 318-19 Requisitos de Reglamento de Construcción para Concreto Estructural está ahora disponible en formatos impresos y digitales*. Obtenido de PRNewswire: <https://www.prnewswire.com/news-releases/aci-318-19-requisitos-de-reglamento-de-construccion-para-concreto-estructural-ya-disponible-866732703.html>
- Fernández, A., & Chamorro, C. (Octubre de 2022). PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN: GEOTECNIA Y CIMENTACIONES. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 2. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/download/2964/2383/11926#:~:text=El%20primer%20C3%B3digo%20Ecuatoriano%20de,dejando%20aproximadamente%206000%20v%C3%ADctimas%20mortales>.
- Flores Olano, J., & Guevera Bravo, R. (2021). *Análisis comparativo entre el Código ACI 318.19, la NTE E.060-2009 y su propuesta NTE E.060-2019, para el diseño de muros estructurales de concreto armado en edificaciones de mediana altura de 7 niveles a 20 niveles ubicadas en Lima Metropolitana*. Obtenido de Repositorio Intitucional, Universidad Nacional Pedro Cruz Gallo: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10065>

- Góngora Beltrán, D., & Guzmán Labrador, J. A. (2019). *DISEÑO Y REVISIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO REFORZADO A TRAVÉS DE UNA HOJA ELECTRÓNICA*. Obtenido de Universidad de Ibagué: <https://repositorio.unibague.edu.co/server/api/core/bitstreams/44e13166-5d97-4ba4-b94c-3599bed3847a/content>
- Hernández, J. (12 de Noviembre de 2023). *Muros Estructurales de Concreto Armado Norma ACI 318-14*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/41268546/MUROS_ESTRUCTURALES_DE_CONCRETO_ARMADO_NORMA_ACI_318_14
- Jesfer. (17 de Junio de 2020). *¿Qué es la madera contralaminada?* Obtenido de Jesfer: <https://jesfer.com/que-es-madera-contralaminada/>
- KeObra. (25 de Julio de 2019). *¿Qué es un reglamento de construcción?* Obtenido de KeObra Conecta y Construye: <https://keobra.com/para-que-sirve-el-reglamento-de-construccion>
- MIDUVI. (21 de 01 de 2014). *Presentación Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Obtenido de Ministerio del Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI): <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/presentacion-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Monterrey, P. y. (2024). *9 tipos de muros utilizados en la construcción de casas: funciones y características*. Obtenido de Panel y Acanalados Monterrey: <https://panelyacanalados.com/blog/9-tipos-de-muros-para-casas-y-cuales-son-sus-funciones/>
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).
- NEC. (2015). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION CARGAS SISMICAS DISEÑO SISMO RESISTENTE (NEC-SE-DS)*. Obtenido de OBRAS PUBLICAS ECUADOR: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/MTOP_NEC-SE-DS.pdf
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción-Peligro Sísmico-Diseño Sismo resistente*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-2.pdf>
- NEC-SE-HM. (2015). *Estructuras de hormigón armado*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

- Ommhia. (4 de Enero de 2022). *DISEÑO DE MUROS DE CONCRETO ARMADO CON ACI.318.19 Y NTE.E060*. Obtenido de Blog Diseño Estructural MHIA: <https://mhiaingenieros.wordpress.com/2022/01/04/curso-diseno-de-muros-de-concreto-armado-con-aci-318-19-y-nte-e060/>
- Pilamunga, C. (2014). *Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos, modelamiento en Etabs*. Quito: Universidad Central Del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/e02b82c1-1e74-4d71-b600-089e747fb2f9>
- Quinatoa, J. (2022). *EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS NORMATIVAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE EN AMÉRICA LATINA. CASOS DE ESTUDIO: COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ Y CHILE*. Riobamba: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9160/1/EVOLUCI%C3%93N%20HIST%C3%93RICA%20DE%20LAS%20NORMATIVAS%20DE%20DISE%C3%91O%20SISMO%20RESISTENTE%20EN%20AM%C3%89RICA%20LATINA.%20CASOS%20DE%20ESTUDIO%20COLOMBIA%2C%20ECUADOR%2C%20PER%C3%9A%20Y%20CHILE.pdf>
- Sánchez, N., & Benavente, R. (2016). *CAMBIOS EN EL ACI 318 A TRAVES DE LA HISTORIA*. UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, FACULTAD DE INGENIERÍA . TACNA: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA.
- Servicio Geológico Mexicano. (02 de Octubre de 2017). *Gobierno de México* . Obtenido de **SISMOS: Causas, características e impactos:** <https://www.gob.mx/sgm/es/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=es#:~:text=Aunque%20la%20interacci%C3%B3n%20entre%20Placas,zona%20de%20concentraci%C3%B3n%20del%20esfuerzo.>
- SkyCiv. (5 de Septiembre de 2020). *Hormigón armado vs Hormigón pretensado*. Obtenido de SkyCiv CLOUD STRUCTURAL SOFTWARE: <https://skyciv.com/es/docs/tutorials/reinforced-concrete-tutorials/reinforced-concrete-vs-prestressed-concrete/>
- Viera, L., & Caiza, P. (02 de Mayo de 2017). Muros estructurales y diafragmas. *Revista Científica Dominio de las ciencias*, 863-877.

7. ANEXOS

7.1 Predimensionamiento estructural

Anexo 1

Predimensionamiento de losas

<u>Altura mínima losa maciza</u> $h_{\text{min-maciza}} = \frac{l_n * \left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha f_m - 0.2)}$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ $h_{\text{min-maciza}}$ = Altura mínima losa maciza ACI○ l_n = Luz libre de la losa○ f_y = Resistencia a la fluencia del acero
<u>Luz libre de la losa</u> $l_n = L - B_v$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ l_n = Luz libre de la losa○ L = Distancia entre ejes crítica○ B_v = Base de la viga
<u>Base de la viga</u> Si $L \leq 5 \text{ m} \therefore B_v = 0.25 \text{ m}$ Si $L \geq 5 \text{ m} \therefore B_v = 0.25 \text{ m}$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ L = Distancia entre ejes crítica○ B_v = Base de la viga
<u>Centro geométrico en sentido y</u> $\bar{Y}_{\text{CG}} = \frac{\sum(A * \bar{y})}{A_T}$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ \bar{Y}_{CG} = Centro geométrico en sentido y○ A = Área de cada figura○ \bar{y} = Centroides en y de cada figura○ A_T = Área total
<u>Inercia completa total</u> $I_{\text{CT}} = \sum(I + Ad^2)$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ I_{CT} = Inercia completa total○ I = Inercia de cada figura○ A = Área de cada figura○ d = Distancia entre el centro geométrico y centroides de cada figura
<u>Inercia de cada figura</u> $I = \frac{b * h^3}{12}$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ I = Inercia de cada figura○ b = Base de cada figura○ h = Altura de cada figura
<u>Altura equivalente</u> $h_{\text{eq}} = \sqrt[3]{\frac{I_{\text{CT}} * 12}{1}}$	<u>Donde:</u> <ul style="list-style-type: none">○ h_{eq} = Altura equivalente○ I_{CT} = Inercia completa total

