



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS PLANTAS CONSTRUIDAS CON SISTEMAS ESTRUCTURALES DE DUCTILIDAD LIMITADA (CASO PÓRTICOS RESISTENTE A MOMENTO).

ROMERO BLACIO MARIA ESTEFANIA  
INGENIERA CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación Sismorresistente de una Vivienda de Dos Plantas  
Construidas con Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada  
(Caso Pórticos Resistente a Momento).**

**ROMERO BLACIO MARIA ESTEFANIA  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2020**



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN  
ANÁLISIS DE CASOS

Evaluación Sismorresistente de una Vivienda de Dos Plantas Construidas con Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada (Caso Pórticos Resistente a Momento).

ROMERO BLACIO MARIA ESTEFANIA  
INGENIERA CIVIL

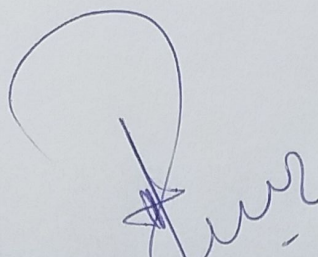
CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO

MACHALA, 12 DE MARZO DE 2020

MACHALA  
2020

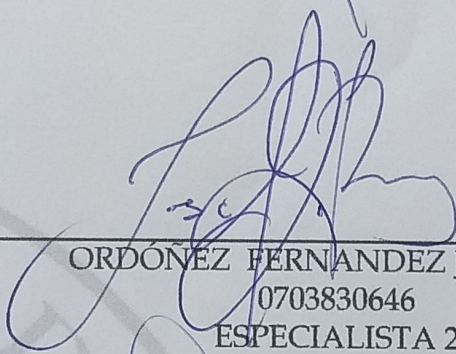
**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Evaluación Sismorresistente de una Vivienda de Dos Plantas Construidas con Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada (Caso Pórticos Resistente a Momento)., hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



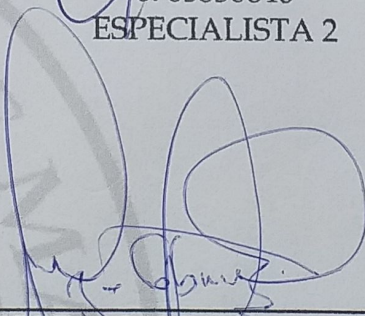
---

CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO  
0703989962  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

ORDÓÑEZ FERNANDEZ JOSÉ LUIS  
0703830646  
ESPECIALISTA 2



---

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL  
0703092874  
ESPECIALISTA 3

Machala, 12 de marzo de 2020

# Evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas construidas

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[editorial.ucsg.edu.ec](http://editorial.ucsg.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

2

Lorenzo J. Cevallos-Torres, Diana Minda Gilces, Alfonso Guijarro-Rodriguez, Ronald Barriga-Diaz et al. "Chapter 49 An Approach to the Detection of Post-seismic Structural Damage Based on Image Segmentation Methods", Springer Science and Business Media LLC, 2019

Publicación

<1%

3

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1%

4

[uaeh.redalyc.org](http://uaeh.redalyc.org)

Fuente de Internet

<1%

5

[scienti.colciencias.gov.co:8080](http://scienti.colciencias.gov.co:8080)

Fuente de Internet

<1%

6

[fundaciongrupo3sena.blogspot.com](http://fundaciongrupo3sena.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1%



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

La que suscribe, ROMERO BLACIO MARIA ESTEFANIA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación Sismorresistente de una Vivienda de Dos Plantas Construidas con Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada (Caso Pórticos Resistente a Momento)., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

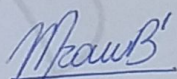
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

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

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

Machala, 12 de marzo de 2020



ROMERO BLACIO MARIA ESTEFANIA  
0705443828

## **Dedicatoria**

El presente trabajo se lo dedico a mi Madre la Sra. María Magdalena Blacio Aguilar que ha sido quien ha forjado mi carácter y ha inculcado valores en mí, la que estuvo en esos momentos en los que quise renunciar, pero con su sabiduría y amor me ayudo a continuar y culminar mis metas.

A mi abuelita la Sra. Rosita Adelaida Aguilar que no importaba que profesión eligiera para ella yo era la mejor en lo que hiciera, aunque no estás aquí físicamente conmigo este triunfo es para ti.

**¡META CUMPLIDA LO LOGRAMOS MAMÁ!**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud y vida para lograr concluir mis estudios universitarios.

A mis padres el Sr. Jorge Humberto Romero y a la Sra. María Magdalena Blacio por apoyarme en cada momento y ser mi ejemplo a seguir.

A mi abuelita Rosita Adelaida Aguilar por haber formado una parte muy importante en mi vida y ser quien me inspiró a alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos el Lcdo. Jorge Humberto Romero y el Abg. Juan Carlos Romero por su apoyo y complicidad.

A mis cuñadas la Ing. Yomary Yanza y a la Psico. Evelyn Torres por estar en todos aquellos momentos de debilidad y ser quienes me confortan.

A mis queridos angelitos Jordana Mishel Romero Arévalo, María Fernanda y Carlos Santiago Romero Torres por ser quienes me impulsan a seguir a delante cada día.

Al Sr Oscar Ramiro Gia por todo el apoyo que me ha brindado y por ser una motivación más para concluir esta meta planteada.

A mi tutor el Ing. Leyden Carrión Romero por haber impartido sus conocimientos y a su disponibilidad para la realización del presente trabajo.

¡Quedo eternamente agradecida con todos ustedes y los llevaré siempre en mi corazón!



## **Resumen**

Evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas construidas con sistemas estructurales de ductilidad limitada (caso pórticos resistente a momento).

María Estefanía Romero Blacio

CI:0705443828

En el presente trabajo se realizó una evaluación sismorresistente de un modelo de vivienda tipo de una urbanización ubicada en la ciudad de Machala, esta evaluación se realizó mediante el método de Diseño Basado en Fuerzas (DBF) el mismo que se encuentra como un método de diseño establecido en las Normas Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

Debido a que el Ecuador se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica producto de la convergencia de dos placas tectónicas como lo son la Placa sudamericana y la Placa de Nazca es importante realizar análisis y evaluaciones sismorresistentes a viviendas ya construidas con la propósito de proporcionar seguridad en las personas que habitan en estas viviendas con la finalidad de cumplir con la filosofía de diseño de las normas NEC que estipula salvaguardar la vida humana y que prevalezcan las estructuras hasta el final de su vida útil.

Según datos proporcionados en el GAD Municipal de la ciudad de Machala existen 44 urbanizaciones registradas y catastradas el costo de estas viviendas oscila entre 70000 y 140000 dólares, estas se encuentran en su mayoría construidas con sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento por ello es importante evaluar este tipo viviendas para observar su comportamiento frente a fuerzas sísmicas y gravitacionales.

Para empezar la evaluación se realizó una valoración de cargas de la estructura considerando el área de construcción y las alturas de entrepiso de la misma que se encuentran dispuestas en los planos estructurales para finalmente determinar su peso,

con estas cargas analizadas se procedió a la evaluación de secciones de los elementos estructurales para verificar el cumplimiento del área bruta de la sección de concreto (Ag), así mismo se revisaron las cuantías y se realizó el respectivo análisis de la cimentación para observar si se han cumplido con los requerimientos mínimos que establece la normativa.

Posterior a la cuantificación de cargas y evaluación de secciones de los elementos estructurales se realizó el cálculo del cortante basal de la vivienda con la finalidad de la obtención del coeficiente que después será útil para modelar la estructura con ayuda de un software especializado y observar el comportamiento de la misma al aplicarle cargas sísmicas.

Una vez realizado los cálculos necesarios para la evaluación modelamos la estructura para determinar su desempeño al colocarle las diferentes combinaciones de carga los resultados de esta modelación no fueron del todo satisfactorios ya que sus columnas fallaron por demanda capacidad al introducir la combinación de carga de sismo que la estipula las normas NEC debido a esto se puede denotar el incumplimiento de ciertos apartados de las normas.

Por ello se generó una estrategia de rehabilitación la misma que se basa en el reforzamiento estructural por medio de fibras de carbono de manera que estas puedan aumentar la resistencia a compresión de las columnas y así mejorar su comportamiento estructural frente a las cargas sísmicas ya señaladas, esta estrategia no tan económica se la está empleando con frecuencia en el mercado de la construcción actualmente.

Sin embargo, se propone como una segunda opción un encamisado estructural con la misma finalidad de reforzar la estructura y mejorar su comportamiento estructural en cuanto a costos esta alternativa de solución es más económica que la anteriormente nombrada.

Palabras Claves

Evaluación Sismorresistente, Valoración de Cargas, Cortante Basal, Filosofía de Diseño, Fibra de Carbono.

## **Abstract**

Seismic-resistant evaluation of a two-storey house built with structural systems of limited ductility (case porches resistant to a moment).

María Estefanía Romero Blacio

CI:0705443828

In the present work a seismic-resistant evaluation of a type of housing model of an urbanization located in the city of Machala was carried out, this evaluation was carried out using the Force-Based Design (DBF) method which is found as a method of design established in the Ecuadorian Construction Standards (NEC)

Because Ecuador is located in a highly seismic zone resulting from the convergence of two tectonic plates such as the South American Plate and the Nazca Plate, it is important to carry out seismic-resistant analyzes and evaluations of homes already built in order to provide security in The people who live in these homes in order to comply with the design philosophy of the NEC standards that stipulate safeguarding human life and that structures prevail until the end of their useful life.

According to data provided in the Municipal GAD of the city of Machala, there are 44 registered and registered urbanizations. The cost of these homes ranges between 70,000 and 14,000,000 dollars, these are mostly built with resistant gantry structural systems so it is important to evaluate this type of housing to observe their behavior against seismic and gravitational forces.

To begin the evaluation, a load evaluation of the structure was carried out considering the construction area and the mezzanine heights of the same that are arranged in the structural plans to finally determine its weight, with these analyzed loads the evaluation of sections of the structural elements to verify compliance with the gross area of the concrete section ( $A_g$ ), the amounts were also reviewed and the respective foundation

analysis was performed to see if the minimum requirements established by the regulations have been met .

After the quantification of loads and evaluation of sections of the structural elements, the calculation of the basal shear of the house was made in order to obtain the coefficient that will later be useful to model the structure with the help of specialized software and observe the behavior of the same when applying seismic loads.

Once the necessary calculations for the evaluation were carried out, we modeled the structure to determine its performance when placing the different load combinations, the results of this modeling were not entirely satisfactory since its columns failed due to capacity demand when introducing the earthquake load combination that It is stipulated in the NEC norms because of this it can be denoted the breach of certain sections of the norms.

Therefore, a rehabilitation strategy was generated, which is based on structural reinforcement by means of carbon fibers so that they can increase the compressive strength of the columns and thus improve their structural behavior against the seismic loads already indicated, This not-so-cheap strategy is being used frequently in the construction market today.

However, it is proposed as a second option a structural jacket with the same purpose of strengthening the structure and improving its structural behavior in terms of costs. This alternative solution is cheaper than the one previously mentioned.

#### Keywords

Earthquake Resistant Evaluation, Load Assessment, Basal Shear, Design Philosophy, Carbon Fiber.



## Índice

<b>Página De Aceptación</b>	<b>4</b>
<b>Reporte de Prevención de Coincidencia y/o Plagio Académico</b>	<b>5</b>
<b>Cláusula de Cesión de Derecho de Publicación en el Repositorio Digital Institucional</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>8</b>
<b>Resumen</b>	<b>9</b>
<b>Abstract</b>	<b>10</b>
<b>1. CAPÍTULO I</b>	<b>15</b>
1.1 Generalidades de Objeto De Estudio	15
1.1.1 Definición y Contextualización del Objeto De Estudio	15
1.2.1 Hechos de Interés	16
1.3.1.1 Objetivo General:	18
1.3.1.2 Objetivos Específicos:	18
<b>2. CAPÍTULO II</b>	<b>18</b>
2.1 Fundamentación Teórico- Epistemológica	18
2.2 Bases Teóricas de la Investigación	20
2.2.1 Datos Históricos de Sismos de Gran Magnitud en Ecuador	20
2.2.2 Zonificación Sísmica Y Factores Z Para Las Diferentes Zonas Del Ecuador	22
2.2.3 Peligro sísmico en Ecuador	24
2.2.4 Filosofía de Diseño Sismo Resistente	24
2.2.5 Metodología De Diseño Sismorresistente	25
2.2.6 Derivas de Pisos	27
2.2.7 Cortante Basal	27
2.2.8 Espectros de Respuesta	28
2.2.9 Energía sísmica en una estructura	28
2.2.10 Estructuras Sismorresistentes	28
2.2.11 Cimentaciones para Estructuras Sismorresistentes	30
2.2.12 Tipos de Cimentaciones	31
2.2.13 Sistemas Estructurales Con Pórticos Resistentes A Momento	32
2.2.14 Ductilidad en Sistemas de Pórticos Resistentes a Momento	33
2.2.16 Clasificación de Cargas	36
2.2.17 Configuración Estructural	36
2.2.18 Fallas Estructurales Ocasionadas por Sismos	38
2.2.19 Tipos De Fallas En Pórticos Resistentes A Momento	38
2.2.20 Estrategias de Rehabilitación	39

<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III</b>	<b>40</b>
3.1	Proceso Metodológico	40
3.1.1	Diseño o Tradición de Investigación Seleccionada	40
3.1.2	Ubicación y Área de Estudio	40
3.1.3	Población y Tamaño de Muestra	40
3.2	Procesos de Recolección de Datos de la Investigación	41
3.3	Análisis del Proyecto	41
3.3.1	Área	42
3.3.3	Planos	43
3.3.4	Cimentaciones.	44
3.3.5	Cadena de cimentación.	48
3.3.7	Vigas.	51
3.3.9	Análisis de Carga.	55
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>56</b>
4.1	Resultados de la Investigación	56
4.2	Descripción y Argumentación Teórica de Resultados	56
4.2.1	Propuesta	56
	<b>Conclusiones</b>	<b>56</b>
	<b>Recomendaciones</b>	<b>56</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>56</b>
	<b>Anexos</b>	<b>57</b>

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ECUADOR.....	24
Ilustración 2 TIPOS DE CIMENTACIONES.....	32
Ilustración 3 UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO.....	39
Ilustración 4 SEPARACIÓN DE ESTRIBOS.....	47
Ilustración 5 REQUISITOS DEL REFUERZO LONGITUDINAL EN ELEMENTOS A FLEXIÓN .....	48
Ilustración 6 CONFINAMIENTO EN TRASLAPE DE VARILLAS DE REFUERZO LONGITUDINAL.....	49
Ilustración 7 SEPARACIÓN DE ESTRIBOS.....	49

## Índice de Tablas

Tabla 1.- INTENSIDADES MÁXIMAS DE TERREMOTOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS EN ECUADOR.....	24
Tabla 2.- VALORES DEL FACTOR Z.....	26
Tabla 3.- TIPO DE USO IMPORTANCIA DE UNA ESTRUCTURA.....	28
Tabla 4.- VALORES DE $\Delta M$ MÁXIMOS, EXPRESADOS COMO FRACCIÓN DE LA ALTURA DE PISOS.....	29
Tabla 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PLANO DE LA VIVIENDA.....	42
Tabla 6 VALORES DE LA COHESION PARA ARCILLAS SEGÚN SU CONSISTENCIA.....	44

## **Introducción**

El Ecuador se encuentra posicionado en una de las zonas geográficas con alta sismicidad debido a que se ubica en una parte del cinturón de fuego del Pacífico ya que aquí convergen la placa Nazca y la placa Sudamericana las mismas que liberan grandes cantidades de energía cuando se produce el efecto de subducción en alguna de ellas por esta razón se registran constantemente sismos en esta zona.

Por ello es importante tener en cuenta para el diseño y la construcción las normativas vigentes que tiene nuestro país, como también se debe considerar las ordenanzas establecidas para cada localidad y sin dejar de lado los criterios propuestos por reglamentos internacionales como el American Concrete Institute (ACI).

Según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es recomendable que para las viviendas construidas con sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento se deben cumplir ciertos parámetros fundamentales para su diseño y construcción, así como también se debe tener en consideración el mapa de zonificación sísmica para obtener el valor del factor  $z$  para los respectivos análisis.

Entonces si se realiza la correcta aplicación de las normativas nacionales e internacionales se podrá cumplir a cabalidad todos los objetivos que tiene la filosofía de diseño, como prevenir los daños en elementos estructurales y no estructurales, así como también evitar el colapso de la estructura con la finalidad de salvaguardar las vidas humanas al aplicar fuerzas sísmicas durante su vida útil.

Debido a los sistemas inmobiliarios implementados en la ciudad de Machala las personas optan por adquirir viviendas construidas en urbanizaciones las mismas que se encuentran diseñadas y ejecutadas por técnicos según información del GAD municipal la ciudad de Machala cuenta con 44 urbanizaciones.

La mayor parte de viviendas construidas en estas urbanizaciones son con sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento debido a que estos sistemas se



comportan correctamente ante las cargas sísmicas ya que tienen la capacidad de disipar la energía por la ductilidad que tiene cada uno de sus elementos.

En el presente trabajo se realizó la evaluación de un modelo de vivienda de dos plantas de una de las urbanizaciones de la ciudad de Machala en la cual se llevó a cabo la comprobación de los elementos estructurales empleados en la vivienda, así como también su respectivo análisis de cargas con la finalidad de verificar si se está cumpliendo con las normativas vigentes en nuestro país.

Los análisis ya mencionados se emplearon para la modelación de la vivienda con la ayuda de un software especializado de análisis estructural para observar el comportamiento que tiene la misma ante cargas sísmicas, mediante el método de diseño basado en fuerzas que establece la normas NEC.

Después de la realización del análisis correspondiente se obtuvo como resultado la falla en algunos de los elementos estructurales como son columnas y vigas debido al incumplimiento de las normativas con respecto a las secciones de estos elementos como consecuencia de esto algunos elementos estructurales fallaron por demanda capacidad.

Por lo que se establece como una solución viable para estas fallas estructurales que se generaron la utilización de fibras de carbono para el reforzamiento de las zonas de confinamiento de las columnas con la finalidad de que se cumpla con los parámetros establecidos en las normas y los criterios mencionados con anterioridad.

# **1. CAPÍTULO I**

## **1.1 Generalidades de Objeto De Estudio**

### **1.1.1 Definición y Contextualización del Objeto De Estudio**

A nivel mundial se reportan sismos de diferentes magnitudes que pueden llegar a causar daños importantes en las estructuras existiendo mayor peligro sísmico en la zona llamada el cinturón de fuego debido a la convergencia que existen en las placas que se ubican en este y la fricción que tienen las mismas pueden generar mucha energía, por ello el 80% de terremotos de gran magnitud se dan en esta zona cuando estas placas liberan su energía.

Ecuador es uno de los países que en la actualidad registra sismos a diario debido a la convergencia de sus dos placas la placa de Nazca y la Sudamericana teniendo en cuenta que se tienen sismos que pueden llegar a grandes magnitudes como data la historia del sismo de 1906 en la frontera con Colombia.

Por ello se ve la necesidad de evaluar viviendas construidas con los sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento con ductilidad limitada con la finalidad de salvaguardar vidas humanas y preservar la integridad de la estructura aplicando la filosofía de diseño establecida en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 21015).

Actualmente la ciudad de Machala cuenta con 44 urbanizaciones de las cuales sus viviendas tienen un costo estimado entre 70.000 y 100.000 dólares construidas con sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento, por ello se ha tomado como muestra las viviendas de una Urbanización tipo con la finalidad de comprobar las fallas estructurales ante fuerzas sísmicas y tener como referente para otras viviendas y así implementar la rehabilitación estructural necesaria para las mismas.

### **1.2.1 Hechos de Interés**

Ecuador es uno de los países con mayor riesgo sísmico debido a su convergencia con dos placas la Placa Nazca y La Sudamericana, por ello la zona ecuatoriana también es

conocida como zona de subducción donde los registros sísmicos reportan terremotos con magnitudes estimadas entre 7.7 y la más alta de 8.8 que fue el 31 de enero de 1906 a una profundidad de 25 km en la frontera de Ecuador con Colombia afectando directamente a la ciudad de Esmeraldas.

Uno de los sismos también controversiales ha sido el de 1942 que tuvo una magnitud de 7.8 situado en Pedernales, debido al sismo que se produjo recientemente en el año 2016 siendo en el mismo sitio el epicentro de este sismo de magnitud 7.8 igual al anterior por ello se considera que estos sismos obedecieron a un periodo de retorno de 74 años estimando que podría haber un sismo de la misma magnitud en el año 2090.

De acuerdo a las NEC 2015 en el capítulo de Riesgo Sísmico señala la existencia de 4 niveles discretos que varían en un porcentaje de probabilidades de excedencia en 50 años los cuales son: 50%,20%,10% y 2% teniendo en cuenta el periodo de retorno correspondiente a cada porcentaje y con este a su vez se obtiene la tasa de excedencia que resulta de dividir uno entre el período de retorno ( $1/tr$ ).

En el sismo del 16 de abril de magnitud 7.8 en la provincia de Manabí existe una comunidad rural llamada Tabuga la misma que tiene una población aproximada de 612 habitantes de los cuales en el sismo ocurrido fueron afectadas el 79% de las estructuras que existen en la comunidad.

Una de las principales características que hubo en el sismo de Pedernales el 16 de abril del 2016 fue las fallas que se produjeron en las estructuras siendo principalmente por pisos blandos.

Se considera que los pisos blandos son aquellos que tiene menor rigidez que los pisos subyacentes y adyacentes por ello los modos de vibración de la estructura son diferentes.

En la NEC 2015 en el capítulo Peligro Sísmico define a la terminología de piso blando en una estructura cuando un piso tiene el 70 % menos rigidez lateral que otro sin embargo la misma considera como un piso blando aquel que tenga un 80 % menos de rigidez lateral del piso inmediatamente superior.

Según las NEC 2015 de Riesgo Sísmico para implementar estrategias de rehabilitación es necesario considerar efectos como la rigidez, resistencia y deformabilidad, así como la compatibilidad entre elementos estructurales que se implementarían en la rehabilitación.

Así mismo la rehabilitación se la realiza mediante un levantamiento de información previo basándose directamente en el nivel de desempeño que tiene la estructura analizada.

### **1.3.1 Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1.1 Objetivo General:**

- Realizar una evaluación sismorresistente de una vivienda de dos plantas mediante la utilización de un software de análisis estructural con la finalidad de determinar los posibles daños que tendrá la estructura ante un evento sísmico.

#### **1.3.1.2 Objetivos Específicos:**

- Modelar la vivienda tipo empleando un software de análisis estructural para determinar el comportamiento de la misma ante un evento sísmico.
- Comprobar si las secciones de elementos estructurales cumplen con lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).
- Plantear la estrategia de rehabilitación en la vivienda tipo.



## 2. CAPÍTULO II

### 2.1 Fundamentación Teórico- Epistemológica

El Ecuador de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) cuenta aproximadamente con 17 millones de habitantes, de los cuales el 31% no posee casa propia, sin dar efecto a lo establecido en el Art. 30 de la Constitución de la República del Ecuador el mismo que establece lo siguiente:

*“Art.30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica”[1].*

Por ello también es importante la interpretación del plan que el gobierno ha realizado durante su periodo llamado Plan Toda una Vida con la finalidad de hacer hincapié en los derechos de la ciudadanía en tener una vida digna como lo manifiesta en su objetivo 1.

“Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas” [2].

Este objetivo muy relevante establece que todas las personas tenemos derecho a una vida digna, llamándole así a tener un hábitat seguro, una vivienda en buenas condiciones, alimentación, servicios de educación y servicios de salud sin importar clases sociales ni situación económica de cada habitante.

Entendiéndose como hábitat seguro y una vivienda en buenas condiciones a los diferentes estándares de seguridad que aportan los debidos reglamentos que tiene el Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda (MIDUVI) el mismo que establece que para la construcción de una vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros se debe realizar los procesos necesarios en la municipalidades y en cuanto a la construcción se debe basar a lo señalado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el capítulo de vivienda (NEC-SE-VIVIENDA).

En la ciudad de Machala la mayor parte de viviendas construidas en urbanizaciones son con las especificaciones señaladas anteriormente sin embargo estas pueden ser

edificadas de diferentes formas es decir hay viviendas construidas con sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento y con sistemas estructurales de muros portantes he allí la diferencia en cuanto a construcción.

Según la NEC nos establece que los sistemas estructurales con pórticos resistentes a momentos son capaces de transferir los efectos de cargas producidos en columnas y vigas a la cimentación [3].

Debido a que estas viviendas son diseñadas y construidas con sistemas estructurales de ductilidad limitada con pórticos resistentes a momento, entendiéndose como ductilidad limitada al límite de deformación elástica que pueden alcanzar los materiales en el momento de aplicar fuerzas externas.

Para estos sistemas estructurales aplicamos el factor de reducción de resistencia sísmica (R) el cual depende de ciertas variables, para la definición del mismo entre ellas está el tipo de estructura, tipo de suelo, período de vibración considerado, factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de la estructura [4].

En el caso de sistemas estructurales de pórticos resistentes a momento con ductilidad limitada para el análisis se empleará un R de 3 utilizado específicamente en vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.

Se puede considerar también normativas internacionales como el American Concrete Institute (ACI) el cual establece requisitos que mejoran la continuidad de los elementos que conforman el pórtico con la finalidad de mejorar la resistencia de fuerzas laterales y la integridad del mismo.[5]

La filosofía de diseño sismorresistente que hace énfasis en el ACI es que una estructura de concreto construida debe responder en rangos no lineales cuando sea sometida a movimientos telúricos con la finalidad de que disminuya su rigidez para aumentar la capacidad de disipación de energía sin reducir su resistencia crítica.

## **2.2 Bases Teóricas de la Investigación**

### **2.2.1 Datos Históricos de Sismos de Gran Magnitud en Ecuador**

Debido a que Ecuador es un país que se encuentra ubicado en la zona intertropical también denominada cinturón de fuego del pacífico, siendo esta una franja donde se libera una gran cantidad de energía sísmica del planeta.

Encontrándose en las costas ecuatorianas la unión de dos gigantescas placas tectónicas como lo son la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana el punto donde estas se encuentran es llamado como zona subductiva.[6]

Ecuador y Perú deberían tener una similitud en cuanto a sismicidad debido a su cercanía, sin embargo, los eventos sísmicos en Ecuador son alternados por lo que tenemos etapas de reactivación sísmica y de tranquilidad sísmica.[6]

Según datos estadísticos la actividad sísmica en Ecuador tiene un periodo de 50 años para su reactivación, por ello, después de este tiempo se producen sismos cercanos a los 8 grados según la escala de Richter o en su defecto mayores estas reactivaciones son 35 veces más intensas al inicio de cada siglo.[6]

Según el Instituto Geofísico basado en el monitoreo continuo que realiza dice que en el Ecuador aproximadamente existen 2600 eventos sísmicos anuales de los mismos alrededor 300 son de magnitudes superiores a 4 grados.

Entre los más grandes terremotos que ha tenido en los últimos 30 años Ecuador destacan el de Pujilí (1996) el cual tuvo una intensidad máxima VII, el del Bahía de Caráquez (1998) este tuvo una intensidad máxima de VIII y el recordado terremoto en Pedernales el 16 de abril del 2016 el mismo que tuvo una intensidad de IX.

El sismo del 16 de abril del 2016 tuvo una magnitud de 7.8 (Mw), siendo el epicentro la costa de Pedernales, a 20 Km de profundidad generando un espectro de aceleraciones el mismo que quedó registrado en la estación Portoviejo, que superó el espectro elástico establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) vigente.[7]

TABLA 1.- INTENSIDADES MÁXIMAS DE TERREMOTOS EN LOS ULTIMOS 50 AÑOS EN ECUADOR

N°	FECHA AÑO/MES/DIA	INTENSIDAD MÁXIMA	ZONA DE AFECTACIÓN
1	1970-12-10	IX	Loja, El Oro, Azuay
2	1987-03-06	IX	Napo, Sucumbíos
3	1995-10-02	VIII	Morona Santiago
4	1998-08-04	VIII	Provincia de Manabí
5	2016-04-16	IX	Pedernales
Fuente: Instituto Geofísico del Ecuador			

Según la tabla se puede deducir que El Ecuador se enfrenta cada 12 años a un terremoto de intensidades muy altas capaz de destruir edificaciones como se puede apreciar en el TABLA 1 en 17 años se produjeron 2 terremotos con una gran capacidad destructiva en diferentes ciudades del Ecuador regresando a la misma intensidad el terremoto de Pedernales.

Las intensidades de los sismos miden el daño ocasionado o el poder de destrucción que genera el sismo sin embargo la magnitud sísmica es aquella que señala la cantidad de energía sísmica liberada en el momento del sismo.

### **2.2.2 Zonificación Sísmica Y Factores Z Para Las Diferentes Zonas Del Ecuador**

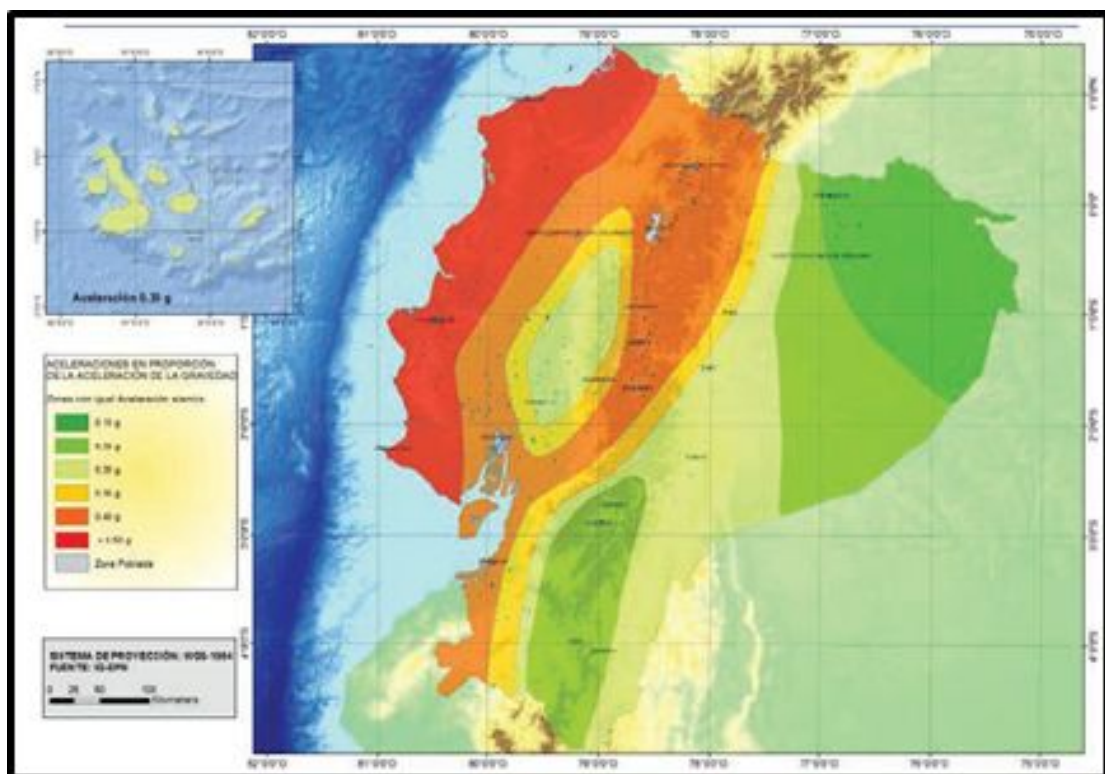
Para edificaciones de uso normal se debe implementar en su análisis el factor z, el mismo que representa la aceleración máxima en la roca que se espera para el sismo para

que el cual se está diseñando, expresándose como una fracción de la aceleración de la gravedad.[8]

El lugar donde se construirá una estructura será determinado por una de las seis zonas teniendo cada una un valor de z según la actividad sísmica que tiene cada zona.

