

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES  
INFORMALES POR MEDIO DE ENCHAPAMIENTO CON MALLAS  
PROPUESTA DE UN MODELO DE REFORZAMIENTO POR MEDIO  
DE ENCHAPAMIENTO CON MALLAS DE UNA EDIFICACIÓN.**

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

**FERNANDO BLADIMIR RUMIGUANO LÓPEZ**

**fernando.rumiguano@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: MSC. ING. FELIX POLICARPO VACA MONCAYO**

**felvaca@hotmail.com**

**DMQ, Septiembre 2022**

## CERTIFICACIONES

Yo, Fernando Bladimir Rumiguano López declaro que el trabajo de integración curricular 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.

---

**FERNANDO BLADIMIR RUMIGUANO LOPEZ**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Fernando Bladimir Rumiguano López, bajo mi supervisión.

---

**FELIX POLICARPO VACA MONCAYO**

**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

FERNANDO BLADIMIR RUMIGUANO LÓPEZ

FELIX POLICARPO VACA MONCAYO

## **DEDICATORIA**

Dedicado

A mi familia, amigos y maestros, en especial a mi padre Robin, aquel que tanto quiero y admiro por ser la piedra sobre la que se sostiene los sueños de sus hijos, a mis hermanas Cristina, Susana y Monserrat por ser una guía y una agradable compañía, a Joseph, mi hermano del cual me siento muy orgulloso.

FERNANDO

## **AGRADECIMIENTO**

A todos los que con su gran apoyo han permitido la realización de este trabajo de titulación, especialmente a mis padres, hermanas y amigos.

Al ingeniero Félix Vaca, por sus enseñanzas, paciencia y dirección que ha aportado significativamente a mi formación como profesional.

Siempre agradecido,

FERNANDO BLADIMIR

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
2 METODOLOGÍA.....	9
2.1 MODELO 1: Inicial-Aporticado.....	10
2.2 MODELO 2: Reforzado-Muros Portantes.....	21
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
3.1 Resultados.....	27
3.2 Conclusiones.....	46
3.3 Recomendaciones.....	47
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
5 ANEXOS.....	49
ANEXO I.....	49
ANEXO II.....	56
ANEXO III.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Patologías en la construcción .....	8
<b>Tabla 2.</b>	Características del modelo 1 (aporticado) .....	11
<b>Tabla 3.</b>	Longitud de paredes en ambas direcciones y su cuantía del modelo 1(aporticado) .....	12
<b>Tabla 4.</b>	Espesor de paredes y área total de paredes del Modelo 1(aporticado) 12	
<b>Tabla 5.</b>	Secciones de elementos estructurales del modelo 1(aporticado).....	12
<b>Tabla 6.</b>	Momentos de inercia en análisis elástico .....	13
<b>Tabla 7.</b>	Pesos específicos de materiales .....	14
<b>Tabla 8.</b>	Pesos que conforman el sobrepeso en losa .....	14
<b>Tabla 9.</b>	Sobrepeso de morteros de pared .....	14
<b>Tabla 10.</b>	Características de mampostería .....	15
<b>Tabla 11.</b>	Sobrepeso de mampostería del modelo 1(aporticado) .....	15
<b>Tabla 12.</b>	Sobrepeso total en losa del modelo 1(aporticado).....	15
<b>Tabla 13.</b>	Cargas vivas en el modelo 1(aporticado) .....	15
<b>Tabla 14.</b>	Coeficientes para sismo NEC .....	16
<b>Tabla 15.</b>	Valor de K.....	17
<b>Tabla 16.</b>	Combinaciones de Carga NEC.....	17
<b>Tabla 17.</b>	Características del Hormigón en modelo 1(aporticado).....	18
<b>Tabla 18.</b>	Característica del acero de refuerzo del modelo 1(aporticado) .....	18
<b>Tabla 19.</b>	Longitud de paredes enchapadas en cada dirección y su cuantía ...	22
<b>Tabla 20.</b>	Área total de paredes enchapadas .....	22
<b>Tabla 21.</b>	Características de mortero para enchape.....	23
<b>Tabla 22.</b>	Característica de malla para enchape .....	24
<b>Tabla 23.</b>	Modos de vibración del Modelo 1 (aporticado) .....	27
<b>Tabla 24.</b>	Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo X modelo 1(aporticado) .....	28
<b>Tabla 25.</b>	Deriva inelástica crítica del Modelo 1(aporticado) por sismo X .....	29
<b>Tabla 26.</b>	Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo Y modelo 1 (aporticado) 29	
<b>Tabla 27.</b>	Deriva inelástica crítica del Modelo 1(aporticado) por sismo Y.....	30
<b>Tabla 28.</b>	Columnas con su respectiva sollicitación y diagrama de interacción	31
<b>Tabla 29.</b>	Fórmulas para cálculo de acero de confinamiento .....	32
<b>Tabla 30.</b>	Acero de confinamiento disponible y requerido de columna tipo .....	33

<b>Tabla 31.</b>	Modos de vibración del Modelo 2(enchapado) .....	37
<b>Tabla 32.</b>	Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo X modelo 2 (enchapado) .....	38
<b>Tabla 33.</b>	Deriva inelástica critica del Modelo 2(enchapado) por sismo X.....	39
<b>Tabla 34.</b>	Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo Y modelo 2 (enchapado) .....	39
<b>Tabla 35.</b>	Deriva inelástica critica del Modelo 2 (enchapado) por sismo Y.....	40
<b>Tabla 36.</b>	Características de muros enchapados del Modelo 2(enchapado) ....	40
<b>Tabla 37.</b>	Capacidad a corte de muros enchapados del Modelo 2(enchapado)	41
<b>Tabla 38.</b>	Comparación entre cortante actuante y resistente de los muros del modelo 2(enchapado) .....	41
<b>Tabla 39.</b>	Derivas inelásticas críticas del Modelo 1(aporticado) y Modelo 2(enchapado) .....	45
<b>Tabla 40.</b>	Factor de importancia .....	49
<b>Tabla 41.</b>	Factor de sitio $F_a$ .....	50
<b>Tabla 42.</b>	Factor de sitio $F_d$ .....	50
<b>Tabla 43.</b>	Factor de comportamiento inelástico del suelo $F_s$ .....	51
<b>Tabla 44.</b>	Factor de reducción sísmica .....	51
<b>Tabla 45.</b>	Factor de $C_t$ y $\alpha$ para la determinación del periodo fundamental .....	53
<b>Tabla 46.</b>	Factor de regularidad en elevación.....	54
<b>Tabla 47.</b>	Factor de regularidad en planta .....	54
<b>Tabla 48.</b>	Determinación del factor K .....	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Plano arquitectónico Modelo 1(Aporticado) .....	10
<b>Figura 2.</b>	Plano de Vigas y Columnas planta baja y segunda.....	11
<b>Figura 3.</b>	Planta segunda del modelo 1(aporticado) en software.....	19
<b>Figura 4.</b>	Moledo 1(aporticado) en vista 3D, secciones constitutivas .....	19
<b>Figura 5.</b>	Modelo 1(aporticado) en vista 3D, mesh en losas .....	20
<b>Figura 6.</b>	Modelo 1(aporticado) en vista 3D, Elementos extruidos.....	20
<b>Figura 7.</b>	Paredes reforzadas de planta baja y segunda .....	21
<b>Figura 8.</b>	Planta segunda con paredes enchapadas en software .....	24
<b>Figura 9.</b>	Modelo 2(enchapado) en vista 3D, vista trasera, mesh en losas y paredes	25
<b>Figura 10.</b>	Modelo 2(enchapado) vista en 3D, vista delantera, mesh en losas y paredes	25
<b>Figura 11.</b>	Modelo 2(enchapado) en vista 3D, vista trasera, elementos extruidos	26
<b>Figura 12.</b>	Modelo 2(enchapado) en vista 3D, vista delantera, elementos extruidos	26
<b>Figura 13.</b>	Modelo 1(aporticado) en vista 3D, 3 primeros modos de vibración	27
<b>Figura 14.</b>	Derivas elásticas del Modelo 1(aporticado) por sismo X.....	28
<b>Figura 15.</b>	Derivas elásticas del Modelo 1(aporticado) por sismo Y .....	29
<b>Figura 16.</b>	Nudo Viga-Columna en planta .....	33
<b>Figura 17.</b>	Momentos 11 en losa del Modelo 1(aporticado).....	34
<b>Figura 18.</b>	Momentos 22 en losa del Modelo 1(aporticado).....	35
<b>Figura 19.</b>	Cortante 13 en losa del Modelo 1(aporticado).....	35
<b>Figura 20.</b>	Cortante 23 en losa del Modelo 1(aporticado).....	36
<b>Figura 21.</b>	Modelo 2(enchapado) en vista 3D, 3 primeros modos de vibración	37
<b>Figura 22.</b>	Derivas elásticas del Modelo 2(enchapado) por sismo X.....	38
<b>Figura 23.</b>	Derivas elásticas del Modelo 2(enchapado) por sismo Y .....	39
<b>Figura 24.</b>	Cortante actuante Vs Cortante resistente.....	42
<b>Figura 25.</b>	Momentos 11 en losa del Modelo 2(enchapado).....	43
<b>Figura 26.</b>	Momentos 22 en losa del Modelo 2(enchapado) .....	43
<b>Figura 27.</b>	Cortante 13 en losa del Modelo 2(enchapado).....	44
<b>Figura 28.</b>	Cortante 23 en losa del Modelo 2(enchapado).....	44

<b>Figura 29.</b>	Mapa de la zona sísmica.....	49
<b>Figura 30.</b>	Espectro elástico de aceleraciones .....	52
<b>Figura 31.</b>	Catalogo mallax armex.....	56
<b>Figura 32.</b>	Detalles del enchapamiento de paredes .....	57

## RESUMEN

Ecuador, al estar ubicado en una zona de subducción de placas y varias fallas locales geológicas, está bajo la constante amenaza de sismos. Además, que una parte de la construcción en el país es informal, haciéndola vulnerable a los terremotos que se producen. Por lo que el presente trabajo, pretende demostrar que una opción de refuerzo como es el enchape a la mampostería ordinaria que se encuentra en una vivienda informal tiene un gran potencial para reducir la vulnerabilidad de una edificación.

Para lo cual se escogió un modelo de vivienda informal de la cual se obtuvo la mayor información tanto de su arquitectura como de sus elementos estructurales. Siendo una vivienda a porticada con mampostería que su única función era separar el espacio interior.

Una vez obtenidos estos datos, se procedió a modelarla en un software especializado y se la sometió a las cargas del sismo NEC. Con esta simulación y el análisis de algunos de sus elementos estructurales, quedo al descubierto su vulnerabilidad.

Una vez analizado el estado actual de la vivienda, se da una propuesta de enchape sobre algunas de las paredes existentes, con un refuerzo de malla electrosoldada de una marca comercial del país y se analiza en el software.

Los resultados del modelo de reforzamiento nos dan valores que muestran un mejor comportamiento de la vivienda tales como las derivas que se redujeron hasta en un 90%, además de que los esfuerzos en las losas se han reducido.

Con esto se pudo mostrar que el enchape es una buena alternativa para reforzar una vivienda informal para reducir su vulnerabilidad ante los sismos.

**PALABRAS CLAVE:** enchape, vulnerabilidad estructural, sismo, mampostería, vivienda, informal.

## **ABSTRACT**

Ecuador, being located in a plate subduction zone and several local geological faults, is under constant threat of earthquakes. In addition, part of the construction in the country is informal, making it vulnerable to earthquakes that occur. Therefore, the present work aims to demonstrate that a reinforcement option such as veneer to ordinary masonry found in informal housing has great potential to reduce the vulnerability of a building.

For which an informal housing model was chosen from which the most information was obtained both on its architecture and its structural elements. Being a house with a masonry porch whose only function was to separate the interior space.

Once these data were obtained, it was modeled in specialized software and subjected to the loads of the NEC earthquake. With this simulation and the analysis of some of its structural elements, its vulnerability was revealed.

Once the current state of the house has been analyzed, a veneer proposal is given on some of the existing walls, with an electro-welded mesh reinforcement from a commercial brand of the country and it is analyzed in the software.

The results of the reinforcement model give us values that show a better behavior of the house, such as the drifts that were reduced by up to 90%, in addition to the fact that the efforts in the slabs have been reduced.

With this it was possible to show that the veneer is a viable option when it comes to reinforcing an informal dwelling to reduce its vulnerability to earthquakes.

**KEYWORDS:** veneer, structural vulnerability, earthquake, masonry, housing, informal.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Debido a la ubicación del Ecuador, cerca de la subducción de la placa de Nazca en la placa sudamericana e igualmente de varias fallas locales que se encuentran en la región andina, el país se ve afectado por sismos originados por estos factores.

Además, la gran parte de edificaciones del país se han erigido 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 con una calidad baja y mano de obra sin especialización, produciéndose así, procesos constructivos con anomalías que dan como resultados deficiencias estructurales.

Así mismo, el sistema aporticado ha sido el más usado en los últimos tiempos en la construcción ecuatoriana, muestra que es uno de los sistemas más ineficientes para resistir sismos que junto con la construcción informal vuelve a la estructura muy vulnerable ante fuerzas laterales sísmicas.

Si se toma en cuenta que los muros no estructurales también forman parte de estas deficiencias estructurales debido a que su única función es separar, pero que, ante la acción de una amenaza sísmica, al ser macizos y masivos, pueden afectar al comportamiento de elementos estructurales tales como vigas o columnas, si es el caso, o directamente pueden colapsar y producir pérdidas humanas debido a que no tiene manera de resistir al sismo.

Entonces, una parte de las construcciones de nuestro país se encuentran vulnerables por todos los factores antes mencionados y es necesario proponer opciones que permitan ayudar a que las viviendas se comporten adecuadamente en caso de ocurrencia de sismo.

Entre todas las opciones disponibles, el enchapamiento de paredes con mallas de acero; proceso de reforzamiento mediante el cual las paredes pasan a formar parte de los elementos estructurales, resulta una elección viable para incrementar la resistencia y mejorar el comportamiento ante fuerzas sísmicas. Además de la posibilidad de introducir patologías estructurales como columnas cortas, pisos blandos, torsión imprevista en la planta, etc.

Es así que en este trabajo se ha planteado mostrar el comportamiento de una estructura aporticada con muros no estructurales, 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.

## **1.1 Objetivo general**

Proponer un modelo de reforzamiento por medio de enchapamiento con mallas de una edificación.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Investigar en fuentes bibliográficas sobre el reforzamiento por medio de enchapamiento con mallas en mampostería.
2. Analizar una edificación construida por medio del software ETABS.
3. Proponer un modelo de enchapamiento en la edificación y analizarla en el software ETABS.
4. Elaborar una monografía para contrastar los resultados del análisis de ambos modelos estudiados en el software.

## **1.3 Alcance**

Tomar casos reales sobre edificaciones informales, generalmente construidos a base de pórticos de hormigón o acero, o casos de construcciones de adobe, tapial o bahareque, estructuras que son altamente vulnerables a los sismos, y reforzarlas, transformando el sistema de soporte en base de pórticos o paredes frágiles y desacopladas, transformándoles un sistemas de muro portante , disminuyendo notablemente las derivas y convirtiéndolas en un sistema resistente en base de muros de corte integrados entre sí.

### **a) Fase de planteamiento**

En esta fase, se busca recopilar información sobre enchapamiento con mallas en mampostería. Además de la información recopilada, se determina el modelo a usarse en el estudio, incluyendo la información de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas, etc.) que conforman a la estructura. Adicionalmente, se propone un modelo de enchapamiento dentro de las paredes existentes.

### **b) Fase de modelamiento**

Dentro de la fase de modelamiento, se procede analizar los dos modelos determinados de la fase anterior en el software ETABS, donde se buscará obtener información sobre los

esfuerzos que están actuando sobre la edificación en ambas propuestas, principalmente el cortante, además de las derivas que se producen en estos.

c) Fase de generación de resultados

Se procederá a recopilar toda la información que el software brinde sobre ambos modelos, además de cálculos realizados para la fuerza sísmica actuante.

d) Fase final

Elaboración del documento final donde se contraste el estudio de ambos modelos, revisiones y presentación.

## **1.4 Marco teórico**

### **Vulnerabilidad estructural**

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

Estos elementos estructurales son componentes que ayudan a mantener a la estructura en pie, su función es la aguantar y transferir a la cimentación y posterior al suelo; las acciones causadas por el peso propio de la edificación, así también como las causadas por sismos. Los elementos estructurales pueden ser las columnas, placas de hormigón, muros de corte, etc.

Es por esta razón que un buen diseño estructural inicial es primordial para que la estructura soporte desastres naturales tales como los sismos. "

### **Amenaza**

Según la (Corporación Autónoma Regional De Risalda (C.A.R.D.E.R), 2011) se define como "la probabilidad de que un fenómeno peligroso ocurra puede ser originado de forma natural o por actividad humana en un tiempo determinado sobre un sector que no está preparado para enfrentarlo sin sufrir consecuencias graves. Estas amenazas pueden ser:

- Amenazas Naturales: aquéllas producidas por el comportamiento propio del Planeta.

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

### **Riesgo Sísmico**

(Alzate A. , 2017) Probabilidad de que los efectos económicos y sociales adversos de un sismo sobrepasen los valores esperados, para una zona determinada.

De acuerdo con la U.N.E.S.C.O. en la publicación "Terremotos", 1980, se la expresa: (Seismic Risk):

**RIESGO SÍSMICO = PELIGROSIDAD \*\* VULNERABILIDAD \*\* COSTO**

### **Pórtico estructural**

(Bozzo & Barbat, 2013) 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.

Ventajas:

- En el espacio interno de la edificación, permite mayores distribuciones.
- Su flexibilidad hace que las solicitaciones sísmicas sean pequeñas.
- Debido a la ductilidad de sus elementos, y a su vez de su gran elasticidad conjunta, puede disipar gran cantidad de energía.

Desventajas:

- Es un sistema con poca resistencia y rigidez a carga lateral.
- Se producen daños en elementos no estructurales debido a la gran flexibilidad que permite desplazamientos grandes.
- Las derivas son difíciles de mantener bajo las normativas.
- Los periodos fundamentales de este sistema son largos debido a su gran flexibilidad, y lo cual es un problema en suelos blandos.



- Este sistema se limita a edificaciones pequeñas o medianas. Debido a que mientras más pisos tenga el edificio, mayor deberá ser la dimensión de columnas, encareciendo cualquier proyecto.
- Tiene limitación de construcción pisos de acuerdo en la zona que se encuentre: 20 pisos, para zonas de poca actividad sísmica y 10 pisos, para zonas de alto riesgo sísmico.

### **Mampostería**

(Pérez & Gardey, 2019) 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.

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.

### **Muros estructurales**

De acuerdo con (Bozzo & Barbat, 2013) ,las definen como "placas que trabajan como si fueran paredes de carga, que brindan rigidez y resistencia lateral, siempre y cuando la distribución de los muros sea en una sola dirección, caso contrario, una disposición no simétrica, puede producir un mal comportamiento de la estructura con posibilidad de colapso.

Ventajas:

- Sistema de alto rendimiento, constructivamente, raudo en su ejecución
- En comparación con un el sistema aporcado, los muros estructurales reducen los costos en un 25 a 30%. Además, el hecho de tener muros ya construidos reduce el costo de construcción de paredes divisorias.
- Sistema con baja probabilidad de colapso si se tiene una buena configuración, debido a su gran resistencia a fuerzas laterales.
- Debido a la rigidez de estos, se reducen los desplazamientos laterales, evitando que los elementos no estructurales sufran grandes daños.

- Hace a la estructura más liviana que un pórtico, y además por su rigidez, permiten construir edificaciones con más de 30 pisos.

#### Desventajas:

- Debido a su exposición de grandes esfuerzos laterales por parte del sismo, es necesario contar con un buen suelo que posea la suficiente capacidad portante.
- Estos sistemas poseen losas delgadas, por lo que dificulta la ubicación de los ramales de las instalaciones, así que es necesario aumentar los espesores de las losas para dar la pendiente necesaria para las instalaciones de las aguas servidas.
- La distribución interna de la edificación se complica. En planta baja se requieren mayor espacio libre, para estacionamiento o recepciones.
- Se encuentra muy vulnerables, si no hay resistencia en las 2 direcciones ortogonales. Así que es importante la comunicación entre el ingeniero y el arquitecto en la realización del proyecto. "

#### **Enchape**

(Fernández & Paredes, 2010) Procedimiento donde se combina una malla electrosoldada 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.

#### **Derivas**

Según la (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC), 2015) es el "desplazamiento lateral relativo de un piso – casi siempre debido a una fuerza horizontal - con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se obtiene restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso. "

#### **Patologías estructurales**

Las patologías (enfermedades o dolencias) en las estructuras evidencian la vulnerabilidad en estas. Pueden producir desde daños insignificantes hasta fallas importantes que pueden ser la causa del colapso total o parcial de una edificación. Existe un sin número de

patologías que se manifiestan en las estructuras; además de ser un tema muy complejo, difícilmente se logra determinar las causas o motivos de estas dolencias. Se puede clasificar a las patologías que se presentan en las edificaciones dividiéndolas según su causa de origen. De acuerdo con esto, las patologías aparecen por tres motivos: Defectos, Daños o Deterioro.

