ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESTUDIO DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES INFORMALES POR MEDIO DE ENCHAPAMIENTO CON MALLA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MENCIÓN ESTRUCTURAS

ANDERSON KALIF CANDO GUEVARA

anderson.cando@epn.edu.ec

DIRECTOR: MSC. ING. FELIX POLICARPO VACA MONCAYO

felvaca@hotmail.com

QUITO, Julio 2022

DECLARACIÓN

Yo Anderson Kalif Cando Guevara, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ANDERSON KALIF CANDO GUEVARA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Anderson Kalif Cando Guevara, bajo mi supervisión.

MSC. ING. FELIX POLICARPO VACA MONCAYO

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres.

A mi director de tesis Msc. Ing. Félix Policarpo Vaca Moncayo.

Kalif

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, y para aquellas personas que deseen extender su conocimiento y encontrar en este trabajo herramientas que les permitan implementar un mecanismo de reforzamiento y construcción en el país.

Kalif

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN II
CERTIFICACIÓN III
AGRADECIMIENTO IV
DEDICATORIA V
CONTENIDO VI
ÍNDICE DE FIGURAS IX
ÍNDICE DE TABLAS XI
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
CAPITULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1. ASPECTOS GENERALES 1
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE 2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL 2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2
1.3. ALCANCE 2
1.4. MARCO TEÓRICO 2
1.4.1. AMENAZA 2
1.4.2. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL 3
1.4.3. PÓRTICO ESTRUCTURAL 3
1.4.4. MAMPOSTERÍA 3
1.4.5. MUROS ESTRUCTURALES 3
1.4.6. ENCHAPE 3
1.4.7. DERIVAS 4
1.4.8. PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES 4
1.4.9. REFORZAMIENTOS ESTRUCTURALES PARA VIVIENDAS 5
1.4.10. PAREDES CON ENCHAPADO 5
CAPITULO II 7
METODOLOGÍA 7
2.1. DESCRIPCIÓN DE EDIFICACIÓN 7
2.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL 8
2.3. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS DE LA ESTRUCTURA 9
2.4. ESTIMACIÓN DE CARGAS 9
2.4.1. CARGA MUERTA (*D*) 10

2.4.2. CARGA VIVA (*L*)....13
2.5. CARGAS SÍSMICAS....13
2.5.1. CORTE BASAL:....13
2.5.2. COMBINACIONES DE CARGA....15
2.6. DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES....16
2.7. MODELACIÓN VIRTUAL DE LA ESTRUCTURA....16
CAPITULO III....17
MODELO ESTRUCTURA CON PÓRTICOS....17
3.1. MODELO CON PÓRTICOS....17
3.1.1. ANÁLISIS DE LA DERIVA....17
3.1.2. ANÁLISIS DE TORSIÓN....19
3.2. MODELO CON GRADAS....20
3.2.1. ANÁLISIS DE LA DERIVA....20
3.2.2. ANÁLISIS DE TORSIÓN....22
3.3. REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS....23
3.3.1. ANÁLISIS DE COLUMNAS....23
3.3.2. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN....24
3.4. CONEXIÓN VIGA - COLUMNA....27
CAPITULO IV....31
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL....31
4.1. MODELACIÓN DE PAREDES ENCHAPADAS....31
4.1.1. MATERIAL....31
4.1.2. ÁREA DE PAREDES REQUERIDAS....31
CAPITULO V....34
MODELO DE MAMPOSTERIA....34
5.1. MODELO DE MAMPOSTERÍA ENCHAPADA....34
5.1.1. VERIFICACIÓN DE DERIVAS....34
5.1.2. VERIFICACIÓN DE MODOS DE VIBRACIÓN....36
5.2. MODELO DE MAMPOSTERÍA CON GRADAS....37
5.2.1. ANÁLISIS DE DERIVAS....38
5.2.2. VERIFICACIÓN DE MODOS DE VIBRACIÓN....39
5.2.3. CHEQUEO DE CORTANTE EN PAREDES ENCHAPADAS....40
CAPÍTULO VI....43
DETALLE DE MAMPOSTERIA ENCHAPADA....43
6.1. PLANOS DE REFORZAMIENTO PROPUESTO....43

6.2. MAMPOSTERÍA ENCHAPADA 43
6.2.1. MAMPOSTERÍA 43
6.2.2. CONECTORES.....43
6.2.3. MALLA ELECTROSOLDADA 43
6.2.4. GRAPAS Y ANCLAJES 43
6.2.5. HORMIGÓN.....43
6.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 43
CAPITULO VII 44
RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
7.1. RESULTADOS 44
7.2. CONCLUSIONES 45
7.3. RECOMENDACIONES.....46
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....48
ANEXOS.....50
ANEXO 1: CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL.....51
ANEXO 2: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....60
ANEXO 3: PLANOS DE REFORZAMIENTO DE PAREDES Y DETALLES CONSTRUCTIVOS……65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. VISTA EN PLANTA. PLANTA BAJA – ALTA 7

FIGURA 2. VISTA EN 3D DE LA EDIFICACIÓN..... 9

FIGURA 3. LOSA TIPICA PARA CALCULO DE PESO POR UNIDAD DE ÁREA…….....10

FIGURA 4. DIMENSIONES DE LOSA ALIVIANADA 11

FIGURA 5. SECCION DE PARED 12

FIGURA 6. DEFINICIÓN DE CARGAS/SÍSMICA 16

FIGURA 7. GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA (ESTADO ACTUAL) 17

FIGURA 8. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN X.....18

FIGURA 9. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN Y.....18

FIGURA 10. MODOS DE VIBRACIÓN 19

FIGURA 11. GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA CON GRADAS.....20

FIGURA 12. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN X 21

FIGURA 13. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN Y 21

FIGURA 14. MODOS DE VIBRACIÓN 23

FIGURA 15. VISTA EN PLANTA, UBICACIÓN DE COLUMNAS. 23

FIGURA 16. DETALLE DEL AMARADO DE COLUMNAS 24

FIGURA 17. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COLUMNA C14, PRIMER PISO.....25

FIGURA 18. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COLUMNA C14, SEGUNDO PISO…….....25

FIGURA 19. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COLUMNA C16, PRIMER PISO……25

FIGURA 20. DIAGRAMA DE INTERACCIÓN COLUMNA C16, SEGUNDO PISO…….....26

FIGURA 21. NOMENCLATURA PARA LA REVISIÓN DEL CONFINAMIENTO.....28

FIGURA 22. NOMENCLATURA PARA LA REVISIÓN DEL CONFINAMIENTO….. 29
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE PAREDES ENCHAPADAS.....32
FIGURA 24. ESTRUCTURA REFORZADA CON MAMPOSTERÍA ENCHAPADA. 34
FIGURA 25. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN X 35
FIGURA 26. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN Y 35
FIGURA 27. MODOS DE VIBRACIÓN 36
FIGURA 28. MODELO DE MAMPOSTERÍA CON GRADAS.....37
FIGURA 29. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN X 38
FIGURA 30. DERIVA MÁXIMA PARA EL SISMO EN Y 39
FIGURA 31. MODOS DE VIBRACIÓN 40
FIGURA 32. CONFIGURACIÓN DE PAREDES A ENCHAPAR 41
FIGURA 33. MAPA DE LA ZONA SÍSMICA 52
FIGURA 34. ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES.....54
FIGURA 35. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.....61
FIGURA 36. ORIFICIOS DE ANCLAJE.....61
FIGURA 37. GRAPA DE ANCLAJE 62
FIGURA 38. COLOCACIÓN DE MALLA ELECTRO SOLDADA 63
FIGURA 39. PROYECCIÓN DEL HORMIGÓN 63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RELACIÓN DE ASPECTO DE LA PARED 6

TABLA 2. CARACTERIZAS DE LAS PAREDES, SEGÚN SU RELACIÓN DE ASPECTO… 6

TABLA 3. DATOS DE LA VIVIENDA 8

TABLA 4. PESOS ESPECÍFICOS DE MATERIALES 10

TABLA 5. PESOS DE LOS COMPONENETES DE LA LOSA ALIVIANADA.....11

TABLA 6. PESOS DE LOS COMPONENETES DE PARED. 12

TABLA 7. PESO TOTAL DE PARED POR METRO CUADRADO 12

TABLA 8. RESUMEN DE CARGA MUERTA 13

TABLA 9. CARGA VIVA.....13

TABLA 10. RESUMEN DE COEFICIENTES.....14

TABLA 11. DETERMINACIÓN DE K 15

TABLA 12. COMBINACIONES DE CARGA.....15

TABLA 13. VALORES DE ΔM MÁXIMOS 17

TABLA 14. MODOS DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.....19

TABLA 15. VALORES DE ΔM MÁXIMOS 20

TABLA 16. MODOS DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE.....22

TABLA 17. SOLICITACIONES DE LAS COLUMNAS MÁS CRÍTICAS. 24

TABLA 18. TABLA DE ACEROS REQUERIDOS Y DISPONIBLES DE LA COLUMNA…… 28

TABLA 19. TABLA DE ACEROS REQUERIDOS Y DISPONIBLES DE LA COLUMNA…….28

TABLA 20. VERIFICACIÓN DEL CORTE.....29

TABLA 21. VERIFICACIÓN DE ADHERENCIA Y ANCLAJE.....30

TABLA 22. ÁREA DE PAREDES ENCHAPADAS PROPUESTO 33

TABLA 23. VALORES DE ΔM MÁXIMOS 34

TABLA 24. MODOS DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA REFORZADA.....36

TABLA 25. VALORES DE ΔM MÁXIMOS 38

TABLA 26. MODOS DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA REFORZADA.....39

TABLA 27. RELACIÓN DE ASPECTO EN LAS PAREDES ENCHAPADAS.....40

TABLA 28. VALOR DEL CORTANTE NOMINAL RESISTIDO POR LA MAMPOSTERÍA, VM…….41

TABLA 29. CALCULO DE LA CAPACIDAD A CORTE DE PAREDES ENCHAPADAS 42

TABLA 30. FACTOR DE IMPORTANCIA 52

TABLA 31. FACTOR DE SITIO FA 53

TABLA 32. FACTOR DE SITIO FD 53

TABLA 33. FACTOR DE COMPORTAMIENTO INELÁSTICO DEL SUELO FS 54

TABLA 34. FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA 54

TABLA 35. FACTOR DE CT Y A PARA LA DETERMINACIÓN DEL PERIODO FUNDAMENTAL.....56

TABLA 36. FACTOR DE REGULARIDAD EN ELEVACIÓN 57

TABLA 37. FACTOR DE REGULARIDAD EN PLANTA.....58

TABLA 38. DETERMINACIÓN DEL FACTOR K 59

RESUMEN

Al estar ubicado en una zona de alto peligro sísmico, el Ecuador está bajo constante amenaza. Además, que la gran parte de edificaciones del país se han establecido sin ninguna planificación técnica-urbana, y la construcción de viviendas sin parámetros normativos, dando como resultado viviendas vulnerables.

Para el presente trabajo se ha planteado poner en evidencia la importancia de un refuerzo con enchape a la mampostería a una vivienda informal para reducir la vulnerabilidad de la estructura.

Se ha escogido un modelo de vivienda de construcción informal de la cual se obtuvo información en base a los planos arquitectónicos. Siendo una estructura a porticada con mampostería de bloque.

Una vez que se recopilo la información de la vivienda, se procedió a modelar el sistema a porticado en un software que nos permitió analizar el comportamiento de la estructura frente a un evento sísmico, tomando en cuenta derivas, modos de vibración y la capacidad de los elementos estructurales.

Una vez analizado el estado actual de estructura, se propone el enchape a algunas de las paredes existentes, se escogió estratégicamente las paredes a reforzar para que no existiese torsión en planta. Finalmente se modelo la estructura reforzada.

Los resultados obtenidos del modelo reforzado, se evidencia una mejora significativa en el comportamiento, tales como la disminución de hasta un 85% en las derivas, además que se puedo corregir la torsión en planta que tenía el sistema a porticado.

Con esto se puso en evidencia la importancia del reforzamiento en la vivienda mejorando su comportamiento y reduciendo su vulnerabilidad.

Palabras clave: enchape, vulnerabilidad estructural, sismo, mampostería, vivienda, informal.

ABSTRACT

Being in a zone of high seismic risk, Ecuador is under constant threat. In addition, most of the buildings in the country have been built without any technical-urban planning and the construction of houses do not always comply the normative parameters, resulting in vulnerable houses.

For the present work, it has been proposed a reinforcement of masonry with veneer to an informal dwelling to reduce the vulnerability of the structure.

An informal construction was chosen, and the information needed for the model was obtained based on the architectural plans. The residence chosen is a framed structure with block masonry.

Once the information on the house was collected, we proceed to model the framed system in a software that allowed us to analyze the behavior of the structure in a seismic event, considering the drifts, vibration modes and the capacity of the structural elements.

With the current state of the structure analyzed, a reinforcement with veneer in some of the existing walls was proposed, the walls with veneer were strategically chosen so there would be no torsion in plan. Finally, the reinforced structure was modeled.

The results obtained from the reinforced model show a significant improvement in the behavior of the structure such as reduction of at least 85% in drifts and correction of the torsion in plant that the system had initially.

With this, the importance of reinforcement in the house selected was evidenced, improving its behavior, and reducing the vulnerability.

Key words: veneer, structural vulnerability, seism, masonry, informal housing

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. Aspectos generales

Debido a la ubicación del Ecuador, cerca de la subducción de la placa de Nazca en dirección hacia la placa sudamericana y demás fallas locales que se encuentran en la región andina, el país se ve afectado por sismos originados por estos factores. La gran parte de edificaciones del país se han establecido sin ninguna planificación técnica-urbana, tomando en cuenta también que las condiciones socioeconómicas de una parte de la población desembocan en la construcción de viviendas sin parámetros normativos, omitiendo especificaciones técnicas, usando materiales de baja calidad y mano de obra no calificada, desarrollando así, viviendas incapaces de soportar los efectos de un sismo.

Dado los eventos sísmicos, los daños producidos principalmente son en los paneles de relleno (mampostería), una de las principales características de estos paneles es que aportan una gran rigidez a la estructura no obstante al no ser un elemento estructural y que no posea ningún refuerzo o la capacidad sufriente para soportar las fuerzas sísmicas hace que este tenga fallas frágiles y en algunos casos el colapso de la misma.

Tomando en consideración todo lo mencionado, la gran mayoría de construcciones en el país se encuentran vulnerables y es necesario proponer opciones que permitan mejorar el comportamiento de la estructura. Ante todas las opciones disponibles, se ha optado por el enchapado de paredes con mallas de acero; proceso de reforzamiento mediante el cual las paredes pasan a formar parte del sistema estructural, dando como resultado el incremento de la rigidez y resistencia de la vivienda.

Para el presente trabajo se ha planteado mostrar el comportamiento de una estructura a porticada, evidenciando su vulnerabilidad. Además de proponer el enchape con mallas en las paredes como opción de reforzamiento para aumentar su seguridad estructural y comparar su comportamiento con el estado inicial de la estructura por medio de un software de análisis estructural.

1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE

1.2.1. Objetivo general

Determinar la vulnerabilidad estructural de una edificación construida informalmente y proponer un reforzamiento por medio del enchapado con malla electro soldada.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar las condiciones actuales de la vivienda.
2. Realizar la modelación virtual de la estructura, verificar y chequear los elementos estructurales, así como los modos de vibración y las derivas.
3. Proponer el reforzamiento estructural que cumpla con condiciones sismos resistentes.

1.3. Alcance

El presente trabajo procura proponer el reforzamiento sismo resistente para una vivienda informar, ubicada en el sur del DMQ (Distrito metropolitano de Quito).

Ante la gran cantidad de viviendas vulnerables como resultado de la construcción informal existentes en el país, se tiene la necesidad de reforzar dichas estructuras. Prevenir pérdidas materiales y el peor de los casos vidas humanas ante la presencia de eventos sísmicos que comprometan a dichas estructuras.

El caso de estudio, es una vivienda de construcción informal por lo que no se cuenta con los planos estructurales, sin embargo, si posee los planos arquitectónicos en lo que si constan medidas de los elementos.

1.4. MARCO TEÓRICO

1.4.1. Amenaza

Probabilidad de que ocurra un fenómeno peligroso, ya sea de origen natural o por actividad humana en un tiempo determinado en un sector no preparado para enfrentarlo sin consecuencias graves (Corporación Autónoma Regional de Risalda, 2011). Estas amenazas pueden ser:

- Amenazas Naturales: aquéllas producidas en la dinámica propia del Planeta.

- Amenazas Socio - Naturales: amenaza que puede parecer natural pero que tiene una intervención humana.

1.4.2. Vulnerabilidad estructural

Cuando se habla de vulnerabilidad estructural, se describe cuan susceptible son los elementos estructurales de una estructura a daños ante las acciones sísmicas aplicadas en ella, trabajando conjuntamente con el resto de cargas que se encuentra en la edificación (Corporación Autónoma Regional de Risalda, 2011).

1.4.3. Pórtico estructural

Sistema de construcción constituido de columnas y vigas, unidos entre ellos a través de nodos rígidos, permitiendo la transmisión a las columnas de momentos y cargas axiales. La flexión de los elementos del pórtico es la que brinda resistencia a cargas laterales (Bozzo y Barbat, 2013).