Es importante tener en cuenta la zona sísmica en la que se encuentra la ciudad en la cual se diseñará la estructura para tener una mejor predicción del sismo de diseño al cual se someterá la estructura para el análisis correspondiente.

Ilustración 1 MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ECUADOR



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico

El mapa presentado anteriormente se basa en los resultados de un estudio exhaustivo de peligro sísmico en las diferentes zonas del Ecuador teniendo un 10% de excedencia en 50 años figurando un periodo de retorno de 475 años, esto incluye una saturación de 0.50 g, por sus valores de aceleraciones sísmicas en roca en el litoral ecuatoriano la ciudad de Machala se encontraría en un Z de 0.40 y en la zona sísmica número V [8].

TABLA 2.- VALORES DEL FACTOR Z

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico						

### 2.2.3 Peligro sísmico en Ecuador

El peligro sísmico en Ecuador está basado fundamentalmente en 2 tipos de fuentes sísmicas la de subducción y la cortical en el momento que se dan estos procesos se libera una gran cantidad de energía que afecta directamente a las estructuras.

Si se produce una subducción es provocado por la placa de Nazca que se subduce bajo la placa Sudamericana estos sismos interplaca se producen aproximado a 40 km de profundidad sin embargo los sismos que se generan por un tipo cortical o superficial son aquellos sismos someros que se producen en la placa Sudamericana estos son a menos de 40 km de profundidad [9].

Por ello es importante realizar un estudio de peligro sísmico ya que su objetivo principal es tratar de caracterizar el movimiento en el terreno producido por las fuerzas que genera el sismo, con la finalidad de determinar a qué fuerzas externas estará sometida nuestra estructura, debido a la imposibilidad de saber con certeza que la intensidad, magnitud y distancia de un fenómeno sísmico el análisis que se realiza para el diseño y construcción de una vivienda se basa en un análisis probabilístico de amenaza sísmica para tratar de predecir y modelar el comportamiento de la estructura frente a este evento.[9]

Para realizar una estimación de peligro sísmico se requiere información sobre los sismos ocurridos anteriormente definidos por la caracterización de las zonas sísmicas y

la frecuencia en la que estos se dan y las relaciones de magnitud-recurrencia correspondientes. Dicha información se puede obtener mediante datos históricos que han registrados sismos de magnitudes referentes[10].

#### **2.2.4 Filosofía de Diseño Sismo Resistente**

La filosofía de diseño de las NEC 2015 se basa principalmente en salvaguardar vidas humanas frente a eventos sísmicos definiendo ciertos parámetros o requisitos que deben cumplirse a cabalidad con la finalidad de que se cumplan los objetivos planteados en la misma.

La NEC 2015 estipula que sus objetivos principales son de prevenir daños en las estructuras ya sean en el elementos estructurales y no estructurales frente a sismos de pequeñas o grandes magnitudes que pueden ocurrir durante su vida útil y también es de vital importancia evitar que se llegue a un colapso de la estructura ante alguna fuerza sísmica que se presente para salvaguardar la vida de las personas que estuviesen en ese momento en la estructura.

Para el cumplimiento de estos objetivos la NEC nos presenta una serie de exigencias que se deben poner en práctica al momento de diseñar y construir las estructuras entre ellos tenemos:

La estructura debe ser capaz de soportar las fuerzas que se encuentran estipuladas en esta norma, así como también las derivas de piso presentadas por la aplicación de dichas fuerzas deben ser menores a las admisibles y estas deben tener la capacidad de disipación de energía frente a fuerzas externas aplicadas a la estructura[8].

#### **2.2.5 Metodología De Diseño Sismorresistente**

Para la creación de metodologías de diseño sismorresistente se ha optado por que se constituya por medio de una filosofía de diseño por desempeño, con la finalidad de crear diseños que se adapten a las necesidades de la sociedad actual. [11]

De acuerdo a la normativa vigente aplicada en Ecuador las estructuras se clasifican según su importancia.

El factor I o factor de importancia es utilizado para incrementar de cierta forma demanda sísmica que va a tener una estructura para asegurarnos que esta no va a fallar y así sufra menos daños de los previstos en el diseño después de la ocurrencia del sismo [8].

TABLA 3.- TIPO DE USO IMPORTANCIA DE UNA ESTRUCTURA

CATEGORÍA	TIPO DE USO, DESTINO+IMPORTANCIA	COEFICIENTE
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, instalaciones militares, de policías, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. 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 esencial	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
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico		



En el diseño sísmico por desempeño se busca los desplazamientos, distorsiones de piso y el comportamiento de cada uno de los elementos estructurales y no estructurales durante los sismos de pequeña magnitud que se van a dar durante la vida útil de la estructura, o sismos de mayor magnitud que también pueden ocurrir en la vida útil de la edificación, o sismos más fuertes en los cuales la probabilidad de ocurrencia es menor[11].

### 2.2.6 Derivas de Pisos

Se define como deriva de piso al desplazamiento lateral que tiene una edificación producido por fuerzas a las que está expuesta la estructura.

*“La deriva máxima para cualquier piso de la estructura no excederá los límites de deriva inelástica establecidos, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso”.*[8]

TABLA 4.- VALORES DE  $\Delta M$  MÁXIMOS, EXPRESADOS COMO FRACCIÓN DE LA ALTURA DE PISOS

ESTRUCTURAS DE:	$\Delta M$ MÁXIMA (SIN UNIDAD)
Hormigón armado, estructura metálica y de madera	0,02
De mampostería	0,01
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro Sísmico	

Las derivas de piso permiten determinar la existencia de pisos blandos en la estructura si fuere caso que esta sobrepase los límites admisibles que establece la normativa[12].

Las derivas de piso se dan según las secciones que tengamos en nuestras vigas y columnas por ello es importante un previo análisis y no obstante las diferencias entre valores de deriva son más marcadas cuando existen pisos superiores en los pórticos

donde por la altura son menos eficientes para el control de desplazamientos laterales[13].

### **2.2.7 Cortante Basal**

El cortante basal o también llamado fuerza cortante en la base es la fuerza lateral total que relaciona la zona sísmica donde se encuentra posicionado el proyecto, el coeficiente de respuesta sísmica, el peso de la estructura más un 25 % de la carga viva de piso con el factor de reducción se debe tener en consideración que se emplea esta expresión únicamente para viviendas de 2 pisos con luces de hasta 5 metros según la NEC de Vivienda.

*“Según la NEC el cortante basal es la fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma”[8].*

### **2.2.8 Espectros de Respuesta**

Los espectros de respuesta elásticos dependen directamente de las zonas sísmicas donde se encuentre la estructura ya que las ordenadas espectrales corresponden a la pseudo-aceleración ( $S_a$ ), expresada como la fracción de la aceleración de la gravedad mientras que el eje horizontal del plano es el periodo de la estructura ( $T$ )[14].

Según las NEC el espectro de diseño puede se representa mediante las características geológicas, tectónicas y sismológicas del lugar donde se construirá la estructura.

*“Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño”[8].*

### **2.2.9 Energía sísmica en una estructura**

Al someter una estructura a un sismo juega un papel importante la ley de conservación de la energía debido a que al aplicar las fuerzas externas de un sismo en la estructura está la convierte en energía elástica y en energía disipada [15].

Por ello se debe tener en consideración el efecto de direccionalidad en los edificios entendiendo a éste como el efecto de la variación del rendimiento sísmico de la edificación ya que este depende de la orientación del edificio con respecto al sismo aplicado.

### **2.2.10 Estructuras Sismorresistentes**

Se define como estructura a un conjunto de elementos verticales y horizontales que lo componen, con la finalidad de resistir las fuerzas gravitacionales o de peso propio, así como también las fuerzas externas que se aplican en la misma siendo capaz de que no se deforme ante los movimientos sísmicos.

Para diseñar una estructuras sismorresistentes normalmente se utilizan distintos materiales entre ellos el hormigón , la mampostería y el acero estructural los mismo que se han acercado mucho más a un comportamiento lineal elástico favoreciendo a la estructura al momento de un sismo[16].

La comunidad internacional de Ingeniería Estructural ha hecho hincapié en la importancia de complementar la fase numérica del diseño sísmico con una fase conceptual y de implementación, basándose en el control de la respuesta dinámica de las estructuras sismorresistentes[17].

Por ello se ha tomado el concepto de diseño por desempeño como opción más idónea para cumplir los objetivos de diseño, sistemas estructurales y configuración adecuados (fase conceptual), el dimensionamiento y detallado de una estructura (fase numérica) y la garantía del control de la calidad en la estructura durante la construcción hasta el fin de su vida útil tras el mantenimiento oportuno de la misma[17].

Para que una edificación sea sismorresistente debe ser diseñada y construida con una configuración estructural adecuada, se deben tener en cuenta las dimensiones de los elementos que la van a componer según lo dictado en la norma con la finalidad de que soporte las cargas a las cuales va a estar sometida.

Al diseñar estructuras sismorresistentes es importante reconocer que son antieconómicas, pero también es loable saber que al momento de presentarse un sismo la estructura como tal alcanza su resistencia lateral, es decir, para evaluar la resistencia

lateral se debe realizar diferentes procedimientos como son modos de falla por cortante, agotamiento prematuro, etc.; por ello se requiere diseñar una estructura con capacidad de desplazamiento o distorsiones por sismo[18].

Debido a que como anteriormente ya hemos hecho hincapié sobre que el análisis sismorresistente es un análisis probabilístico no existe la certeza de que una edificación o estructura sea completamente sismorresistente porque no se puede predecir si existirá un sismo más fuerte que el de diseño.

Lo importante en estas estructuras que si bien es cierto no son completamente sismorresistente sean capaces de disipar la energía a tal punto de que no ponga en riesgo la vida de las personas que habiten allí.

Existen unos principios básicos para la sismo resistencia como son:

- La estructura debe tener una forma regular ya sea en planta y en elevación debido a que las formas irregulares afectan a la misma en el momento que se apliquen las fuerzas del sismo favoreciendo a la torsión.
- Debe ser liviana debido a que una estructura liviana soporta una fuerza menor en el momento del sismo sin embargo si esta es muy pasada el movimiento va a ser más fuerte.
- Una estructura sismorresistente debe tener una rigidez adecuada para evitar deformación exageradas al momento del sismo por ello esta debe tener la suficiente rigidez para deformarse paulatinamente.
- Y por último una edificación sismorresistente debe tener una buena cimentación, que sea capaz de transferir al suelo todas las fuerzas a las que está siendo sometida la estructura.

### **2.2.11 Cimentaciones para Estructuras Sismorresistentes**

La función principal de una cimentación son que los efectos de carga sean transferidos al subsuelo ya sean estas cargas vivas, muertas o cargas sísmicas; así como también estas deben ser construidas con materiales que garanticen el correcto comportamiento de la estructura frente a asentamientos que se pueden producir por el subsuelo, estas

cimentaciones deben ser capaces de que su resistencia se encuentre por debajo de los límites de falla y tener una buena resistencia a corte.

Según la NEC establece que existen dos tipos de cimentaciones entre estas tenemos las cimentaciones superficiales y las cimentaciones profundas estos tipos de cimentaciones se las eligen mediante ciertos ítems que son importantes para el diseño de estas.

En primer lugar, estas cimentaciones deben contemplar qué tipo de estructura va a ser y que cargas esta va a transmitir, estudios de suelo del lugar donde se encontrará la estructura y los costos que se va a tener para construir la alternativa elegida, sin embargo, los costos son importantes, pero predomina un diseño seguro resistente.

También se debe tener en consideración que el movimiento que se da provocado por un sismo en un terreno sin estructura o campo libre es diferente al que se da en un terreno con estructura a esto se lo conoce como interacción suelo-estructura[19].

Por ello en el diseño estructural de una cimentación es importante el cálculo de las excentricidades que se produzcan en el punto de aplicación de cargas y centro geométrico de la cimentación estas excentricidades son consideradas para la realización del cálculo de capacidad ante falla, capacidad admisible y asentamientos totales, diferenciales y giros[20].

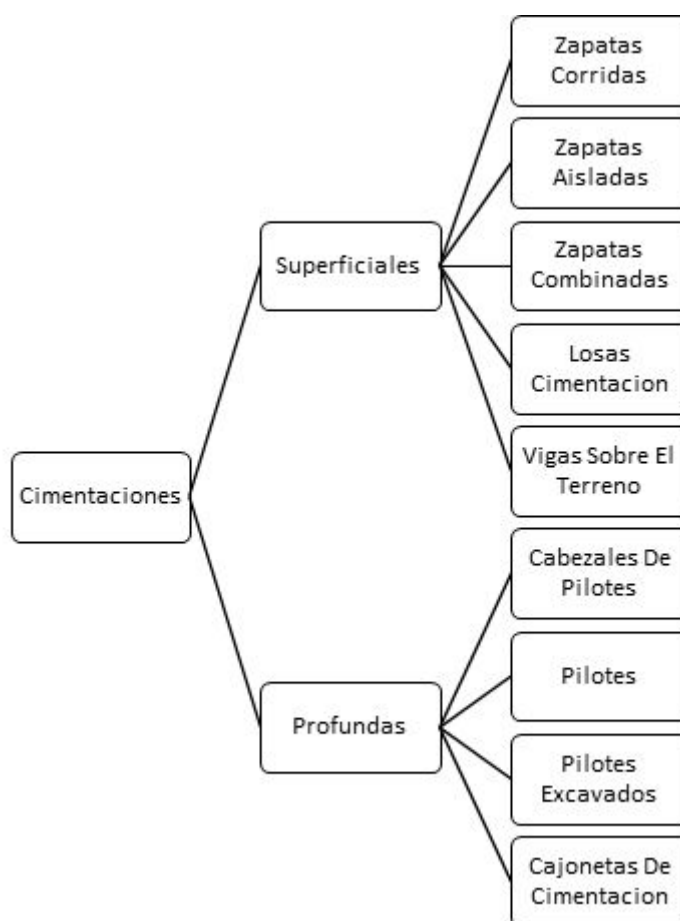
*“Se deben considerar el efecto de la interacción suelo-cimentación para determinar los niveles de esfuerzos y deformaciones”[20].*

### **2.2.12 Tipos de Cimentaciones**

La subestructura o cimentación es una parte de la estructura que es colocada por debajo de la superficie del terreno siendo esta la que transmite las cargas al suelo o roca subyacentes. Por ello cada edificación tiene que ser analizada tener en cuenta qué tipo de cimentación necesitará la estructura [21].

Según el ACI en su capítulo 13 clasifica a las cimentaciones en 2 tipos; cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas.

Ilustración 2 TIPOS DE CIMENTACIONES



Fuente: Autor

Las cimentaciones superficiales son diseñadas mediante el método de esfuerzos admisibles (EA) garantizando su seguridad mediante el empleo de un factor de seguridad (FS) siendo el valor de 3 el más utilizado en este tipo de cimentaciones[22].

Es importante destacar que en cimentaciones superficiales uno de los ensayos que originalmente se realizaba para evaluar la capacidad portante de estas es el ensayo de penetración estándar (SPT)[23].

### **2.2.13 Sistemas Estructurales Con Pórticos Resistentes A Momento**

En Ecuador el hormigón armado es uno de los materiales más usados para la construcción, siendo los de Pórticos Resistentes a Momento uno de los sistemas estructurales más empleados para el diseño y construcción de las edificaciones [24].

Los pórticos resistentes a momento se conforman por un conjunto de vigas y columnas que transmiten las cargas verticales y horizontales a la cimentación, con la finalidad que se formen rótulas plásticas en los extremos, es decir, que estas rótulas plásticas deben generarse en las vigas más no en columnas, ya que al formarse en las vigas se presentarán mínimo 20 deformaciones sin que la estructura llegue a colapsar[25].

Entonces se puede definir como pórtico resistente a momento aquel que sus elementos como vigas y columnas y también sus conexiones (nudos) son capaces de resistir fuerzas tales como flexión, cortante y fuerza axial.

#### Elementos que forman un pórtico:

Columna. – es un elemento estructural que conforma el pórtico normalmente tiene una sección cuadrada y es más alta que ancha este elemento es diseñado para soportar cargas verticales.

Viga. – es un elemento estructural que se ubica de forma horizontal al igual que las columnas, está conforma el pórtico y soporta cargas verticales.

Las edificaciones diseñadas y construidas con pórticos resistentes a momento se basan en un criterio de columna fuerte viga débil con la finalidad de formar rótulas plásticas en las vigas más no en columnas, esto se logra mediante el diseño de una armadura longitudinal de las columnas teniendo en cuenta la resistencia a flexión que tendrán las vigas[26].

#### **2.2.14 Ductilidad en Sistemas de Pórticos Resistentes a Momento**

Como anteriormente ya se ha mencionado los pórticos son formados por un conjunto de elementos estructurales que son columnas y vigas conectados por nodos según investigaciones se ha establecido que para zonas con alta probabilidad de ocurrencia de sismos se diseñe estos sistemas estructurales debido a su adecuado comportamiento y su capacidad para disipar la energía gracias a la deformación plástica que pueden tener sus elementos.

Hay que tener en cuenta el diámetro que se colocara en los estribos de las columnas y vigas para que exista un diseño dúctil del elemento en su zona de confinamiento[27].

Por ello este tipo de sistemas estructurales llega a tener valores de ductilidad muy altos en comparación con otros sistemas estructurales así mismo aplicando las normativas correspondientes para un buen diseño del mismo.

La ductilidad de estos sistemas estructurales básicamente depende de los elementos que se están empleando en este, así mismo también su forma de constituirse ya que esto juega un papel importante debido a que facilita la deformación elástica y si fuere el caso superarán los límites de esta deformación se forman las rótulas plástica en vigas y por esto es importante la aplicación del criterio viga débil – columna fuerte.

*“Definiendo como ductilidad a la capacidad de una sección transversal o de un elemento estructural, para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica”[8].*

### **2.2.15 Tipos De Pórticos Resistentes A Momento**

#### ***Pórticos ordinarios resistentes a momento***

En los pórticos resistentes a momento ordinarios los requerimientos que se deben tomar en cuenta en cuanto al diseño de vigas es que al menos deben ser colocadas 2 barras en la cara superior y en la inferior, las barras de la parte inferior de la viga no deben ser menor  $\frac{1}{4}$  del área de las barras colocadas en la parte inferior del vano.[5]

Así mismo para el cálculo de las columnas este debe realizarse para soportar las fuerzas axiales mayoradas, estos requisitos anteriormente señalados son para mejorar la continuidad de los elementos que conforman el pórtico y así mejorar también la resistencia de las fuerzas laterales y la integridad estructural.



### ***Pórticos intermedios resistentes a momento***

Estos pórticos son diseñados con la finalidad de que durante un sismo la estructura reduzca los daños ocasionados por fallas que se pueden presentar frente a este principalmente a los elementos estructurales como columnas y vigas para el cálculo de estos se toma en cuenta la fuerza cortante mayorada.

Según el ACI para el diseño de las vigas deben colocarse al menos 2 barras continuas en la parte superior e inferior de la misma las barras que se colocaran en la parte inferior debe tener al menos  $\frac{1}{4}$  del área máxima que tienen las barras inferiores a lo largo del vano.

*“La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que un tercio de la resistencia a momento negativo proporcionada en esa misma cara del nudo”[5].*

*“La resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección a lo largo de la longitud de la viga, no debe ser menor de un quinto de la resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos”[5].*

### ***Pórticos especiales resistentes a momento***

Esta clase de pórticos en sus elementos estructurales incluyen vigas y columnas interconectadas mediante un nudo, estas vigas y estas columnas pueden estar inclinadas siempre y cuando la conformación de estos siga actuando como un pórtico, es decir, que la resistencia lateral se produzca por la transferencia del momento en vigas y columnas y no fuerzas puntuales o diagonales.

En los pórticos resistentes a momento especiales las vigas son diseñadas con la finalidad de que resistan combinaciones de momento y fuerza axial como ocurre en vigas que actúan como elementos de un pórtico y como cuerda o en su defecto actúan como colectores de un diafragma[5].

## **2.2.16 Clasificación de Cargas**

### ***Cargas Permanentes***

*“Están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales, tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura”*[28].

### ***Cargas Variables***

*“Las sobrecargas que se utilicen en el cálculo dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras”*[28].

### ***Cargas Accidentales***

Las mismas que comprenden cargas sísmicas, por incendios y choque de vehículos [28].

## **2.2.17 Configuración Estructural**

La NEC recomienda que las edificaciones deben ser lo más regulares y simétricas posibles debido a que es mejor su comportamiento ante fuerzas externas, priorizando formas cuadráticas y rectangulares.[29]

En el caso de tener una longitud en planta excesiva en una estructura esto afectará directamente a su comportamiento estructural cuando se produzca algún movimiento de tierra generado por un sismo. Entonces si existe mayor longitud, está producirá mayor daño debido todos los puntos no tendrán la misma acción sísmica y van tener diferentes comportamientos dinámicos por ello también cambiará su demanda de resistencia y ductilidad [29].

En el caso tener edificaciones irregulares la NEC recomienda usar los coeficientes establecidos para la configuración estructural con la finalidad de tomar en cuenta ciertas irregularidades que nos pueden llevar a daños severos en la estructura o a su colapso[4].

En una edificación puede existir diferentes tipos de irregularidades la norma nos presenta algunos coeficientes para las distintas configuraciones estructurales con la finalidad de que estas estructuras presenten un mejor comportamiento ante cargas sísmicas.

### ***Irregularidad torsional***

La irregularidad torsional se produce debido a que la máxima deriva de piso de la edificación es mayor a 1,2 veces la deriva promedio incluyéndose a este cálculo la torsión accidental y siendo tomado de referencia un mismo eje para determinar la deriva [4].

Por ello se debe asignar un valor de 0.90 al coeficiente de irregularidad en planta se existiere este caso. No obstante, se aplica el coeficiente independientemente si la deriva es mayor al promedio.[30]

### ***Retrocesos Excesivos en las esquinas***

En edificaciones que tengan entradas excesivas en las esquinas también es considerada como una estructura irregular, para determinar que una estructura tiene entra excesivas los lados entrantes son mayores al 15% de las dimensiones en planta [4].

Las estructuras con entradas excesivas produce grandes momentos en las esquinas de las entradas estableciéndose a estos como ejes para efectuar una mayor demanda torsional.[31]

### ***Discontinuidad en el sistema de pisos***

Cuando una edificación tiene discontinuidades estimables o en su defecto tiene variaciones de rigidez también se considera como una configuración estructural y como hemos establecido anteriormente se debe utilizar los diferentes coeficientes para prevenir daños en esta.

Según la NEC para determinar este tipo de discontinuidades se deben tener en cuenta también si son causadas por aberturas, entrantes o huecos y si estas tiene áreas mayores

al 50% del área total del piso o que tenga cambios en la rigidez y que este sea más del 50% entre niveles consecutivos[4].

### ***Ejes estructurales no flexibles***

Una edificación también es considerada irregular cuando sus ejes estructurales no son paralelos o simétricos con referencia a los ejes ortogonales principales de la estructura[4].

## **2.2.18 Fallas Estructurales Ocasionadas por Sismos**

En el análisis estructural se consideran ciertos parámetros como ductilidad, la resistencia y redundancia estructural, por ello es importante utilizar fuerzas que no solo sean las que se plantean para el diseño sino aquellas que garanticen el desempeño estructural correcto ante cargas sísmicas que puede variar en su magnitud.

## **2.2.19 Tipos De Fallas En Pórticos Resistentes A Momento**

- Fallas por flexión en vigas: son el resultado de la elongación de las fibras extremas, debido a esto la deflexión de la viga aumenta.
- Fallas por resistencia al cortante: esta se produce por la falta de elementos estructurales que ayuden a la resistencia de la estructura para soportar fuerzas cortantes.
- Fallas por flexión en las columnas: las fallas de este tipo se forman mediante el origen de rótulas plásticas en las columnas.
- Falla por pisos suaves o débiles: Esta falla se presenta cuando alguno de los niveles o pisos de la estructura reduce significativamente su resistencia lateral produciendo un mal comportamiento ante fuerza externas. La gran mayoría de las causas para la existencia de un piso blando está asociado con la falta de diseño sismorresistente en la estructura, es importante mencionar que depende del criterio que se tenga al discernir la configuración portante de la edificación durante el análisis previo a la construcción.[32]

- Fallas por cortante en columnas: se debe al déficit de acero en la zona confinamiento debido a que no se cumple lo establecido en las normativas y la falta de utilización de ganchos sísmicos para su construcción.

### **2.2.20 Estrategias de Rehabilitación**

Para realizar estrategias de rehabilitación es importante tomar en cuenta los procedimientos con el cual se realizó el refuerzo de la estructura para la disipación o para enfrentar la fuerzas sísmicas por ello se debería validar los espectros para los cuales fue diseñado y realizar la evaluación de capacidad los elementos estructurales por lo tanto se realiza una estrategia de rehabilitación o un refuerzo en los elementos únicamente para que su comportamiento al momento de un nuevo sismo sea el correcto estructuralmente hablando.

Una de las estrategias de rehabilitación que ha dado un buen resultado según estudios ha sido en la que emplea fibra de carbono debido a que como es de conocimiento general la fibra de carbono puede llegar a alcanzar 10 veces más la resistencia mecánica del acero por ello ha sido utilizada en diferentes tipos de rehabilitación entre ellos tenemos:

- Reforzamiento por aumento de secciones.
- Reforzamiento por deterioro del acero.
- Reforzamiento por fisuras en elementos estructurales.

Las ventajas que tiene la fibra de carbono aparte de su versatilidad es que se puede utilizar en los elementos estructurales aportandoles a esta mayor resistencia aportando mayor capacidad de tensión y confinamiento en los elementos, así como también puede ser usada en vigas para restauración de la capacidad de tensión o reconstrucción de su confinamiento, y en columnas para aumentar su confinamiento y para soportar los esfuerzos a tensión cuando el acero ha dejado de funcionar[33].

Otra de las estrategias de rehabilitación usadas también en el mercado es el encamisado estructural el mismo que consta de reforzar los elementos estructurales con acero y posteriormente realizar una fundición este reforzamiento necesariamente debe de realizarse desde la base de cimentación.

### 3 CAPÍTULO III

#### 3.1 Proceso Metodológico

##### 3.1.1 Diseño o Tradición de Investigación Seleccionada

El presente trabajo tiene una estructuración o diseño documental y bibliográfico mediante el mismo se realiza una explicación profunda acerca de la temática desarrollada siendo fundamentada mediante artículos científicos y normativas vigentes en el Ecuador.

##### 3.1.2 Ubicación y Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en la zona norte de la ciudad de Machala en la Provincia de El Oro ubicada en la calle Bolivia con coordenadas geográficas  $S 3^{\circ}16'39.524''$  y  $O 79^{\circ}56'37.534''$  posicionada a una altura aproximada de 12 metros sobre el nivel del mar.

Ilustración 3 UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO



Fuente: Google Maps

##### 3.1.3 Población y Tamaño de Muestra

Según el GAD Municipal de la ciudad de Machala existen 44 urbanizaciones construidas con sus respectivos permisos de urbanización y permiso de construcción, algunas de ellas están diseñadas con muros portantes y otras con pórticos resistentes a

momentos, las mismas que tienen costos elevados para su accesibilidad estos valores bordean entre 70000 hasta los 140000 dólares americanos.

Entre las urbanizaciones más conocidas diseñadas con pórticos resistentes a momento tenemos “Oro City”, “Santa Inés”, “Ciudad Verde”, “Casa club Crucitas”, “Alcántara”, “Portal del Río”, “La Riviera”, “Portal de Barú”, “Portal del Río”, “Celessia” entre otras.

La urbanización propuesta para el objeto de estudio se encuentra conformada por 148 viviendas todas ellas construidas con sistemas estructurales aporticados.

### **3.2 Procesos de Recolección de Datos de la Investigación**

Para el presente trabajo se procedió a la obtención de planos estructurales y arquitectónicos con la finalidad de trabajar con los datos que se realizaron en dichas viviendas con el objetivo de obtener un análisis lo más aproximado posible a la realidad que se va a originar en el momento que se produzca un sismo con las características indicadas en el software de análisis estructural.

Posteriormente se realizó los cálculos para obtener las cargas correspondientes a cada piso de la vivienda incluyendo la cubierta estos cálculos se encuentran basados en las normativas vigentes en el Ecuador.

Mediante el cálculo de cargas, se realizó una simulación en el software para ejecutar el análisis estructural que se provoca con las diferentes cargas ingresadas, para que subsiguientemente se pueda dar una estrategia de rehabilitación a dichos problemas que puedan presentar las viviendas tipo que hemos elegido en nuestro proyecto ante fuerzas laterales.

### **3.3 Análisis del Proyecto**

Cada proyecto posee ciertos aspectos que lo hacen único, aunque mantienen características similares a otros proyectos, al referirse a un proyecto de obra civil uno de los aspectos que debemos considerar es el tipo de edificación que se realizará. La vivienda tipo a la cual se ha realizado la evaluación pertenece a una de las

Urbanizaciones de la ciudad de Machala construidas con pórticos resistentes a momento, la cual cuenta con las características descritas a continuación:

### 3.3.1 Área

La vivienda escogida para nuestra evaluación posee un área de construcción de 137.5 m<sup>2</sup>, el cual está dividido en Planta Baja, 1ra Planta Alta, consta con una altura entreplanta de 2,68 m y una altura total de 6.68 m.

CUADRO DE ÁREAS	
Plantas	M2
Planta Baja	66,45
1ra Planta Alta	71,08
Área del Terreno.	137.5
Fuente: Autor	

### 2.3.2 Funcionalidad de la Vivienda

La vivienda analizada cuenta de 2 niveles, que servirá para albergar a los ciudadanos de la ciudad de Machala. La estructura estará dividida en las siguientes áreas, Planta baja, 1ra Planta Alta.

- Planta Baja: La planta baja posee un área de 60.9m<sup>2</sup>, el cual contará con: sala, cocina, baño, vestíbulo y comedor.
- Primera Planta Alta: Esta planta tendrá un área de 71.1 m<sup>2</sup>, la cual contará con; 3 dormitorios y 2 baños.

La estructura analizada está construida por medio del sistema de pórticos resistentes a momentos y losas en dos direcciones de concreto reforzado, los muros de división se



encuentran contruidos de mampostería de block Pómez. La fachada y los acabados seguirán un estilo tradicional.

El sistema estructural está formado por vigas de 30 x 20, columnas de 0.25x 30, con aceros según lo calculado y losas de hormigón armado.

### 3.3.3 Planos

- Se realizó un análisis de los planos tanto Arquitectónicos y Estructurales de la vivienda para poder detallar minuciosamente cada elemento estructural que componen nuestra estructura, así como también las especificaciones técnicas.

TABLA 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PLANO DE LA VIVIENDA

<b>Especificaciones Técnicas</b>	
Cadenas, columnas y losas	Hormigón armado
Grada	Hormigón armado
Cubiertas	Estructura metálica
Pisos	Porcelanato, cerámica
Enlucidos	Mortero de cemento
Ventanas	Aluminio y vidrio
Puertas	Madera
Paredes	Bloque alivianado 10x20x40 cm
Pintura	A base de caucho
Cielo raso	Gypsum

Sanitarios	Briggs
Grifería	Hove
Fuente: Planos de Vivienda Tipo	

- En esta parte del proceso también se determinará también el nivel que se le dará a la estructura. Las normas NEC nos recomienda que nos elevemos 0.50m o el Ing. Calculista modifique cuanto se eleva del corte.

