



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE  
AISLADORES SÍSMICOS EN LA CIMENTACIÓN SUPERFICIAL DE  
HORMIGÓN ARMADO, DEL PROYECTO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR  
“ALDOVEA”, PARROQUIA CALDERÓN, CANTÓN QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniera Civil

AUTORA: Jazmín Pamela Batallas Larco  
TUTOR: Marlon Manolo Arévalo Navarrete

Quito - Ecuador  
2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Jazmín Pamela Batallas Larco con documento de identificación N° 1722126339 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 01 de agosto del 2022

Atentamente,



---

Jazmín Pamela Batallas Larco  
1722126339

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jazmín Pamela Batallas Larco con documento de identificación N° 1722126339, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Propuesta Para La Selección E Implementación De Aisladores Sísmicos En La Cimentación Superficial De Hormigón Armado, Del Proyecto De Vivienda Unifamiliar “ALDOVEA”, Parroquia Calderón, Cantón Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 01 de agosto del 2022

Atentamente,



---

Jazmín Pamela Batallas Larco

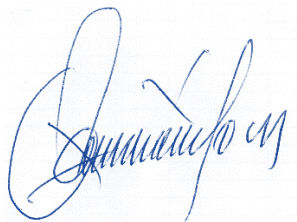
1722126339

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Marlon Manolo Arévalo Navarrete con documento de identificación N° 1706746029, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE AISLADORES SÍSMICOS EN LA CIMENTACIÓN SUPERFICIAL DE HORMIGÓN ARMADO, DEL PROYECTO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR “ALDOVEA”, PARROQUIA CALDERÓN, CANTÓN QUITO, realizado por Jazmín Pamela Batallas Larco con documento de identificación N° 1722126339, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 01 de agosto del 2022

Atentamente,



---

Ing. Marlon Manolo Arévalo Navarrete, MSc.

1706746029

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo mi familia, quienes siempre fueron el pilar y la fuerza que necesite durante toda la carrera.

A mis padres Anita y Oswaldo quienes estuvieron apoyándome a pesar de mis tropiezos, siempre dándome ánimos para no decaer y para seguir adelante; inculcándome los valores para ser una buena persona e impulsándome a ser una buena profesional.

A mis hermanas Lady y Sulay quienes son una motivación para seguir sus pasos y ser una gran profesional, siempre apoyándome en lo que necesito y dándome consejos.

A mis abuelitos, primos, tíos quienes me ayudaron a sobrellevar las situaciones adversas que se presentaron durante la carrera con sus consejos, depositando toda su confianza en mí para poder verme como toda una Ingeniera.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradezco a Dios por darme la fortaleza y fuerza para no rendirme durante todo mi estudio universitario.

A mis padres y familiares por su apoyo incondicional en el transcurso de esta larga formación como ingeniera civil.

Al ingeniero Marlon Manolo Arévalo Navarrete, por su apoyo, paciencia y sus aportes intelectuales para el desarrollo exitoso de este trabajo de titulación.

A la Universidad Politécnica Salesiana por haberme acogido y brindado todos los conocimientos durante mi formación académica.

A mis amigos y todas las personas que de alguna u otra forma me apoyaron en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema de estudio .....	2
1.2.1 Antecedentes .....	2
1.2.2 Importancia y Alcance .....	2
1.2.3 Delimitación .....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general .....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1 ¿Qué es un sismo? .....	6
2.2 Riesgo sísmico en Ecuador – Quito.....	6
2.3 Aisladores sísmicos .....	9
2.4 Tipos de aisladores sísmicos.....	10
2.4.1 Aisladores Elastoméricos .....	10
2.4.2 LDRB (Low-Damping Rubber Bearing).....	10
2.4.3 LRB (Lead Rubber Bearing) .....	11
2.4.4 HDBR (High Damping Rubber Bearing).....	11
2.4.5 FPS (Friction Pendulum System) .....	12
<b>CAPÍTULO III</b> .....	13
<b>METODOLOGÍA</b> .....	13
3.1 Tipo de Investigación .....	13
3.2 Método de investigación.....	13
3.3 Técnicas o instrumentos para recopilar información.....	14
3.4 Proceso Técnico.....	14
3.4.1 Análisis y prediseño de elementos estructurales .....	15
3.4.2 Análisis de características de aisladores en catálogos.....	34
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	36
<b>DISEÑO</b> .....	36
4.1 Modelado de estructura sin aislado sísmico en programa estructural .....	36
4.1.1 Análisis estadísticos y dinámicos de las estructuras sin aisladores sísmicos .	45
4.1.2 Análisis de precios de las estructuras sin aisladores sísmicos .....	51
4.2 Modelo de estructura con aislador sísmico en programa estructural.....	53
4.2.1 Análisis estáticos y dinámicos de las estructuras con aisladores sísmicos ...	56
4.2.2 Análisis de precios de las estructuras con aisladores sísmicos .....	60

4.3 Análisis comparativos del comportamiento de las estructuras (con y sin aisladores en cimientos) .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>REFERENCIAS</b> .....	66
<b>ANEXOS</b> .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Sismos que han afectado a la ciudad de Quito</i> .....	7
Tabla 2 <i>Datos para cálculo de altura mínima</i> .....	16
Tabla 3 <i>Sección de losa y cálculo de la inercia equivalente</i> .....	17
Tabla 4 <i>Sobre carga de terminados</i> .....	19
Tabla 5 <i>Peso de vigas en Bloque 1</i> .....	20
Tabla 6 <i>Peso de vigas en Bloque 2</i> .....	20
Tabla 7 <i>Peso de vigas en Bloque 3</i> .....	21
Tabla 8 <i>Cargas Mayores Bloque 1</i> .....	21
Tabla 9 <i>Cargas Mayores Bloque 2</i> .....	22
Tabla 10 <i>Cargas Mayores Bloque 3</i> .....	22
Tabla 11 <i>Datos para determinación carga equivalente Bloque 1 - Eje 3</i> .....	23
Tabla 12 <i>Cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 1</i> .....	24
Tabla 13 <i>Cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 1</i> .....	24
Tabla 14 <i>Cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 2</i> .....	25
Tabla 15 <i>Cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 2</i> .....	25
Tabla 16 <i>Cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 3</i> .....	26
Tabla 17 <i>Cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 3</i> .....	26
Tabla 18 <i>Análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 1.</i> .....	28
Tabla 19 <i>Análisis de peralte requerido terraza, Bloque 1.</i> .....	28
Tabla 20 <i>Análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 2.</i> .....	28
Tabla 21 <i>Análisis de peralte requerido terraza, Bloque 2.</i> .....	29
Tabla 22 <i>Análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 3.</i> .....	29
Tabla 23 <i>Análisis de peralte requerido terraza Bloque 3.</i> .....	29
Tabla 24 <i>Dimensiones de vigas en Bloque 1</i> .....	30
Tabla 25 <i>Dimensiones de vigas en Bloque 2</i> .....	30
Tabla 26 <i>Dimensiones de vigas en Bloque 3</i> .....	31
Tabla 27 <i>Prediseño de columnas, Eje 1 - Bloque 1</i> .....	31
Tabla 28 <i>Prediseño de columnas, Eje 2 - Bloque 1</i> .....	32
Tabla 29 <i>Prediseño de columnas, Eje 3 - Bloque 1</i> .....	32
Tabla 30 <i>Prediseño de columnas, Eje 1 - Bloque 2</i> .....	32
Tabla 31 <i>Prediseño de columnas, Eje 2 - Bloque 2</i> .....	33
Tabla 32 <i>Prediseño de columnas, Eje 3 - Bloque 2</i> .....	33
Tabla 33 <i>Prediseño de columnas, Eje 1 - Bloque 3</i> .....	33
Tabla 34 <i>Prediseño de columnas, Eje 2 - Bloque 3</i> .....	34
Tabla 35 <i>Prediseño de columnas, Eje 3 - Bloque 3</i> .....	34
Tabla 36 <i>Análisis comparativos de aislador sísmico.</i> .....	35
Tabla 37 <i>Cargas a colocar en estructura</i> .....	40
Tabla 38 <i>Factores de sitio según tipo de suelo</i> .....	46
Tabla 39 <i>Coefficientes para el análisis estático</i> .....	48
Tabla 40 <i>Períodos de los distintos bloques</i> .....	49
Tabla 41 <i>Participación de masa de los bloques</i> .....	49
Tabla 42 <i>Verificación de Derivas de Piso</i> .....	50
Tabla 43 <i>Verificación de Torsión</i> .....	51
Tabla 44 <i>Presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B – Bloque 1</i> .....	51
Tabla 45 <i>Presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B – Bloque 2</i> .....	52
Tabla 46 <i>Presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B – Bloque 3</i> .....	52
Tabla 47 <i>Propiedades Técnicas del Aislador catalogo Grupo Freyssinet</i> .....	56