1.4.4. Mampostería

Sistema tradicional de construcción que trata en sobreponer mampuestos (bloques de concreto, rocas o ladrillos), con el objetivo de construir muros. Los mampuestos se ubican de manera manual y pareja. Se emplea mezclas de cemento o cal, con agua y arena para su fijación (Pérez y Gardey, 2022).

Entre todos los tipos de mampostería, la mampostería ordinaria, es la más usada. Donde se usa mortero para fijar los mampuestos y llenar los huecos entre ellos. Los mampuestos deben ubicarse de forma que se evite la mayor parte de espacios entre ellos. En su mayoría este tipo de mampostería solo sirve para separar los espacios interiores de una edificación.

1.4.5. Muros estructurales

Son placas que funcionan como paredes de carga, que brindan rigidez y resistencia lateral, siempre y cuando la disposición de estos muros sea en una sola dirección, caso contrario, una distribución asimétrica, puede producir un mal comportamiento de la estructura con posibilidad de colapso (Bozzo y Barbat, 2013).

1.4.6. Enchape

Procedimiento donde se combina una malla electro soldada y el mortero dentro de un enchape que recubre el interior de la mampostería. El muro no estructural enchapado,

actuara como un muro de cortante destinado a resistir cargas laterales (Fernández y Paredes, 2010).

1.4.7. Derivas

Es el desplazamiento lateral relativo de un piso, especialmente por la acción de una fuerza horizontal, con respecto al piso consecutivo, se encuentra medido en dos puntos situados en la misma línea vertical de la estructura. Por ende, se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso (MIDUVI, 2015).

1.4.8. Patologías estructurales

A continuación, se presentan una lista de algunas patologías en la construcción:

- **Columna Corta**

  Como consecuencia de antepechos altos, o paredes que no llegan hasta la losa, pero unidas a la columna, en el espacio libre se genera una concentración de esfuerzos lo que daría lugar a una falla frágil y explosiva.

- **Piso Blando**

  Se entiende como piso blando, al espacio cuya planta tiene una rigidez lateral menor al 70% con respecto a piso superior. Este problema ocurre en la primera planta en la que se destina a parqueaderos, áreas comerciales, etc.

- **Torsión en Planta**

  Este problema ocurre cuando existe irregularidades en la configuración en planta, por ejemplo, tipo L, T, H, lo que genera concentración de esfuerzos, además de existir excentricidad entre los centros de masas y rigidez, causando daños severos ante un evento sísmico.

- **Martilleo de Edificación**

  El problema es causado entre edificaciones continuas, en el que no se ha tomado en consideración las juntas de construcción o un espacio entre ellas. Lo que en un evento sísmico produce daños por el choque de ambas estructuras, debido a que poseen diferente configuración, altura, desplazamientos y modos de vibración.

- **Edificios Flexibles**

Cuando se tiene edificio muy flexible, lo que ocurre es que estos van a tener deformaciones considerables, y ante un evento sísmico, provocaría daños en los elementos no estructurales como en las instalaciones sanitarias, las paredes, acabados, etc.

- **Otros**

  Problemas en la incompatibilidad de los materiales, capacidad del suelo, humedad, métodos constructivos no apropiados.

1.4.9. Reforzamientos estructurales para viviendas

El objetivo principal del reforzamiento es aumentar la rigidez, extender la capacidad de carga y proveer ductilidad a la estructura. Existentes varias alternativas de reforzamiento que nos permiten cumplir con tales objetivos, como, por ejemplo; diagonales rigidizadoras, revestimiento con fibra, incremento de secciones, enchapado de paredes, entre otras (MIDUVI, 2016).

La normativa ecuatoriana, exige que las estructuras cumplan con los siguientes criterios:

- Resistir a daños menores producidos por movimientos sísmicos de fuerza leve.
- Limitar los daños, en factores no estructurales a lo largo de sismos con potencia media.
- Daños predecibles o aceptables, evitando el colapso durante sismos de intensidad muy elevada.

1.4.10. Paredes con enchapado

Sistema de reforzamiento en donde se recubre a diferentes estructuras con acero en dirección vertical y horizontal para dar una mayor resistencia ductilidad y durabilidad que este posee (Albuja y Pantoja, 2017).

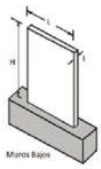
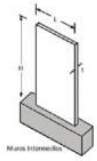
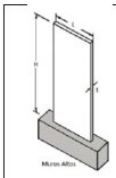
Para realizar el diseño de una pared con enchapado se debe tomar en consideración la relación del aspecto de la mampostería, para poder determinar su solicitación.

Tabla 1. Relación de aspecto de la pared

PARED ALTA	$\frac{h_w}{l_w} \geq 5$
PARED INTERMEDIA	$2 \leq \frac{h_w}{l_w} < 5$
PARED BAJA	$\frac{h_w}{l_w} < 2$

Fuente: Manitio G. y Vásconez S., 2013.

Tabla 2. Caracterizas de las paredes, según su relación de aspecto

	✓ Mayor Solicitación: Corte y falla frágil. ✓ Muy rígidos ✓ Difícilmente fallan por flexión.
	✓ Más rígidos que los altos. ✓ Más resistentes a flexión.
	✓ Mayor Solicitación: Flexión en la base. ✓ No fallan por corte.

Fuente: Naranjo M, y Peñaherrera A., 2018.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

Para avalar una buena estructura ante el peligro sísmico, se empleará reforzamiento a la mampostería mediante el enchapado con el fin de reducir la vulnerabilidad de la vivienda.

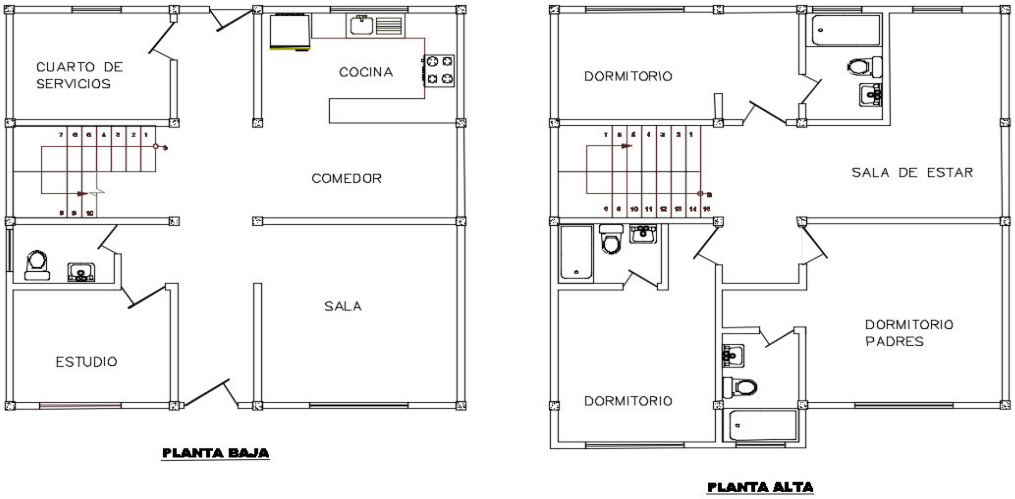
Se indicará la metodología propuesta por el Ing. MSc. Felix Vaca, misma que se concluirá con una propuesta de reforzamiento para hacer frente a las derivas y mejorar el comportamiento sísmico de la estructura, con respecto a su comportamiento original.

2.1. Descripción de edificación

La edificación tiene lugar en la ciudad de Quito – Ecuador. Se sabe que es una vivienda de tipo informal debido a que no existen ningún tipo de planos estructurales, además las dimensiones de sus elementos estructurales no son las mínimas recomendadas por la norma.

La edificación tiene un área total de 186.3 m2 aproximadamente de construcción, la vivienda fue pensada con una estructura de dos pisos con la siguiente configuración arquitectónica.

Figura 1. Vista en planta. Planta Baja – Alta



Fuente: AutoCAD

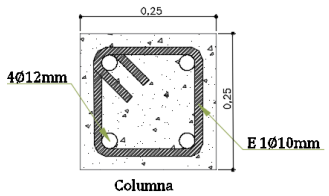
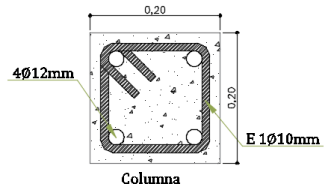
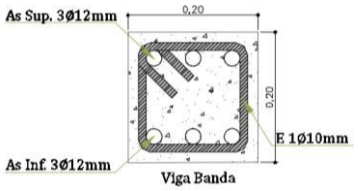
Elaborado por: Anderson Cando

El proceso constructivo estuvo a cargo de un maestro mayor y albañiles, por ende, la geometría de los elementos estructurales no fue analizadas ni diseñada, sino asumidas.

2.2. Descripción del sistema estructural

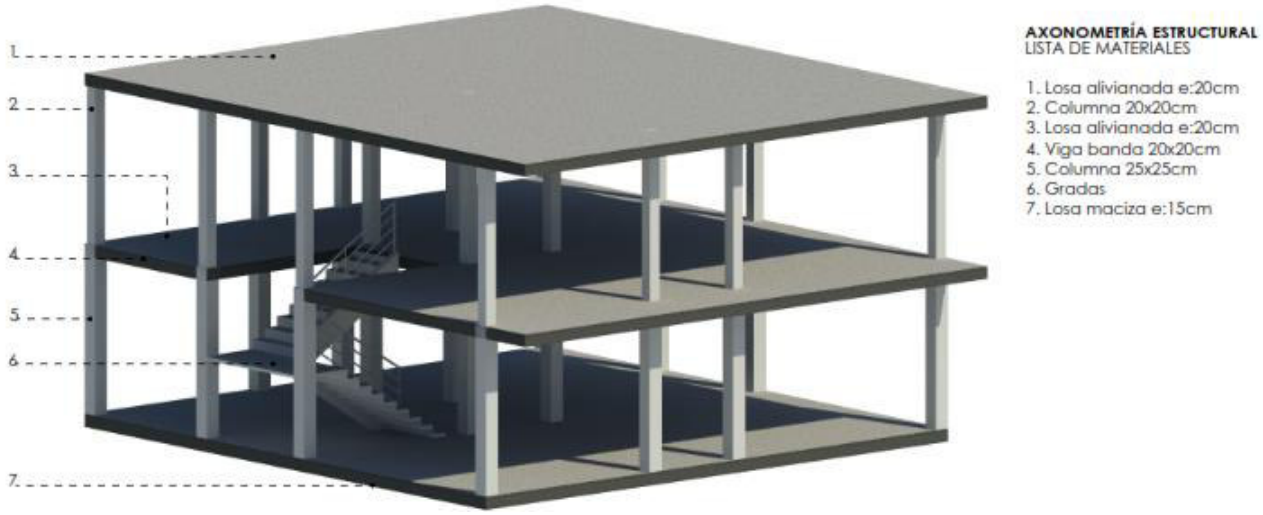
La edificación tiene una configuración estructural de pórticos de hormigón armado con losas alivianadas y vigas banda o embebidas. De la vivienda se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3. Datos de la vivienda

Elemento	Característica
Vivienda	2 pisos
Luz máxima	4.40m.
Altura entre piso	2.70m
Losa alivianada (Altura) (Bloques de alivianamiento de 40x20x15cm)	20 cm
Columna primer piso (25x25)	
Columna segundo piso (20x20)	
Vigas banda (20x20)	

Elaborado por: Anderson Cando

Figura 2. Vista en 3D de la edificación



Fuente: REVIT
Elaborado por: Anderson Cando

2.3. Definición de problemas de la estructura

Si bien se pueden apreciar varias patologías que afectan la edificación, el principal problema estructural es la insuficiencia del pórtico para soportar cargas sísmicas. Al no ser una estructura diseñada y más bien asumida, no se tomó en consideración a la mampostería como un elemento estructural, dando como resultado el agrietamiento y/o colapso de la misma.

Es importante mencionar que las paredes aportar una mayor rigidez al sistema de pórticos, esto induce a que estos elementos frágiles se destruyan, produciendo un piso blando lo que ocasionaría un posible colapso de la vivienda.

2.4. Estimación de cargas

Para la estimación de la carga muerta (D) se han tomado en cuenta los pesos específicos de los siguientes materiales:

Tabla 4. Pesos específicos de materiales

Peso Especifico	
Hormigón armado	2.4 ton/m3
Enlucido	2.1 ton/m3
Masillado	2.1 ton/m3
Piso (Baldosa)	2.5 ton/m3
Mortero	2.1 ton/m3

Fuente: NEC-2015 sección 4. Apéndice de las cargas muertas y vivas.
Elaborado por: Anderson Cando

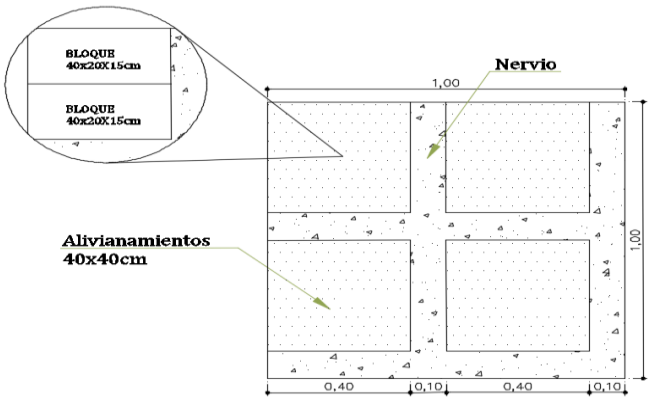
2.4.1. Carga muerta (D)

La carga muerta corresponde al peso de los elementos no estructurales como mampostería, instalaciones sanitarias eléctricas, entre otras. Se despreciará el peso de la losa en la modelación, ya que esta será calculada y colocada como una carga distribuida en la misma, la cual será trasmitida hacia las vigas.

En el programa se modela la losa alivianada, por lo tanto se detalla la obtencion de la carga para una losa de 20 cm de altura con alivianamiento de 40 cm y su tablero de 5 cm.

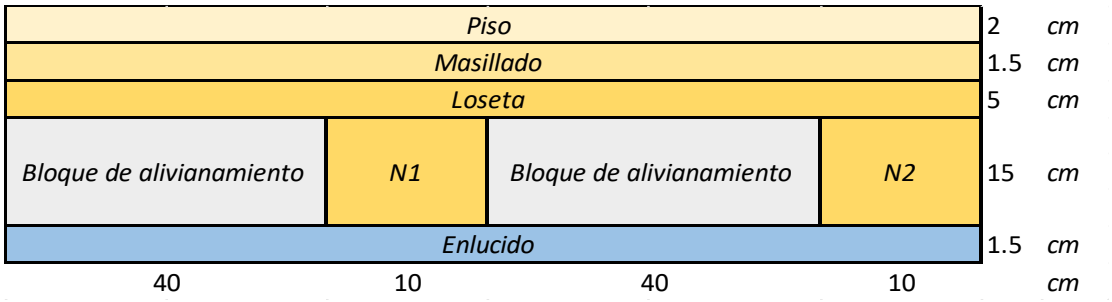
Peso de losa:

Figura 3. Losa tipica para calculo de peso por unidad de área.



Fuente: AutoCAD
Elaborado por: Anderson Cando

Figura 4. Dimensiones de losa alivianada



Elaborado por: Anderson Cando

Tabla 5. Pesos de los componenetes de la losa alivianada

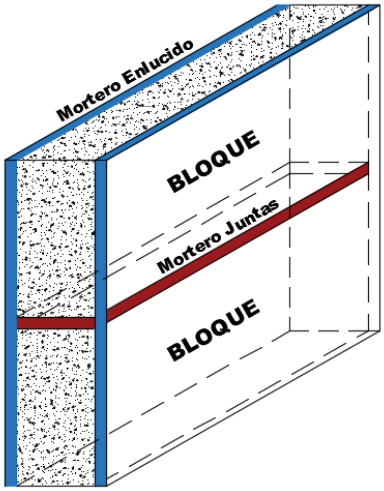
Material	Peso Esp. [T/m3]	L [m]	B [m]	e [m]	Peso [T]
Enlucido	2.1	1	1	0.015	0.0315
Masillado	2.1	1	1	0.015	0.0315
Piso (Baldosa)	2.5	1	1	0.02	0.05
Bloque [10kg]	Por cada m2 hay 8 bloques.				0.08
				Total	0.193

Elaborado por: Anderson Cando

Para la modelación de la estructura sin reforzar no se tomará en cuenta el comportamiento de la mampostería, sin embargo, si se toma en consideración el peso que esta aporta a la estructura por lo que es esencial calcular su peso, a continuación, se detalla la obtención de una mampostería de 2.7 m de altura con un espesor de 15 cm.

Peso de paredes:

Figura 5. Seccion de pared



Fuente: AutoCAD
Elaborado por: Anderson Cando

Tabla 6. Pesos de los componenetes de pared.