Control de altura mínima

$$h_{eq} \geq h_{min}$$

Donde:

- h_{eq} = Altura equivalente
 - h_{min} = Altura mínima ACI
-

Anexo 2***Peso Propio Paredes***

Longitud Promedio XX

$$\text{LongProm XX} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

- Long. Prom XX = Longitud promedio en sentido XX
 - $\sum_{i=1}^n X_i$ = Sumatoria de longitudes en sentido XX
 - n = Cantidad de longitudes en XX
-

Longitud Promedio YY

$$\text{LongProm YY} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

Donde:

- Long. Prom YY = Longitud promedio en sentido YY
 - $\sum_{i=1}^n Y_i$ = Sumatoria de longitudes en sentido YY
 - n = Cantidad de longitudes en YY
-

Longitud Total de paredes- Vivienda

$$L_T \text{ paredes} = 2 * L_{largo} + L_{corto}$$

Donde:

- L_T paredes = Longitud total de paredes
 - L_{largo} = Lado largo
 - L_{corto} = Lado corto
-

Área total de paredes promedio

$$A_{promedio} = \text{LongProm XX} * \text{LongProm YY}$$

Donde:

- $A_{promedio}$ = Área total de paredes promedio
 - Long. Prom XX = Longitud promedio en sentido XX
 - Long. Prom YY = Longitud promedio en sentido YY
-

Altura de mampostería

$$\text{Alt}_{mamp} = \text{Altc} - H_v$$

Donde:

- Alt_{mamp} = Altura de mampostería
 - Altc = Altura de entepiso crítica
 - H_v = Peralte de la viga
-

Peralte de la viga

$$H_v = \frac{L}{12}$$

Donde:

- H_v = Peralte de la viga
 - L = Distancia entre ejes crítica
-

Volumen de mampostería

$$\text{Vol}_{mamp} = \text{Alt}_{mamp} * L_T \text{ paredes} * \text{Esp}_{mamp}$$

Donde:

- Vol_{mamp} = Volumen de mampostería
 - Alt_{mamp} = Altura de mampostería
 - L_T paredes = Longitud total de paredes
-

- Esp_{mamp} = Espesor del mampuesto

Volumen de enlucido

$$Vol_{enl} = Alt_{mamp} * L_T \text{ paredes} * Esp_{enl}$$

Donde:

- Vol_{enl} = Volumen de enlucido
- Alt_{mamp} = Altura de mampostería
- $L_T \text{ paredes}$ = Longitud total de paredes
- Esp_{enl} = Espesor del enlucido

Peso de mampostería

$$Peso_{mamp} = Vol_{mamp} * \gamma_{mamp}$$

Donde:

- $Peso_{mamp}$ = Peso de mampostería
- Vol_{mamp} = Volumen de mampostería
- γ_{mamp} = Peso específico del mampuesto

Peso de enlucido

$$Peso_{enl} = Vol_{enl} * \gamma_{enl}$$

Donde:

- $Peso_{enl}$ = Peso de enlucido
- Vol_{enl} = Volumen de enlucido
- γ_{enl} = Peso específico del enlucido (mortero)

Peso propio de paredes

$$PP_{paredes} = \frac{Peso_{mamp} + Peso_{enl}}{A_{promedio}}$$

Donde:

- $PP_{paredes}$ = Peso propio de paredes
- $Peso_{mamp}$ = Peso de mampostería
- $Peso_{enl}$ = Peso de enlucido
- $A_{promedio}$ = Área total de paredes promedio

Anexo 1

Cuantificación de cargas

Determinación de losas bidireccionales y unidireccionales

Tipo de losa

$$\text{Si } \frac{L_{larga}}{L_{corta}} > 2 \therefore \text{Losa unidireccional}$$

Donde:

- L_{largo} = Lado largo
- L_{corta} = Lado corto

Cuantificación de cargas- Piso 1 al 7 (bidireccional) Nervada

Carga Muerta CM

$$CM = PP_{nervios} + PP_{bloques} + PP_{loseta} + PP_{mas+enl} + PP_{paredes} + PP_{acabados} + PP_{instalaciones} + 30\% PP_{col+vig}$$

Donde:

- CM = Carga Muerta
 - $PP_{nervios}$ = Peso propio de los nervios
 - $PP_{bloques}$ = Peso propio de bloques
 - PP_{loseta} = Peso propio de la loseta
 - $PP_{mas+enl}$ = Peso propio de masillado+enlucido
 - $PP_{paredes}$ = Peso propio de paredes
 - $PP_{acabados}$ = Peso propio de acabados
-

- $PP_{\text{instalaciones}}$ = Peso propio de instalaciones
- $PP_{\text{col+vig}}$ = Peso propio de columnas+ vigas

Longitud total de nervios

$$LT_{\text{nervios}} = \text{Ancho}_{\text{losa}} + 2 * (\text{Ancho}_{\text{losa}} - \text{Esp}_{\text{nerv}}) + (2 * L_{\text{bloque}})$$

Donde:

- LT_{nervios} =Longitud total de los nervios
- $\text{Ancho}_{\text{losa}}$ = Ancho de la losa nervada
- Esp_{nerv} =Espesor de los nervios
- L_{bloque} =Longitud del bloque

Peso Propio de Nervios

$$PP_{\text{nervios}} = LT_{\text{nervios}} * \gamma_{\text{horm}} * \text{Esp}_{\text{nerv}} * \text{Alt}_{\text{nerv}}$$

Donde:

- PP_{nervios} = Peso propio de los nervios
- LT_{nervios} =Longitud total de los nervios
- γ_{horm} =Peso específico del hormigón
- Esp_{nerv} =Espesor de los nervios
- Alt_{nerv} =Altura de los nervios

Peso Propio de la Loseta

$$PP_{\text{loseta}} = \text{Ancho}_{\text{losa}} * \text{Ancho}_{\text{losa}} * \gamma_{\text{horm}} * \text{Alt}_{\text{loseta}}$$

Donde:

- PP_{loseta} = Peso propio de la loseta
- $\text{Ancho}_{\text{losa}}$ = Ancho de la losa nervada
- γ_{horm} =Peso específico del hormigón
- Alt_{nerv} =Altura de los nervios

Peso Propio de Bloques

$$PP_{\text{bloques}} = \text{Cant}_{\text{bloques}} * \gamma_{\text{bloques}}$$

Donde:

- $\text{Cant}_{\text{bloque}}$ = Cantidad de bloques
- γ_{bloques} = Peso específico de los bloques

Peso Propio del Enlucido y Masillado

$$PP_{\text{mas+enl}} = \text{Ancho}_{\text{losa}} * \text{Ancho}_{\text{losa}} * \gamma_{\text{mortero}} * \text{Esp}_{\text{mas+enl}}$$

Donde:

- $PP_{\text{mas+enl}}$ = Peso propio de masillado+ enlucido
- $\text{Ancho}_{\text{losa}}$ = Ancho de la losa nervada
- γ_{mortero} =Peso específico del mortero
- $\text{Esp}_{\text{mas+enl}}$ =Espesor del enlucido +masillado