Tabla 48 <i>Propiedades Técnicas del Aislador catálogo Dynamic Insolation Systems (DIS)</i> .....	57
Tabla 49 <i>Parámetros de prediseño</i> .....	58
Tabla 50 <i>Parámetros de aisladores escogidos</i> .....	58
Tabla 51 <i>Verificación periodo SMC y amortiguamiento</i> .....	59
Tabla 52 <i>Verificación de Derivas de Piso en aislador</i> .....	59
Tabla 53 <i>Verificación de Torsión en aislador</i> .....	60
Tabla 54 <i>Presupuesto estimado de estructura con aislamiento sísmico</i> .....	60
Tabla 55 <i>Comparación de cortante basal Bloque 1</i> .....	61
Tabla 56 <i>Comparación de cortante basal Bloque 2</i> .....	61
Tabla 57 <i>Comparación de cortante basal Bloque 3</i> .....	62
Tabla 58 <i>Comparación de derivas (Estructura base fija y Superestructura base aislada)</i> .....	62
Tabla 59 <i>Cuadro comparativo según características y comportamiento de estructura de base fija y aislada</i> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de Proyecto</i> .....	3
Figura 2 <i>Sismos registrados en el Ecuador entre 1541-2011</i> .....	7
Figura 3 <i>Sistemas de fallas de Quito</i> .....	8
Figura 4 <i>Comparación entre una estructura con y sin aislación de base</i> .....	9
Figura 5 <i>Aislador elastomérico convencional</i> .....	10
Figura 6 <i>Detalle de aislador LRB</i> .....	11
Figura 7 <i>Detalle de un aislador FPS</i> .....	12
Figura 8 <i>Ingreso de las propiedades de los materiales a utilizar <math>f'c</math>, <math>f_y</math></i> .....	36
Figura 9 <i>Ingreso de sección de losa según prediseño</i> .....	37
Figura 10 <i>Ingreso de sección de columnas y vigas con inercia agrietada</i> .....	37
Figura 11 <i>Patrones de carga ingresados</i> .....	38
Figura 12 <i>Ingreso del 5% de excentricidad accidental en X</i> .....	39
Figura 13 <i>Ingreso del 5% de excentricidad accidental en Y</i> .....	39
Figura 14 <i>Asignación de cargas</i> .....	40
Figura 15 <i>Diafragma de piso planta baja</i> .....	41
Figura 16 <i>Diafragma de terraza</i> .....	41
Figura 17 <i>Masa reactiva</i> .....	42
Figura 18 <i>Implementación del espectro sísmico de acuerdo a la zona</i> .....	43
Figura 19 <i>Sismó dinámico en X de espectro</i> .....	44
Figura 20 <i>Sismó dinámico en Y de espectro</i> .....	45
Figura 21 <i>Mapa de zonificación sísmica del Ecuador</i> .....	46
Figura 22 <i>Implementación del espectro del Sismo Máximo Considerado (SMC)</i> .....	54

Figura 23 <i>Factores colocados en dirección U1, U2, U3</i> .....	55
Figura 24 <i>Estructura Bloque 1 con aisladores sísmicos</i> . ....	55

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo analizar y validar la propuesta de implementación de aisladores sísmicos en el proyecto de vivienda unifamiliar “ALDOVEA” ubicado en la parroquia Calderón del cantón Quito. Se plantea implementar estos dispositivos debido a la problemática del país por tener un alto riesgo de sismicidad, ya que se encuentra ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico. También se debe tomar en cuenta que al momento de presentarse un movimiento telúrico las grandes construcciones no son las únicas que se ven afectadas.

Mediante una investigación Analítico - Científico partiendo del prediseño de los elementos losa, viga y columnas; se realiza el modelamiento de la estructura de base fija con ayuda de programas computacionales y se toma los parámetros necesarios para la elección del aislador a ser implementado, luego se diseña la estructura incorporando el dispositivo escogido con sus respectivas características, las cuales dependen de las dimensiones del mismo, se analiza y se compara los resultados obtenidos de los dos modelos; con lo cual se verifica que la estructura con base aislada tiene un mayor porcentaje de durabilidad, ya que al implementar el sismo en el modelo de las dos estructuras se observa una clara diferencia en sus desplazamientos llegando a la conclusión de que la estructura con aisladores sísmicos en su base en caso de un movimiento telúrico será la que más resista y tenga menos daños en su estructura por lo que se recomienda la implementación de estos dispositivos en este tipo de viviendas, que aunque sea de un costo mayor a la de una vivienda convencional es más segura. Se debe tener en cuenta que el costo de cualquier tipo de aislador es elevado, pero la durabilidad y resistencia que esté brinda a la estructura será mejor que la de una estructura de base fija; ya que el porcentaje adicional que se paga al implementarlos

también se los puede pagar al reparar la estructura convencional. **Palabras Clave:**  
Aislador, Sismo, Derivas.

### **ABSTRACT**

The main aim of this work is to analyze and validate the implementation proposal of seismic isolators in the "ALDOVEA" single-family housing project located in the Calderón parish of the Quito canton. It is proposed to implement these devices due to the problems of the country related to high risk of seismicity, since they are located in the Pacific ring of fire. In addition, it should take into account that when a telluric movement occurs, large buildings are not the only ones that are affected.

Through an Analytical - Scientific investigation based on the pre-design of the slab, beam and column elements; the modeling of the fixed base structure is carried out with the help of computer programs and the necessary parameters are taken for the choice of the insulator to be implemented, then the structure is designed incorporating the chosen device with its respective characteristics, which depend on the dimensions of it, the results obtained from the two models are analyzed and compared; with which it is verified that the structure with an isolated base has a higher percentage of durability, since when the earthquake is implemented in the model of the two structures, a clear difference is observed in their displacements, concluding that the structure with seismic isolators at its base, in the event of an earthquake, it will be the one that resists the most and has the least damage to its structure, so the implementation of these devices in this type of housing is recommended, even though it costs more than a conventional housing it is safer and it must be taken into account that the cost of any type of insulator is high, but the durability and resistance provided to the structure will be better than that of a fixed base structure; since the additional percentage that is paid when implementing them can also be paid when repairing the conventional structure.

**Keywords:** Isolator, Earthquake, Drifts

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Al pasar de los años se ha evidenciado la terrible devastación que causa un movimiento telúrico a una estructura causando daños a sus elementos. Hay que hacer énfasis en la problemática que esto conlleva a nivel estructural en el Ecuador, ya que se ha evidenciado en los últimos eventos sísmicos el colapso total de las edificaciones de todo tipo.

Uno de los propósitos de los Ingenieros Civiles es proveer estas situaciones y proponer soluciones para tratar de evitar o disminuir los daños de las estructuras, salvaguardando la vida de las personas. Una de las soluciones que se han propuesto ante esta problemática es la implementación de aisladores sísmicos en las bases de las estructuras, las cuales ayudan a disipar la energía hacia la superestructura ayudando que esta se comporte como un cuerpo rígido, evitando los daños anteriormente mencionados. Hoy en día es más probable encontrar información respecto al tema, debido a que en algunos países ya se los han implementado.

El objetivo de realizar esta propuesta es verificar mediante la modelación de la estructura con base fija y otra con base aislada las características de cada una de ellas, para poder evidenciar mediante un análisis comparativo la factibilidad y los beneficios que se tiene al implementar los aisladores en este tipo de estructuras.

Algunas personas pueden pensar que no es necesario la implementación de estos dispositivos en viviendas unifamiliares o casas de máximo 3 pisos, y se pueden negar a incorporar los aisladores por el aumento de precio a comparación con una vivienda convencional, pero se tiene que tener en cuenta la estabilidad, durabilidad que esta

tendrá al pasar de los años, lo cual disminuirá el costo de reparaciones en caso de algún evento sísmico.

## **1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO**

### **1.2.1 Antecedentes**

Algunos terremotos que se han registrado en la provincia de Pichincha se producen por los sistemas de fallas de Quito. En 1990 ocurrió un sismo de magnitud 4.9 en la escala de Richter en el Distrito Metropolitano de Quito, en el año 2014 otro con magnitud de 5.1 con origen en Calderón y el último registrado el 23 de noviembre del 2021 con magnitud 4.6 con epicentro al sur oeste de Puembo. Si bien es cierto, un sismo o terremoto es un desastre natural que no se lo puede detener. Sin embargo, se utilizan algunas alternativas para disminuir los daños que estos ocasionan como lo es la implementación de aisladores sísmicos en las estructuras. Es así, que en la actualidad muchos países con alto riesgo sísmico como Japón y Chile, han implementado estos dispositivos en sus estructuras para minimizar los daños.