Las patologías estructurales que se pueden presentar en una edificación son innumerables, además de ser complejas de estudiar, sus causas pueden ser difíciles de determinar. Según (Alzate B. , 2017), una clasificación simple y didáctica puede ser:

*Patologías producidas por defectos:* Aquellas que surgen por errores cometidos en el diseño, una mala elección en la configuración estructural o materiales defectuosos usados en la edificación. Para evitar estas patologías es necesario contar con expertos en el tema en el diseño y contar con trabajadores especializados en construcción en sus distintas ramas.

*Patologías debido a daños:* Pueden aparecer cuando ocurre o acabe un evento destructor (sismo, inundación, etc.). Además, pueden aparecer si a la edificación se la somete a condiciones para la cual no fue diseñada.

*Patologías ocasionadas por deterioro:* Toda estructura es diseñada para un determinado periodo de tiempo, con el pasar del tiempo, la edificación presenta deterioros que conlleva a un mantenimiento para continuar con su correcto funcionamiento estructural.

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

**Tabla 1. Patologías en la construcción**

<b>COLUMNA CORTA</b>	<b>PISO BLANDO</b>	<b>EFECTO DOMINO</b>
Restricción parcial del desplazamiento lateral del fuste de una columna, que obliga a concentrar toda la demanda de deformaciones y tensiones en su porción libre.	Se denomina piso blando en aquellos edificios cuya planta baja está diseñada para parqueadero vehicular, restaurantes, etc. Lo que hace que la planta baja tenga menor rigidez que los pisos superiores, cuando lo sísmicamente correcto, es lo contrario, mayor rigidez en las plantas inferiores.	Producido por la presencia de muros de corte en una sola dirección de la edificación. Estas estructuras no pueden contrarrestar los efectos en la dirección de ausencia de muros, teniendo como resultado un colapso inminente.
<b>TORSIÓN EN PLANTA</b>	<b>INCOMPATIBILIDAD DE MATERIALES</b>	<b>EFECTO PANQUEQUE</b>
La irregularidad torsional en planta se puede producir por discontinuidades físicas considerables en la configuración de una estructura o en su sistema resistente a cargas laterales. Es así que se pueden producir asimetrías en la distribución de las rigideces, principalmente por una causa de la mampostería; se pueden generar torsiones indeseadas. Las configuraciones en planta que generan mayor torsión son aquellas a las que se les incluye entrantes excesivas en las esquinas, teniendo estructurales en U, T, L, H.	La mala combinación de materiales en una construcción puede producir efectos adversos en presencia de un sismo debido a la diferencia de rigidez entre ellos.	Efecto producido por estructuras vulnerables caracterizadas por tener dimensiones de columnas relativamente pequeñas comparadas a las dimensiones de las vigas y son conocidas como estructuras con “viga fuerte –columna débil” Usualmente el daño es muy extenso, aunque la falla completa del edificio no ocurra, haciendo que la reparación no sea viable. Estos edificios usualmente son demolidos después del sismo.
<b>MARTILLO DE EDIFICACIÓN</b>	<b>EDIFICIOS FLEXIBLES</b>	<b>PARED CORTA</b>
Cuando dos edificios se encuentran muy cerca uno del otro, pueden colisionar durante sacudidas fuertes; este efecto se conoce como martilleo. Este tipo de falla es más grave cuando las estructuras que se golpean no coinciden en la altura de sus entresijos ya que la losa de uno de los edificios puede golpear las partes intermedias de las columnas del otro.	Las grandes deformaciones afectan a elementos no estructurales (como muros divisorios, acabados, fachada, cristalería, etcétera). Cuando esto ocurre, se pierde 70% del valor del edificio. Hay que entender que el 30% de la inversión (estructuras) respalda a la de mayor porcentaje. De ahí la importancia de evitar estructuras flexibles.	Efecto producido por la pequeña diferencia de nivel entre 2 muros.
<b>SEPARACIÓN Y VOLCAMIENTO DE PAREDES</b>		<b>FLEXIÓN POR LUCES MUY GRANDES EN PAREDES</b>
Una vez separados los muros debido a la falla de sus uniones, estos se comportarán como sólidos rígidos independientes, los que serán sometido a grandes fuerzas sísmicas. Estas fuerzas generan momentos actuantes que serán contrarrestados por el peso de los muros. Si el momento actuante es mayor al resistente, el muro se desploma y colapsa el techo.		Una vez separados los muros debido a la falla de sus uniones, estos se comportarán como sólidos rígidos independientes, los que serán sometido a grandes fuerzas sísmicas. Estas fuerzas generan momentos actuantes que serán contrarrestados por el peso de los muros. Si el momento actuante es mayor al resistente, el muro se desploma y colapsa el techo.

**Elaborado por: Fernando Rumiguano**

## **2 METODOLOGÍA**

Este trabajo es de carácter comparativo, debido a que se analiza el comportamiento de una estructura escogida inicialmente y la misma estructura reforzada con el enchape con mallas en las paredes. Para analizar el comportamiento de estos dos estados de la estructura se hará mediante un modelamiento computacional con ayuda de un software especializado.

Para desarrollar el componente y cumplir con los objetivos planteados se desarrollaron las siguientes actividades:

- Selección de una vivienda de estudio
- Evaluación de elementos estructurales de la vivienda de estudio
- Modelación de vivienda de estudio
- Propuesta de reforzamiento en las paredes existentes del modelo inicial.
- Modelación de propuesta de reforzamiento
- Análisis y comparación de datos de ambos modelos

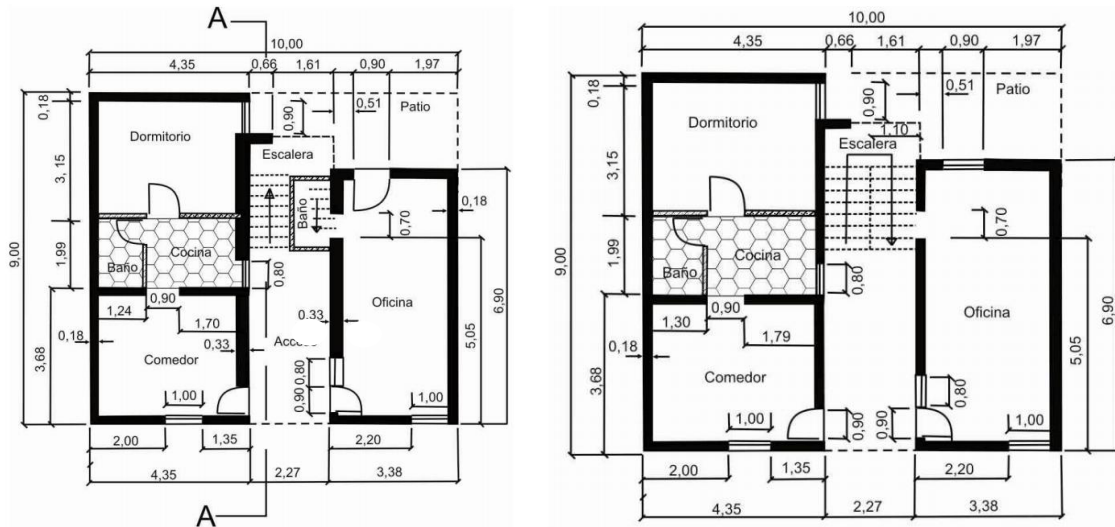
A continuación, se presentan las actividades desarrolladas a mayor detalle y clasificadas en 2 partes (Modelo 1: Inicial-Aporticado y Modelo 2: Reforzado-Muros portantes) para una mejor organización y entendimiento.

## 2.1 MODELO 1: Inicial-Aporticado

### DESCRIPCIÓN EDIFICACIÓN

La vivienda escogida muestra la siguiente configuración arquitectónica:

Figura 1. Plano arquitectónico Modelo 1(Aporticado)



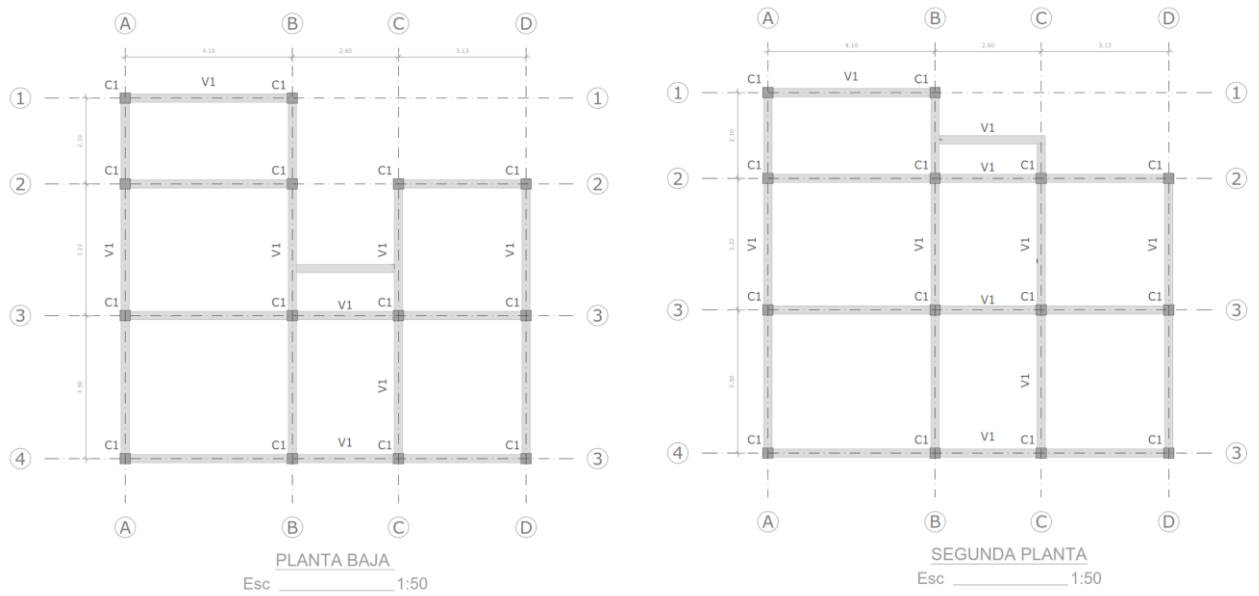
**Fuente:** Autocad

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Esta vivienda está situada en la urbe de Quito, es una edificación tipo pòrtico, construida con material de hormigón armado con mampostería ordinaria de bloques de cemento que solo separa los espacios interiores. Tiene aproximadamente 80 m<sup>2</sup> de área de construcción. Cuenta con dos plantas con una altura de entrepiso de 2.7 m. Además, tiene una terraza inaccesible.

En el siguiente plano se observa como están distribuidas las columnas y vigas en la vivienda:

**Figura 2.** Plano de Vigas y Columnas planta baja y segunda



**Fuente:** Autocad

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Tabla 2.** Características del modelo 1 (aporticado)

<b>Sistema estructural</b>	Aporticado	
<b>Material de construcción</b>	Hormigón armado	
<b>Área de Construcción</b>	80.18	[m <sup>2</sup> ]
<b>Número de Plantas</b>	2	[u]
<b>Altura de entrepiso</b>	2.7	[m]
<b>Tipo de mampostería</b>	Ordinaria de separación	

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

### **Descripción de elementos del modelo 1(aporticado)**

#### MUROS NO ESTRUCTURALES

Con lo que respecta a los muros construidos (mampostería ordinaria) tenemos la siguiente información:

**Tabla 3.** Longitud de paredes en ambas direcciones y su cuantía del modelo 1(aporticado)

LONGITUD DE PAREDES Y CUANTIA				
PLANTA BAJA Y SEGUNDA PLANTA			Cuantía	%
Lx	16.83	[m]	0.038	3.8
Ly	26.26	[m]	0.059	5.9
<b>TOTAL</b>	43.09	[m]		

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Observamos que hay mayor longitud de paredes en el “lado y”, pero a pesar de esto ambas direcciones cumplen o se acerca mucho con la mínima cuantía requerida por la norma (>4%). Este cuadro aplica para ambas plantas debido que guardan la misma distribución arquitectónico.

Además, el ancho de las paredes tiene un valor de 18cm y están conformadas por bloques de cemento. Dando un valor de 7.75 m<sup>2</sup> de área total de muros no estructurales por cada piso.

**Tabla 4.** Espesor de paredes y área total de paredes del Modelo 1(aporticado)

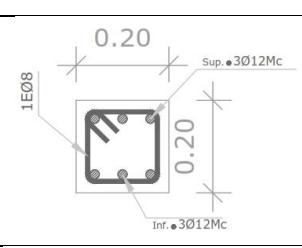
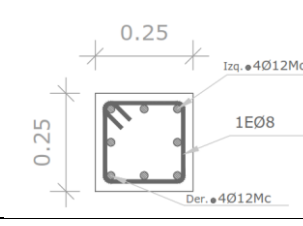
<i>espesor de paredes</i>	0.18	[m]
<b>AREA TOTAL DE PAREDES</b>	7.7562	[m <sup>2</sup> ]

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

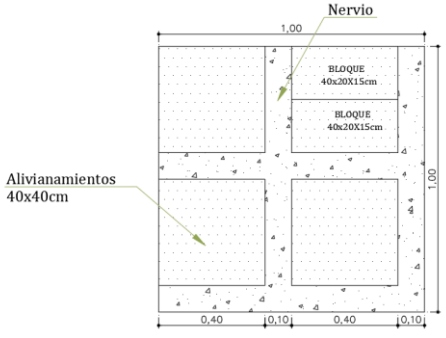
### ELEMENTOS ESTRUCTURALES (VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS)

Dentro de los elementos estructurales que constituyen el modelo 1(aporticado), se encuentran los siguientes:

**Tabla 5.** Secciones de elementos estructurales del modelo 1(aporticado)

ELEMENTO	DIMENSIÓN	
Viga Tipo	V20cmx20cm	
Columna Tipo	C25cmx25cm	



Losa	Alivianada H=20 cm	 <p>No se tiene información del armado de losa</p>
------	--------------------	--

Elaborado por: Fernando Rumiguano

Cabe recalcar que todos estos elementos son de hormigón armado.

### Modelamiento computacional del modelo 1(aporticado)

Para el modelamiento de la edificación, se necesita de las secciones que conforman a esta, las cuales ya están especificadas en la descripción de elementos del modelo. Además, se necesitan los valores de cargas que ejercen sobre la estructura (carga muerta, carga viva, carga de sismo) y las características de los materiales que se usaron para la construcción. Es por eso que, a continuación, se muestran todos los requisitos para el modelamiento de forma detallada.

Adicionalmente se usaron los valores de agrietamiento para los distintos elementos que proporciona la ACI-318-19.

**Tabla 6.** Momentos de inercia en análisis elástico

Miembro y condición		Momento de inercia	Área de la sección transversal para deformaciones axiales	Área de la sección transversal para deformaciones por cortante
Columnas		$0.70I_g$	$1.0A_g$	$b_w h$
Muros	No fisurados	$0.70I_g$		
	Fisurados	$0.35I_g$		
Vigas		$0.35I_g$		
Placas planas y losas planas		$0.25I_g$		

Fuente: ACI 318-19, sección 6.6.3.1.1

## CARGAS

### *Carga muerta*

El peso propio del elemento estructural (viga, columna, losa) es calculado directamente por el programa y solo se debe calcular el sobrepeso de elementos que no conforman el sistema estructural.

En el siguiente cuadro se presentan los pesos específicos de los materiales que conforman el sobrepeso:

**Tabla 7.** Pesos específicos de materiales

<b>Peso Especifico</b>	
Enlucido	2.1 ton/m <sup>3</sup>
Masillado	2.1 ton/m <sup>3</sup>
Piso (Baldosa cerámica)	2.0 ton/m <sup>3</sup>
Mortero	2.0 ton/m <sup>3</sup>

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Sobrepeso en losa (enlucido, masillado, baldosa)

**Tabla 8.** Pesos que conforman el sobrepeso en losa

<b>SOBREPESO EN LOSA</b>						
<b>ELEMENTO</b>	<b>Peso especifico</b>	<b>L[m]</b>	<b>B[m]</b>	<b>e[m]</b>	<b>Peso[T]</b>	
<i>Enlucido</i>	2.1	1	1	0.015	0.0315	
<i>Masillado</i>	2.1	1	1	0.015	0.0315	
<i>Baldosa-Cerámica</i>	2	1	1	0.02	0.04	
				<b>TOTAL</b>	0.103	[T/m <sup>2</sup> ]

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Sobrepeso en losa (Mampostería)

**Tabla 9.** Sobrepeso de morteros de pared

<b>Elemento</b>	<b>Peso Esp. [T/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso [T]</b>
<i>Mortero de Juntas</i>	2.1	0.0012
<i>Mortero de Enlucido</i>	2.1	0.0025
<b>CARGA</b>		0.0037 [T/m <sup>2</sup> ]

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Tabla 10.** Características de mampostería

<i>Peso específico bloque</i>	1.22	[T/m3]
<i>Altura pared</i>	2.7	[m]
<i>Área total de paredes</i>	7.76	[m2]
<i>Peso total de paredes</i>	25.55	[T]
<i>Carga de paredes</i>	0.31	[T/m2]

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Tabla 11.** Sobre peso de mampostería del modelo 1 (aporticado)

Sobre peso total por parte de la mampostería	0.31	[T/m2]
--	------	--------

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Sobre peso total en losa

**Tabla 12.** Sobre peso total en losa del modelo 1 (aporticado)

Sobre peso total en losa	0.41	[T/m2]
--------------------------	------	--------

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

*Carga viva*

**Tabla 13.** Cargas vivas en el modelo 1 (aporticado)

CARGAS VIVAS		
Losa tipo	0.2	[T/m2]
Losa cubierta inaccesible	0.07	[T/m2]

**Fuente:** NEC, Cargas no sísmicas

*Carga sísmica*

En este caso, se optó por el método estático de la NEC-15. Por lo cual es necesario obtener la relación V/W ("C" en el programa) por medio de la fórmula del cortante basal y el valor K, para que sea ingresado al programa y simule el sismo.

A continuación, se presenta la fórmula del cortante basal de la NEC-15:

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi_p * \phi_E} * W$$

V= Cortante Basal

I= factor de Importancia

Sa= Espectro de respuesta del periodo de vibración de edificio

R= factor de ductilidad

$\phi_P$ = Factor de regularidad en planta

$\phi_E$ = Factor de elevación

W= carga sísmica reactiva

Todos estos coeficientes son obtenidos por medio de las tablas de la norma. En el Anexo 1 se presenta como se los escogieron a mayor detalle.

**Tabla 14.** Coeficientes para sismo NEC

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Sección (NEC)</b>
Tipo de Suelo	-	C	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	$\alpha$	0.9	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Altura máxima de la edificación	hn [m]	6	NEC 15-Sección 6.3.3. Determinación de T
Factor de reducción de resistencia sísmica	R	5	NEC 15-Sección 6.3.4. Ductilidad y Factor de Resistencia Sísmica
Factor de Regularidad en planta	$\phi_p$	0.9	NEC 15-Sección 5.2. Regularidad/Configuración Estructural
Factor de Regularidad en elevación	$\phi_e$	1	NEC 15-Sección 5.2. Regularidad/Configuración Estructural
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (Calculado)	Sa	1.19	NEC 15-Sección 3.3. 2 espectro de diseño en aceleración
Periodo de vibración (Calculado)	Ta	0.28	NEC 15-Sección 6.3. 3 determinación del periodo de vibración

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Con todos estos valores procedemos a obtener la relación V/W

$$V/W = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi p * \phi E}$$

$$V/W = \frac{1 * (1.19)}{5 * 0.9 * 1}$$

$$\frac{V}{W} = 0.26 = C$$

Para determinar el valor de K, se tiene en cuenta el siguiente cuadro:

**Tabla 15.** Valor 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, peligro sísmico

Como el valor de T está bajo 0.5, entonces el valor de K es 1.

#### *Combinaciones de carga*

La NEC establece una lista de combinaciones de carga, los cuales permite obtener una envolvente que da una situación crítica a la cual la estructura estará expuesta.

**Tabla 16.** Combinaciones de Carga NEC

<b>COMBINACIONES DE CARGA</b>		
Combinación 1	$U = 1.4D$	<i>D: Carga muerta L: Carga Viva E: Sismo</i>
Combinación 2	$U = 1.2D + 1.6L$	
Combinación 3	$U = 1.2D + L + E$	
Combinación 4	$U = 1.2D + L - E$	
Combinación 5	$U = 0.9D + E$	
Combinación 6	$U = 0.9D - E$	

**Fuente:** NEC, Cargas no sísmicas

## MATERIALES

Para los materiales debemos considerar que es una estructura informal. Por lo que para el valor de  $f'c$  se usó el dato de una tesis experimental sobre viviendas informales.

