



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE RESPUESTA SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS,
CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS RESISTENTES A
MOMENTOS VERSUS MUROS PORTANTES.

CARAGUAY SALINAS MONICA PAULINA
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE RESPUESTA SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS
PISOS, CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS
RESISTENTES A MOMENTOS VERSUS MUROS PORTANTES.

CARAGUAY SALINAS MONICA PAULINA
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE RESPUESTA SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS, CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTOS VERSUS MUROS PORTANTES.

CARAGUAY SALINAS MONICA PAULINA
INGENIERA CIVIL

CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO

MACHALA, 21 DE AGOSTO DE 2018

MACHALA
21 de agosto de 2018

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ANÁLISIS DE RESPUESTA SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS, CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTOS VERSUS MUROS PORTANTES., 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 FERNÁNDEZ JOSÉ LUIS
0703830646
ESPECIALISTA 2

PANTOJA AGUAACONDO DAVID ELOY
0702321191
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 22 de agosto de 2018 - 08:42

Urkund Analysis Result

Analysed Document: CARAGUAY SALINAS MONICA PAULINA_PT-010518.pdf
(D40317060)
Submitted: 6/22/2018 6:55:00 PM
Submitted By: mpcaraguay_est@utmachala.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

Wilmer Eduardo Gomez Cardenas .docx (D29675328)
examen complejo jhony alvarado torres.pdf (D29653838)
TRABAJO FINAL PARA URKUND.docx (D34026285)
YAGUANAMEDINA PATRICIO BOLIVAR.docx (D21723611)
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11009/1/TUAIC_2017_IC_CD0008.pdf
http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16703/1/ILLESCAS_LEE_TRABAJO_TITULACI%C3%93N_ESTRUCTURAS_ENERO_2017.pdf

Instances where selected sources appear:

7

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

La que suscribe, CARAGUAY SALINAS MONICA PAULINA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE RESPUESTA SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS, CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTOS VERSUS MUROS PORTANTES,, 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, 21 de agosto de 2018



CARAGUAY SALINAS MONICA PAULINA
0706048626

DEDICATORIA

Con especial cariño a mis queridos padres Carmita y Manuel, ya que, sin su apoyo, paciencia y comprensión, alcanzar esta meta no hubiese sido posible, ellos que prefirieron sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir mis sueños, su bondad y buen ejemplo que han sido mi más grande inspiración.

A cada uno de los demás miembros de mi familia, que siempre han estado ahí brindándome todo su apoyo, y me han motivado para no abandonar nunca ninguna de mis metas.

Mónica Paulina Caraguay Salinas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida para permitirme cumplir uno más de mis objetivos.

A mis profesores que desde el aula supieron como guiarme hacia un objetivo claro, especialmente a mi tutor el Ing. Leyden Carrión Romero que me brindo sus conocimientos y me ayudo en el desarrollo de este trabajo.

Mónica Paulina Caraguay Salinas

RESUMEN

El 16 de abril de 2016 Ecuador tuvo la presencia de gran un movimiento sísmico, cuya magnitud alcanzó los 7.8 grados en la escala de Richter, su epicentro se suscitó entre las parroquias de Pedernales y Cojimíes del cantón Pedernales, provincia de Manabí, mismo que dejó un saldo de al menos 671 pérdidas humanas como resultado del colapso de infraestructuras civiles.

Esto dejó en evidencia la vulnerabilidad de las viviendas construidas en la zona ante la presencia de este tipo de eventos sísmicos, así como el incumplimiento de la normativa existente (NEC-2015), lo cual motivó a la exigencia de un mayor control del cumplimiento de esta, para garantizar la calidad constructiva y la seguridad estructural de las edificaciones.

La realización del presente trabajo práctico tiene como objetivo evaluar la respuesta sísmica de dos viviendas de dos pisos con distintos sistemas estructurales, mediante el uso del software estructural especializado, estas viviendas se encuentran ubicadas en zona de muy alto riesgo sísmico ($z \geq 0.5$), lo que permitió verificar la implementación de la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC) y se determinó cuál de los diseños estructurales es el más adecuado ante una amenaza sísmica.

Se seleccionaron dos viviendas tipo de dos urbanizaciones localizadas en la ciudad de Machala, con características y áreas de construcción similares, para el sistema de pórticos resistentes a momentos se seleccionó una vivienda construida con columnas, vigas y paredes de mampostería de bloque, mientras que para muros portantes la vivienda se construyó con muros de hormigón armado con malla electro- soldada.

Palabras claves: diseño estructural, pórtico resistente, sistema estructural, muros portantes, pórticos, sismorresistente, hormigón armado.

ABSTRACT

On April 16, 2016 Ecuador had the presence of a seismic movement, whose magnitude reached 7.8 degrees on the Richter scale, its epicenter it was raised between the parishes of Pedernales and Cojimíes of the Pedernales canton, Manabí province, which left a balance of at least 671 human losses as a result of the collapse of civil infrastructure.

This left in evidence the vulnerability of the houses built in the area in the presence of this type of seismic events, as well as non-compliance with the existing regulations (NEC-2015), which motivates the requirement of greater control of compliance with this, to guarantee the constructive quality and the structural safety of the buildings.

The realization of the present practical work has as objective to evaluate the seismic response of two houses of two floors with different structural systems, these houses are located in an area of very high seismic risk ($z \geq 0.5$), This allowed us to verify the implementation of the Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) and determined which of the structural designs is the most appropriate in the face of a seismic threat.

Two housing types of two urbanizations located in the city of Machala were selected, for the system of porticos resistant to moments, a house built with columns was selected, beams and walls of block masonry, while for load-bearing walls the house was built with reinforced concrete walls with electro-welded mesh.

Keywords: structural design, resistant gantry, structural system, bearing walls, gantries, seismic resistant, reinforced concrete.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
INTRODUCCIÓN.....	8
1.2 Objetivo General.....	9
1.3 Objetivos Específicos.....	9
1.4 Delimitación del problema.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
2.1. Diseño Estructural.....	10
2.1.1 Actividad Sísmica en Ecuador.....	10
2.1.2 Sistemas Estructurales.....	10
2.1.3 Sistema Estructural de Pórticos Resistentes a Momentos.....	10
2.1.4 Sistema Estructural con Muros Portantes de Hormigón Armado.....	10
2.1.5 Configuración Estructural.....	11
2.2 Análisis Estructural.....	11
2.2.1 American Concrete Institute.....	11
2.2.2 Norma Ecuatoriana de la Construcción(NEC-2015).....	11
2.2.3 Guía práctica de diseño de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros de conformidad con la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015).....	12
2.2.4 Diseño sismorresistente.....	12
2.2.5 Estructuras sismorresistente.....	12
2.2.6 Vulnerabilidad Estructural.....	12
2.2.7 Peligro Sísmico.....	12
2.2.8 Sismo de Diseño.....	12
2.2.9 Cortante Basal.....	12
2.2.10 Cargas Muertas.....	12
2.2.11 Cargas Vivas.....	12
2.3. Vivienda en Ecuador.....	13
2.3.1 Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021.....	13
2.3.3 Viviendas de Interés Social.....	14
2.3.4 Urbanizaciones.....	14

2.4 Análisis estructural de los sistemas propuestos.....	14
2.4.1 Sistema Tradicional con pórticos resistentes a momentos.....	14
2.4.1.1 Cargas Vivas.....	15
2.4.1.2 Cargas Muertas.....	15
2.4.1.3 Determinación del Cortante Basal.....	15
2.4.1.5 Modelado la estructura usando el software Etabs 2016.....	15
2.4.2 Sistema Tradicional con muros portantes de hormigón armado.....	16
2.4.2.1 Cargas Vivas.....	16
2.4.2.2 Cargas Muertas.....	16
2.4.2.3 Determinación del Cortante Basal.....	16
2.4.2.4 Modelado la Estructura usando el software Etabs 2016.....	16
CONCLUSIONES.....	17
RECOMENDACIONES.....	18
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	19
FIGURAS.....	21
Figura 1. Cinturón de Fuego del Pacífico.....	21
Figura 2. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona z.....	21
Figura 3. Vivienda con sistema aporticado.....	22
Figura 4. Construcción de sistema tradicional tipo pórtico.....	22
Figura 5. Vivienda con sistema de muros portantes de hormigón armado.....	23
Figura 6. Construcción de sistema muros portantes de hormigón armado.....	23
TABLAS.....	24
Tabla 1. Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas.....	24
Tabla 2. Valores del factor z en función de la zona sísmica adoptada.....	24
Tabla 3. Coeficiente de Respuesta Sísmica.....	24
Tabla 4. Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas.....	25
Tabla 5. Pesos unitarios de materiales de construcción.....	25
Tabla 6. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo, y concentradas Po.....	26
ANEXOS.....	29
Anexo 1. Características de vivienda tipo, sistema aporticado.....	29
Anexo 2. Revisión de cumplimiento de parámetros mínimos establecidos en la NEC.....	29

Anexo 3. Vista en planta de vivienda con sistema de pórticos.....	30
Anexo 4. Vista en planta de vivienda con sistema de pórticos.....	31
Anexo 5. Vista en elevación de vivienda con sistema de pórticos.....	32
Anexo 6. Datos mecánicos para materiales.....	32
Anexo 7. Metrado de Cargas para vivienda con sistema de pórticos.....	33
Anexo 8. Modelado de la estructura en Etabs 2016.....	38
Anexo 9. Características de vivienda tipo, sistema con muros portantes.....	43
Anexo 10. Revisión de cumplimiento de parámetros mínimos establecidos en la NEC.....	43
Anexo 11. Vista en planta de vivienda con sistema de muros portantes.....	44
Anexo 12. Vista en planta de vivienda con sistema de muros portantes.....	45
Anexo 13. Vista en elevación de vivienda con sistema de muros portantes.....	46
Anexo 14. Datos mecánicos para materiales.....	46
Anexo 15. Metrado de Cargas para vivienda con sistema de muros portantes....	46
Anexo 16. Modelado de la estructura en Etabs 2016.....	48

INTRODUCCIÓN

“Ecuador se encuentra dentro del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo que su actividad sísmica es alta, incluyendo eventos tales como el de 1906, que alcanzó una magnitud de 8.8. [1].”, siendo uno de los más grandes dentro de la historia moderna. El cinturón de Fuego es una red de volcanes que bordea el Océano Pacífico, se extiende por alrededor de 40.000 kilómetros, y cuya principal característica es concentrar muchas de las zonas de subducción más relevantes del planeta.

En nuestro país los movimientos telúricos se presentan con mucha frecuencia, el último de gran intensidad registrado en Ecuador, se dio el 16 de abril de 2016, “las ciudades de Pedernales, Portoviejo, Manta y Bahía de Caráquez de la provincia de Manabí fueron las más afectadas, con aceleraciones medidas desde 1.407g PGA(E) (Pedernales) hasta 0,38g PGA(N) (Portoviejo). [2].”, el espectro de aceleraciones obtenido en la estación Portoviejo indica que se superó al espectro elástico planteado por la NEC-2015.

Debido a la existente vulnerabilidad de las construcciones exhibida luego de este suceso, a causa de la construcción de edificaciones de modo informal, con mano de obra no calificada o por la falta de seguimiento por parte de los municipios a las obras que cuentan con permisos de construcción, se implementó una mayor exigencia en el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ya que es importante que en el país se cumplan con los parámetros mínimos para el diseño, análisis y construcción de viviendas que garanticen la protección de la vida de las personas que las habiten.

Se ha elegido dos viviendas con dos sistemas estructurales diferentes, como lo son pórticos resistentes a momentos y muros portantes de hormigón armado, ya que estos sistemas constructivos son los más empleados actualmente, se realizó el modelado de las estructuras mediante el uso del software estructural especializado con la finalidad realizar un análisis de la respuesta sísmica de estas viviendas y verificar que cumplan con la seguridad estructural que garantice la vida de sus habitantes ante eventos sísmicos.

1.2 Objetivo General

- Realizar el análisis de respuesta sísmica de una vivienda de dos pisos con un sistema estructural de pórticos resistentes a momentos versus otra con muros portantes, mediante el uso de un software estructural especializado, para verificar el comportamiento de las estructuras implantadas en una zona sísmica muy alta y el cumplimiento de la NEC.

1.3 Objetivos Específicos

- Verificar que los planos arquitectónicos de las viviendas seleccionadas cumplan con los parámetros mínimos exigidos por la normativa actual (NEC-2015).
- Determinar la respuesta sísmica de las viviendas, mediante el uso del software estructural especializado.
- Realizar el análisis de respuesta sísmica de las viviendas seleccionadas, que servirá para desarrollar un informe de los resultados obtenidos y determinar cuál es el diseño estructural más eficiente aplicado a una zona sísmica muy alta.

1.4 Delimitación del problema

Para desarrollar el presente trabajo práctico, se recolectó información de viviendas modelo de dos urbanizaciones, para pórticos resistentes a momentos se seleccionó la Urbanización Celessia, mientras que para el sistema de muros portantes de hormigón armado se eligió la Urbanización Nuevos Horizontes, dichas viviendas serán implantadas en una zona sísmica muy alta ($z > 0.5$), con la finalidad de realizar una comparación de la respuesta sísmica de los sistemas estructurales planteados.

El modelado de las viviendas se realizará utilizando el software estructural especializado Etabs 2016, con los resultados obtenidos se llevará a cabo el análisis comparativo de las estructuras, para determinar cual ofrece una respuesta más favorable ante un evento sísmico.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Diseño Estructural.

“El diseño estructural tiene como uno de sus objetivos proveer elementos dúctiles, con el fin de desarrollar una buena capacidad de disipación de energía. [3].”, convirtiéndose en un mecanismo que garantice seguridad a los elementos que forman parte de la estructura.

2.1.1 Actividad Sísmica en Ecuador.

La zona de subducción o borde occidental de Sudamérica tiene su origen en la convergencia de dos placas tectónicas, la placa oceánica o Nazca y la continental o Sudamericana, el choque de ambas ha dado origen a la formación de cadenas montañosas en la corteza continental. (Ver figura 1)

2.1.2 Sistemas Estructurales.

Según la NEC-15, estos “deben garantizar en las viviendas un comportamiento adecuado, tanto individual como en conjunto, que provea estabilidad y resistencia ante la acción de cargas gravitacionales, sísmicas y viento o lluvia de ser el caso. [4].”

“La seguridad de un sistema estructural se provee especificando capacidades a los elementos estructurales que implícitamente cumplen con un nivel de confiabilidad aceptable; sin embargo, el sistema estructural continuamente está expuesto a condiciones de carga de eventos naturales. [5].”, que pueden ser por sismos, viento, inundaciones, etc.

2.1.3 Sistema Estructural de Pórticos Resistentes a Momentos.

“Los pórticos resistentes a momento de hormigón armado transfieren las cargas actuantes a la cimentación a través de vigas y columnas. [6].”, se deben diseñar siguiendo los parámetros mínimos establecidos en la NEC. (Ver Tabla 1)

2.1.4 Sistema Estructural con Muros Portantes de Hormigón Armado.

“Se trata de un sistema estructural rígido conformado por muros de hormigón armado con refuerzo de barra de acero corrugado o malla electro-soldada. Estos edificios no tienen columnas. [6].”

“Los aspectos más relevantes para el funcionamiento de este sistema es sin duda su continuidad, es así que el muro de la sección inferior debe continuar en la siguiente planta igual dirección y ubicación que el anterior. [7].”, ya que caso contrario se podrían dar inconvenientes con el direccionamiento de las fuerzas a la cimentación o también casos de torsión en pisos.