### **1.2.2 Importancia y Alcance**

Ecuador forma parte del grupo de países que son susceptibles a los terremotos. Sin embargo, son pocas las estructuras en las cuales se han incorporado aisladores sísmicos. Una de ellas es el puente “Los Caras”, éste cruza el río Chone uniendo Bahía con San Vicente, el cual soportó un sismo de magnitud 7.8 en el año 2016, siendo uno de los más destructivos en el país desde 1987. Este cuenta con 160 aisladores sísmicos, los cuales ayudaron a disipar la energía sin ocasionar daños en la estructura, permitiendo que fluya el transporte para la ayuda a las personas afectadas después del sismo.



Para los ingenieros es de suma importancia buscar alternativas que ayuden a mantener una estructura en óptimas condiciones durante estos movimientos telúricos ya que también ayudan a salvaguardar la vida de las personas.

La normativa NEC-15 será empleada en el diseño de la superestructura y su cimentación, para luego seleccionar los aisladores sísmicos en función de los catálogos existentes en el mercado, para que estos contribuyan en la disipación de energía y reducción de desplazamientos. Pretendiendo así, demostrar la factibilidad, eficiencia y seguridad que se tendría al incorporar los aisladores en las cimentaciones de las viviendas unifamiliares.

### 1.2.3 Delimitación

El proyecto se encuentra localizado en la parroquia Calderón, calle Paris, sector La Tola.

### Figura 1

*Ubicación de Proyecto*



*Nota.* Se presenta en color turquesa el área de 2500.40 m<sup>2</sup> donde se realizará el análisis del proyecto. Elaborado por: La Autora.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El sismo del 16 de abril de 2016 es un claro ejemplo que el Ecuador no se encuentra preparado para soportar los daños que puede causar un terremoto de grandes magnitudes. No se debería esperar que esto ocurra para tomar conciencia de lo importante que es la seguridad en las edificaciones. Es por eso que surge la necesidad de seguir avanzando en la búsqueda de soluciones con las que se puedan evitar que se ocasionen grandes pérdidas. Una de las alternativas que sugieren muchos ingenieros es utilizar aisladores o disipadores sísmicos.

Hoy en día el construir con estos dispositivos es mucho más factible, ya que existen varias empresas que trabajan activamente en el desarrollo de estos elementos como son: Grupo Vikingo que es una empresa nacional y otras internacionales como Dynamic Isolation Systems (DIS), Maurer, Mageba, VELATOPH; las cuales están certificadas para la fabricación de estos elementos y la importación de los mismos.

La mayor parte de los proyectos en donde se los utiliza, son en edificaciones de gran altura o en puentes; ya que estos son los que más se han visto afectados durante los sismos a lo largo de la historia. No se tienen que dejar de lado a las viviendas unifamiliares que también se ven afectadas ante este evento. Es por eso que se plantea esta propuesta, para dar a conocer las ventajas tangibles como son: estructurales, económicas y seguridad; y las intangibles como son la vida de las personas que habitan sus viviendas. Esperando que en una realidad futura las personas opten por esta opción, teniendo en mente que “la vida no tiene precio”. Todas estas apreciaciones se las hará en función de un análisis estructural y económico del proyecto. Aunque puede que sea un poco más costosa una estructura con aisladores sísmicos, se brindaría la seguridad necesaria para salvaguardar la vida de las personas en sus hogares y que ésta siga siendo habitada posterior a un sismo.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar y validar la propuesta para la selección e implementación de aisladores sísmicos en los cimientos de viviendas unifamiliares de hormigón armado en el proyecto “ALDOVEA-CALDERÓN”, mediante una investigación y modelado de la estructura, para determinar los beneficios y ventajas en comparación a un proyecto con bases tradicionales.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Modelar la vivienda unifamiliar con y sin aisladores sísmicos, utilizando los programas estructurales para poder observar las diferencias entre cada uno de ellos.

Comparar el comportamiento, desplazamiento y derivas de piso, mediante los resultados obtenidos en los programas para comprobar las ventajas que se obtiene al construir las viviendas con aisladores sísmicos en sus cimientos.

Analizar los distintos tipos de aisladores sísmicos que existen, mediante una investigación para seleccionar los más aptos a utilizar en las viviendas.

Desarrollar una propuesta factible, incorporando un análisis de precios unitarios y el presupuesto general de las estructuras para que se implemente aisladores sísmicos en la base de sus viviendas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ¿QUÉ ES UN SISMO?**

Un sismo o terremoto es una sacudida o vibración del suelo que se pueden producir por diversos factores como:

- Choque de placas Tectónicas
- Actividad volcánica
- Causas antrópicas

Estos producen una liberación de energía que puede llegar a causar grandes daños. Las ondas sísmicas pueden viajar una gran distancia lo cual produce movimientos leves en la tierra a kilómetros de su epicentro o lugar de origen. Incluso pueden ocasionar cambios en la topografía del terreno.

#### **2.2 RIESGO SÍSMICO EN ECUADOR – QUITO**

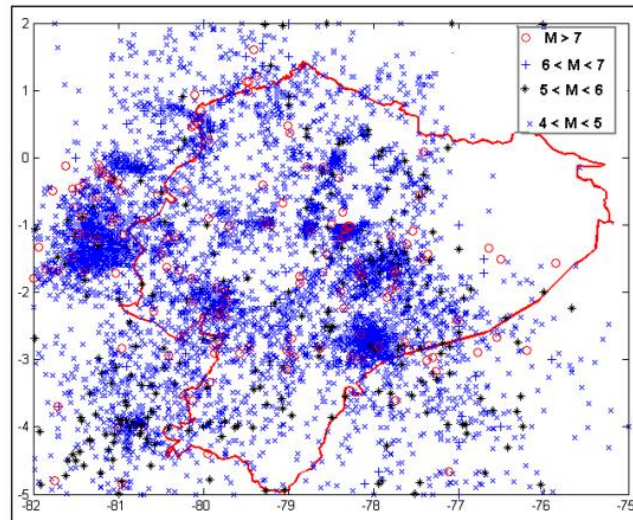
Según el libro “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador”, publicado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; el país tiene alta sismicidad ya que se presentan alrededor de 300 sismos en promedio anualmente con magnitudes superiores a 4 grados en la escala de Richter. También habla de que se pueden generar terremotos devastadores con una intensidad mayor a VII en la escala MSK cada 12.37 años aproximadamente.

Ecuador forma parte del cinturón de fuego del Pacífico; esto se atribuye a que se encuentra en la zona de subducción entre dos placas tectónicas (Placa de Nazca – Placa Sudamericana); es por ese motivo que a lo largo de la historia se han generado el mayor número de terremotos en la zona costera del país como se observa en la Figura 2. No

hay que olvidar que también existe alto riesgo volcánico en la región sierra, lo cual es un factor más que genera este desastre natural.

## Figura 2

*Sismos registrados en el Ecuador entre 1541-2011*



*Nota.* En la figura se muestran todos los sismos de magnitud mayores a 4 en las fechas mencionadas. Fuente: Quishpe Chimarro & Quishpe Chimarro (2011).

Algunos de los terremotos que han afectado a Quito se describen en la tabla 1. Gran parte de ellos se han generado en el valle interandino o en las cordilleras. Otros, que se originan bajo la capital son ocasionados por el sistema de fallas ciegas lo que provoca un movimiento inverso.

## Tabla 1

*Sismos que han afectado a la ciudad de Quito*

Lugar	Año	Magnitud	Int. Max
Guayllabamba	1587	6,4	8
Ambato	1698	7,2	9
Riobamba	1797	7,6	11
Quito	1859	7,2	8
Ibarra	1868	7,25	9
Pomasqui	1990	5,3	7
Calderón	2014	5,1	7
Puembo	2021	4.6	6

*Nota.* Se presentan los sismos que han causado daño a la capital desde el año 1587 hasta el 2021. Elaborado por: La Autora.