En cambio, para el valor de módulo de elasticidad se usó la fórmula que la ACI ofrece:

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

**Tabla 17.** Características del Hormigón en modelo 1 (aporticado)

HORMIGÓN	
Esfuerzo a la compresión ( $f'c$ )	100 kg/cm <sup>2</sup> (Fernandez & Orlando, 2019)
Módulo de elasticidad (E)	151000 kg/cm <sup>2</sup>

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Los valores para el acero de refuerzo son los siguientes:

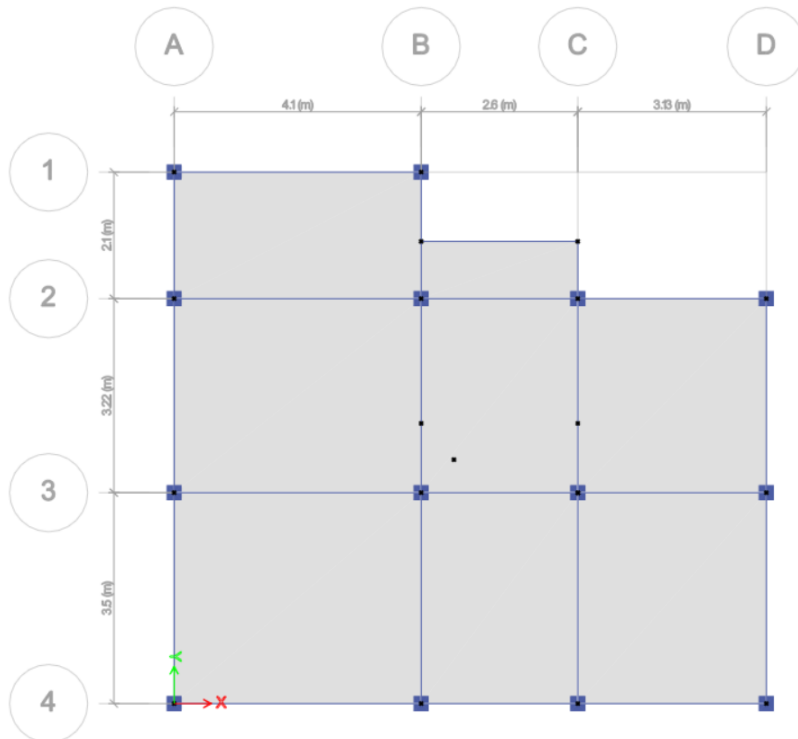
**Tabla 18.** Característica del acero de refuerzo del modelo 1 (aporticado)

ACERO DE REFUERZO	
Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200 kg/cm <sup>2</sup>

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Una vez reunido todos los datos necesarios, procedemos a la modelación

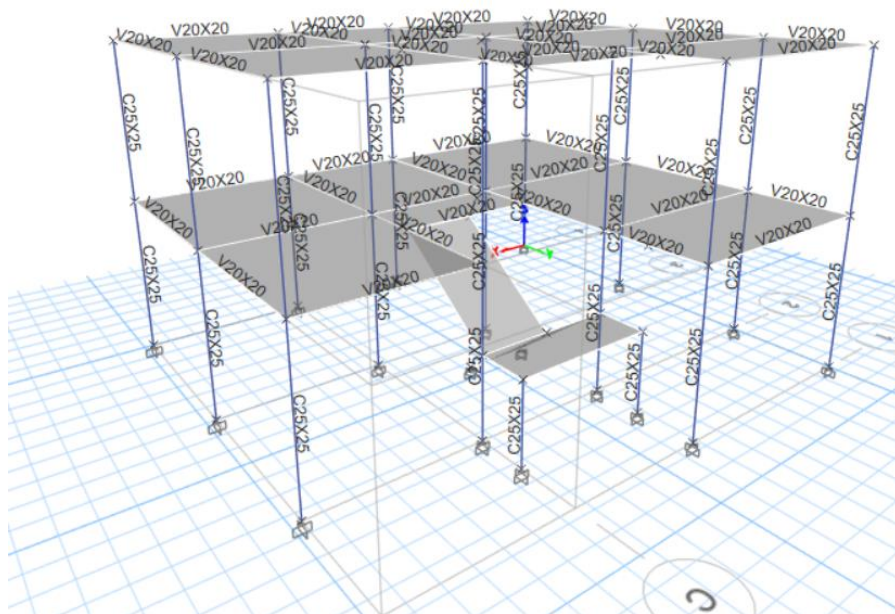
**Figura 3.** Planta segunda del modelo 1(aporticado) en software



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

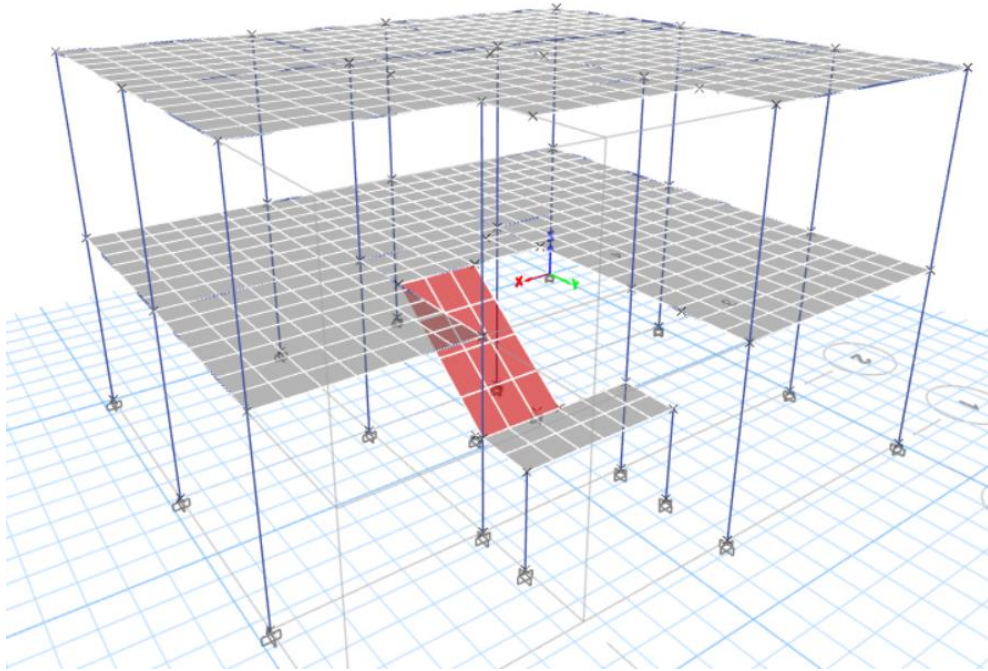
**Figura 4.** Moledo 1(aporticado) en vista 3D, secciones constitutivas



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

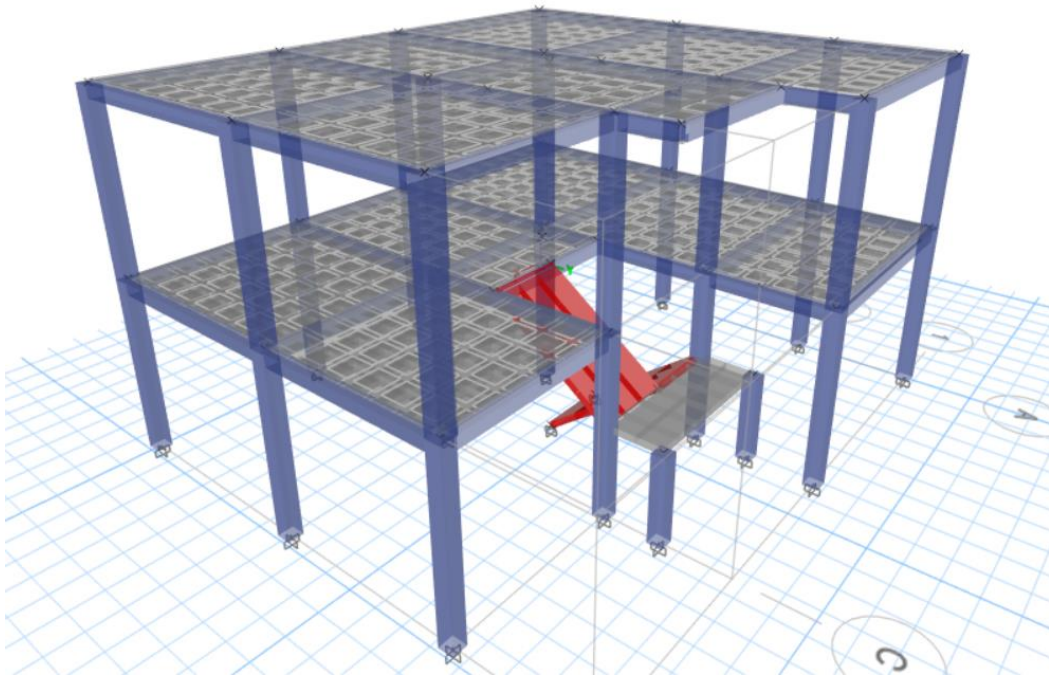
**Figura 5.** Modelo 1(aporticado) en vista 3D, mesh en losas



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Figura 6.** Modelo 1(aporticado) en vista 3D, Elementos extruidos



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

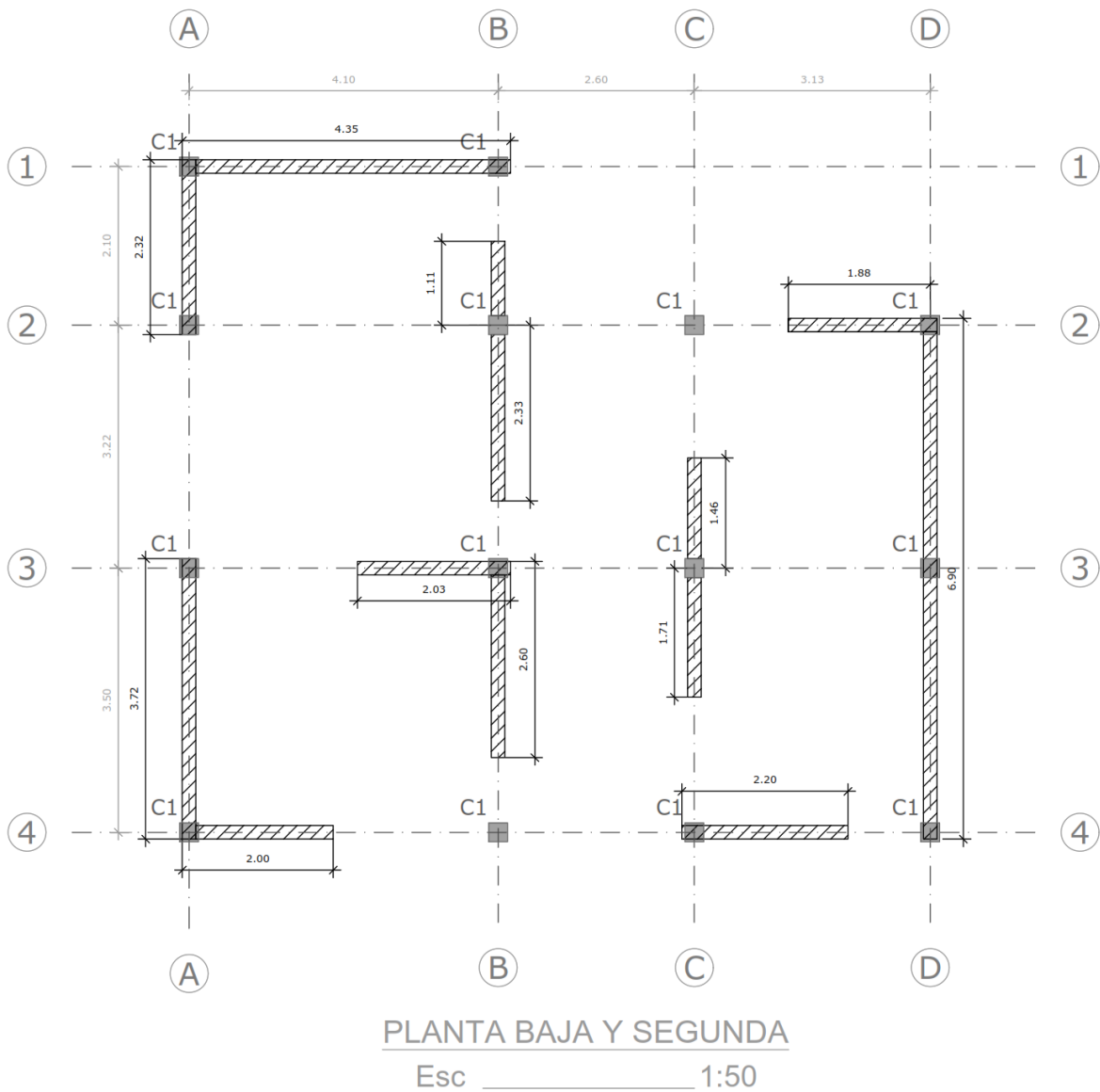


## 2.2 MODELO 2: Reforzado-Muros Portantes

### DESCRIPCIÓN PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

Se escogieron a criterio del desarrollador las paredes a ser reforzadas por el método del enchapamiento (Los detalles de enchapamiento se presenta en el ANEXO III). A continuación, se presentan las paredes escogidas:

Figura 7. Paredes reforzadas de planta baja y segunda



Fuente: Autocad

Elaborado por: Fernando Rumiguano

Se aclara que estas paredes escogidas guardan continuidad en ambas plantas, ósea hay paredes construidas en la misma ubicación de ambas plantas.

**Tabla 19.** Longitud de paredes enchapadas en cada dirección y su cuantía

LONGITUD DE PAREDES Y CUANTIA ENCHAPADAS				
PLANTA BAJA Y SEGUNDA PLANTA			Cuantía	%
Lx	14.46	[m]	0.032	3.2
Ly	22.15	[m]	0.050	5.0
<b>TOTAL</b>	<b>36.61</b>	<b>[m]</b>		

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Del total de 43.09 m de longitud de paredes construidas, se enchapa 36.61m. Ósea un 85% de paredes se refuerzan.

**Tabla 20.** Área total de paredes enchapadas

<b>AREA TOTAL DE PAREDES ENCHAPADAS</b>	6.59	[m2]
---	------	------

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

### **Modelamiento computacional del modelo 2(enchapado)**

Al igual que el modelamiento 1, se necesita de las secciones que se ingresan al programa. Las secciones de vigas, columnas y losas se conservan del anterior modelo, pero esta vez se añade una nueva: muros.

Para modelar el muro en el software se lo ingresa como elemento macizo de mortero que toma en cuenta el aporte de la mampostería de hormigón ya construida.

Para saber cuál es el aporte de la mampostería, se hizo una equivalencia entre los módulos de elasticidad de bloque de hormigón y mortero de la siguiente manera:

Se escogió un mortero de  $f'_{cr}$  de 10 MPa para el enchapamiento

(NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC), 2015)

$$E_{mortero} = 2500 * \sqrt{f'_{cr}}$$

$$f'_{cr} = 10 \text{ MPa}$$

$$E_{mortero} = 2500 * \sqrt{10 \text{ MPa}} = 7905.69 [ \text{MPa} ]$$

$$E_{mortero} = 7905.69 [ \text{MPa} ] = 80615.60 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

El módulo de la mampostería (E mampostería) fue obtenido de una tesis experimental: (Klever & Ushiña, 2017)

$$E_{mamposteria} = 3959 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\frac{E_{mamposteria}}{E_{mortero}} = \frac{3959 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{80615.60 \left[ \frac{Kg}{cm^2} \right]} = 0.049$$

$$18 \text{ cm pared de bloque} * 0.049 = 0.88 \text{ cm ne equivalencia de mortero}$$

Una vez obtenido la equivalencia de bloque en mortero, se calcula el ancho final de pared que se usará en el programa. Cabe recalcar que la NEC-15 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC), 2015), establece mínimo 3 cm a cada lado de la pared para el proceso de enchape. Teniendo todo esto en cuenta:

$$\text{Ancho total de pared de mortero} = 3\text{cm} + 3\text{cm} + 0.88\text{cm} = 6.88 \text{ cm} \approx 7\text{cm}$$

### Cargas

Para los valores de cargas (muerta, viva y sismo), se conservan del anterior modelo debido a que simplemente se agrega un elemento más que son los muros.

### Materiales

Se conservan los valores del modelo 1 (aporticado), pero se agregan valores de Mortero y acero de la malla usarse.

**Tabla 21.** Características de mortero para enchape

MORTERO	
Esfuerzo a la compresión (f'c)	100 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad (E)	80615.60 kg/cm <sup>2</sup>

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Se escogió una malla electrosoldada de diámetro 6mm@10 cm en cada dirección. Las especificaciones de la malla se encuentran en el Anexo 2.

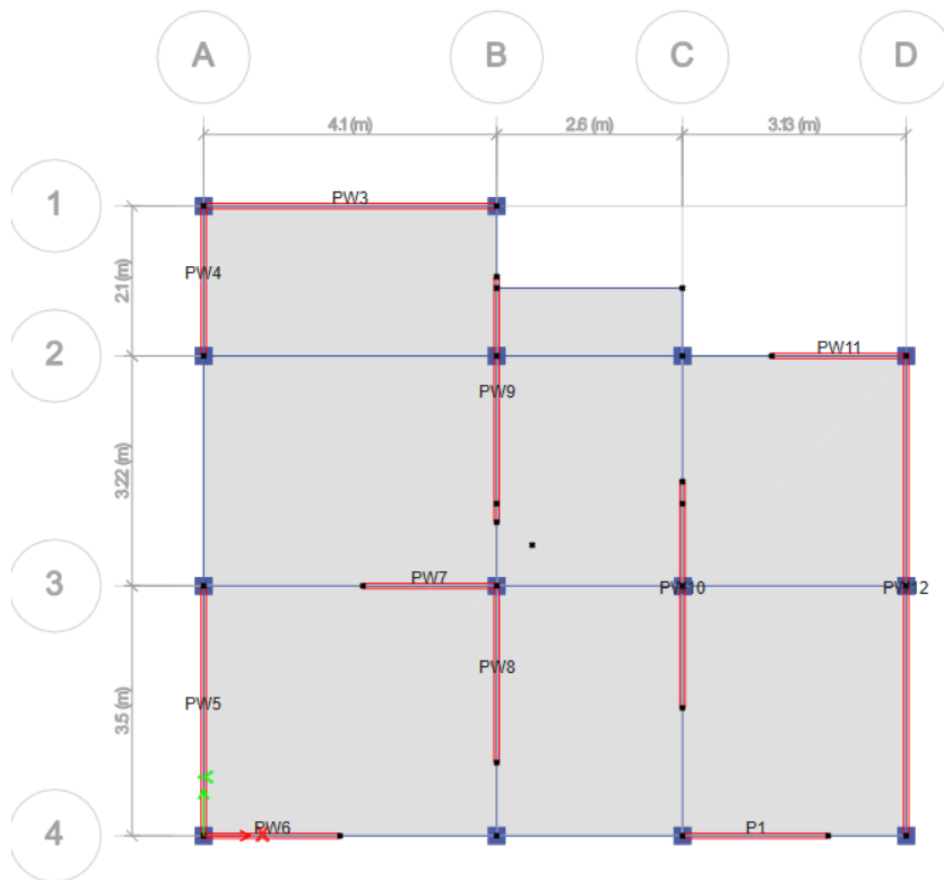
**Tabla 22.** Característica de malla para enchape

ACERO DE MALLA	
Fluencia del Acero ( $f_y$ )	5000 kg/cm <sup>2</sup>

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Una vez reunido todos los datos necesarios, procedemos a la modelación

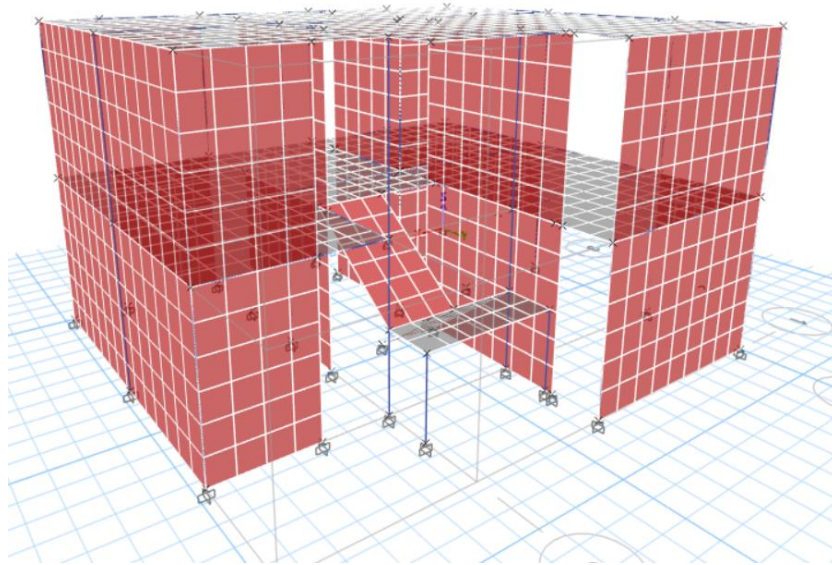
**Figura 8.** Planta segunda con paredes enchapadas en software