2.1.5 Configuración Estructural.

Siempre que sea necesario y el proyecto lo permita “los ingenieros adecuan los sistemas estructurales para que cumplan con ciertos requisitos reglamentarios de regularidad en cuanto a su configuración geométrica y distribución de masas, rigideces y resistencias; y resulten en estructuras “regulares”, ya que éstas exhiben un mejor comportamiento sísmico. [8].”

2.2 Análisis Estructural.

“Es bien sabido que los procedimientos convencionales de análisis sísmico de estructuras permiten determinar las fuerzas sísmicas a partir de espectros elásticos de proyecto, reducidos mediante factores de comportamiento (q). [9].”, los cuales son prescritos por las normas de cada país, siendo fundamentadas principalmente en base al juicio de expertos.

2.2.1 American Concrete Institute.

Organización sin fines de lucro perteneciente a los Estados Unidos de América, fundada en 1904, y que tiene como finalidad el desarrollo de normas, estándares y recomendaciones técnicas referentes al Hormigón Armado.

2.2.2 Norma Ecuatoriana de la Construcción(NEC-2015).

“Un código de construcción es un contrato social por medio del cual se define nacionalmente un riesgo aceptable para las construcciones y lo que jurídicamente es permitido y lo que no. [10].”

La NEC-2015 “pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible. [4].”

2.2.3 Guía práctica de diseño de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros de conformidad con la Normativa Ecuatoriana de la Construcción(NEC-2015).

Es parte de las siete guías diseñadas para profesionales y no profesionales, que sirven como ayuda para la correcta implementación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

2.2.4 Diseño sismorresistente.

Según la NEC-2015, la filosofía de diseño sismorresistente nos “permite comprobar el nivel de seguridad de vida. El diseño estructural se hace para el sismo de diseño, evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, equivalente a un período de retorno de 475 años. [11].”

2.2.5 Estructuras sismorresistente.

Debemos considerar que el principio fundamental de cada estructura es que esta “sea capaz de resistir las cargas o acciones a las que está sometida, pero esto no debe restringirse únicamente a la resistencia mecánica sino debe contemplar también otros aspectos importantes en la estructura. [12].”

2.2.6 Vulnerabilidad Estructural.

“La gestión para la reducción del riesgo sísmico [...], exige del uso de procedimientos sencillos que puedan ser aplicados en un tiempo corto a muchas construcciones, pero que puedan capturar las características esenciales del edificio que condicionan su desempeño estructural ante un sismo. [13].”

“Lamentablemente, en muchos países las normas para el diseño Sismorresistente no son aplicadas en construcciones informales, lo cual repercute en elevar la vulnerabilidad de las estructuras. [14].”

2.2.7 Peligro Sísmico.

“La estimación del peligro sísmico requiere información de sismicidad definida por la caracterización de modelos de ocurrencia de los sismos, las zonas sismogénicas (fuentes sísmicas) y sus relaciones de magnitud-recurrencia correspondientes, y leyes o relaciones de atenuación. [15].”

2.2.8 Sismo de Diseño.

“Para la caracterización del sismo de diseño es relevante la estimación de terremotos y el consecuente peligro sísmico. La ubicación, magnitud y el intervalo de recurrencia de los terremotos son parámetros altamente inciertos, como se ha observado en terremotos. [16].”, usualmente estos parámetros se estiman mediante la utilización de modelos probabilísticos.

2.2.9 Cortante Basal.

“Se denomina cortante basal de diseño a la reacción que presenta la estructura al existir la presencia de una fuerza lateral sea natural o accidental ya sea como el sismo o también del viento la misma que se aplica a la base de la estructura. [7].”

Se lo determina mediante el uso de la expresión:
$$V_{base} = \frac{z \times C \times W}{R}$$

De donde definimos:

z: Factor de Zona Sísmica, depende de la ubicación geográfica, y corresponde a la zona sísmica. (Ver Figura 1), para nuestro caso se trabajará con el factor z para una zona sísmica muy alta (Ver Tabla 2).

C: Coeficiente de Respuesta Sísmica (Ver Tabla 3).

R: Factor de Resistencia Sísmica, se lo determina mediante el sistema estructural adoptado (Ver Tabla 4).

2.2.10 Cargas Muertas.

Según NEC-2015, “Las cargas permanentes (o cargas muertas) 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. [17].” (Ver Tabla 5).

2.2.11 Cargas Vivas.

Según NEC-2015, “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. [17].” (Ver Tabla 6).

2.3. Vivienda en Ecuador.

“La vivienda constituye un determinante social de salud y la identificación de los riesgos asociados con ésta y su entorno es necesaria para prevenir y mitigar los efectos negativos en la salud humana. [18].”

La constitución del Ecuador en su Art. 30 establece: 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.

2.3.1 Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021.

Este plan persigue una misión a largo plazo que se ha encaminado sobre las líneas que seguían sus versiones anteriores y se fundamenta:

...en la primera fase correspondiente a la década anterior, en la que se alcanzaron logros importantes como mayor equidad y justicia social, el desarrollo de capacidades del talento humano y capacidades productivas, grandes proyectos de infraestructura para el desarrollo en cuanto a salud, educación, vialidad, generación eléctrica, y servicios con amplia a nivel nacional, entre otros. [19].

2.3.3 Viviendas de Interés Social.

“Durante los últimos años en Latinoamérica se ha observado un incremento importante en la construcción de viviendas de interés social (VIS), localizadas en todo tipo de climas y en todas las zonas de amenaza sísmica. [20].”

2.3.4 Urbanizaciones.

Se comenzaron a construir a principios de los años 80 y continúan incluso en aumento hasta la actualidad, es por esto que para su diseño se utilizó las normas que se encontraban vigentes en cada época. “Básicamente predominan las edificaciones de concreto armado de diferentes alturas, existiendo, aunque en menor grado, edificaciones de pórticos de acero y de mampostería confinada o sin confinar. [21].”

2.4 Análisis estructural de los sistemas propuestos

2.4.1 Sistema Tradicional con pórticos resistentes a momentos.

Para este sistema se optó por una vivienda ubicada en la urbanización Celessia. (Ver Figura 3-4), la cual consta con un área de construcción de 139.98 m² (Ver tabla 6), las medidas de sus columnas son: en la planta baja de 0.30 x 0.20 m y en la planta

alta de 0.30 m x 0.15 m, las vigas en la primera losa son: en el sentido “x” de 0.40m x 0.20 m, y en el sentido “y” en los extremos de 0.30 m x 0.20 m y en el centro de 0.50 m x 0.20 m, en la losa de cubierta son: en el sentido “x” de 0.40m x 0.20 m, y en el sentido “y” en los extremos de 0.30 m x 0.20 m, ambas son de 0.20 m de espesor.

Verificamos las dimensiones de los elementos estructurales para la vivienda tipo, para determinar si cumplen con los parámetros mínimos de diseño según la NEC (Ver Anexo 2), para llevar a cabo el análisis de respuesta sísmica de la estructura nos basamos en los planos arquitectónicos de la misma (ver Anexo 3-4-5), y se utilizaron los siguientes datos mecánicos para sus materiales (ver Anexo 6).

2.4.1.1 Cargas Vivas:

para este caso usaremos 2.00 KN/m² en la primera losa y en la de cubierta se usó 0.70 KN/m² (Ver Tabla 5).

2.4.1.2 Cargas Muertas:

para la determinación de las cargas muertas se realizó un metrado de cargas que actúan sobre la vivienda. (ver Anexo 7), lo cual nos reflejó un peso de la estructura en 114.00 Ton.

2.4.1.3 Determinación del Cortante Basal

Donde consideraremos:

z= para nuestro caso se trabajará con el factor z para una zona sísmica muy alta ($z \geq 0.5$) (Ver Tabla 2).

C=2.4, por tratarse de una zona localizada en la región costa del país (Ver Tabla 3).

R: 3, porque en este caso se está trabajando con el sistema de pórticos resistentes a momentos (Ver Tabla 4).

W: 114.00 Ton, que es el peso de la estructura

$$V_{base} = \frac{z \times C \times W}{R} ; \quad V_{base} = \frac{0.5 \times 2.4 \times 114.00}{3}; \quad V_{base} = 45.60$$

2.4.1.5 Modelado la estructura usando el software Etabs 2016

(Ver Anexo 8)

2.4.2 Sistema Tradicional con muros portantes de hormigón armado.

Para este sistema se optó por una Vivienda ubicada en la urbanización Nuevos Horizontes (Ver Figura 5 - 6), la cual consta con un área de construcción de 148.63 m² (Anexo 9), la construcción de estas viviendas se realiza con muros de 10 cm de espesor con malla electro-soldada, con losa de 0.15 m de espesor, en el caso de estas viviendas las paredes internas son construidas con mampostería de bloque.

Verificamos las dimensiones de los elementos estructurales para la vivienda tipo, para determinar si cumplen con los parámetros mínimos de diseño según la NEC (Ver Anexo 10), para llevar a cabo el análisis de respuesta sísmica de la estructura nos basamos en los planos arquitectónicos de la misma (Ver Anexo 11-12-13), y se utilizaron los siguientes datos mecánicos para sus materiales (Ver Anexo 14).

2.4.2.1 Cargas Vivas:

para este caso usaremos 2.00 KN/m² en la primera losa y en la de cubierta se usó 0.70 KN/m² (Ver Tabla 5).

2.4.2.2 Cargas Muertas:

para la determinación de las cargas muertas se realizó un metrado de cargas que actúan sobre la vivienda. (Ver Anexo 15), lo cual nos reflejó un peso de la estructura en 109.62 Ton.

2.4.2.3 Determinación del Cortante Basal

Donde consideraremos:

Z= para nuestro caso se trabajará con el factor z para una zona sísmica muy alta ($z \geq 0.5$) (Ver Tabla 2).

C=2.4, por tratarse de una zona localizada en la región costa del país (Ver Tabla 3).

R: 3, porque nuestro sistema se construyó con hormigón reforzado con malla electro-soldada (Ver Tabla 4).

W: 109.62 Ton, que es el peso de la estructura

$$V_{base} = \frac{z \times C \times W}{R} ; \quad V_{base} = \frac{0.5 \times 2.4 \times 109.62}{3}; \quad V_{base} = 43.85$$

2.4.2.4 Modelado la Estructura usando el software Etabs 2016

(Ver Anexo 16).

CONCLUSIONES

Una vez realizada la verificación de los planos arquitectónicos se encontró que, la vivienda con sistema de pórticos resistentes a momentos no cumple con los parámetros mínimos establecidos por la NEC para diseño sismorresistente de viviendas de hasta dos pisos, debido a que las columnas por reglamento deberían ser de 25 x 25 cm en el primer piso y 20 x 20 en el segundo, y la vivienda cuenta con columnas de 30 x 20 cm en su primer piso y 30 x 15 en el segundo, mientras que en la vivienda con sistema de muro portantes se determinó que, existen algunas anomalías con la regularidad de los muros que la componen, sin embargo en cuestión de los demás parámetros dicha vivienda cumple con lo establecido en la normativa.

En cuanto a la respuesta sísmica de las estructuras debemos considerar que, la vivienda diseñada con sistema estructural de pórticos resistentes a momentos tiene un área funcional de 139.98m² con un peso estimado de 114.00 Ton, mientras que la vivienda con sistema estructural de muros portantes tiene un área funcional de 148.63 m² con un peso de 109.62 Ton, lo que resulta en un valor de cortante basal de 45.60 para la vivienda de pórticos y 43.85 para la vivienda de muros portantes, mediante el análisis con la ayuda del software Etabs 2016, se obtuvieron los desplazamientos de dichas estructuras lo que nos dio como resultado: en la vivienda aporticada en la losa de cubierta en el eje “x” 87.65 mm y en el eje “y” 47.60 mm, mientras que en la vivienda con muros portantes se obtuvo en la losa de cubierta en el eje “x” 0.14 mm y en el eje “y” 0.03 mm, además los periodos obtenidos son 0.062 seg para la vivienda con muros portantes y 0.772 seg para el sistema de pórticos, lo que nos permite apreciar que a pesar que aunque ambos sistemas tienen áreas funcionales y pesos cercanos, la estructura con muros portantes tiene mayor resistencia sísmica y sus desplazamientos cumplirían con un valor límite de deriva de piso de 2 %, mientras que el sistema aporticado no satisface dicho valor para el estado actual de la estructura.

De los resultados obtenidos podemos concluir, al realizar la comparación de la respuesta sísmica de ambas estructuras implantadas en una zona de alto riesgo sísmico, se observa que el sistema de muros portantes de hormigón armado presenta una respuesta que alcanzaría un mejor desempeño controlando el nivel de daño, debido a que sufre menos deformación por causa de fuerzas sísmicas, esto se debe a su mayor rigidez, por lo que este diseño estructural tiende a ser más eficiente, razón por la cual es viable su construcción en una zona sísmica muy alta.

RECOMENDACIONES

Para realizar el correcto diseño sismorresistente de viviendas de dos pisos, ya sea con el sistema de pórticos resistentes a momentos o de muros portantes de hormigón armado, se recomienda respetar los parámetros mínimos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente.

Para la determinación de la respuesta sísmica de las estructuras se recomienda el uso del software estructural etabs 2016, debido a que nos presenta una interfaz gráfica fácil y bastante completa, que permite modelar estructuras simples, pero también es eficaz para el modelado de edificaciones más grandes y complejas, además el programa nos da la facilidad de personalizarlo a nuestro gusto y necesidades, pudiendo aplicar las normas sismo resistentes de nuestro país de origen.

Para la zona sísmica muy alta de nuestro país se recomienda la construcción de viviendas con sistema estructural de muros portantes de hormigón armado, ya que es el sistema que responde más eficientemente ante un evento sísmico, debido a que la estructura no sufre mayores afectaciones gracias a su rigidez, siempre y cuando se respeten las normas establecidas para su correcta construcción.

Debido a la localización de nuestro país en una de las zonas con mayor actividad sísmica del planeta, las estructuras siempre se verán expuestas a daños ya sean leves o severos, por lo que es recomendable que existan estudios para la elaboración de métodos que permitan la rehabilitación de estas estructuras luego de un evento sísmico.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] P. Q. Mart and E. R. Angulo, “Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca,” *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 26, no. 94, pp. 1–26, 2016.
- [2] Á. E. Castañeda and Y. M. Bravo, “Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entresijos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016,” *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, vol. 32, no. 3, pp. 157–172, 2017.
- [3] L. Prieto, “Método de la deformación unitaria para diseño de vigas rectangulares doblemente reforzadas,” *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, vol. 24, no. 40, pp. 31–40, 2015.
- [4] CAMICOM and MIDUVI, “Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-2015, *NEC-SE-VIVIENDA*,” *Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m*. 2014.
- [5] D. Tolentino and S. Ruiz, “Evaluación del factor de confianza considerando daño estructural sísmico en el tiempo,” *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 19, no. 93, pp. 1–19, 2015.
- [6] CAMICOM and MIDUVI, “Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-2015, *NEC-SE-VIVIENDA*,” *Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m*. 2014.
- [7] L. Illescas, “Diseño e implementación de muros de hormigón en viviendas ubicadas en zonas sísmicas, para evitar pérdidas humanas y materiales”, Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2016.
- [8] J. Barradas and G. Ayala, “Sitios del valle de México en los que se debe diseñar para un Q menor al estipulado para estructuras dúctiles,” *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 64, no. 92, pp. 47–64, 2015.
- [9] J. C. Vielma and M. A. Cando, “Evaluación del factor de comportamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción para estructuras metálicas porticadas,” *Revista Internacional de Metodos Numericos para Calculo y Diseño en Ingeniería*, vol. 33, pp. 271–279, 2017.
- [10] L. García, “Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición¹,” *Revista de Ingeniería*, no. 41, pp. 71–77, 2014.
- [11] CAMICOM and MIDUVI, Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-2015, *NEC-SE-DS: Peligro sísmico, Diseño Sísmico Resistente*, 2014.
- [12] M. Minga, L. Sigcha, and P. Villavicencio, “Análisis comparativo de costos y eficiencia de edificios en diferentes materiales de acuerdo a las variables: números de pisos y luces entre columnas”, Proyecto de Graduación, Universidad de Cuenca, Ecuador, 2012.