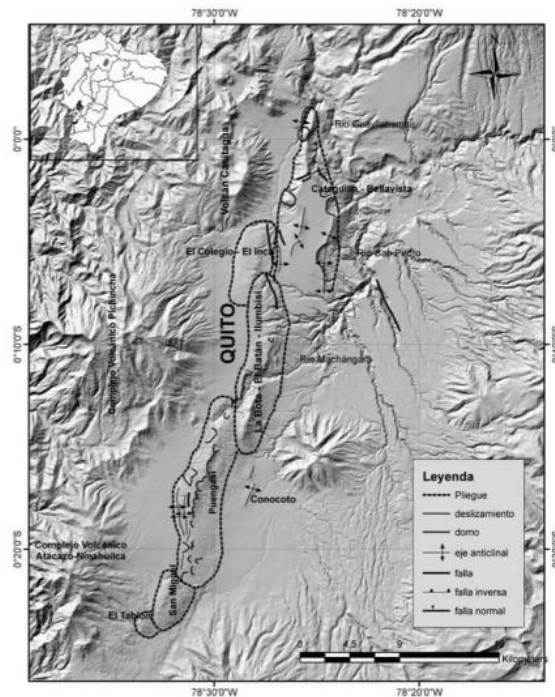
Según Rivadeneira, et al. (2007), el sistema de fallas de Quito:

Se inicia a la altura de la población de Tambillo, al sur y avanza hacia el norte hasta San Antonio de Pichincha, definiendo un trazado de 47 a 50 km de longitud. Morfológicamente (según la forma del terreno) está representado por las colinas de Puengasí, Ilumbisí, El Batán-La Bota y Bellavista-Catequilla (p. 70).

Por su ubicación, estas fallas son las que más influyen en la generación de un evento sísmico en la capital, generándose magnitudes mayores a 4, que inclusive pueden llegar a alcanzar los 7 grados en la escala de Richter.

### Figura 3

*Sistemas de fallas de Quito*



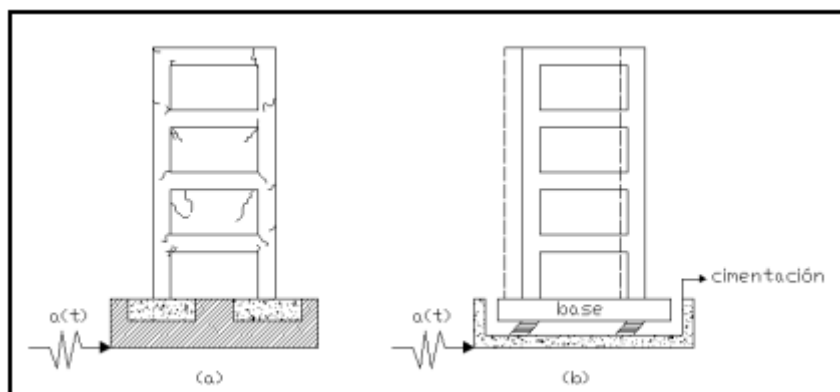
*Nota.* En el mapa se presentan los pliegues, deslizamientos y fallas de Quito. Fuente: Rivadeneira, et al. (2007).

### 2.3 AISLADORES SÍSMICOS

Los aisladores sísmicos forman parte de un sistema de control pasivo, por lo que no es posible controlar su comportamiento. Estos dispositivos tienen alta flexibilidad lo que ayuda a que la estructura se comporte como un cuerpo rígido, disminuyendo las deformaciones ya que estas se concentran en los dispositivos; y ayudando a minimizar las derivas y desplazamientos de cada nivel de piso. Estos están diseñados para soportar las fuerzas horizontales durante el movimiento, haciendo que la estructura prácticamente se comporte como un solo cuerpo rígido causando menor daño en ella, como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4**

*Comparación entre una estructura con y sin aislación de base*



*Nota.* La figura 4 (a) presenta los daños que se presentan en una estructura sin aislamientos sísmicos, en la Figura 4 (b) se muestra como sería el movimiento de la estructura como un sólido rígido. Fuente: Peña Mora (2007).

Estos aisladores se han sometido a un gran número de ensayos observando su comportamiento y demostrando que es una de las opciones óptimas para ayudar a evitar el colapso de las estructuras. Según Silva (2016), “La aislación sísmica de base es el

procedimiento más eficiente para la protección sísmica de estructuras relativamente bajas o rígidas” (p. 4).

## 2.4 TIPOS DE AISLADORES SÍSMICOS

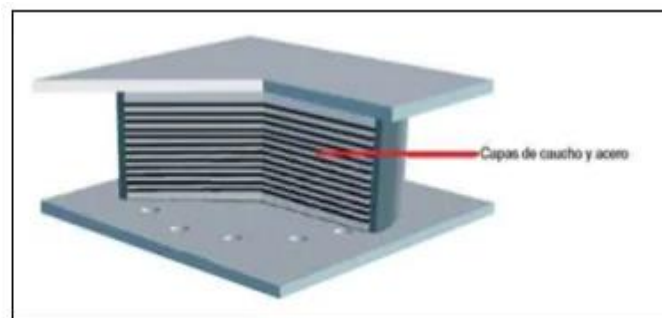
### 2.4.1 Aisladores Elastoméricos

Estos aisladores están compuestos por capas que se van alternando en una lámina de acero y una de goma. La lámina de goma puede ser de caucho natural o neopreno. Estas láminas son más gruesas que las de acero, por ende, controlan la rigidez lateral del dispositivo y el acero la rigidez vertical.

En la parte superior e inferior del aislador se colocan placas de acero con pernos de anclaje los cuales ayudaran a conectar el aislamiento a la superestructura con la cimentación.

#### Figura 5

*Aislador elastomérico convencional*



*Nota.* Se presenta como está conformado internamente el aislador. Fuente: Zarate Silva (2016)

### 2.4.2 LDRB (Low-Damping Rubber Bearing)

La goma de estos aisladores es de bajo amortiguamiento, máximo hasta del 5%, por este motivo es común que se los utilice en conjunto con disipadores de energía a fricción o fluencia. Este necesita mantenimiento después de un sismo.

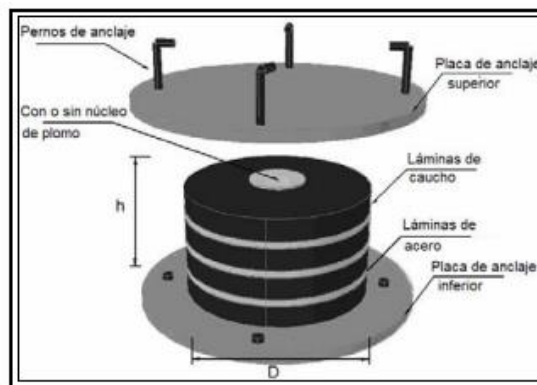


### 2.4.3 LRB (Lead Rubber Bearing)

Es similar a un aislador LDRB que incorpora un núcleo de plomo en su interior, el cual ayuda aumentar su amortiguamiento hasta un 30%. El núcleo de plomo ubicado en el centro del amortiguador ayuda que el sistema esté en las condiciones de soportar un nuevo sismo.

**Figura 6**

*Detalle de aislador LRB*



*Nota.* Se presenta todas las partes que conforman un aislador LRB. Fuente: Sierra (2009).

### 2.4.4 HDBR (High Damping Rubber Bearing)

Estos dispositivos forman parte del grupo de los aisladores elastoméricos. Según Zarate Silva (2016), “Los HDRB son aisladores elastoméricos cuyas láminas de elastómeros son fabricados adicionando elementos como carbón, aceites y resinas, con el fin de aumentar el amortiguamiento de la goma hasta niveles al 10-15%” (p. 5).

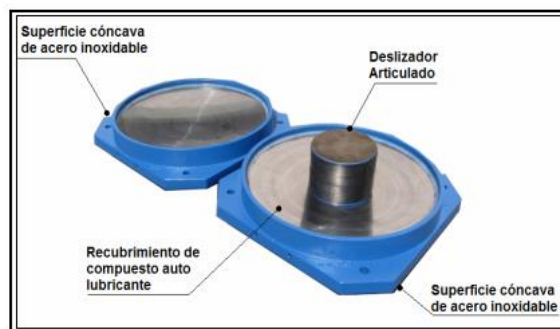
Se los considera de alto amortiguamiento por los componentes que se les adhieren, lo que ayuda a tener una mayor rigidez vertical. También son sensibles a la variación de temperatura.

### 2.4.5 FPS (Friction Pendulum System)

Estos aisladores tienen una superficie deslizante articulada de acero inoxidable lo cual ayuda a minimizar las deformaciones en conjunto con la superficie cóncava. Su placa de acero está cubierta internamente por PTFE (Politetra Fluoro Etileno), lo cual ayuda a evitar los rayones en la placa permitiendo que el aislador tenga un desplazamiento libre.