### 3.3.4 Combinaciones de Carga.

Las NEC en su Guía de Hormigón Armado plantea las siguientes combinaciones de cargas basadas en el Método de Diseño por Resistencia. **(Ver Anexo A)**

- 1.4D
- 1.2 D + 1.6 L + 0.5(S ó R)
- 1.2 D + 1.6 L + 0.5(S ó R) + (L ó W)
- 1.2 D + 1.0 W + 0.5(L ó S ó R)
- 1.2 D + 1.0 E + L + 0.25 S
- 0.9 D + 1.0 W
- 0.9 D + 1.0 E

Donde:

D = Carga muerta

E = Carga de sismo

L = Carga viva o sobrecarga

R = Carga de lluvia

S = Carga de granizo

W = Carga de viento

### 3.3.5 Cimentaciones.

Según los detalles que se pueden apreciar en los planos, la profundidad que se procedió a excavar es de 1.80m, de los cuales 0.55m se ha realizado una reposición con material de mejoramiento y piedra bola.

El cálculo del desplante (Df) sirve para determinar la profundidad de la cimentación en función del Índice Plástico[34].

$$Df = \frac{[(0.83 - 0.017 * IP) * IP]}{\gamma}$$

También se puede determinar el valor de la cohesión mediante la siguiente fórmula:

$$c = 0.99(LL - 10)$$

Con la siguiente tabla determinar la consistencia de la arcilla, lo cual nos permitirá identificar el peso específico y ángulo de fricción interna.

TABLA 6 VALORES DE LA COHESIÓN PARA ARCILLAS SEGÚN SU CONSISTENCIA

Consistencia	Identificación en Campo	Cohesión
Muy blanda	Fácilmente penetrable varios centímetros con el puño	<0.125
Blanda	Fácilmente penetrable varios centímetros con el pulgar	0.125-0.25
Media	Se requiere un esfuerzo moderado para penetrarlo varios centímetros	0.25-0.5
Rígida	Indentable fácilmente con el pulgar	0.5-1
Muy Rígida	Indentable fácilmente con la uña del pulgar	1-2
Dura	Difícil de indentar con la uña del pulgar	2

Fuente: Carlos Crespo Villalaz.

- Se puede determinar la capacidad de carga última del suelo MÉTODO DE TERZAGHI.
- Los factores de carga los tomamos de la tabla Terzaghi (ángulo de fricción interna)
- Determinamos la capacidad de carga última  $q_c$ .

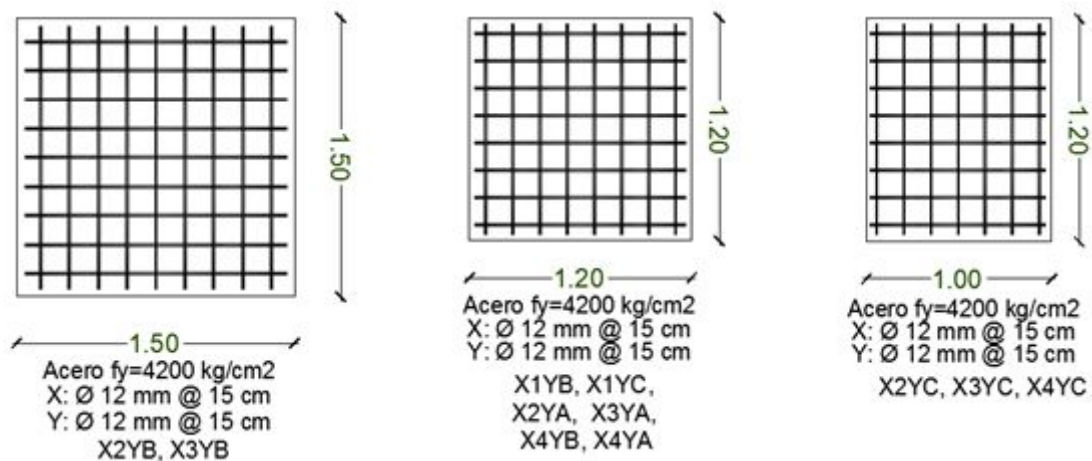
$$q_c = c' * N'c + Gm * Df * N'u + 0,5 * Gm * B * N'g$$

- Después determinamos la capacidad de carga admisible  $q_a$ .

$$q_a = \frac{q_c}{FS}$$

- Examinando los planos se conoció que las dimensiones de los plintos perimetrales y centrales. Los plintos perimetrales tienen una dimensión de P2(1.20mx1.20m); P3(1.00mx1,20m) y los plintos centrales tienen una dimensión de P1(1,50mx1.50m).

### DETALLE DE LA CIMENTACIÓN



- La vivienda tipo tiene un Hormigonado del Replanteo de espesor de 10cm, recubrimiento de 7 cm y  $f'c=180 \text{ Kg/cm}^2$
- Armado de las zapatas se ha realizado empleando un  $\varnothing 12 \text{ mm}$  . (Ver anexo B)
- Las NEC-SE-GC-Geotecnia y Cimentaciones clasifica las cimentaciones como superficiales o profundas por la siguiente relación:

$$\frac{Df}{B} \leq 4 = \text{cimentacion superficial}$$

$$\frac{Df}{B} \geq 4 = \text{cimentacion profunda}$$

Donde:

Df: Profundidad de desplante

B: Ancho de cimentación

- Las NEC nos dice que la capacidad de carga Admisible es el cociente entre la carga última y un factor de seguridad (FS).

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

qu: Capacidad de carga última

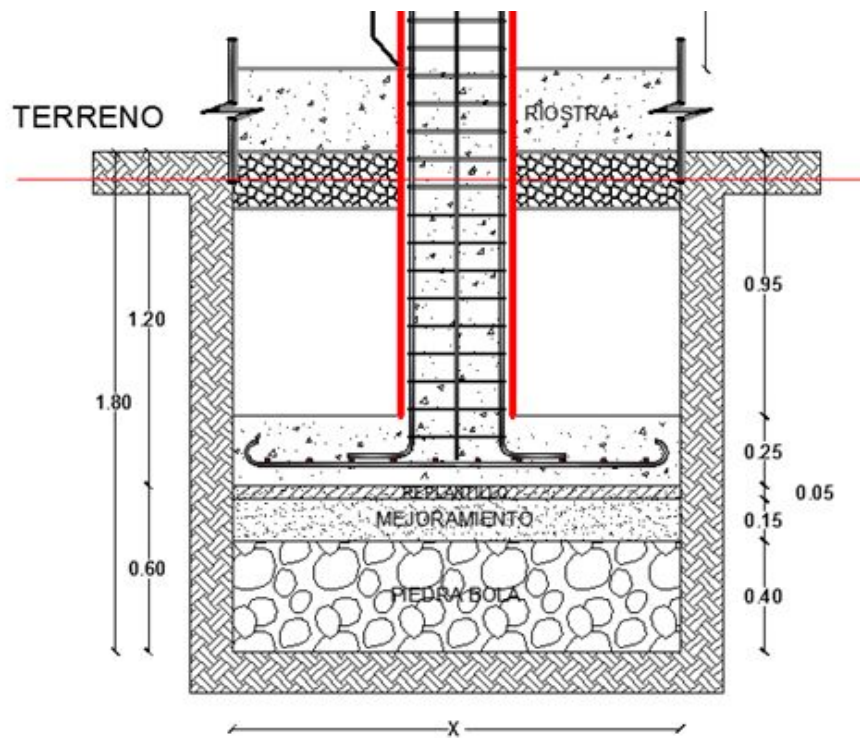
FS: Factor de seguridad

- El factor de seguridad FS según las NEC, dependerá del tipo de estructura.

TABLA 7 FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS MÍNIMOS

CONDICIÓN	F.S.I.M ADMISIBLE
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño pseudo estático	1.5
Fuente: NEC Geotecnia y Cimentaciones	

## CIMENTACIÓN DE VIVIENDA



### 3.3.5 Cadena de cimentación.

- La vivienda evaluada posee 3 dimensiones de riostras R1(0.20m x 0.30m); R2(0.20m x 0.25m); R3(0,15m x 0.20m).
- La riostra R1(0.20m x 0.30m) posee un armado de la siguiente manera:

As sup: 2 Ø 12 mm
As inf: 3 Ø 12 mm
As ref: 2 Ø 12 mm
ESTRIBOS:
Extremos: 1 E 8 mm @ 10 cm
Centro: 1 E 8 mm @ 15 cm
Recub= 4 cm

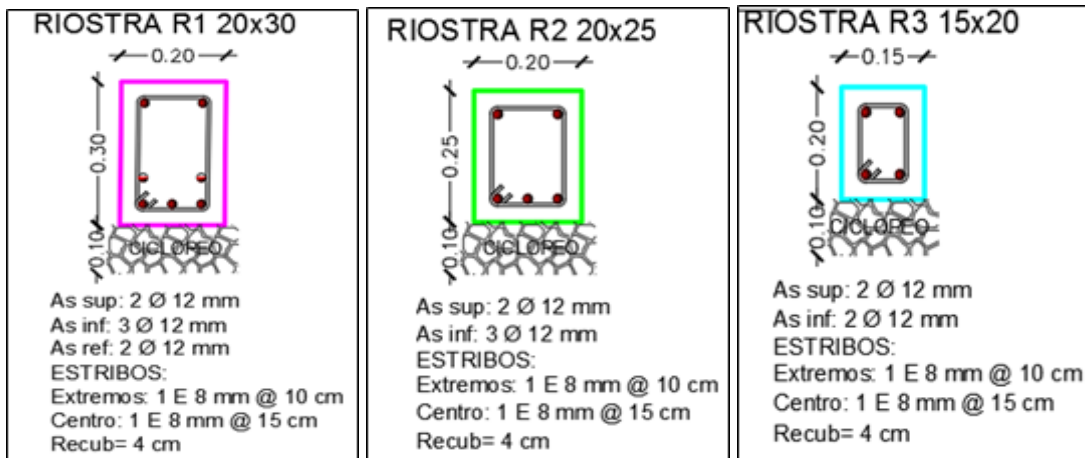
- La riostra R2(0.20m x 0.25m) posee un armado de la siguiente manera:

As sup: 2 Ø 12 mm
As inf: 3 Ø 12 mm
ESTRIBOS:
Extremos: 1 E 8 mm @ 10 cm
Centro: 1 E 8 mm @ 15 cm
Recub= 4 cm

- La riostra R3(0,15m x 0.20m). posee un armado de la siguiente manera:

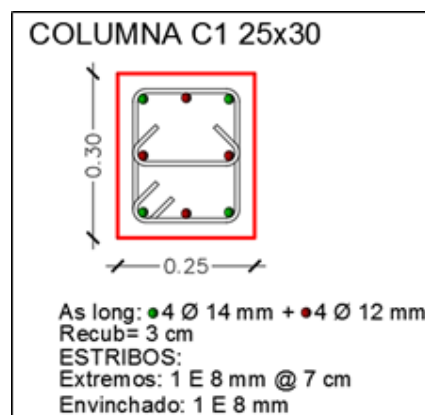
As sup: 2 Ø 12 mm  
 As inf: 2 Ø 12 mm  
 ESTRIBOS:  
 Extremos: 1 E 8 mm @ 10 cm  
 Centro: 1 E 8 mm @ 15 cm  
 Recub= 4 cm

- Las riostras de la vivienda que se está evaluando constan con un recubrimiento de 3 cm.
- El hormigón de las riostras tiene una resistencia a la compresión de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>



### 3.3.6 Columnas.

- Las dimensiones de las columnas para esta vivienda son de 0.25m x 0.30m



- Consta de un armado de las columnas de la siguiente manera:

As long: ●4 Ø 14 mm + ●4 Ø 12 mm  
 Recub= 3 cm  
 ESTRIBOS:  
 Extremos: 1 E 8 mm @ 7 cm  
 Envinchado: 1 E 8 mm

- Las columnas de la vivienda tipo evaluada constan con un recubrimiento de 3 cm.
- Hormigonado de las columnas  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
- $A_g=750 \text{ cm}^2$   $900 \text{ cm}^2$  Sección mínima Código ACI. **(Ver anexo C)**
- De lo que podemos decir que las columnas tienen una cuantía 0.014%. Por lo cual está dentro del rango citado en las normas NEC. **(Ver anexo D)**

$$0.01 \leq \frac{P_g}{A_g} \leq 0.03$$

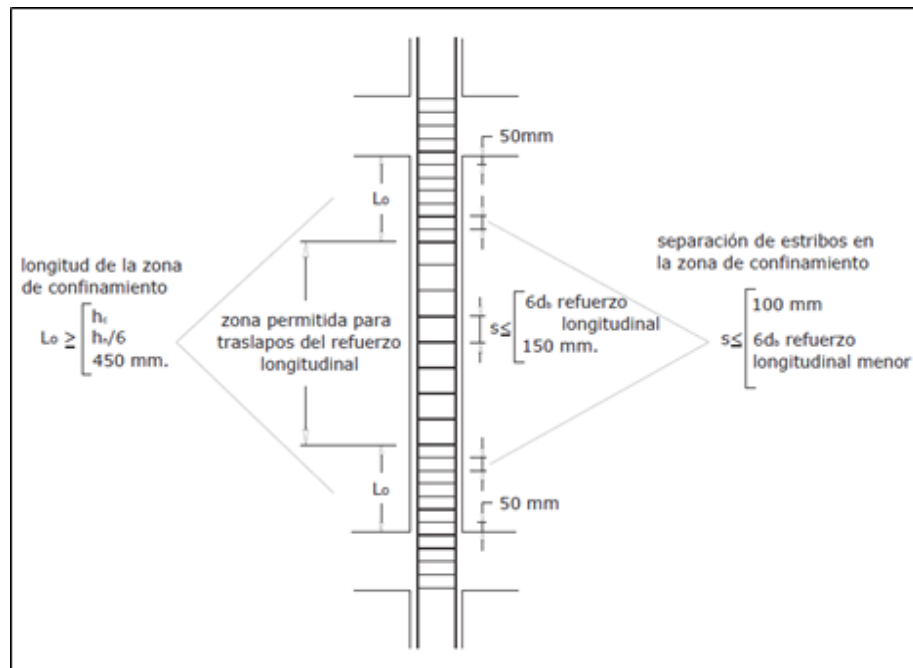
Donde:

$P_g$ : Área de refuerzo longitudinal

$A_g$ : Área bruta de la sección

- Las separaciones de refuerzos transversales están cumpliendo lo establecido en las NEC.

Ilustración 4 SEPARACIÓN DE ESTRIBOS



Fuente: NEC Hormigón Armado

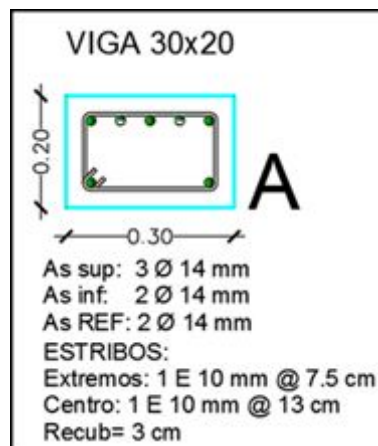


- “Gancho sísmico: en el extremo de un estribo o gancho suplementario que tiene unos dobles de más de 135 grados, excepto que en los estribos cerrados de confinamiento circulares deben tener un dobléz no menor de 90 grados. Los ganchos sísmicos deben tener una extensión de  $6 d_b$  (pero no menor de 75 mm)”[34].

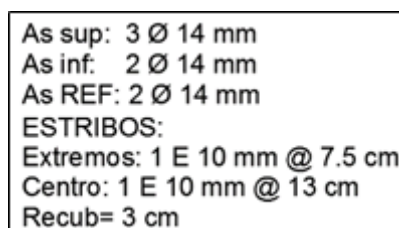
**Nota:** el valor de la altura efectiva resulta de la diferencia entre el peralte y el recubrimiento. En este caso, el recubrimiento tiene un valor de 3 cm, el cual no satisface la recomendación de 4cm establecido por el Código ACI [35].

### 3.3.7 Vigas.

- Las dimensiones de las vigas para esta vivienda son de 0.30m x 0.20m

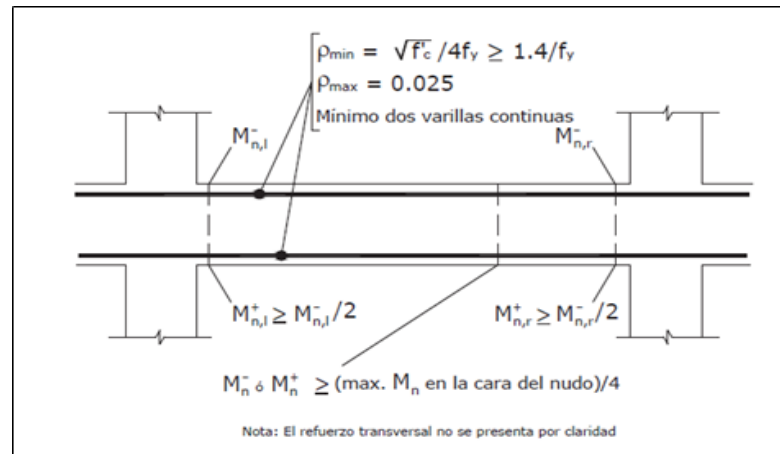


- El armado de las vigas está realizado de la siguiente manera:



- El recubrimiento empleado para la ejecución de vigas es de 3 cm.
- Hormigonado de las vigas  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
- En la Normas NEC, nos dice la cuantía mínima ( $14/f_y$ ) y máxima 0.025 el refuerzo longitudinal para elementos a flexión como se demuestra en la siguiente ilustración.

## Ilustración 5 REQUISITOS DEL REFUERZO LONGITUDINAL EN ELEMENTOS A FLEXIÓN



Fuente: NEC Hormigón Armado

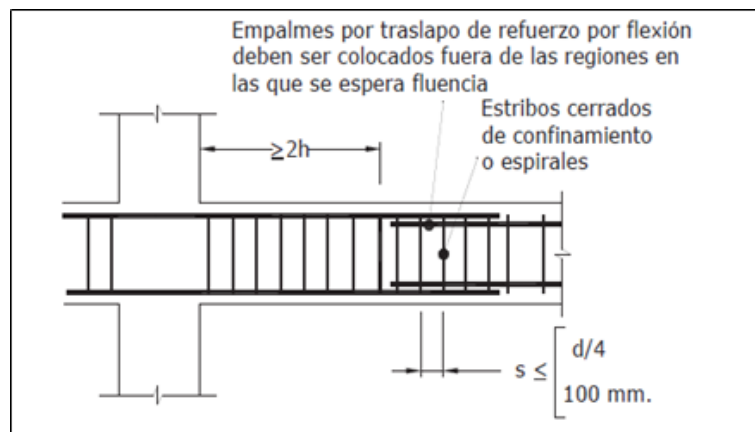
$$A_{s_{min}} = \rho_{min} b_w \cdot d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{3\sqrt{f_c}}{f_y} b_w \cdot d = 0.003 b_w \cdot d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{200}{f_y} b_w \cdot d = 0.00333 b_w \cdot d$$

- En el análisis realizado la cuantía de las vigas se encuentra en el parámetro establecido siendo esta de 0.019%. (Ver Anexo E)
- Empalmes por traslape de refuerzo por flexión deben ser colocados fuera de las regiones en la que se espera fluencia.

## Ilustración 6 CONFINAMIENTO EN TRASLAPE DE VARILLAS DE REFUERZO LONGITUDINAL

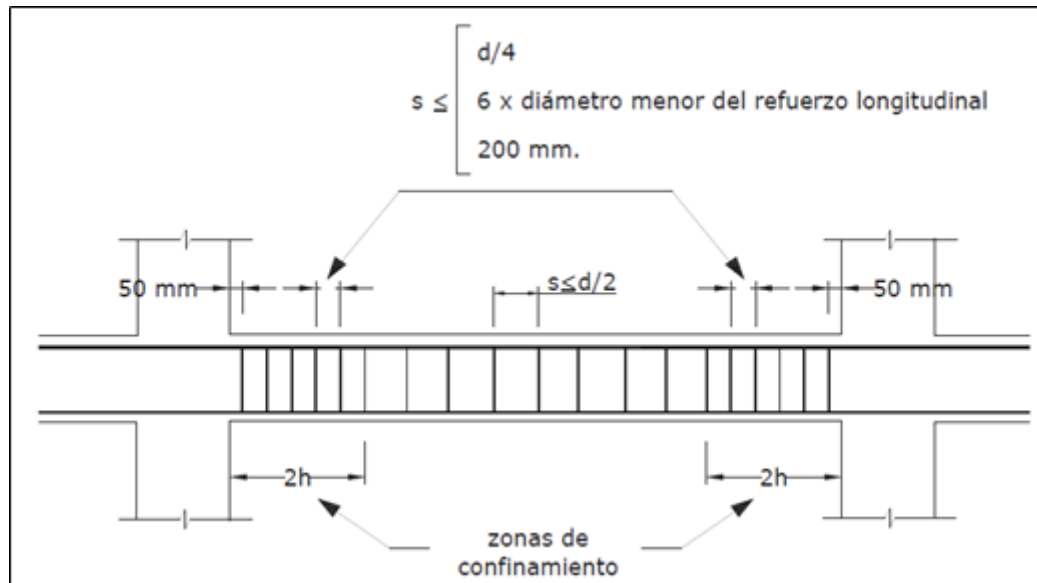


Fuente: NEC Hormigón Armado

### Estribos para confinamiento

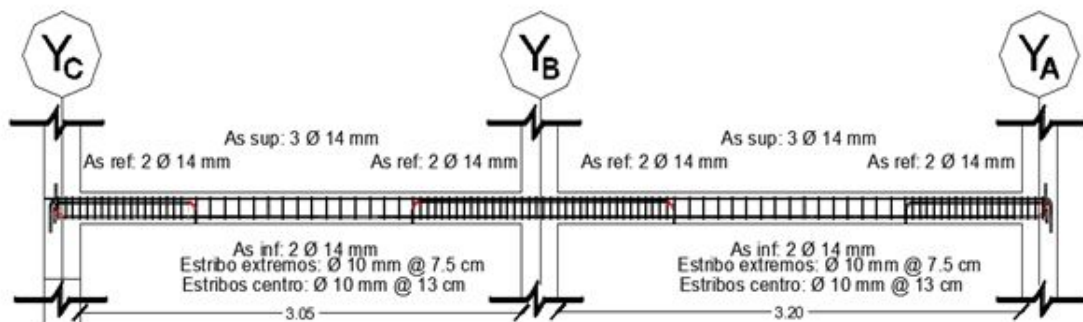
Se deberá prever estribos para confinamiento, de al menos 10 mm de diámetro, en toda la longitud de traslape de varillas de refuerzo longitudinal.

Ilustración 7 SEPARACIÓN DE ESTRIBOS



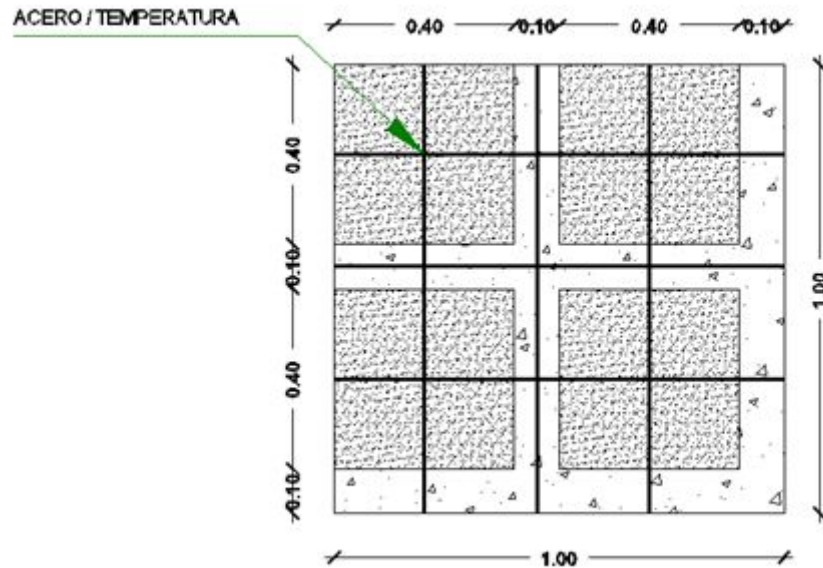
Fuente: NEC Hormigón Armado

### **ARMADO DE LAS VIGAS**



### **3.3.8 Losa.**

- El espesor de la losa para esta vivienda es de 20 cm, con bloque alivianado de 15cm formando cajonetas de 40x40.



- Colocación de los nervios y hierro de temperatura que se detallan en los planos.
- El hormigonado de la losa se realizará aplicando aditivos para impermeabilizar para reducir porosidades.

### **Curado.**

“Las superficies expuestas de hormigón que contienen cemento hidráulico deben mantenerse húmedas por el tiempo especificado en cada proyecto. Si no se dispone de esta especificación deben mantenerse húmedas por al menos de 5 a 7 días. Mientras mayor es la cantidad de humedad retenida dentro del hormigón mayor es la eficiencia del curado”[34].

### **Vibradores Internos.**

Los vibradores internos deben colocarse verticalmente, en toda la profundidad de la capa que está siendo colocada. (Posición del vibrador dentro del hormigón), Nunca arrastre vibrador sobre el hormigón[34].

“No utilice el vibrador para hacer que el hormigón fluya de un lugar a otro, ya que usualmente esto causa segregación con el árido grueso más grande que va quedando atrás”[34].

## 4 CAPÍTULO IV

### 4.1 Descripción y Argumentación Teórica de Resultados

Los resultados obtenidos mediante la evaluación realizada de la vivienda tipo ubicada en la ciudad de Machala permiten comprobar si en el diseño correspondiente de esta vivienda se aplicaron las normativas de construcción que rigen al Ecuador como son las Normas NEC.

Al realizar un previo análisis de cargas se logró determinar que el peso de la estructura es de 77.15 ton teniendo un área en la planta alta de  $66.42 \text{ m}^2$  y en la planta baja  $71.08 \text{ m}^2$  dándonos un área total de  $137.5 \text{ m}^2$  de construcción.

Al modelar en un software de análisis estructural nos proporcionó datos como los desplazamientos máximos que puede tener la estructura siendo 8.68 mm el mayor desplazamiento en la planta alta y 16.25 mm en la losa de cubierta para el sismo en (X) y en el sismo en (Y) obtuvimos unos desplazamientos en la planta alta de 8.50 y en la losa de cubierta 15.88.

Así mismo analizamos las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes y los momentos máximos que se pueden dar considerando los sismos en X y Y obteniendo los siguientes valores:

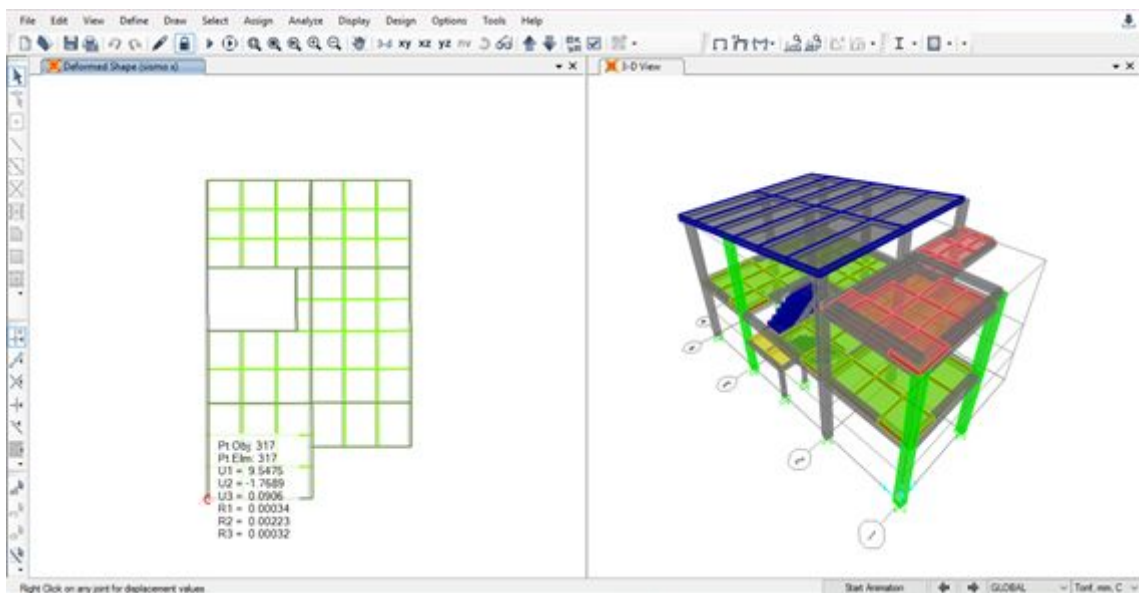
FUERZAS AXIALES, CORTANTES Y MOMENTOS		
FUERZAS	SISMO X (ton/m)	SISMO Y (ton/m)
Axial	4.57	4.42
Cortante	-5.72	-2.87
Momento	2.78	0.72
Fuente: Autor		

## 4.1.1 Axiales, Momentos y Cortantes generados por el Software de Análisis estructural

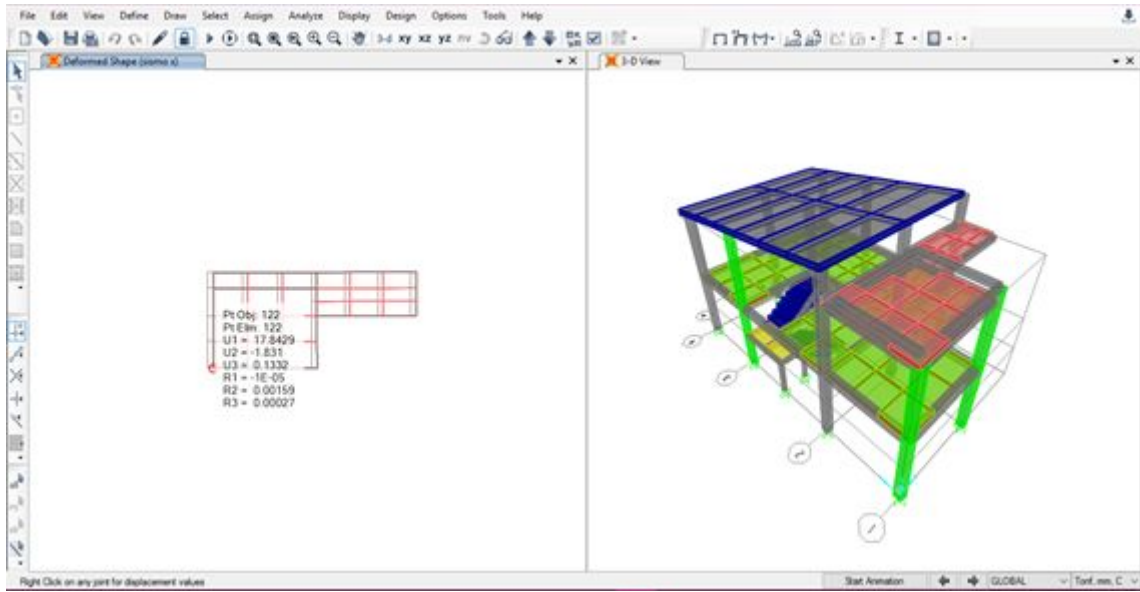
### Peso de la Estructura por Software

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
36	Carga muerta	LinStatic	1615,34	-201,06	-1326,88	30,19	-15,2	29,41
37	Carga muerta	LinStatic	-56,1	173,19	12926,54	-171,86	-23,17	-3,3
38	Carga muerta	LinStatic	-1607,32	-200,64	1331,02	30,19	38,75	29,44
43	Carga muerta	LinStatic	116,35	-55,16	11790,21	44,76	141,77	-2,55
80	Carga muerta	LinStatic	39,08	72,05	623,92	-13,79	27,99	0,16
83	Carga muerta	LinStatic	32,05	-1,95	1023,82	22,92	24,49	-2,99
900	Carga muerta	LinStatic	-289,52	146,21	5028,1	-142,82	-263,04	-3,37
902	Carga muerta	LinStatic	-393,49	-151,49	5514,56	138,53	-351,52	-2,5
904	Carga muerta	LinStatic	-125,7	-73,79	1469,92	65,85	-99,2	-2,6
906	Carga muerta	LinStatic	14,28	-153,81	4277,4	138,12	37,26	-2,36
910	Carga muerta	LinStatic	-163,7	173,11	2402,56	-175,11	-155,37	-3,34
912	Carga muerta	LinStatic	192,42	-89,14	1993,03	71,91	199,84	-2,63
914	Carga muerta	LinStatic	187,88	83,58	2596,56	-98,55	191,57	-3,03
916	Carga muerta	LinStatic	297,58	108,1	5609,92	-114,67	292,1	-3,28
918	Carga muerta	LinStatic	140,84	170,8	2089,03	-180,28	133,4	-3,44
SUMATORIA TOTAL DE PESO DE ESTRUCTURA					57229,71			