- [13] O. A. López, G. C. D, and R. Rojas, “Índices de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existentes,” *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V*, vol. 29, no 4, pp. 107–125, 2014.
- [14] M. Blanco, “Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente,” *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V*, vol. 27, no 3, pp. 71–84, 2012.
- [15] A. Pozos, R. Gomez, and H. Hong, “Desagregación del peligro sísmico para algunos sitios seleccionados de México,” *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 53, no. 91, pp. 31–53, 2014.
- [16] M. Rodriguez, “Una revisión crítica de la práctica de diseño por sismo de estructuras en México,” *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 48, no. 94, pp. 27–48, 2016.
- [17] CAMICON and MIDUVI, Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-2015, *NEC-SE-DS: Cargas (no sísmicas)*, 2014.
- [18] E. Cardona, S. Villa, E. Machado, and Y. López, “Características de viviendas de interés prioritario y condiciones de salud de familias residentes, Medellín, 2008-2013.,” *Hacia promoc. Salud*, vol. 22, no. 2, pp. 53–68, 2017.
- [19] SENPLADES, *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito, Ecuador, 2017.
- [20] J. Carrillo, W. Aperador, and F. Echeverri, “Evaluación de los costos de construcción de sistemas estructurales para viviendas de baja altura y de interés social,” *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 16, no. 4, pp. 479–490, 2015.
- [21] G. Morejón *et al.*, “Evaluación del riesgo sísmico del fondo habitacional de las ciudades Guarenas y Guatire,” *Revista de Facultad de Ingeniería U.C.V*, vol. 29, no. 3, pp. 37–50, 2014.



Figura 1. Cinturón de Fuego del Pacífico.

Fuente: Web

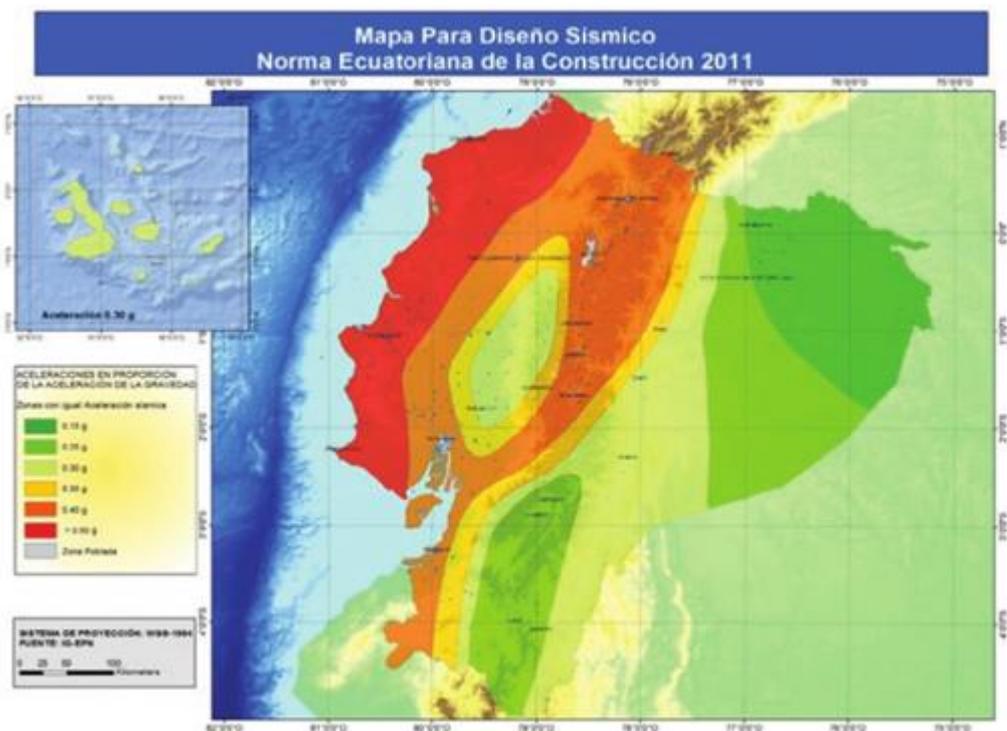


Figura 2. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona z.

Fuente: NEC-2015



Figura 3. Vivienda con sistema aporticado.

Fuente: propia



Figura 4. Construcción de sistema tradicional tipo pórtico.

Fuente: propia



Figura 5. Vivienda con sistema de muros portantes de hormigón armado.

Fuente: propia



Figura 6. Construcción de sistema muros portantes de hormigón armado.

Fuente: propia

Tabla 1. 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 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 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)

Fuente: NEC-2015

Tabla 2. Valores del factor z en función de la zona sísmica adoptada.

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

Fuente: NEC-2015

Tabla 3. Coeficiente de Respuesta Sísmica.

Zona geográfica	C
Costa y Galápagos	2.4
Sierra y Oriente	3

Fuente: NEC-2015

Tabla 4. Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas

Sistema Estructural	Materiales	Coefficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Pórticos resistentes a Momento	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , reforzado con acero laminado en caliente.	3	2(b)
	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , con armadura electro-soldada de alta resistencia.	2.5	2
	Acero Doblado en Frio	1.5	2 (b)
Sistema Estructural	Materiales	Coefficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Muros Portantes	Mampostería No Reforzada y no confinada (c)	1	1
	Mampostería enchapada con malla de acero (a)	1.5	2(b)
	Adobe y Tapial reforzado	1.5	2
	Bahareque	1.5	2
	Mampostería Reforzada	3	2(b)
	Mampostería Confinada	3	2(b)
	Muro de hormigón reforzado	3	2(b)
	Muros livianos de acero	1.5	2
	Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno(a)	1.5	2(b)

Fuente: NEC-2015

Material	Peso Unitario kN/m³
A. Rocas	
Basalto	29.0 - 30.0
Granito	26.0 - 28.0
Andesita	26.0 - 28.0
Sienita	27.0 - 29.0
Pórfido	26.0 - 27.0
Gabro	29.0 - 31.0
Arenisca	26.0 - 27.5
Calizas compactas y mármoles	27.0 - 28.0
Pizarra para tejados	28.0
B. Piedras artificiales	
Adobe	16.0
Amianto-cemento	20.0
Baldosa cerámica	18.0
Baldosa de gres	19.0
Hormigón simple	22.0
Hormigón armado	24.0
Ladrillo cerámico prensado (0 a 10% de huecos)	19.0
Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	14.0
Ladrillo cerámico hueco (40 a 50% de huecos)	10.0
Ladrillo artesanal	16.0

fuelle: NEC-2015

Tabla 6. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo, y concentradas Po.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kNm ²)	Carga concentrada (kN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
Instituciones penales		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Véase sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)	3.00	
Pacios y terrazas peatonales	4.00	
Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm²)		1.40
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares	2.00	
Habitaciones	4.80	
Salones de uso público y sus corredores		
Salas de baile	4.80	
Salas de billar, bolos y otras áreas de recreación similares	3.60	
Salida de emergencia	4.00	
Únicamente para residencias unifamiliares	2.00	
Sistemas de pisos para circulación		
Para oficinas	2.40	9.00
Para centros de cómputo	4.80	9.00

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		

Fuente: NEC-2015

ANEXOS

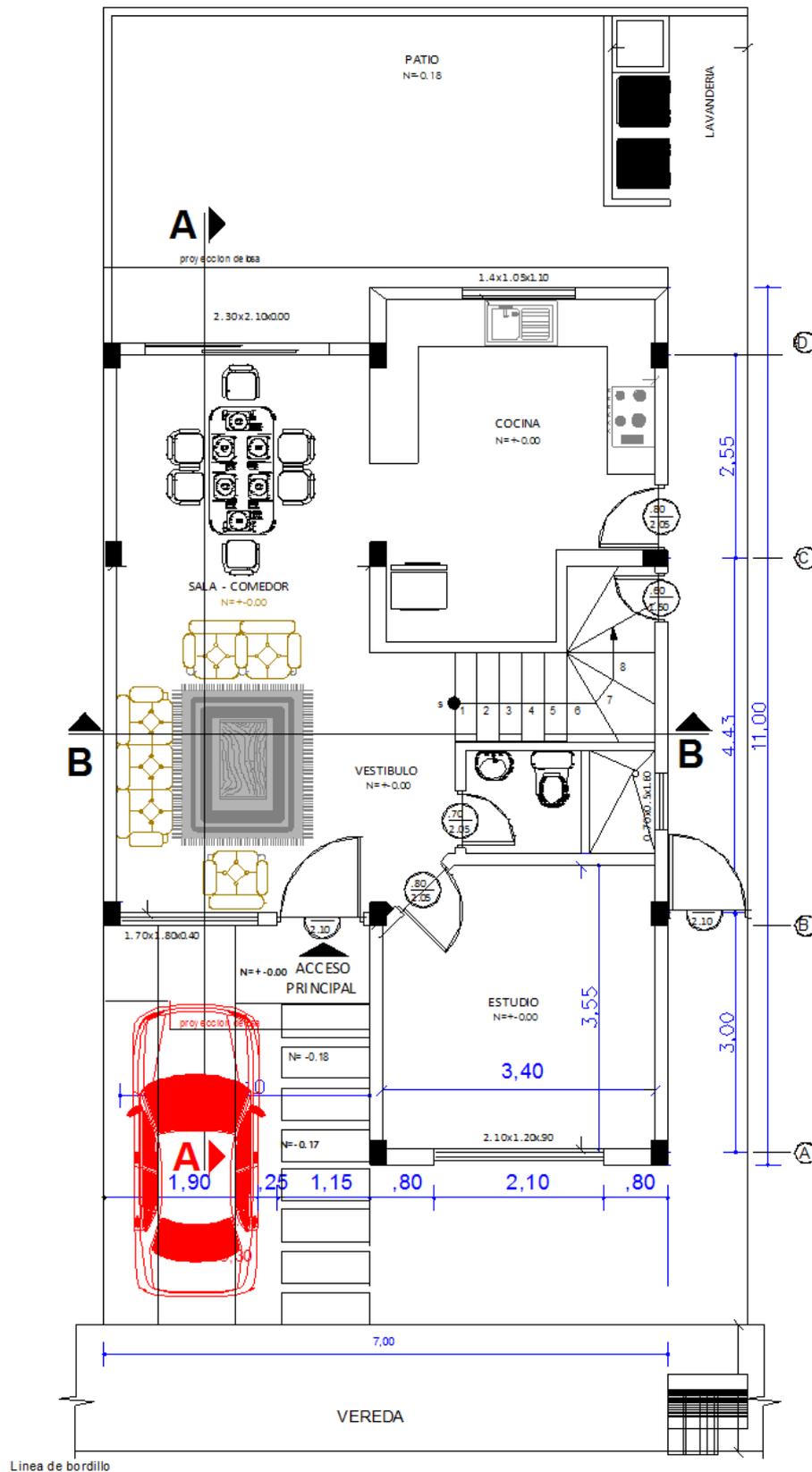
Anexo 1. Características de vivienda tipo, sistema aporticado.

VIVIENDA CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE PORTICOS RESISTENTES A MOMENTOS	
Modelo de Vivienda:	TERRAM
Área de Terreno:	132,00 m ²
Área de Construcción:	139,98 m ²
Planta Baja:	67,12 m ²
Planta Alta:	72,86 m ²

Anexo 2. Revisión de cumplimiento de parámetros mínimos establecidos en la NEC.

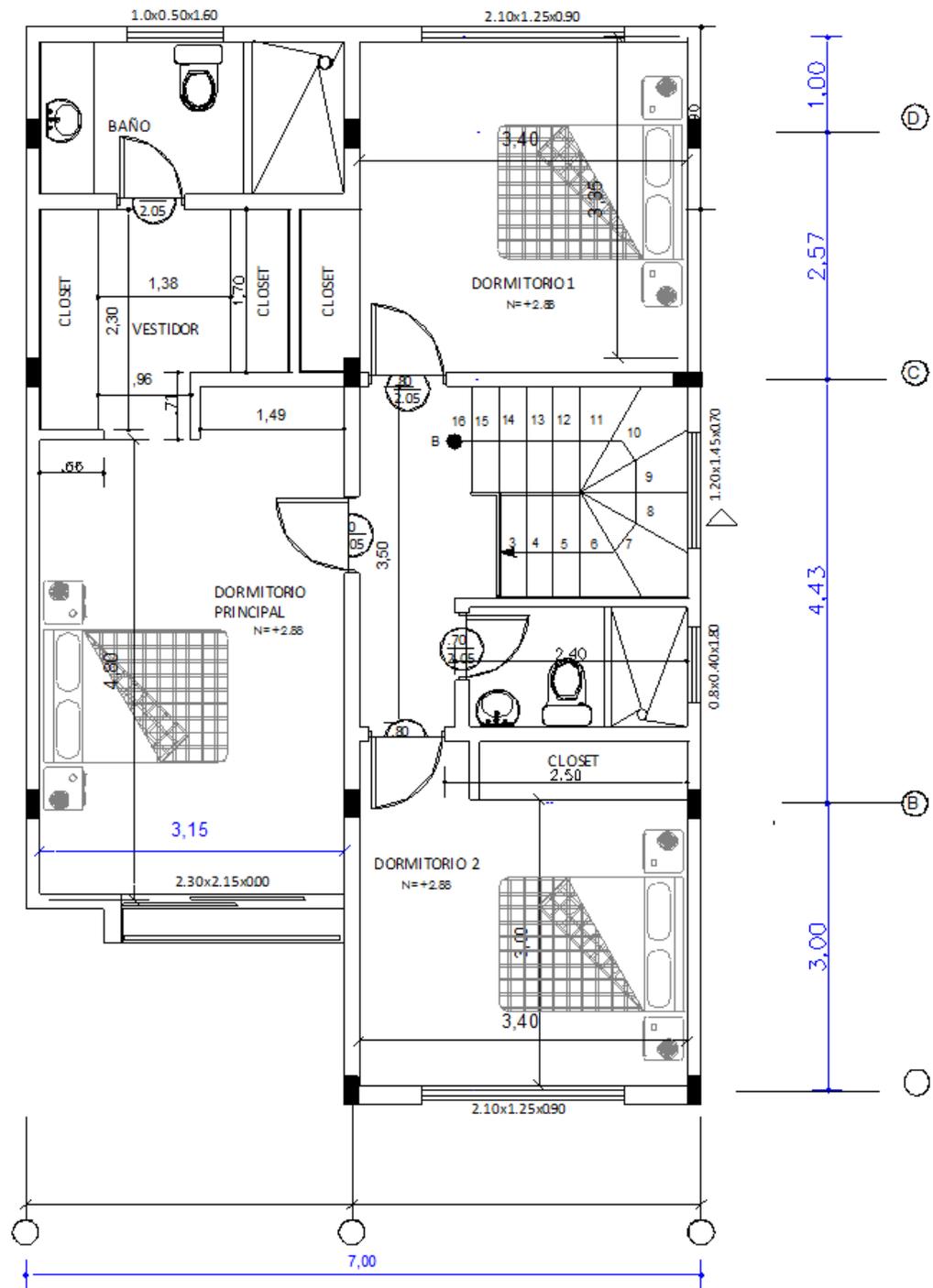
PARAMETRO	NEC	VIVIENDA TIPO
Número de pisos	Max 2 pisos	2 pisos
Luz máx	5.00 m	4.06 m
Sección mínima (columna) primer piso	25x25 cm	20x30 cm
Sección mínima (columna) segundo piso	20x20 cm	15x30 cm
Sección mínima (viga)	20x20 cm	30x20 cm

Anexo 3. Vista en planta de vivienda con sistema de pórticos.