#### Figura 7

*Detalle de un aislador FPS*



*Nota.* Se presenta todas las partes que conforman un aislador FPS. Fuente: Gutiérrez Rodríguez (2016).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En este proyecto se utilizará la investigación aplicada. Según Zorilla (1993):

La investigación aplicada, guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar.

Por lo tanto, se iniciará con una investigación básica, donde se buscará mejorar los conocimientos del comportamiento de los aisladores sísmicos en las bases de la cimentación. Posteriormente, se aplicará la modelación de las viviendas unifamiliares con la ayuda de los programas estructurales. Finalmente, se realizará una simulación de su comportamiento y se analizarán los resultados.

#### **3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El método de investigación que se utilizará es Analítico-Sintético. Según Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto (2017):

El análisis y la síntesis funcionan como una unidad dialéctica y de ahí que al método se le denomina analítico-sintético. El análisis se produce mediante la síntesis de las propiedades y características de cada parte del todo, mientras que la síntesis se realiza sobre la base de los resultados del análisis. En la

investigación, puede predominar uno u otro procedimiento en una determinada etapa.

En este caso, se harán todos los cálculos necesarios para el diseño de la superestructura cumpliendo con las normativas existentes en el país; posteriormente se elegirá el aislador sísmico óptimo según los catálogos existentes y se ejecutará el diseño en los programas estructurales. Además, se analizarán todos los resultados obtenidos en los programas y se realizará una comparación, concluyendo los beneficios que tendría el modelo con la implementación de aisladores sísmicos en sus cimientos.

### **3.3 TÉCNICAS O INSTRUMENTOS PARA RECOPIRAR INFORMACIÓN**

Una de las técnicas o instrumentos utilizados para la recolección de datos será el análisis documental. Existen libros, revistas, folletos y tesis que hablan de los distintos tipos de aisladores sísmicos. También, las distintas construcciones que existen alrededor del mundo que incorporan estos dispositivos y su funcionalidad, guiarán en el desarrollo del proyecto de investigación.

### **3.4 PROCESO TÉCNICO**

El proceso iniciará con el análisis y predimensionamiento de los elementos estructurales de los tres tipos de viviendas unifamiliares que existen en el conjunto residencial “ALDOVEA”; teniendo como referencia los planos arquitectónicos obtenidos por parte del Ing. Marlon Arévalo, Director de Tesis.

Se obtendrán las cargas que van actuar en los cimientos y cuánto es lo que deberían soportar los aisladores sísmicos. Para poder escoger el tipo de aislador adecuado se tomará como guía los parámetros de las normativas chilenas NCH433 y NCH2745, para realizar los cálculos necesarios:

- La rigidez horizontal total
- Área del aislador

- Diámetro del aislador
- Altura mínima
- Módulo de corte

Posteriormente, se realizará una búsqueda de los dispositivos existentes en los catálogos de las empresas que los fabrican. Se hará una comparación con las características establecidas con el análisis hecho de antemano de las estructuras y se llegará a la toma de decisión del aislador óptimo según sus características y propiedades.

Obtenidos todos los datos se procederá a realizar la modelación de las estructuras en los programas estructurales. Posteriormente, se implementará los aisladores sísmicos en las cimentaciones de cada una de las estructuras. Se procederá al análisis estático y dinámico de las estructuras observando cual es el más desfavorable para estas y se compararán los modelos. Por último, se especificarán los beneficios y ventajas que se tendría al implementar la propuesta en este tipo de viviendas.

### **3.4.1 Análisis y prediseño de elementos estructurales**

El pre-dimensionamiento de los elementos estructurales, losas nervadas/macizas, vigas descolgadas, columnas; se basan en la norma Ecuatoriana NEC-SE-DS como en los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera.

Además, se presenta la obtención de las cargas gravitacionales y los fundamentos para la acción lateral del sismo.

Las propiedades de los materiales a usar serán los siguientes:

- Fluencia del acero de refuerzo  $F_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$
- Resistencia del Hormigón  $f'c = 240 \frac{kgf}{cm^2}$

Acorde a la NEC-SE-CG las cargas vivas mínimas dependiendo al uso son:

$$Vivienda = 200 \frac{kgf}{m^2}$$

$$Terraza = 100 \frac{kgf}{m^2}$$

### Pre-diseño de losas.

Para el prediseño de la losa se tomará el vano de mayor área, éste se encuentra ubicado en los ejes C-D y 2-3, correspondiente a 6m y 4.80 m respectivamente. Se realiza una relación L/B para verificar el tipo de losa que se va a utilizar para el prediseño, si está es menor a 2 se utilizará losa en una dirección y si es mayor, una losa en dos direcciones. En el caso propuesto la relación es de 1.25 siendo lo más óptimo utilizar una losa en dos direcciones.

Generalmente las vigas poseen mayor inercia que la losa por lo que en este caso se considera un  $\alpha fm=1$ , tratando de ser conservadores. Considerando la tabla 8.3.1.2 de la ACI 318-19 se utilizará la Ecuación (1) para el cálculo de la altura mínima de losa en dos direcciones, tomando en cuenta que el valor calculado no puede ser menor a 12.5 cm, si este es el caso se tomara como altura mínima los 12.5 cm; y si no lo es, se toma la altura mínima calculada.

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha fm - 0.2)} \quad (1)$$

ln: luz libre medida cara a cara de las vigas.

$f_y$ : fluencia del acero en MPa.

B: relación L/B mencionado anteriormente.

**Tabla 2**

*Datos para cálculo de altura mínima*

PRELIMINAR LOSA			
bcol=	30	cm	Lado columna asumido
L=	600	cm	Longitud mayor
B=	480	cm	Longitud menor
ln=	570	Cm	Longitud libre dirección mayor
$\alpha fm=$	1		

$\beta=$	1.25		
$h_{min}=$	15,29	cm	Espesor losa maciza

*Nota.* Se presenta datos de cálculo de altura mínima. Elaborado por: La Autora.

Se define un espesor de losa nervada y se calcula la inercia equivalente de losa maciza, para verificar que la altura de losa alivianada propuesta sea la adecuada. La sección de losa a usar es la siguiente:

**Tabla 3**

*Sección de losa y cálculo de la inercia equivalente*

<b>INERCIA EQUIVALENTE</b>									
LOSA NERVADA					ym		16.94		
hc=	5	cm							
bc=	50	cm							
hn=	20	cm							
bn=	10	cm							
<b>seccion</b>	<b>b(cm)</b>	<b>h(cm)</b>	<b>A(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>y<sub>mi</sub>(cm)</b>	<b>I<sub>xx</sub>(cm<sup>4</sup>)</b>	<b>A<sub>i</sub>*y<sub>i</sub></b>	<b>y<sub>i</sub>(cm)</b>	<b>I<sub>xx</sub> cg</b>	
1	50	5	250	22.5	520.83	5625	5.56	8236.88	
2	10	20	200	10	6666.67	2000	6.94	16311.73	
		$\Sigma=$	<b>450</b>					<b>24548.61</b>	cm <sup>4</sup>

*Nota.* Se presenta sección de losa y cálculo de la inercia equivalente. Elaborado por: La Autora.

La inercia de losa alivianada debe ser idéntica a la inercia de losa maciza de un espesor h y un ancho bc, por lo que se utiliza la Ecuación (2) para conocer la altura de losa maciza que corresponde a la sección de losa alivianada propuesta. Como resultado de este cálculo se obtiene un espesor de 18.06cm, el cual es mayor al  $h_{min}=15.29cm$  anteriormente calculado, por lo que la sección de losa nervada propuesta es adecuada.

$$I_{eq} = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (2)$$

## Determinación de carga muerta

De acuerdo a las dimensiones de la losa nervada para un metro cuadrado, se calcula la carga muerta, Los casetones utilizados son de 40 x 40 x 20 cm (peso considerado como despreciable).