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

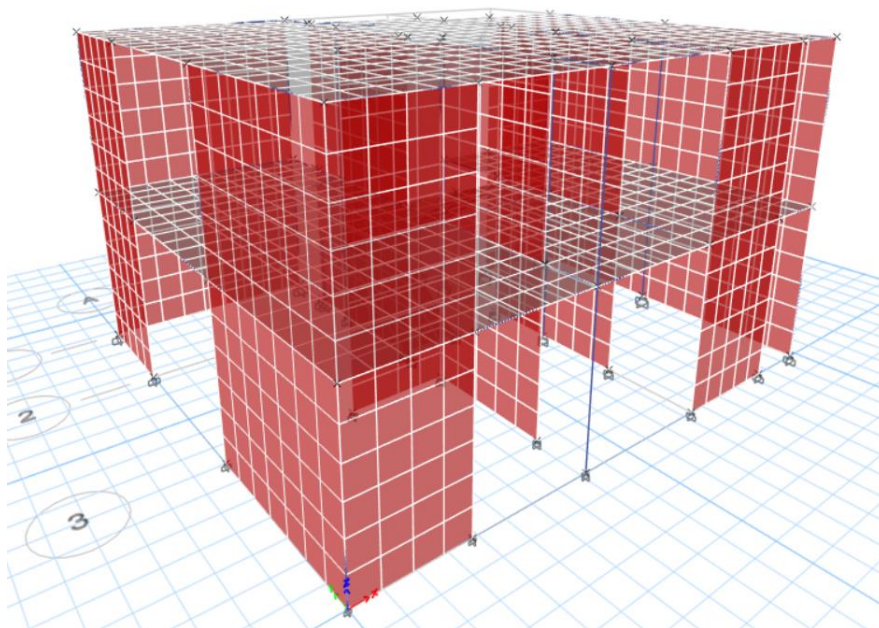
**Figura 9.** Modelo 2(enchapado) en vista 3D, vista trasera, mesh en losas y paredes



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

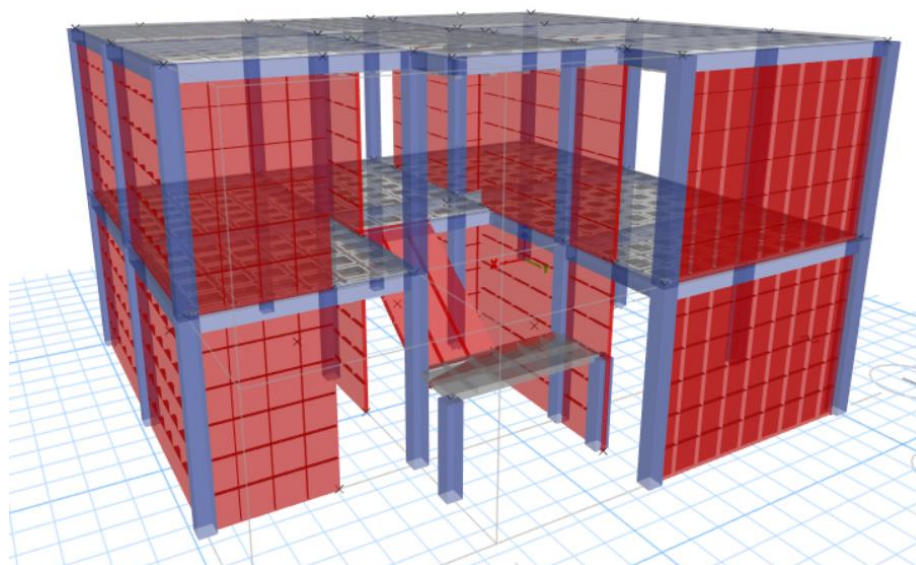
**Figura 10.** Modelo 2(enchapado) vista en 3D, vista delantera, mesh en losas y paredes



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

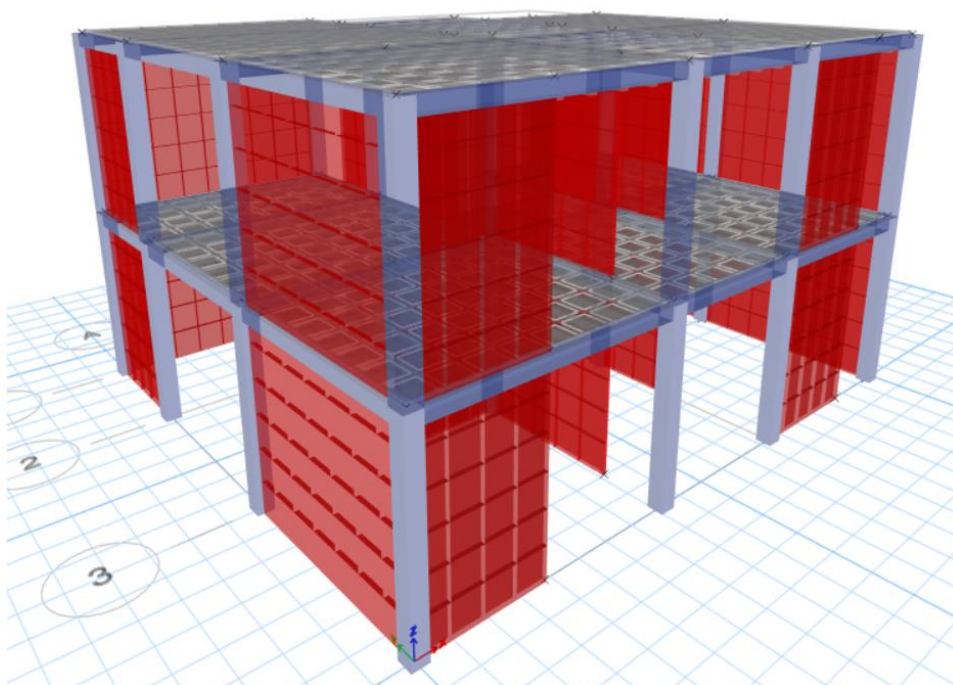
Figura 11. Modelo 2(enchapado) en vista 3D, vista trasera, elementos extruidos



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Figura 12. Modelo 2(enchapado) en vista 3D, vista delantera, elementos extruidos



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

### 3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Resultados

##### Modelo 1: Inicial-Aporticado

##### MODOS DE VIBRACIÓN

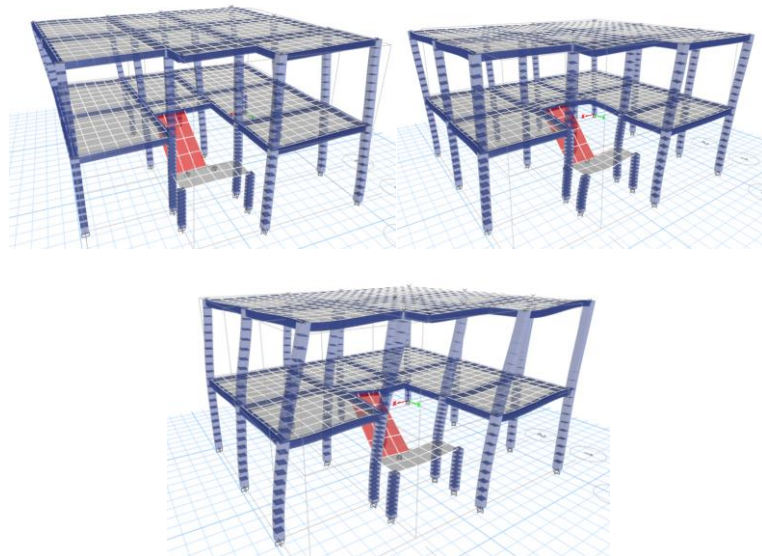
**Tabla 23.** Modos de vibración del Modelo 1 (aporticado)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	sec												
1	0.531	0.196	0.176	0.000	0.196	0.176	0.000	0.052	0.054	0.510	0.052	0.054	0.510
2	0.477	0.151	0.585	0.000	0.347	0.760	0.000	0.228	0.062	0.054	0.280	0.116	0.564
3	0.425	0.374	0.032	0.000	0.721	0.793	0.000	0.018	0.266	0.289	0.298	0.382	0.852
4	0.202	0.010	0.157	0.000	0.730	0.949	0.000	0.530	0.026	0.003	0.828	0.409	0.855
5	0.196	0.1363	0.0238	0	0.8666	0.9729	0	0.0687	0.3369	0.0182	0.8965	0.7456	0.8734
6	0.164	0.106	0.0045	0	0.9726	0.9774	0	0.0067	0.1548	0.1165	0.9032	0.9004	0.9899
7	0.043	0.0003	0.0004	0	0.9728	0.9778	0	0.0003	0.0007	0.0003	0.9035	0.9012	0.9901
8	0.041	0.0001	0.0143	0	0.9729	0.9921	0	0.0683	0.0001	9.58E-07	0.9718	0.9012	0.9901
9	0.032	0.0176	4.65E-06	0	0.9905	0.9921	0	0.0001	0.0549	0.0091	0.9719	0.9561	0.9992
10	0.027	0.0014	3.78E-05	0	0.9919	0.9921	0	0.0005	0.0045	0.0002	0.9725	0.9606	0.9994
11	0.025	0.001	0.0001	0	0.9929	0.9922	0	0.0003	0.0021	0.0001	0.9728	0.9627	0.9995
12	0.023	0.0003	0.0028	0	0.9932	0.995	0	0.0103	0.0008	3.39E-06	0.983	0.9635	0.9995

Fuente: Etabs

Elaborado por: Fernando Rumiguano

Figura 13. Modelo 1(aporticado) en vista 3D, 3 primeros modos de vibración



Fuente: Etabs

Se observa que la estructura mantiene un comportamiento torsional en los 3 primeros modos de vibración.

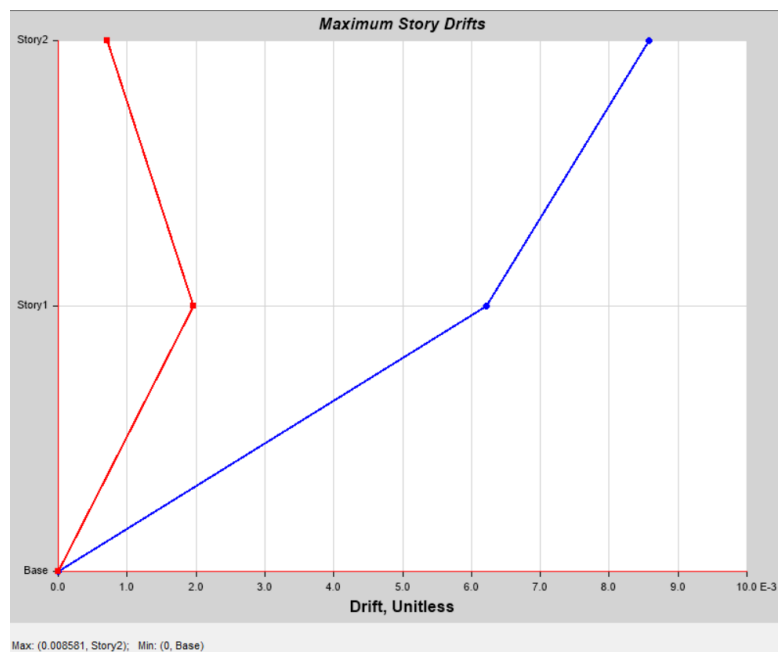
### DERIVAS

Para el cálculo de la deriva inelástica se usa la formula dada por la NEC-15 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC), 2015)

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

*Sismo X*

**Figura 14.** Derivas elásticas del Modelo 1(aporticado) por sismo X



**Fuente:** Etabs

Este diagrama dado por el software se traduce en la siguiente tabla:

**Tabla 24.** Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo X modelo 1(aporticado)

DERIVAS ELASTICAS E INELASTICAS RESPECTO A SISMO X MODELO 1				
PISO	DERIVAS ELASTICAS		DERIVAS INELASTICAS	
	<i>Deriva elástica X</i>	<i>Deriva elástica Y</i>	<i>Deriva inelástica X</i>	<i>Deriva inelástica Y</i>
Piso 2	0.009	0.001	0.0193	0.0016
Piso 1	0.006	0.002	0.0140	0.0044

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano



De la anterior tabla, podemos observar que la deriva inelástica en dirección X es la más crítica:

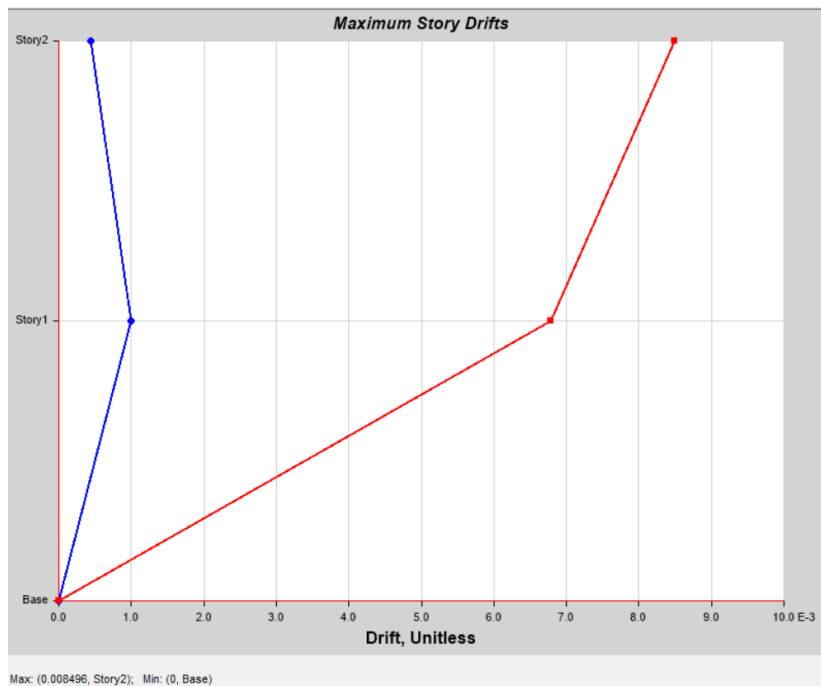
**Tabla 25.** Deriva inelástica crítica del Modelo 1 (aporticado) por sismo X

Derivas inelásticas críticas MODELO 1		
SISMOX-DIRECCION X		
PISO	Deriva inelástica X	%
Piso 2	0.0193	1.93
Piso 1	0.0140	1.40

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

*Sismo Y*

**Figura 15.** Derivas elásticas del Modelo 1 (aporticado) por sismo Y



**Fuente:** Etabs

**Tabla 26.** Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo Y modelo 1 (aporticado)

DERIVAS ELASTICAS E INELASTICAS RESPECTO A SISMO Y MODELO 1				
PISO	DERIVAS ELASTICAS		DERIVAS INELASTICAS	
	Deriva elástica X	Deriva elástica Y	Deriva inelástica X	Deriva inelástica Y
Piso 2	0.0004	0.0085	0.0010	0.0191
Piso 1	0.0010	0.0068	0.0023	0.0153

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

De la anterior tabla, podemos observar que la deriva inelástica en dirección Y es la más crítica:

**Tabla 27.** Deriva inelástica crítica del Modelo 1(aporticado) por sismo Y

<b>Derivas inelásticas críticas MODELO 1</b>		
<b>SISMO Y-DIRECCION Y</b>		
<b>PISO</b>	<b>Deriva inelástica Y</b>	<b>%</b>
Piso 2	0.0191	1.91
Piso 1	0.0153	1.53

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

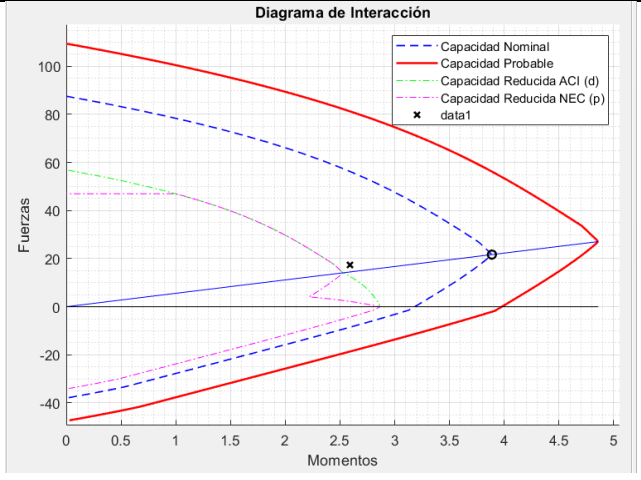
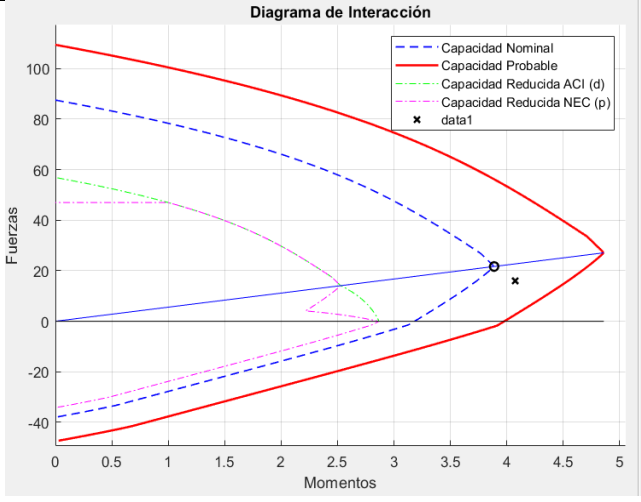
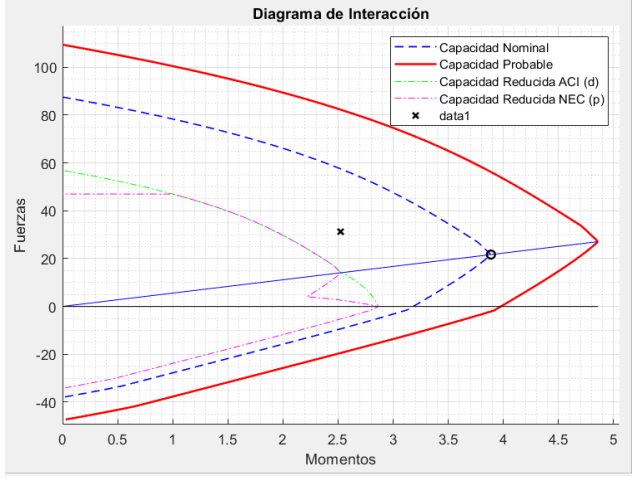
Se puede observar que, para ambos sismos, la deriva inelástica está rozando el 2% de límite que esta puede llegar a tener. Si se sabe que el 2% ya significa que la estructura sufrirá grandes daños en elementos no estructurales tales como tuberías, ventanas, pisos, etc.

## COLUMNAS

### *CAPACIDAD*

A continuación, se muestra la gráfica de capacidad de 3 columnas que tienen las sollicitaciones más grandes, estas graficas fueron obtenidas por medio un algoritmo desarrollado en Matlab:

**Tabla 28.** Columnas con su respectiva sollicitación y diagrama de interacción

Columna	Solicitación		Diagrama
3C	Pu=17.54 [T]	Mu=2.59 [T*m]	 <p>Diagrama de Interacción</p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad Nominal (Blue dashed line)</li> <li>Capacidad Probable (Red solid line)</li> <li>Capacidad Reducida ACI (d) (Green dashed line)</li> <li>Capacidad Reducida NEC (p) (Magenta dashed line)</li> <li>data1 (Black 'x')</li> </ul>
3B	Pu=15.97 [T]	Mu=4.07 [T*m]	 <p>Diagrama de Interacción</p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad Nominal (Blue dashed line)</li> <li>Capacidad Probable (Red solid line)</li> <li>Capacidad Reducida ACI (d) (Green dashed line)</li> <li>Capacidad Reducida NEC (p) (Magenta dashed line)</li> <li>data1 (Black 'x')</li> </ul>
2C	Pu=31.32 [T]	Mu=2.52 [T*m]	 <p>Diagrama de Interacción</p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad Nominal (Blue dashed line)</li> <li>Capacidad Probable (Red solid line)</li> <li>Capacidad Reducida ACI (d) (Green dashed line)</li> <li>Capacidad Reducida NEC (p) (Magenta dashed line)</li> <li>data1 (Black 'x')</li> </ul>

Fuente: Matlab

Elaborado por: Fernando Rumiguano

Se puede observar que en los 3 casos la sollicitación se encuentra fuera de la capacidad Reducida de la columna. Dando como resultado unas columnas insuficientes para las sollicitaciones que se presentan.

### CONFINAMIENTO

Para el confinamiento, se toma en cuenta que hay 2 ramales de estribo de 8 en ambas direcciones, dando 1.01 cm<sup>2</sup> de acero disponible en cada dirección. A continuación, se muestra lo requerido para la sección disponible.