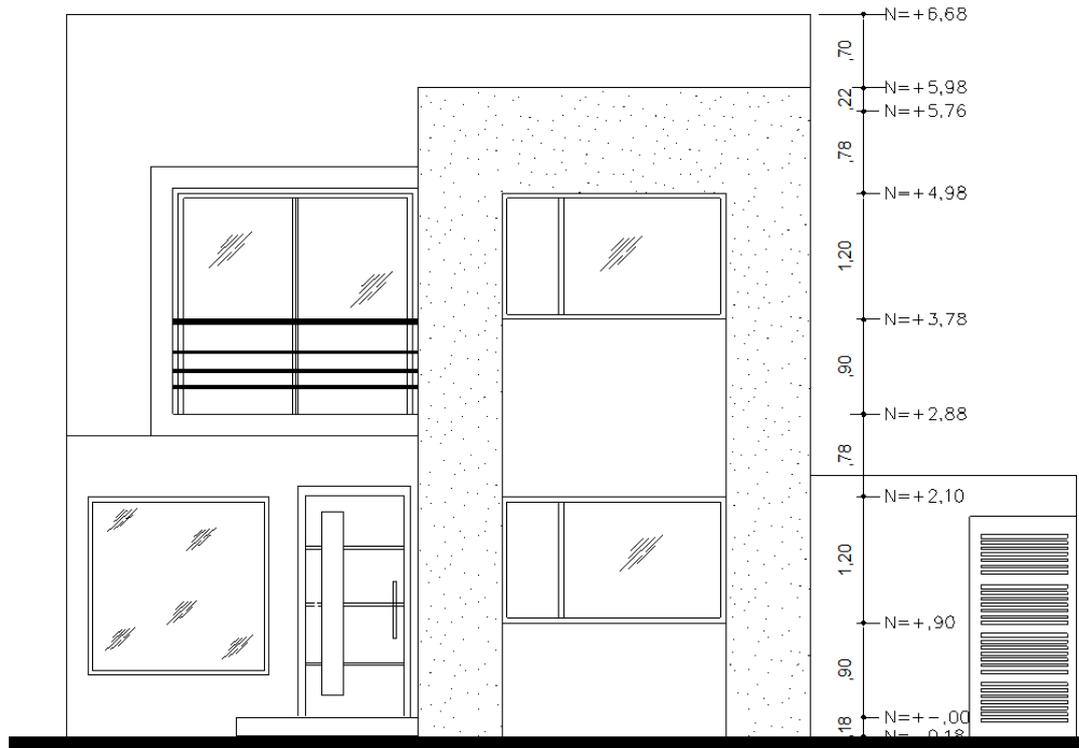
PLANTA BAJA

Anexo 4. Vista en planta de vivienda con sistema de pórticos.



PLANTA ALTA

Anexo 5. Vista en elevación de vivienda con sistema de pórticos.



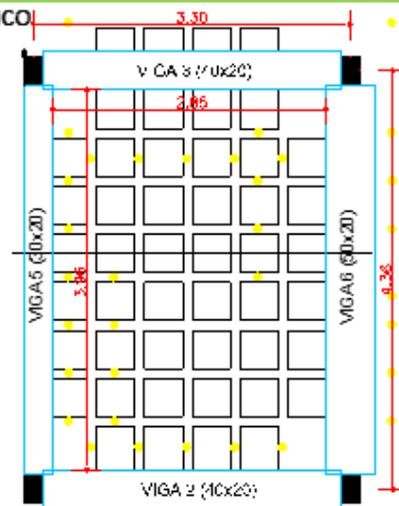
Anexo 6. Datos mecánicos para materiales.

PROPIEDADES MECANICAS PARA SISTEMA ESTRUCTURAL DE PORTICOS RESISTENTES A MOMENTOS	
Resistencia a la compresión del Hormigón	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Límite de fluencia del acero	$f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad del concreto	$E_c = 15100 \sqrt{f'c} \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad del hormigón	$E_c = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$
Inercia agrietada para columnas	$I = 0.50g$
Inercia agrietada para vigas	$I = 0.80g$
Peso específico del hormigón	$E_c = 2.4 \text{ T/m}^3$

Anexo 7. Metrado de Cargas para vivienda con sistema de pórticos.

CÁLCULO DE PESO DE LOSA 1 POR METRO CUADRADO (N/m²)

PAÑO CRÍTICO



$$LX = 3.30 \text{ m}$$

$$LY = 4.36 \text{ m}$$

$$\frac{LX}{LY} = 0.76$$

De la relación LX/LY; resulta 0.76, se diseña la losa en dos direcciones.

Volumen de área de losa (VL)

$$\text{Largo} = 3.95 \text{ m}$$

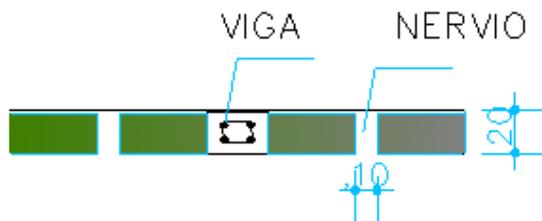
$$\text{Ancho} = 2.85 \text{ m}$$

$$\text{Espesor} = 0.20 \text{ m}$$

Vlosa → $VL = 2.25 \text{ m}^3$

Medida de cajonetas (m)	# De cajonetas	Area (m ²)	Altura de cajonetas (m)	Volumen de cajonetas (m ³)
0.4 X 0.45	4	0.72	0.18	0.1296
0.4 X 0.4	34	5.44	0.18	0.9792
0.4 X 0.36	6	0.86	0.18	0.1555
Área total		7.02	Volumen total (Vc) (m³)=	1.26

Vcajonetas



$$1 \text{ m}^3 = 96,395 \text{ bloques}$$

$$96,395 * 9,1 * 9,81 / 1000 = 8,61 \text{ kN/m}^3$$

Peso de H.A. se obtiene de NEC

$$Y_{H.A.} = 24 \text{ KN/m}^3$$

Volumen de Vigas

Largo (m)	Alto (m)	Base (m)	#Vigas (m)	Volumen (m ³)
3.96	0.20	0.30	1.00	0.24
2.85	0.20	0.40	2.00	0.46
3.96	0.20	0.50	1.00	0.40
Volumne total (Vv) (m³)=				1.09

Vvigas

$$\text{Volumen total de losa (VT)} = Vv + VL = VT = 3.34 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso cajonetas (Pc)} = Vc * 8,61 \text{ KN/m}^3 = 10.886 \text{ KN}$$

$$\text{Peso H.A (P.H.A)} = (VT - Vc) * 24 \text{ KN/m}^3 = 49.843 \text{ KN}$$

$$\text{Peso total de losa (PT)} = Pc + P.H.A = 60.7 \text{ KN}$$

$$\text{Peso total de losa por metro cuadrado (N/m}^2) = PT / \text{Área de losa} = 5.4 \text{ KN/m}^2$$

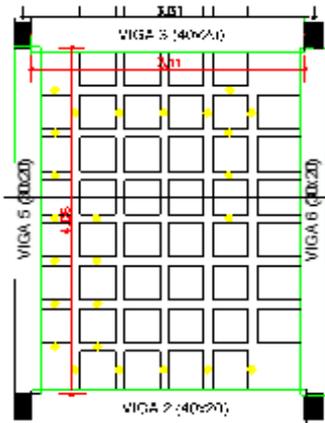
Peso de losa sin vigas = 3.07 KN/m²

o

313.207 kg/m²

CÁLCULO DE PESO DE LOSA 2 POR METRO CUADRADO (N/m²)

PAÑO CRÍTICO



$$LX = 3.31 \text{ m}$$

$$LY = 4.36 \text{ m}$$

$$\frac{LX}{LY} = 0.76$$

De la relación LX/LY; resulta 0.76, se diseña la losa en dos direcciones.

Volumen de área de losa (VL)

$$\text{Largo} = 4.06 \text{ m}$$

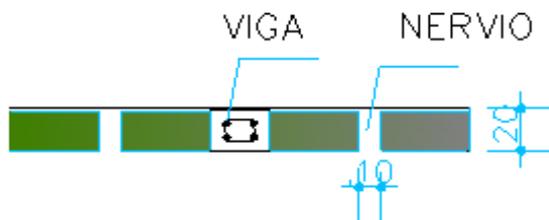
$$\text{Ancho} = 3.11 \text{ m}$$

$$\text{Espesor} = 0.20 \text{ m}$$

Vlosa → VL = 2.53 m³

Medida de cajonetas (m)	# De cajonetas	Área (m ²)	Altura de cajonetas (m)	Volumen de cajonetas (m ³)
0.4 X 0.5	8	1.6	0.18	0.288
0.4 X 0.45	4	0.72	0.18	0.1296
0.4 X 0.4	28	4.48	0.18	0.8064
0.4 X 0.36	6	0.864	0.18	0.15552
Área total		6.06	Volumen total (Vc) (m³)	1.38

← Vcajonetas



$$1 \text{ m}^3 = 96,395 \text{ bloques}$$

$$96,395 * 9,1 * 9,81 / 1000 = 8,61 \text{ kN/m}^3$$

Peso de H.A. se obtiene de NEC

$$\gamma_{H.A.} = 24 \text{ KN/m}^3$$

Volumen de Vigas

Largo (m)	Alto (m)	Base (m)	# Vigas (m)	Volumen (m ³)
3.96	0.20	0.30	2.00	0.48
2.86	0.20	0.40	2.00	0.46
Volumne total (Vv) (m³)				0.93

← Vvigas

$$\text{Volumen total de losa (VT}_L\text{)} = Vv + VL = VT_L = 3.46 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso cajonetas (Pc)} = Vc * 8,61 \text{ KN/m}^3 = 11.878 \text{ KN}$$

$$\text{Peso H.A (P.H.A)} = (VT_L - Vc) * 24 \text{ KN/m}^3 = 49.886 \text{ KN}$$

$$\text{Peso total de losa (PT}_L\text{)} = Pc + P.H.A = 61.8 \text{ KN}$$

$$\text{Peso total de losa por metro cuadrado (N/m}^2\text{)} = \frac{PT_L}{\text{Área de losa}} = 5.45 \text{ KN/m}^2$$

Peso de losa sin vigas = 3.12 KN/m² 318.000 kg/m²

CÁLCULO DE BLOQUE POR METRO CUADRADO (m²)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, BLOQUE PARA PARED

Bloque Liviano PL-9

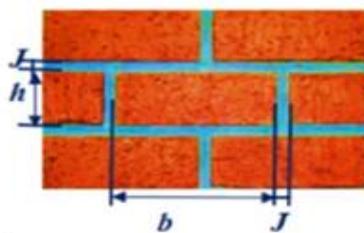
Largo 39 cm

Peso seco 7.29 Kg

Alto 19 cm

Espesor de jun 1.5 cm

Espesor 9 cm



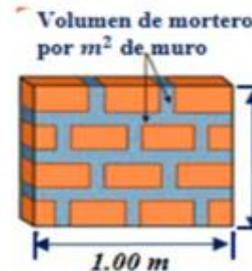
$$CL = \frac{1 \text{ m}^2}{(b + J) \cdot (h + J)}$$

CL = cantidad de ladrillos x m²
 b = base del ladrillo (m)
 a = ancho del ladrillo (m)
 h = altura del ladrillo (m)
 J = espesor de la junta (m)

$$CL = 12.04 \text{ X m}^2$$

$$CL = 12.04 \text{ X m}^2$$

CANTIDA DE MORTERO EN LAS JUNTAS



DONDE:

$$V_{mo} = V_{mu} - (CL) \cdot (V_{la})$$

$$V_{mo} = 0.010 \text{ m}^3$$

V_{mo} = volumen de mortero (m³/m²)
 V_{mu} = volumen de muro (m³/m²)
 CL = cantidad de ladrillos x m²
 V_{lad.} = volumen de ladrillos (m³/m²)

PESO DE PARED POR METRO CUADRADO (m²)

Área de bloques 0.893 m²

Peso de bloques (N) 0.861 N

Volumen de bloques 0.080 m³

Peso de mortero (N) 0.193 N

Peso de bloques (Kg) 87.8 kg

Peso de mortero de enlucido 0.6 N

PESO DE PARED N/m² 1.655 kN/m² o

168.748 kgf/m²

ÁREA DE PAREDES PLANTA ALTA

EJE	PAREDES				VENTANAS				PUERTAS				Área total (m ²)
	Largo (m)	Alto (m)	# paredes	Área (m ²)	Largo	Altura	# ventanas	Área (m ²)	Largo	Altura	# Puertas	Área (m ²)	
A	3.40	2.68	1.00	9.11	2.10	1.25	--	2.63	--	--	--	0.00	6.49
B	3.15	2.68	1.00	8.44	2.30	2.15	--	4.95	--	--	--	0.00	3.50
B	5.80	2.68	1.00	15.54	--	--	--	0.00	0.80	2.05	1.00	1.64	13.90
C	5.55	2.68	1.00	14.87	--	--	--	0.00	0.80	2.05	1.00	1.64	13.23
D	9.70	2.68	1.00	26.00	--	--	2.00	3.13	0.70	2.05	1.00	1.44	21.44
1	8.65	2.68	1.00	23.18	--	--	--	0.00	--	--	--	0.00	23.18
2	10.76	2.68	1.00	28.84	--	--	--	0.00	0.80	2.05	1.00	0.00	28.84
3	10.05	2.68	1.00	26.93	--	--	2.00	2.06	--	--	--	0.00	24.87
ÁREAS TOTALES EN PLANTA ALTA								12.76				4.72	135.45

CÁLCULO DE PESO DE COLUMNAS POR METRO CUADRADO (KN/m²)

PLANTA ALTA										
Tramo	Columnas		Altura (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	# Elementos	Área total (m ²)	volumen Total (m ³)	Peso Especifico KN/m ³	PESO KN
	a	b								
A	0.3	0.15	2.88	0.045	0.13	2	0.09	0.26	24	6.2208
B	0.3	0.15	2.88	0.045	0.13	3	0.135	0.39	24	9.3312
C	0.3	0.15	2.88	0.045	0.13	3	0.135	0.39	24	9.3312
D	0.3	0.15	2.88	0.045	0.13	3	0.135	0.39	24	9.3312
VOLUMEN TOTAL =								1.43	PESO TOTAL =	34.21

CÁLCULO DE PESO DE VIGAS POR METRO CUADRADO (KN/m²)