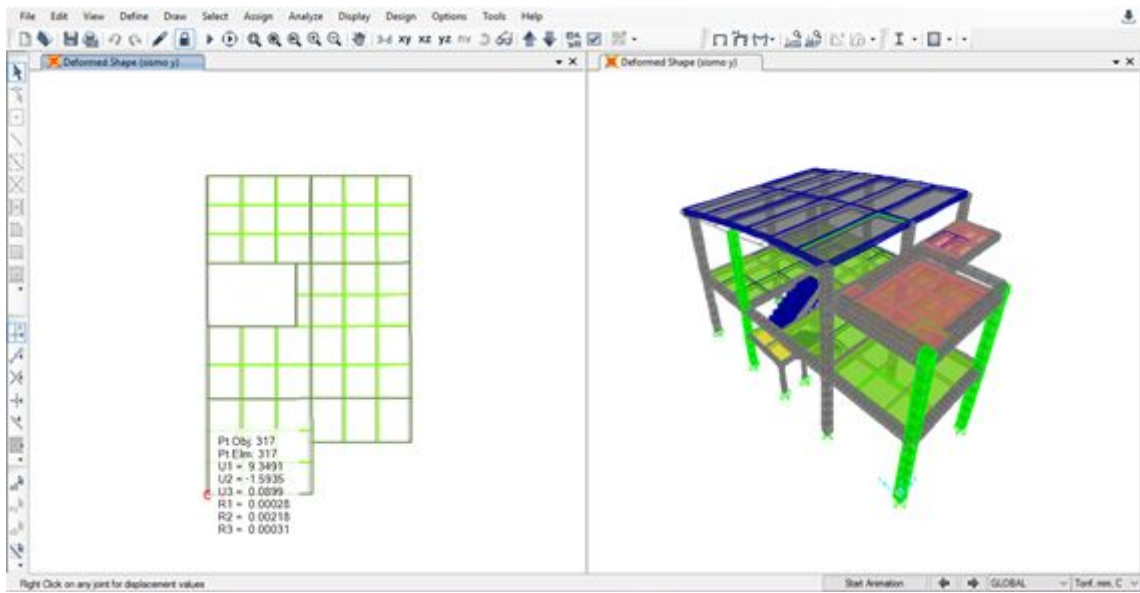
### Desplazamientos en X (Losa Planta Alta 9.54 mm)



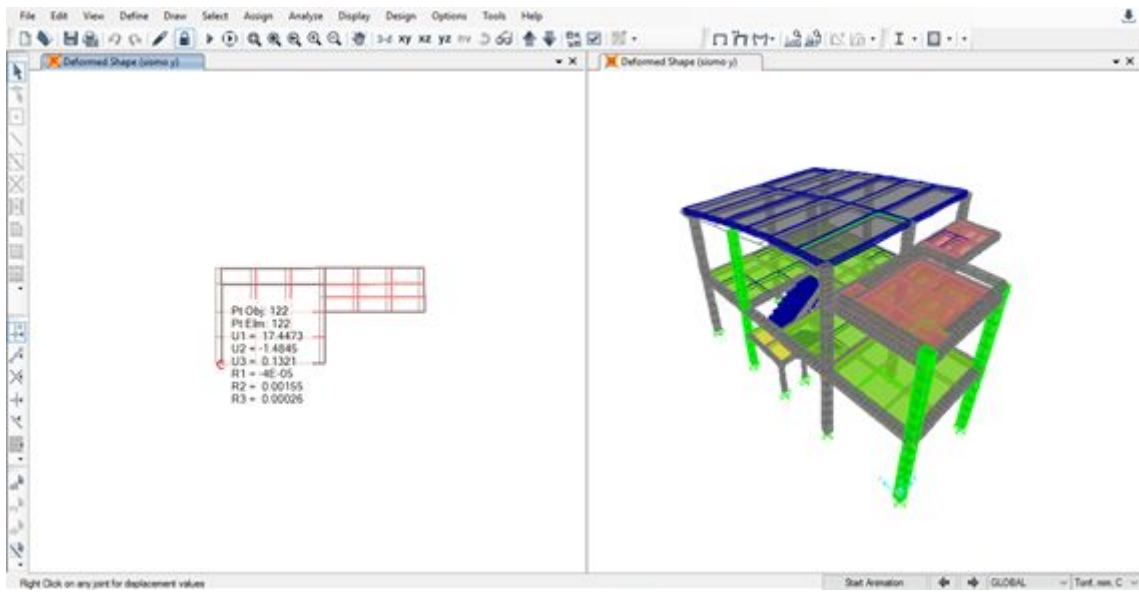
### Desplazamientos en X (Losa de Cubierta 17.84 mm)



### Desplazamientos en Y (Losa Planta Alta 9.34 mm)

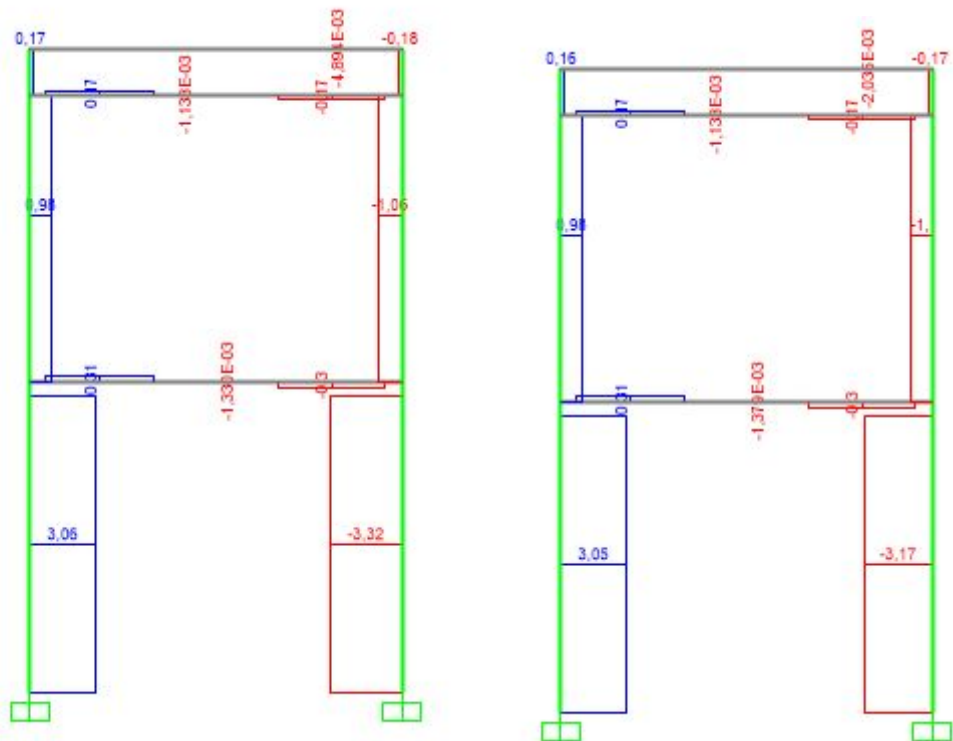


## Desplazamientos en Y (Losa de Cubierta 17.44 mm)



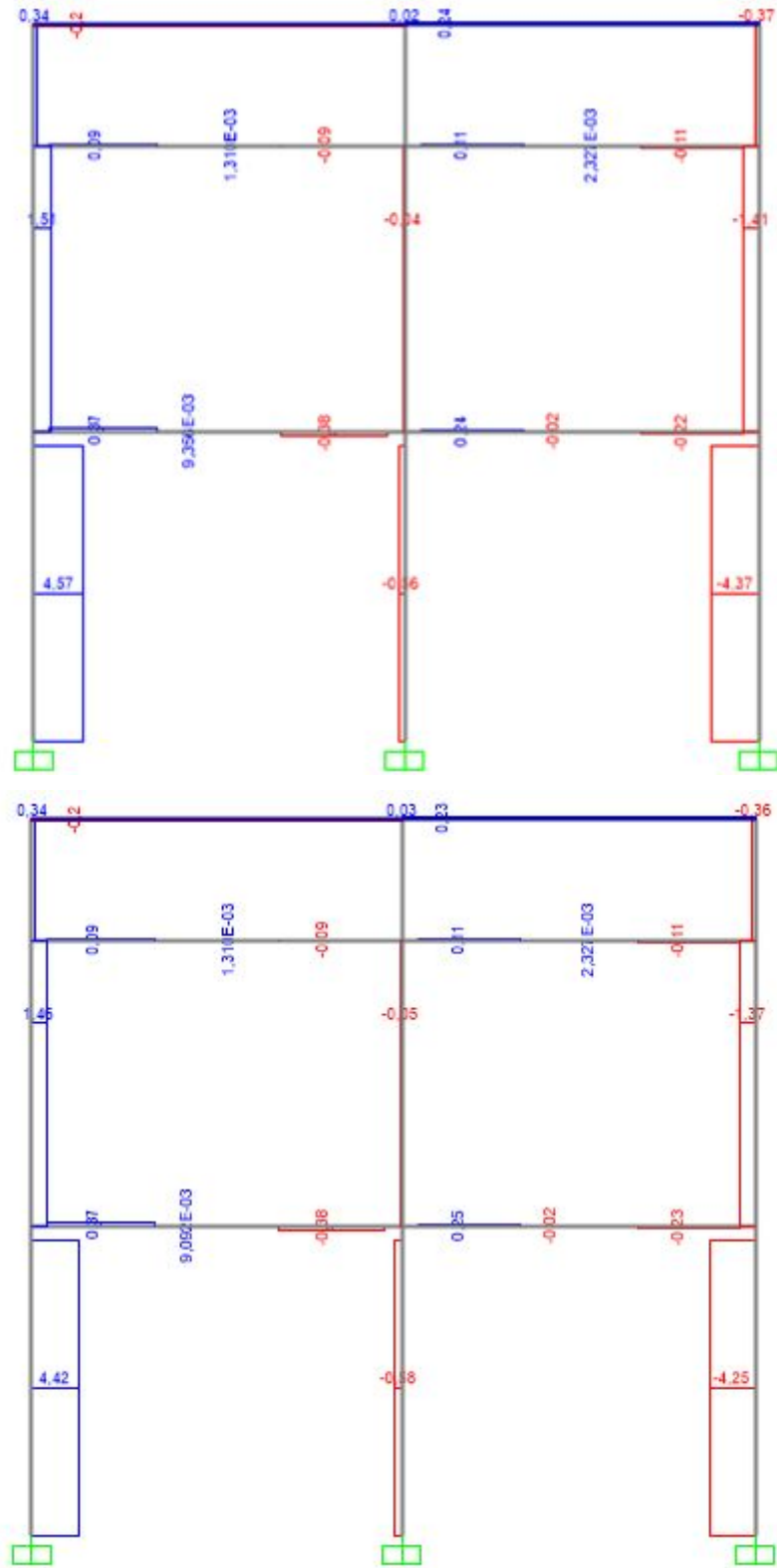
## Fuerzas Axiales Sismo en X y Y

### Fuerzas Axiales en pórtico Eje 1 (A B)

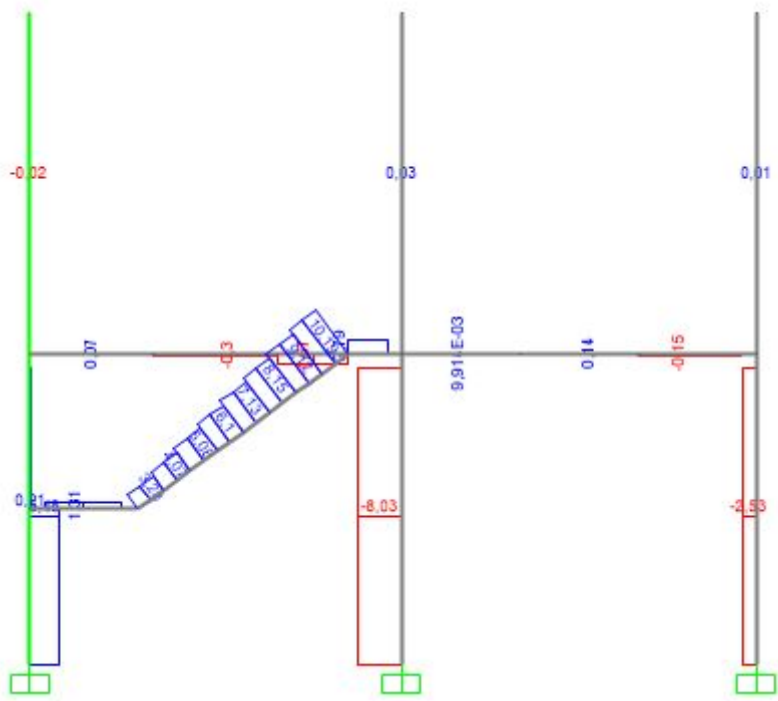
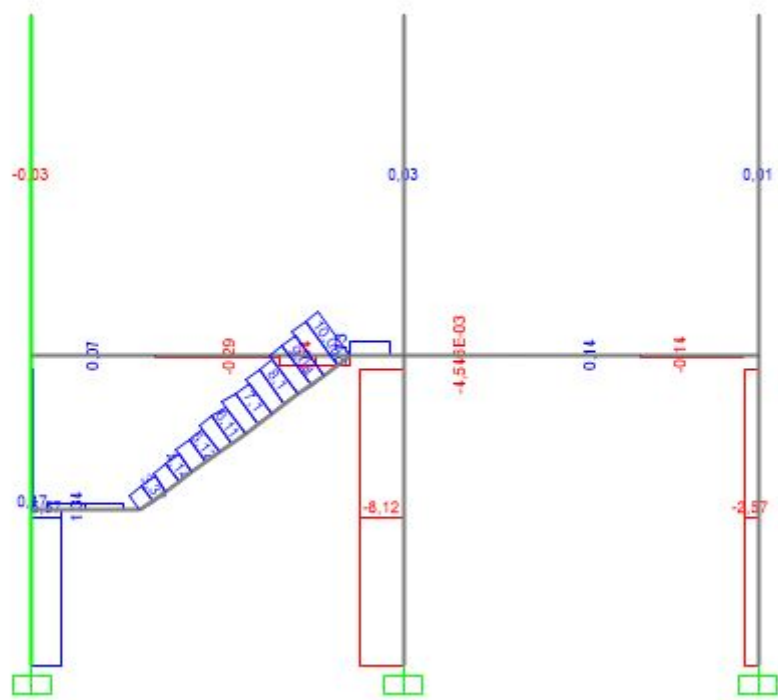




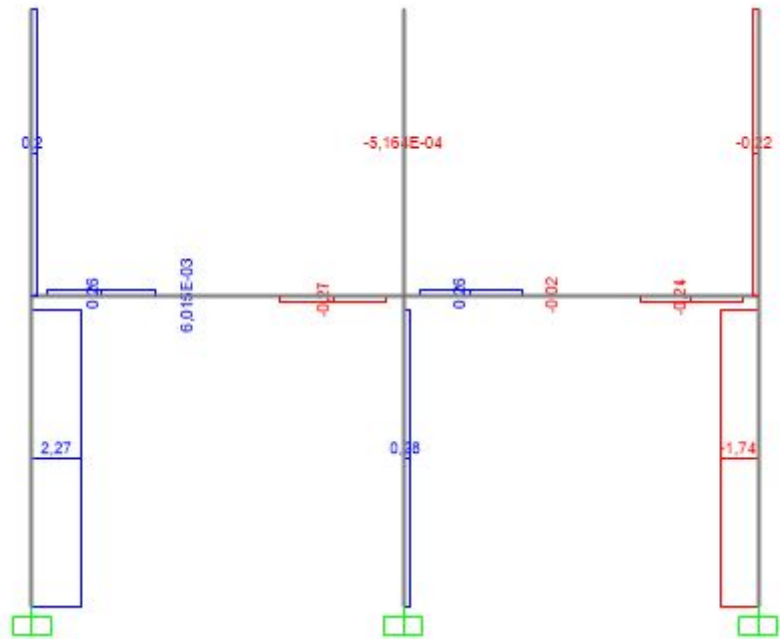
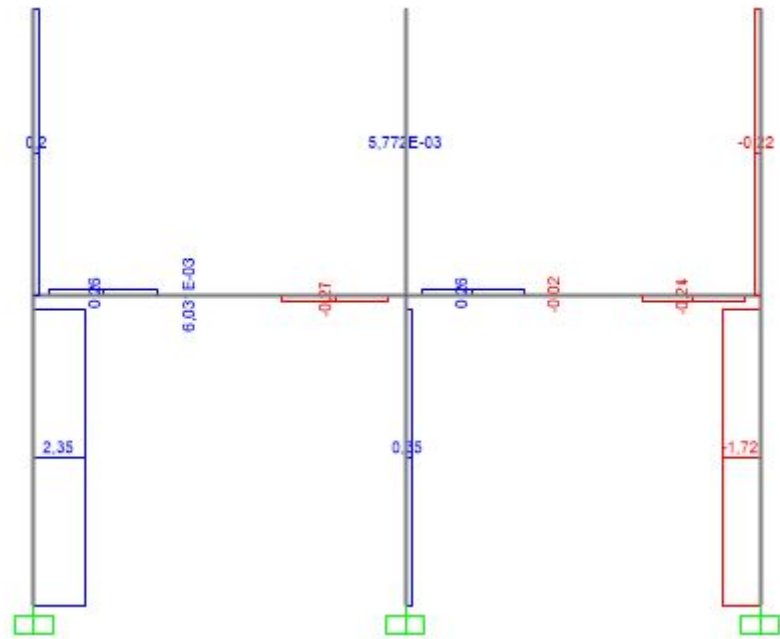
### Fuerza Axial en el Eje 2 (A B C)



### Fuerza Axial en el Eje 3 (A B C)

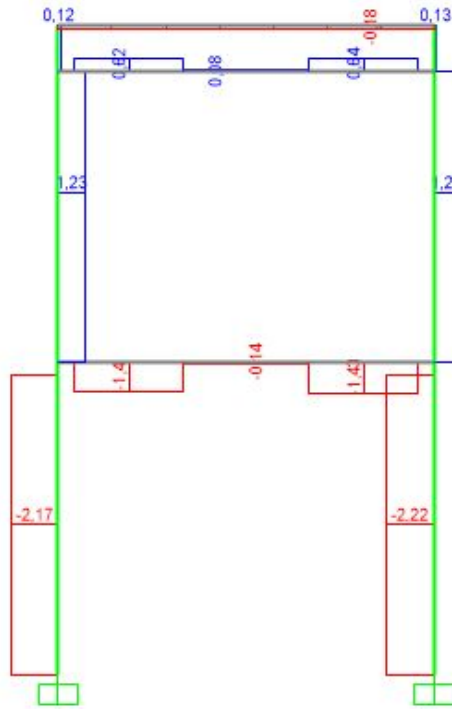


### Fuerza Axial en el Eje 4 (A B C)

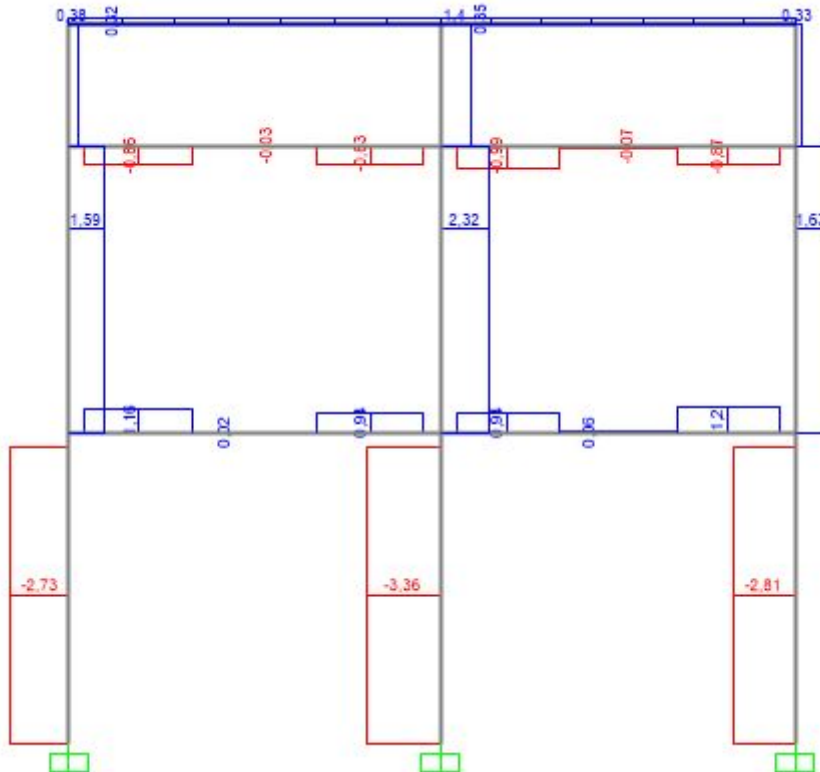


### Fuerzas Cortantes Sismo en X y Y

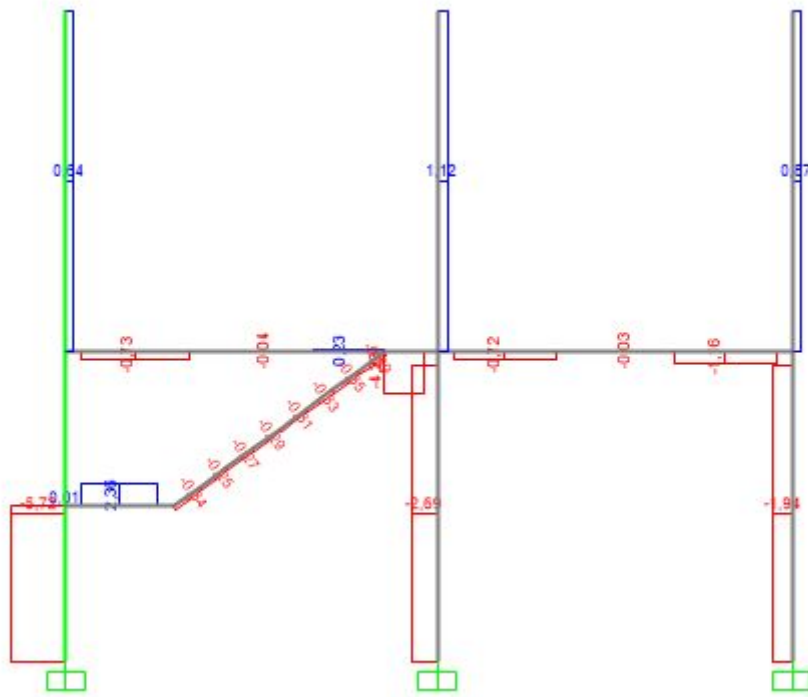
#### Fuerza Cortante en pórtico Eje 1 (A B)



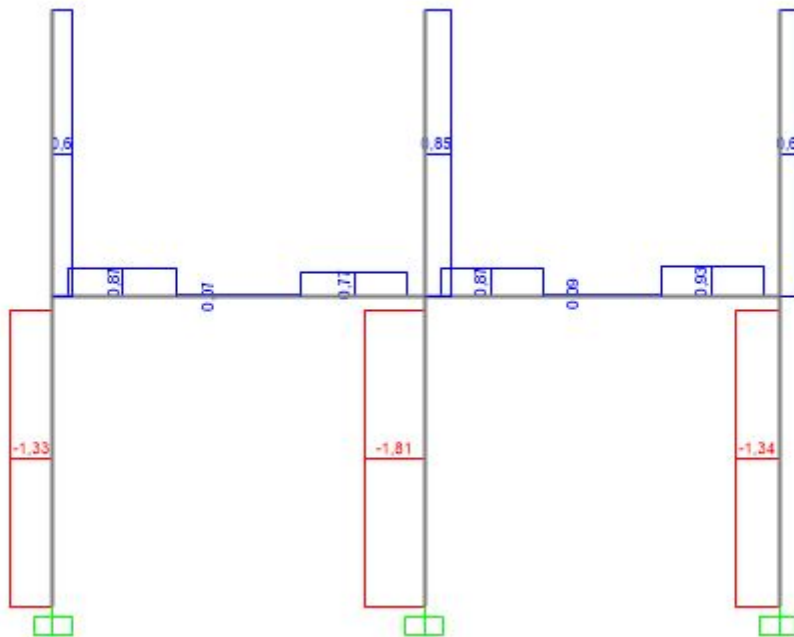
#### Fuerza Cortante en el Eje 2 (A B C)



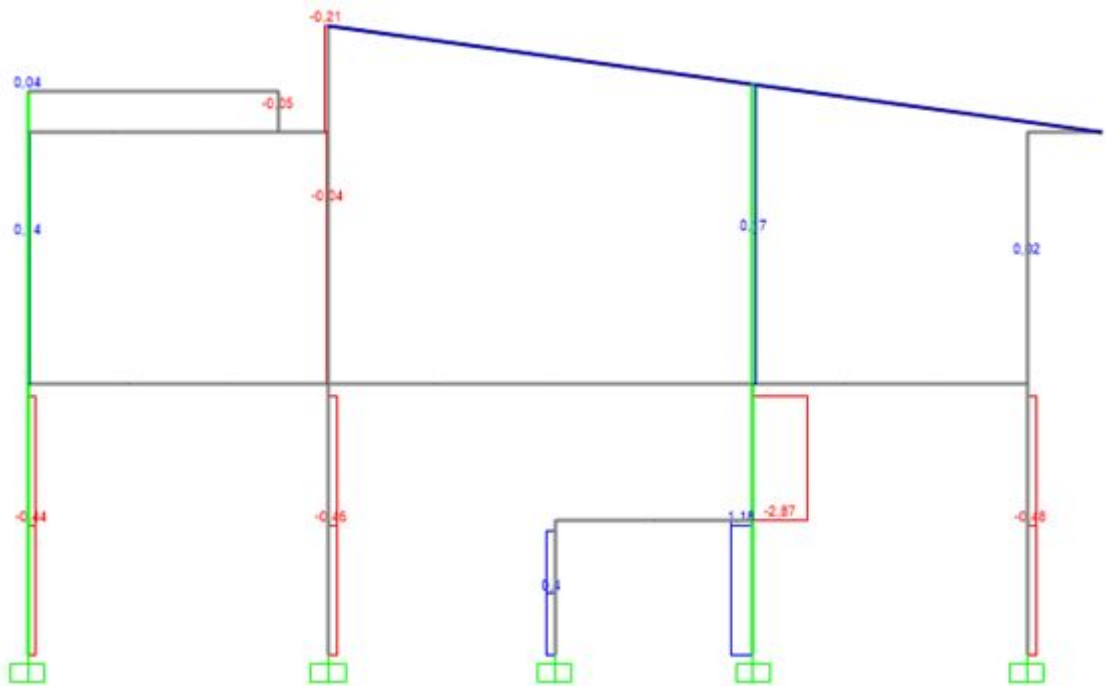
Fuerza Cortante en el Eje 3 (A B C)



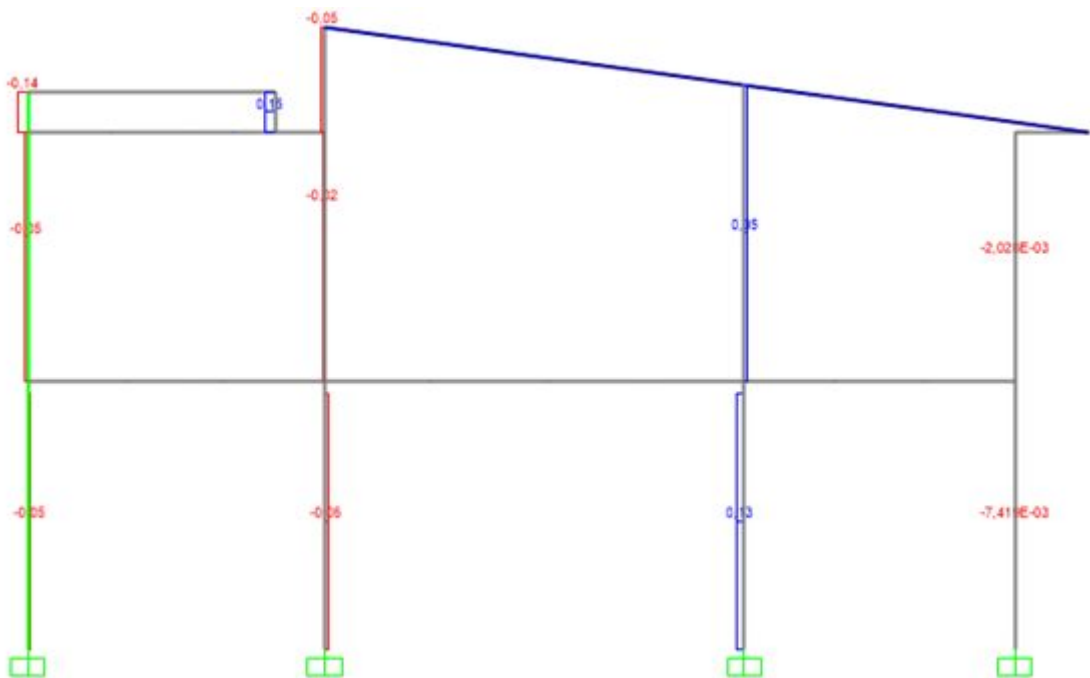
Fuerza Cortante en el Eje 4 (A B C)



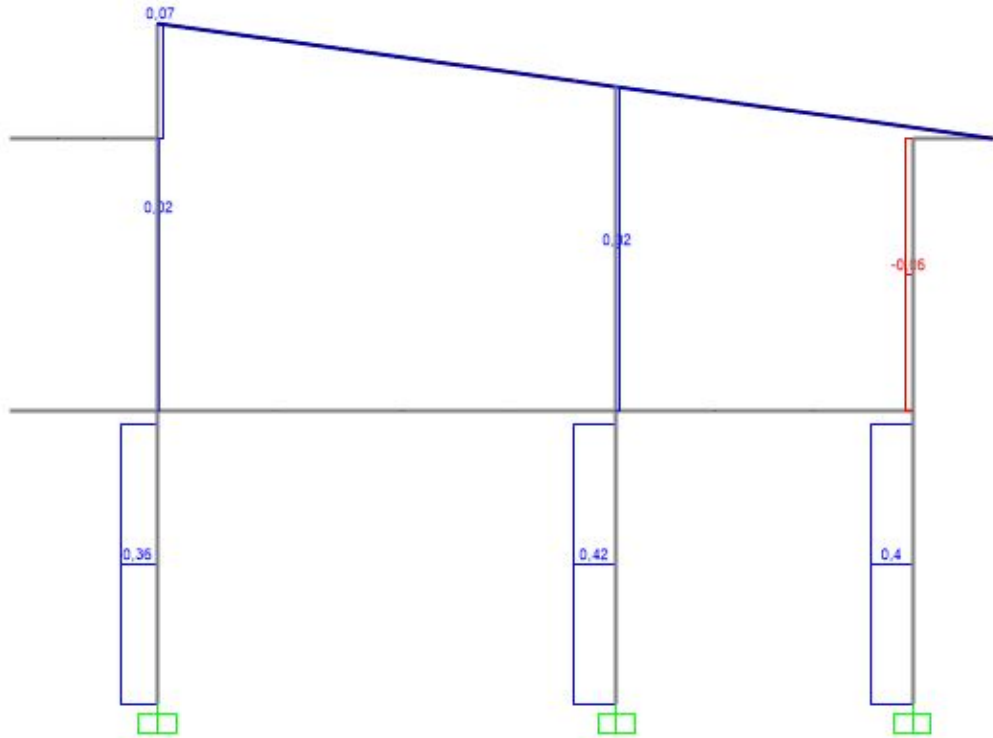
Fuerza Cortante en pórtico Eje A (1 2 3 4)