Anexo 2

Predimensionamiento de vigas

Predimensionamiento de vigas- Método Rápido

<p><u>CONTROL 2) Criterio de vulnerabilidad sísmica</u></p> $B_v \geq 75\% B_c$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ B_v = base de la viga ○ B_c = base de la columna
<p><u>CONTROL 3) Filosofía de diseño sismo-resistente</u></p> $H_v \leq H_c$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ H_v = Peralte de la viga ○ H_c = Peralte de la columna
<p><u>Peralte en función de la norma colombiana</u></p> $H_v = \frac{L}{12}$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ H_v = Peralte de la viga ○ L = Distancia entre ejes crítica
<p><u>Método de Cálculo piso1-7 (bidireccional) NERVADA 25 cm</u></p>	
<p><u>Luz libre de la viga</u></p> $L = \text{Distancia entre ejes crítica} - B_c$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ L = Luz libre de la viga ○ B_c = Base de la columna
<p><u>Ancho cooperante sentido XX</u></p> $\text{Ancho cooperante} = \left(\frac{Y_1}{2}\right) + \left(\frac{Y_2}{2}\right)$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Y₁ = Distancia Y1 ○ Y₂ = Distancia Y2
<p><u>Ancho cooperante sentido YY</u></p> $\text{Ancho cooperante} = \left(\frac{X_3}{2}\right) + \left(\frac{X_4}{2}\right)$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ X₃ = Distancia X3 ○ X₄ = Distancia X4
<p><u>Carga Muerta D</u></p> $D = CM * \text{Ancho cooperante}$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ D = Carga Muerta D ○ CM = Carga Muerta CM
<p><u>Carga Viva L</u></p> $L = CV * \text{Ancho cooperante}$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ L = Carga Viva L ○ CV = Carga Viva CV
<p><u>Carga última</u></p> $C_u = 1.2D + 1.6L$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ C_u = Carga última ○ D = Carga Muerta D ○ CV = Carga Viva CV
<p><u>Momento último máximo</u></p> $M_u = \frac{C_u * L^2}{12}$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ M_u = Momento último máximo ○ C_u = Carga última

- L= Luz libre de a viga

Cuantía de cálculo

$$\rho_{\text{calc}} = 75\% * \rho_{\text{máx}}$$

Donde:

- ρ_{calc} = Cuantía de cálculo
- $\rho_{\text{máx}}$ = Cuantía máxima

Cuantía máxima

$$\rho_{\text{máx}} = 50\% * \rho_b \rightarrow \text{Zona sísmica (Vigas)}$$

Donde:

- $\rho_{\text{máx}}$ = Cuantía máxima
- ρ_b = Cuantía balanceada

Cuantía balanceada

$$\rho_b = \frac{0.85 * f'c * \beta_1}{f_y} * \left(\frac{6000}{f_y + 6000} \right)$$

Donde:

- ρ_b = Cuantía balanceada
- $f'c$ = Resistencia a la compresión del hormigón
- f_y = Límite de fluencia del acero
- β_1 = Factor beta

Altura efectiva

$$d = \sqrt{\frac{-2 * Mu}{0.85 * f'c * \phi * b * \left[\left(\frac{\rho_{\text{calc}} * f_y}{0.85 * f'c} - 1 \right)^2 - 1 \right]}}$$

Donde:

- d = Altura efectiva
- Mu = Momento último máximo
- $f'c$ = Resistencia a la compresión del hormigón
- f_y = Límite de fluencia del acero
- ϕ = Factor de reducción de carga
- ρ_{calc} = Cuantía de cálculo

Peralte de la viga

$$H = d + \phi_{\text{estribo}} + \text{Rec} + \frac{\phi_{\text{mayor}}}{2}$$

Donde:

- H = Peralte de la viga
- d = Altura efectiva
- ϕ_{estribo} = Diámetro de estribo
- Rec = Recubrimiento
- ϕ_{mayor} = Diámetro de varilla mayor

Anexo 3

Predimensionamiento de columnas

Ancho cooperante sentido XX

$$L_{XX} = \left(\frac{Y1}{2} \right) + \left(\frac{Y2}{2} \right)$$

Donde:

- Y1 = Distancia Y1
- Y2 = Distancia Y2

Ancho cooperante sentido YY

$$L_{YY} = \left(\frac{X1}{2} \right) + \left(\frac{X2}{2} \right)$$

Donde:

- X1 = Distancia X1
- X2 = Distancia X2

<u>Área Cooperante</u>	<u>Donde:</u>
$A_{coop} = L_{xx} * L_{yy}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ L_{yy} = Longitud cooperante en x ○ L_{xx} = Longitud cooperante en Y

<u>Peso (T)</u>	<u>Donde:</u>
$P = \sum N^a \text{ Pisos} * CV + N^a \text{ Pisos} * CM$	<ul style="list-style-type: none"> ○ N^a Pisos= Número de pisos ○ CV = Carga Viva CV ○ CM = Carga Muerta CM

<u>Área de columna requerida</u>	<u>Donde:</u>
$Ag_{req} = 20 P$	<ul style="list-style-type: none"> ○ P = Peso (t)

<u>Raíz</u>	<u>Donde:</u>
$Raiz = \sqrt{Ag_{req}}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ag_{req} = Área de columna requerida

<u>Área de columna asumida</u>	<u>Donde:</u>
$Ag_{asum} = X * Y$	<ul style="list-style-type: none"> ○ X=Base de columna asumida ○ Y =Altura de columna asumida.

Anexo 4

Espectro de diseño para carga sísmica

Espectro elástico de diseño en aceleraciones NEC-SE-DS para la carga sísmica

<u>Altura total de la estructura</u>	<u>Donde:</u>
$h_n = Alt_1 + (3 * Alt_2)$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alt_1 = Altura 1 ○ Alt_2 = Altura 2

<u>Periodo fundamental de vibración aproximado</u>	<u>Donde:</u>
$T_1 = C_t * h_n^\alpha$	<ul style="list-style-type: none"> ○ $C_t = \rightarrow$(NEC-SE-DS,6.3.3, [a]) ○ $h_n^\alpha = \rightarrow$(NEC-SE-DS,6.3.3, [a])

<u>Periodo límite de vibración de aceleraciones en</u>	<u>Donde:</u>
<u>T=T₀</u>	<ul style="list-style-type: none"> ○ F_a = Factor de sitio ○ F_d = Factor de sitio ○ F_s = Factor de comportamiento inelástico
$T_0 = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$	