El acero (A<sub>sh</sub>) de confinamiento requerido se calculó con las fórmulas dadas por el ACI (sección 21.4.4):

**Tabla 29.** Fórmulas para cálculo de acero de confinamiento

<b>Acero de confinamiento (A<sub>sh</sub>)</b>	
$A_{sh} = \max(A_{sh1}, A_{sh2})$ $A_{sh1} = 0.3 * \frac{s * h_c * f'_c}{f_y} * (\frac{A_g}{A_c} - 1)$ $A_{sh1} = 0.9 * \frac{s * h_c * f'_c}{f_y}$ $s = \min(\frac{b}{4}, \frac{h}{4}, 6\phi_c, 15cm)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A<sub>g</sub></i>: área total de la sección de columna</li> <li>• <i>A<sub>sh</sub></i>: área transversal de columna, medida de extremo a extremo del acero de refuerzo transversal</li> <li>• <i>h<sub>c</sub></i>: Dimensión transversal del núcleo de la columna medida de centro a centro del refuerzo confinante</li> <li>• <i>s</i>: Espaciamiento de refuerzo transversal medido a lo largo del eje longitudinal</li> <li>• <i>∅<sub>c</sub></i>: diámetro refuerzo longitudinal de columna</li> </ul>

Con las fórmulas anteriores evaluamos la condición del acero de confinamiento de las columnas del modelo(aporticado) y obtenemos el siguiente cuadro:

**Tabla 30.** Acero de confinamiento disponible y requerido de columna tipo

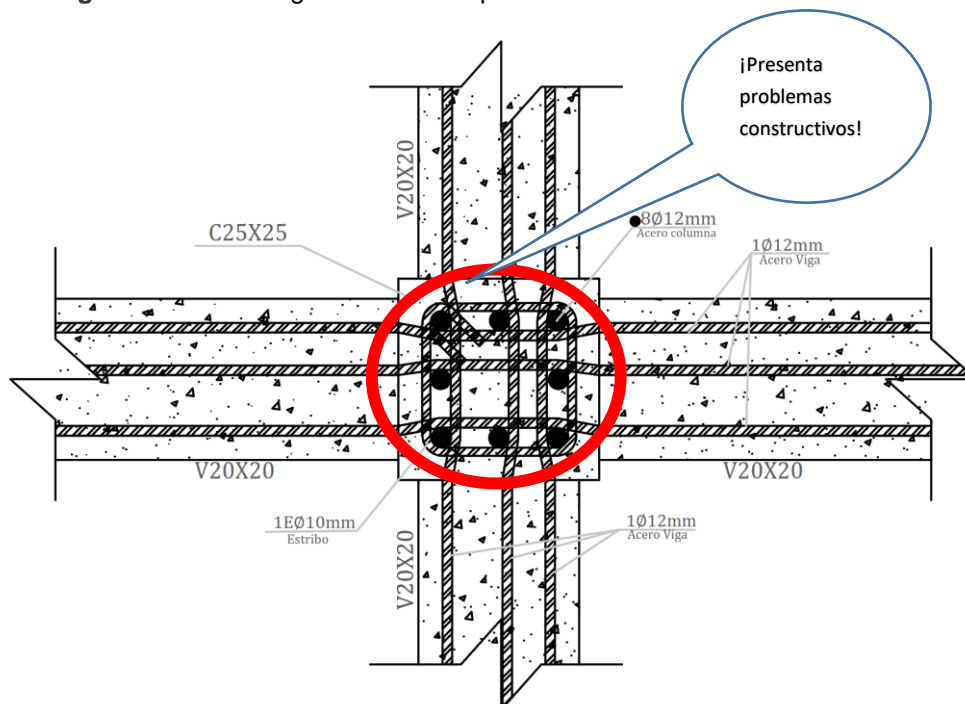
Ash disponible@ 15cm			
dirección X	Ash	1.01	cm <sup>2</sup> @15cm
dirección Y	Ash	1.01	cm <sup>2</sup> @15cm
Ash Requerido@ 6cm (Ideal)			
dirección X	Ash	0.6	cm <sup>2</sup> @6cm
dirección Y	Ash	0.6	cm <sup>2</sup> @6cm
Ash requerido @15cm			
dirección X	Ash	1.50	cm <sup>2</sup> @15cm
dirección Y	Ash	1.50	cm <sup>2</sup> @15cm

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Se observa que el acero disponible no es suficiente para cumplir con el requerido. Además, que la separación entre estribos no cumple con la norma establecida.

Con este parámetro se puede mostrar que la condición viga-columna es crítica ya que no se cumple con el acero requerido para confinamiento en la columna.

**Figura 16.** Nudo Viga-Columna en planta



**Fuente:** Autocad

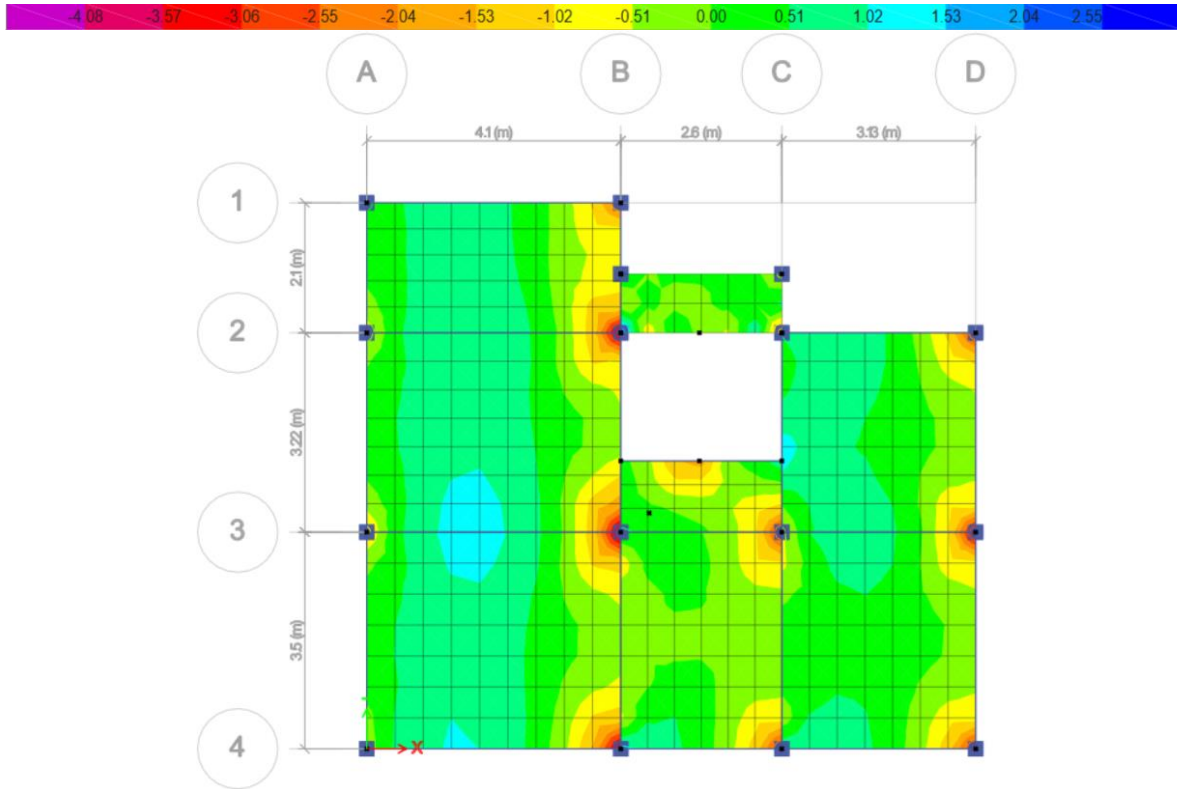
**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

En la anterior imagen se muestra la congestión de aceros que existe en un nudo de centro. Se ve que los aceros de las vigas deben doblarse para que no choquen con los aceros de la columna dando así un problema constructivo que afecta al comportamiento del nudo.

## ESFUERZOS EN LOSA SEGUNDA PLANTA

Se escoge esta losa debido a que es la de entrepiso y estará en una situación más crítica

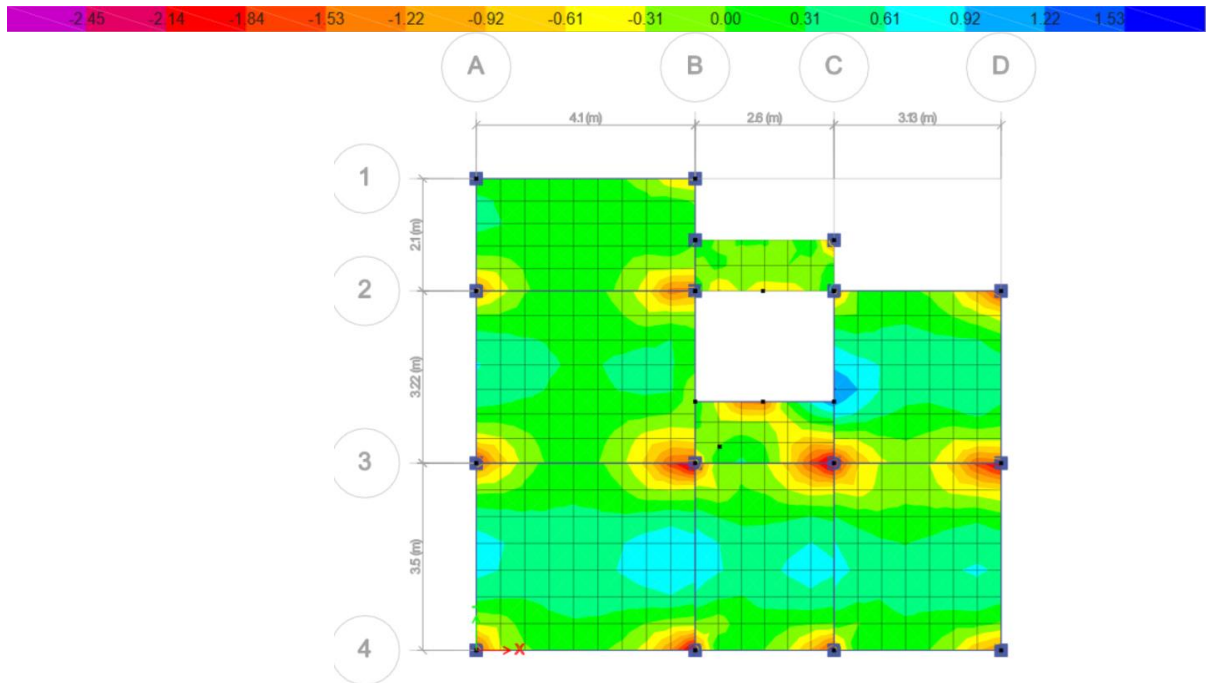
**Figura 17.** Momentos 11 en losa del Modelo 1(aporticado)



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

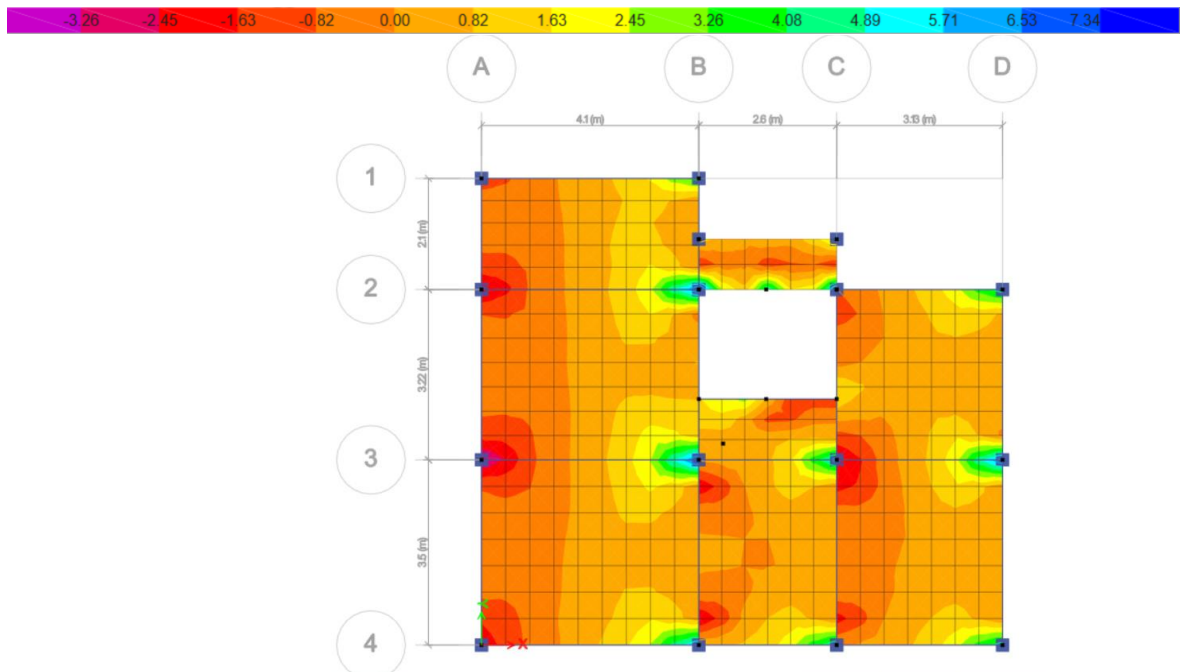
Figura 18. Momentos 22 en losa del Modelo 1 (aporticado)



Fuente: Etabs

Elaborado por: Fernando Rumiguano

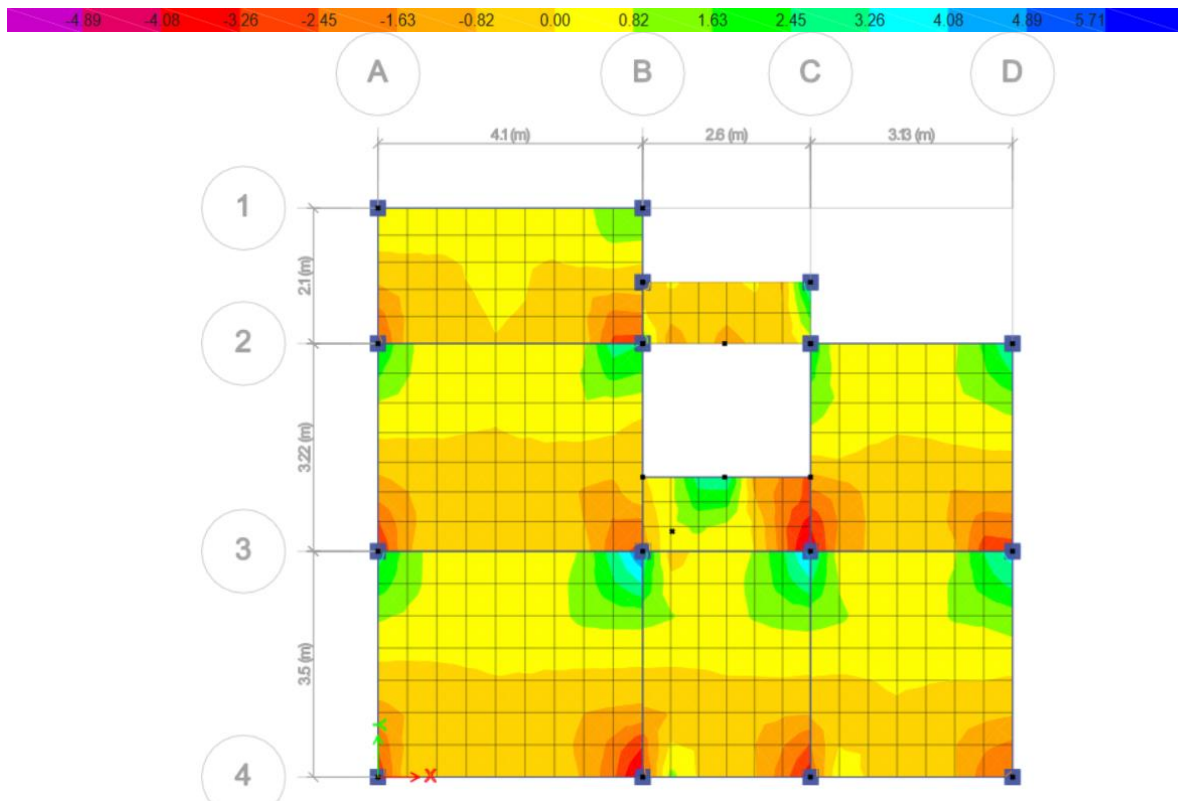
Figura 19. Cortante 13 en losa del Modelo 1 (aporticado)



Fuente: Etabs

Elaborado por: Fernando Rumiguano

Figura 20. Cortante 23 en losa del Modelo 1(aporticado)



Fuente: Etabs

Elaborado por: Fernando Rumiguano



## Modelo 2: Reforzado-Muros Portantes

### MODOS DE VIBRACIÓN

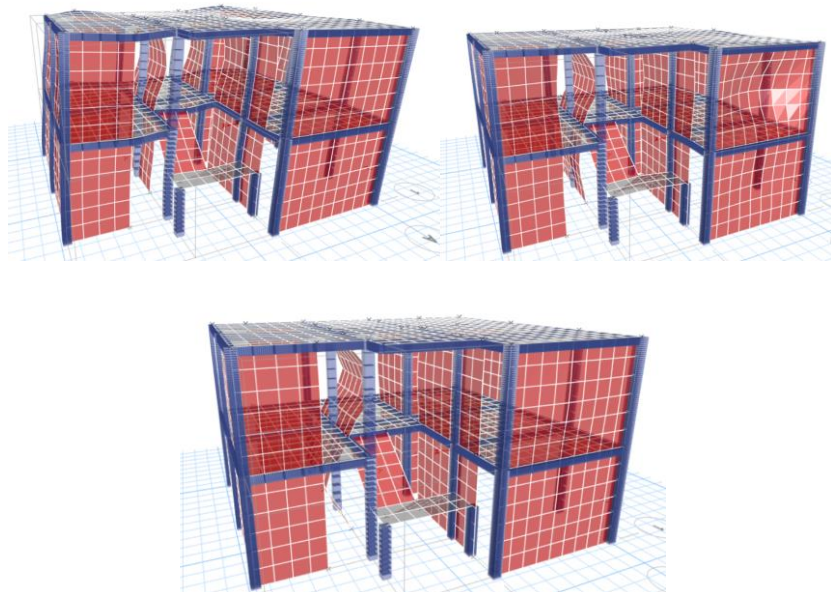
**Tabla 31.** Modos de vibración del Modelo 2(enchapado)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	sec												
1	0.176	0.7888	0.0025	0	0.7888	0.0025	0	0.0008	0.2224	0.0426	0.0008	0.2224	0.0426
2	0.114	0.0113	0.7664	0	0.8001	0.7689	0	0.1567	0.0013	0.0636	0.1574	0.2237	0.1061
3	0.108	0.0058	0.0012	0	0.8059	0.7701	0	0.0002	0.0076	0.0003	0.1577	0.2313	0.1064
4	0.106	6.39E-06	0.0012	0	0.8059	0.7713	0	0.0002	0.0152	3.64E-05	0.1579	0.2466	0.1064
5	0.095	0.0046	0.002	0	0.8105	0.7734	0	0.0002	0.0026	0.0084	0.1581	0.2491	0.1148
6	0.094	0.0001	0.0072	0	0.8107	0.7806	0	0.0013	0.013	0.071	0.1594	0.2621	0.1858
7	0.093	0.0001	0.0028	0	0.8108	0.7834	0	0.0003	0.0016	0.0179	0.1597	0.2637	0.2037
8	0.091	0.009	0.0079	0	0.8198	0.7913	0	0.0024	0.0012	0.1625	0.1621	0.2649	0.3662
9	0.089	0.0022	0.0122	0	0.822	0.8035	0	0.0024	0.0003	0.0536	0.1645	0.2652	0.4198
10	0.089	0.0004	0.0009	0	0.8224	0.8043	0	0.0004	0.0001	0.0089	0.1649	0.2653	0.4287
11	0.088	3.35E-05	0.0001	0	0.8225	0.8044	0	0.0006	0	0.0002	0.1655	0.2653	0.4289
12	0.087	0.0001	0.0015	0	0.8226	0.8059	0	0.0003	0.0001	0.0022	0.1658	0.2654	0.431

**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Figura 21.** Modelo 2(enchapado) en vista 3D, 3 primeros modos de vibración