Material	Peso Esp. [T/m3]	Peso [T]
Mortero Juntas	*2.1*	*0.0012*
Mortero Enlucido	*2.1*	*0.0025*
Bloque [10kg]	-	*0.01*
	Total	*0.0175*
	Carga	*0.1968*

Elaborado por: Anderson Cando

Tabla 7. Peso total de pared por metro cuadrado

Longitud Paredes [m]	108.29
Altura [m]	2.7
Área de Const. [m2]	186.3
Total	0.309

Elaborado por: Anderson Cando

2.4.2. Carga viva (L*)*

Para la carga viva se consideró lo recomendado por la NEC, Vivienda (unifamiliares y bi-familiares)

Tabla 8. Carga Viva

Residencias	
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00
Hoteles y residencias multifamiliares	
Habitaciones	2.00
Salones de uso público y sus corredores	4.80

Fuente: NEC, Cargas no sísmicas, sección 4.2 Carga viva: sobre carga mínimas.

Resumen de carga muerta para losa tipo y losa de cubierta:

Tabla 9. Resumen de cargas

Carga muerta		
Losa Tipo	0.50	*T/m2*
Losa Cubierta	0.19	*T/m2*
Carga Viva		
Losa Tipo	0.2	*T/m2*
Losa Cubierta	0.1	*T/m2*

Elaborado por: Anderson Cando

Para la modelación se asignan tanto la carga muerta y viva como cargas distribuidas en las losas para cada uno de los pisos. Para el segundo piso se asignan las cargas de cubierta.

2.5. Cargas sísmicas

Esta carga será estimada mediante el diseño basado en fuerzas del capítulo de peligro sísmico de la NEC-15, obteniendo el cortante basal de diseño V. El detalle de la obtención de los coeficientes se podrá revisar en el Anexo 1.

2.5.1. Corte basal:

El corte basal se calcula según la NEC - 15 de peligro sísmico sección 6.3.2 con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \emptyset p * \emptyset E} * wt$$

V= Cortante Basal

I= factor de Importancia

Sa= Espectro de respuesta del periodo de vibración de edificio

R= factor de ductilidad

∅P= Factor de regularidad en planta

∅E= Factor de elevación

Wt= carga sísmica reactiva

Tabla 10. Resumen de coeficientes

Parámetro	Símbolo	Valor	Sección (NEC)
Tipo de Suelo	-	D	NEC 15-Sección 3.2. Geología Local
Factor de Importancia	I	1	NEC 15-Sección 4. Metodología del diseño sismo resistente
Factor de Zona	Z	0.4	NEC 15-Sección 3.1.1 Factor de Zona (Z)
Factor de amplificación de suelo en la zona de periodo corto	Fa	1.2	NEC 15-Sección 3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo
Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos	Fd	1.11	NEC 15-Sección 3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo
Comportamiento no lineal de los suelos	Fs	1.11	NEC 15-Sección 3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo
Factor usado en el espectro de diseño elástico	r	1	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Razón entre aceleración espectral y el PGA	n	2.48	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Coeficiente en función del tipo de edificio	Ct	0.055	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Coeficiente en función del tipo de edificio	α	0.9	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Altura máxima de la edificación	hn [m]	5	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Factor de reducción de resistencia sísmica	R	5.40	NEC 15-Sección 6.3.4. Ductilidad y Factor de Resistencia Sísmica
Factor de Regularidad en planta	φp	1	NEC 15-Sección 5.2. Regularidad/Configuración Estructural
Factor de Regularidad en elevación	φe	1	NEC 15-Sección 5.2. Regularidad/Configuración Estructural
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa(T)	1.19	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Coeficiente relacionado con el T de vibración de la estructura	k	1.01	NEC15-Sección 6.3.5. Distribución vertical de carga sísmica.
Fracción de peso correspondiente al Cortante Basal	**C**	**0.238**	NEC15-Sección 6.3. Procedimiento del cálculo del DBF

Elaborado por: Anderson Cando

Se definen las cargas sísmicas tanto en dirección *X* como en *Y*, en el que se debe colocar el cortante basal y la forma de distribución, mediante el coeficiente K.

Tabla 11. Determinación de k

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

Fuente: Nec-15 de peligro sísmico sección 6.3.5

Ya que en la modelación el valor obtenido de T se encuentra en el rango de 0.5 a 2.5 se calculó que K es igual a 1.01.

2.5.2. COMBINACIONES DE CARGA

La NEC dispone para el diseño que se deben realizar combinaciones de cargas permanentes, variables y accidentales (sísmica) las cuales la estructura debe de resistir, a continuación, se indicaran todas las combinaciones que se usaran para el modelo.

Combinaciones de cargas para el modelo:

Tabla 12. Combinaciones de carga

Combinaciones de carga	
Comb1	$U = 1.4D$
Comb2	$U = 1.2D + 1.6\,L$
Comb3	$U = 1.2D + L + E$
Comb4	$U = 1.2D + L - E$
Comb5	$U = 0.9D + E$
Comb6	$U = 0.9D - E$

Elaborado por: Anderson Cando

- *D*: Carga muerta
- *L*: Carga Viva
- *E*: Sismo

2.6. DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES

Las propiedades mecánicas de los materiales utilizados para el análisis:

- Límite de fluencia del acero, *fy:* 4200 kg/cm2
- Resistencia del hormigón a compresión, *fc*: 180 kg/cm2

La ACI propone la siguiente ecuación para el cálculo del módulo de elasticidad:

$$EC = 15100 * \sqrt{f'c}$$

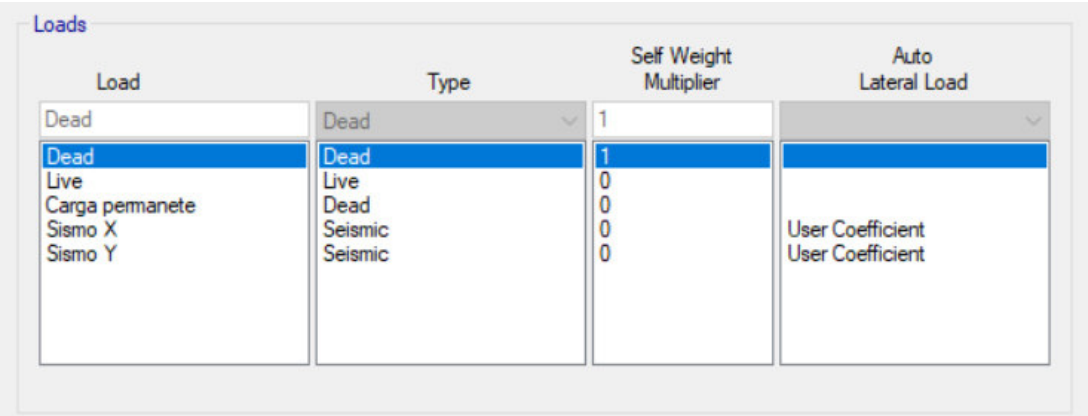
- Módulo de elasticidad del hormigón: 202597.75 kg/cm2

2.7. MODELACIÓN VIRTUAL DE LA ESTRUCTURA

Existen diversos programas computacionales en el mercado los cuales facilitan el proceso de modelamiento y diseño de las estructuras dando como resultados los esfuerzos y acciones de los elementos. Dependiendo de las necesidades se determinará que paquete computacional es el más adecuado para cumplir con los objetivos propuestos.

Para los valores tanto de carga muerta, viva y sismo, se conservan para todos los modelos.

Figura 6. Definición de cargas/Sísmica



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

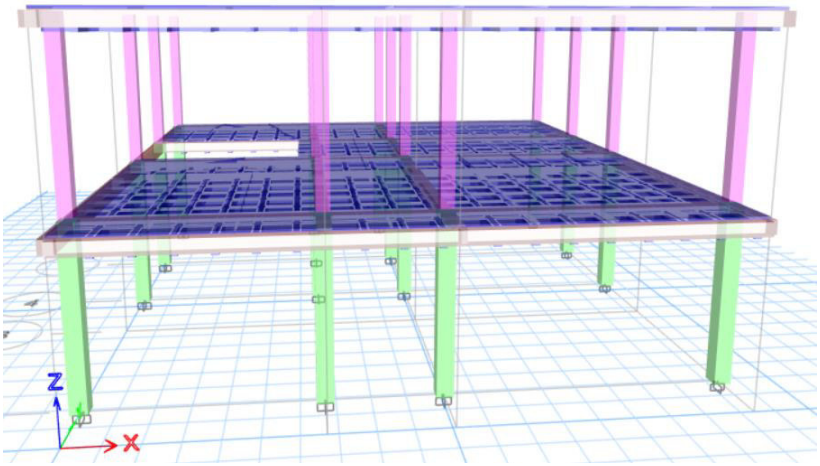
CAPITULO III

MODELO ESTRUCTURA CON PÓRTICOS

Para el análisis de la estructura se utilizó un programa que nos permitirá determinar los desplazamientos de los nudos, los esfuerzos de los elementos y las acciones de sus miembros. Con el fin de realizar una simulación lo más cercano a la realidad, se toma en consideración todos los parámetros de los materiales de la construcción.

3.1. Modelo con pórticos

Figura 7. Geometría de la estructura (Estado actual)



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

3.1.1. Análisis de la deriva

Las derivas se revisan de acuerdo a la norma NEC-2015, el cual menciona que las derivas inelásticas no deben estar por encima del 2%.

Tabla 13. Valores de Δ_M máximos

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC Peligro sísmico, sección 4.2.2 Límites permisibles de las derivas de los pisos.

Para hallar las derivas se optará por la siguiente relación establecida en la norma:

$$\Delta_M = \Delta_E * R * 0.75$$

Por lo tanto, la deriva máxima permitida es:

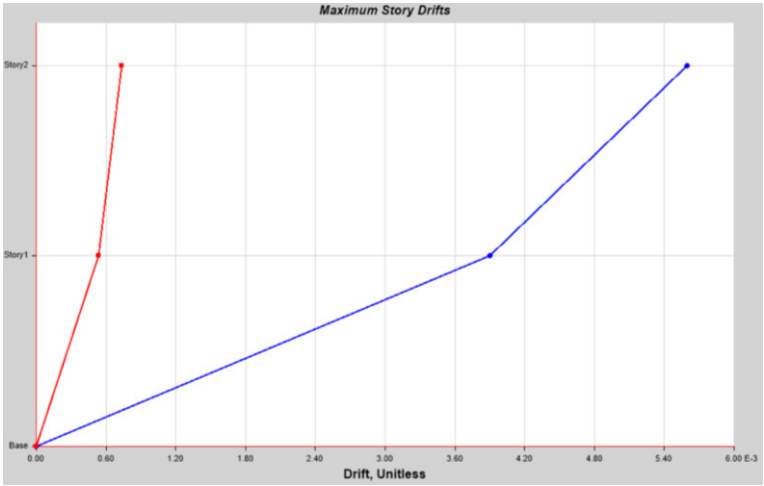
$$\Delta_E = \frac{\Delta_M}{0.75 * R}$$

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

Del programa se obtiene la deriva máxima de la estructura:

Sismo en X

Figura 8. Deriva máxima para el sismo en X



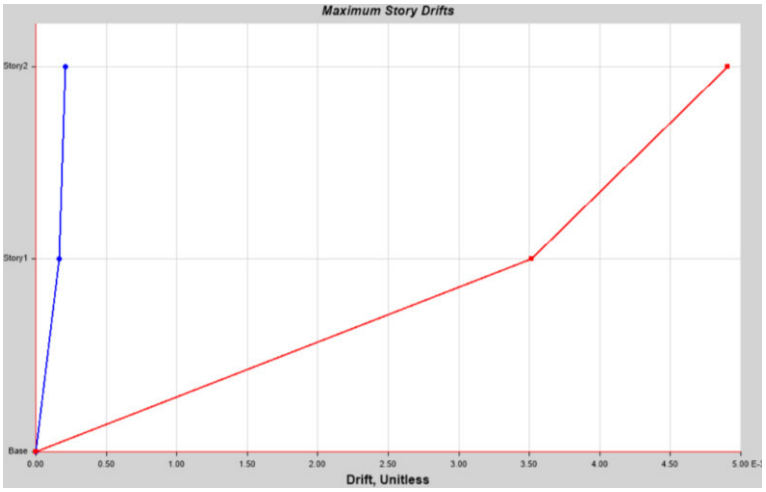
Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.005594 \geq \Delta_{E\ max} \therefore No\ Cumple$$

Sismo en Y

Figura 9. Deriva máxima para el sismo en Y



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.004907 \ \geq \Delta_{E\ max} \therefore Si\ Cumple$$

3.1.2. Análisis de torsión

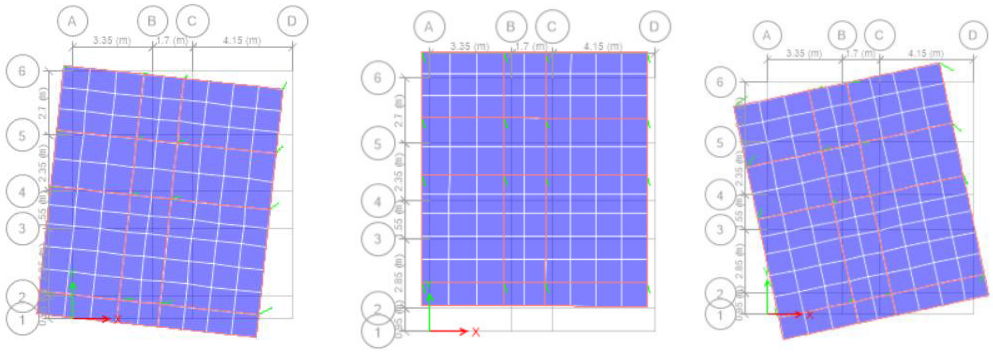
Para el análisis de torsión se analiza los tres primeros modos de vibración de la estructura, del modelo se obtuvo:

Tabla 14. Modos de vibración de la estructura existente

Mode	Period	UX	UY	RZ
1	0.52	0.772	0.061	0.167
2	0.5	0.07	0.929	0
3	0.418	0.157	0.01	0.832

Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Figura 10. Modos de vibración



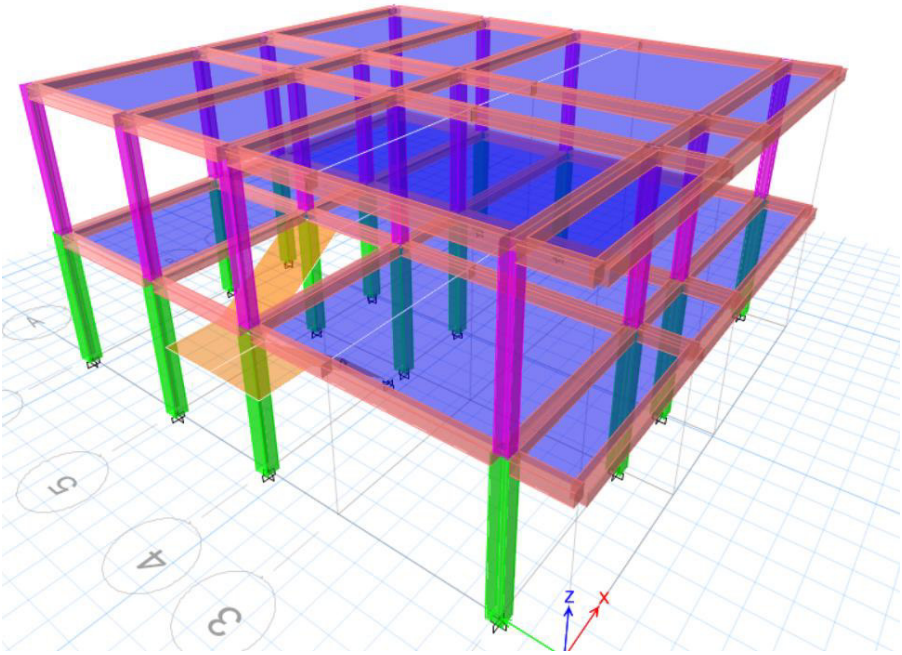
a) b) c)

Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Se debe tomar en cuenta que, para los dos primeros modos de vibración, debe de predominar el movimiento traslacional, y que se debe tener por lo menos el 80% de la masa modal de la estructura en cada modo de vibración.

3.2. Modelo con gradas

Figura 11. Geometría de la estructura con gradas.



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

3.2.1. Análisis de la deriva

Las derivas se revisan de acuerdo a la norma NEC-2015, el cual menciona que las derivas inelásticas no deben estar por encima del 2%.

Tabla 15. Valores de Δ_M máximos

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC Peligro sísmico, sección 4.2.2 Límites permisibles de las derivas de los pisos.