Fuerza Cortante en pórtico Eje B (1 2 3 4)

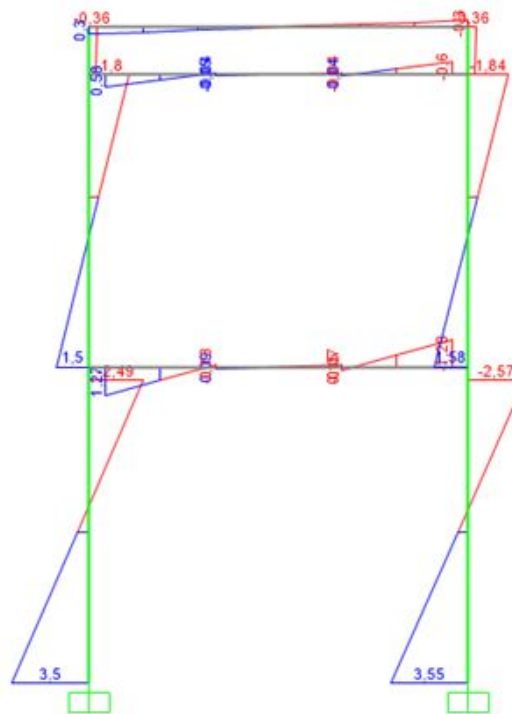


### Fuerza Cortante en pórtico Eje C (1 2 3 4)

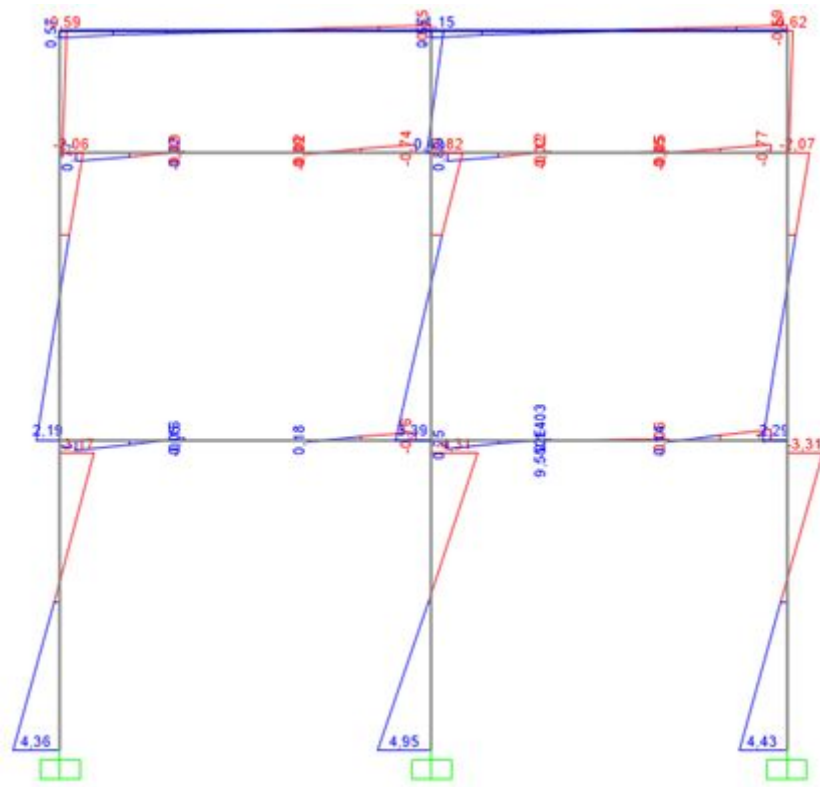


### Momentos Aplicando el Sismo en X y Y

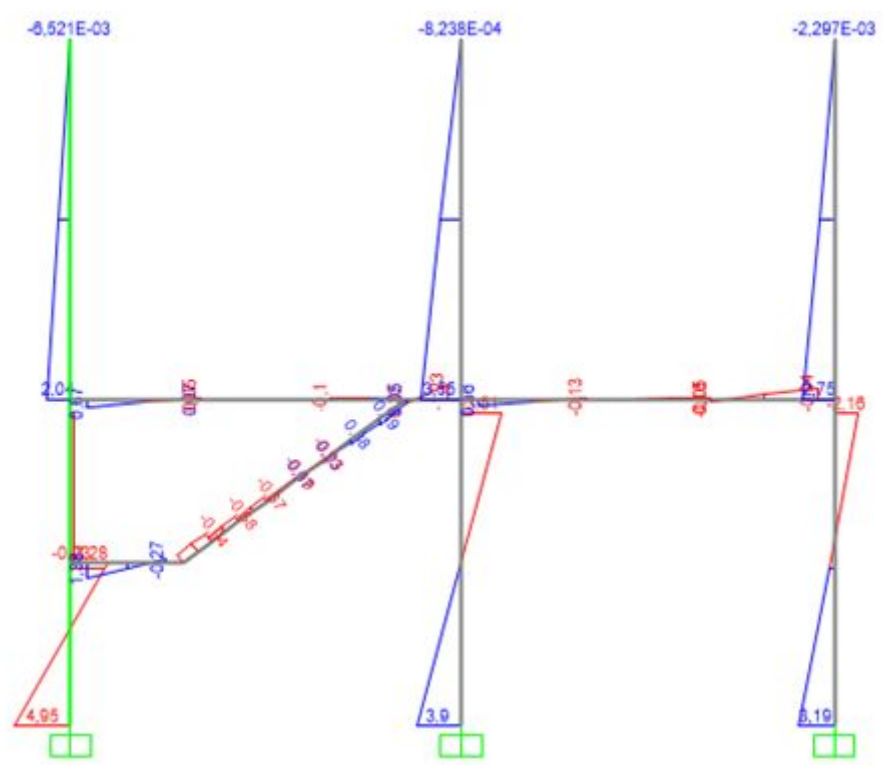
#### Momento en pórtico Eje 1 (A B)



Momento en el Eje 2 (A B C)

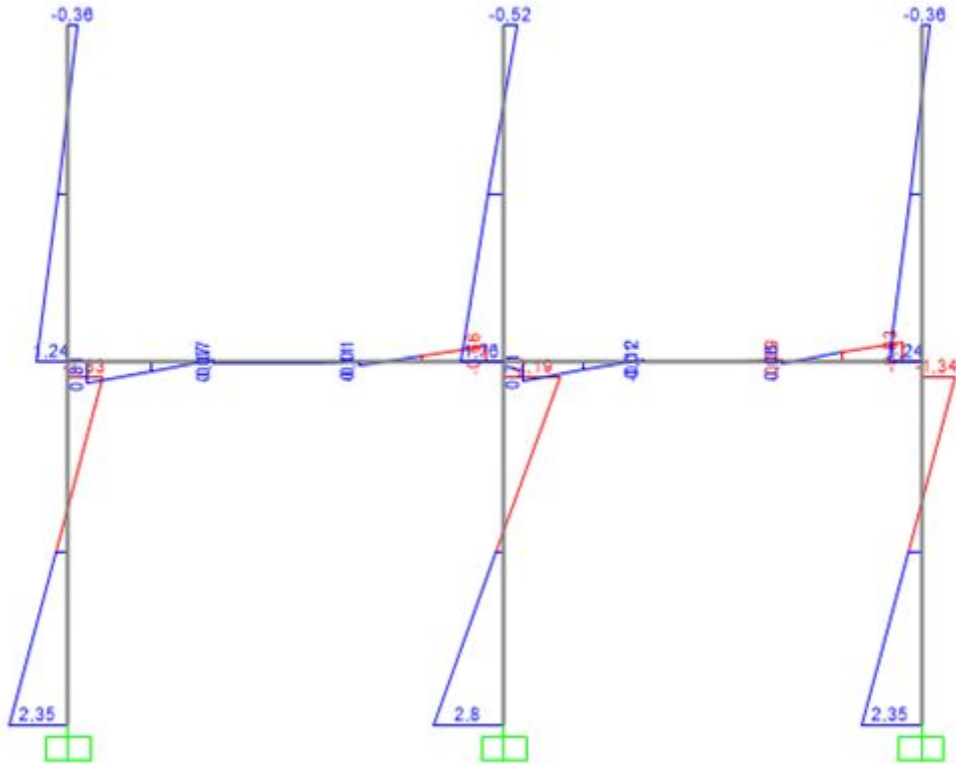


Momento en el Eje 3 (A B C)

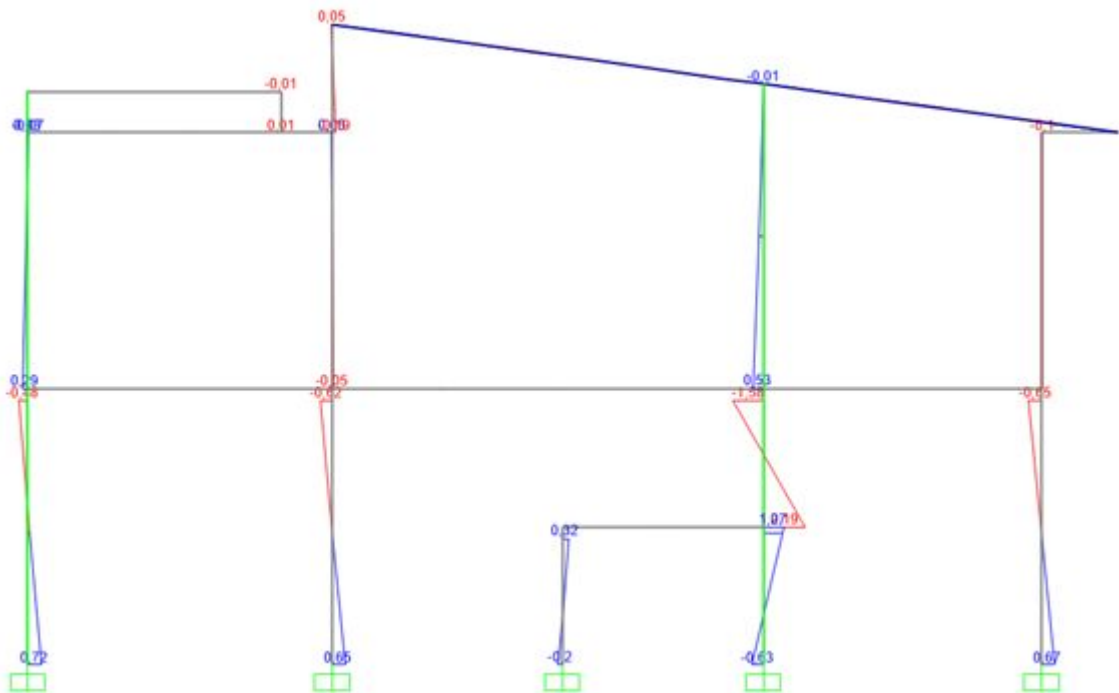




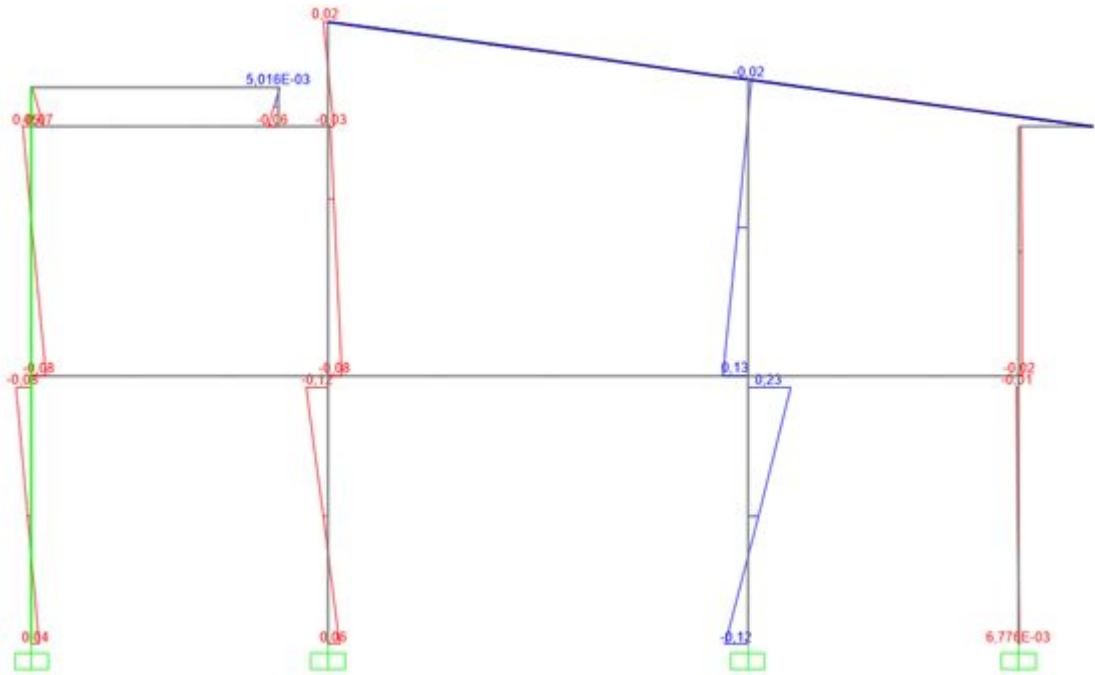
Momento en el Eje 4 (A B C)



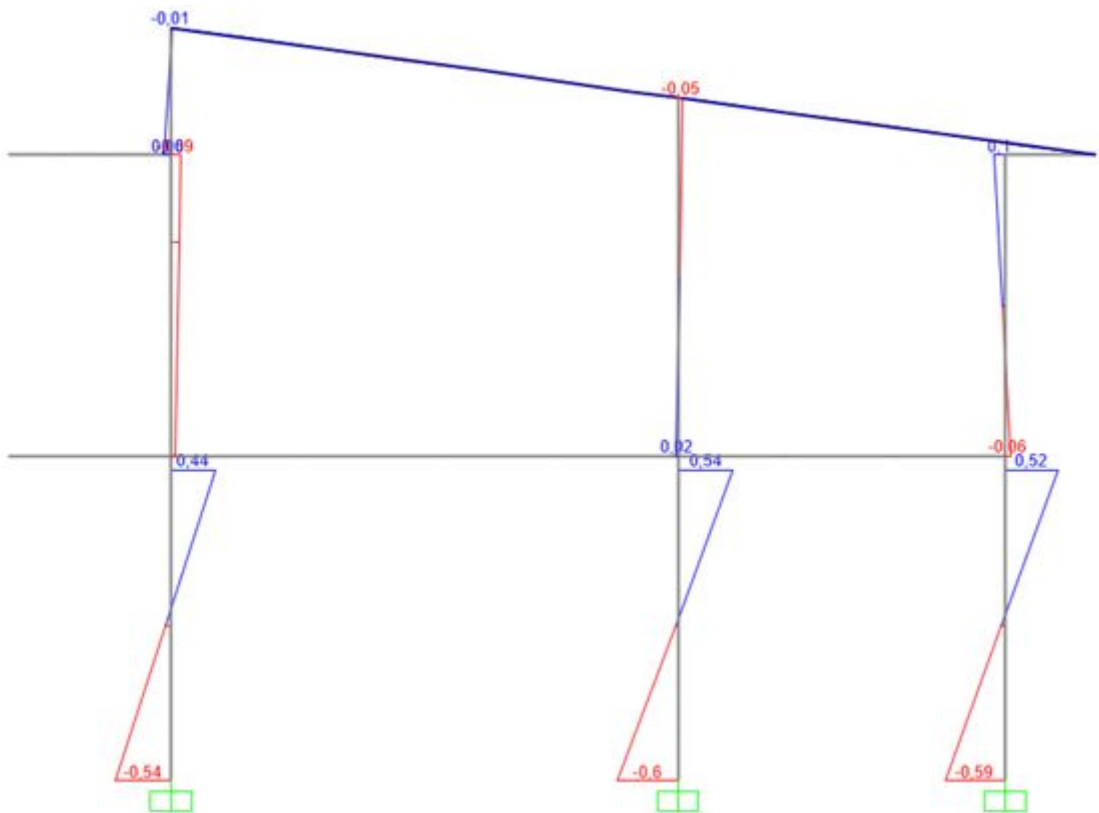
Momento en pórtico Eje A (1 2 3 4)



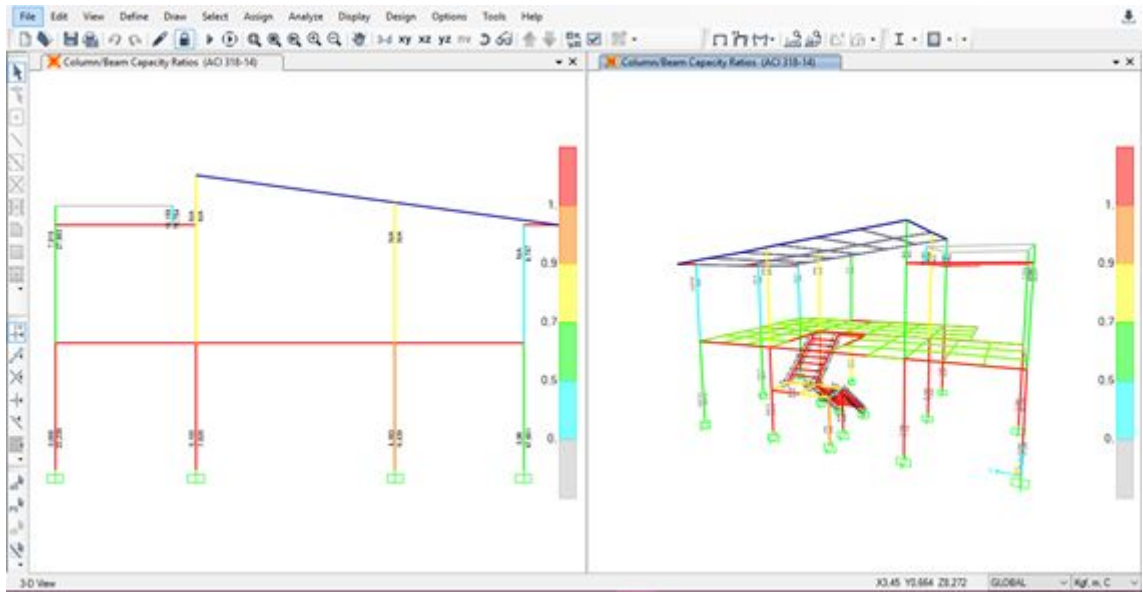
Momento en pórtico Eje B (1 2 3 4)



Momento en pórtico Eje C (1 2 3 4)



## Chequeo de Columna Fuerte Viga Débil



## CONCLUSIONES

- Mediante la evaluación estructural realizada con la finalidad de verificar el cumplimiento de las NEC en cuanto a diseño sismorresistente en viviendas de 2 pisos que se encuentra en el capítulo de NEC DE VIVIENDA DE 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 M , la misma que estipula que la altura máxima entrepisos debe tener 2.50m y las luces máximo 4 m se logró comprobar que la vivienda tipo escogida para la evaluación no cumple con las secciones mínimas estipuladas en la normativa produciendo problemas en cuanto a la demanda capacidad de las columnas al someterlas a cargas sísmicas.
- Mediante la evaluación realizada en el software de análisis estructural se obtuvo un periodo de vibración de la estructura de 0.39 seg el mismo que cumple con lo establecido en las normas NEC y obtuvimos los máximos desplazamientos en el sismo en X de 9.54 en la planta alta y 17.84 en la losa de cubierta.
- El presente trabajo de titulación evidencio los requerimientos estipulados en las normativas vigentes y la evaluación sismorresistente de una vivienda tipo, exponiendo las problemáticas existentes por la falta de cumplimiento de los requisitos para el diseño de estructuras sismorresistentes, proponiendo como una alternativa de solución la implementación de fibras de carbono para refuerzo de los elementos estructurales debido a que no cumplió los requisitos para elementos a flexocompresión establecidos en la “Guía Práctica para el Diseño de Estructuras de Hormigón Armado” los mismos que están diseñados para la carga de 15.7 ton sin embargo en la evaluación realizada estos valores excedieron a 19.5 ton en la combinación de carga  $1.2D+L+EX$ .

## **RECOMENDACIONES**

- El ingeniero civil basado en la ética profesional debe cumplir las normativas que se encuentran establecidas en el Ecuador para la realización de obras civiles con la finalidad de salvaguardar la vida humana y preservar las estructuras durante su vida útil.
- Es importante tener en cuenta los diseños sismorresistentes y realizar oportunamente una evaluación de las estructuras diseñadas para evitar colapsos y pérdidas humanas al someter a estas estructuras a cargas sísmicas.
- Es recomendable realizar una evaluación previo a la ejecución de la rehabilitación estructural con la finalidad de observar qué grado de daño tiene la estructura y así plantear la mejor estrategia para cumplir con los requerimientos establecidos en las NEC de rehabilitación estructural.

## Bibliografía

- [1] Asamblea Constituyente, Constitución Del Ecuador. .
- [2] S. N. De P. Y D.- Senplades, Plan Nacional De Desarrollo Toda Una Vida. .
- [3] Camicon Nec -se-vivienda, “Nec-se-vivienda-parte 2,” In Norma Ecuatoriana De La Construcción Capitulo Vivienda, 2015, Pp. 35–73.
- [4] Camicon Nec -se-vivienda, “Nec-se-ds- Peligro Sísmico-parte 2,” 2015, Pp. 43–92.
- [5] Comité Aci, “Requisitos De Reglamento Para Concreto Estructural (Aci 318s-14),” 2015.
- [6] M. Moncayo Theurer, G. Velasco, C. Mora, M. Montenegro, And J. Cordova, “Terremotos Mayores A 6.5 En Escala Richter Ocurridos En Ecuador Desde 1900 Hasta 1970.,” Ingeniería, Vol. 21, No. 2, Pp. 55–64, 2017.
- [7] A. E. Castañeda, Y. Mieles Bravo, A. E. Castañeda, And Y. Mieles Bravo, “Una Mirada Al Comportamiento Estructural De Columnas, Vigas, Entrepisos Y Edificaciones Durante El Sismo De Ecuador 2016,” Rev. Ing. Construcción, Vol. 32, No. 3, Pp. 157–172, Dec. 2017.
- [8] Camicon, “Nec-se-ds-peligro Sísmico-parte 1,” In Norma Ecuatoriana De La Construcción Capitulo Peligro Sísmico, 2015, Pp. 1–50.
- [9] P. Sociedad Mexicana De Ingeniería Sísmica., E. Reinoso Angulo, P. Quinde Martínez, And E. Reinoso Angulo, “Estudio De Peligro Sísmico De Ecuador Y Propuesta De Espectros De Diseño Para La Ciudad De Cuenca,” Ing. Sísmica, No. 94, Pp. 1–26, 2016.
- [10] P. Hong, “Seismic Hazard Deaggregation For Some Selected Sites,” Vol. 53, No. 91, Pp. 31–53, 2014.
- [11] C. G. Delgado-castro, “Ingeniería Sísmica , Fundamentos Matemáticos En La Reducción De Riesgo Sísmico Earthquake Engineering , Mathematical Foundations In Reducing Seismic Risk Engenharia Sísmica , Fundamentos Matemáticos Na Redução Do Risco Sísmico Resumen Resumen,” Vol. 2, Pp. 432–443, 2016.

- [12] M. Christian, P. Patricio, And H. Areas, “Reducción De La Vulnerabilidad En Estructuras Esenciales De Hormigón Armado : Hospitales , Situadas En Zonas De Alto Peligro Sísmico En El Ecuador Vulnerability Reduction In Essential Occupancy Reinforced Concrete Structures : Hospitals , Located In Ecuador ’ S High Seismic,” Vol. 40, No. 1, 2017.
- [13] “Optimización De Secciones De Vigas Y Columnas Para El Cumplimiento De La Deriva En Edificaciones De Concreto Reforzado Mediante Redes Neuronales Artificiales Optimization Of Beam And Column Sections For Compliance Drift Of Reinforced Concrete Buildings Using Artificial Neural Networks,” 2014.
- [14] A. Rodríguez, E. B. Mora, And A. Reyes-salazar, “Determinación De Espectros De Respuesta Considerando Daño Acumulado E Interacción Suelo-estructura Determination Of Response Spectra Considering Cumulative Damage And Soil Structure-interaction,” Vol. 38, No. 96, Pp. 18–38, 2017.
- [15] J. Pimiento, A. Salas, And D. Ruiz, “Desempeño Sísmico De Un Pórtico Con Disipadores De Energía Pasivos De Placas Ranuradas De Acero,” Rev. Ing. Construcción, Vol. 29, No. 3, Pp. 283–298, Dec. 2014.
- [16] Y. S.- Samira Fuentes, Liliana Gonzálezfrancisco Calderín, “Consideraciones Acerca Del Diseño Sismorresistente De Edificios De Acero En Cuba,” Vol. 1, Pp. 11–26, 2019.
- [17] D. D. I. Civil, U. Católica, And A. Angamos, “Determinación Del Nivel De Desempeño De Un Edificio Habitacional Estructurado En Base A Muros De Hormigón Armado Y Diseñado Según Normativa Chilena Ricardo Medina Y Juan Music Introducción Análisis Sísmico,” Pp. 63–77, 2018.
- [18] M. E. Rodr, “A Critical Review Of The Seismic Design Practice Of Structures In Mexico,” Vol. 48, No. 94, Pp. 27–48, 2016.
- [19] F. Benedetti, F. Zúñiga, A. Opazo, F. Benedetti, F. Zúñiga, And A. Opazo, “Efecto De La Variabilidad De La Rigidez Del Sitio De Fundación En El Desempeño Sísmico,” Obras Y Proy., No. 22, Pp. 31–41, Dec. 2017.
- [20] E. Diego, A. Valencia, E. Luis, And F. Guevara, Geotécnia Y Cimentaciones. 2015.

- [21] A. L. Rojas, "A New Model For The Design Of Rectangular Combined Boundary Footings With Two Restricted Opposite Sides," Vol. 6, No. 2, Pp. 173–189, 2016.
- [22] E. Mata, "Diseño Alternativo De Cimentaciones Superficiales," 2014.
- [23] J. E. C.-álvarez J. C. Ruge-cárdenas, "Análisis De Las Correlaciones Existentes Del Ángulo De Fricción Efectivo Para Suelos Del Piedemonte Oriental De Bogotá Usando Ensayos In Situ Analysis Of The Existing Correlations Of Effective Friction Angle For Eastern Piedmont Soils Of Bogota From In Situ Tests," Vol. 18, No. 35, Pp. 93–104, 2015.
- [24] P. R. C, J. B. C, M. A. M, And R. H. M, "De Construcción Compuesta Y Con Arriostramientos De Pandeo Restringido Analysis , Design And Seismic Evaluation Of Tall Buildings Of Mixed Construction And With Restricted Buckling Bracings," 2015.
- [25] F. De Prevención And D. E. Fopae, Guía De Patologías Constructivas, Estructurales Y No Estructurales. 2011.
- [26] J. B. Cabezas And H. S. María, "Criterion Strong Column Weak Beam In Buildings Of Low Height," Pp. 70–75, 2015.
- [27] D. J. N. Hernández And T. Colunga, "Minimum Ductile Confinement Requirements In Reinforced Concrete Frames Protected With Hysteretic Energy Dissipation Devices," 2016.
- [28] E. Diego, A. Valencia, E. Luis, And F. Guevara, "Cargas (No Sísmicas)," In Norma Ecuatoriana De La Construcción, 2015, P. 44.
- [29] D. Desarrollo, "Guia De Evaluacion Y Rehabilitacion De Estructuras," 2015.
- [30] C. Medina, S. Medina, C. Medina, And S. Medina, "Plan Irregularity Coefficient From The Torsion Analysis Of Irregular Structures," Rev. Politécnica, Vol. 39, No. 2, Pp. 51–60, 2017.
- [31] R. David And U. Garrido, "Estudio De La Respuesta Sísmica Y Daño Global De Dos Edificios Irregulares De Concreto Armado," Vol. 28, 2016.
- [32] H. García, D. Alberto, And T. Colunga, "Parametric Study Of Representative Models Of Structures Prone To Develop Soft Or Weak Stories," 2016.



- [33] M. Theurer, “Las Fibras De Carbono Como Una Alternativa Para Reforzamiento De Estructuras Carbon Fibers As An Alternative For Reinforcing Structures,” 2016.
- [34] E. Diego, A. Valencia, E. Luis, And F. Guevara, Estructuras De Hormigón Armado. 2015.
- [35] D. Desarrollo, Guía Práctica Para El Diseño De Estructuras De Hormigón Armado. 2015.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### Cálculo Del Peso De La Estructura.