<p><u>Periodo límite de vibración de aceleraciones en T=T_C</u></p> $T_C = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ F_a= Factor de sitio ○ F_d= Factor de sitio ○ F_s= Factor de comportamiento inelástico
<p><u>Periodo límite de vibración de aceleraciones en T=T_L</u></p> $T_L = 2.40 * F_d$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ F_a= Factor de sitio ○ F_d= Factor de sitio ○ F_s= Factor de comportamiento inelástico
<p><u>Espectro de respuesta elástica de aceleración para T < T₀</u></p> $S_{a0} = z * F_a$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ S_{a0}= Espectro de respuesta elástica de aceleración para T ≤ T₀. ○ F_a= Factor de sitio ○ z= Factor de aceleración en proporción de la aceleración de la gravedad
<p><u>Espectro de respuesta elástica de aceleración para 0 ≤ T ≤ T_C</u></p> $S_a = \eta * z * F_a$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ S_a= Espectro de respuesta elástica de aceleración para T₀ ≤ T ≤ T_C. ○ F_a= Factor de sitio ○ z= Factor de aceleración en proporción de la aceleración de la gravedad ○ η= Razón entre SA y PGA.
<p><u>Espectro de respuesta elástica de aceleración para T ≥ T_C</u></p> $S_a = \eta * z * F_a * \left(\frac{T_C}{T}\right)^r$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ S_a= Espectro de respuesta elástica de aceleración para T ≥ T_C. ○ F_a= Factor de sitio ○ z= Factor de aceleración en proporción de la aceleración de la gravedad ○ η= Razón entre SA y PGA. ○ T_C= Periodo ○ T= Periodo fundamental aproximado
<p><u>Factor de reducción de espectro</u></p> $f = \frac{1}{R}$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ f= Factor de reducción de espectro ○ R= Factor de reducción de resistencia
<p><u>Espectro de respuesta inelástico</u></p> $S_{a \text{ REDUCIDO}} = S_a * f$	<p><u>Donde:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ S_{a REDUCIDO}= Espectro de respuesta inelástica de aceleración ○ S_a= Espectro de respuesta elástica de aceleración ○ f= Factor de reducción de espectro

Cortante Basal

$$V = \frac{I * S_a * (T_a)}{R * \phi_{PI} * \phi_{EI}} * W$$

Donde:

- V= Cortante Basal
 - I= Factor de importancia
 - S_a= Espectro de respuesta elástica de aceleración
 - T= Periodo fundamental aproximado
 - R= Factor de reducción de resistencia
 - ϕ_{PI} = Factor de irregularidad en planta
 - ϕ_{EI} = Factor de irregularidad en elevación
 - T_a= Periodo fundamental aproximado
 - W= Carga sísmica reactiva
-

Anexo 5*Controles del modelo*

Control de derivas iniciales

Deriva inelástica

$$\Delta_i = \Delta_e * R * 0.75 * 100$$

Donde:

- Δ_i = Deriva inelástica
 - Δ_e = Deriva elástica
 - R= Factor de reducción de resistencia
-

Control de excentricidades

Excentricidad en sentido XX

$$exx = XCCM - XCR$$

Donde:

- exx = Excentricidad en sentido XX
 - XCCM = Centro de masa en sentido XX
 - XCR= Centro de rigidez sentido XX
-

Excentricidad en sentido YY

$$eyy = YCCM - YCR$$

Donde:

- eyy = Excentricidad en sentido YY
 - YCCM = Centro de masa en sentido YY
 - YCR= Centro de rigidez sentido YY
-

Excentricidad máxima en sentido XX

$$e_{max\ xx} = 5\%(Long > P\acute{o}rtico X)$$

Donde:

- $e_{max\ xx}$ = Excentricidad máxima en sentido XX
 - Long > Pórtico X =Longitud mayor en los pórticos en sentido X
-

Excentricidad máxima en sentido YY

$$e_{max\ yy} = 5\%(Long > P\acute{o}rtico Y)$$

Donde:

- $e_{max\ yy}$ = Excentricidad máxima en sentido YY
 - Long > Pórtico Y =Longitud mayor en los pórticos en sentido Y
-

Control modos de vibración

Primer modo de vibración

$$\text{Modo } 1 \leq 1$$

Donde:

- Modo 1= Primer modo de vibración
-

Segundo modo de vibración

$$\text{Modo } 2 \leq 1$$

Donde:

- Modo 2= Segundo modo de vibración
-

<u>Tercer modo de vibración</u> Modo 3 \geq 80	<u>Donde:</u> ○ Modo 3= Tercer modo de vibración
--	--

Control de diseño

<u>Porcentaje de varillas</u> $1\% \leq A_{sc} \leq 3\%A_g$	<u>Donde:</u> ○ A_{sc} = Acero de columnas ○ A_g = Área de la columna
---	--

<u>Factores de diseño a corte de los nudos</u> $\%A_{sc} \leq 3\%$	<u>Donde:</u> ○ A_{sc} = Acero de columnas
--	--

Corrección del factor de cortante basal

<u>Espectro de respuesta elástica de aceleración para $T \geq T_c$.</u> $S_a = \eta * z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$	<u>Donde:</u> ○ S_a = Espectro de respuesta elástica de aceleración para $T \geq T_c$. ○ F_a = Factor de sitio ○ z = Factor de aceleración en proporción de la aceleración de la gravedad ○ η = Razón entre SA y PGA. ○ T_c = Periodo ○ T = Periodo fundamental real
--	---

<u>Factor de reducción de espectro</u> $f = \frac{1}{R}$	<u>Donde:</u> ○ f = Factor de reducción de espectro ○ R = Factor de reducción de resistencia
--	---

<u>Espectro de respuesta inelástico</u> $S_{aREDUCIDO} = S_a * f$	<u>Donde:</u> ○ $S_{aREDUCIDO}$ = Espectro de respuesta inelástica de aceleración ○ S_a = Espectro de respuesta elástica de aceleración ○ f = Factor de reducción de espectro
---	---

<u>Cortante Basal</u> $V = \frac{I * S_a * (T_a)}{R * \phi_{PI} * \phi_{EI}} * W$	<u>Donde:</u> ○ V = Cortante Basal ○ I = Factor de importancia ○ S_a = Espectro de respuesta elástica de aceleración ○ T = Periodo fundamental aproximado ○ R = Factor de reducción de resistencia ○ ϕ_{PI} = Factor de irregularidad en planta ○ ϕ_{EI} = Factor de irregularidad en elevación ○ T_a = Periodo fundamental real ○ W = Carga sísmica reactiva
---	---

Anexo 6
Puntos del espectro de diseño

REGION	PUNTOS
--------	--------

	T	As
	0	1.19
	0	0.48
	0.04	0.70
	0.08	0.93
TO	0.13	1.19
	0.15	1.19
	0.2	1.19
	0.4	1.19
TC	0.6981	1.19
	0.8	1.04
	1	0.83
	1.2	0.69
	1.40	0.59
	1.6	0.52
	1.8	0.46
	2	0.42
	2.2	0.38
	2.4	0.35
	2.6	0.32
TL	2.856	0.29
T	0.5213	seg
Sa	1.1904	g
FACTOR CS	0.1488	-

Elaborado por: (Banshuy & Guamunshi, 2024)