Para hallar las derivas se optará por la siguiente relación establecida en la norma:

$$\Delta_M = \Delta_E * R * 0.75$$

Por lo tanto, la deriva máxima permitida es:

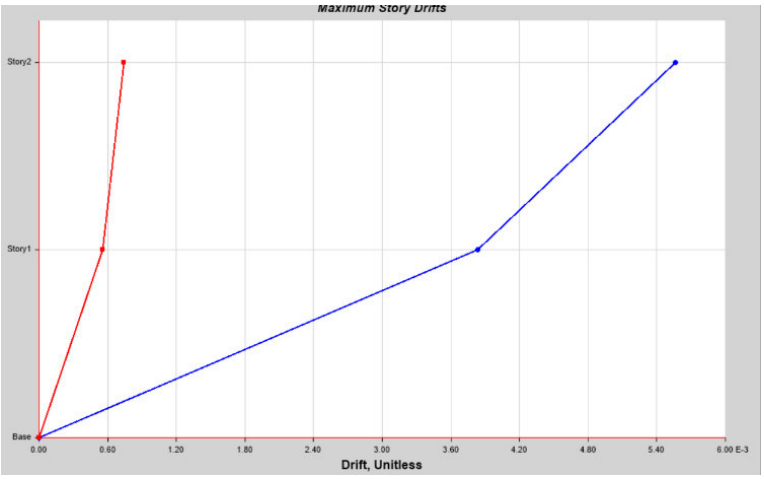
$$\Delta_E = \frac{\Delta_M}{0.75 * R}$$

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

Del programa se obtiene la deriva máxima de la estructura:

<u>Sismo en X</u>

Figura 12. Deriva máxima para el sismo en X



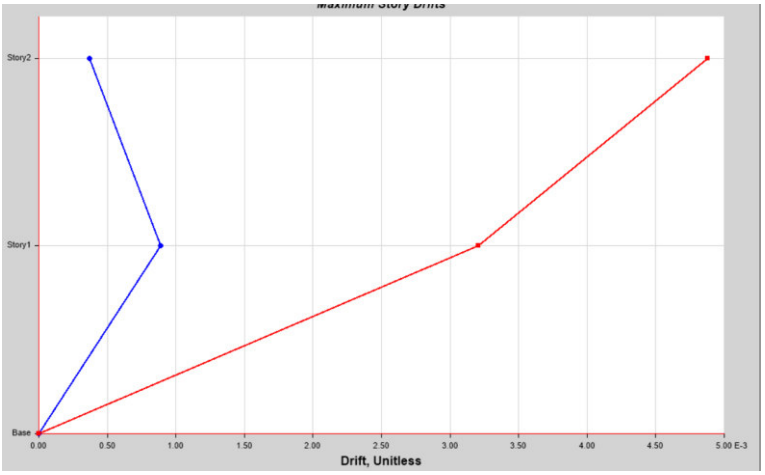
Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.005561 \geq \Delta_{E\ max} \therefore No\ Cumple$$

<u>Sismo en Y</u>

Figura 13. Deriva máxima para el sismo en Y



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.004877\ \geq \Delta_{E\ max} \therefore Si\ Cumple$$

3.2.2. Análisis de torsión

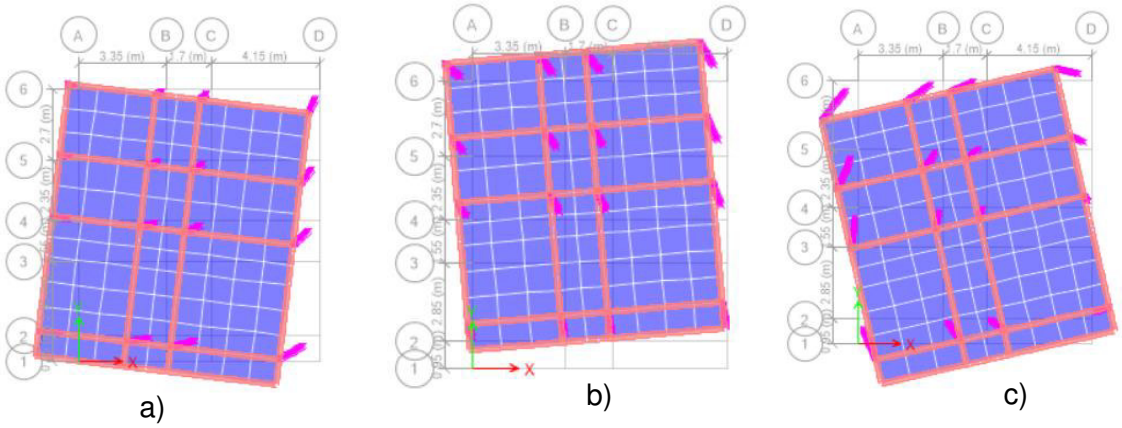
Para el análisis de torsión se analiza los tres primeros modos de vibración de la estructura, del modelo se obtuvo:

Tabla 16. Modos de vibración de la estructura existente

Mode	Period	UX	UY	RZ
1	0.518	0.6072	0.0747	0.146
2	0.469	0.1587	0.5433	0.0886
3	0.382	0.0575	0.1148	0.5378

Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Figura 14. Modos de vibración



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

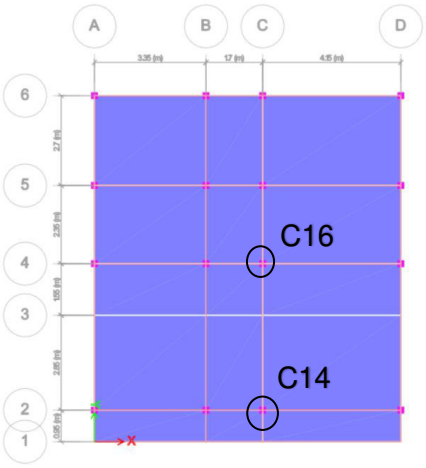
Se debe tomar en cuenta que, para los dos primeros modos de vibración, debe de predominar el movimiento traslacional, y que se debe tener por lo menos el 80% de la masa modal de la estructura en cada modo de vibración.

3.3. Revisión de los elementos

3.3.1. Análisis de columnas

Es importante verificar la resistencia de las columnas ya que están son sometidas a varias acciones siendo, las más comunes flexión y la compresión axial. Para el análisis se utilizará la curva de interacción y se obtendrá las solicitaciones.

Figura 15. Vista en planta, Ubicación de columnas.



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Las columnas escogidas C16 y C14 son las que tienen una mayor área colaborante y las más desfavorables. Para los valores de Mu y Pu que son las solicitaciones, se tomó la combinación más crítica:

$$Comb3: U = 1.2D + L + E$$

Tabla 17. Solicitaciones de las columnas más críticas.

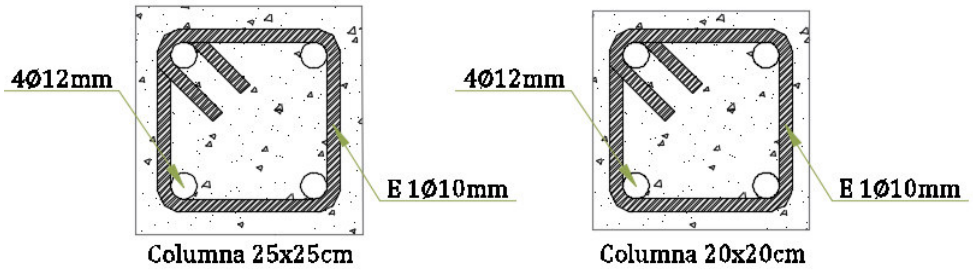
Piso	Columna	Símbolo	Ubicación	P [T]	M [Tm]
Planta Alta	C25x25	C14	C-2	23.03	4.42
	C25x25	C16	C-4	25.61	3.16
Planta Baja	C20x20	C14	C-2	8.89	2.77
	C20x20	C16	C-4	9.33	2.07

Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Se revisó las solicitaciones de la columna más crítica, todas las columnas del segundo piso poseen una cuantía del 1.13%. y las columnas del primer piso que son de 25x25cm tienen una cuantía de 0.72%, lo que está por debajo de lo recomendado por la norma.

Con la utilización de un programa elaborado por el autor se realizó el diagrama de interacción para columnas, en este caso se realizó para dos columnas críticas. El armado y la sección de la columna se puede observar a continuación:

Figura 16. Detalle del amarado de columnas

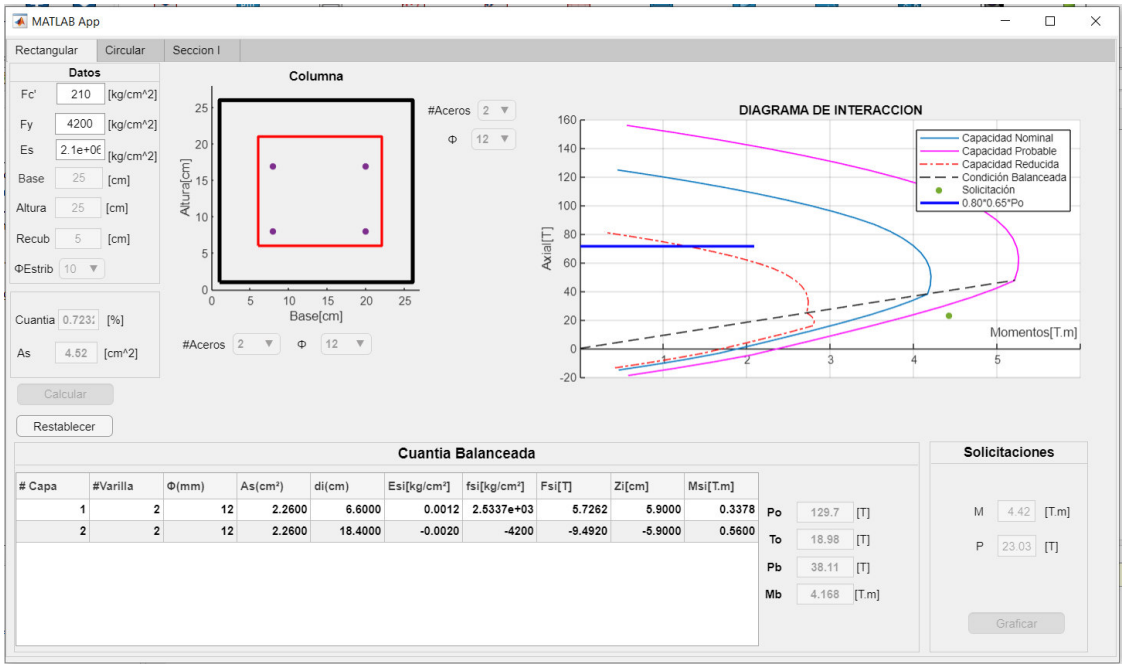


Fuente: AutoCAD
Elaborado por: Anderson Cando

3.3.2. Diagrama de interacción

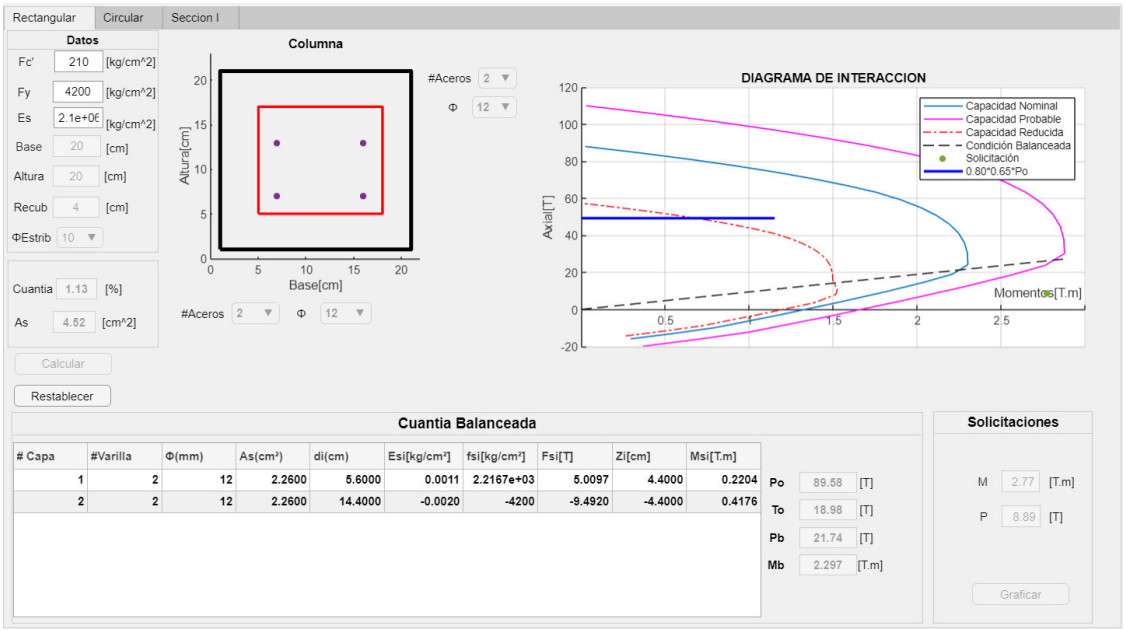
En los siguientes gráficos se muestra el diagrama de iteración de cargas admisibles, probables reducidas y ultimas de las columnas.

Figura 17. Diagrama de interacción Columna C14, Primer piso.



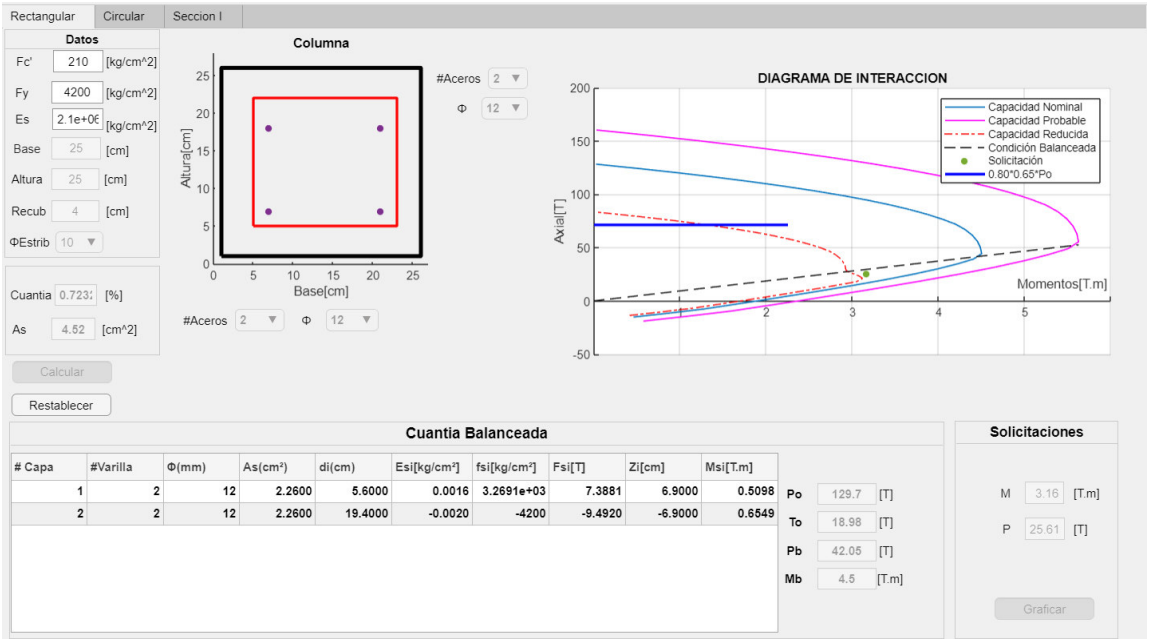
Fuente: Matlab
Elaborado por: Anderson Cando

Figura 18. Diagrama de interacción Columna C14, Segundo piso.



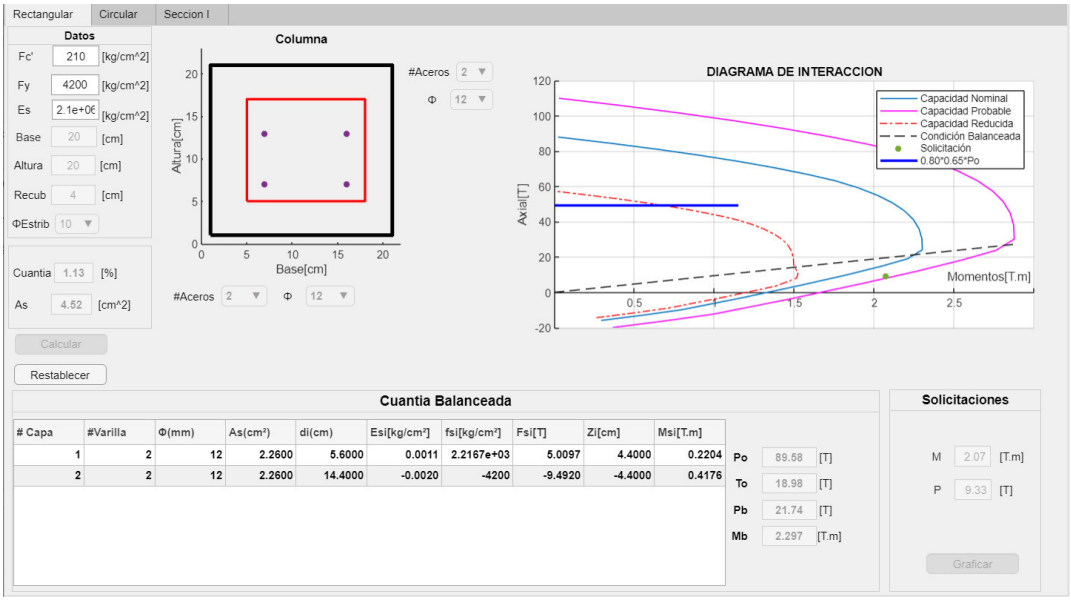
Fuente: Matlab
Elaborado por: Anderson Cando

Figura 19. Diagrama de interacción Columna C16, Primer piso.



Fuente: Matlab
Elaborado por: Anderson Cando

Figura 20. Diagrama de interacción Columna C16, Segundo piso.



Fuente: Matlab
Elaborado por: Anderson Cando

Del diagrama de interacción se puede observar que la sección y el armado de las columnas son insuficientes para las solicitaciones, ya que la ordenada (Mu, Pu) se encuentra fuera de las curvas, lo que indica que la sección no está en el rango aceptable para garantizar la ductilidad.