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

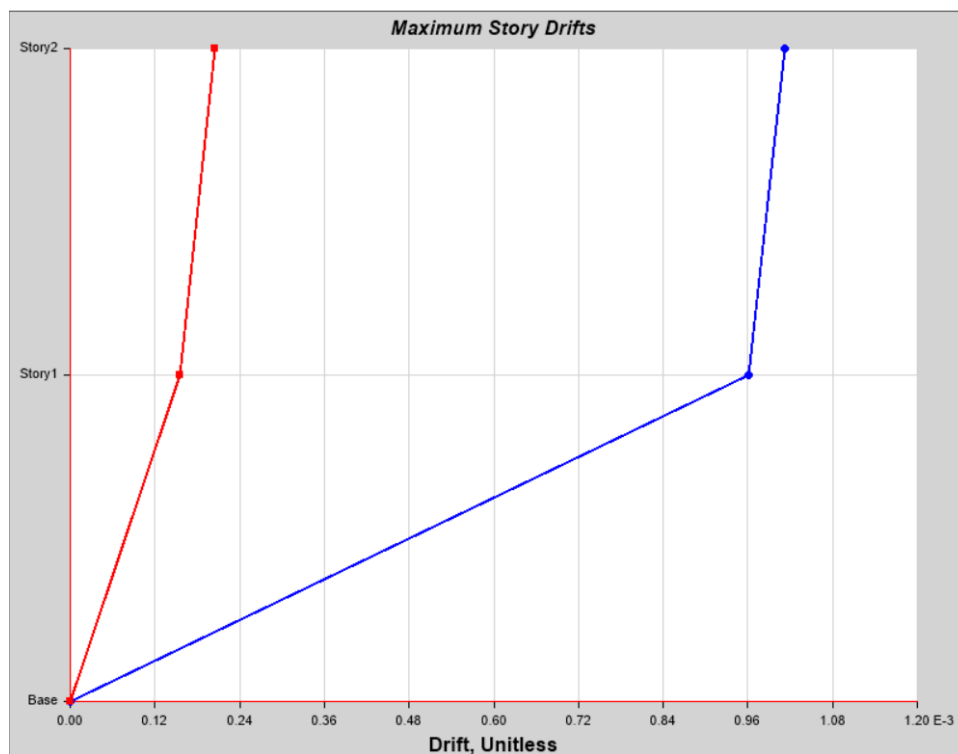
## DERIVAS

Para el cálculo de la deriva inelástica se usa la fórmula dada por la NEC-15 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC), 2015)

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

Sismo X

**Figura 22.** Derivas elásticas del Modelo 2(enchapado) por sismo X



**Fuente:** Etabs

Este diagrama dado por el software se traduce en la siguiente tabla:

**Tabla 32.** Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo X modelo 2 (enchapado)

DERIVAS ELASTICAS E INELASTICAS RESPECTO A SISMO X MODELO 2				
PISO	DERIVAS ELASTICAS		DERIVAS INELASTICAS	
	<i>Deriva elástica X</i>	<i>Deriva elástica Y</i>	<i>Deriva inelástica X</i>	<i>Deriva inelástica Y</i>
Piso 2	0.001	0.0002	0.0023	0.0005
Piso 1	0.001	0.0002	0.0022	0.0004

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

De la anterior tabla, podemos observar que la deriva inelástica en dirección X es la más crítica:

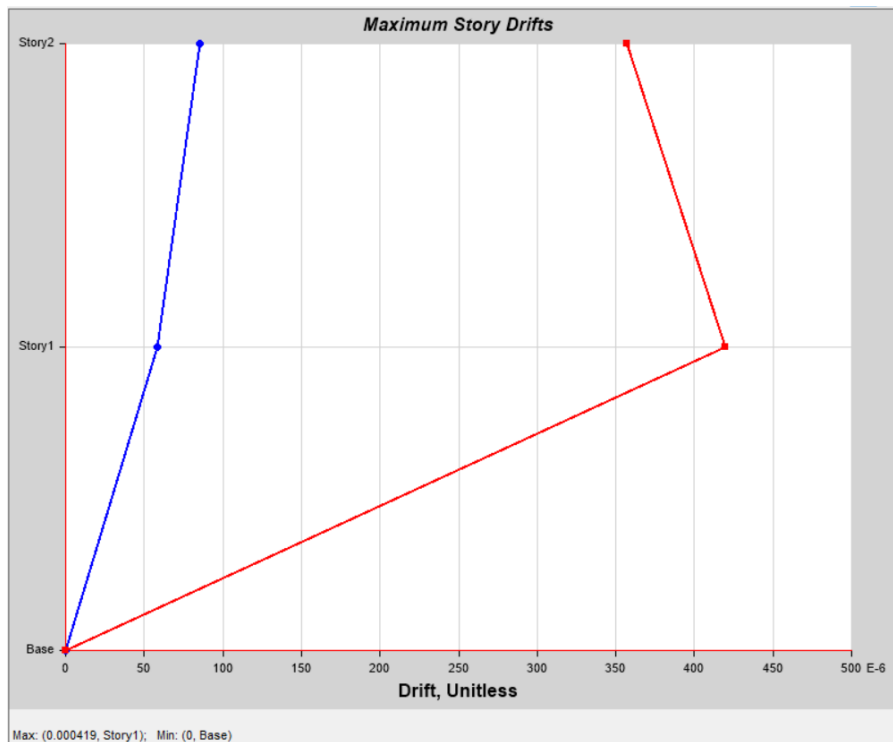
**Tabla 33.** Deriva inelástica crítica del Modelo 2(enchapado) por sismo X

Derivas inelásticas críticas MODELO 2		
SISMO X-DIRECCION X		
PISO	Deriva inelástica X	%
Piso 2	0.0023	0.23
Piso 1	0.0022	0.22

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

*Sismo Y*

**Figura 23.** Derivas elásticas del Modelo 2(enchapado) por sismo Y



**Fuente:** Etabs

Este diagrama dado por el software se traduce en la siguiente tabla:

**Tabla 34.** Derivas elásticas e inelásticas respecto a sismo Y modelo 2 (enchapado)

DERIVAS ELASTICAS E INELASTICAS RESPECTO A SISMO Y MODELO 2				
PISO	DERIVAS ELASTICAS		DERIVAS INELASTICAS	
	<i>Deriva elástica X</i>	<i>Deriva elástica Y</i>	<i>Deriva inelástica X</i>	<i>Deriva inelástica Y</i>
Piso 2	0.0001	0.0004	0.0002	0.0008
Piso 1	0.0001	0.0004	0.0001	0.0009

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

De la anterior tabla, podemos observar que la deriva inelástica en dirección Y es la más crítica:

**Tabla 35.** Deriva inelástica crítica del Modelo 2 (enchapado) por sismo Y

Derivas inelásticas críticas MODELO 2		
SISMO Y-DIRECCION Y		
PISO	Deriva inelástica Y	%
Piso 2	0.0008	0.08
Piso 1	0.0009	0.09

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

### CAPACIDAD PORTANTE DE LOS MUROS

Para calcular la capacidad a corte de los muros se la realizo de acuerdo la norma NEC-15: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC), 2015)

**Tabla 36.** Características de muros enchapados del Modelo 2(enchapado)

CONDICIÓN DE MURO										
MURO	Base[cm]	Longitud[cm]	Alto[cm]	Amv[cm <sup>2</sup> ]	ARMADURA				$\alpha$	
					$\Phi$ [mm]	#Armaduras	Av[cm <sup>2</sup> ]	S[cm]		
P1	7	220	280	1540	6	2	0.565	10	0.13	
PW3	7	435	280	3045	6	2	0.565	10	0.20	
PW4	7	232	280	1624	6	2	0.565	10	0.19	
PW5	7	372	280	2604	6	2	0.565	10	0.16	
PW6	7	200	280	1400	6	2	0.565	10	0.13	
PW7	7	203	280	1421	6	2	0.565	10	0.15	
PW8	7	260	280	1820	6	2	0.565	10	0.16	
PW9	7	344	280	2408	6	2	0.565	10	0.17	
PW10	7	317	280	2219	6	2	0.565	10	0.10	
PW11	7	188	280	1316	6	2	0.565	10	0.11	
PW12	7	690	280	4830	6	2	0.565	10	0.20	

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Tabla 37.** Capacidad a corte de muros enchapados del Modelo 2(enchapado)

<b>CAPACIDAD A CORTE DE MUROS</b>							
<b>MURO</b>	<b>Vm[T]</b>	<b>pn</b>	<b>Vs[T]</b>	<b>Vn [T]</b>	<b>Vu[T]</b>	<b>Vn/m[T/m]</b>	<b>Vu/m[T/m]</b>
P1	2.06	0.008078	62.20	64.26	38.56	29.21	17.53
PW3	6.09	0.008078	122.99	129.08	77.45	29.67	17.80
PW4	3.16	0.008078	65.60	68.75	41.25	29.63	17.78
PW5	4.12	0.008078	105.18	109.30	65.58	29.38	17.63
PW6	1.84	0.008078	56.55	58.39	35.03	29.20	17.52
PW7	2.14	0.008078	57.40	59.54	35.72	29.33	17.60
PW8	2.86	0.008078	73.51	76.38	45.83	29.38	17.63
PW9	4.14	0.008078	97.26	101.40	60.84	29.48	17.69
PW10	2.29	0.008078	89.63	91.92	55.15	29.00	17.40
PW11	1.47	0.008078	53.16	54.63	32.78	29.06	17.43
PW12	9.66	0.008078	195.09	204.75	122.85	29.67	17.80

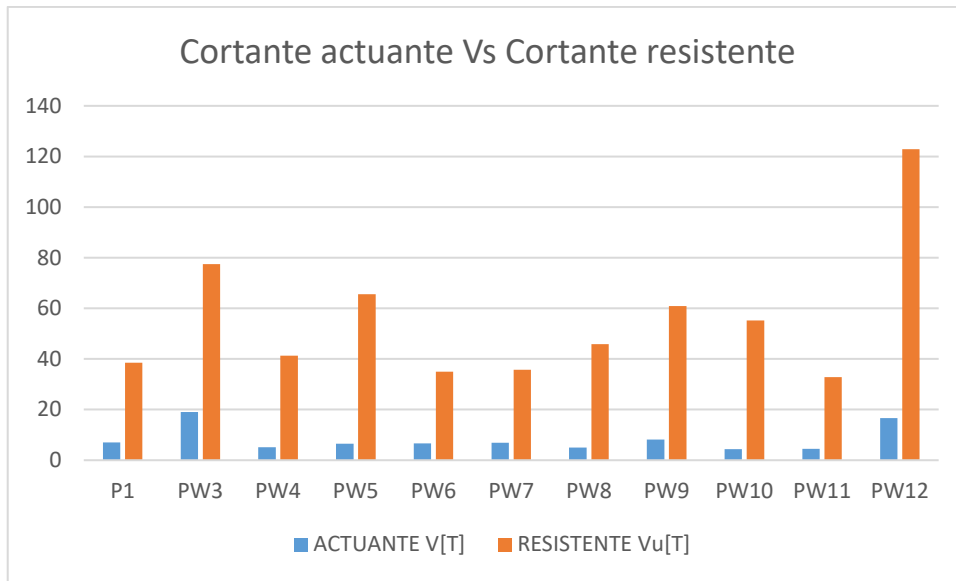
**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Tabla 38.** Comparación entre cortante actuante y resistente de los muros del modelo 2(enchapado)

<b>MURO</b>	<b>ACTUANTE</b>	<b>RESISTENTE</b>
	<b>V[T]</b>	<b>Vu[T]</b>
P1	7.04	38.56
PW3	19.07	77.45
PW4	5.12	41.25
PW5	6.47	65.58
PW6	6.63	35.03
PW7	6.87	35.72
PW8	4.95	45.83
PW9	8.12	60.84
PW10	4.31	55.15
PW11	4.52	32.78
PW12	16.6	122.85

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

**Figura 24.** Cortante actuante Vs Cortante resistente



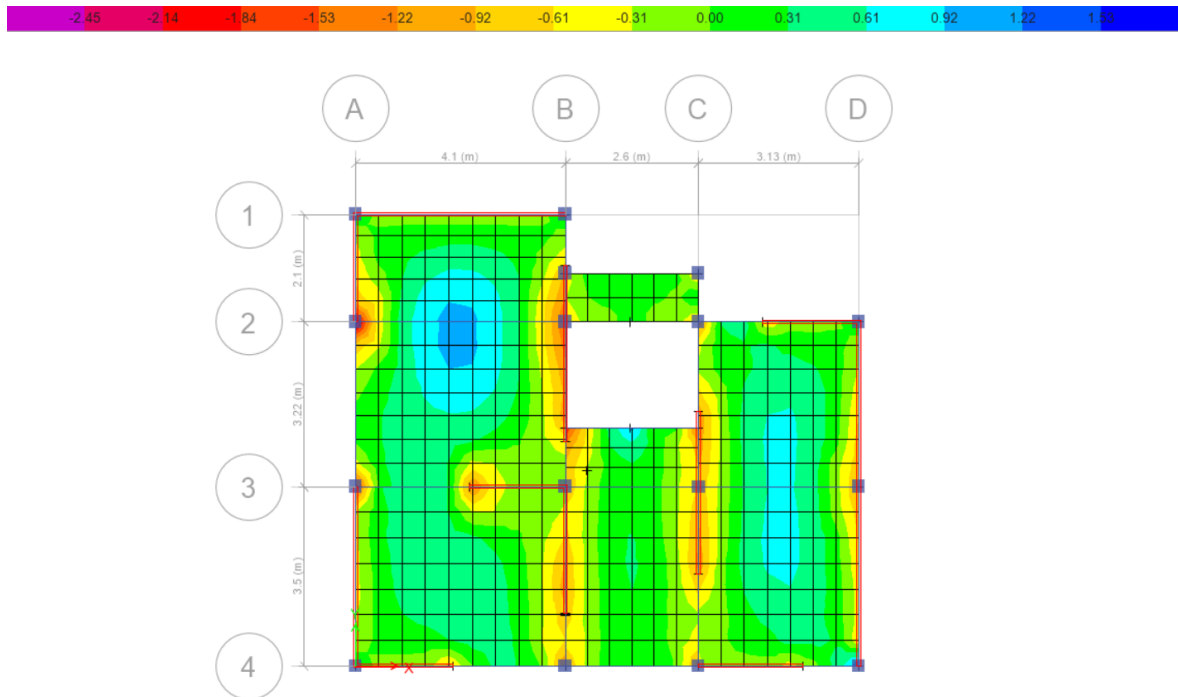
**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

Se puede observar que el cortante resistente es superior por mucho al actuante.

## ESFUERZOS EN LOSA SEGUNDA PLANTA

Se escoge esta losa debido a que es la de entrepiso y estará en una situación más crítica

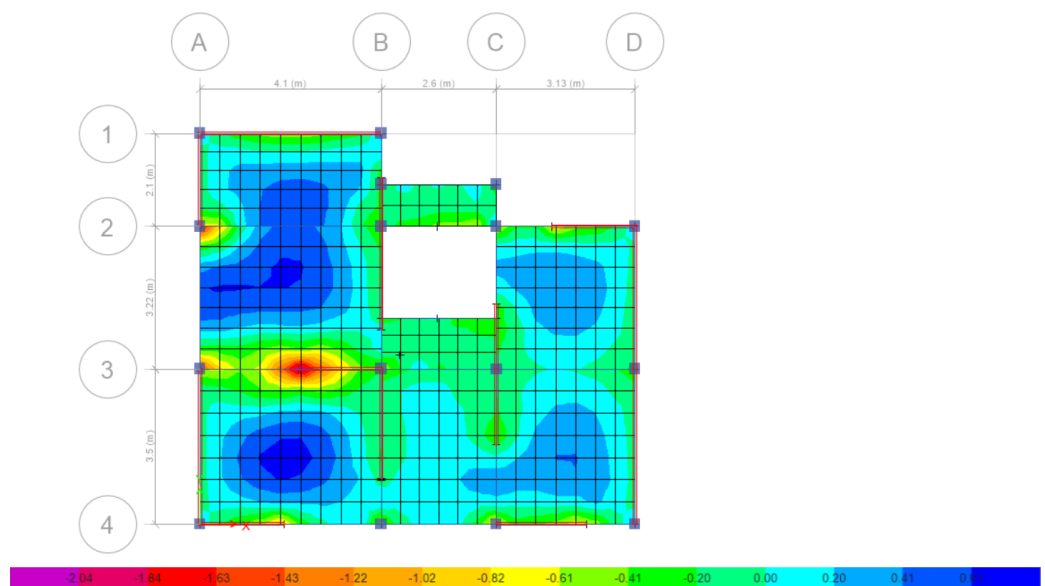
**Figura 25.** Momentos 11 en losa del Modelo 2(enchapado)



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

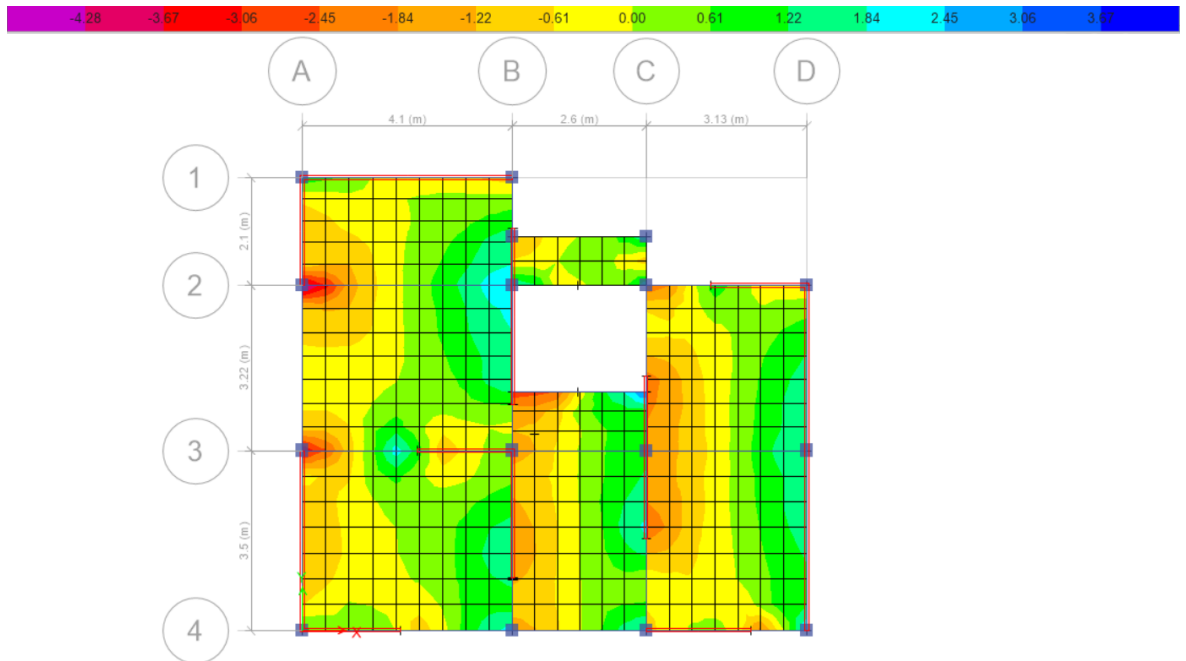
**Figura 26.** Momentos 22 en losa del Modelo 2(enchapado)



**Fuente:** Etabs

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

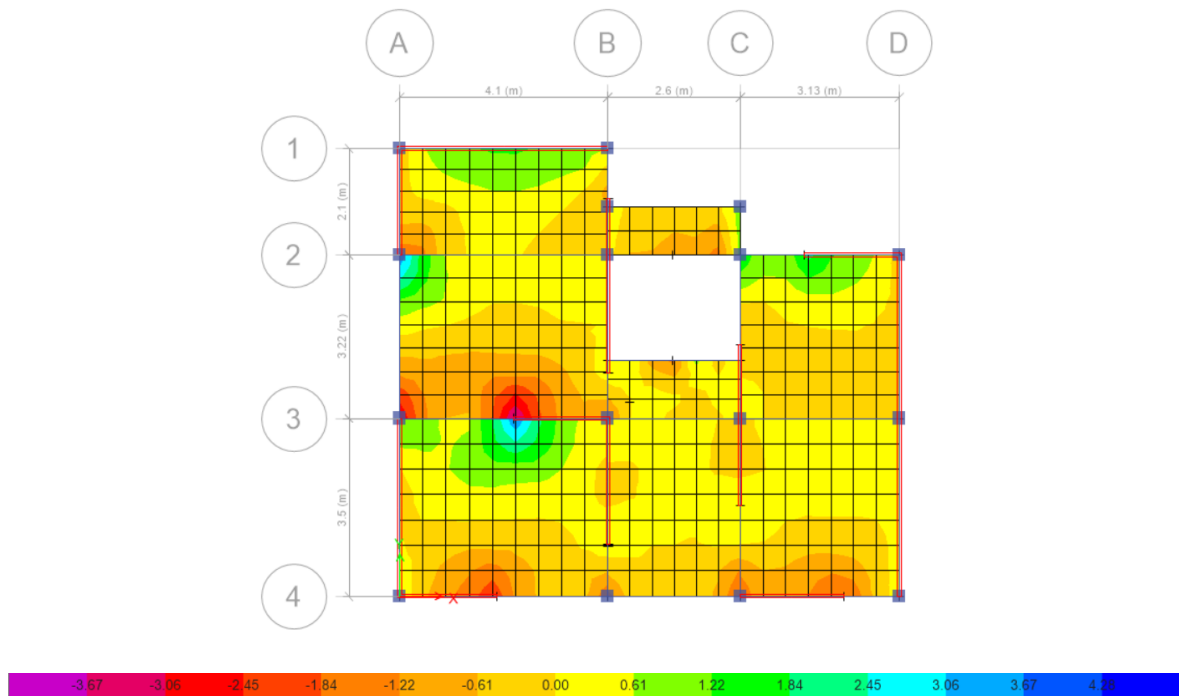
Figura 27. Cortante 13 en losa del Modelo 2(enchapado)



Fuente: Etabs

Elaborado por: Fernando Rumiguano

Figura 28. Cortante 23 en losa del Modelo 2(enchapado)



Fuente: Etabs

Elaborado por: Fernando Rumiguano



## COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE MODELOS

**Tabla 39.** Derivas inelásticas críticas del Modelo 1 (aporticado) y Modelo 2 (enchapado)

	Derivas críticas Modelo 1 (pórtico)		Derivas críticas Modelo 2 (enchape)	
	SISMOX-DIRECCION X	SISMO Y-DIRECCION Y	SISMOX-DIRECCION X	SISMO Y-DIRECCION Y
PISO	Deriva inelástica X %	Deriva inelástica Y%	Deriva inelástica X %	Deriva inelástica Y%
Piso 2	1.93	1.91	0.23	0.08
Piso 1	1.40	1.53	0.22	0.09

**Elaborado por:** Fernando Rumiguano

## 3.2 Conclusiones

- Se realizó un modelamiento computacional de una vivienda informal y la evaluación de algunos de sus elementos estructurales.
- Se propuso un modelo de enchapamiento en las paredes de mampostería simple de la vivienda con un reforzamiento de una malla comercial y se la analizó en un software especializado.
- Se muestra que en el modelo 1 (aporticado), presenta mayores momentos sobre sus losas. Mientras que en el modelo 2 (aporticado), la magnitud de los momentos reduce considerablemente, debido a la colocación de muros portantes. Además, en el modelo 1 (aporticado) los esfuerzos se concentran alrededor de los nudos provocando fallas por punzonamiento.
- Los muros reducen los esfuerzos en la losa, pero en cambio aquellos muros que no están entre columnas producen nuevos efectos en esta.
- Como era de esperarse, con respecto a las derivas, en el modelo 1 (aporticado), estas rozan los límites ( $2\% <$ ) de las Normas Ecuatorianas (NEC). En cambio, el modelo 2 (muros portantes) tiene una reducción muy notable con respecto a derivas de al menos 90% en ambas direcciones.
- La propuesta de muros portantes en el modelo 2 (enchapado), tiene una cuantía de muros en la dirección X de 3%, mientras que en la dirección en Y, 5%. Relacionando con los valores de derivas en ambas direcciones, se observa que se presentan menores derivas en la dirección con mayor cuantía de muros enchapados.
- Los valores de resistencia a cortante son mucho mayores al cortante actuante en cada uno de los muros enchapados, dando la seguridad que estos muros no fallaran por cortante.
- El sistema de muros portantes tiene un mejor comportamiento ante la presencia de un sismo en los aspectos de resistencia al cortante y la disminución de derivas de piso.
- A pesar de que el sistema aporticado sigue siendo el más utilizado en el país, es uno de los sistemas con peores comportamientos ante cargas sísmicas. A esto sumémosle que forman parte de construcciones informales aumentando el peligro de un colapso inminente de la construcción.