COLUMNAS							
REFERENCIA	b	h	l	CANTIDAD	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	PESO
PLANTA BAJA	0,30 m <sup>2</sup>	0,25 m <sup>2</sup>	3,00 m	11	2,48 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	5940,00 kg
PLANTA ALTA	0,30 m <sup>2</sup>	0,25 m <sup>2</sup>	3,00 m	11	2,48 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	5940,00 kg
<b>PESO TOTAL POR COLUMNAS</b>					<b>11880,00 kg</b>		

VIGAS							
REFERENCIA	L	b	h	CANTIDAD	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	PESO
VA {YA YB }	3,45 m	0,30 m	0,20 m	4	0,83 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	1987,20 kg
VB {YA YB }	3,45 m	0,20 m	0,20 m	1	0,14 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	331,20 kg
VA {YB YC }	3,30 m	0,30 m	0,20 m	3	0,59 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	1425,60 kg
VA {X1 X2 }	3,18 m	0,30 m	0,20 m	2	0,38 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	915,84 kg
VA {X2 X3 }	4,50 m	0,30 m	0,20 m	3	0,81 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	1944,00 kg
VB {X2 X3 }	2,50 m	0,20 m	0,20 m	1	0,10 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	240,00 kg
VA {X3 X4 }	2,90 m	0,30 m	0,20 m	3	0,52 m <sup>3</sup>	2400,00 kg/m <sup>3</sup>	1252,80 kg
<b>PESO TOTAL POR VIGAS</b>					<b>8096,64 kg</b>		

CAJONETAS (BLOQUES)							
REFERENCIA	CANTIDAD	a	b	h	VOLUMEN	PESO ESPECÍFICO	PESO
PLANTA TIPO	265,68 m <sup>2</sup>	0,40 m	0,40 m	0,15 m	6,38 m <sup>3</sup>	1224,00 kg/m <sup>3</sup>	7804,52 kg
CUBIERTA	0	0,40 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 kg/m <sup>3</sup>	0,00 kg
<b>PESO TOTAL POR CAJONETAS (BLOQUES)</b>					<b>7804,52 kg</b>		

AREAS DE PAREDES PLANTA ALTA									
PAREDES			PUERTAS			VENTANAS			m2
Longitud (m)	Altura (m)	Area (m2)	Longitud (m)	Altura (m)	Area (m2)	Longitud (m)	Altura (m)	Area (m2)	AREA TOTAL
2,89 m	3,25 m	9,39 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	9,39 m <sup>2</sup>
2,05 m	3,25 m	6,66 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,80 m	0,40 m	0,32 m <sup>2</sup>	6,34 m <sup>2</sup>
2,00 m	3,25 m	6,50 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	1,20 m	1,45 m	1,74 m <sup>2</sup>	4,76 m <sup>2</sup>
2,80 m	3,25 m	9,10 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	9,10 m <sup>2</sup>
3,44 m	3,25 m	11,18 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	2,10 m	1,25 m	2,63 m <sup>2</sup>	8,56 m <sup>2</sup>
3,15 m	3,25 m	10,24 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	1,00 m	0,50 m	0,50 m <sup>2</sup>	9,74 m <sup>2</sup>
4,20 m	3,25 m	13,65 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	13,65 m <sup>2</sup>
1,00 m	3,25 m	3,25 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	3,25 m <sup>2</sup>
1,30 m	3,25 m	4,23 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	4,23 m <sup>2</sup>
2,00 m	3,25 m	6,50 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	6,50 m <sup>2</sup>
3,45 m	3,25 m	11,21 m <sup>2</sup>	0,30 m	1,80 m	0,54 m <sup>2</sup>	1,75 m	1,80 m	3,15 m <sup>2</sup>	7,52 m <sup>2</sup>
1,30 m	3,25 m	4,23 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	4,23 m <sup>2</sup>
4,20 m	3,25 m	13,65 m <sup>2</sup>	0,80 m	2,05 m	1,64 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	12,01 m <sup>2</sup>
1,75 m	3,25 m	5,69 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	5,69 m <sup>2</sup>
0,56 m	3,25 m	1,82 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	1,82 m <sup>2</sup>
1,60 m	3,25 m	5,20 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	5,20 m <sup>2</sup>
3,45 m	3,25 m	11,21 m <sup>2</sup>	0,80 m	2,05 m	1,64 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	9,57 m <sup>2</sup>
1,45 m	3,25 m	4,71 m <sup>2</sup>	0,70 m	2,05 m	1,44 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	3,28 m <sup>2</sup>
2,40 m	3,25 m	7,80 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	7,80 m <sup>2</sup>
3,15 m	3,25 m	10,24 m <sup>2</sup>	0,80 m	2,05 m	1,64 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	8,60 m <sup>2</sup>
2,00 m	3,25 m	6,50 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	6,50 m <sup>2</sup>
0,66 m	3,25 m	2,15 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	2,15 m <sup>2</sup>
3,25 m	3,25 m	10,56 m <sup>2</sup>	0,70 m	2,05 m	1,44 m <sup>2</sup>	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>2</sup>	9,13 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL AREAS DE PAREDES PLANTA ALTA</b>									<b>159,00 m<sup>2</sup></b>

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE BLOQUE	
Tipo	Livianos
Material	Hormigón Liviano
Color	Gris
Peso Aproximado	7,29 kg
Resistencia Promedio	3,00 Mpa
Requerimiento Aproximado	12,50 U/m <sup>2</sup>
Usos	Paredes Livianas
Largo	0,19 m
Alto	0,09 m
Ancho	0,39 m

VOLUMEN DE MORTERO PARA JUNTAS DE PAREDES x (m2)	
$Volumen\ de\ mortero = Volumen\ de\ muro - (Cantidad\ de\ Bloque\ x\ Volumen\ de\ Bloque)$	
$Volumen\ de\ mortero =$	0,01 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
$V. Total\ de\ mortero =$	1,06 m <sup>3</sup>
PESO DE PARED POR m2	
Peso de Bloques	0,89 KN
Peso de Mortero de Juntas	0,20 KN
Peso de mortero para enlucido dos caras	0,80 KN
Peso de Paredes	1,89 KN/m <sup>2</sup>
Peso de Paredes	193,10 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Peso de Paredes por m2 de la Vivienda</b>	<b>462,24 Kg/m<sup>2</sup></b>

CARGA TOTAL DE VIVIENDA.				
REFERENCIA	ÁREA	CARGA TOTAL	CARGA REPARTIDA	CARGA REPARTIDA
PLANTA ALTA	66,42 m <sup>2</sup>	77737,93 kg	1170,41 kg/m <sup>2</sup>	1,17 Ton/m <sup>2</sup>
CUBIERTA	71,08 m <sup>2</sup>	795,86 kg	15,00 kg/m <sup>2</sup>	0,01 Ton/m <sup>2</sup>
PESO TOTAL POR CARGA TOTAL DE VIVIENDA.		1,19 Ton/m <sup>2</sup>		
PESO TOTAL TOTAL DE VIVIENDA (Kg).		78533,80 kg		
PESO TOTAL TOTAL DE VIVIENDA(Ton).		78,53 Ton		

### VALORACIÓN DE CARGAS.

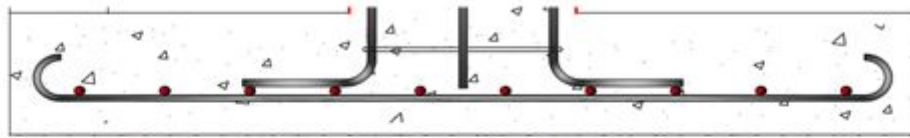
<i>Losa Hormigón Armado e=20cm</i>	N = + 2,88	
<i>Peso Propio de Losa</i>	367 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Peso de Paredes</i>	462 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Peso de Acabados</i>	100 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Carga Muerta (D)</i>	929 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Carga Viva - Residencial (L)</i>	204 kg/m <sup>2</sup>	→ Normas NEC - SE - CG 2,00 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga de Diseño U</i>	$U = 1.2D + 1.6L$	
	$U = 1,2(929) + 1,6(204)$	
	U = 1441,52 kg/m <sup>2</sup>	→ U = 1,4415 Ton/m <sup>2</sup>

### VALORACIÓN DE CARGAS CUBIERTA.

<i>Cubierta Metálica.</i>	N = + 6,68	
<i>Peso Propio de Cubierta</i>	15 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Peso de Acabados</i>	15 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Carga Muerta (D)</i>	30 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Carga Viva -Accidental (L)</i>	100 kg/m <sup>2</sup>	→ Normas NEC - SE - CG 1,00 KN/m <sup>2</sup>
<i>Carga de Diseño U</i>	$U = 1.2D + L$	
	$U = 1,2(30) + 100$	
	U = 135,996 kg/m <sup>2</sup>	→ U = 0,13600 Ton/m <sup>2</sup>

## ANEXO B

### CÁLCULO DE ACERO PARA PLINTOS ( $H = 0,25m$ )

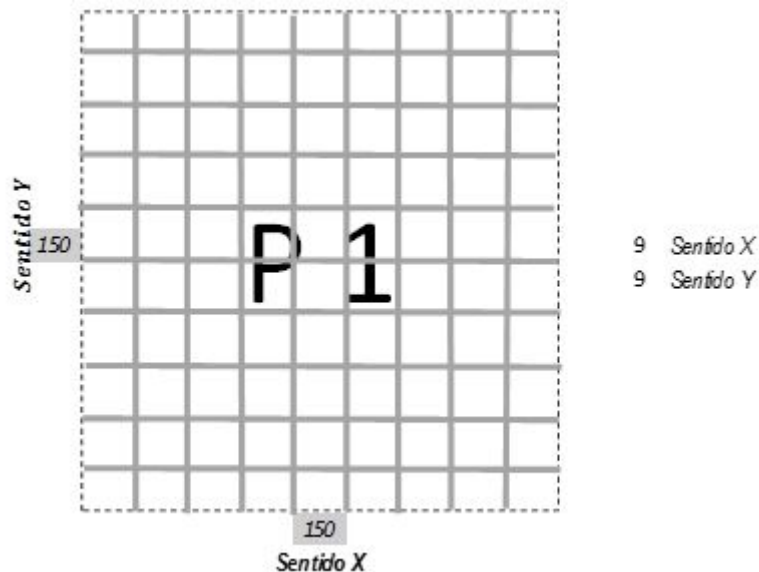


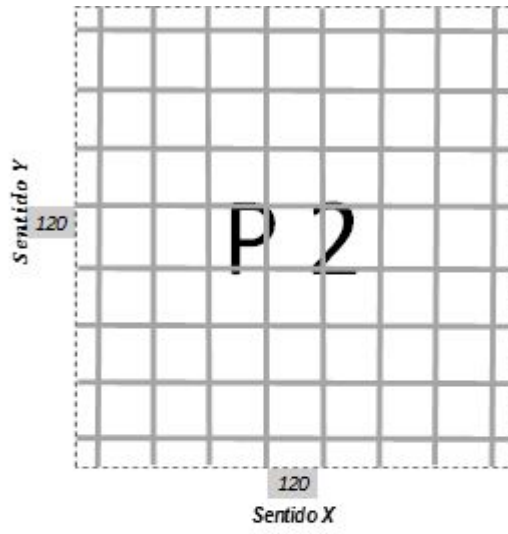
#### PLANILLA DE PLINTOS

# De Plintos	A	B	Sentido X	Sentido Y	Observaciones
2	1,5	1,5	9 $\varnothing$ 12 mm @ 15 cm	9 $\varnothing$ 12 mm @ 15 cm	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
6	1,2	1,2	8 $\varnothing$ 12 mm @ 15 cm	8 $\varnothing$ 12 mm @ 15 cm	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
3	1	1,2	7 $\varnothing$ 12 mm @ 15 cm	8 $\varnothing$ 12 mm @ 15 cm	Replanteo de 0,10m

# De Plintos	A	B	# de Varillas sentido X	# de Varillas sentido Y	Longitud total	Varillas esconpr	$\varnothing$ de Varillas	Peso en (kg)	Peso total	
2 P	1,5	1,5	9	9	27	2,25	2	12	23,98 kg	48
6 P	1,2	1,2	8	8	19,2	1,60	2	12	17 kg	102
3 P	1	1,2	7	8	16,3	1,36	1	12	14 kg	43

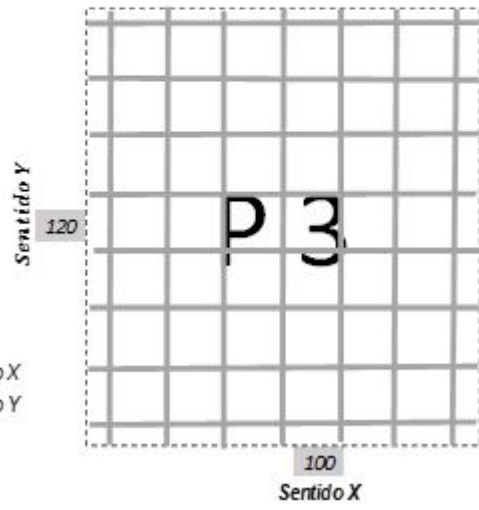
Peso (kg)	$\varnothing$ Varillas (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )
4,74	8	0,5027
7,404	10	0,7854
10,656	12	1,131
14,496	14	1,5394
18,936	16	2,0106
23,976	18	2,5447
29,592	20	3,1416
35,808	22	3,8013
46,236	25	4,9088
58,008	28	6,1575
75,756	32	8,0425
95,88	36	10,1788
118,38	40	12,5664





8 Sentido X  
8 Sentido Y

7 Sentido X  
8 Sentido Y



100  
Sentido X



## REQUISITOS MÍNIMOS PARA ZAPATAS AISLADAS.

- *Recubrimiento mínimo de la cimentación = 3 pulg = 7,62 cm → según el Código ACI 20,6,13,1*
- *Acero mínimo = 0,0018Ag → según el Código ACI 8,6,1,1*
- *Las zapatas aisladas deben ser cuadrangulares o rectangulares en planta. Siempre que sea posible. (NEC-SE - VIVIENDA)*
- *Profundidad mínima entre superficie de contrapiso y el fondo de cimentación debe ser 1,0 m. La dimensión mínima de la zapata debe ser 1.0 m y el espesor mínimo debe ser 15 cm. (NEC-SE - VIVIENDA)*
- *La cuantía mínima en cualquier dirección debe ser de 0,0018 (NEC-SE - VIVIENDA)*
- *La distancia libre mínima entre barras paralelas no debe ser menor a 25mm.(NEC-SE - VIVIENDA)*
- *La distancia máxima entre barras paralelas no debe superar los 30 cm.(NEC-SE - VIVIENDA)*

Datos:

$b$  = Ancho de zapata

$h$  = altura o espesor de la zapata

Recubrimiento = 7 cm

**Acero mínimo por metro de la zapata.**

$$A_{\min} = 0,0018 \times b \times h$$

$$A_{\min} = 0,0018 \times 100\text{cm} \times 25\text{cm}$$

$$A_{\min} = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**Acero requerido para la zapata.**

$$A_s = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_u}{\phi \times k \times d \times f_y}} \right)$$

$$A_s = 85,00 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29}{0,9 \times 85,00 \times 18 \times 4200}} \right)$$

$$A_s = 23,11 \text{ cm}^2$$

$$k = \frac{0,85 \times f_c \times b \times d}{f_y}$$

$$k = \frac{0,85 \times 240 \times 100 \times 17,5}{4200}$$

$$k = 85,00 \text{ cm}^2$$

$\phi$ Varillas (mm)	Número de Varillas	Area (cm <sup>2</sup> )
12	9	10,179
12	9	10,179
		20,36

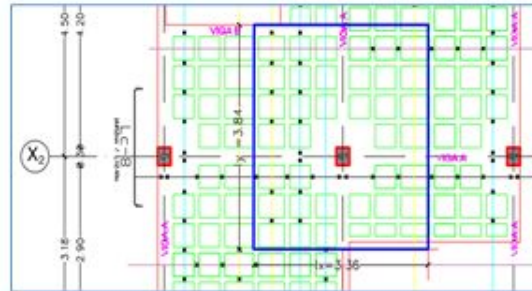
## ANEXO C

### PRELIMINAR DE COLUMNAS TIPO . POR CARGA .

$$l_x = 3,4$$

$$l_y = 3,8$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$



$$P = (3,84 \times 3,36) (1442 + 136)$$

$$P = 20353,707 \text{ Kg} \quad 26000 \quad 433$$

$$A_G = P / (0,25 f'_c)$$

$$A_G = 388 \text{ cm}^2$$

< 900 cm<sup>2</sup> Sección Mínima Código ACI

De acuerdo a los Planos Estructurales Obtenidos podemos apreciar lo siguiente:

$$A_G = 750 \text{ cm}^2 .$$

Cuantía  $\rho > 0,01 \%$ .

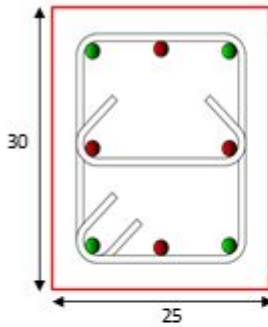
**Tabla 3: Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas.**

Número de pisos de la vivienda	Elemento	Luz máxima (m)	Altura total de entrepiso máxima (m)	Sección mínima base x altura (cm x cm)	Cuantía longitudinal mínima de acero laminado en caliente	Refuerzo de acero laminado transversal mínimo (estribos)
1	Columnas	4.0	2.50	20x20 (a)	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			15x20 (b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 cm en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)
2	Columnas	4.0	2.50	Piso 1: 25x25 Piso 2: 20x20	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			20x20 (b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 cm en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)



## ANEXO D

### CÁLCULO DE ACERO PARA COLUMNAS CUANTÍA 0,014%



Cuantía $\rho$	b	h	$A_g$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )
0,01424	25	30	750	10,68

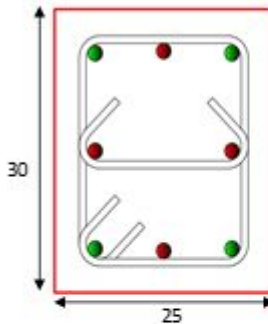
$\phi$ Varillas (mm)	Número de Varillas	Area (cm <sup>2</sup> )
12	4	4,524
14	4	6,1576
		10,68

Peso (kg)	$\phi$ Varillas (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )
4,74	8	0,5027
7,404	10	0,7854
10,656	12	1,131
14,496	14	1,5394
18,936	16	2,0106
23,976	18	2,5447
29,592	20	3,1416
35,808	22	3,8013
46,236	25	4,9088
58,008	28	6,1575
75,756	32	8,0425
95,88	36	10,1788
118,38	40	12,5664

# de Varillas	Longitud de columna (m)	(m) de varillas	% de pérdida	Longitud total (m)	Varilla a comprar	Peso en (kg)
4	4	16	1,6	17,6	1,47	15,6288
4	4	16	1,6	17,6	1,47	21,2608
				35,20 m		36,89 kg

Estribos por columna	Longitud de estribo (m)	(m) de varillas	% de pérdida	Longitud total (m)	Varilla a comprar	Peso en (kg)	Peso Total de 1 columna en (kg)
40	0,94	37,6	3,76	41,36	3,447	16,3372	58,44
40	0,3	12	1,20	13,20	1,1	5,214	
					4,547	21,55 kg	

### CÁLCULO DE ACERO PARA COLUMNAS CON CUANTÍA MÍNIMA



Cuantía $\rho$	b	h	$A_g$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )
0,01	25	30	750	7,5

$\phi$ Varillas (mm)	Número de Varillas	Area (cm <sup>2</sup> )
12	4	4,524
12	4	4,524
		9,048

Peso (kg)	$\phi$ Varillas (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )
4,74	8	0,5027
7,404	10	0,7854
10,656	12	1,131
14,496	14	1,5394
18,936	16	2,0106
23,976	18	2,5447
29,592	20	3,1416
35,808	22	3,8013
46,236	25	4,9088
58,008	28	6,1575
75,756	32	8,0425
95,88	36	10,1788
118,38	40	12,5664

# de Varillas	Longitud de columna (m)	(m) de varillas	% de pérdida	Longitud total (m)	Varilla a comprar	Peso en (kg)
4	4	16	1,6	17,6	1,47	15,6288
4	4	16	1,6	17,6	1,47	15,6288
				35,20 m		31,26 kg

Estribos por columna	Longitud de estribo (m)	(m) de varillas	% de pérdida	Longitud total (m)	Varilla a comprar	Peso en (kg)	Peso Total de 1 columna en (kg)
40	0,94	37,6	3,76	41,3600	3,447	16,3372	52,81
40	0,3	12	1,2	13,2000	1,1	5,214	
					4,547	21,55 kg	

# ANEXO E

## PRELIMINAR DE DISEÑO DE VIGAS. EJE Yc

### FORMULACIONES – CÓDIGO ACI 2014

#### ELEMENTOS SUJETOS A FLEXION: VIGAS

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} \text{ ( kg/cm}^2\text{ ) Capacidad de la sección } > R_u \text{ mín} = 14.50 \text{ kg/cm}^2 < R_u \text{ máx} = 45.37 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\min} = 14/f_y = 0.0033; \text{ para } f_c = 240 \text{ kg/cm}^2 = 3430 \text{ psi (lg/pulg}^2\text{)}$$

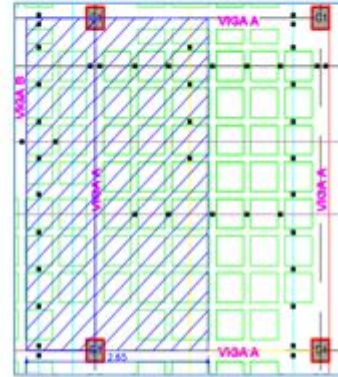
#### ALTURA MÍNIMA DE VIGAS

Tabla 9.3.1.1	
Condiciones de Apoyo.	Altura mínima, h
Simplemente apoyada	l/16
Con un extremo continuo.	l/18,5
Ambos extremos continuos.	l/21
En voladizo	l/8

$$h = \frac{l}{21}$$

$$h = \frac{4,50}{21}$$

$$h = 0,214 \text{ m}$$



Normas NEC – SE – HM 4.2.1 → ancho mínimo para cargas sísmicas  $b \geq 250\text{mm}$

Datos:

$$U = 1,44 \text{ Ton/m}^2$$

$$A_E = 2,65 \text{ m} \quad 9,5 \text{ m}^2$$

$$W = 3,82 \text{ Ton/m}$$

$$L_v = 4,50 \text{ m}$$

$$M_E = \frac{w L^2}{12}$$

$$M_E = \frac{3,82 \times 4,50^2}{12}$$

$$M_E = 6,45 \text{ Ton-m}$$

$$R_U = \frac{M_U}{\phi \cdot B \cdot d^2}$$

$$R_U = \frac{6,45 \cdot 10^5}{0,9 \cdot 30 \cdot 17^2}$$

$$R_U = 82,61$$

$$b = 30 \text{ Ancho de viga}$$

$$d = 17 \text{ Brazo útil}$$

$$\phi = 0,9$$

$$f_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

#### ACERO DE REFUERZO SEGÚN LAS NEC-15

$$A_s = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d \cdot f_y}} \right)$$

$$A_s = 21,68 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 6,45}{0,9 \cdot 24,77 \cdot 17 \cdot 4200}} \right)$$

$$A_s = 10,03 \text{ cm}^2$$

$$k = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y}$$

$$k = \frac{0,85 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 17}{4200}$$

$$k = 21,68 \text{ cm}^2$$

Ø Varillas (mm)	Número de Varillas	Area (cm <sup>2</sup> )
14	5	7,697
14	2	3,0788
		<b>10,78</b>

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d} \rightarrow \rho = \frac{10,03}{30 \cdot 17} \rightarrow \rho = 0,0197 < \rho_{max} = 0,025 \quad \text{Normas NEC - SE - HM}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy} \quad \rho_{min} = \frac{14}{4200} \quad \rho_{min} = 0,0033$$

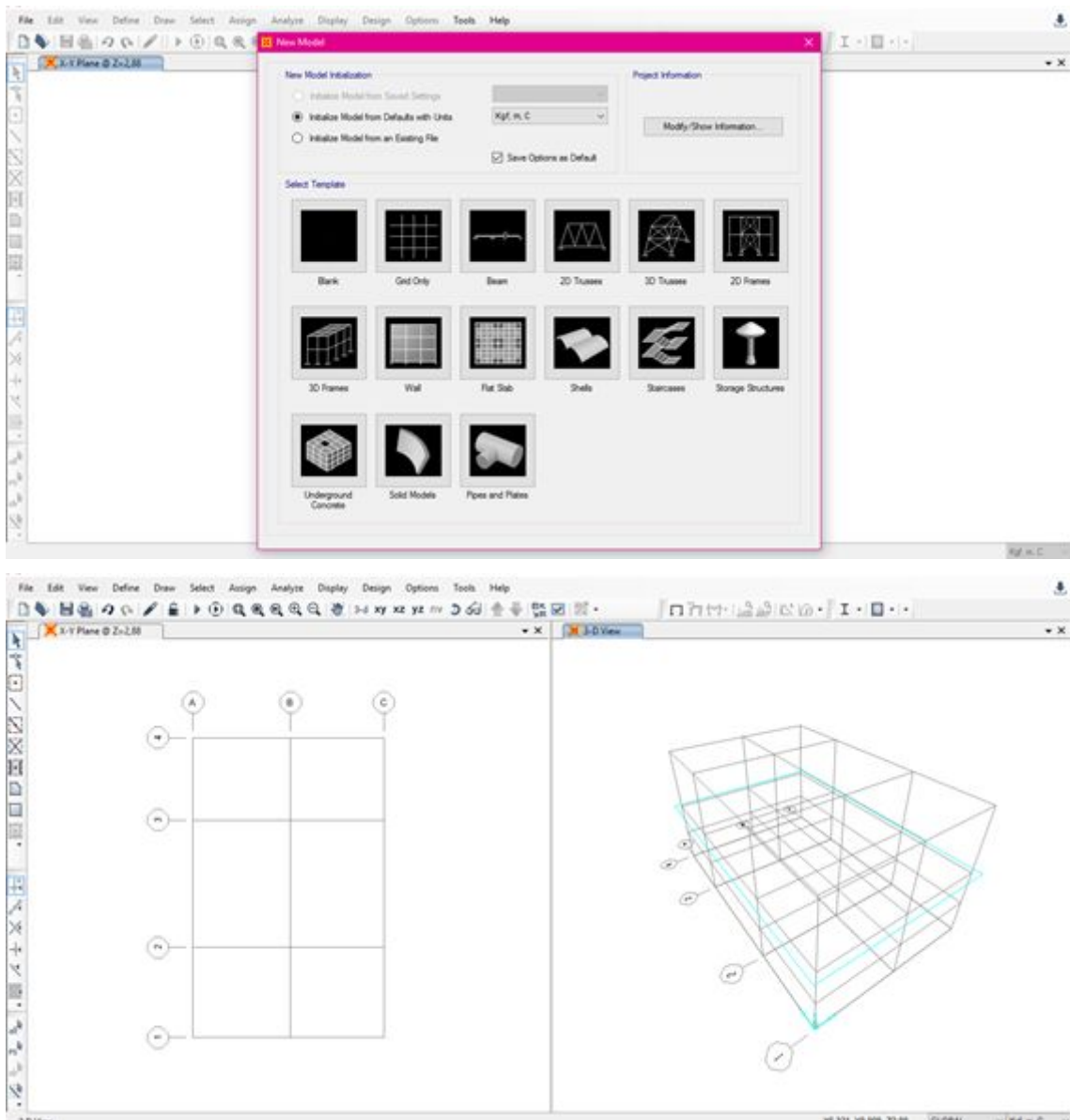
$$As_{min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

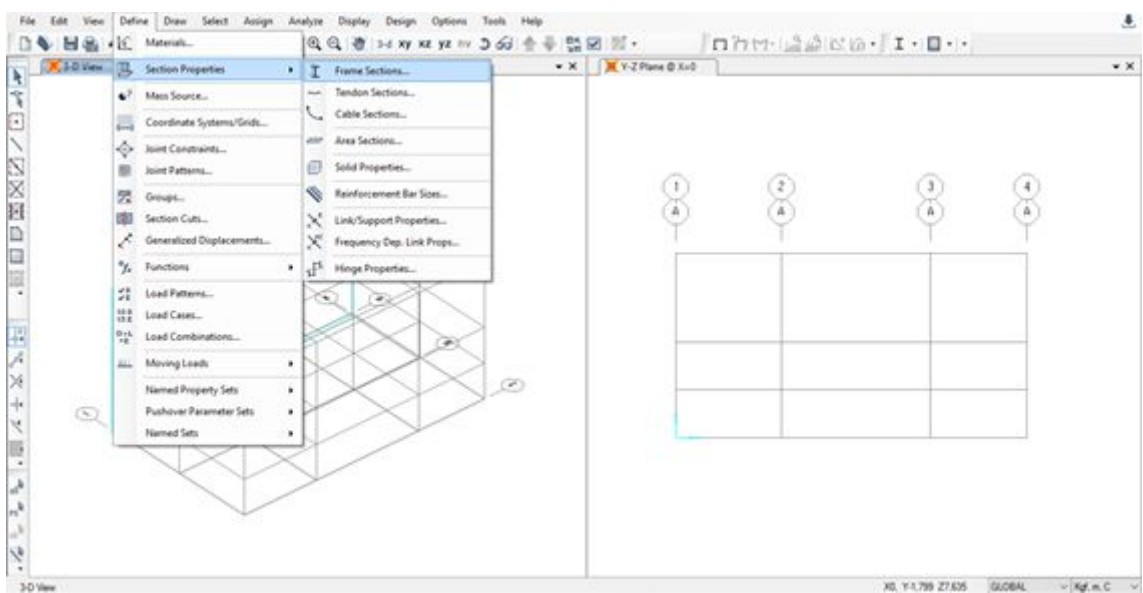
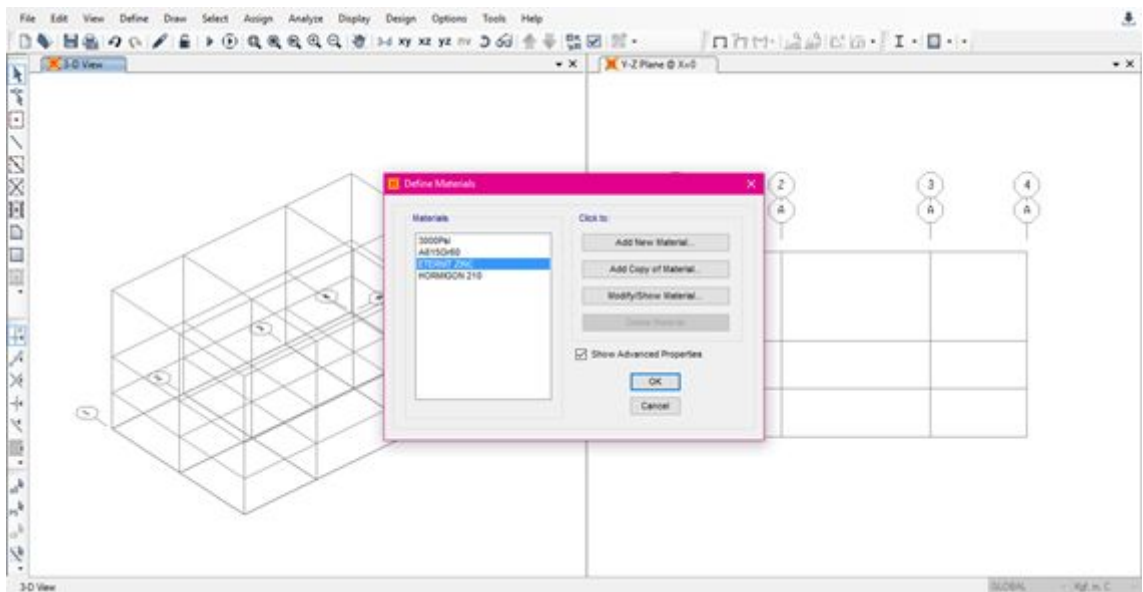
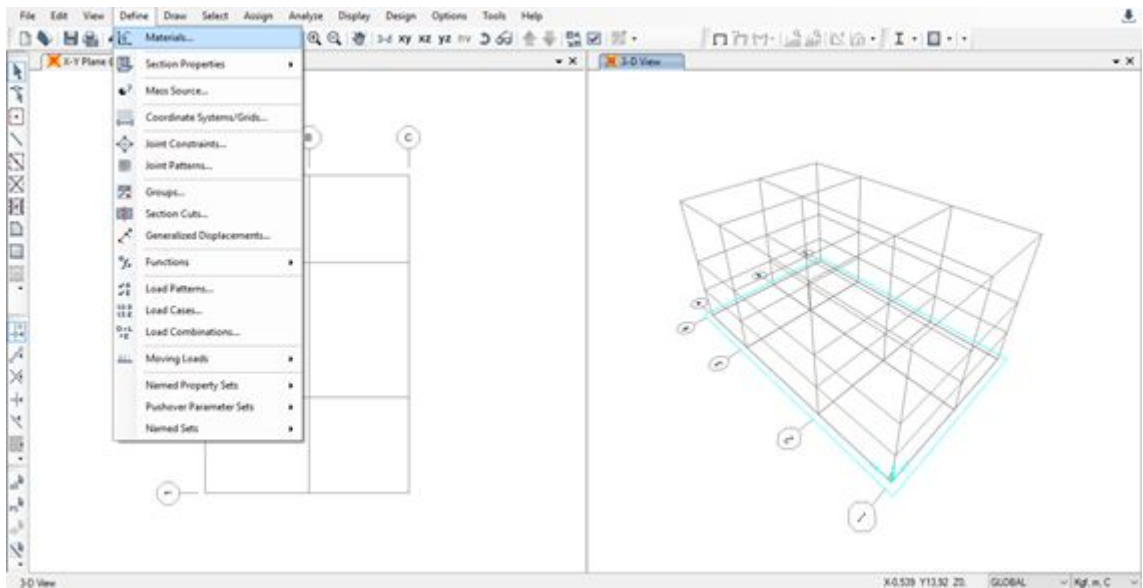
$$As_{min} = 1,70 \text{ cm}^2$$