3.4. Conexión viga - columna

La importancia de tener una buena conexión viga columna es garantizar un buen comportamiento del nudo, además de que este transmita las cargas de la viga a la columna, dándole estabilidad e integridad a la estructura.

Para lograr un buen comportamiento del nudo, el principal requerimiento a verificar es el confinamiento que se proporcione al mismo. A continuación, se presentará la revisión en la columna C16 para el segundo y primer piso.

<u>Confinamiento:</u>

$$A_{sh} = \max(A_{sh1}, A_{sh2})$$

$$A_{sh1} = 0.3 * \frac{s * h_c * f'c}{fy} * \left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)$$

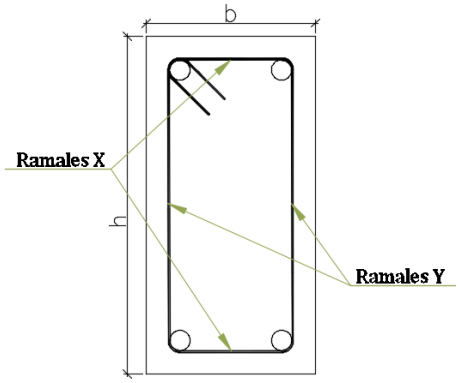
$$A_{sh1} = 0.9 * \frac{s * h_c * f'c}{fy}$$

$$s = min\left(\frac{b}{4}, \frac{h}{4}, 6\emptyset_c, 15cm\right)$$

El código define las variables:

Ag: Área total de la sección de columna
Ash: Área transversal de la columna, medida de extremo a extremo del acero de refuerzo transversal
hc: Dimensión transversal del núcleo de la columna medida de centro a centro del refuerzo confinante
s: Espaciamiento de refuerzo transversal medido a lo lardo del eje longitudinal
Øc: diámetro del refuerzo longitudinal de la columna

Figura 21. Nomenclatura para la revisión del confinamiento



Fuente: AutoCAD
Elaborado por: Anderson Cando

Columna C16 del segundo Piso

Tabla 18. Tabla de aceros requeridos y disponibles de la columna.

DIRECCIÓN Y	DIRECCIÓN X
Ash Requerido	
1.47 cm2 @ 5 cm	1.47 cm2 @ 5 cm
Ash Requerido Equivalente	
4.40 cm2 @ 15 cm	4.40 cm2 @ 15 cm
Ash Disponible	
1.57 cm2 @ 15 cm	1.57 cm2 @ 15 cm

Elaborado por: Anderson Cando

Columna C16 del Primer Piso

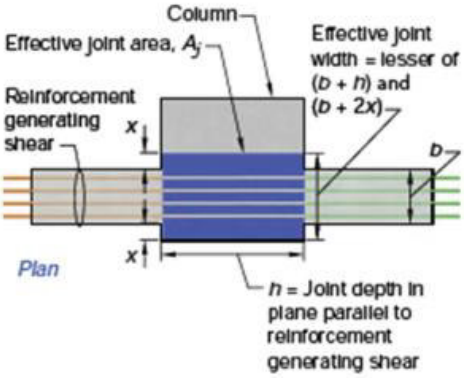
Tabla 19. Tabla de aceros requeridos y disponibles de la columna

DIRECCIÓN Y	DIRECCIÓN X
Ash Requerido	
1.74 cm2 @ 6.25 cm	1.74 cm2 @ 6.25 cm
Ash Requerido Equivalente	
4.19 cm2 @ 15 cm	4.19 cm2 @ 15 cm
Ash Disponible	
1.57 cm2 @ 15 cm	1.57 cm2 @ 15 cm

Elaborado por: Anderson Cando

El espaciamiento del refuerzo transversal no cumple, se requiere que los estribos de la columna estén cada 5 cm para el segundo piso y 6.25 cm para el primer piso, se calculó el acero que debería tener la columna para el espaciamiento real (Ash requerido equivalente), lo que se confirma que tampoco cumple con el confinamiento.

Figura 22. Nomenclatura para la revisión del confinamiento.



Fuente: ACI 318, 2014

Tabla 20. Verificación del corte

DIRECCIÓN Y			DIRECCIÓN X		
Corte Vj < φVn					
T1	43.47		**T1**	43.47	
T2	19.95		**T2**	19.95	
Mpr1	2.56		**Mpr1**	2.56	
Mpr2	2.56		**Mpr2**	2.56	
Vcol	1.90		**Vcol**	1.90	
Vj	61.52		**Vj**	61.52	
bv	**≥**	**0.75bc**	**bv**	**≥**	**0.75bc**
20	**OK**	18.75	20	**OK**	18.75
γ	4	5.3	**γ**	4	5.3
φVn	28.51		**φVn**	28.51	
Vj	**≤**	**φVn**	**Vj**	**≤**	**φVn**
61.52	NC	28.51	**61.52**	NC	28.51
Corte vertical					
hv	**≤**	**hc**	**hv**	**≤**	**hc**
20	OK	25	20	OK	25
Vjv	49.22		**Vjv**	49.22	

Elaborado por: Anderson Cando

Adherencia y anclaje

Para la verificación de la adherencia y anclaje, se toma como referencia la ACI – 318, que establece las siguientes relaciones:

$$\frac{20}{\lambda} * db \;\; para\; fy = 420\; MPa$$

$$26 * db \;\; para\; fy = 550\; MPa$$

Donde:

db: Diámetro mayor del refuerzo longitudinal de las vigas

λ: Factor de reducción debido al tipo de hormigón

Tabla 21. Verificación de adherencia y anclaje

DIRECCIÓN Y			DIRECCIÓN X		
Deterioro de adherencia y anclaje					
Viga			**Viga**		
hv [cm]	**≥**	**20*Máx (φc)**	**hv [cm]**	**≥**	**20*Máx (φ_c)**
20	NC	50	20	NC	50
Columna			**Columna**		
hc [cm]	**≥**	**20*Máx (φv)**	**hc [cm]**	**≥**	**20*Máx (φ_v)**
25	NC	50	25	NC	50

Elaborado por: Anderson Cando

Para el caso de estudio, las condiciones y diagnóstico de la estructura, se ha optado por el enchapado de mampostería estructural. Ya que los pórticos son insuficientes para las solicitaciones de un sismo de magnitud considerable, además de que se considera que las paredes gobiernan el comportamiento del pórtico. Lo que se propone es rigidizar la estructura haciendo que el enchapado sea el nuevo sistema resistente.

CAPITULO IV

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

4.1. Modelación de paredes enchapadas

4.1.1. Material

En las especificaciones técnicas para el material de enchape se estable una resistencia a la comprensión (f'c) del hormigón de 180 kg/cm2, sin embargo, en base a varios estudios y característica de los materiales se define una resistencia de 100 kg/cm2, debido a la incertidumbre que existe en la parte constructiva y con el fin de diseñar por el lado de la seguridad.

Para modelar el enchape en el software se lo ingresa como elemento macizo de hormigón (Muro). La NEC-15 [6], establece un mínimo de 3 cm a cada lado de la pared para el proceso de enchape. Teniendo en cuenta la normativa, para el caso de estudio se tomará un valor de 4 cm. Entonces el ancho final de la pared será:

$$Ancho\ de\ la\ pared\ = Ancho\ del\ bloque + (En\ 1\ o\ 2\ lados) * ancho\ del\ enchape$$

Enchape en ambos lados:

$$Ancho\ de\ la\ pared\ = 15\ cm + 2 * 4\ cm$$

$$Ancho\ de\ la\ pared\ = 23\ cm$$

Enchape en un solo lados:

$$Ancho\ de\ la\ pared\ = 15\ cm + 1 * 4\ cm$$

$$Ancho\ de\ la\ pared\ = 19\ cm$$

La malla electro soldada utilizada para el enchapado serán en función de las medidas comerciales (Ø6 @ 10cm).

4.1.2. Área de paredes requeridas

El enchapado de paredes tiene un comportamiento similar a muros portantes, por lo que se puede determinar el área de muros (paredes enchapadas) requeridas para la edificación.

Para ello se establece que, en hormigón para cada dirección se debe cumplir con la siguiente relación:

$$\frac{Area\ de\ muros}{Area\ de\ construccion} \geq 0.005$$

Además, se debe tomar en cuenta que la longitud mínima en muros de hormigón es de 1.5 m, para que los elementos puedan ser considerados como paredes portantes.

Por la tanto la edificación de estudio cuenta con un área de construcción aproximada de 186.3 m2 remplazando en la formula obtenemos:

$$\frac{Area\ de\ muros}{Area\ de\ construccion} \geq 0.005$$

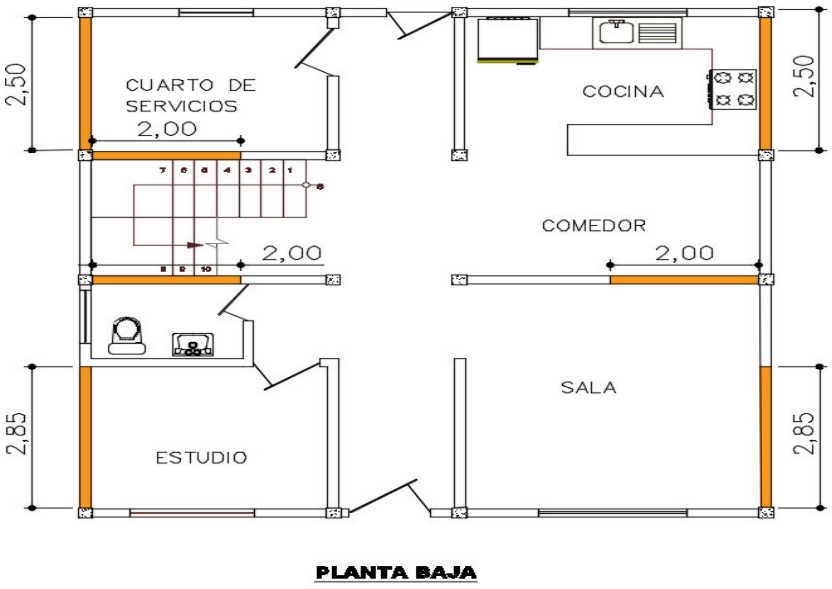
$$\frac{Area\ de\ muros}{186.3\ m2} = 0.005$$

$$Área\ de\ muros = 0.93\ m2$$

Para cada dirección se requiere un área mayor o igual a 0.93 m2.

A continuación, se muestra la planta del esquema de paredes que se reforzaran. Todas las paredes seleccionadas tienen continuidad vertical, de igual forma con este proceso no se altera los espacios arquitectónicos y no es necesario añadir más paredes a la estructura.

Figura 23. Distribución en planta de paredes enchapadas



Fuente: AutoCAD
Elaborado por: Anderson Cando

Al ser una vivienda que se encuentra adosada a otras edificaciones las paredes del eje A y D se enchaparan por un solo lado, también las que se encuentran en el eje 4 y 5 entre los ejes A y B se enchaparan en un solo lado, y finalmente la pared del eje 4 entre los ejes C y D se enchapara por ambos lados. Se deberá verificar que se cumplan con los requerimientos.

Se mide la longitud de paredes tanto en dirección *X* como en *Y* para calcular el área de las paredes a enchapar.

Tabla 22. Área de paredes enchapadas Propuesto

DIRECCIÓN Y		**DIRECCIÓN X**	
Longitud [m]	Espesor [m]	Longitud [m]	Espesor [m]
2.50	0.19	2.00	0.23
2.50	0.19	2.00	0.23
2.85	0.19	2.00	0.23
2.85	0.19	-	-
Área	2.03	**Área**	1.38

Elaborado por: Anderson Cando

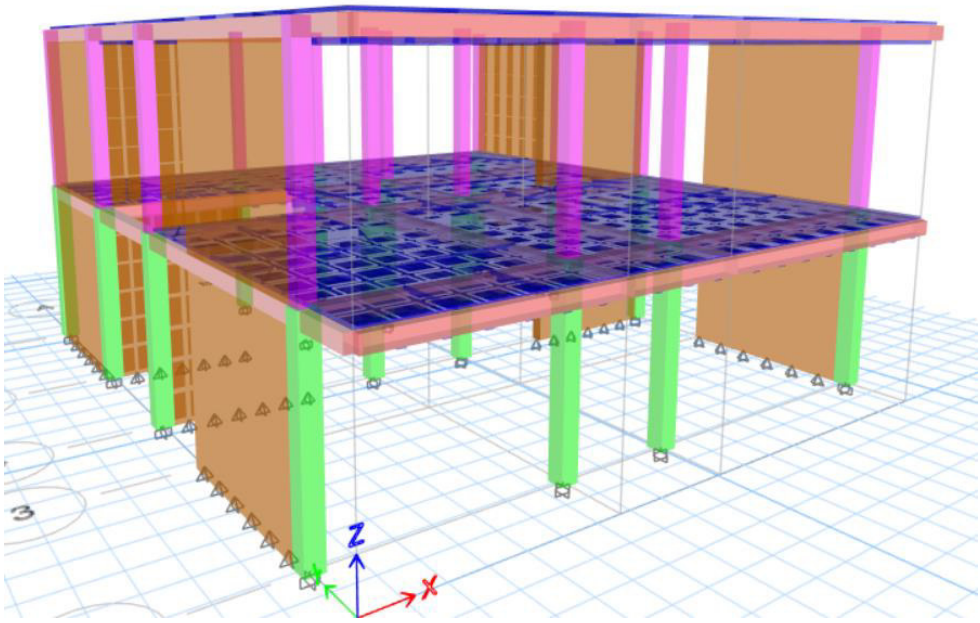
Con la configuración propuesta de paredes ha enchapar, se cumple con las longitudes mínimas y con el área requería en ambas direcciones, para que las paredes actúen como paredes portantes.

CAPITULO V

MODELO DE MAMPOSTERIA

5.1. Modelo de mampostería enchapada

Figura 24. Estructura reforzada con mampostería enchapada.



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

5.1.1. Verificación de derivas

Tabla 23. Valores de Δ_M máximos

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC Peligro sísmico, sección 4.2.2 Límites permisibles de las derivas de los pisos.

Para hallar las derivas se optará por la siguiente relación establecida en la norma:

$$\Delta_M = \Delta_E * R * 0.75$$

Por lo tanto, la deriva máxima permitida es:

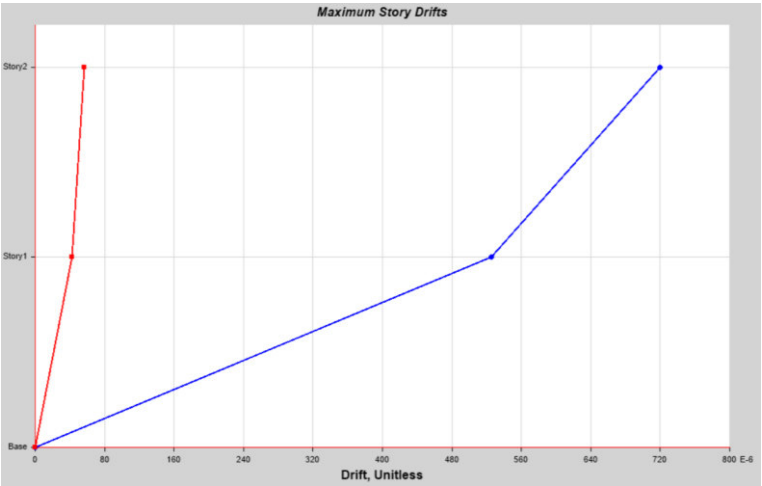
$$\Delta_E = \frac{\Delta_M}{0.75 * R}$$

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

Del programa se obtiene la deriva máxima de la estructura:

<u>Sismo en X</u>

Figura 25. Deriva máxima para el sismo en X



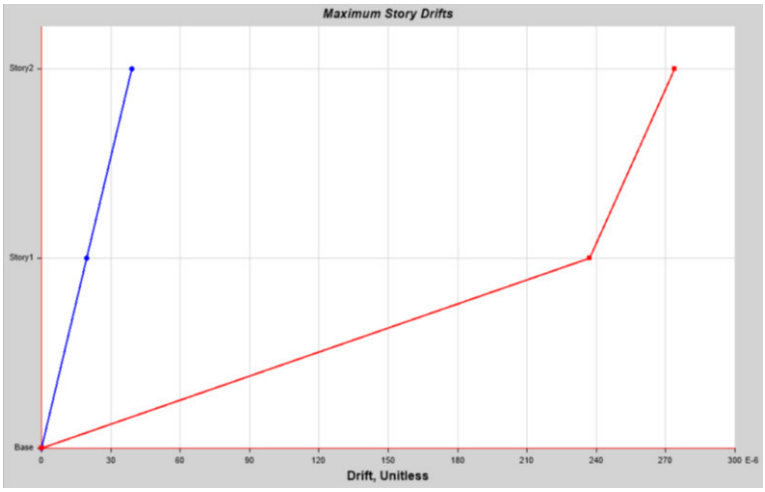
Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.00072 \ \leq \Delta_{E\ max} \therefore Si\ Cumple$$

<u>Sismo en Y</u>

Figura 26. Deriva máxima para el sismo en Y



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.000274 \ \leq \Delta_{E\ max} \therefore Si\ Cumple$$

5.1.2. Verificación de modos de vibración

Los modos de vibración son propiedades dinámicas de la estructura que representa la forma natural de vibración de la estructura para cada grado de libertar (Correa y Machado, 2012).