Se considera acabados por enlucido y masillado de 2cm, un terminado de piso con cerámica de 1.8tonf/m<sup>3</sup> y un peso de paredes acorde a su distribución aproximadamente de 180 kgf/m<sup>2</sup>. Como datos generales se tiene:

- Peso específico del hormigón armado

$$\gamma_{HA} = 2.4 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$$

- Peso específico del mortero

$$\gamma_{HS} = 2.2 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$$

- Peso específico de cerámica

$$\gamma_{CER} = 1.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$$

$$Pp_{nervio} = \gamma_{HA} * [1m + 1m + 2(1m - 2 * bn)] * \frac{hn * bn}{1m^2} \quad (3)$$

$$Pp_{loseta} = \gamma_{HA} * hc \quad (4)$$

$$Pp_{losa} = Pp_{nervio} + Pp_{loseta} \quad (5)$$

$$Pp_{mas} = \text{espesor} * \gamma_{HS} \quad (6)$$

$$Pp_{acab} = \text{espesor} * \gamma_{CER} \quad (7)$$

$$Pp_{vigas} = \gamma_{HA} * \frac{L_{viga} * b_{viga} * h_{viga}}{A_{losa}} \quad (8)$$



**Tabla 4***Sobre carga de terminados*

CARGA MUERTA				
LOSA				
Y(HA)	2.4	tonf/ m <sup>3</sup>		
Peso nervio	0.1728	tonf/ m <sup>2</sup>	0.2928	tonf/ m <sup>2</sup>
peso loseta	0.12	tonf/ m <sup>2</sup>		
ENLUCIDO DE PISO				
espesor	0.02	m	asumido típicamente	tonf/m <sup>2</sup>
Y(HS)	2.2	tonf/m <sup>3</sup>	0.044	
TERMINADO DE PISO				
espesor	0.015	m	CERAMICA	tonf/m <sup>2</sup>
Y(cer)	1.8	tonf/m <sup>3</sup>	0.027	
MAMPOSTERIA				
paredes			0.18	tonf/ m <sup>2</sup>
		Σ	0.544	tonf/ m <sup>2</sup>

*Nota.* Se presentan los resultados al calcular la sobre carga mediante las ecuaciones 3, 4, 5, 6 y 7. Elaborado por: La Autora.

### Pre diseño de Vigas

Para el pre-dimensionamiento de las vigas se toma como referencia la sección 18.6 del ACI 318-19, donde se menciona que el ancho de las vigas “bw” debe ser tomado como el menor valor de 0.3h y 25cm; partiendo de esta premisa se asume una dimensión de vigas de 25cmx40cm como sección típica, la cual será comprobada.

En el Bloque 1, de acuerdo a la distribución de ejes estructurales mostrados en los planos arquitectónicos se tiene una longitud aproximada de 221.61m en un área de 283.82m<sup>2</sup>.

### Tabla 5

#### *Peso de vigas en Bloque 1*

PESO VIGAS HA (BLOQUE 1)		
bw	0.25	m
h	0.4	m
Lv	221.61	m
A piso	283.62	m <sup>2</sup>
peso vigas	0.188	tonf/m <sup>2</sup>

*Nota.* Se presentan los parámetros a utilizarse para el cálculo del peso de vigas y el resultado obtenida mediante la Ecuación 8 del Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

En el Bloque 2, se tiene una longitud aproximada de 214.26m en un área de 279.48m<sup>2</sup>.

### Tabla 6

#### *Peso de vigas en Bloque 2*

PESO VIGAS HA (BLOQUE 2)		
bw	0.25	m
h	0.4	m
Lv	214.26	m
A piso	279.48	m <sup>2</sup>
peso vigas	0.184	tonf/m <sup>2</sup>

*Nota.* Se presentan los parámetros a utilizarse para el cálculo del peso de vigas y el resultado obtenida mediante la Ecuación 8 del Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

En el Bloque 3, se tiene una longitud aproximada de 213.55m en un área de 287.12m<sup>2</sup>.

## Tabla 7

### *Peso de vigas en Bloque 3*

PESO VIGAS HA (BLOQUE 3)		
bw	0.25	m
h	0.4	m
Lv	213.55	m
A piso	287.12	m <sup>2</sup>
peso vigas	0.179	tonf/m <sup>2</sup>

*Nota.* Se presentan los parámetros a utilizarse para el cálculo del peso de vigas y el resultado obtenida mediante la Ecuación 8 del Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

En las tablas a continuación se muestran un resumen de la carga uniformemente distribuida por unidad de área “Wu”, tomando en cuenta que en la losa de la terraza y el tapagrada no se considera el peso de las paredes ni el terminado de piso por lo que la carga en estos elementos será menor a las demás. Además, de acuerdo a la arquitectura presentada el área de cada piso será distinta.

$$Wu = 1.2CM + 1.6CV \quad (9)$$

CM: Carga muerta

CV: Carga viva

## Tabla 8

### *Cargas Mayores Bloque 1*

CARGAS MAYORADAS (BLOQUE 1)						
Piso	Nivel (m)	Área (m <sup>2</sup> )	hi (m)	CM (tonf/m <sup>2</sup> )	CV (tonf/m <sup>2</sup> )	Wu (tonf/m <sup>2</sup> )
Planta baja	0.18	242.99	0	0	0	0
Primer piso	2.88	283.62	2.7	0.731	0.2	1.198
Terraza	5.58	277.77	2.7	0.524	0.1	0.789
Tapagrada	8.28	52.7	2.7	0.524	0.1	0.789

*Nota.* Se presenta cargas mayoradas que actuarán en las vigas a lo largo de la losa del Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 9***Cargas Mayores Bloque 2*

<b>CARGAS MAYORADAS (BLOQUE 2)</b>						
Piso	Nivel (m)	Área (m2)	hi (m)	CM (tonf/m <sup>2</sup> )	CV (tonf/m <sup>2</sup> )	Wu (tonf/m <sup>2</sup> )
Planta baja	0.18	242,99	0	0	0	0
Primer piso	2.88	279,48	2,7	0,728	0,2	1,193
Terraza	5.58	273,63	2,7	0,521	0,1	0,785
Tapagrada	8.28	52,7	2,7	0,521	0,1	0,785

*Nota.* Se presenta cargas mayoradas que actuarán en las vigas a lo largo de la losa del Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 10***Cargas Mayores Bloque 3*

<b>CARGAS MAYORADAS (BLOQUE 3)</b>						
Piso	Nivel (m)	Área (m2)	hi (m)	CM (tonf/m <sup>2</sup> )	CV (tonf/m <sup>2</sup> )	Wu (tonf/m <sup>2</sup> )
Planta baja	0.18	242,99	0	0	0	0
Primer piso	2.88	287,12	2,7	0,722	0,2	1,187
Terraza	5.58	282,44	2,7	0,515	0,1	0,778
Tapagrada	8.28	60,67	2,7	0,515	0,1	0,778

*Nota.* Se presenta cargas mayoradas que actuarán en las vigas a lo largo de la losa del Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

Para determinar la distribución de cargas sobre las vigas se utiliza el método de mosaico de cargas (ver Anexo A); en donde se transforma las cargas triangulares y trapezoidales en cargas uniformemente distribuidas sobre las vigas utilizando las Ecuaciones (10) y (11).

PARA CARGAS TRIANGULARES	PARA CARGAS TRAPEZOIDALES
$q = \frac{w*s}{3}(10)$	$q = \frac{w*s}{3} * \frac{(3-m^2)}{2} \quad (11)$

w: carga rectangular equivalente.

q: carga por m<sup>2</sup>.

S: Lado menor.

L: Lado mayor.

m: Relación entre el lado menor y el lado mayor S/L.

En la tabla 11 se muestra un resumen del Bloque 1 - Eje 3 considerando la contribución de los vanos paralelos en función de las expresiones previas. Ya que aún no se ha considerado la carga sísmica en las sollicitaciones externas; se mayorará la carga gravitacional un 30%.

**Tabla 11**

*Datos para determinación carga equivalente Bloque 1 - Eje 3*

L (m)	0.45	5.85	6	6	6	5.85
S (m)	0.45	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
m	1	0.82	0.80	0.80	0.80	0.82
q1 (tonf/m)	0.18	2.23	2.26	2.26	2.26	2.23
EJE 3	V-A	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
L (m)		5.85	6	6	6	5.85
S (m)		1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
m		0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
q2 (tonf/m)		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
q (tonf/m)	0.18	3.33	3.36	3.36	3.36	3.33
q mayorada (tonf/m)	0.23	4.32	4.37	4.37	4.37	4.32

*Nota.* Se presenta datos para determinación de carga equivalente Bloque 1 – Eje 3.

Elaborado por: La Autora.

Este proceso es reiterativo para cada uno de los ejes en los 3 distintos Bloques. Por lo que en las siguientes tablas se muestra un resumen de las cargas equivalentes de los Bloques analizados.