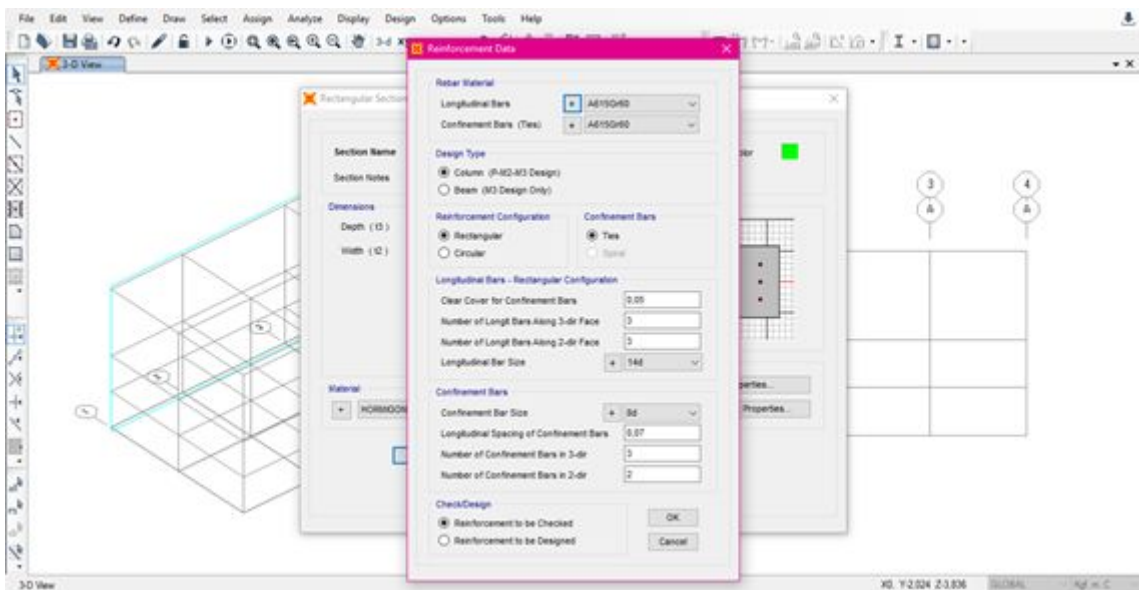
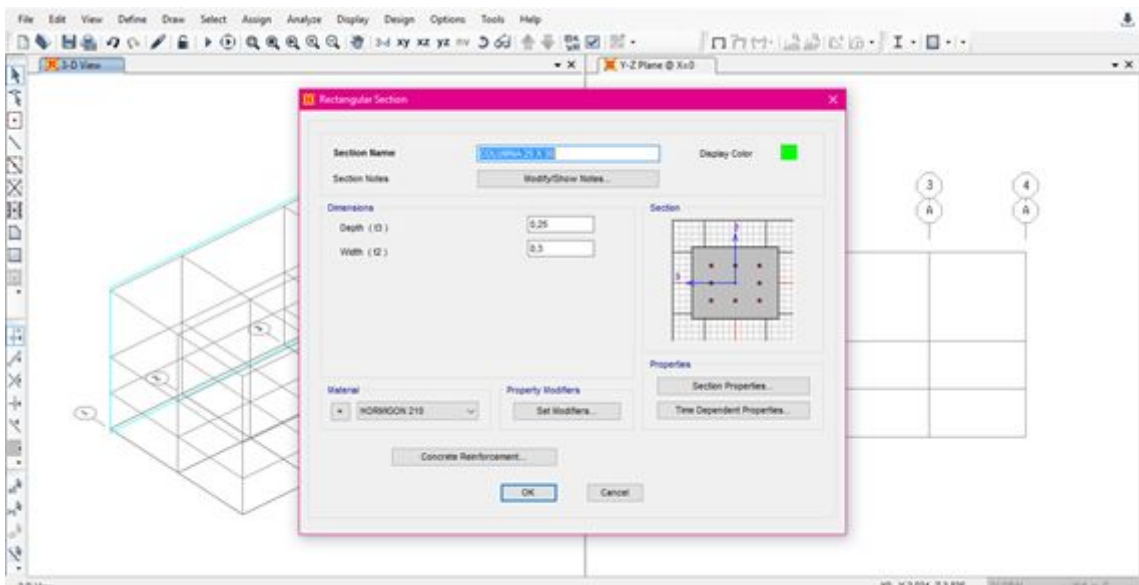
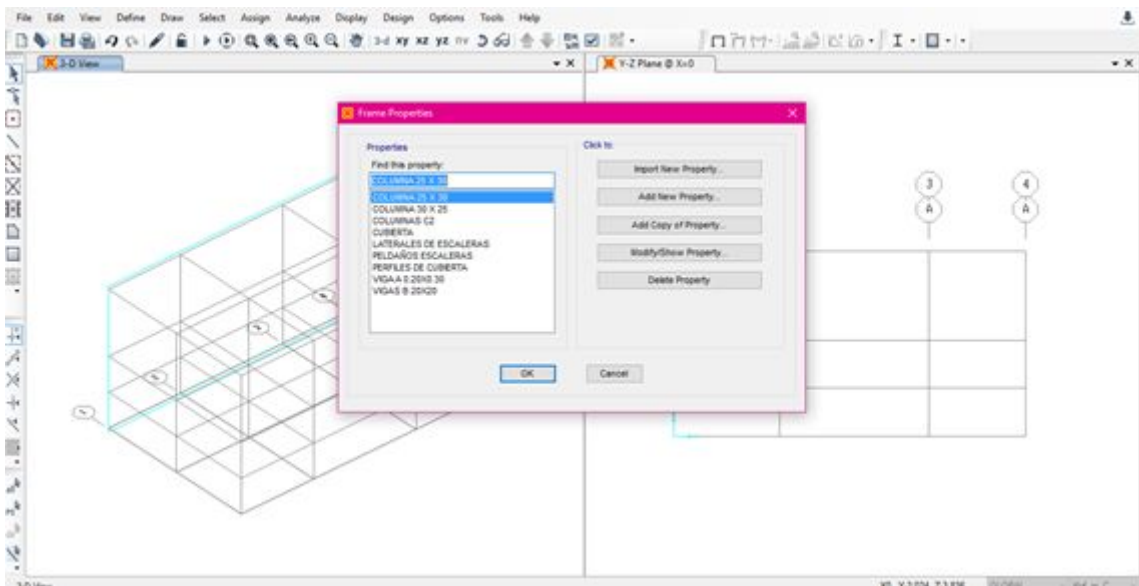
$$As > As_{min} \quad OK$$

## ANEXO F

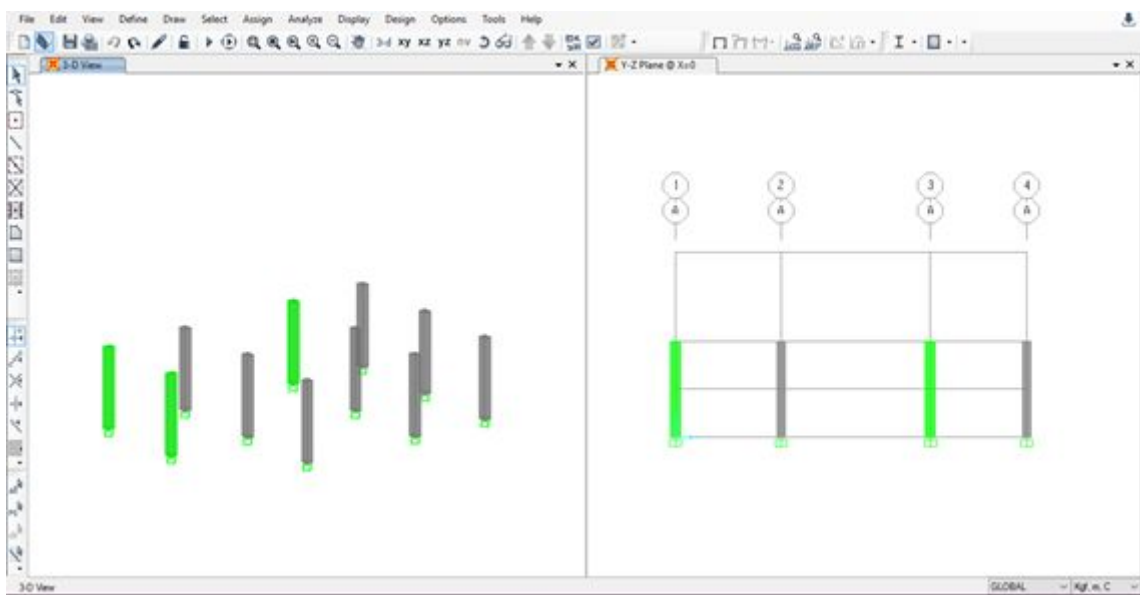
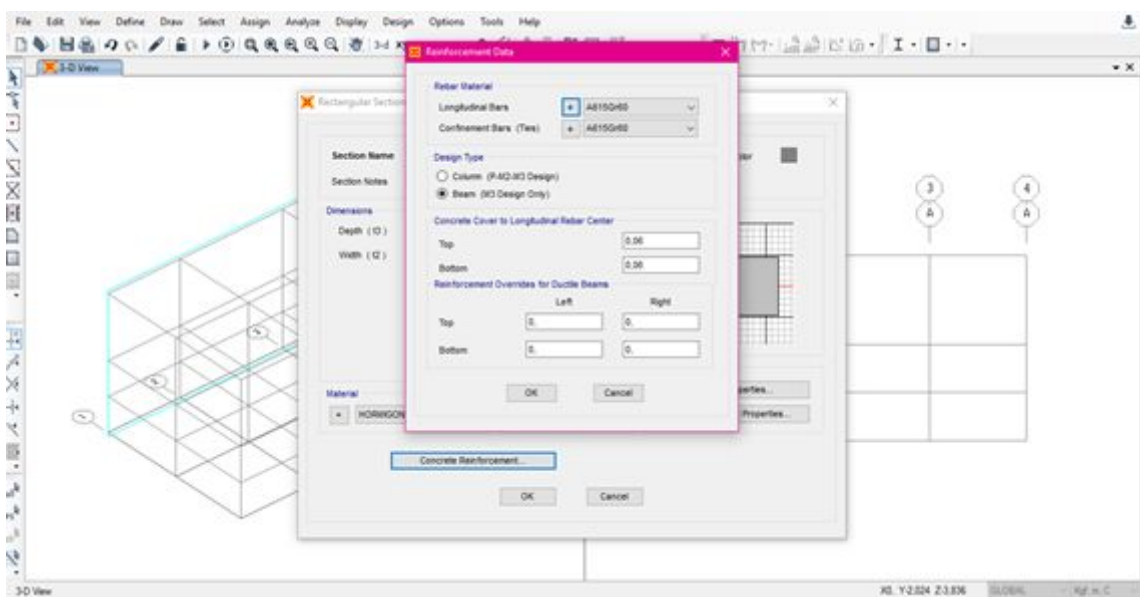
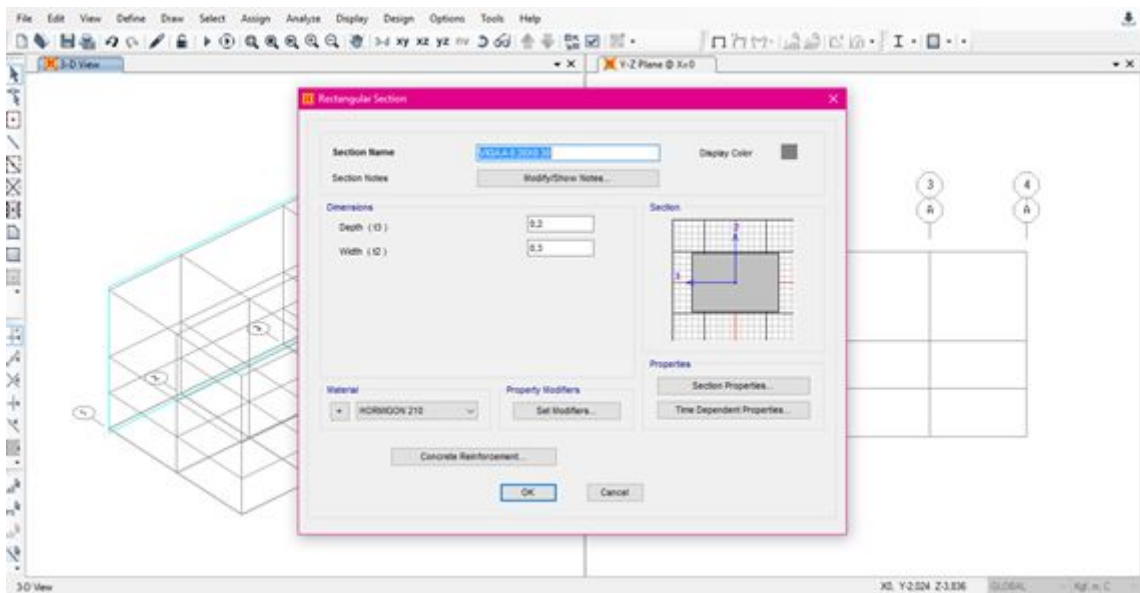
### Proceso de Modelado de la Vivienda Tipo en un Software de Análisis Estructural

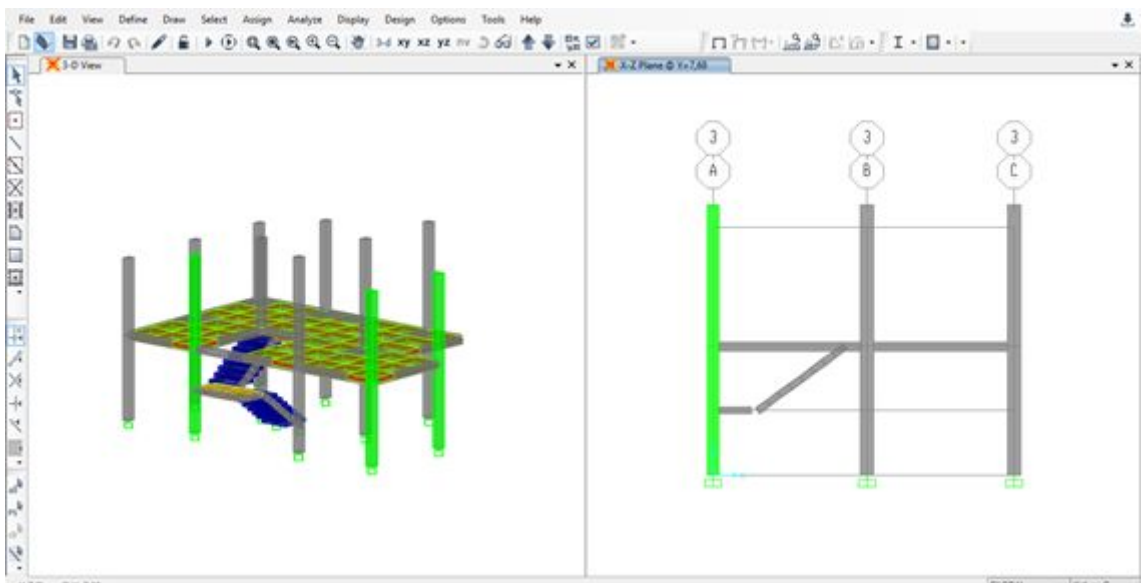
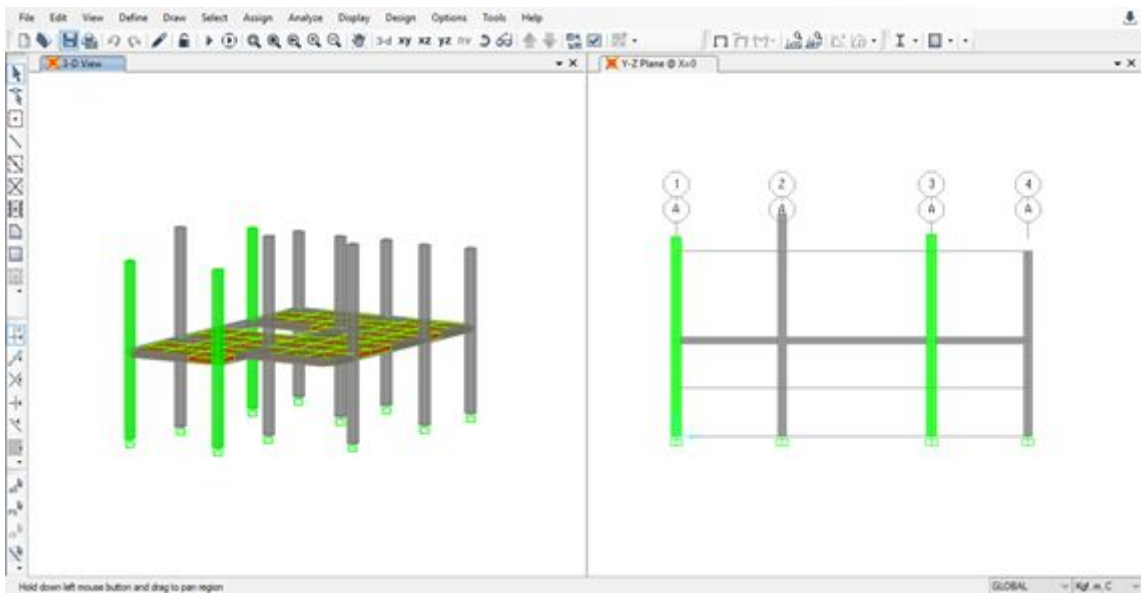
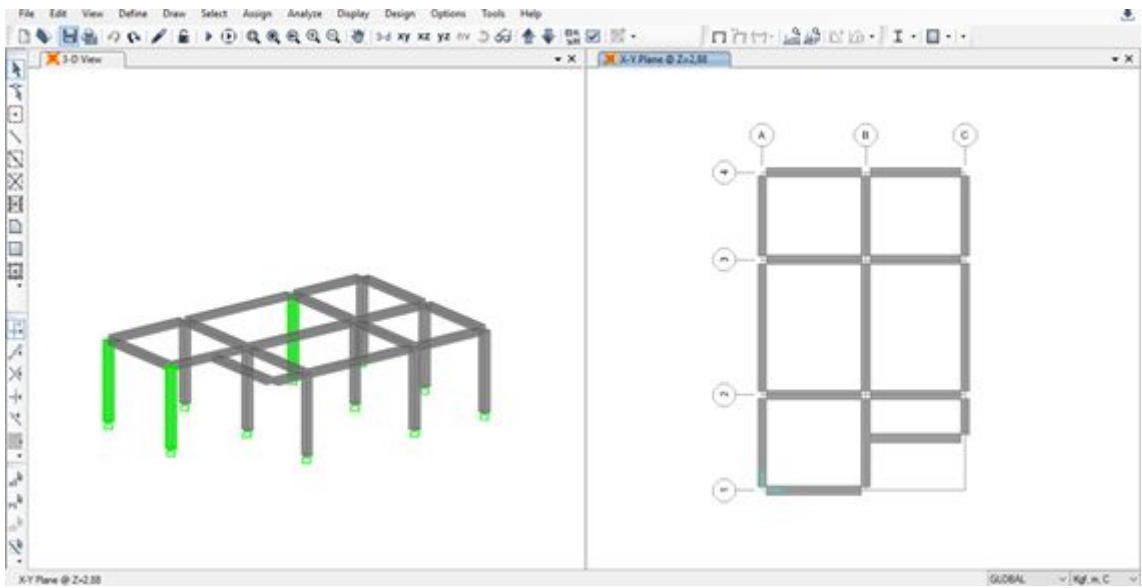




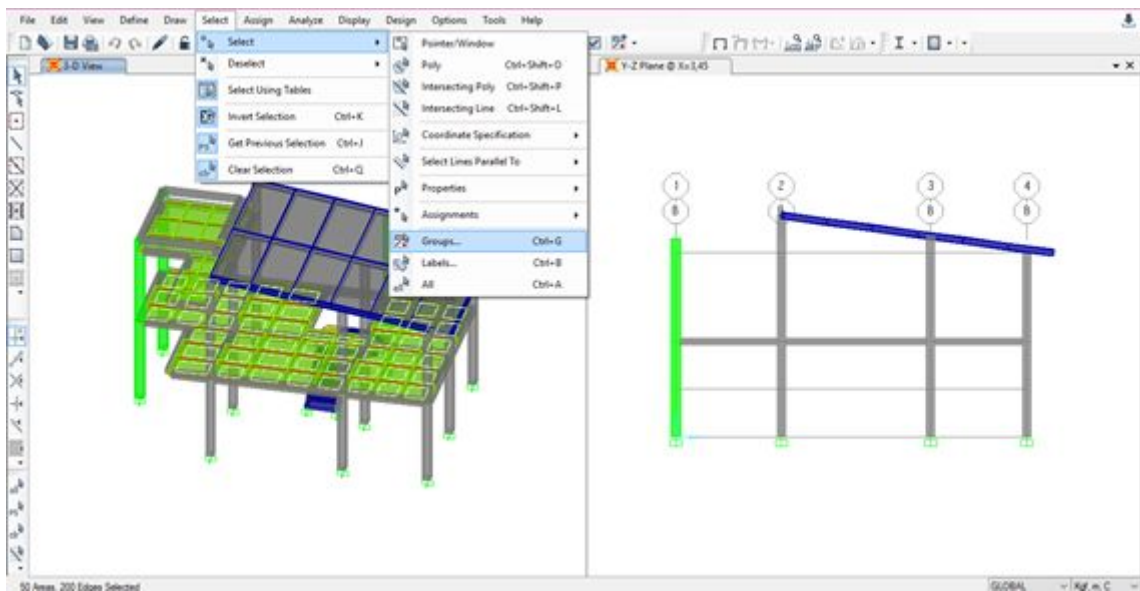
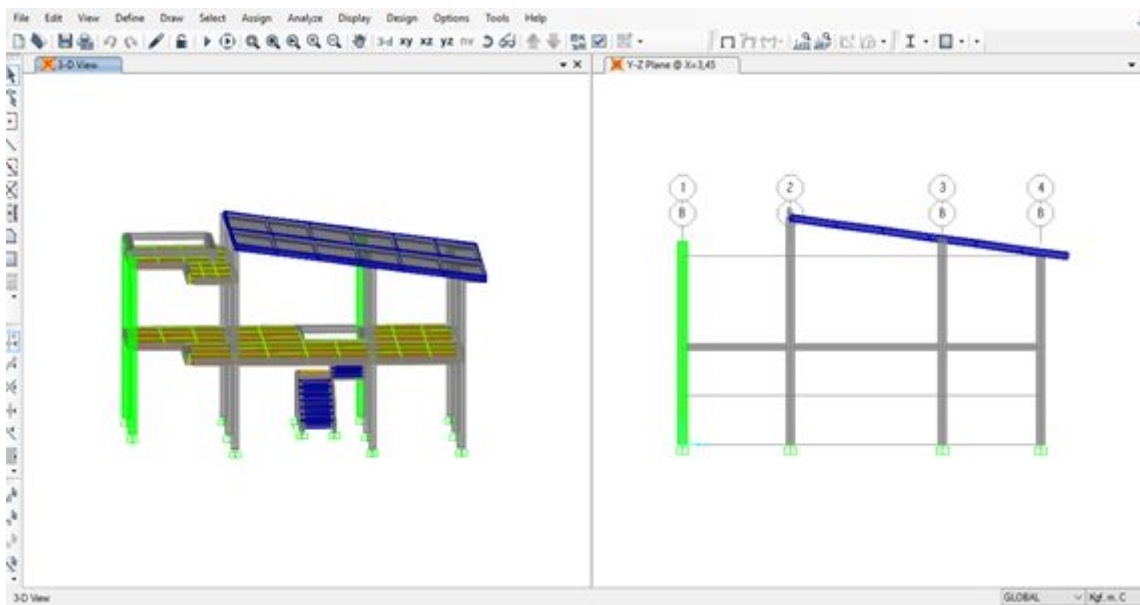
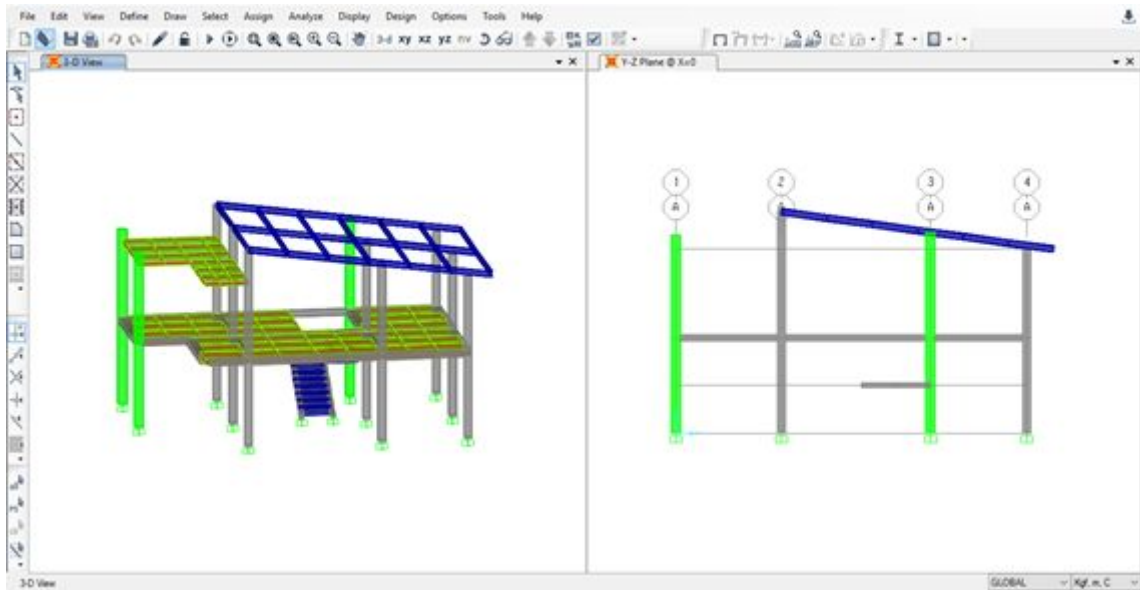


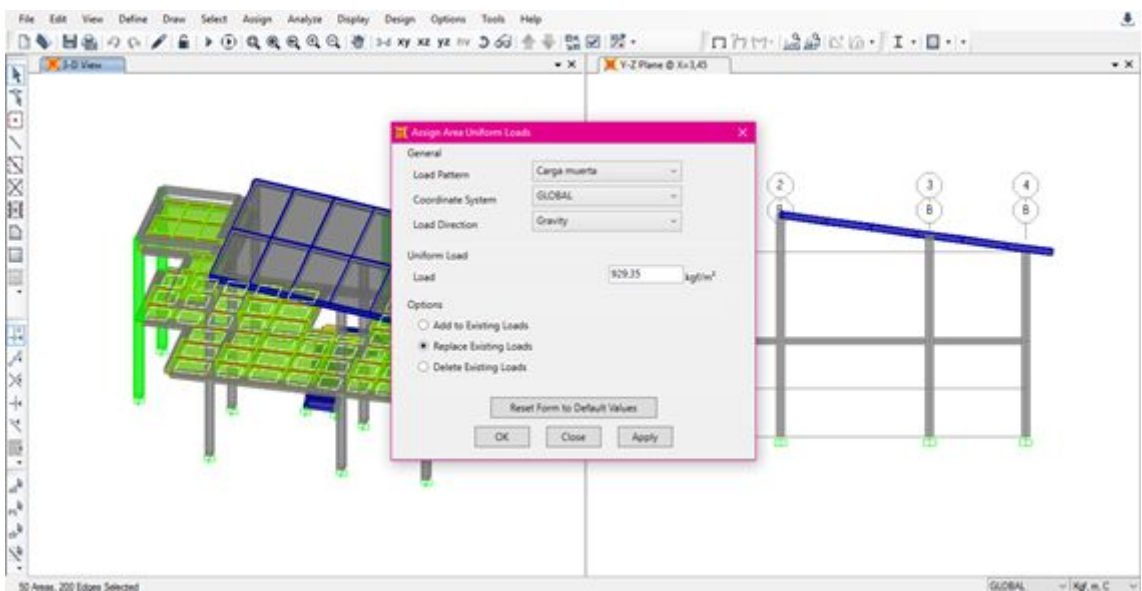
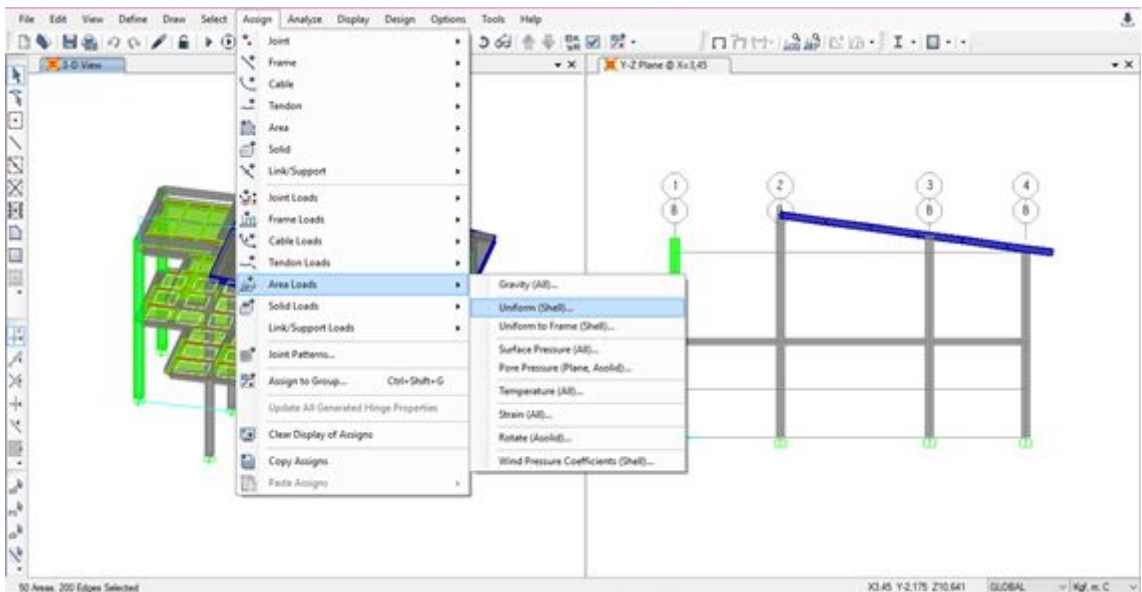
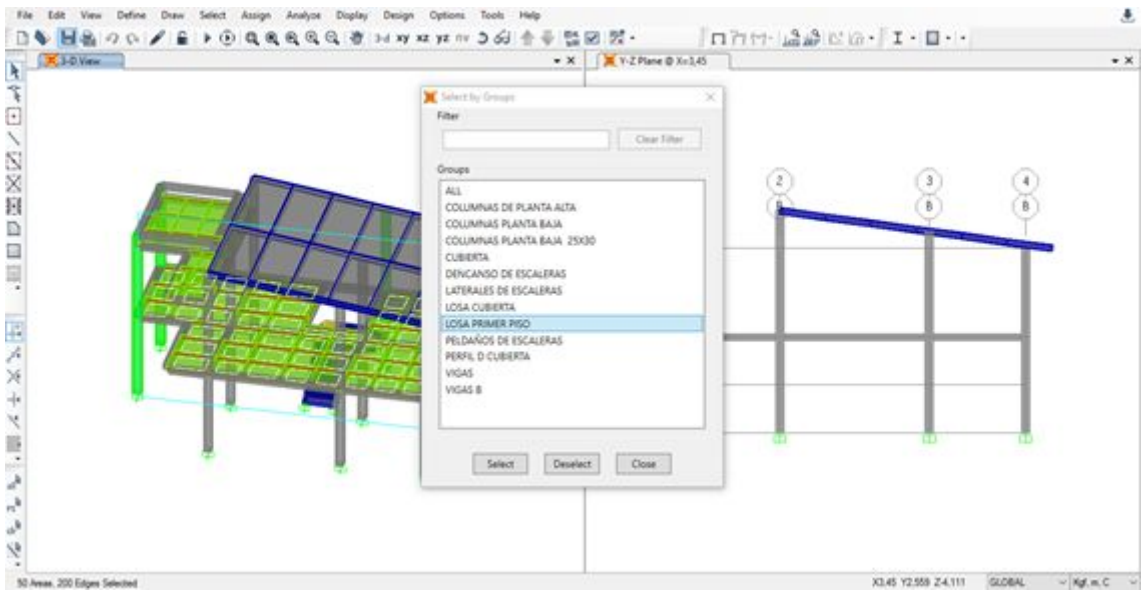