- La mampostería juega un rol demasiado importante en la seguridad estructural, que debe ser tratado con demasiado cuidado para evitar pérdida de vidas en caso de la ocurrencia de algún sismo.
- Los muros de cualquier clasificación deben ser construidos de modo que no fallen de ninguna manera o al menos deben contar con un sistema de contención, ya que, al ser elementos masivos y macizos, se convierten en un riesgo dentro de cualquier edificación.
- El uso y la combinación adecuada de los materiales usados en una edificación es un factor clave que determinará un comportamiento apropiado ante un sismo.
- La difusión de información sobre tipos de construcción, problemas estructurales, riesgos, alternativas ecológicas es muy baja en nuestro país. Se requiere de campañas para informar a la ciudadanía y poder así disminuir vulnerabilidad en las viviendas.

### **3.3 Recomendaciones**

- Antes de proceder a la modelación por medio del software, procurar recolectar la mayor cantidad de datos de los elementos estructurales de la edificación para obtener datos mas apegados a la realidad.
- Para realizar un estudio de reforzamiento de paredes por enchapamiento, asegurarse que la mampostería a enchapar tenga continuidad vertical.
- Se deberían realizar más investigaciones sobre resistencias de materiales en viviendas informales del Ecuador.
- Para una nueva propuesta de muros enchapado, escoger las paredes que están entre columnas. Ya que como muestran los resultados las paredes que no terminan en columna producen esfuerzos sobre la losa.
- Para una nueva investigación, se debería considerar las implicaciones que tiene el enchapamiento de paredes sobre la cimentación de la edificación. Además se podría considerar realizar un presupuesto por el proceso de enchapamiento.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

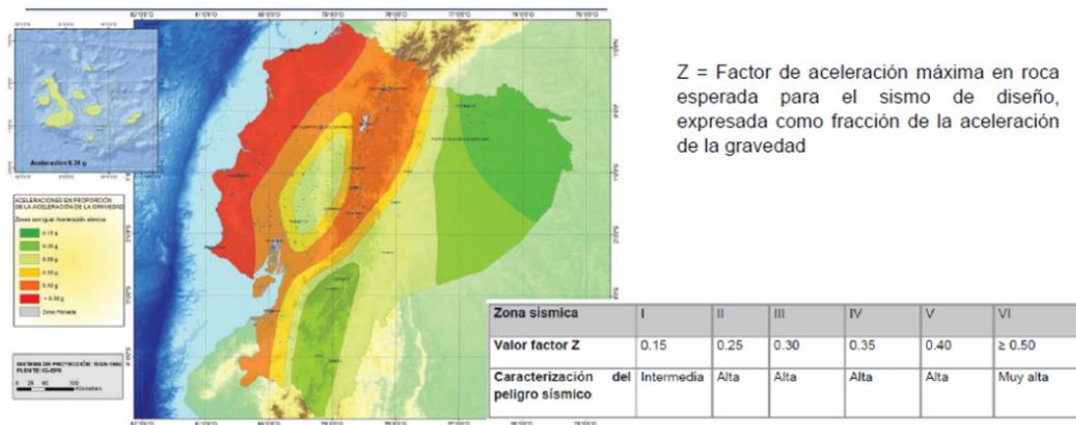
- Alzate, A. (2017). *Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural de las Edificaciones Indispensables del Grupo III y IV en el Municipio de Viterbo*. Risalda: Universidad Libre Seccional Pereira.
- Alzate, B. (2017). *Identificación de Patologías Estructurales en Edificaciones Indispensables del Municipio de Santa Rosa de Cabal(Sector Educativo)*. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira.
- Bozzo, L., & Barbat, A. (2013). *Diseño Sismo Resistente de Edificaciones*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- Corporación Autónoma Regional De Risalda (C.A.R.D.E.R). (2011). *Diagnóstico de Riesgos Ambientales*. Risalda.
- Fernandez, J., & Orlando, G. (2019). *Resistencia la Compresión del Concreto utilizado en losas aligeradas de las Construcciones informales en la ciudad de Jaén*. Jaén: Universidad Nacional de Jaén.
- Fernández, L., & Paredes, P. (2010). *Investigación Teórico Experimental de un Sistema Estructural Alternativo*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Klever, L., & Ushiña, W. (2017). *Determinación del modulo de elasticidad de Mamposteria de bloque no estructural utilizada en la vivienda Ecuatoriana*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC). (2015). *Mamposteria Estructural*. MIDUVI.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (NEC). (2015). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*. MIDUVI.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC). (2015). *Viviendas de hasta 5 pisos con luces de hasta 5m*. MIDUVI.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2019). *Definición.de*. Recuperado el 09 de 08 de 2022, de <https://definicion.de/mamposteria/>

## 5 ANEXOS

### ANEXO I

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 29.** Mapa de la zona sísmica



**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 40.** Factor de importancia

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

**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 41.** 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 <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a>					

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

### Factor de sitio Fd

**Tabla 42.** 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 <a href="#">Tabla 2</a> : 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 43.** Factor de comportamiento inelástico del suelo  $F_s$

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	$\geq 0.5$
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	1.08	1.11	1.23
D	1.02	1.08	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : 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 44.** Factor de reducción sísmica

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
<b>Sistemas Duales</b>	
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sísmo 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
<b>Sistemas Estructurales Dúctiles</b>	
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
<b>Pórticos resistentes a momentos</b>	
Pórticos especiales sísmo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sísmo 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
<b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sísmo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

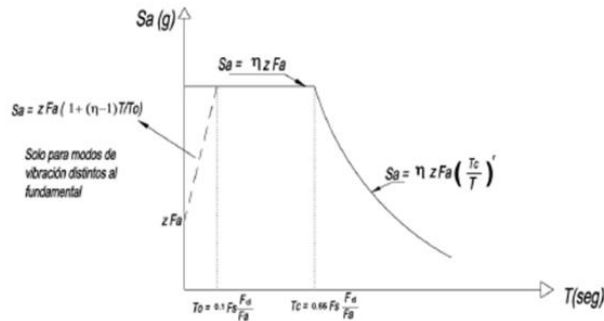
Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
<b>Pórticos resistentes a momento</b>	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
<b>Muros estructurales portantes</b>	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Tabla 16 : Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada

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

## Periodo límites de diseño

Figura 30. Espectro elástico de aceleraciones



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

Límite 1:

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

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

Límite 2:

$$T_o = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

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 aproximada, o mediante un análisis dinámico (NEC-SE-DS, 2015).



**Tabla 45.** Factor de  $C_t$  y  $\alpha$  para la determinación del periodo fundamental

Tipo de estructura	$C_t$	$\alpha$
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
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

$$T_a = C_t * h n^\alpha$$

**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).

$C_t$ : 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,  $\eta$  ( $S_e/Z$ , en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

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

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

### Espectro de respuesta por aceleración

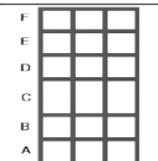
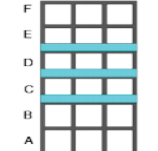
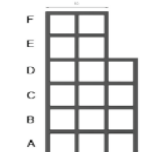
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura (NEC-SE-DS, 2015).

$$S_a = n * Z * F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = n * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \text{ para } T > T_c$$

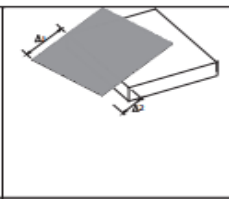

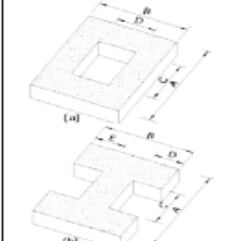
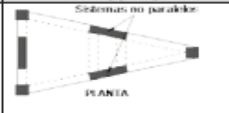
**Ecuación:** NEC 15-Sección 3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica

**Tabla 46.** Factor de regularidad en elevación

<p><b>Tipo 1 - Piso flexible</b>  <math>\phi_p=0.9</math>                      Rigidez <math>K_i &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_o</math>  <math>Rigidez &lt; 0.80 \frac{(K_o + K_e + K_f)}{3}</math></p> <p>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.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Distribución de masa</b>  <math>\phi_p=0.9</math>  <math>m_o &gt; 1.50 m_i</math> ó  <math>m_o &gt; 1.50 m_c</math></p> <p>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.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b>  <math>\phi_p=0.9</math>  <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>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.</p>	
<p><small>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.</small></p>	

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

**Tabla 47.** Factor de regularidad en planta

<p><b>Tipo 1 - Irregularidad torsional</b>  <math>\phi_p=0.9</math>  <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math></p> <p>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.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas</b> <math>\phi_p=0.9</math>  <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> <p>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.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso</b>  <math>\phi_p=0.9</math>                      a) <math>C \times D &gt; 0.5A \times B</math>                      b) <math>[C \times D + C \times E] &gt; 0.5A \times B</math></p> <p>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.</p>	
<p><b>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos</b>  <math>\phi_p=0.9</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p><small>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.</small></p>	

**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:

$$V = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi_p * \phi_E} * W_t$$

V= Cortante Basal

I= factor de Importancia

Sa= Espectro de respuesta del periodo de vibración de edificio

R= factor de ductilidad

$\phi_P$ = Factor de regularidad en planta

$\phi_E$ = Factor de elevación

Wt= carga sísmica reactiva

## Factor K

**Tabla 48.** Determinación del factor K

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

**Fuente:** Nec-15 de peligro sísmico sección 6.3.5

# ANEXO II

Figura 31. Catalogo mallax armex

## Armex® Tradicional

Soluciones electrosoldadas para refuerzo de hormigón

### ¿Qué le ofrecemos?

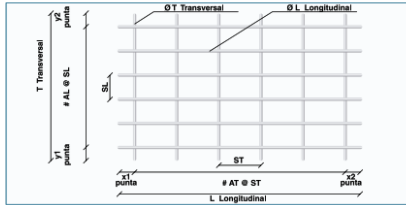
Mallas electrosoldadas fabricadas con aceros de alta resistencia, lisos y corrugados, ortogonalmente dispuestos. Listas para ser usadas; facilitando el proceso constructivo, optimizando los diseños estructurales y recursos de obra.

Cumplen normas técnicas: NTE INEN 2209, NTE INEN 1511, ASTM A-185, ASTM A- 497, ACI318, Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

#### Beneficios

- Mayor rapidez en la ejecución. Armex® son armaduras listas para colocar en obra.
- Mayor eficiencia, pues eliminan tareas de enderezado, corte, doblado y amarre de barras.
- Máxima adherencia, debido a su corrugación y electrosueldada.
- Mayor resistencia. Su límite de fluencia mínima es de  $f_y \text{ min.} = 5000 \text{ kgf/cm}^2$  (490 MPa).
- Menor consumo de acero. Puede obtener ahorros del 16% frente al acero convencional.
- Máxima calidad en obra. La soldadura en todas las intersecciones asegura el exacto posicionamiento de las varillas y mejora las longitudes de empalme, minimizando la supervisión técnica.

### Notación del producto



#### Nomenclatura:

- |         |   |           |   |
|---------|---|-----------|---|
| T:      | Ancho de la plancha (m).                                  | ST: (cm)  | Espaciamento de las varillas transversales o cortas |
| L:      | Longitud de la plancha (m)                                | #AL @ SL: | Número de varillas longitudinales                   |
| Y1, Y2: | Puntos transversales (cm)                                 | #AT @ ST: | Número de varillas transversales                    |
| X1, X2: | Puntos longitudinales (cm)                                | ØT:       | (mm) Diámetro de la varilla transversal             |
| SL:     | Espaciamento de las varillas longitudinales o largas (cm) | ØL:       | (mm) Diámetro de la varilla longitudinal            |

## Mallas Armex® Tipo R con apertura cuadrada

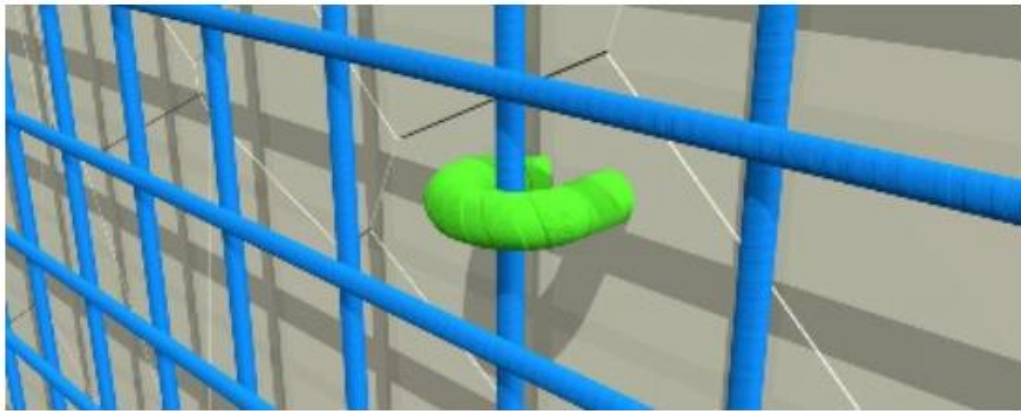
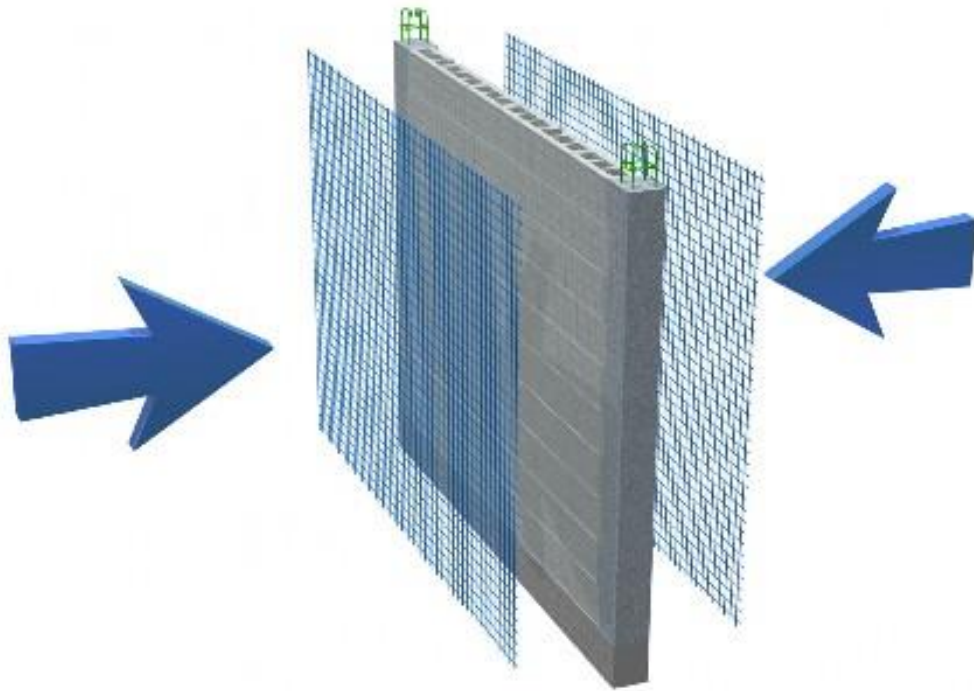
Mallas Armex® Tradicional									
Código	Tipo de Malla	Diámetro [ mm ]		Separación [ cm ]		Sección de Acero as [ mm <sup>2</sup> / m ]		Peso	
		Alambre L.	Alambre T.	Alambre L.	Alambre T.	As L.	As T.	kg / m <sup>2</sup>	kg / plancha
188156	R-126	4,0	4,0	10	10	126	126	1,97	29,48
188164	R-196	5,0	5,0	10	10	196	196	3,07	46,06
188166	R-238	5,5	5,5	10	10	238	238	3,72	55,73
188168	R-283	6,0	6,0	10	10	283	283	4,42	66,32
188172	R-385	7,0	7,0	10	10	385	385	6,02	90,27
188176	R-636	9,0	9,0	10	10	636	636	9,95	149,22
188150	R-64	3,5	3,5	15	15	64	64	1,01	15,17
188132	R-84	4,0	4,0	15	15	84	84	1,32	19,81
188154	R-106	4,5	4,5	15	15	106	106	1,67	25,07
188158	R-131	5,0	5,0	15	15	131	131	2,06	30,95
188160	R-158	5,5	5,5	15	15	158	158	2,30	37,45
188161	R-188	6,0	6,0	15	15	188	188	2,97	44,57
188167	R-257	7,0	7,0	15	15	257	257	4,04	60,66
188170	R-335	8,0	8,0	15	15	335	335	5,28	79,23
188173	R-424	9,0	9,0	15	15	424	424	6,69	100,28
188175	R-524	10	10	15	15	524	524	8,25	123,80
188148	R-53	4,5	4,5	30	30	53	53	0,84	12,53

AsL: Área de acero ( mm<sup>2</sup> / m ) de los alambres longitudinales. • AsT: Área de acero ( mm<sup>2</sup> / m ) de los alambres transversales. Dimensiones estándar: 6,25 x 2,40 = 15m<sup>2</sup> • Medidas y especificaciones especiales bajo pedido.