**Tabla 12***Cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 1*

EJES	1	2	3	A	B	C	D	E	F
V-A	0.49	0.49	0.23	-	-	-	-	-	-
A-B	2.68	3.66	4.32	-	-	-	-	-	-
B-C	2.69	3.70	4.37	-	-	-	-	-	-
C-D	2.69	3.70	4.37	-	-	-	-	-	-
D-E	2.69	3.70	4.37	-	-	-	-	-	-
E-F	2.68	3.66	4.32	-	-	-	-	-	-
V-1	-	-	-	0.31	0.65	0.65	0.65	0.65	0.44
1-2	-	-	-	2.35	3.27	3.27	3.27	3.27	1.63
2-3	-	-	-	1.42	3.74	3.74	3.74	3.74	2.49
3-V	-	-	-	0.99	1.97	1.97	1.97	1.97	0.99

*Nota.* Se presenta cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 13***Cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 1*

EJES	1	2	3	A	B	C	D	E	F
V-A	0.32	0.32	0.15	-	-	-	-	-	-
A-B	1.77	2.41	2.85	-	-	-	-	-	-
B-C	1.77	2.44	2.88	-	-	-	-	-	-
C-D	1.77	2.44	2.88	-	-	-	-	-	-
D-E	1.77	2.44	2.88	-	-	-	-	-	-
E-F	1.77	2.41	3.84	-	-	-	-	-	-
V-1	-	-	-	0.21	0.43	0.43	0.43	0.43	0.29
1-2	-	-	-	1.55	2.15	2.15	2.15	2.15	1.08
2-3	-	-	-	0.94	2.46	2.46	2.46	2.46	1.64
3-V	-	-	-	0.65	1.30	1.30	1.30	1.30	0.65

*Nota.* Se presenta cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 14***Cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 2*

EJES	1	2	3	G	H	I	J	K	L
G-H	2.67	3.65	4.31	-	-	-	-	-	-
H-I	2.68	3.68	4.35	-	-	-	-	-	-
I-J	2.68	3.68	4.35	-	-	-	-	-	-
J-K	2.68	3.68	4.35	-	-	-	-	-	-
K-L	2.67	3.65	4.31	-	-	-	-	-	-
V-1	-	-	-	0.21	0.65	0.65	0.65	0.65	0.44
1-2	-	-	-	1.63	3.26	3.26	3.26	3.26	1.63
2-3	-	-	-	1.24	3.72	3.72	3.72	3.72	2.48
3-V	-	-	-	0.98	1.97	1.97	1.97	1.97	0.98

*Nota.* Se presenta cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 15***Cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 2*

EJES	1	2	3	G	H	I	J	K	L
G-H	1.76	2.40	2.83	-	-	-	-	-	-
H-I	1.76	2.42	2.86	-	-	-	-	-	-
I-J	1.76	2.42	2.86	-	-	-	-	-	-
J-K	1.76	2.42	2.86	-	-	-	-	-	-
K-L	1.76	2.40	2.83	-	-	-	-	-	-
V-1	-	-	-	0.14	0.43	0.43	0.43	0.43	0.29
1-2	-	-	-	1.07	2.14	2.14	2.14	2.14	1.07
2-3	-	-	-	0.82	2.45	2.45	2.45	2.45	1.63
3-V	-	-	-	0.65	1.29	1.29	1.29	1.29	0.65

*Nota.* Se presenta cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 16***Cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 3*

EJES	1	2	3	M	N	Ñ	O	P	Q
M-N	2.66	3.63	4.29	-	-	-	-	-	-
N-Ñ	2.67	3.64	4.33	-	-	-	-	-	-
Ñ-O	2.67	3.66	4.33	-	-	-	-	-	-
O-P	2.67	3.66	4.33	-	-	-	-	-	-
P-Q	2.66	5.11	3.37	-	-	-	-	-	-
Q-V	1.45	2.01	0.85	-	-	-	-	-	-
V-1	-	-	-	0.21	0.64	0.64	0.64	0.80	-
1-2	-	-	-	1.62	3.24	3.24	3.24	3.24	0.87
2-3	-	-	-	1.23	3.70	3.70	3.70	2.47	2.62
3-V	-	-	-	0.98	1.95	1.95	1.95	1.05	3.69

*Nota.* Se presenta cargas equivalentes en vigas del primer piso, Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 17***Cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 3*

EJES	1	2	3	M	N	Ñ	O	P	Q
M-N	1.74	2.38	2.81	-	-	-	-	-	-
N-Ñ	1.75	2.39	2.84	-	-	-	-	-	-
Ñ-O	1.75	2.40	2.84	-	-	-	-	-	-
O-P	1.75	2.40	2.84	-	-	-	-	-	-
P-Q	1.74	3.35	2.21	-	-	-	-	-	-
Q-V	0.95	1.32	0.56	-	-	-	-	-	-
V-1	-	-	-	0.13	0.42	0.42	0.42	0.52	-
1-2	-	-	-	1.06	2.12	2.12	2.12	2.12	0.57
2-3	-	-	-	0.81	2.43	2.43	2.43	1.62	1.72
3-V	-	-	-	0.64	1.28	1.28	1.28	0.69	2.42

*Nota.* Se presenta cargas equivalentes en vigas de terraza, Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

Posterior al cálculo de las cargas equivalentes que actúan en la viga, utilizando el programa SAP2000 (Sistema, Aplicaciones, Productos en Tratamiento De Datos.) se realizó la simulación de las vigas incorporando las cargas distribuidas a lo largo del elemento estructural, el cual nos mostró los momentos que actúa sobre este. En el



Anexo B se muestran las figuras con los momentos “Mu” efectuados en las diversas vigas.

Una vez obtenidos los momentos en cada eje, se comprueba si la sección de viga asumida es la correcta. Para ello se debe propiciar una falla dúctil en la viga considerando la cuantía máxima; según la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) esta deberá ser menor o igual al 50% de la cuantía balanceada.

Utilizando la Ecuación (12) se calculó el coeficiente “ $\beta_1$ ” para una resistencia de hormigón de  $240 \frac{kgf}{cm^2}$ , ya que esta debe estar en un rango de 0.65 a 0.85;  $\beta_1 = 0.85$ .

$$0.65 \leq \beta_1 = 1.05 - \frac{f'_c}{1400} \leq 0.85 \quad (12)$$

El cálculo del peralte requerido para cada eje de análisis se lo realiza con los momentos máximos de cada viga los cuales se resumen en las siguientes tablas, utilizando las ecuaciones:

$$\rho b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} \left[ \frac{6120}{6120 + f_y} \right] \quad (13)$$

$$\rho_{max} = 0.5 \rho b \quad (14)$$

$$Rn = \rho_{max} * f_y * \left[ 1 - \frac{\rho_{max} * f_y}{1.7 * f'_c} \right] \quad (15)$$

$$dreq = \sqrt{\frac{Mu}{\phi * Rn * b}} \quad (16)$$

$\rho b$ : Cuantía balanceada

$\rho_{max}$ : Cuantía máxima

$f_y$ : fluencia del acero de refuerzo

$Rn$ : factor de resistencia que depende de la cuantía.

$\phi$ : factor de reducción de 0.9 utilizado para vigas y losas por tensión controlada.

$dreq$ : Peralte requerido.

**Tabla 18***Análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 1.*

PERALTE REQUERIDO (BLOQUE 1)											
Datos		Parámetros	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE A	EJE B	EJE C	EJE D	EJE E	EJE F
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	240	Mu (T-m)	9.81	13.44	15.87	3,06	6,95	6,95	6,95	6,95	4,53
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	ρb					0,0245				
φ	0,9	ρmax					0,0122				
b (cm)	25	Rn (kg/cm <sup>2</sup> )					44,94				
β1	0,85	d (cm)	31.15	36.46	39.62	17,40	26,22	26,22	26,22	26,22	21,17

*Nota.* Se presenta análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 1. Elaborado por: La  
 Autora.

**Tabla 19***Análisis de peralte requerido terraza, Bloque 1.*

PERALTE REQUERIDO (BLOQUE 1)											
Datos		Parámetros	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE A	EJE B	EJE C	EJE D	EJE E	EJE F
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	240	Mu (T-m)	6,47	8,86	12,70	2,02	4,57	4,57	4,57	4,57	2,99
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	ρb					0,0245				
φ	0,9	ρmax					0,0122				
b (cm)	25	Rn (kg/cm <sup>2</sup> )					44,94				
β1	0,85	d (cm)	25,30	29,60	35,44	14,13	21,26	21,26	21,26	21,26	17,20

*Nota.* Se presenta análisis de peralte requerido terraza, Bloque 1. Elaborado por: La  
 Autora.