LOSA 1										
VIGAS			Largo (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	#Elementos	Área total (m ²)	volumen Total (m ³)	Peso Especifico KN/m ³	PESO KN
Tramo	a	b								
A	0.30	0.20	3.40	0.06	0.20	1	0.06	0.20	24	4.90
B 1-2	0.40	0.20	3.15	0.08	0.25	1	0.08	0.25	24	6.05
B 2-3	0.40	0.20	3.40	0.08	0.27	1	0.08	0.27	24	6.53
C 1-2	0.40	0.20	3.15	0.08	0.25	1	0.08	0.25	24	6.05
D 1-2	0.40	0.20	3.15	0.08	0.25	1	0.08	0.25	24	6.05
D 2-3	0.40	0.20	3.40	0.08	0.27	1	0.08	0.27	24	6.53
1 D-C	0.30	0.20	2.34	0.06	0.14	1	0.06	0.14	24	3.37
1 C-B	0.30	0.20	4.06	0.06	0.24	1	0.06	0.24	24	5.85
2 D-C	0.50	0.20	2.34	0.10	0.23	1	0.10	0.23	24	5.62
2 C-B	0.50	0.20	4.06	0.10	0.41	1	0.10	0.41	24	9.74
2 B-A	0.50	0.20	2.70	0.10	0.27	1	0.10	0.27	24	6.48
3 D-C	0.30	0.20	2.30	0.06	0.14	1	0.06	0.14	24	3.31
3 C-B	0.30	0.20	4.20	0.06	0.25	1	0.06	0.25	24	6.05
3 B-A	0.30	0.20	2.70	0.06	0.16	1	0.06	0.16	24	3.89
4 B-A	0.30	0.20	2.70	0.06	0.16	2	0.12	0.32	24	7.78
VOLUMEN TOTAL =								3.67	PESO TOTAL=	88.18

CÁLCULO DE PESO DE VIGAS POR METRO CUADRADO (KN/m²)

LOSA 2										
VIGAS			Largo (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	#Elementos	Área total (m ²)	volumen Total (m ³)	Peso Especifico KN/m ³	PESO KN
Tramo	a	b								
A	0.30	0.20	3.40	0.06	0.20	1	0.06	0.20	24	4.90
B 1-2	0.40	0.20	3.15	0.08	0.25	1	0.08	0.25	24	6.05
B 2-3	0.40	0.20	3.40	0.08	0.27	1	0.08	0.27	24	6.53
C 1-2	0.40	0.20	3.15	0.08	0.25	1	0.08	0.25	24	6.05
D 1-2	0.40	0.20	3.15	0.08	0.25	1	0.08	0.25	24	6.05
D 2-3	0.40	0.20	3.40	0.08	0.27	1	0.08	0.27	24	6.53
1 D-C	0.30	0.20	2.34	0.06	0.14	1	0.06	0.14	24	3.37
1 C-B	0.30	0.20	4.06	0.06	0.24	1	0.06	0.24	24	5.85
2 D-C	0.30	0.20	2.34	0.06	0.14	1	0.06	0.14	24	3.37
2 C-B	0.30	0.20	4.06	0.06	0.24	1	0.06	0.24	24	5.85
2 B-A	0.30	0.20	2.70	0.06	0.16	1	0.06	0.16	24	3.89
3 D-C	0.30	0.20	2.30	0.06	0.14	1	0.06	0.14	24	3.31
3 C-B	0.30	0.20	4.20	0.06	0.25	1	0.06	0.25	24	6.05
3 B-A	0.30	0.20	2.70	0.06	0.16	1	0.06	0.16	24	3.89
VOLUMEN TOTAL =								2.99	PESO TOTAL=	71.66

PESO PISO EN LOSA 1

Material	Peso Especifico kg/m ³	Espesor m	Peso sobre Area kg/m ²
Mortero E (cemento y arena)	2100	0.0150	31.50
Mortero M (cemento y arena)	2100	0.0200	42.00
Ceramica	1800	0.0150	27.00
Peso por m2 de Losa			100.50

PESO PISO EN LOSA 2

Material	Peso Especifico kg/m ³	Espesor m	Peso sobre Area kg/m ²
Mortero E (cemento y arena)	2100	0.0150	31.50
Mortero E (cemento y arena)	2100	0.0150	31.50
Peso por m2 de Losa			63.00

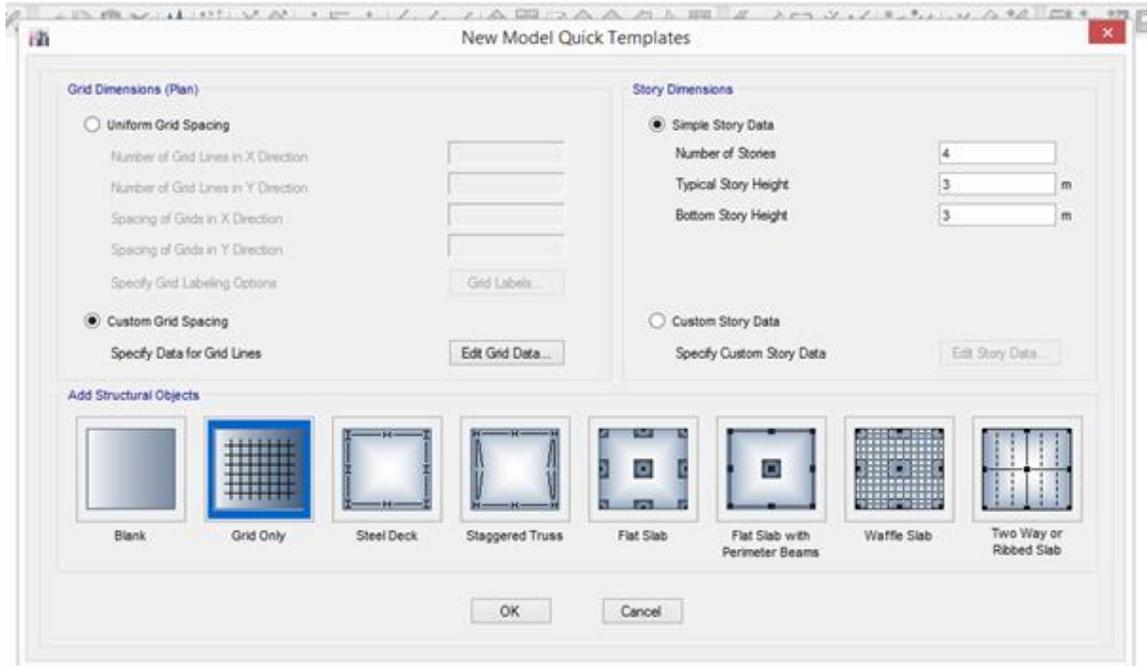
PESO PAREDES			
Material	Peso Específico kg/m3	Espesor m	Peso sobre área kg/m2
Mortero RECUBRIMIENTO PAREDES	2100	0.01	21.00

Peso de la Estructura					
Material	Peso sobre área Kg/m2	ÁREAS m2	Peso sobre Área Kg/m3	VOLUMEN m3	Peso de elemento estructural Kg
PESO DE LOSA 1	313.20	68.34			21404.09
PESO DE LOSA 2	318.00	72.88			23175.84
PESO DE COLUMNAS			2400.00	1.43	3421.44
PESO DE VIGAS LOSA 1			2400.00	3.67	8817.60
PESO DE VIGAS LOSA 2			2400.00	2.99	7166.40
PESO DE MAMPOSTERIA	168.75	135.45			22857.04
PESO MAMPOSTERIA AZOTEA	168.75	67.73			11428.66
ENLUCIDOS MAMPOSTERIA Planta. A	21.00	135.45			2844.47
ENLUCIDOS MAMPOSTERIA AZOTEA	21.00	67.73			1422.23
PESO PISO EN LOSA 1	100.50	68.34			6868.17
PESO PISO EN LOSA 2	63.00	72.88			4591.44
W total		(Kg)			113997.38
W total		(TON)			114.00

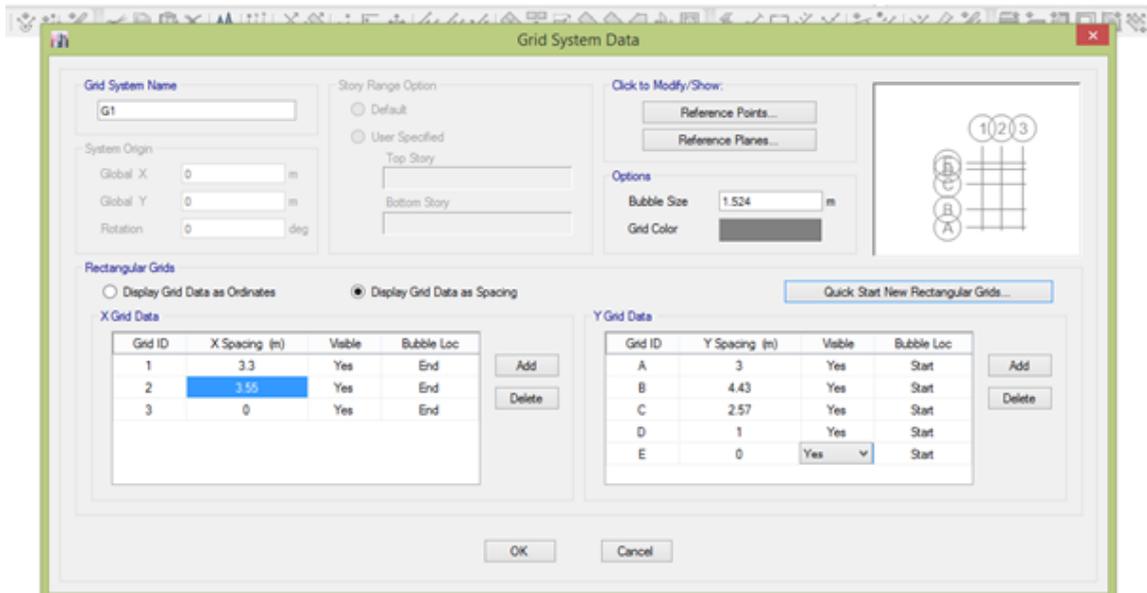
SOBRECARGA LOSA 1			
ELEMENTO	PESO (Kg)	AREA (m2)	TOTAL
PESO DE MAMPOSTERIA	22857.04	68.34	334.46
ENLUCIDOS MAMPOSTERIA Planta. A	2844.47	68.34	41.62
PESO PISO EN LOSA 1	6868.17	68.34	100.50
		TOTAL=	476.58

Anexo 8. Modelado de la estructura en Etabs 2016

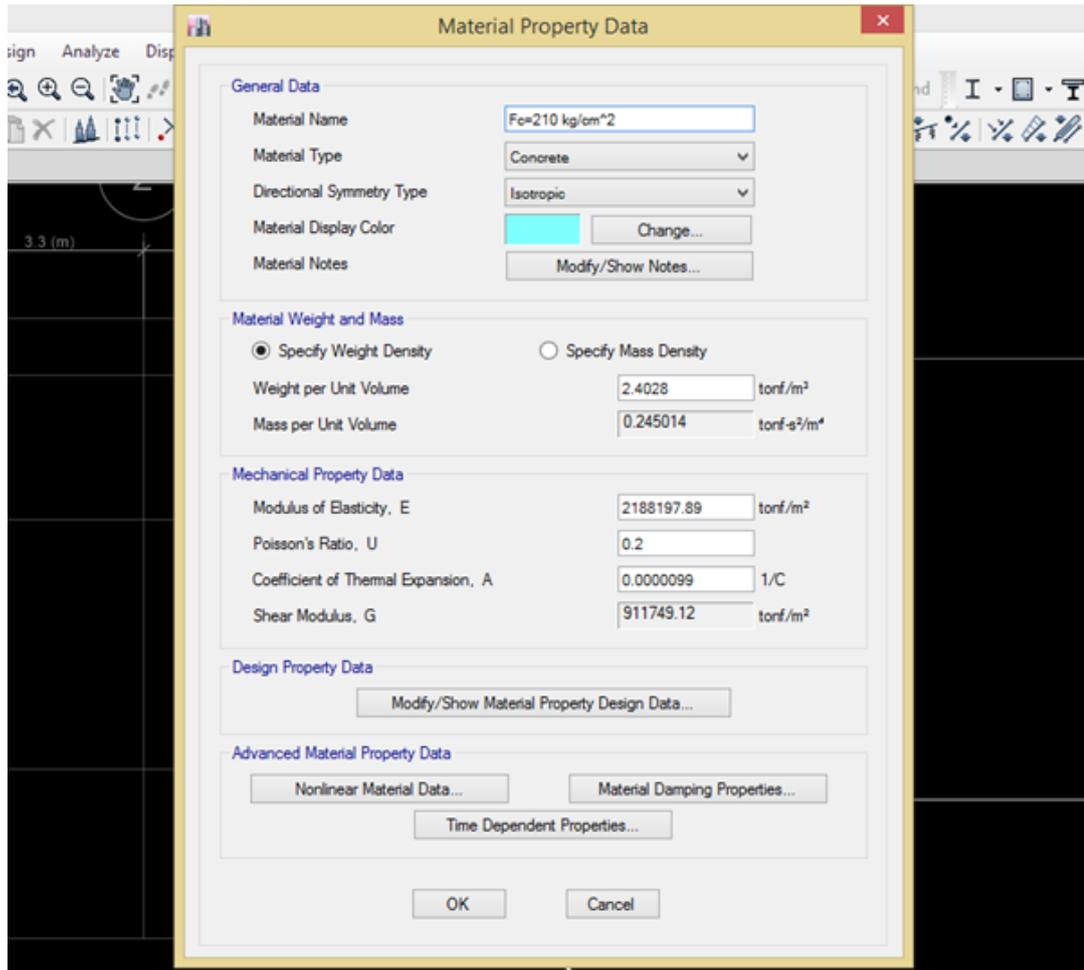
Iniciamos nuevo modelo y definimos



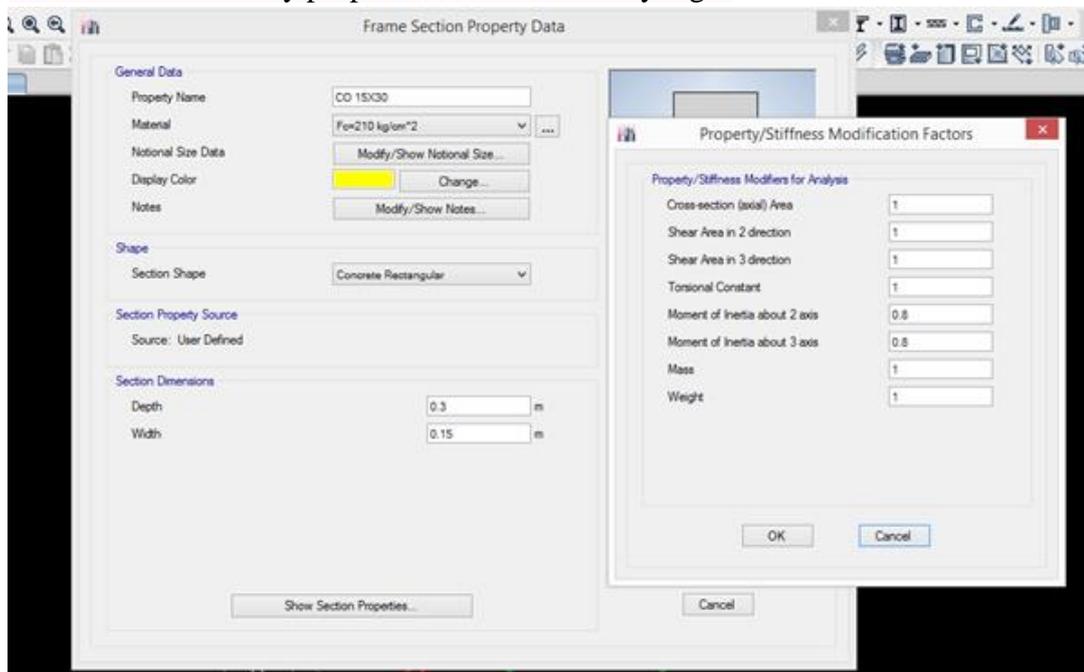
Editamos grillas y modificamos altura de entrepisos