7.2 Resultados de derivas, desplazamientos y excentricidades de piso

Anexo 7

Derivas, desplazamientos y excentricidades con la NEC-15

DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS						
Piso	XX			YY		
	Deriva Elástica	Deriva Inelástica [%]	Desplazamiento [cm]	Deriva Elástica	Deriva Inelástica [%]	Desplazamiento [cm]
1	0.0005	0.29%	0.14	0.0005	0.32%	0.15
2	0.0011	0.63%	0.43	0.0011	0.65%	0.45
3	0.0014	0.83%	0.82	0.0014	0.84%	0.84
4	0.0015	0.92%	1.25	0.0016	0.95%	1.28
5	0.0016	0.94%	1.69	0.0016	0.97%	1.74

6	0.0015	0.90%	2.11	0.0016	0.95%	2.18
7	0.0014	0.84%	2.50	0.0015	0.89%	2.60
8	0.0011	0.65%	2.60	0.0013	0.76%	2.81
EXCENTRICIDADES						
Piso	XX			YY		
	CM [cm]	CR [cm]	Excentricidad [cm]	CM [cm]	CR [cm]	Excentricidad [cm]
1	971.13	944.67	26.47	869.89	854.61	15.28
2	971.13	961.81	9.32	869.89	856.90	12.99
3	971.13	969.08	2.05	869.89	857.13	12.76
4	971.13	972.24	1.11	869.89	857.07	12.82
5	971.13	973.53	2.40	869.89	856.91	12.98
6	971.13	974.04	2.91	869.89	856.71	13.18
7	982.55	974.21	8.34	877.63	856.47	21.16
8	1159.00	1110.53	48.47	685.00	690.22	5.22

Anexo 8

Derivas, desplazamientos y excentricidades con la ACI 318-19

DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS						
Piso	XX			YY		
	Deriva Elástica	Deriva Inelástica [%]	Desplazamiento [cm]	Deriva Elástica	Deriva Inelástica [%]	Desplazamiento [cm]
1	0.0005	0.32%	0.15	0.0006	0.34%	0.16
2	0.0012	0.71%	0.48	0.0012	0.71%	0.49
3	0.0016	0.94%	0.92	0.0016	0.93%	0.92
4	0.0018	1.06%	1.41	0.0018	1.06%	1.41
5	0.0018	1.09%	1.92	0.0018	1.10%	1.93
6	0.0018	1.07%	2.42	0.0018	1.09%	2.43
7	0.0017	1.01%	2.89	0.0017	1.04%	2.92
8	0.0014	0.82%	3.04	0.0015	0.91%	3.19
EXCENTRICIDADES						
Piso	XX			YY		
	CM [cm]	CR [cm]	Excentricidad [cm]	CM [cm]	CR [cm]	Excentricidad [cm]
1	971.13	946.52	24.61	869.89	855.37	14.52
2	971.13	964.09	7.04	869.89	857.38	12.51
3	971.13	972.03	0.90	869.89	857.57	12.32
4	971.13	975.74	4.61	869.89	857.53	12.36
5	971.13	977.49	6.36	869.89	857.40	12.49
6	971.13	978.35	7.22	869.89	857.23	12.66
7	982.55	978.71	3.84	877.63	857.03	20.60
8	1159.00	1109.57	49.43	685.00	690.62	5.62

7.3 Resultados de los diseños de muros

- **Diseño de aceros-NEC-15**

Anexo 9

Diseño de aceros finales del muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

ACERO LONGITUDINAL														
PISO	As. Muro [cm ²]	Capa	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPLE	#Var.C/lec	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Separación			
7	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	-231.00	OK			
		2	1.4	9	13.85									
6	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
5	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
4	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
3	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
2	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
1	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PISO	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA							COLUMNA DERECHA O ABAJO						
	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE
7	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
6	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
5	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
4	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
3	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
2	74.25	2.2	10	38.01	76.03	10.56	OK	74.25	2.2	10	38.01	76.03	10.56	OK
		2.2	10	38.01					2.2	10	38.01			
1	117.32	2.5	12	58.90	117.81	8.75	OK	117.32	2.5	12	58.90	117.81	8.75	OK
		2.5	12	58.90					2.5	12	58.90			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PISO	Vn act. [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av Calc	Av Neces						
7	22.76	168.40	Av min	266.03	OK	7.5	7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
6	44.51		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
5	86.16		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
4	123.78		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
3	156.59		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
2	190.93		22.53		OK		3.97	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
1	200.95		32.56		OK		5.74	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

Anexo 10*Puntos del Diagrama de interacción muro tipo I (PE-2-3)-NEC-15*

N°	Calculados		ETABS	
	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]
P1	2191.42	0.00	2191.43	0.00
P2	1944.24	1241.95	2153.55	910.44
P3	1747.21	1473.54	1826.94	1339.07
P4	1559.46	1658.79	1607.25	1574.10
P5	1352.70	1833.39	1362.15	1789.64
P6	1117.28	2010.31	1077.06	2007.19
P7	1086.98	2032.16	989.00	2396.43
P8	1006.76	2331.60	915.51	2699.69
P9	977.53	2642.60	618.10	2413.31
P10	802.65	2615.56	-7.05	1604.81
P11	499.95	2279.47	-995.40	0.00
P12	-149.64	1407.87	Punto Evaluado	
P13	-995.38	0.00	202.81	1647.67

Anexo 11

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

Piso	Muro	V_u	V_u diseño	V_c	V_s	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa (cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	PE-2-3	170.81	213.11	71.93	178.80	12	2.26	15.52	7.5	30.16	8	18.10	2Ø12@13cm
2	PE-2-3	162.29	202.48	71.93	166.28	12	2.26	16.68	7.5	30.16	7	15.83	2Ø12@14cm
3	PE-2-3	133.10	166.07	71.93	123.45	12	2.26	22.47	7.5	30.16	6	13.57	2Ø12@17cm
4	PE-2-3	105.21	131.27	71.93	82.50	12	2.26	33.62	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
5	PE-2-3	73.24	91.37	71.93	35.57	12	2.26	77.99	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
6	PE-2-3	37.83	47.20	71.93	16.39	12	2.26	169.24	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
7	PE-2-3	19.35	24.14	71.93	43.53	12	2.26	63.73	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm

Anexo 12

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo I (Eje 2-3)-NEC-15

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE												
Piso	Muro	Control 1 $c=climit$	Control 2 $0.15f'c > \sigma_c \geq 0.2f'c$	l_w (m)	$M_u/4V_u$	Zona Crítica L_o (m)	Extremo 1: Columna	Extremo 2: Columna	$b \geq h_u/16$; Si $C/L_w \geq 0.375$ $b \geq 300mm$	s_1 Zona Crítica (cm)	s_2 Otra Ubicación (cm)	
1	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	2.41	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12	
2	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.83	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12	
3	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.43	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12	
4	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.01	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12	

5	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	0.57	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12
6	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	0.01	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12
7	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.01	3.65	65x65	65x65	Cumple	10	12