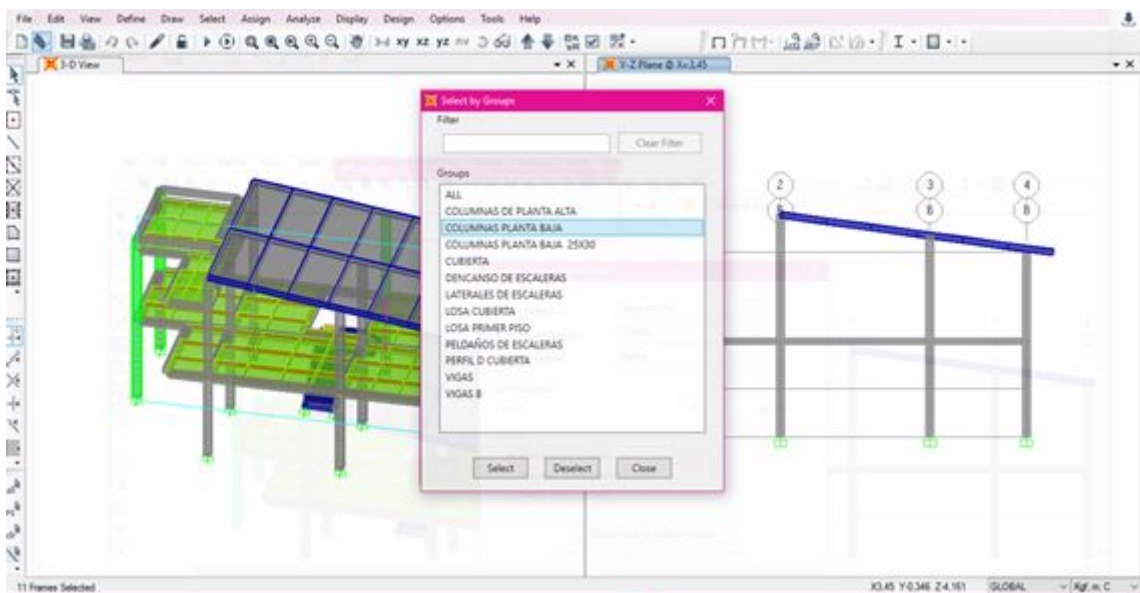
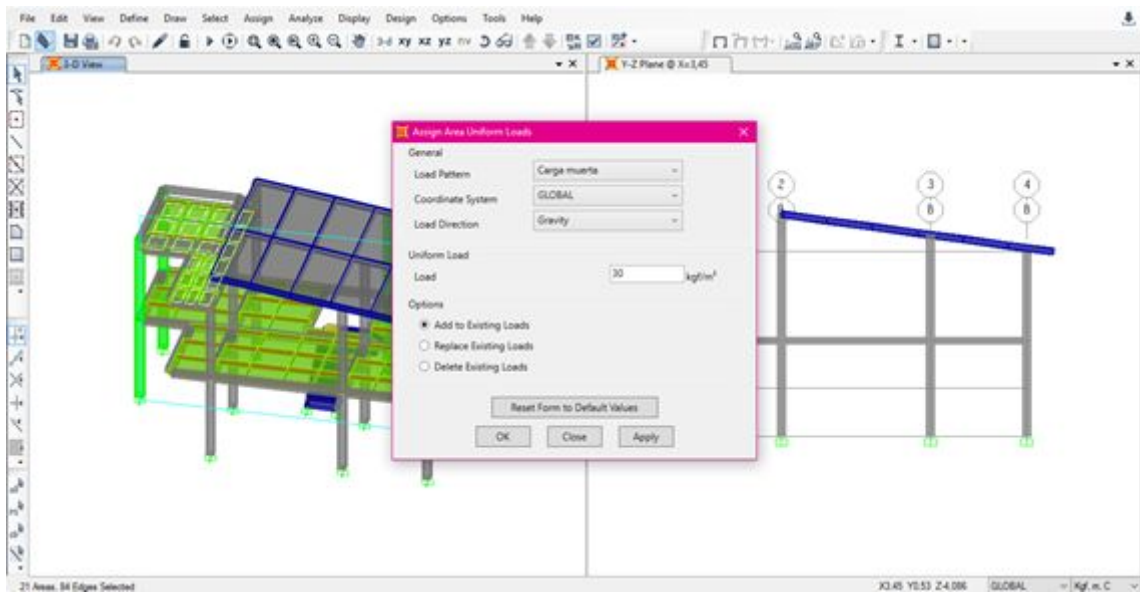
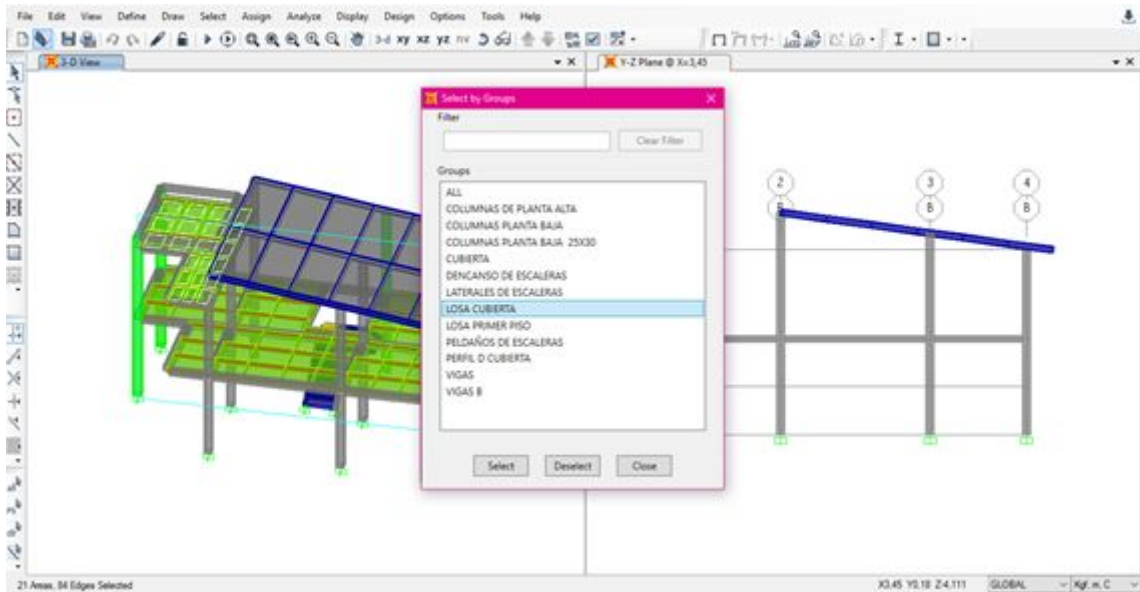


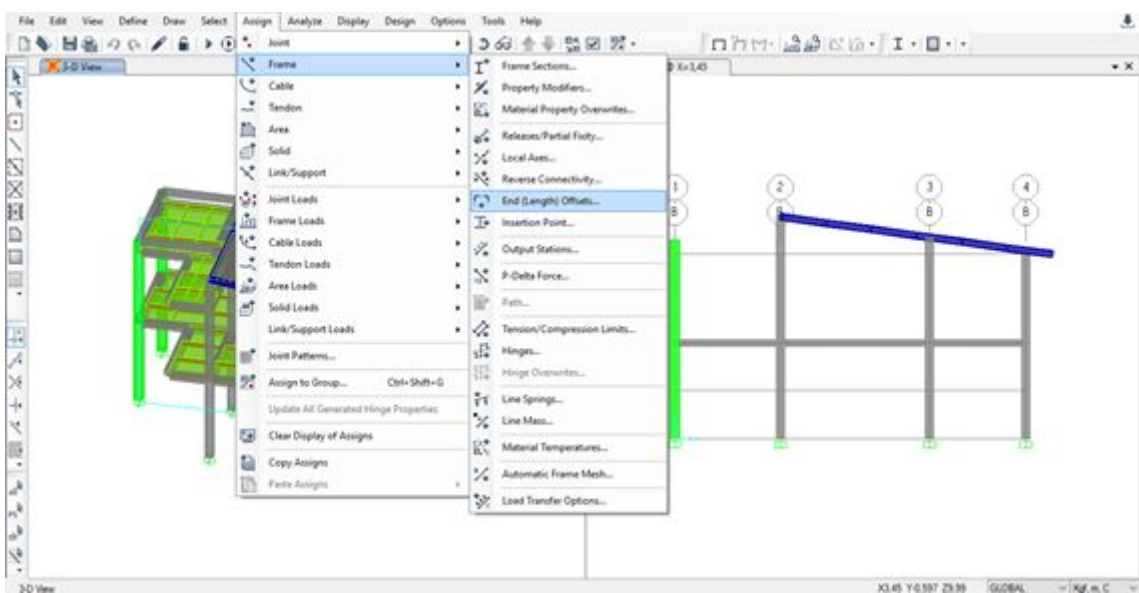
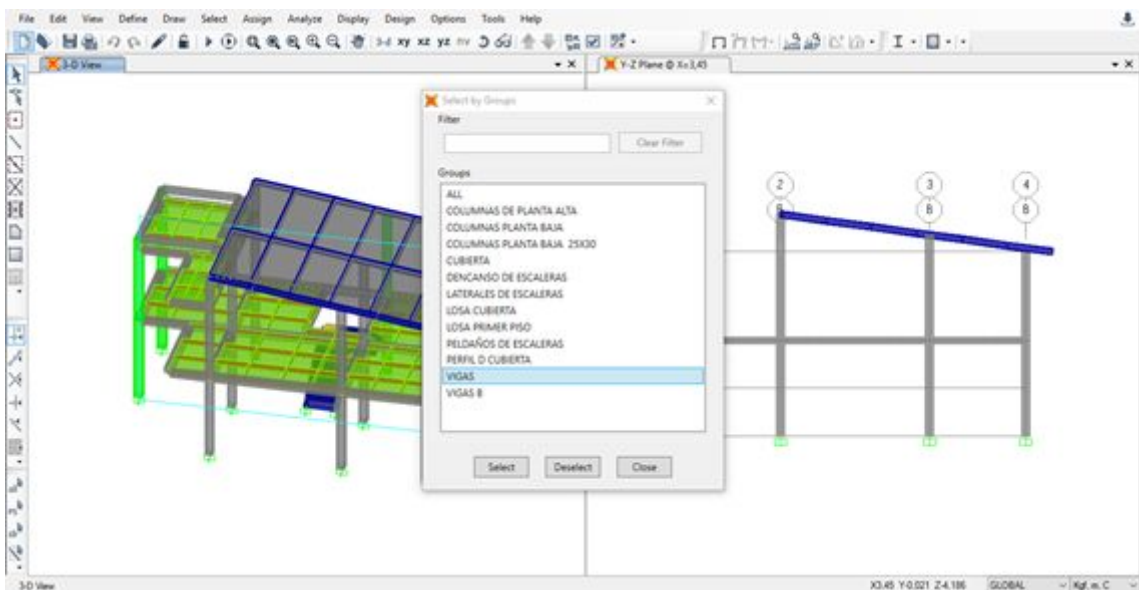
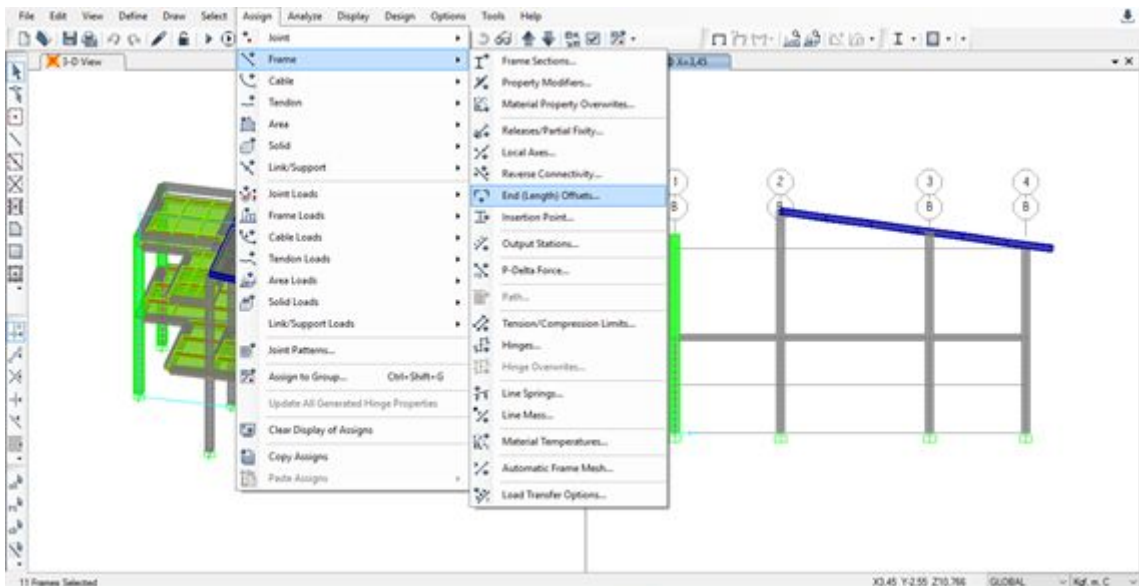




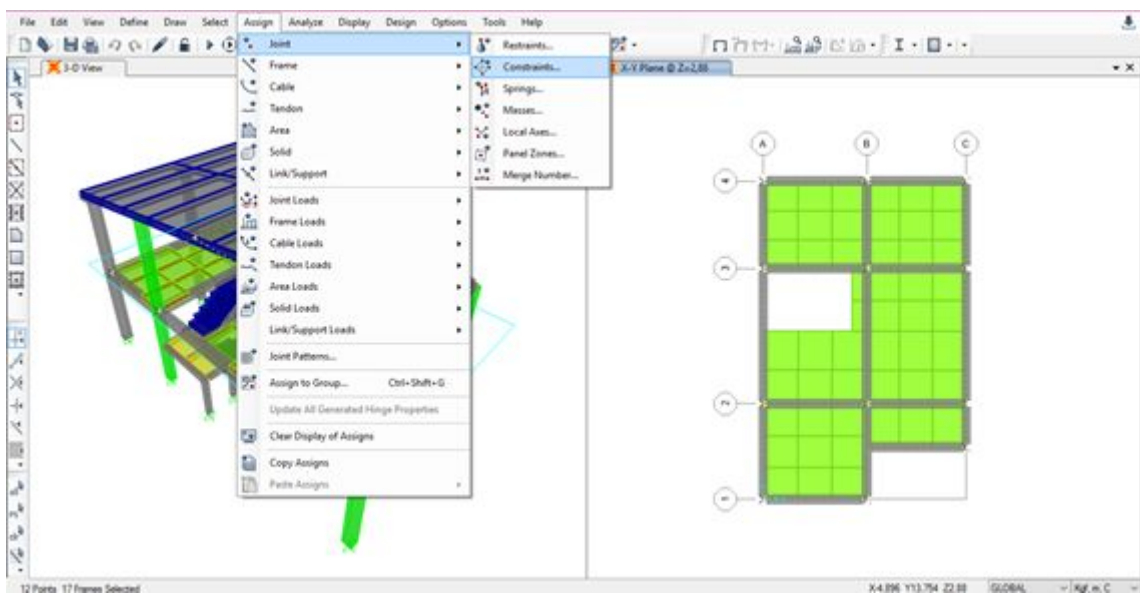
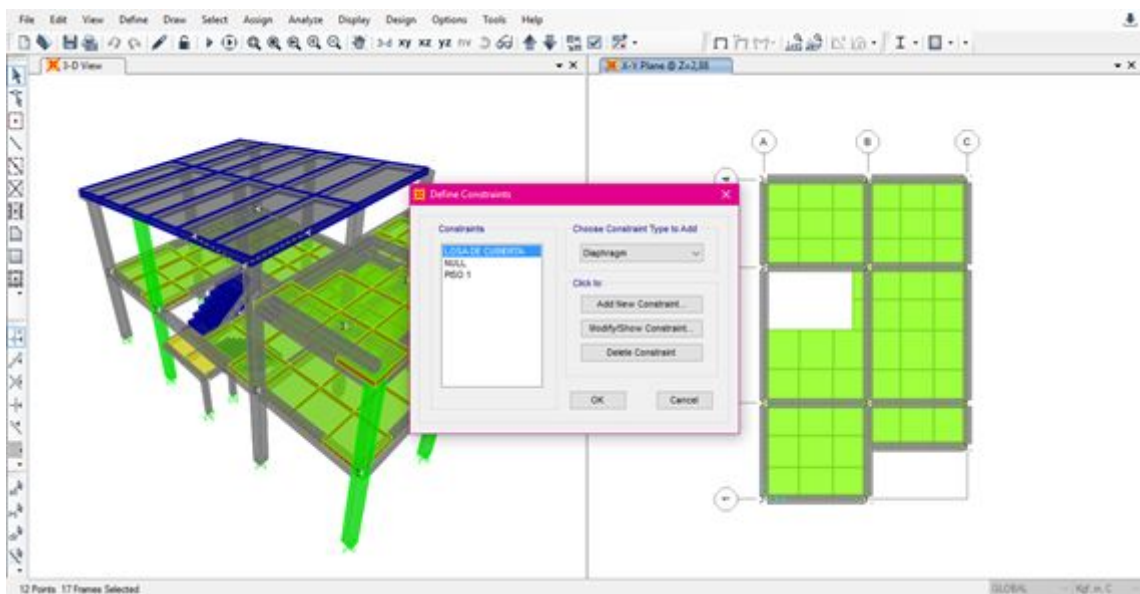
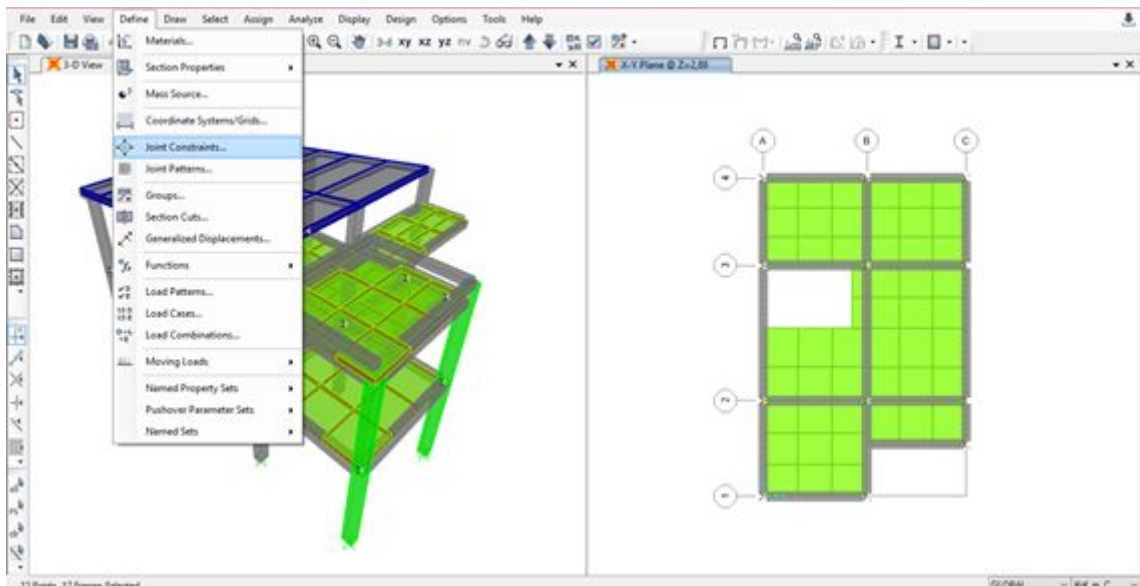


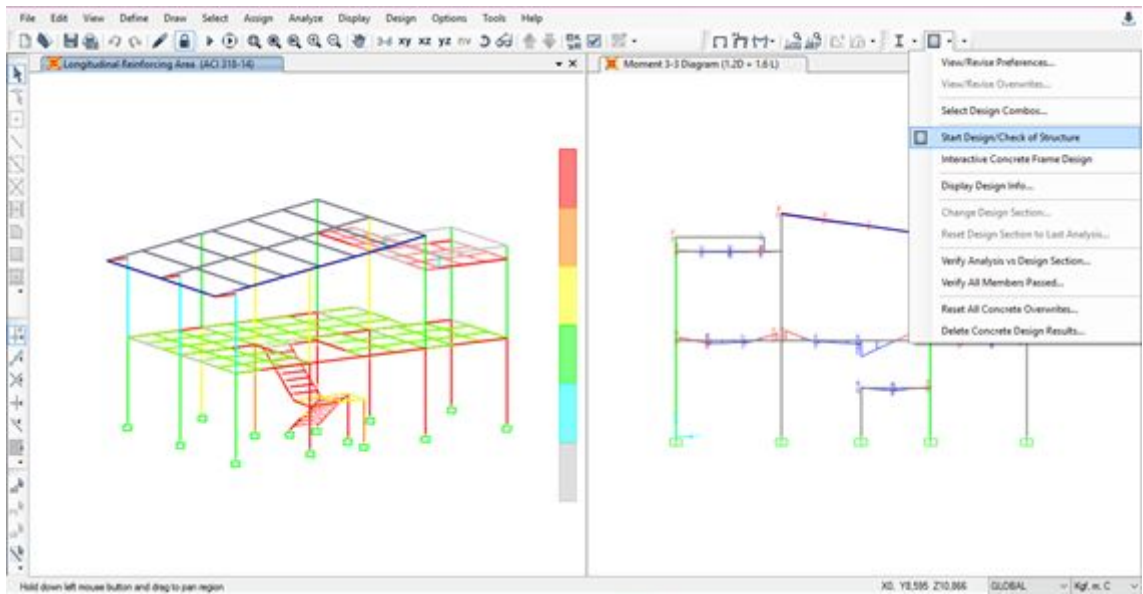
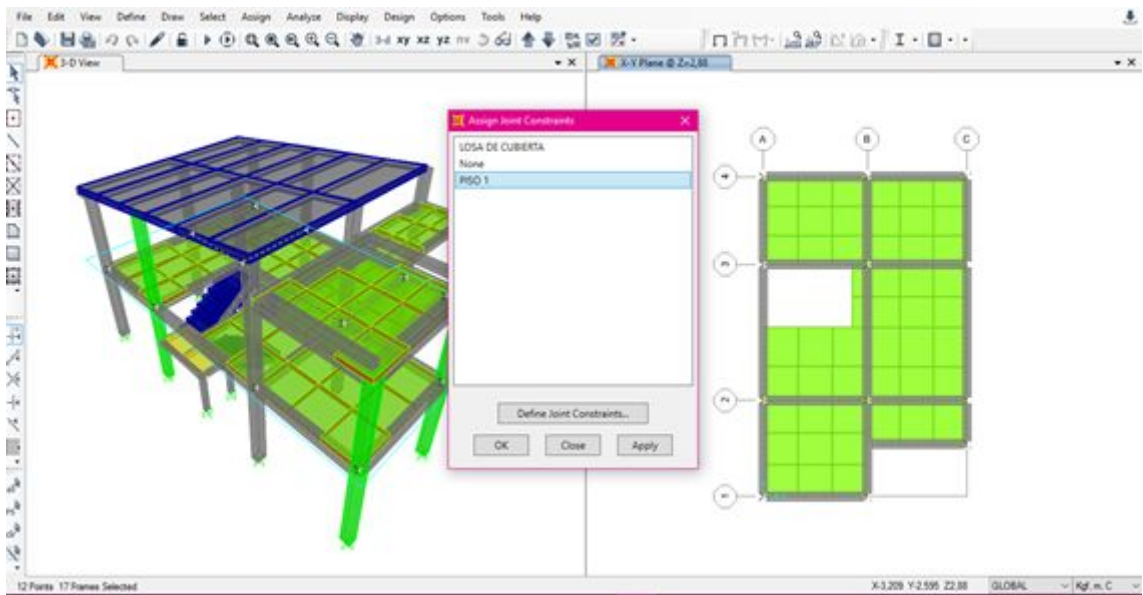












## ANEXO G

### Análisis de Precios Unitarios

COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO					
EQUIPO					
				Rendimiento	12,00 kg/h
N°	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo Unitario
1	Herramienta Menor		0,05		0,05
2	Amoladora	1	4	4	0,33
3	Soldadora	1	5	5	0,42
Parcial 1					0,75

Mano de Obra					
4	Peon	1	3,6	3,6	0,3
5	Maestro Mayor	1	4,04	4,04	0,34
6	Soldador	1	3,9	3,9	0,33
Parcial 2					0,96

Materiales					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo Unitario
4	Acero de Refuerzo	kg	1	1,16	1,16
5	Alambre de Amarre	kg	0,02	0,9	0,02
Parcial 3					1,18

Costos Directos		2,89
Costos Indirectos	15%	0,43
<b>Total</b>		<b>3,32</b>

HORMIGONADO					
EQUIPO					
				Rendimiento	0,25 m3/h
N°	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo Unitario
1	Herramienta Menor		0,05		
2	Concretera	1	5	5	20,00
Parcial 1					20,00

Mano de Obra					
3	Peon	2	3,6	7,2	0,6
4	Maestro Mayor	1	4,04	4,04	0,34
Parcial 2					0,94

Materiales					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo Unitario
5	Tablas	m	1,16	0,75	0,87
6	Cemento	saco	2,1	7,68	16,13
7	Ripio	m3	5,81	18,75	108,94
8	Arena	m3	3,48	11,25	39,15
9	Tiras	m	6	0,3	1,80
10	Clavos	kg	0,5	0,9	0,45
11	Agua	m3	0,18	2	0,36
Parcial 3					167,70

Costos Directos		188,63
Costos Indirectos	15%	28,29
<b>Total</b>		<b>216,93</b>

APU Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono					
EQUIPO					
N°	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo Unitario
1	Herramienta Menor		0,05		0,032
Parcial 1					0,03

Mano de Obra					
N°	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Costo Unitario
3	Peon	1	3,6	3,6	0,3
4	Maestro Mayor	1	4,04	4,04	0,34
Parcial 2					0,64

Materiales					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo Unitario
5	Impregnación de Base de Resina Epoxi	kg	3,08	32,4	99,79
6	Mortero de Reparación Epoxi	kg	3,08	8,4	25,87
7	Fibra de Carbono	m	11	14,6	160,60
Parcial 3					125,66

Costos Directos		126,33
Costos Indirectos	15%	18,95
Total		145,28

## Presupuestos

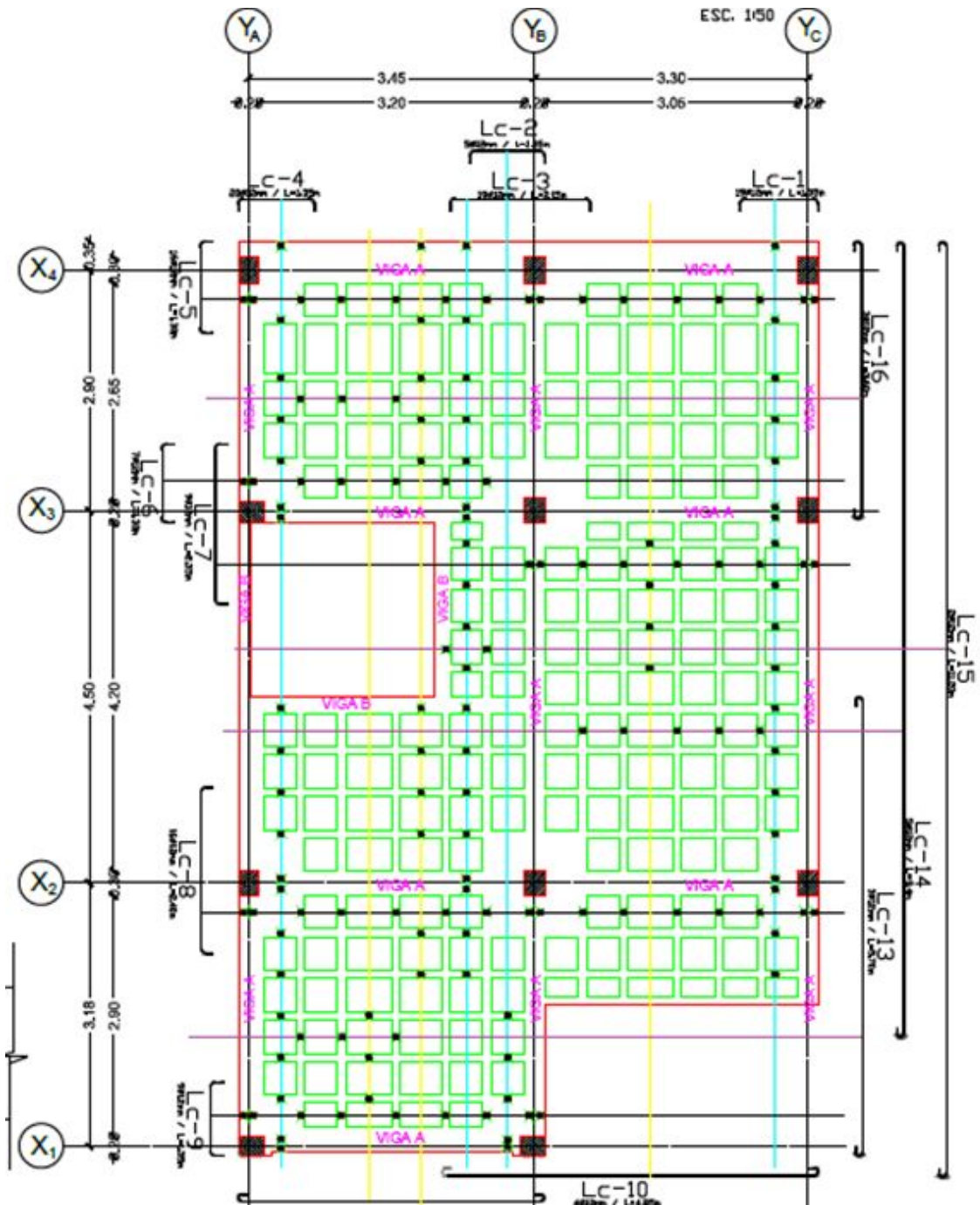
PRESUPUESTO DE ENCAMISADO ESTRUCTURAL				
Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Total	Porcentaje
Acero de Refuerzo	672	3,32	2233,13	74,09
Hormigon 210 kg/cm <sup>2</sup>	3,6	216,93	780,94	25,91
Total			3014,07	100,00

PRESUPUESTO REFUERZO ESTRUCTURAL CON FIBRA DE CARBONO				
Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Total	Porcentaje
Colocación de Fibra de Carbono	36,96	145,28	5369,64	100,00
Total			5369,64	100,00



# ANEXO H

## Planos de Vivienda Tipo



## ANEXO I

### Evidencias Fotográficas





## **ANEXO J**

### **Procesos de Reforzamiento Estructural**

#### **Colocación de Fibra de carbono para Reforzamiento Estructural**

##### **Preparación del soporte de hormigón**



##### **Aplicación de la mezcla para adherir la fibra de carbono**



##### **Impregnación cuidadosa de la fibra**

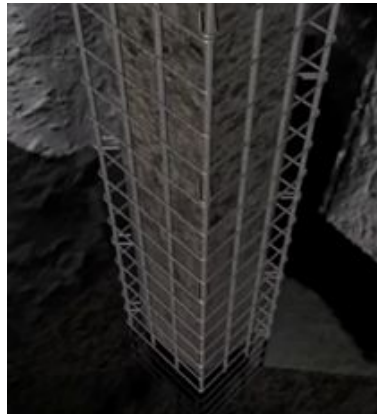


## **Encamisado para Reforzamiento Estructural**

**Preparar columna y romper contrapiso hasta llegar a la cimentación**



**Colocar el acero longitudinal y estribos**



**Se encofra y se vierte el hormigón.**