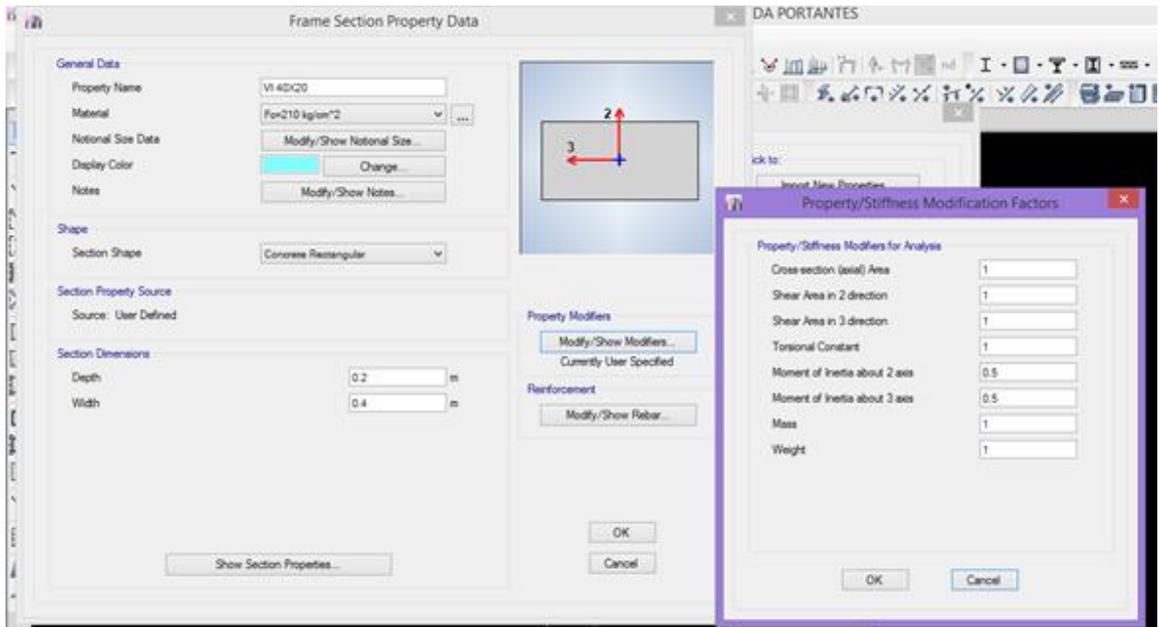


Definimos las propiedades de los materiales

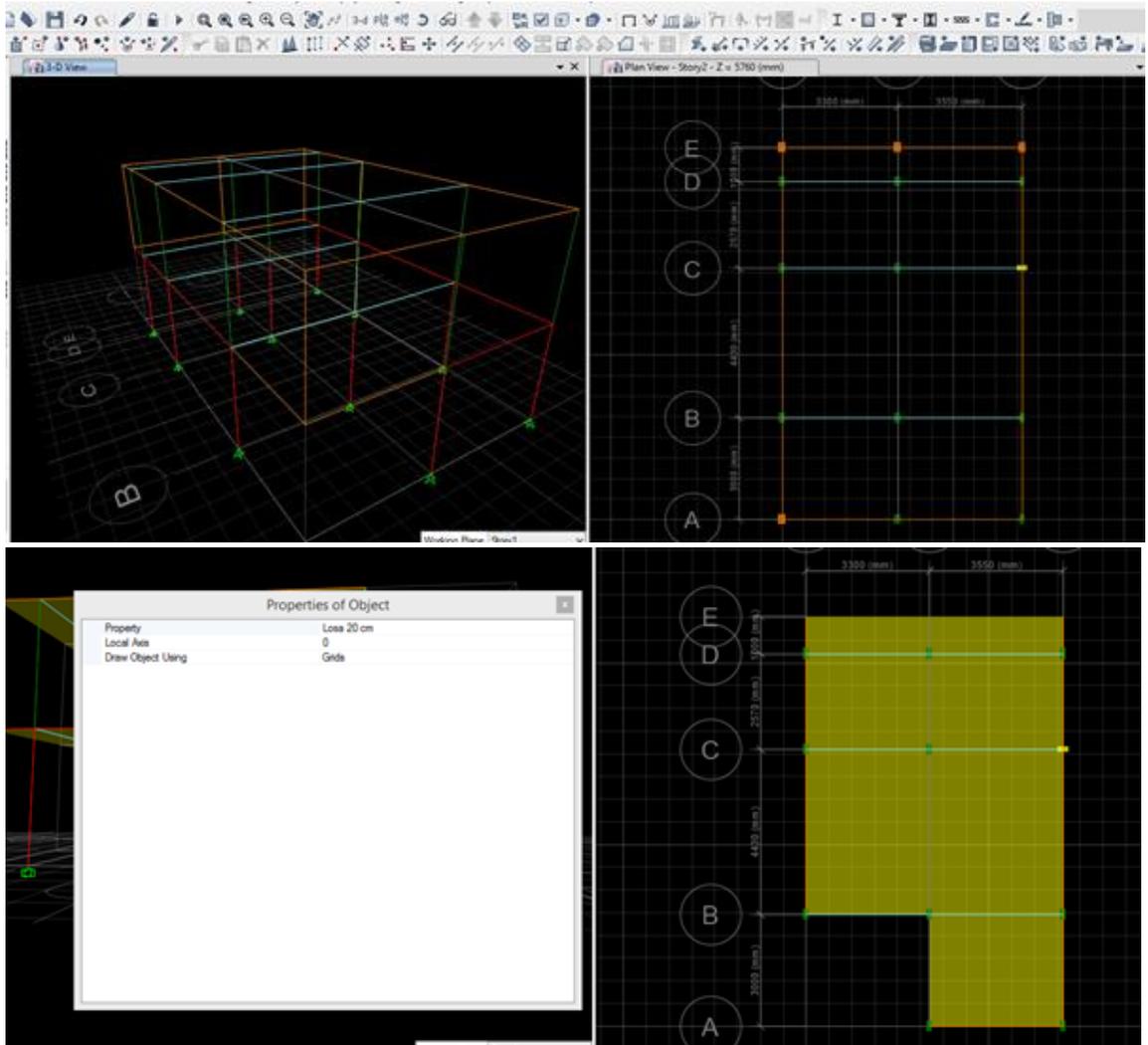


Definimos secciones y propiedades de columnas y vigas

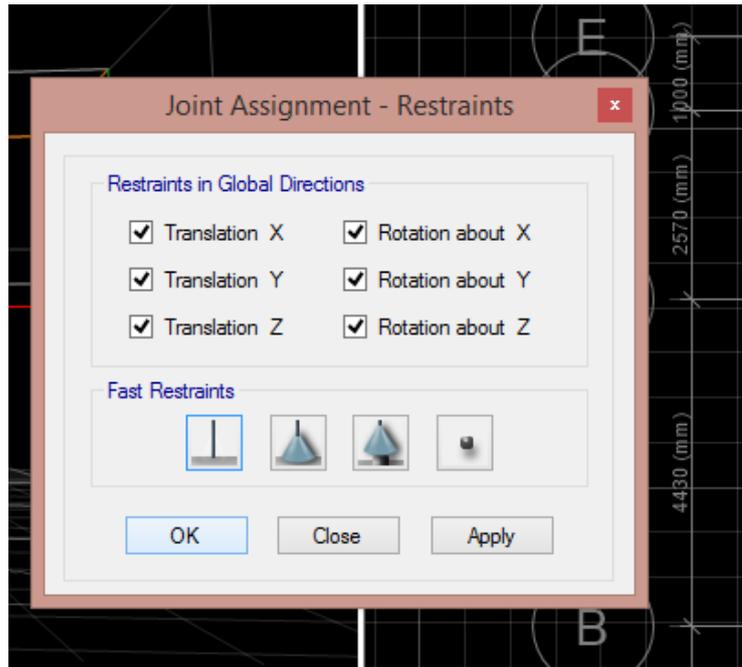




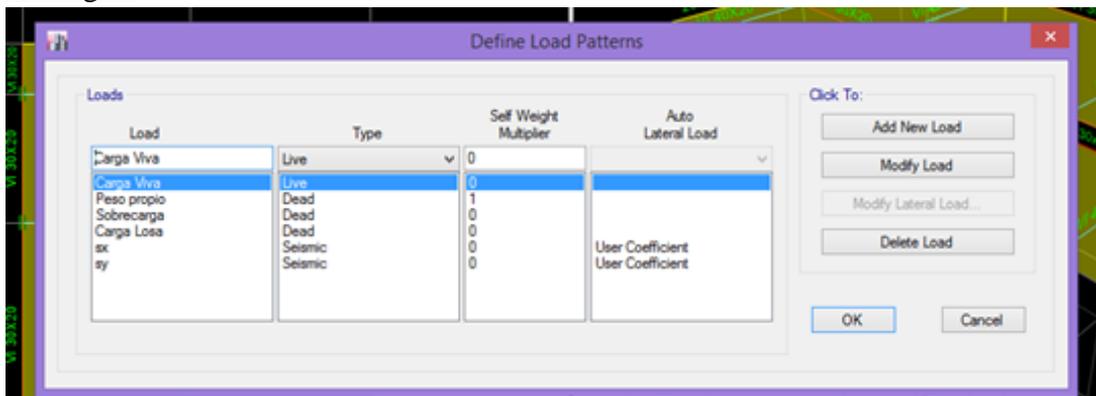
Una vez definidas las propiedades procedemos a dibujar los elementos en nuestro modelo.



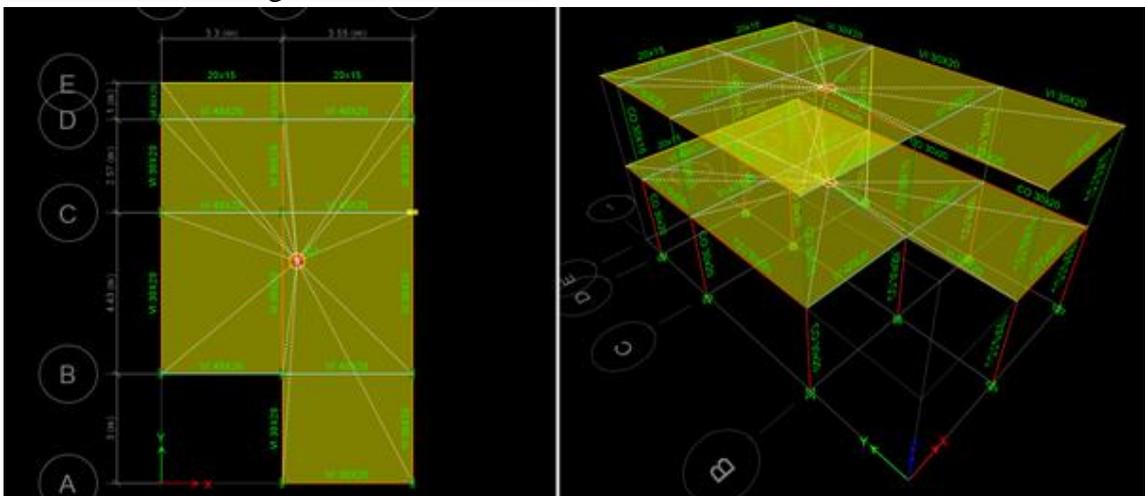
restringimos la estructura en su base



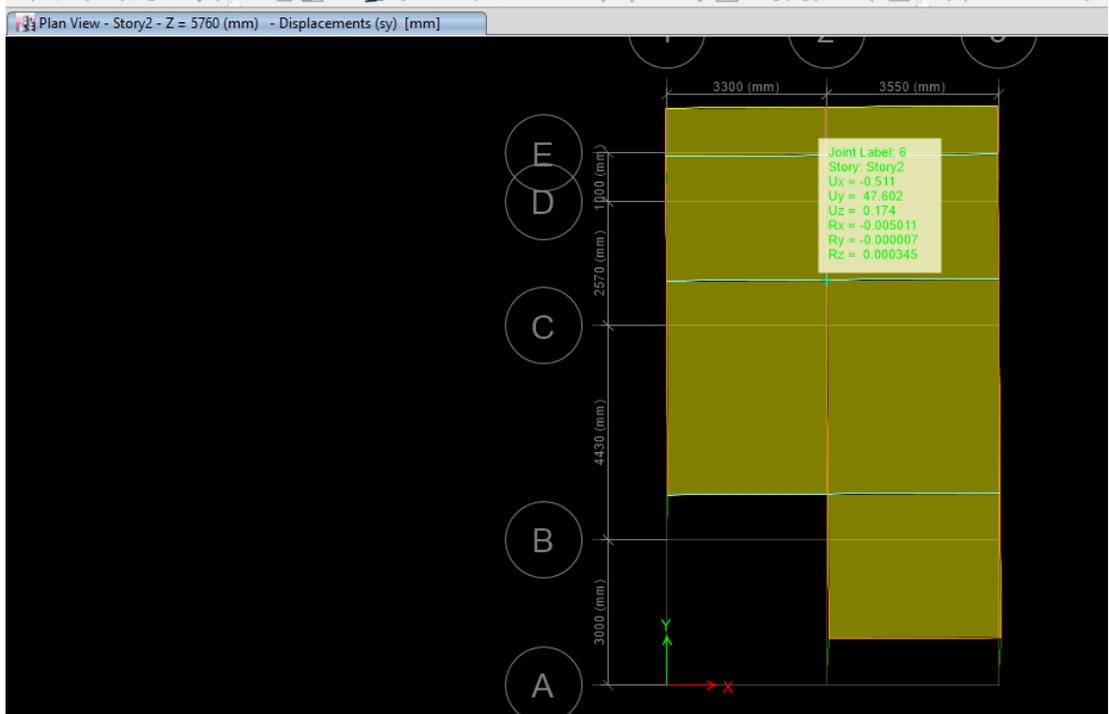
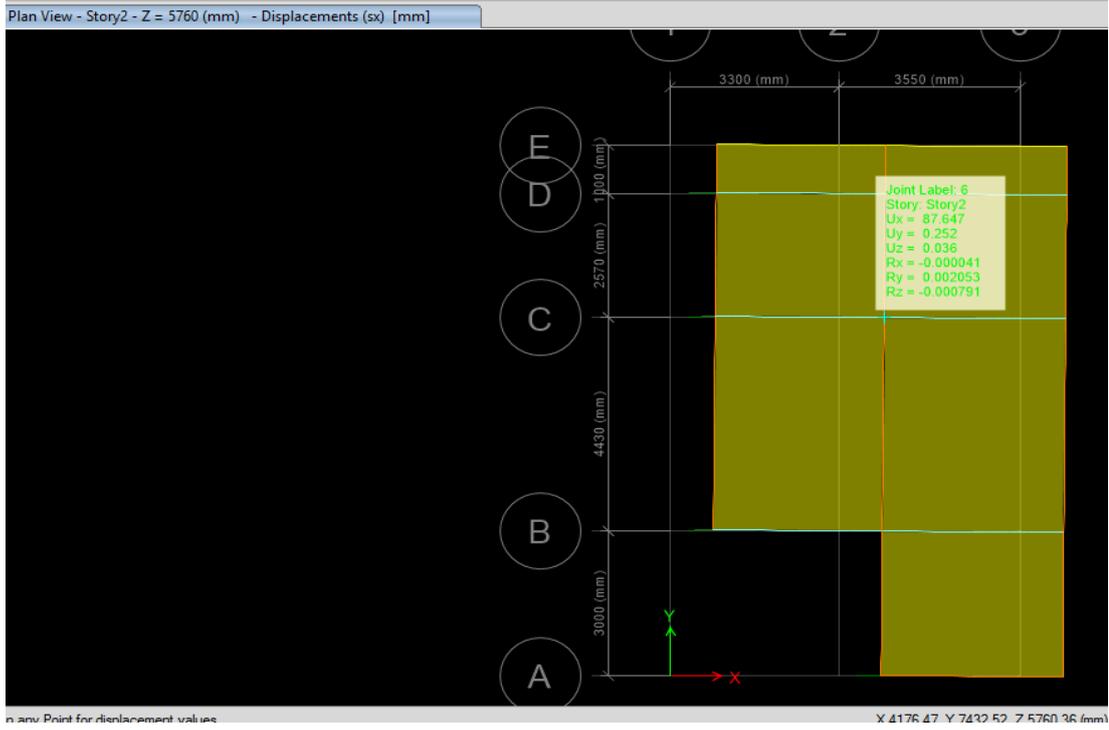
Definimos las cargas las cuales se determinaron anteriormente mediante el metrado de cargas.