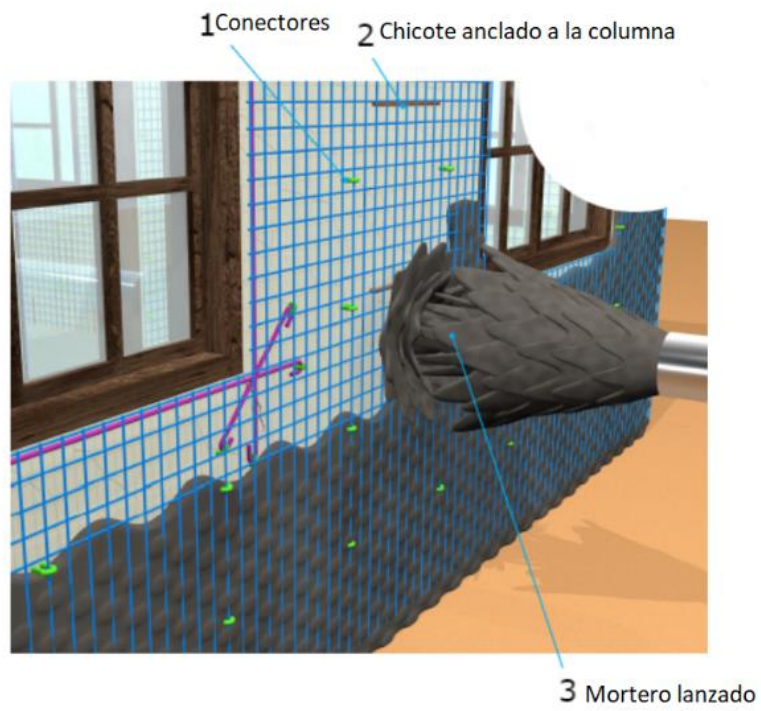
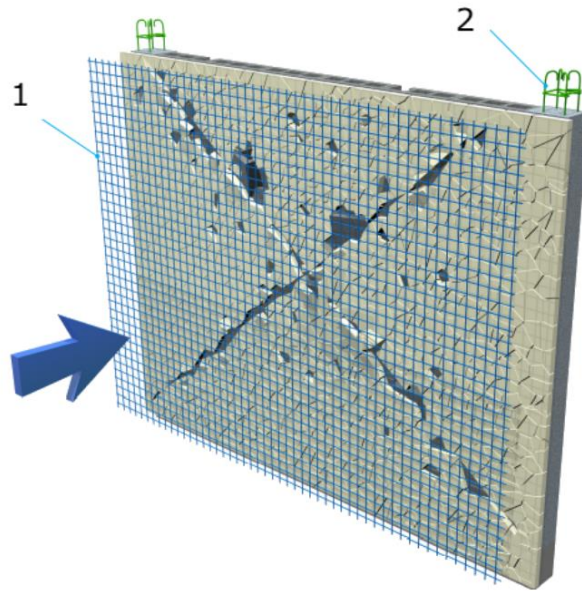
Fuente: Ideal Alambrec

### ANEXO III

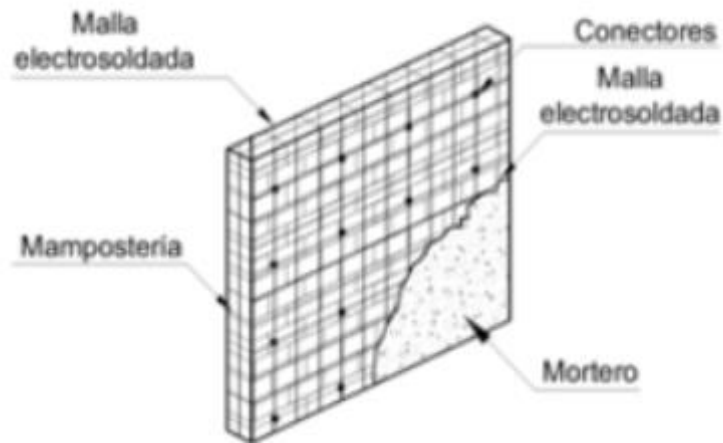
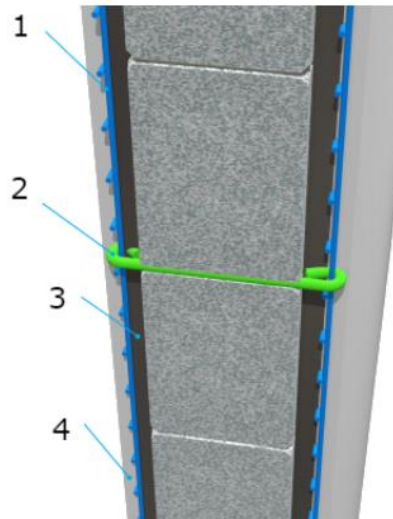
Figura 32. Detalles del enchapamiento de paredes



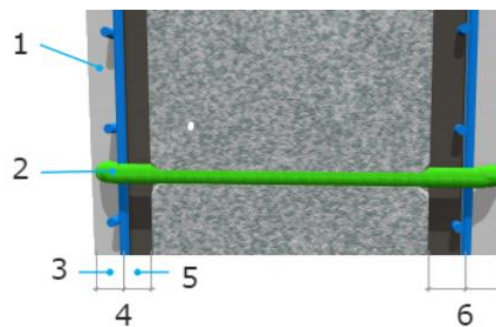
- 1. Malla Armex® R84
- 2. Columna de confinamiento



1. Malla Armex® R84
2. Conector
3. Primera capa de enlucido  
(mortero 1:3) espesor 1,5 cm
4. Segunda capa de enlucido  
(mortero 1:3) espesor 1,5 cm



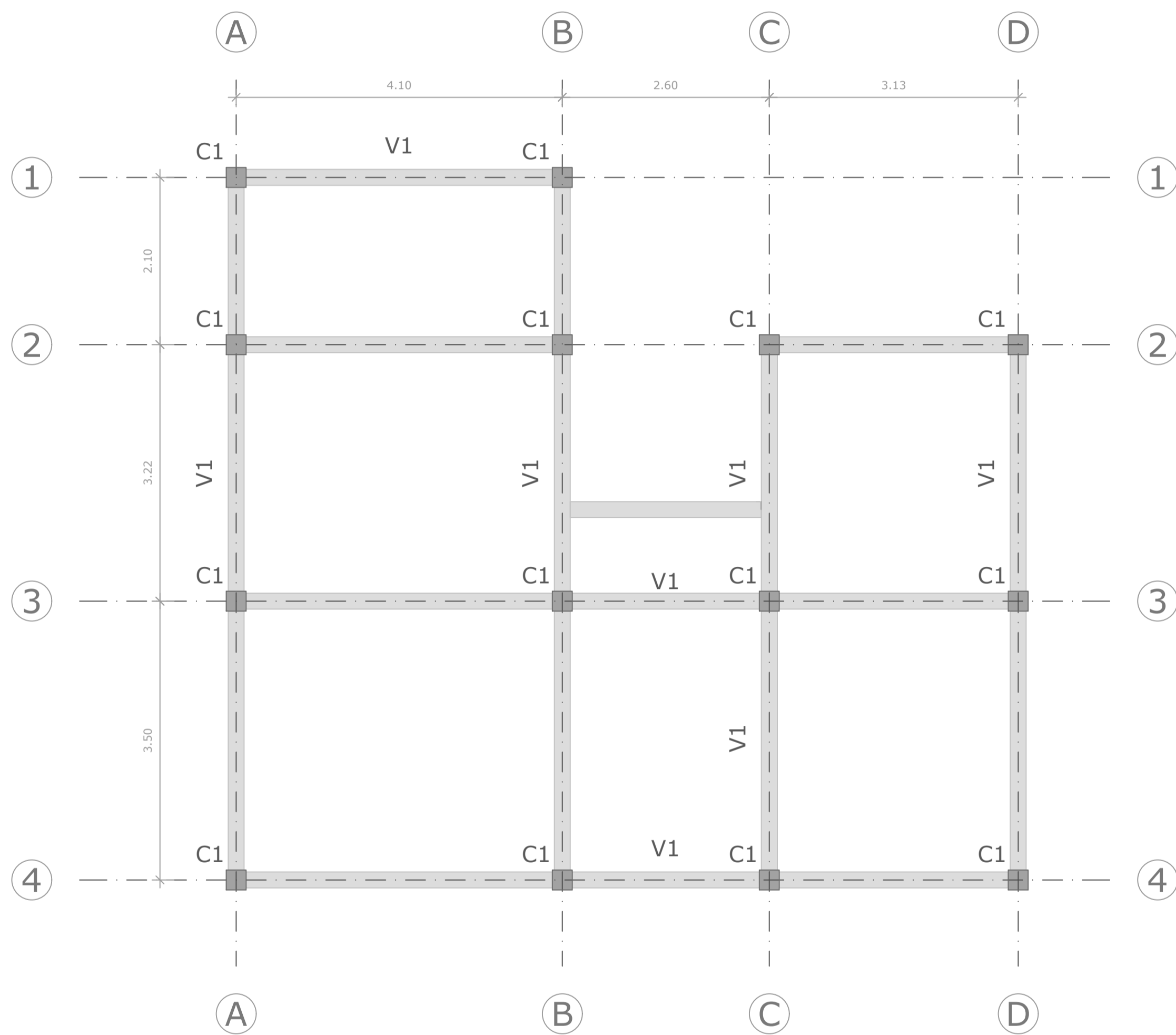
1. Enlucido (mortero 1:3)
2. Conector
3. 1,5 cm
4. 3 cm
5. 1,5 cm
6. 3 cm



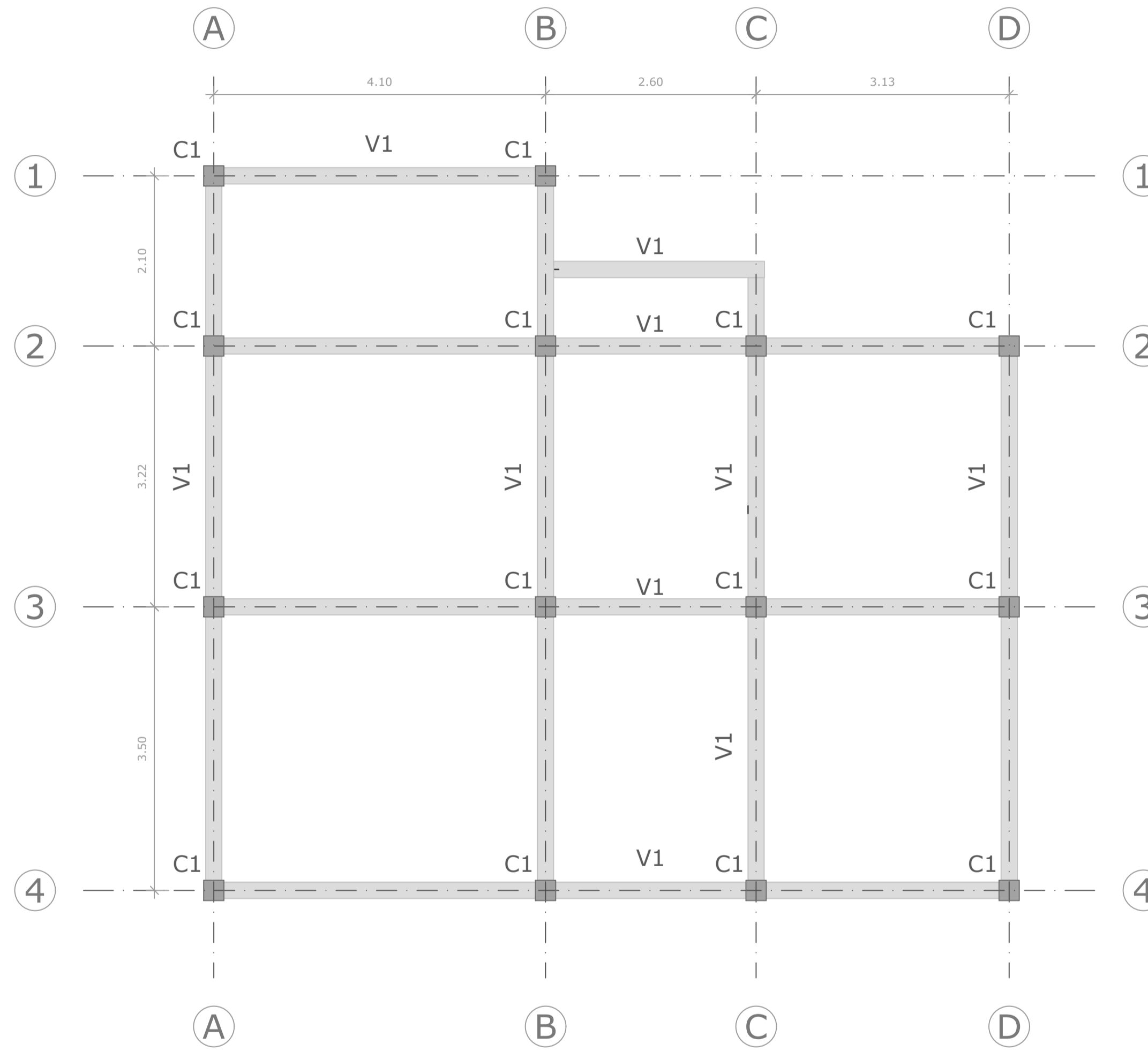
**Fuente:** Ideal Alambrec, NEC 15(Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m)

## **ANEXO IV**

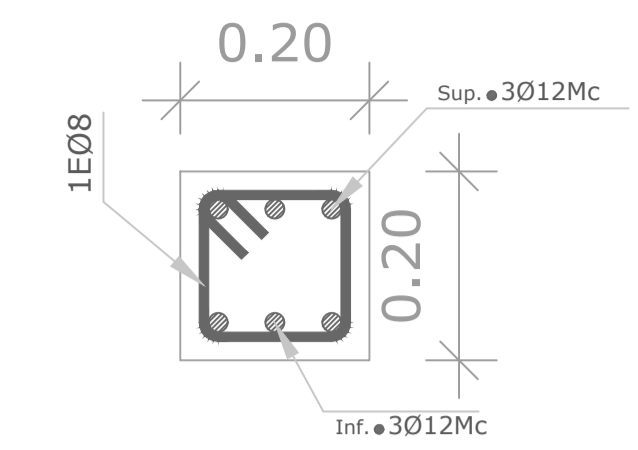




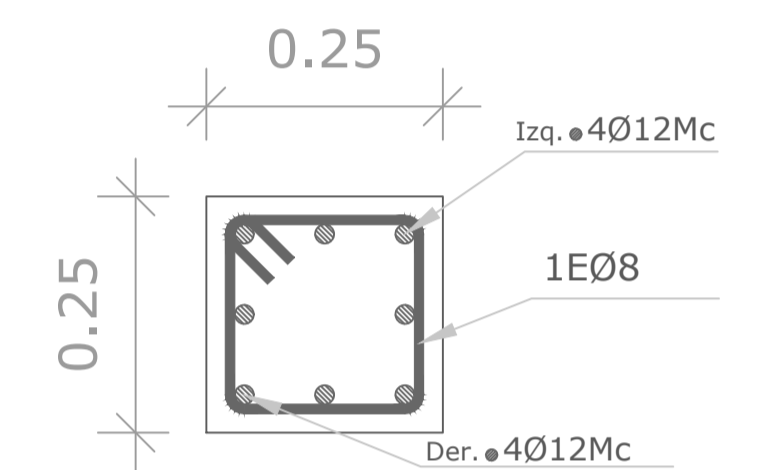
PLANTA BAJA  
Esc \_\_\_\_\_ 1:50



SEGUNDA PLANTA  
Esc \_\_\_\_\_ 1:50



VIGA TIPO  
Esc \_\_\_\_\_ 1:20



COLUMNA TIPO  
Esc \_\_\_\_\_ 1:20

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental  
Carrera de Ingeniería Civil



**Elaborado por:**  
FERNANDO RUMIGUANO

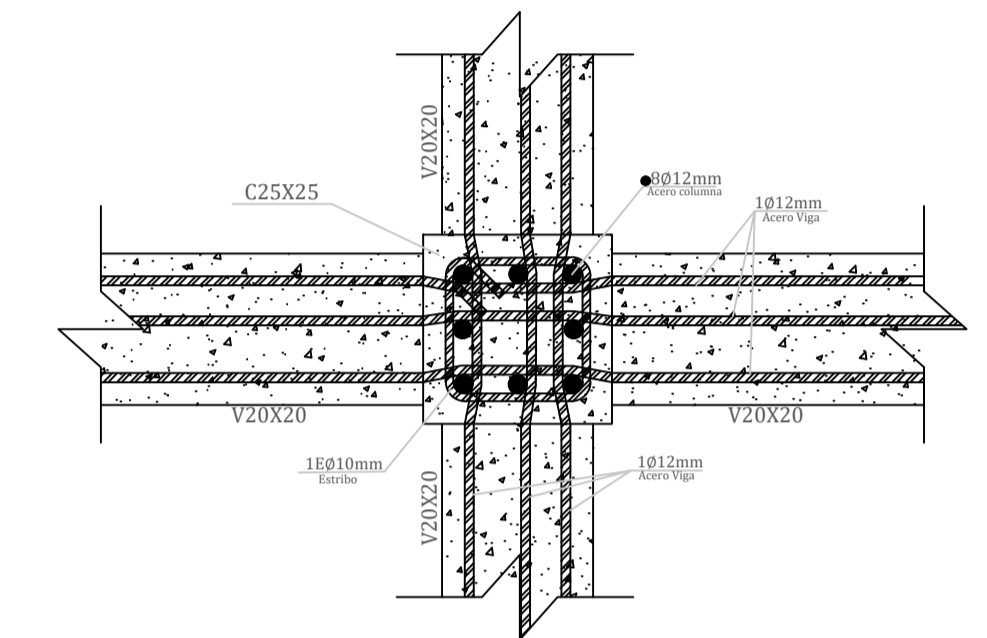
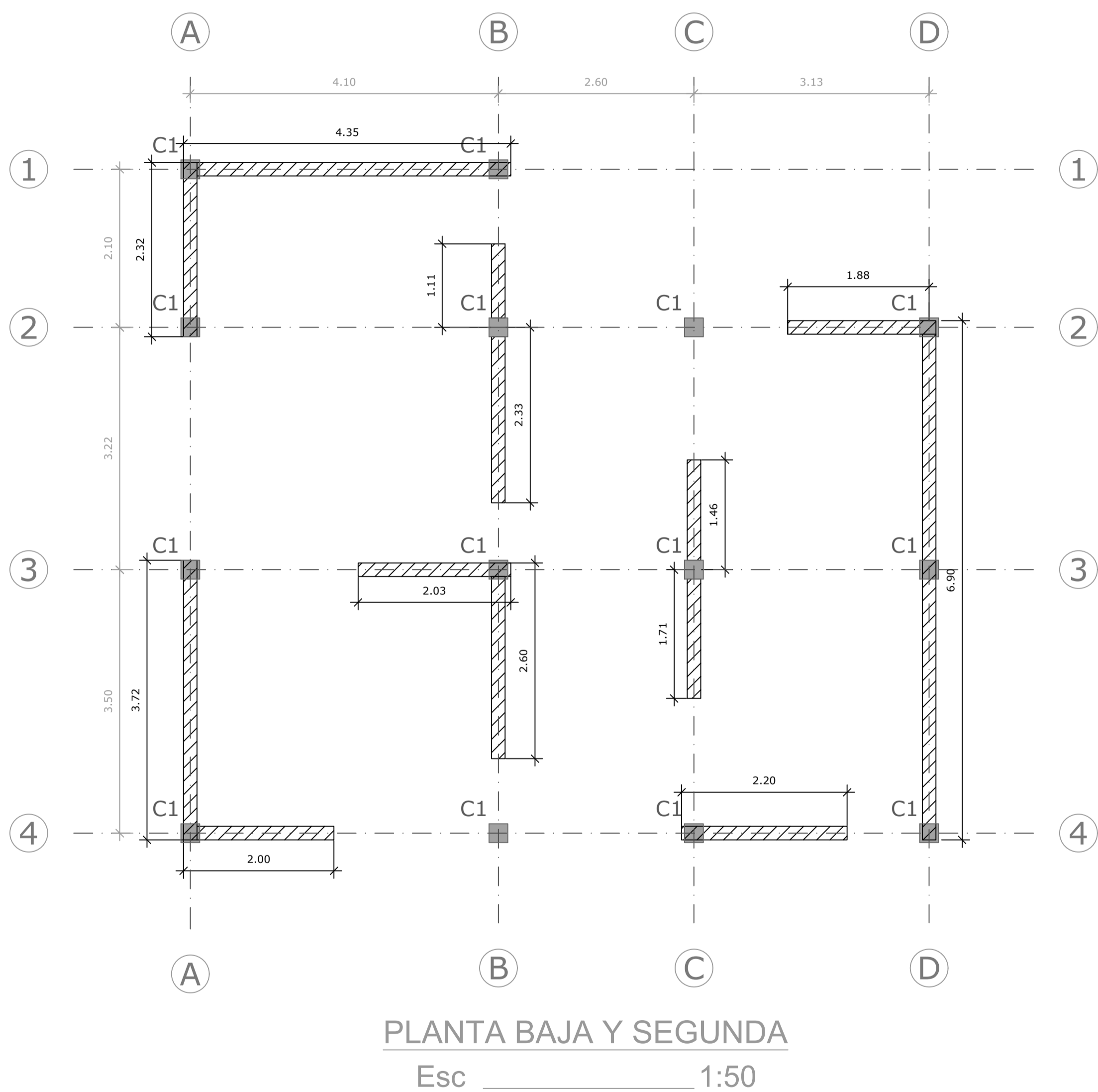
**Contiene:**  
MODELO 1: APORTICADO ESTRUCTURAL

**Fecha:**  
22/08/2022

**Escala:**  
indicadas

**Lámina No.:**  
1

## **ANEXO V**



DETALLE NUDO V-C  
Esc \_\_\_\_\_ 1:10

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental  
Carrera de Ingeniería Civil



**Elaborado por:**  
FERNANDO RUMIGUANO

**Contiene:**  
MODELO 2: PAREDES A REFORZAR

**Fecha:**  
22/08/2022

**Escala:**  
indicadas

**Lámina No.:**  
1