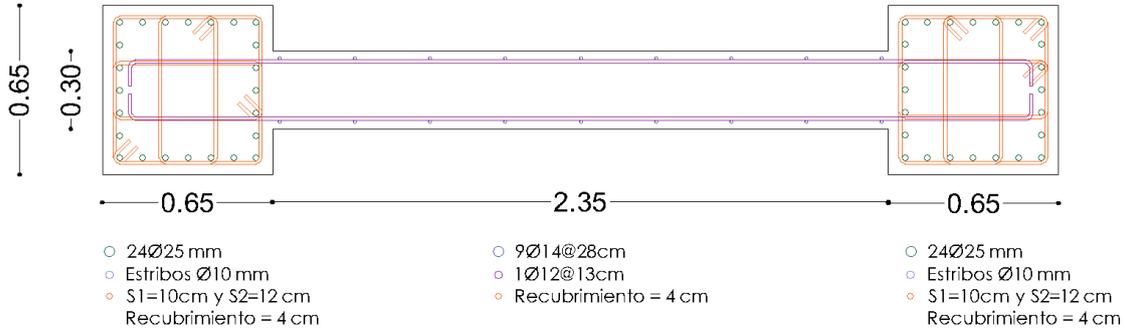
RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO

EXTREMO 1									EXTREMO 2										
bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	Ø (mm)	Número de ramales necesarios			bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	Ø (mm)	Número de ramales necesarios		
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4

Anexo 15

Plano de Sección del Muro PE 2-3 NEC-15

MURO TIPO I - PE 2-3 - NEC-15



Anexo 16

Diseño de aceros finales del muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

ACERO LONGITUDINAL														
PIS O	As. Muro [cm ²]	CAPA	Diam (cm)	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPL E	#Var.C/le c	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Sep			
7	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	-286.00	OK			
		2	1.4	10	15.39									
6	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
5	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
4	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
3	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
2	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
1	30.75	1	1.4	10	15.39	30.788	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PIS O	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA							E. BORDE DERECHA O ABAJO						
	As. Neece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E	As. Neece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E
7	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	1.13	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
6	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	1.13	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
5	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	1.13	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
4	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	12.09	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
3	36.18	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	36.18	1.8	10	25.45	37.51	12.05	OK
		1.6	0	0.00					1.6	6	12.06			
2	66.86	2.2	18	68.42	68.42	9.56	OK	66.86	2.2	10	38.01	69.43	9.56	OK

		0	0	0.00					2	10	31.42			
1	102.07	2.5	12	58.90	104.52	7.92	OK	102.07	2.5	14	68.72	106.74	7.92	OK
		2.2	12	45.62					2.2	10	38.01			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PISO	Vn act [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av calc	Av nec						
7	13.83	196.46	Av min	310.37	OK	7.5	7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
6	39.04		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
5	74.53		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
4	106.90		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
3	134.77		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
2	160.27		Av min		OK		7.50	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
1	158.30		Av min		OK		7.50	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

Anexo 17

Puntos para el diagrama de iteración muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

N°	Calculados		ETABS	
	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]
P1	1900.46	199.36	1900.45	142.17
P2	1636.99	1189.77	1827.90	914.46
P3	1462.45	1363.51	1542.73	1244.46
P4	1275.63	1454.10	1323.90	1437.76
P5	1071.29	1641.07	1082.35	1600.21
P6	840.95	1762.07	803.68	1749.49
P7	811.46	1776.42	679.08	2028.37
P8	709.45	1991.71	543.88	2203.77
P9	625.80	2198.98	246.67	1845.70
P10	428.69	2111.11	-176.22	1182.36
P11	154.67	1717.51	-909.91	-206.91
P12	-275.44	1018.18	Punto Evaluado	
P13	-909.94	-112.30	39.23	1281.04

Anexo 18

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo T (Eje A-B)-NEC-15

Piso	Muro	V_u	V_u diseño	V_c	V_s	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa (cm^2)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm^2/m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Acero Colocado (cm^2/m)	Varillas por colocar
1	P5-A-B	134.56	176.45	74.88	132.70	12	2.26	21.76	7.5	30.16	6	13.57	2Ø12@17cm
2	P5-A-B	136.23	178.65	74.88	135.29	12	2.26	21.35	7.5	30.16	6	13.57	2Ø12@17cm
3	P5-A-B	114.56	150.22	74.88	101.85	12	2.26	28.36	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
4	P5-A-B	90.87	119.16	74.88	65.30	12	2.26	44.23	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
5	P5-A-B	63.35	83.07	74.88	22.85	12	2.26	126.38	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
6	P5-A-B	33.18	43.51	74.88	23.69	12	2.26	121.90	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm
7	P5-A-B	11.76	15.42	74.88	56.75	12	2.26	50.90	7.5	30.16	5	11.31	2Ø12@20cm

Anexo 19

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo T (Eje A-B)

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE											
Piso	Muro	Control 1 $c=\text{climit}$	Control 2 $0.15f'c > \sigma_c \geq 0.2f'c$	l_w (m)	$M_u/4V_u$	Zona Crítica L_o (m)	Extremo 1: E borde	Extremo 2: Columna	$b \geq h_u/16$; Si $C/L_w \geq 0.375$ $b \geq 300\text{mm}$	s_1 Zona Crítica (cm)	s_2 Otra Ubicación (cm)
1	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	2.38	3.8	65x30	60x60	Cumple	10	12
2	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	1.70	3.8	65x31	60x61	Cumple	10	12
3	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	1.28	3.8	65x32	60x62	Cumple	10	12
4	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	0.86	3.8	65x33	60x63	Cumple	10	12

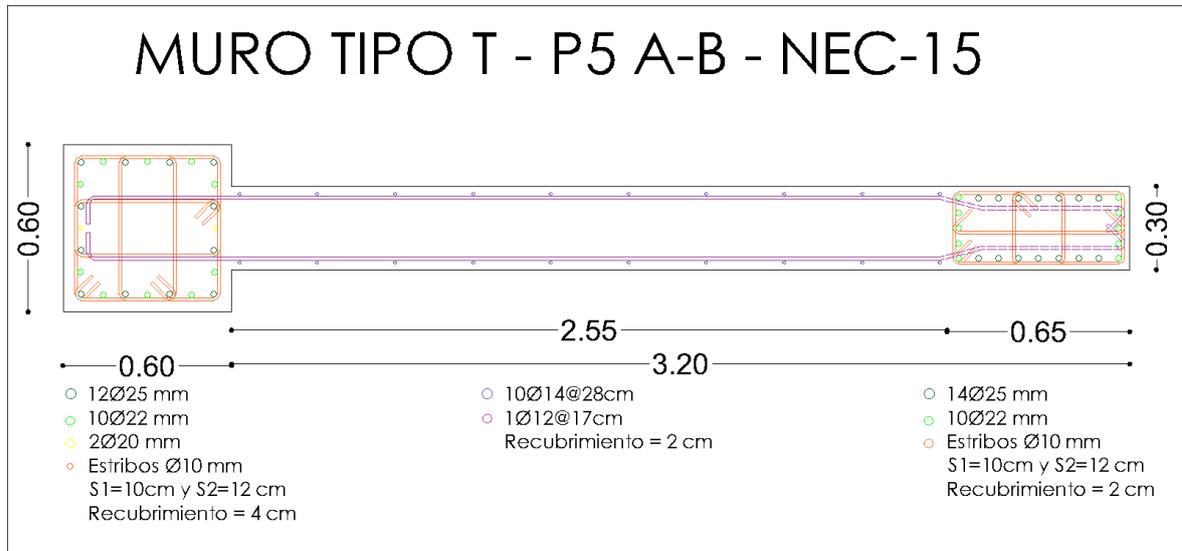
5	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Normal	3.8	0.42	3.8	65x34	60x64	Cumple	10	12
6	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Normal	3.8	0.25	3.8	65x35	60x65	Cumple	10	12
7	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Normal	3.8	1.57	3.8	65x36	60x66	Cumple	10	12

RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO

EXTREMO 1								EXTREMO 2							
bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	Ø (mm)	Número de ramales necesarios	Bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	Ø (mm)	Número de ramales necesarios
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
60	1950	1586	2.36	3.09	3.09	10	3.93 ≈ 4	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4

Anexo 20

Plano de Sección del Muro P5 A-B NEC-15



- **DISEÑO ACI 318-19**

Anexo 21

Diseño de aceros finales del muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

ACERO LONGITUDINAL														
PIS O	As. Muro [cm ²]	CAPA	Diam (cm)	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPL E	#Var.C/le c	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Sep			
7	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	-231.00	OK			
		2	1.4	9	13.85									
6	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
5	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
4	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
3	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
2	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
1	27.375	1	1.4	9	13.85	27.709	OK	9	45.00	28.70	OK			
		2	1.4	9	13.85									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PIS O	As. Nece [cm ²]	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA					COLUMNA DERECHA O ABAJO							
		Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPL E
7	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
6	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
5	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
4	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK	42.25	1.8	10	25.45	45.55	10.64	OK
		1.6	10	20.11					1.6	10	20.11			
3	46.26	1.8	10	25.45	50.89	10.64	OK	46.26	1.8	10	25.45	50.89	10.64	OK
		1.8	10	25.45					1.8	10	25.45			

2	84.85	2.5	10	49.09	98.17	10.50	OK	84.85	2.5	10	49.09	98.17	10.50	OK
		2.5	10	49.09					2.5	10	49.09			
1	129.15	2.8	12	73.89	147.78	8.70	OK	129.15	2.8	12	73.89	147.78	8.70	OK
		2.8	12	73.89					2.8	12	73.89			
ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)														
PISO	Vn act [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada	
						Av min	Av calc	Av nec						
7	16.22	168.40	Av min	266.03	OK	7.5	7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
6	49.32		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
5	92.25		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
4	130.42		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
3	163.61		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
2	197.11		28.71		OK		5.06	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	
1	206.33		37.94		OK		6.69	7.5	14	5	25	7.70	0.002566	

Anexo 22

Puntos de Diagrama de iteración del muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

N°	Calculados		ETABS	
	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]
P1	2315.97	0.00	2316.00	0.00
P2	2033.27	1354.98	2245.97	1006.36
P3	1824.82	1603.89	1908.17	1452.27
P4	1622.03	1811.79	1671.62	1712.72
P5	1395.94	2015.58	1403.95	1962.27
P6	1134.71	2231.50	1087.07	2227.72
P7	1100.80	2258.82	980.11	2666.50
P8	1005.51	2604.17	901.72	3021.10
P9	971.95	2956.81	587.60	2712.94
P10	787.76	2936.61	-92.00	1832.06
P11	464.05	2572.89	-1222.02	0.00
P12	-253.10	1611.15	Punto Evaluado	
P13	-1221.96	0.00	203.18	1784.45

Anexo 23

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

Piso	Muro	Vu	Ve diseño	Vc	Vs	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa(cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Separación Colocada	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	PE-2-3	175.38	334.59	105.78	228.80	12	2.26	12.12	7.5	30.16	8	13	18.10	2Ø12@13cm
2	PE-2-3	167.54	319.63	100.72	218.90	12	2.26	12.67	7.5	30.16	8	13	18.10	2Ø12@13cm
3	PE-2-3	139.06	265.30	95.70	169.60	12	2.26	16.35	7.5	30.16	7	14	15.83	2Ø12@14cm
4	PE-2-3	110.86	211.50	90.71	158.10	12	2.26	17.54	7.5	30.16	7	14	15.83	2Ø12@14cm
5	PE-2-3	78.41	149.59	85.72	90.26	12	2.26	30.73	7.5	30.16	4	25	9.05	2Ø12@25cm
6	PE-2-3	41.92	79.98	80.73	13.36	12	2.26	207.59	7.5	30.16	4	25	9.05	2Ø12@25cm
7	PE-2-3	13.78	26.29	75.73	44.79	12	2.26	61.92	7.5	30.16	4	30	9.05	2Ø12@25cm

Anexo 24

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo I (Eje 2-3)-ACI 318-19

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE														
Piso	Muro	Control 1 c=climit	Control 2 0.15f'c>σc>=0.2f'c	lw (m)	Mu/4Vu	Zona Crítica Lo (m)	Extremo 1: Columna	Extremo 2: Columna	b>=hu/16; Si C/Lw>=0.375 b>=300mm	b>= (0.025LwC)^0.5	L _{eb} >=0.15lw	s1 Zona Crítica (cm)	s2 Otra Ubicación (cm)	
1	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	2.41	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
2	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.83	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
3	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.43	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
4	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.01	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
5	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	0.57	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
6	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	0.01	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	

7	PE-2-3	Confin. Especial	Confin. Especial	3.65	1.01	3.65	65x65	65x65	Cumple	Cumple	Cumple	10	12
---	--------	------------------	------------------	------	------	------	-------	-------	--------	--------	--------	----	----

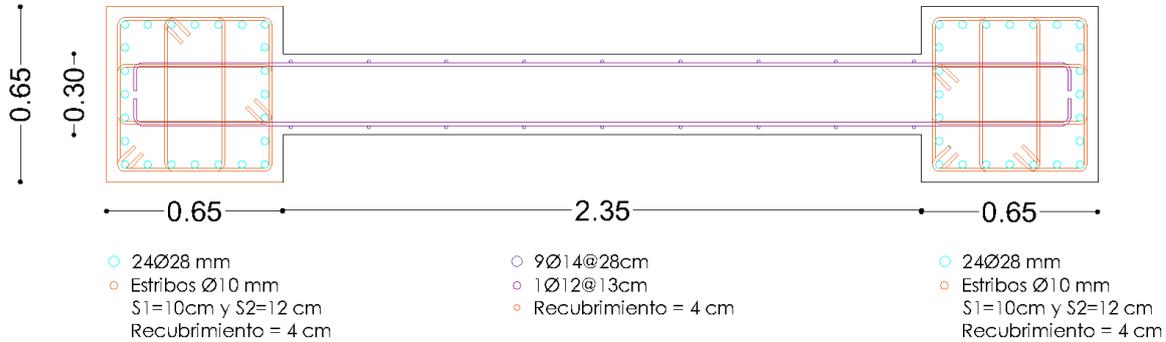
RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO

EXTREMO 1										EXTREMO 2									
bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	Ø (mm)	Número de ramales necesarios			Bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec. cm ²	Ø (mm)	Número de ramales necesarios		
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4
56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4	56	4225	3249	2.88	2.88	2.88	10	3.67	≈	4

Anexo 25

Plano de Sección del Muro PE 2-3 ACI 318-19

MURO TIPO I - PE 2-3 - ACI 318-19



Anexo 26

Diseño de aceros finales del muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

ACERO LONGITUDINAL														
PISO	As. Muro [cm ²]	CAPA	Diam (cm)	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	CUMPLE	#Var.C/lec	S. Max [cm]	S. Coloca [cm]	Sep			
7	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	-286.00	OK			
		2	1.4	10	15.39									
6	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
5	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
4	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
3	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
2	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
1	30.75	1	1.4	10	15.39	30.79	OK	10	45	31.62	OK			
		2	1.4	10	15.39									
ACERO ELEMENTOS DE BORDE														
PISO	COLUMNA IZQUIERDA O ARRIBA							E. BORDE DERECHA O ABAJO						
	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE	As. Nece [cm ²]	Diam [cm]	# varillas	As. Colo [cm ²]	As. Total [cm ²]	S. Col [cm]	CUMPLE
7	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	1.13	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
6	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	1.13	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
5	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	1.13	1.2	12	13.57	13.57	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
4	36.00	1.8	16	40.72	40.72	12.05	OK	16.88	1.4	12	18.47	18.47	16.13	OK
		1.6	0	0.00					1.6	0	0.00			
3	42.11	2	16	50.27	50.27	12.00	OK	42.11	2	10	31.42	46.68	12.00	OK
		1.6	0	0.00					1.8	6	15.27			
2	77.20	2.5	18	88.36	88.36	9.50	OK	77.20	2.5	10	49.09	87.10	9.50	OK
		0	0	0.00					2.2	10	38.01			
1	116.11	2.5	12	58.90	117.81	7.92	OK	116.11	2.5	14	68.72	117.81	7.92	OK
		2.5	12	58.90					2.5	10	49.09			

ACERO TRANSVERSAL (A CORTE)													
PISO	Vn act [T]	Vn resistente [T]	Vs necesario	Vs máximo [T]	Control de Vs máximo	Av necesario por metro (calculado con P min.) [cm ²]			diámetro varilla horizontal [mm]	# varillas calculado por metro	Separación de varillas horizontales [cm]	Av. c/l del muro [cm ² /m]	Cuantía pt colocada
						Av min	Av calc	Av nec					
7	8.42	196.46	Av min	310.37	OK	7.5	7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566
6	45.28		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566
5	81.67		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566
4	114.74		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566
3	142.62		Av min		OK		7.5	7.5	14	5	25	7.70	0.002566
2	166.94		Av min		OK		7.50	7.5	14	5	25	7.70	0.002566
1	162.75		Av min		OK		7.50	7.5	14	5	25	7.70	0.002566

Anexo 27

Puntos del Diagrama de Interacción del muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

N°	Calculados		ETABS	
	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]	Pu [Ton]	Mu [Ton-m]
P1	1953.83	212.12	1953.84	131.68
P2	1669.70	1230.37	1862.60	948.40
P3	1490.54	1410.46	1571.81	1286.21
P4	1297.78	1503.98	1344.41	1491.11
P5	1086.00	1706.00	1091.38	1669.06
P6	845.46	1840.25	796.50	1840.07
P7	814.58	1856.50	657.13	2128.94
P8	703.09	2082.51	512.19	2319.92
P9	612.68	2298.20	201.26	1943.22
P10	405.90	2209.46	-260.52	1227.63
P11	115.62	1789.34	-1007.04	-191.63
P12	-350.58	1042.84	Punto Evaluado	
P13	-994.46	-127.02	43.92	1413.59

Anexo 28

Diseño por capacidad de acero Transversal muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

Piso	Muro	Vu	Ve diseño	Vc	Vs	Diámetro de varilla (mm)	Área calculada 2 Capa(cm ²)	Separación calculada (cm)	Acero mínimo (cm ² /m)	Separación mínima (cm)	# Varillas por metro	Separación Colocada	Acero Colocado (cm ² /m)	Varillas por colocar
1	P5-A-B	138.34	257.38	82.20	175.18	12	2.26	16.48	7.5	30.16	6	17	13.57	2Ø12@17cm
2	P5-A-B	141.90	264.01	80.27	183.73	12	2.26	15.71	7.5	30.16	6	17	13.57	2Ø12@17cm
3	P5-A-B	121.23	225.55	79.07	186.28	12	2.26	15.50	7.5	30.16	6	17	13.57	2Ø12@17cm
4	P5-A-B	97.53	181.45	78.23	135.24	12	2.26	21.35	7.5	30.16	5	20	11.31	2Ø12@20cm
5	P5-A-B	69.42	129.16	77.50	74.45	12	2.26	38.79	7.5	30.16	4	25	9.05	2Ø12@25cm
6	P5-A-B	38.50	71.62	76.68	7.58	12	2.26	380.82	7.5	30.16	4	25	9.05	2Ø12@25cm
7	P5-A-B	7.15	13.31	75.74	60.08	12	2.26	48.06	7.5	30.16	4	25	9.05	2Ø12@25cm

Anexo 29

Diseño del acero de confinamiento para elementos de Borde muro tipo T (Eje A-B)-ACI 318-19

ANÁLISIS PRELIMINAR DE ELEMENTOS DE BORDE														
Piso	Muro	Control 1 c=climit	Control 2 0.15f'c>σc>=0.2f'c	lw (m)	Mu/4Vu	Zona Crítica Lo (m)	Extremo 1: E borde	Extremo 2: Columna	b>=hu/16; Si C/Lw>=0.375 b>=300mm	b>= (0.025LwC) ^0.5	L _{eb} >=0.15lw	s1 Zona Crítica (cm)	s2 Otra Ubicación (cm)	
1	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	2.38	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
2	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	1.70	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
3	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	1.28	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	
4	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Especial	3.8	0.86	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12	

5	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Normal	3.8	0.42	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12
6	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Normal	3.8	0.25	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12
7	P5-A-B	No Aplica este Control	Confinamiento Normal	3.8	1.57	3.8	70x30	60x60	Cumple	Cumple	Cumple	10	12

RAMALES DE ACERO DE CONFINAMIENTO

EXTREMO 1								EXTREMO 2							
bc cm	Ag cm ²	Ach cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios	bc cm	Ag cm ²	Ac cm ²	Ash min 1 cm ²	Ash min 2 cm ²	Av. Nec cm ²	db (mm)	Número de ramales necesarios
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4
65	2100	1716	2.49	3.34	3.34	10	4.26 ≈ 5	51	3600	2704	2.90	2.62	2.90	10	3.69 ≈ 4

Anexo 30

Plano de Sección del Muro P5 A-B ACI 318-19

MURO TIPO T - P5 A-B - ACI 318-19