Definimos los diafragmas de la estructura



Procedemos a analizar y determinar el periodo de vibración y desplazamiento de la estructura.



1 de 6 | Reload Apply

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.772	0.991	0	0	0.009
Modal	2	0.59	0.007	0.215	0	0.777
Modal	3	0.57	0.002	0.785	0	0.214
Modal	4	0.279	0.994	0	0	0.006
Modal	5	0.213	0.006	0.048	0	0.946
Modal	6	0.191	0	0.952	0	0.048

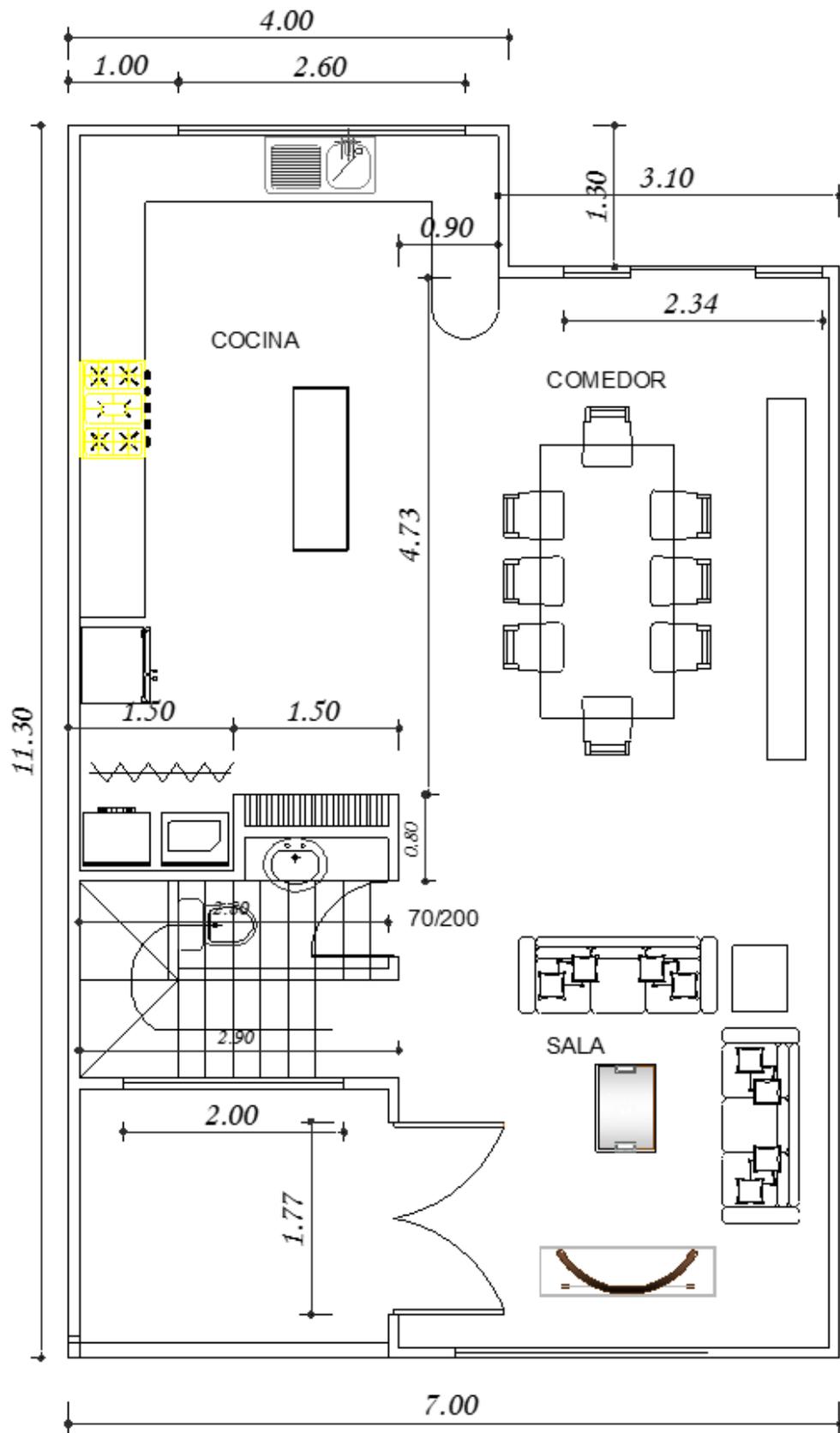
Anexo 9. Características de vivienda tipo, sistema con muros portantes.

VIVIENDA CON SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS PORTANTES DE HORMIGON ARMADO	
Modelo de Vivienda:	ESTEFANIA
Área de Terreno:	136.00 m ²
Área de Construcción:	148.63 m ²
Planta Baja:	72.64 m ²
Planta Alta:	75.99 m ²

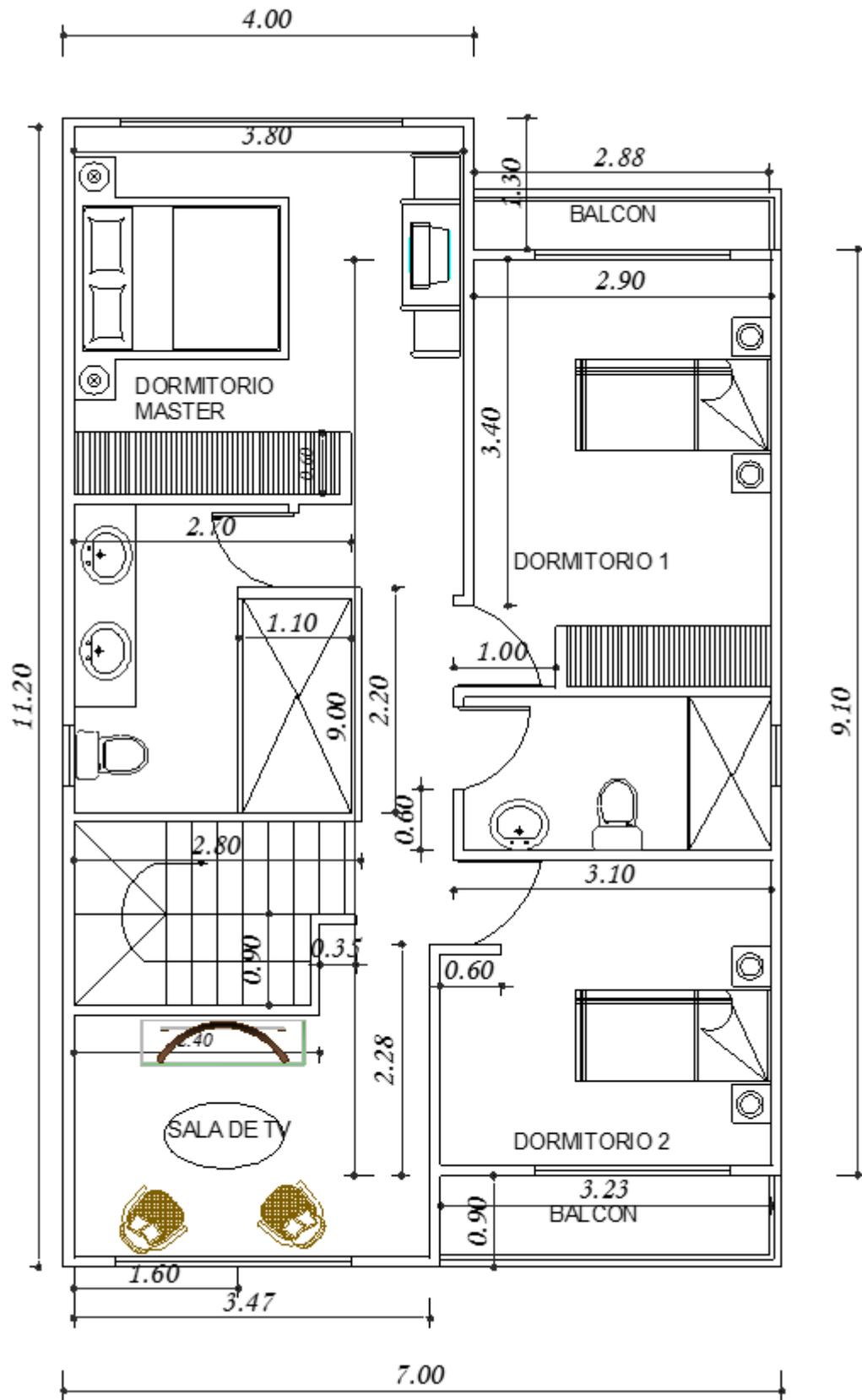
Anexo 10. Revisión de cumplimiento de parámetros mínimos establecidos en la NEC.

PARAMETRO	NEC	VIVIENDA TIPO		
Area de aberturas	< 35% del area del muro	25.39	11.95	1° piso
		31.05	12.91	2° piso
espesor min	1/30 altura o 8 mm	0.08	0.10	1° piso
		0.09	0.10	2° piso

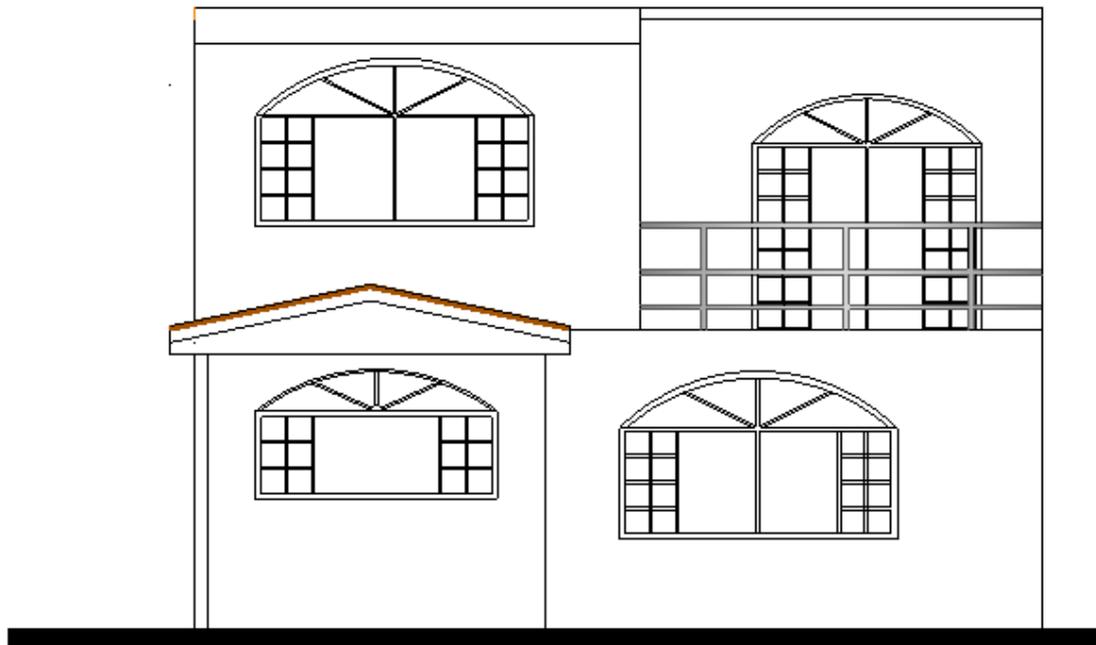
Anexo 11. Vista en planta de vivienda con sistema de muros portantes.



Anexo 12. Vista en planta de vivienda con sistema de muros portantes.



Anexo 13. Vista en elevación de vivienda con sistema de muros portantes.



Anexo 14. Datos mecánicos para materiales.

PROPIEDADES MECANICAS PARA SISTEMA ESTRUCTURAL DE MUROS PORTANTES DE HORMIGON ARMADO	
Resistencia a la compresión del Hormigón	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Límite de fluencia del acero	$f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad del concreto	$Ec = 15100 \sqrt{f'c} \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad del hormigón	$Ec = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$
Peso específico del hormigón	$Ec = 2.4 \text{ T/m}^3$

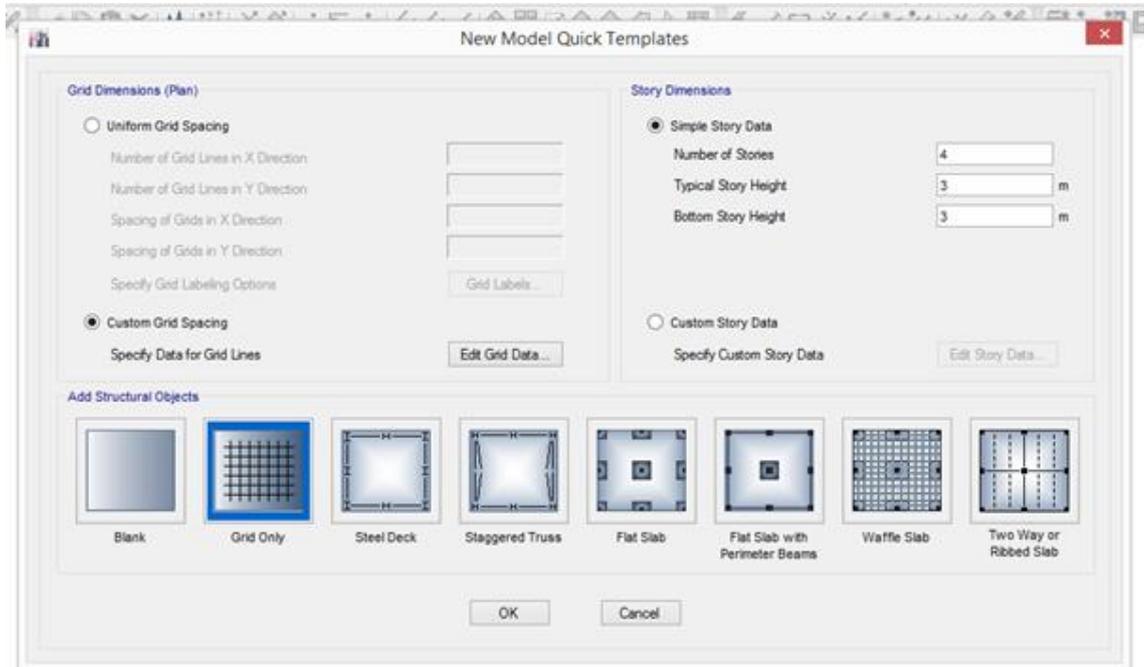
Anexo 15. Metrado de Cargas para vivienda con sistema de muros portantes.