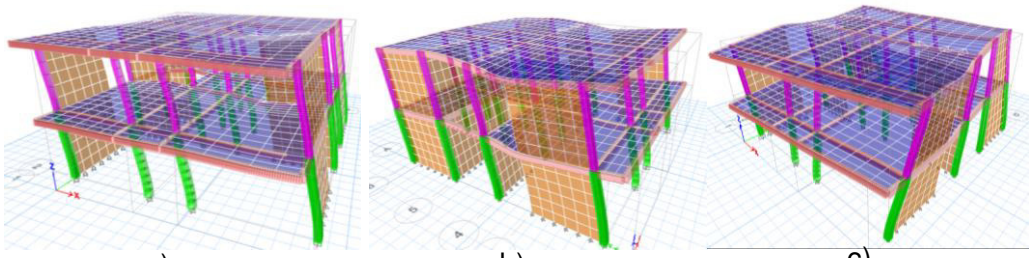
Para poder controlar la torsión en planta se deben verificar los primeros tres modos de vibración ya que estos nos indican el porcentaje de masa modal que participa en cada dirección.

Tabla 24. Modos de vibración de la estructura reforzada

Mode	Period	UX	UY	RZ
1	0.192	0.991	0.005	0.004
2	0.125	0.005	0.992	0.002
3	0.115	0.004	0.003	0.993

Elaborado por: Anderson Cando

Figura 27. Modos de vibración



a) b) c)

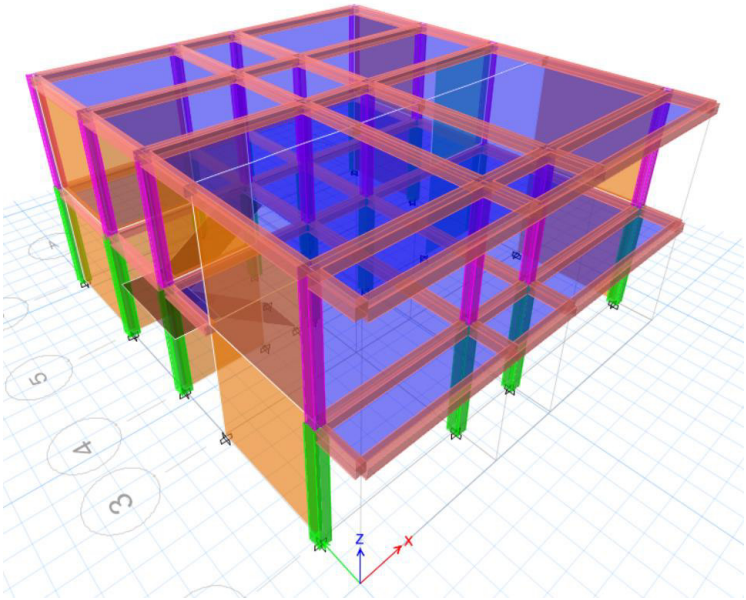
Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Se debe revisar que no exista torsión en los dos primeros modos de vibración, de ser así se deberá cambiar la distribución de paredes que permite un buen comportamiento de la estructura.

En los dos primeros modos de vibración predomina el movimiento trasnacional.

5.2. Modelo de mampostería con gradas

Figura 28. Modelo de mampostería con gradas



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

5.2.1. Análisis de derivas

Tabla 25. Valores de Δ_M máximos

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC Peligro sísmico, sección 4.2.2 Límites permisibles de las derivas de los pisos.

Para hallar las derivas se optará por la siguiente relación establecida en la norma:

$$\Delta_M = \Delta_E * R * 0.75$$

Por lo tanto, la deriva máxima permitida es:

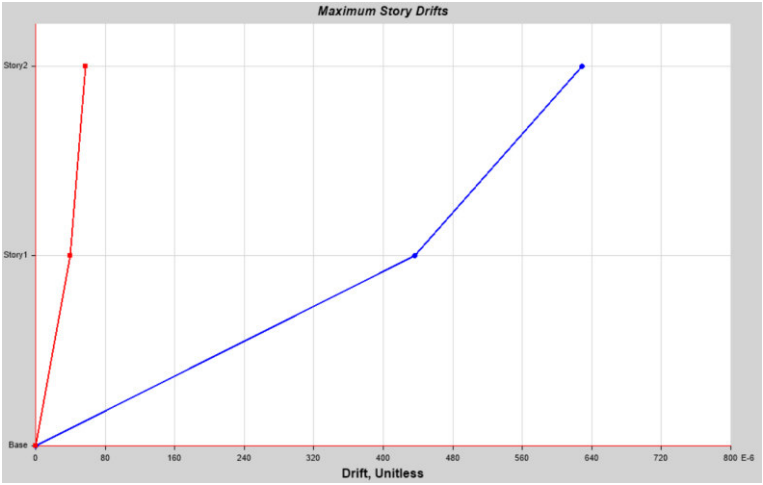
$$\Delta_E = \frac{\Delta_M}{0.75 * R}$$

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

Del programa se obtiene la deriva máxima de la estructura:

<u>Sismo en X</u>

Figura 29. Deriva máxima para el sismo en X



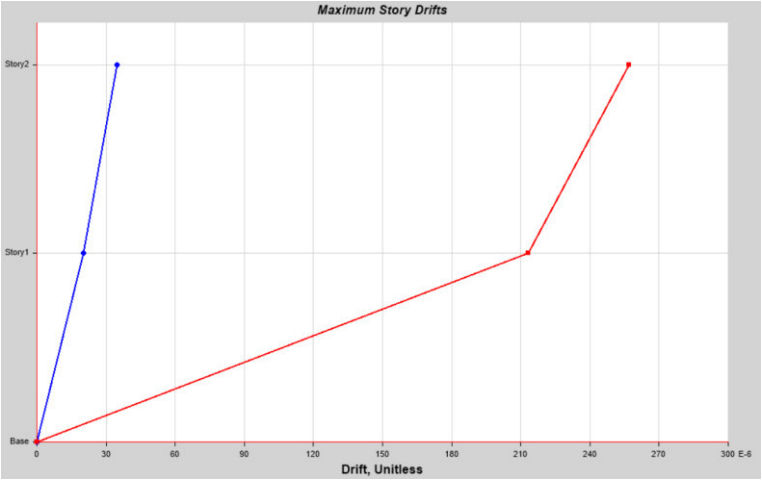
Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\ max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.000629 \ \leq \Delta_{E\,max} \therefore Si\ Cumple$$

<u>Sismo en Y</u>

Figura 30. Deriva máxima para el sismo en Y



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

$$\Delta_{E\,max} = 0.0053$$

$$\Delta_E = 0.000257 \ \leq \Delta_{E\,max} \therefore Si\ Cumple$$

5.2.2. Verificación de modos de vibración

Los modos de vibración son propiedades dinámicas de la estructura que representa la forma natural de vibración de la estructura para cada grado de libertar.

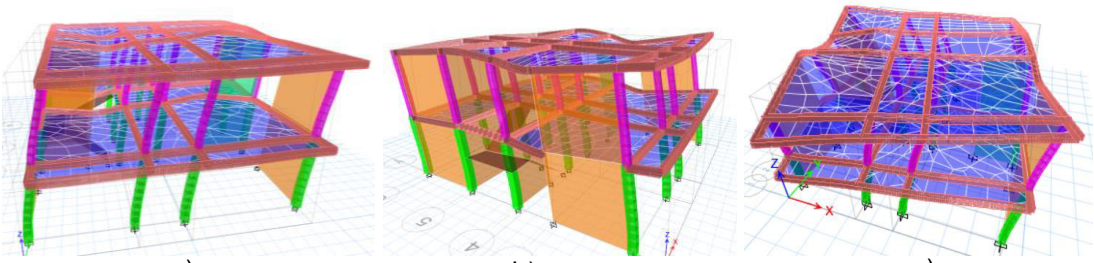
Para poder controlar la torsión en planta se deben verificar los primeros tres modos de vibración ya que estos nos indican el porcentaje de masa modal que participa en cada dirección.

Tabla 26. Modos de vibración de la estructura reforzada

Mode	Period	UX	UY	RZ
1	0.176	0.987	0.005	0.008
2	0.119	0.007	0.975	0.018
3	0.109	0.006	0.02	0.974

Elaborado por: Anderson Cando

Figura 31. Modos de vibración



a) b) c)

Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

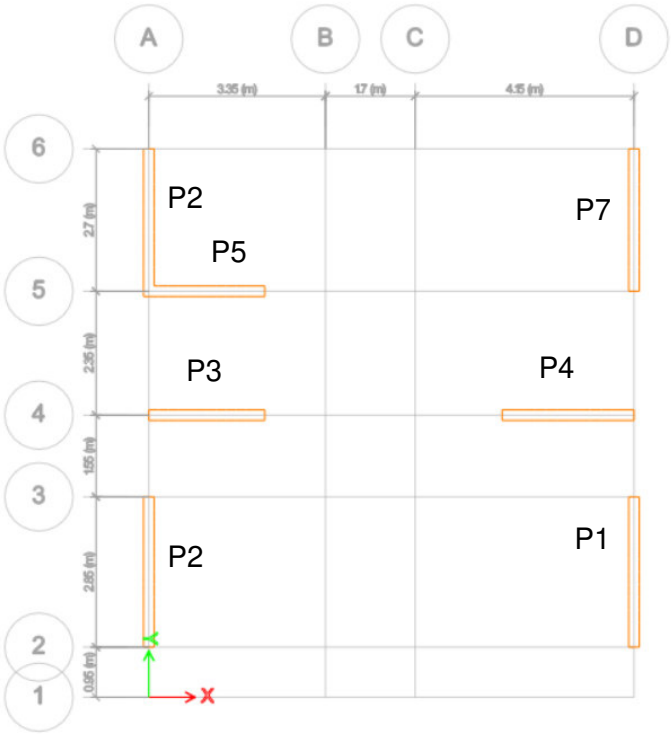
5.2.3. Chequeo de cortante en paredes enchapadas

Tabla 27. Relación de aspecto en las paredes enchapadas

Relación de aspecto de muros				
En X				
	H	**L**	**H/L**	**Tipo de Pared**
1	5.4	2	2.70	Intermedia
2	5.4	2	2.70	Intermedia
3	5.4	2	2.70	Intermedia
En Y				
	H	**L**	**H/L**	**Tipo de Pared**
4	5.4	2.5	2.16	Intermedia
5	5.4	2.5	2.16	Intermedia
6	5.4	2.85	1.89	Baja
7	5.4	2.85	1.89	Baja

Elaborado por: Anderson Cando

Figura 32. Configuración de paredes a enchapar



Fuente: ETABS
Elaborado por: Anderson Cando

Dado que el diseño previo cubre con las solicitaciones de flexo compresión y por la relación de aspecto de los muros propuesto, se pone énfasis en el chequeo a corte que se el comportamiento de estos elementos

Tabla 28. Valor del cortante nominal resistido por la mampostería, Vm

$0.25 \geq \frac{M}{Vd}$	$V_m = 0.20 A_{mv}\sqrt{f'_m}$
$0.25 < \frac{M}{Vd} < 1.00$	$V_m = \left[0.23 - 0.13\left(\frac{M}{Vd}\right)\right] A_{mv}\sqrt{f'_m}$
$\frac{M}{Vd} \geq 1.00$	$V_m = 0.10 A_{mv}\sqrt{f'_m}$

Fuente: NEC –SE-VIVIENDA.

Tabla 29. Calculo de la capacidad a corte de paredes enchapadas

CONDICIÓN DE MURO									
MURO	**Base [cm]**	**Longitud [cm]**	**Alto [cm]**	**Amv [cm2]**	**ARMADURA**				**α**
					Φ [mm]	**#Armaduras**	**Av [cm2]**	**S [cm]**	
P1	4	285	270	1140	6	1	0.283	10	0.15
P2	4	285	270	1140	6	1	0.283	10	0.10
P3	4	200	270	800	6	1	0.283	10	0.15
P4	8	200	270	1600	6	2	0.565	10	0.14
P5	4	200	270	800	6	1	0.283	10	0.16
P6	4	250	270	1000	6	1	0.283	10	0.20
P7	4	250	270	1000	6	1	0.283	10	0.10

CAPACIDAD A CORTE DE MUROS							
MURO	**Vm[T]**	**pn**	**Vs[T]**	**Vn [T]**	**Vu[T]**	**Vn/m[T/m]**	**Vu/m[T/m]**
P1	1.72	0.007069	40.29	42.02	25.21	14.74	8.85
P2	1.14	0.007069	40.29	41.43	24.86	14.54	8.72
P3	1.19	0.007069	28.27	29.46	17.68	14.73	8.84
P4	2.29	0.007069	56.55	58.84	35.30	29.42	17.65
P5	1.28	0.007069	28.27	29.55	17.73	14.78	8.87
P6	2.00	0.007069	35.34	37.34	22.41	14.94	8.96
P7	1.00	0.007069	35.34	36.34	21.81	14.54	8.72

Elaborado por: Anderson Cando

CAPÍTULO VI

DETALLE DE MAMPOSTERIA ENCHAPADA

6.1. Planos de reforzamiento propuesto

Reforzamiento de paredes

ANEXO 3. Planos de reforzamiento de paredes y detalles constructivos

6.2. Mampostería enchapada

6.2.1. Mampostería

La mampostería será la de bloque, misma que se encuentra en las paredes ya construidas.

6.2.2. Conectores

Para los conectores se dispondrá de varillas corrugadas de 10 mm cada 20 cm (por lo general uno en cada junta de bloque) con el objetivo de conectar la mampostería con las columnas y vigas banda mediante perforaciones. La longitud de los conectores es variable, pero se recomienda una longitud de 50 cm para una buena unión con la malla electro soldada.

6.2.3. Malla electrosoldada

El acero de refuerzo empleado en la mampostería será de una malla electrosoldada de 6 mm cada 10 cm con un *fy* igual a 5500 kg/cm2 con dimensiones comerciales.

6.2.4. Grapas y anclajes

Para poder anclar la malla a la mampostería se ocuparán varillas de 6mm.

6.2.5. Hormigón

El hormigón lanzado tendrá una resistencia de *f'c* = 180 kg/cm2, será el recubrimiento de la mampostería y refuerzo.

6.3. Procedimiento constructivo

Revisar Anexo 2.

CAPITULO VII

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Resultados

Una vez que se han modelado ambos sistemas tanto el a porticado como el reforzado, se ha obtenido los siguientes resultados:

- Se ha determinado que el sistema a porticado tiene un alto grado de vulnerabilidad sísmica.
- Gran parte de este resultado es debido a un diseño deficiente construido por un maestro mayor y albañiles sin ningún tipo de asesoramiento profesional.
- El sistema con pórticos de vigas banda, dimensiones de columnas mínimas, materiales de muy baja calidad y algunas patologías estructurales, son la consecuencia de esta construcción informal.
- Debido a la alta vulnerabilidad de la estructura se ve justificado la propuesta de reforzamiento estructural que actué frente a las derivas excesivas, permitiendo un buen comportamiento sismo resistente,
- Debido a la configuración estratégica de las paredes a reforzar, la torsión es casi nula para los dos primeros modos de vibración, lo que se garantiza que en los dos primeros modos el movimiento es netamente traslacional.

Comparación de los dos modelos:

Comparación de Derivas		
Modelo	**Deriva**	
	X	**Y**
Pórtico	2.09%	1.84%
Pórtico Gradas	2.08%	1.82%
Mampostería	0.27%	0.10%
Mampostería Grada	0.27%	0.09%

CAPACIDAD DE MUROS		
Vn [T]	**Vu [T]**	$\mathbf{Vu \leq \emptyset\, Vn}$
42.02	25.21	OK
41.43	24.86	OK
29.46	17.68	OK
58.84	35.30	OK
29.55	17.73	OK
37.34	22.41	OK
36.34	21.81	OK

7.2. Conclusiones

Se realizó el análisis comparativo entre dos sistemas estructurales, donde se determinaron factores importantes para el diagnóstico y el reforzamiento de una vivienda con el fin de mejorar el comportamiento sísmico, dándole una mayor rigidez y ductilidad a la estructura.

- Para la evaluación de la estructura y plantear el reforzamiento, se realizó la modelación, en la que se pudo apreciar el comportamiento de la estructura, obtener los periodos de vibración, las derivas máximas y las solicitaciones de los elementos.
- La estructura en base de pórticos presenta derivas que exceden el máximo permitido por la NEC-15, en la dirección X, con este resultado se comprueba la flexibilidad que presenta el sistema estructural de vigas banda y aunque en la dirección Y es por debajo del valor establecido, no deja de tener consecuencias significativas en los elementos no estructurales, comprometiendo la integridad de la vivienda e incluso un posible colapso de la misma.
- Para la estructura reforzada fue esencial una buena configuración y reforzamiento de las paredes, ya que estás nos permiten rigidizar la estructura, permitiendo un adecuado control de las derivas cumpliendo con lo permitido en la norma NEC-15.

- La revisión de las paredes enchapadas cumple con el chequeo a corte, lo que garantiza un buen comportamiento tanto del elemento como de la estructura ante un sismo.
- Si bien es cierto que, en el país una de las alternativas más utilizadas para el reforzamiento de las estructuras es el encamisado de columnas, este permite fortalecer el elemento, mas no garantizar el buen comportamiento del pórtico. En cambio, un sistema enchapado permite que las paredes, elementos que en primera instancia no son estructurales, actúen como muros de corte, garantizando la rigidez y ductilidad del pórtico.
- En un evento sísmico los daños producidos principalmente son en la mampostería, esta al no ser un elemento con la capacidad de soportar fuerzas sísmicas se produce falla frágil y explosiva en algunos casos. La propuesta de enchapado en la mampostería para la vivienda ha permitido disminuir las derivas, torsión y el posible colapso de la vivienda.
- Con todos los resultados obtenidos se deja en evidencia la necesidad de implementar un sistema de reforzamiento y el cambio de algunas consideraciones en las normas, debido a la gran cantidad de viviendas informales que existen en nuestro medio. En respuesta a esta problemática, se deja plasmado un modelo de diseño y criterios para la implementación de un sistema enchapado que garantice el comportamiento sismo resistente.

7.3. Recomendaciones

- Procurar que la distribución de paredes a enchapar no genere torsión en los dos primeros modos de vibración, además estos elementos deben tener continuidad vertical.
- Para la modelación en el programa computacional se debe asignar “pier” a las paredes enchapadas para simular la acción de los muros y los resultados obtenidos sean de un mismo elemento.
- Es preciso tomar en consideración el proceso constructivo para garantizar el buen confinamiento, anclaje, adherencia, y continuidad de los elementos a enchapar.
- Al implementar un sistema de reforzamiento tener presente los principios de sismo resistencia y normas.

- Se propone realizar un estudio comparativo donde se pueda apreciar las diferencias entre diferentes tipos de reforzamiento y el costo beneficio que estas proporcionan a la estructura y dueños.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI 318 -16, A. I. (July de 2016). Specification for Structural Steel Buildings Chicago, Illinois, United States.

Aguilar, I., & Lumbi, E. (2014, agosto). Proyecto de titulación. Diagnóstico y propuesta de reforzamiento estructural de una edificación representativa en el barrio Atucucho, de Quito. Quito. Escuela Politécnica Nacional.

Aguilar, R. (2013). Microzonificación Sismica de Quito. (Centro de investigaciones Cientificas & Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, Eds.) (Primera). Quito: Retrieved from http: //ugi.espe.edu.ec/ugi/wp content/uploads/2012/11/2013_lib_raguiar_1.pdf

Albuja D. & Pantoja J., (2017, junio). Estudio del reforzamiento de la mampostería de bloque de hormigón con malla electrosoldada mediante ensayos destructivos. Escuela Politécnica Nacional

Angulo, L., Lopez, C. & Placencia, P. (2008). Reforzamiento de mampostería de ladrillo Artesanal. Escuela Politécnica Nacional.

Corporación Autónoma Regional De Risalda (C.A.R.D.E.R), Diagnóstico de Riesgos Ambientales, Risalda, 2011.

Correa, M., & Machado, L. (2012). Análisis comparativo económico - estructural entre sistemas constructivos tradicionales y un sistema constructivo alternativo liviano.

Fernández, L., Paredes, P., & Placencia, P. (2010). Investigación teórico experimental de un sistema estructural alternativo. Escuela Politécnica Nacional

J. Pérez y A. Gardey, «Definición.de,» 2019. [En línea]. Available: https://definicion.de/mamposteria/. [Último acceso: 09 08 2022].

L. Bozzo y A. Barbat, Diseño Sismo Resistente de Edificaciones, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2013

L. Fernández y P. Paredes, Investigación Teórico Experimental de un Sistema Estructural Alternativo, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2010.

Manitio G. & Vásconez S., (2013, septiembre). Estudio de la vulnerabilidad y reforzamiento estructural de un inmueble patrimonial del distrito metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional

MIDUVI, COMICON. (2014). NEC - PELIGRO SISMICO. Diseño Sismo resistente. Quito: Dirección de comunicación social, MIDUVI.

Naranjo M, & Peñaherrera A. (2018, marzo). Proyecto de titulación. Diseño del reforzamiento estructural sismo resistente con enchapado de mampostería de una vivienda con asentamientos diferenciales. Escuela Politécnica Nacional

NEC-2015. (2016). Guia practica de diseno de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construccion NEC-2015.

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC), Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, MIDUVI, 2015.

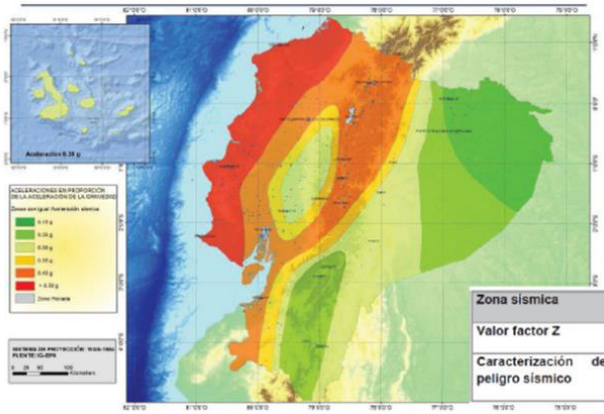
Secretaria de Gestión de Riesgos. Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC - 2015. (2016). Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL

Para calcular el cortante basal, se ha tomado en consideración las tablas, ecuaciones y recomendaciones de la Norma ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015).

Figura 33. Mapa de la zona sísmica



Z = Factor de aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad

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

Fuente: NEC 15-Sección 3.1.1 Factor de Zona (Z)

El valor de Z factor de aceleración máxima en roca, es de la zona V en la que se encuentra Quito, el valor es de 0.4, alto peligro sísmico.

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructura, que sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir danos durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 30. Factor de importancia

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

Fuente: NEC 15-Sección 4. Metodología del diseño sismo resistente.

Al ser una vivienda de dos pisos unifamiliar se considera como “otras estructuras” por ende el valor de importancia es 1.

Factor de sitio Fa

Tabla 31. Factor de sitio Fa

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

Fuente: NEC 15-Sección 3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo

Factor de sitio Fd

Tabla 32. Factor de sitio Fd

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

Fuente: NEC 15-Sección 3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo

Factor de comportamiento inelástico del suelo Fs

Tabla 33. Factor de comportamiento inelástico del suelo Fs

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

Fuente: NEC 15-Sección 3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo.

Factor de reducción sísmica

Tabla 34. Factor de reducción sísmica

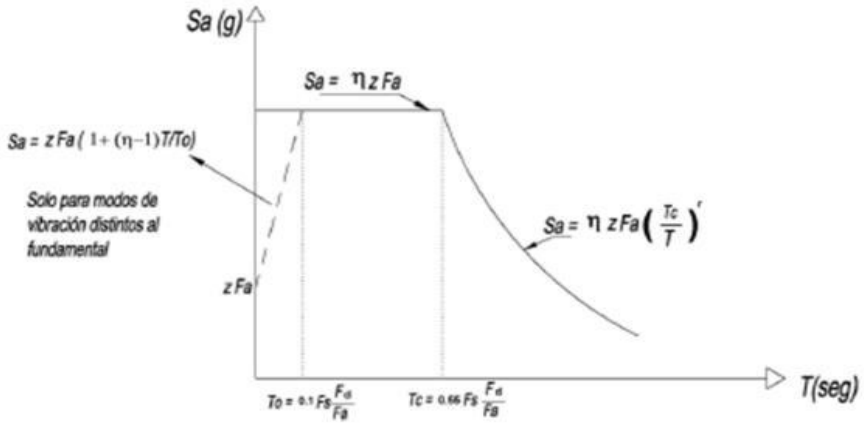
Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea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

Activar Windows

Fuente: NEC 15-Sección 6.3.4. Ductilidad y Factor de Resistencia Sísmica.

Periodo límites de diseño

Figura 34. Espectro elástico de aceleraciones



Fuente: NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica.

Limite 1:

$$To = 0.1 * \ Fs * \frac{Fd}{Fa}$$

Ecuación: NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica

Limite 2:

$$To = 0.55 * \ Fs * \frac{Fd}{Fa}$$

Ecuación: NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica

Periodo fundamental de vibración

El valor del periodo se puede calcular de una manera aproxima, o mediante un análisis dinámico (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 35. Factor de Ct y α para la determinación del periodo fundamental

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0,072	0.8
Con arriostramientos	0,073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0,055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0,055	0.75

Fuente: NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T

$$Ta = Ct * hn^{\alpha}$$

Ecuación: NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T

Hn: es la altura máxima de la edificación medida desde la base de la estructura, la base es el nivel al cual se considera que la acción sísmica actúa sobre la estructura (NEC-SE-DS, 2015).

Ct: Coeficiente en función del tipo de estructura.

Razón entre aceleración espectral y el PGA

Asimismo, de los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que se obtienen a partir de los valores de aceleraciones espectrales proporcionados por las curvas de peligro sísmico de la sección 3.1.2 y, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno **Z**, se definieron los valores de la relación de amplificación espectral, **η** (S_a/Z, en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

- η= 1.80 : Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- η= 2.48 : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- η= 2.60 : Provincias del Oriente

Fuente: NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica

Espectro de respuesta por aceleración

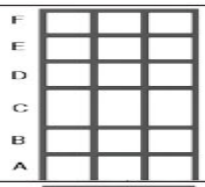
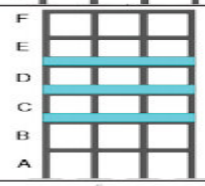
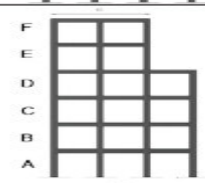
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura (NEC-SE-DS, 2015).

$$Sa = n * Z * Fa \quad para \ 0 \ \leq T \ \leq Tc$$

$$Sa = n * Z * Fa * \left(\frac{Tc}{T}\right)^{r} \quad para \ T \ > Tc$$

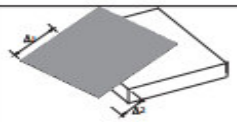
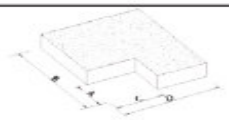
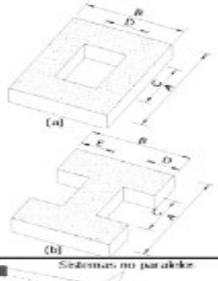
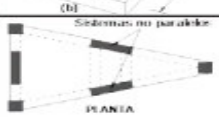
Ecuación: NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica

Tabla 36. Factor de regularidad en elevación

Tipo 1 - Piso flexible ϕ_{Ei}=0.9 Rigidez K_c < 0.70 Rigidez K_D $Rigidez < 0.80\frac{(K_D+K_E+K_F)}{3}$ La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	
Tipo 2 - Distribución de masa ϕ_{Ei}=0.9 $m_D > 1.50\ m_E$ ó $m_D > 1.50\ m_C$ La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	
Tipo 3 - Irregularidad geométrica ϕ_{Ei}=0.9 a > 1.3 b La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.	
Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.	

Fuente: NEC 15-Sección 5.2. Regularidad/Configuración Estructural

Tabla 37. Factor de regularidad en planta

Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{Pi}=0.9$ $\Delta > 1.2\frac{(\Delta 1+\Delta 2)}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.	
Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{Pi}=0.9$ A > 0.15B y C > 0.15D La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.	
Tipo 3 -Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{Pi}=0.9$ a) CxD > 0.5AxB b) [CxD + CxE] > 0.5AxB La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.	
Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{Pi}=0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.	
Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.	

Fuente: NEC 15-Sección 5.2. Regularidad/Configuración Estructural

Corte basal

El corte basal se calcula según la Nec-15 de peligro sísmico sección 6.3.2 con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \emptyset p * \emptyset E} * wt$$

V= Cortante Basal

I= factor de Importancia

Sa= Espectro de respuesta del periodo de vibración de edificio

R= factor de ductilidad

⦸P= Factor de regularidad en planta

⦸E= Factor de elevación

Wt= carga sísmica reactiva

Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa [0≤ T ≤ Tc]	1.19	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico	To [seg]	0.103	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico	Tc [seg]	0.565	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Periodo de vibración de la estructura (Método 1)	T1	0.234	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Periodo de vibración límite de la estructura (Método 2)	T2	0.304	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Periodo fundamental de la estructura	**T**	**0.304**	-
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa(T)	1.19	NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica
Coeficiente relacionado con el T de vibración de la estructura	k	1	NEC15-Sección 6.3.5. Distribución vertical de carga sísmica.
Fracción de peso correspondiente al Cortante Basal	**C**	**0.238**	NEC15-Sección 6.3. Procedimiento del cálculo del DBF

Factor K

Tabla 38. Determinación del factor K

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

Fuente: Nec-15 de peligro sísmico sección 6.3.5

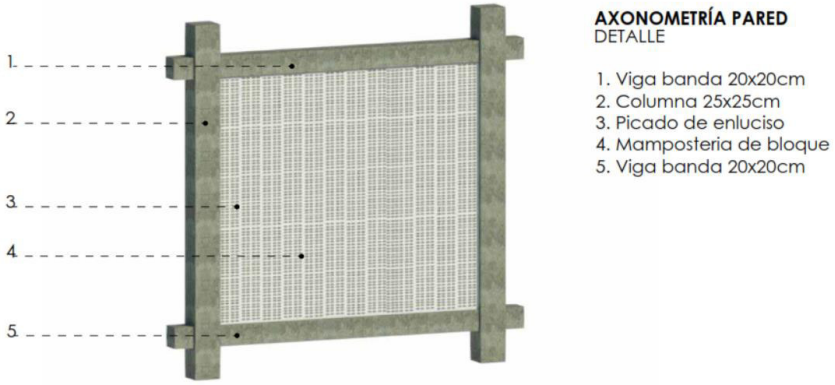
ANEXO 2: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Una vez que se ha definido la distribución de la mampostería se procede a tomarse en cuenta los criterios para la intervención de la edificación.

El procedimiento constructivo mencionado a continuación, toma como referencia lo indicado en el proyecto de titulación: Investigación Teórico, Experimental de un Sistema Estructural alternativo (Fernández, Paredes, & Placencia, 2010) y criterios impartidos por el Ing. MSc. Felix Vaca.

- Para que exista una buena adherencia del mortero y la mampostería existente se deberá picar el enlucido de las paredes a intervenir para conseguir una superficie rugosa.

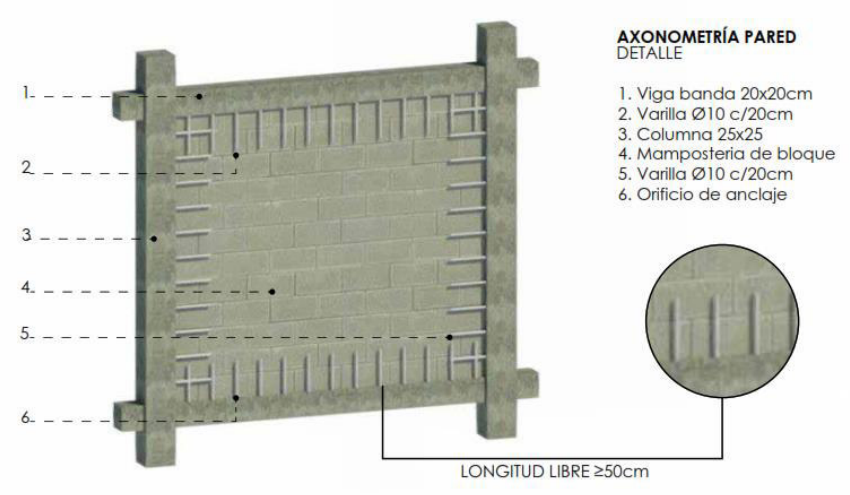
Figura 35. Preparación de la superficie



Fuente: REVIT
Elaborado por: Anderson cando

- Se deberá realizar orificios para el anclaje de los conectores tanto en la columna como vigas o losa que permitan el ingreso de las varillas de Ø 10 mm diámetro con una longitud de por lo menos 20 cm y la inyección de algún tipo de aditivo epóxido que permite el buen anclaje. Se recomienda dejar por lo menos 50 cm de longitud libre para la unión correcta de del refuerzo (Malla electro soldada). Este proceso se deberá realizar para 20 cm a lo largo de los elementos estructurales.

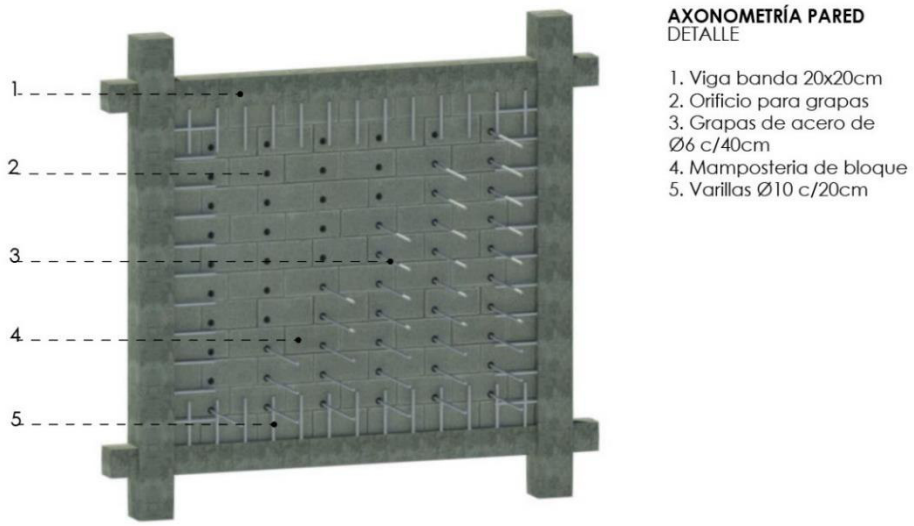
Figura 36. Orificios de anclaje



Fuente: REVIT
Elaborado por: Anderson Cando

- Para mejorar el comportamiento de la mampostería y evitar posibles fallas donde existen las mayores concentraciones de compresión y esfuerzos, se colocará grapas de acero de 6 mm cada 40 cm según sea el caso, ya que en puertas y ventanas se colocaras cada 20 cm.