Metrado de Cargas en losa 1			
Material	Peso Especifico kg/m^3	Espesor m	Peso sobre Area kg/m^2
Concreto	2400	0.1500	360.00
Mortero E (cemento y arena)	2100	0.0150	31.50
Mortero M (cemento y arena)	2100	0.0200	42.00
Ceramica	1800	0.0150	27.00

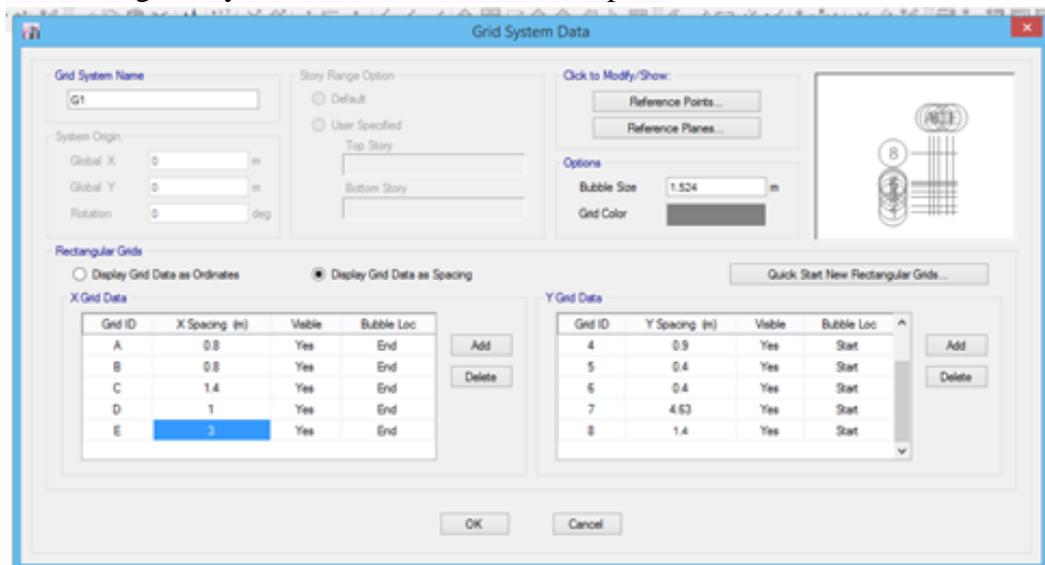
Metrado de Cargas en losa 2			
Material	Peso Especifico kg/m3	Espesor m	Peso sobre Area kg/m2
Concreto	2400	0.1500	360.00
Mortero E (cimento y arena)	2100	0.0150	31.50
Mortero E (cimento y arena)	2100	0.0150	31.50
Material	Peso Especifico kg/m3	Espesor m	Peso sobre Area kg/m2
Concreto (PAREDES)	2400	0.10	240.00
Mortero RECUBRIMIENTO PAREDES	2100	0.01	21.00
GRANITO	2855	0.025	71.38
Peso de la Estructura			
cubierta	Peso sobre Area kg/m2	AREAS m2	Peso de elemento estructural kg
Mampostería Planta. Alta	168.75	71.63	12087.58
Mampostería Azotea	168.75	35.82	6043.79
ENLUCIDOS MAMPOSTERIA Planta. A	21.00	143.26	3008.50
ENLUCIDOS MAMPOSTERIA AZOTEA	21.00	71.63	1504.25
ACABADO EN BAÑOS (GRANITO)	71.38	1.2	85.65
ACABADOS Y ENLUCIDO LOSA 1	100.50	72.64	7300.32
ACABADO Y ENLUCIDOS LOSA 2	63.00	75.99	4787.37
Peso de MURO P.A	240.00	88.72	21292.32
Peso Losa 1	360.00	72.64	26150.40
Peso Losa 2	360.00	75.99	27356.40
W total		(Ton)	109.62
SOBRECARGA LOSA 1			
ELEMENTO	PESO (Kg)	AREA (m2)	TOTAL
Mampostería Planta. Alta	12087.58	72.64	166.40
ACABADOS Y ENLUCIDO LOSA 1	7300.32	72.64	100.50
ENLUCIDOS MAMPOSTERIA Planta. A	3008.50	72.64	41.42
		TOTAL=	308.32

Anexo 16. Modelado de la estructura en Etabs 2016

Iniciamos nuevo modelo y definimos grillas



Editamos grillas y modificamos altura de entrepisos



Definimos las propiedades de los materiales

Wall Property Data

General Data

Property Name muro

Property Type Specified

Wall Material Fc=210 kg/cm²

Notional Size Data Modify/Show Notional Size...

Modeling Type Shell-Thin

Modifiers (Currently Default) Modify/Show...

Display Color Change...

Property Notes Modify/Show...

Property Data

Thickness 0.1 m

OK Cancel

Slab Property Data

General Data

Property Name Losa 15cm

Slab Material Fc=210 kg/cm²

Notional Size Data Modify/Show Notional Size...

Modeling Type Shell-Thin

Modifiers (Currently Default) Modify/Show...

Display Color Change...

Property Notes Modify/Show...

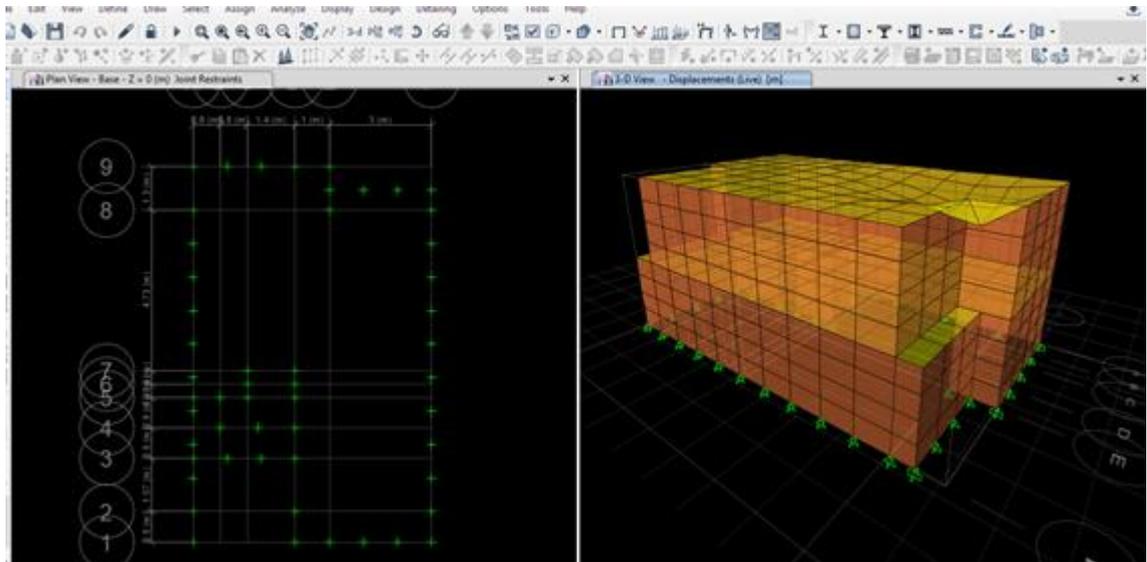
Property Data

Type Slab

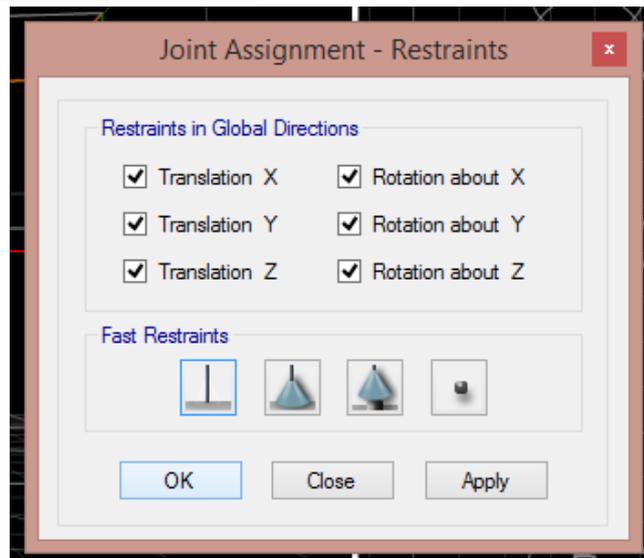
Thickness 0.15 m

OK Cancel

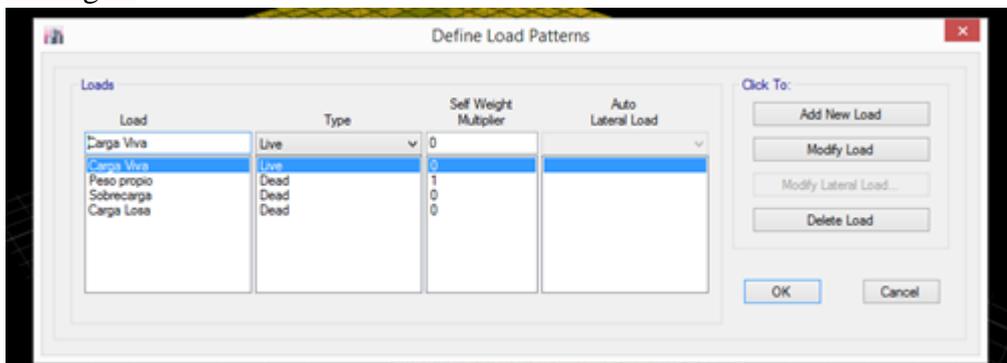
Una vez definidas las propiedades procedemos a dibujar los elementos en nuestro modelo.



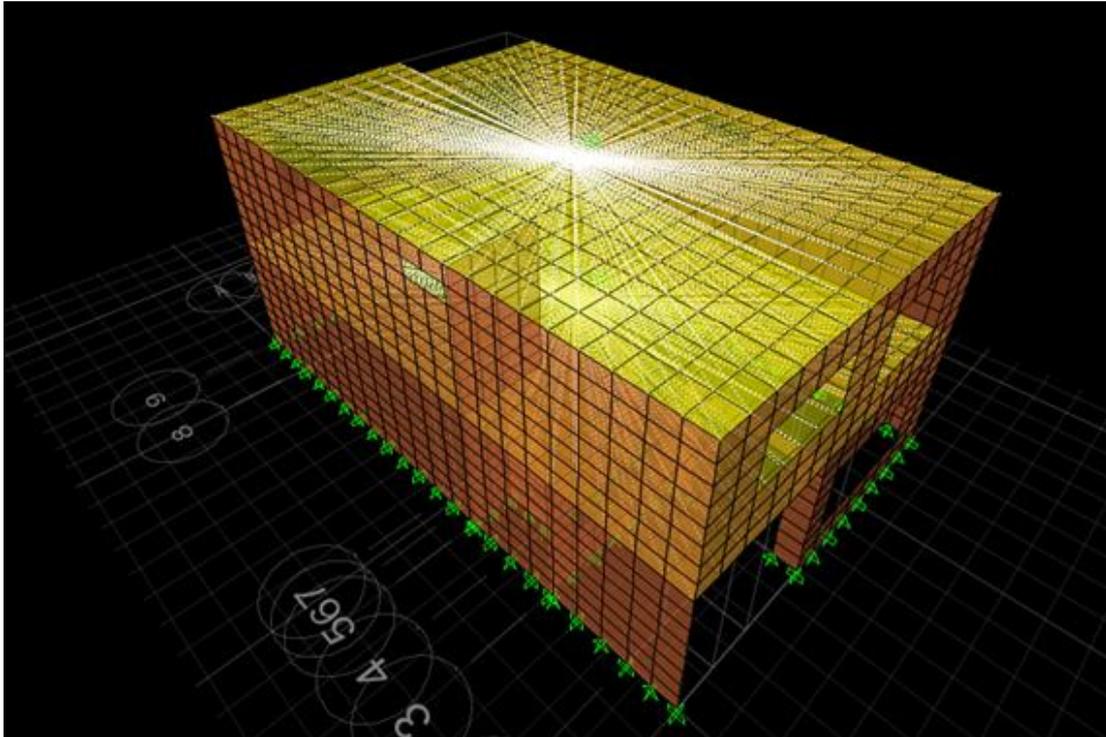
Restringimos la estructura en su base



Definimos las cargas las cuales se determinaron anteriormente mediante el metrado de cargas.



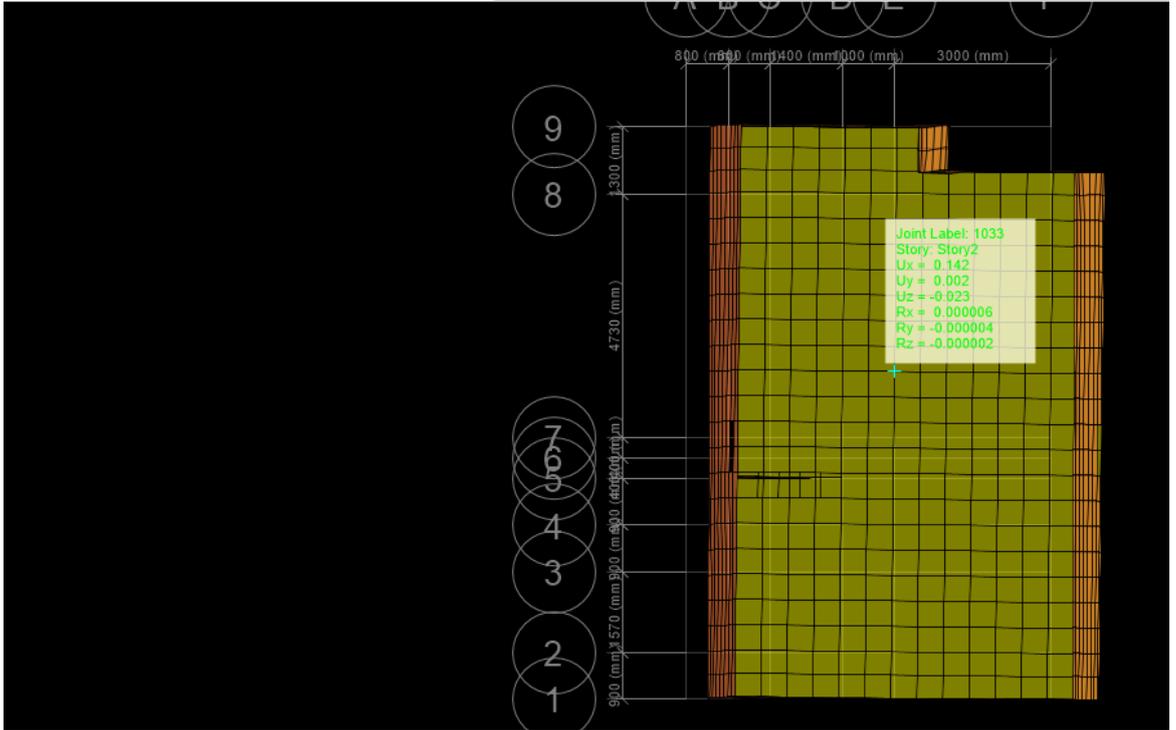
Definimos los diafragmas de la estructura



Procedemos a analizar y determinar el periodo de vibración y desplazamiento de la estructura.

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
▶	Modal	1	0.062	0.997	0	0	0.003
	Modal	2	0.031	0	0.997	0	0.003
	Modal	3	0.029	0.085	0.003	0	0.912
	Modal	4	0.026	0.918	0	0	0.082
	Modal	5	0.013	0	1	0	0
	Modal	6	0.012	0.003	0	0	0.997

Plan View - Story2 - Z = 5200 (mm) - Displacements (sx) [mm]



Plan View - Story2 - Z = 5200 (mm) - Displacements (sy) [mm]