Figura 37. Grapa de anclaje



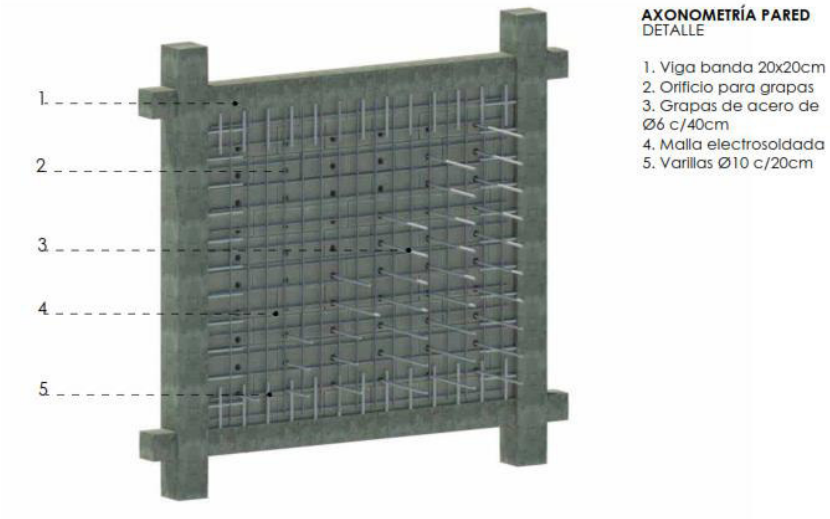
Fuente: REVIT
Elaborado por: Anderson Cando

- Para la colocación de las grapas, se realizará orificios del diámetro suficiente para su ingreso en la mampostería y la inyección de un aditivo epóxido o un portero 1:3.

Las grapas deberán sobresalir de la mampostería por lo menos 6 cm a cada lado, con esto se aclara la malla electro soldada a la mampostería.

- Colocar la malla electro soldada bajo los conectores y entre las grasas.

Figura 38. Colocación de MALLA ELECTRO SOLDADA



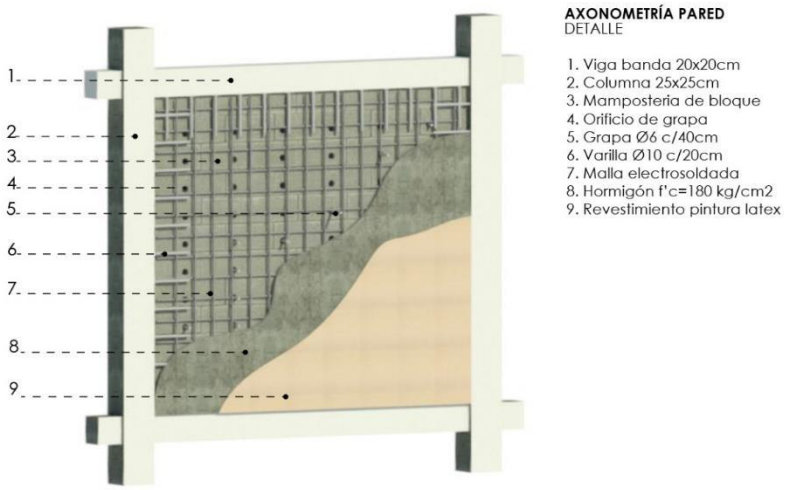
Fuente: REVIT
Elaborado por: Anderson Cando

- Para el enchape de la malla no se recomienda el mínimo que el código estable en función del diámetro de refuerzo, se sugiere que sea por lo menos 35 cm ya que se garantiza un buen traslape y comportamiento de la malla como un solo elemento. Se colocarán vinchas a cada 20cm en toda la altura del traslape. No se traslapará en las dos caras en el mismo lugar.

- Una vez que se ha endurecido el relleno de las grapas se doblaran los extremos con el fin de fijar la malla de refuerzo a la mampostería.

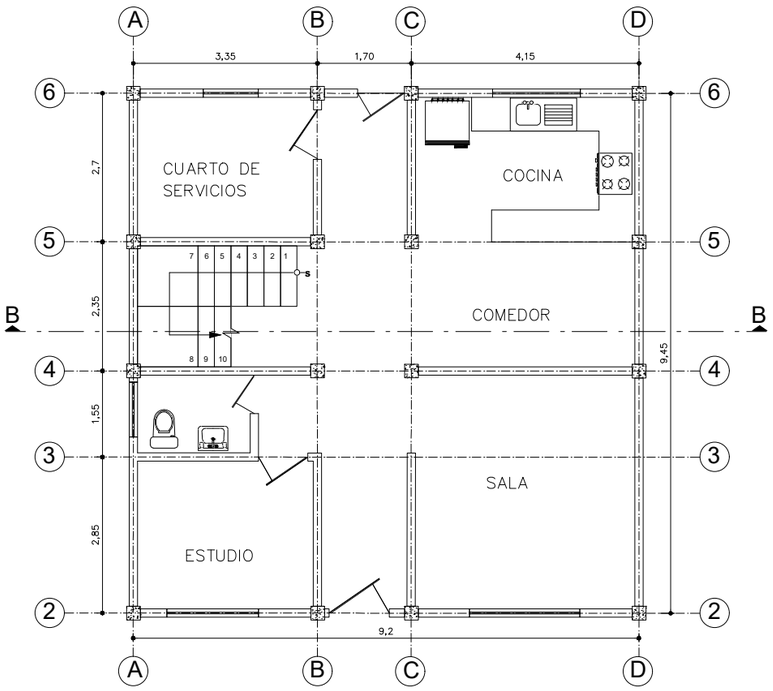
- Finalmente se colocará el hormigón que posee una resistencia f'c igual a 180 kg/cm2 hasta obtener el espesor del enchape. Se recomienda que se coloque un aditivo que se asegure la adhesión del hormigón nuevo.

Figura 39. Proyección del hormigón

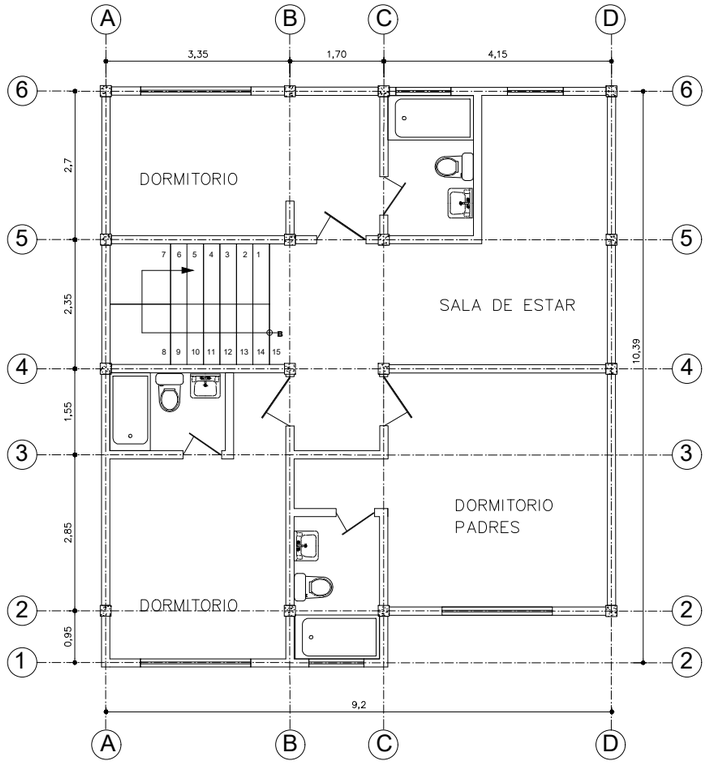


Fuente: REVIT
Elaborado por: Anderson Cando

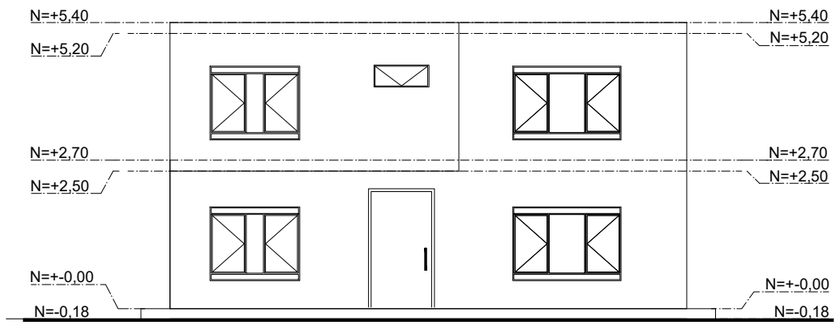
ANEXO 3: PLANOS DE REFORZAMIENTO DE PAREDES Y DETALLES CONSTRUCTIVOS



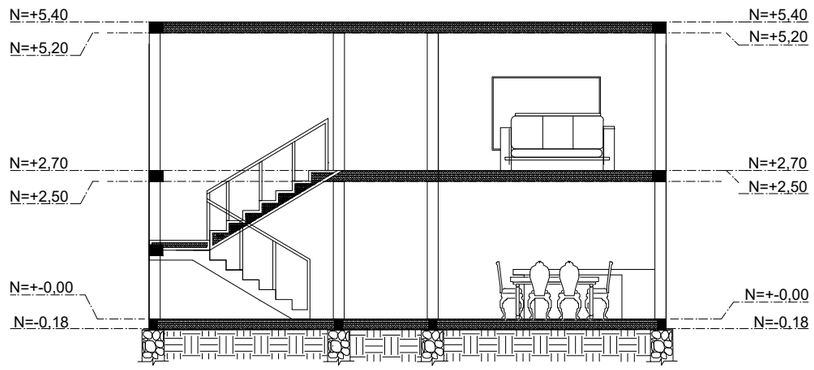
PLANTA BAJA



PLANTA ALTA



ELEVACION FRONTAL



CORTE B-B

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR:

ESTUDIO DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES INFORMALES POR MEDIO DE ENCHAPAMIENTO CON MALLA

ESTUDIANTE:

ANDERSON KALIF CANDO GUEVARA

TUTOR:

ING. FELIX VACA MONCAYO MSC.

DETALLES

PLANTA BAJA
PLANTA ALTA
FACHADAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SE INDICAN EN EL PLANO

FECHA:

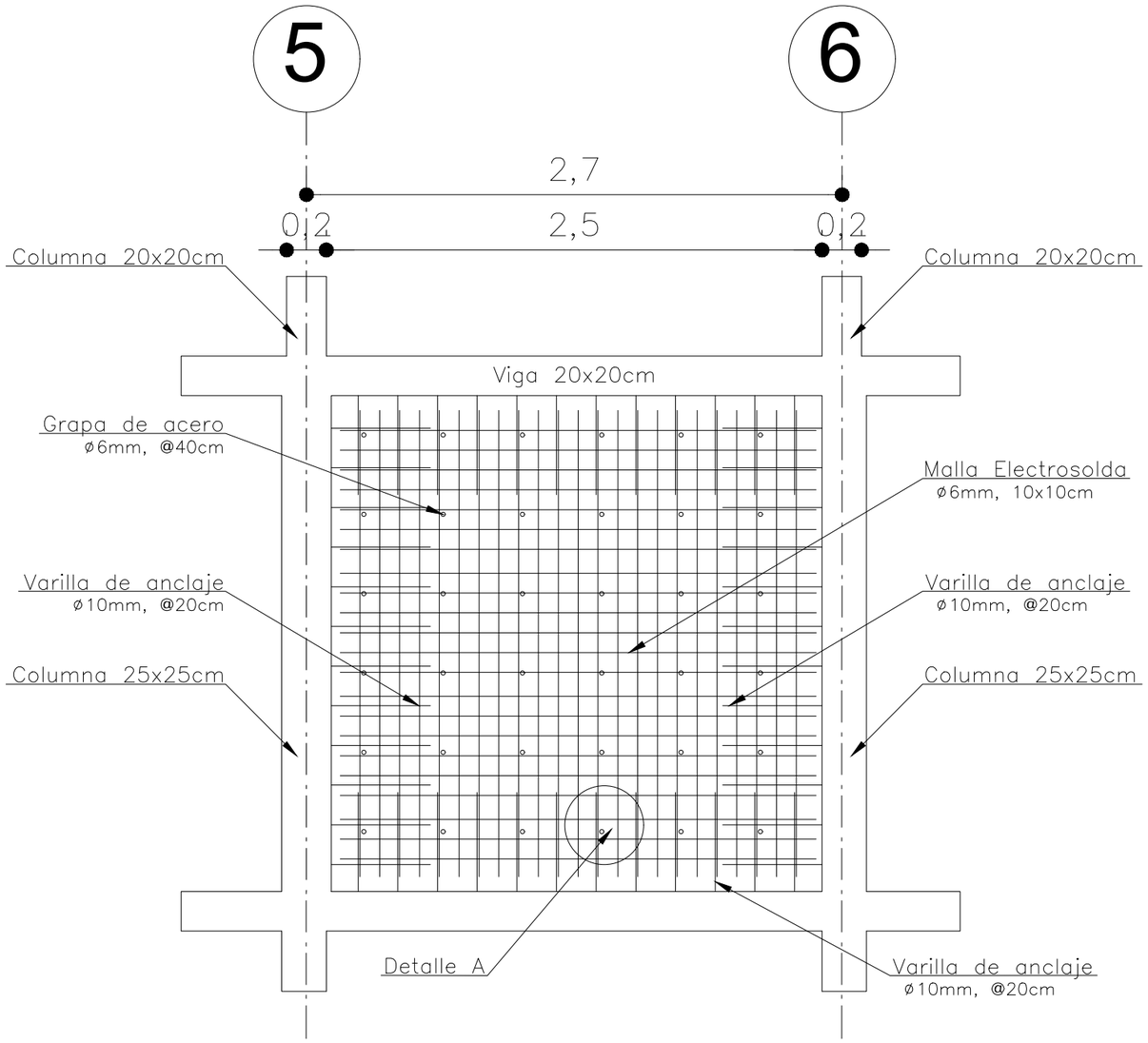
SEPTIEMBRE, 2022

ESCALA:

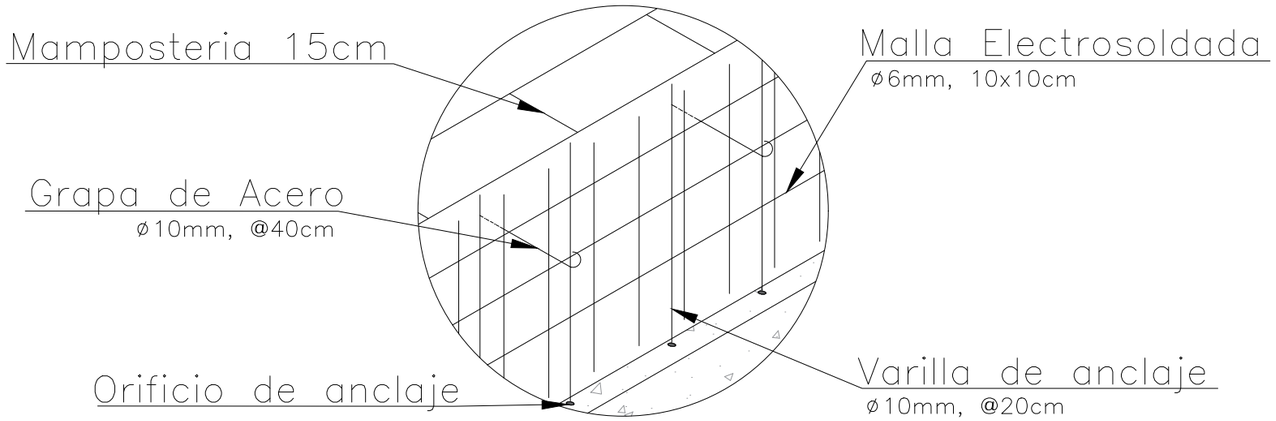
INDICADAS

N° de lamina:

1/2



Detalle A



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR:

ESTUDIO DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES INFORMALES POR MEDIO DE ENCHAPAMIENTO CON MALLA

ESTUDIANTE:

ANDERSON KALIF CANDO GUEVARA

TUTOR:

ING. FELIX VACA MONCAYO MSC.

DETALLES

ENCHAPADO DE MAMPOSTERIA
DETALLES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SE INDICAN EN EL PLANO

FECHA:

AGOSTO, 2022

ESCALA:

INDICADAS

N° de lamina:

1/2