**Tabla 20***Análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 2.*

PERALTE REQUERIDO (BLOQUE 2)											
Datos		Parámetros	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE G	EJE H	EJE I	EJE J	EJE K	EJE L
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	240	Mu (T-m)	15,82	13,39	9,78	2,41	11,44	11,44	11,44	11,44	9,05
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	ρb					0,0245				
φ	0,9	ρmax					0,0122				
b (cm)	25	Rn (kg/cm <sup>2</sup> )					44,94				
β1	0,85	d (cm)	36,11	33,22	28,39	14,09	30,71	30,71	30,71	30,71	27,31

*Nota.* Se presenta análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 2. Elaborado por: La  
 Autora.

**Tabla 21***Análisis de peralte requerido terraza, Bloque 2.*

PERALTE REQUERIDO (BLOQUE 2)											
Datos		Parámetros	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE G	EJE H	EJE I	EJE J	EJE K	EJE L
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	240	Mu (T-m)	6,44	8,80	10,39	1,59	4,55	4,55	4,55	4,55	2,97
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	ρb					0,0245				
φ	0,9	ρmax					0,0122				
b (cm)	25	Rn (kg/cm <sup>2</sup> )					44,94				
β1	0,85	d (cm)	25,24	29,50	32,06	12,54	21,21	21,21	21,21	21,21	17,14

*Nota.* Se presenta análisis de peralte requerido terraza, Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 22***Análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 3.*

PERALTE REQUERIDO (BLOQUE 3)											
Datos		Parámetros	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE M	EJE N	EJE Ñ	EJE O	EJE P	EJE Q
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	240	Mu (T-m)	9,75	15,65	15,79	2,38	11,41	11,41	11,41	9,76	7,59
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	ρb					0,0245				
φ	0,9	ρmax					0,0122				
b (cm)	25	Rn (kg/cm <sup>2</sup> )					44,94				
β1	0,85	d (cm)	31,05	39,34	39,52	15,34	33,59	33,59	33,59	31,07	27,40

*Nota.* Se presenta análisis de peralte requerido primer piso, Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 23***Análisis de peralte requerido terraza Bloque 3.*

PERALTE REQUERIDO (BLOQUE 3)											
Datos		Parámetros	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE M	EJE N	EJE Ñ	EJE O	EJE P	EJE Q
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	240	Mu (T-m)	6,39	10,26	10,35	1,57	4,51	4,51	4,51	3,42	4,98
fy (kg/cm <sup>2</sup> )	4200	ρb					0,0245				
φ	0,9	ρmax					0,0122				
b (cm)	25	Rn (kg/cm <sup>2</sup> )					44,94				
β1	0,85	d (cm)	25,14	31,86	32,00	12,46	21,12	21,12	21,12	18,39	22,19

*Nota.* Se presenta análisis de peralte requerido terraza Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

En las tablas anteriores se muestran los peraltes requeridos tomando en cuenta la base “b” mínima de 25 cm que nos dice la norma, pero esta puede ir aumentando de acuerdo al criterio del diseñador.

Después de obtener las dimensiones de vigas de cada bloque, se observó que la sección propuesta en un inicio de 25cmx40cm no fue favorable. Con el prediseño realizado se inicia el modelo de la estructura.

En las siguientes tablas se muestran las dimensiones de las vigas definidas tomando en cuenta los 4 cm de recubrimiento que se colocara.

**Tabla 24**

*Dimensiones de vigas en Bloque 1*

DIMENSIONES DE VIGAS BLOQUE 1					
Piso	Nivel (m)	Centrales longitudinales	Centrales transversales	Perimetral longitudinal	Perimetral transversal
Planta baja	0,18				
Primer piso	2,88	35x40	30x35	45x25	40x25
Terraza	5,58	35x25	30x35	45x25	25x25
Tapagrada	8,28	N/A	N/A	N/A	N/A

*Nota.* Se presenta dimensiones de vigas en Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 25**

*Dimensiones de vigas en Bloque 2*

DIMENSIONES DE VIGAS BLOQUE 2					
Piso	Nivel (m)	Centrales longitudinales	Centrales transversales	Perimetral longitudinal	Perimetral transversal
Planta baja	0,18				
Primer piso	2,88	30x40	30x35	45x25	35x45
Terraza	5,58	30x40	30x35	45x25	25x30
Tapagrada	8,28	N/A	N/A	N/A	N/A

*Nota.* Se presenta dimensiones de vigas en Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 26***Dimensiones de vigas en Bloque 3*

<b>DIMENSIONES DE VIGAS BLOQUE 3</b>					
Piso	Nivel (m)	Centrales longitudinales	Centrales transversales	Perimetral longitudinal	Perimetral transversal
Planta baja	0,18				
Primer piso	2,88	35x40	30x35	45x25	30x25
Terraza	5,58	30x40	30x35	35x25	30x25
Tapagrada	8,28	N/A	N/A	N/A	N/A

*Nota.* Se presenta dimensiones de vigas en Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

**Pre diseño de Columnas**

Para el prediseño de las columnas lo realizamos con las siguientes expresiones, utilizando como acero transversal estribos, y un factor de reducción al aplastamiento de  $\phi=0.65$ .

$$Pu = (1.2 * CM + 1.6 * CV) * Npisos * AT \quad (17)$$

$$\phi * Pn = \phi * 0.8[0.85 * f'c * (Ag - Ast) + fy * Ast] \quad (18)$$

$$Ag = \frac{Pu}{106} \quad (19)$$

$$h = \sqrt[4]{\frac{P * H^2 * R}{12 * 11000 * \sqrt{f'c} * \Delta M}} \quad (20)$$

$\Delta M$ : 2.5% de acero tomado

H= Altura de piso

**Tabla 27***Prediseño de columnas, Eje 1 - Bloque 1*

<b>COLUMNAS EJE 1</b>						
Columna	A1	B1	C1	D1	E1	F1
AT (m <sup>2</sup> )	8.037	13.0647	13.2338	13.2338	13.0519	7.4636
Pu (tonf)	37.5376944	61.0201215	61.80992169	61.80992169	60.96033769	34.8595665
Ag (cm <sup>2</sup> )	354.129193	575.6615236	583.1124688	583.1124688	575.0975254	328.863835
b (cm)	18.8183207	23.99294737	24.14772181	24.14772181	23.98119108	18.1346033
h (cm)	25.5809334	28.88469298	28.97770834	28.97770834	28.87761551	25.1119238

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 1 – Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 28***Prediseño de columnas, Eje 2 - Bloque 1*

COLUMNAS EJE 2						
Columna	A2	B2	C2	D2	E2	F2
AT (m <sup>2</sup> )	7,2608	17,1905	17,488	17,488	17,1899	12,2224
Pu (tonf)	33,9123668	80,2901252	81,67963174	81,67963174	80,28732283	57,0860665
Ag (cm <sup>2</sup> )	319.927988	757.4540113	770.5625636	770.5625636	757.4275739	538.547797
b (cm)	17.8865309	27.52188241	27.75900869	27.75900869	27.52140211	23.2066326
h (cm)	24.939573	30.9360615	31.06904695	31.06904695	30.93579156	28.4074348

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 2 – Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 29***Prediseño de columnas, Eje 3 - Bloque 1*

COLUMNAS EJE 3						
Columna	A3	B3	C3	D3	E3	F3
AT (m <sup>2</sup> )	14,0128	25,4944	25,8053	25,8053	20,4827	13,2323
Pu (tonf)	65,4483271	119,0744055	120,5264982	120,5264982	95,6667082	61,8029158
Ag (cm <sup>2</sup> )	617,437048	1123,343448	1137,042436	1137,042436	902,5161151	583,046375
b (cm)	24,8482806	33,51631615	33,72005985	33,72005985	30,04190598	24,1463532
h (cm)	29.3950448	34.13925929	34.24286734	34.24286734	32.3213652	28.9768872

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 3 – Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 30***Prediseño de columnas, Eje 1 - Bloque 2*

COLUMNAS EJE 1						
Columna	G1	H1	I1	J1	K1	L1
AT (m <sup>2</sup> )	6,1406	13,0519	13,2338	13,2338	13,0519	7,4569
Pu (tonf)	28,5787936	60,7444804	61,59105603	61,59105603	60,74448036	34,7049484
Ag (cm <sup>2</sup> )	269,61126	573,061136	581,0476984	581,0476984	573,0611355	327,405173
b (cm)	16,4198435	23,9386954	24,104931	24,104931	23,93869536	18,0943409
h (cm)	23.8951885	28.852018	28.95202208	28.95202208	28.85201797	25.0840316

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 1 – Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 31***Prediseño de columnas, Eje 2 - Bloque 2*

COLUMNAS EJE 2						
Columna	G2	H2	I2	J2	K2	L2
AT (m <sup>2</sup> )	5,863	17,1905	17,4886	17,4886	17,1905	12,2225
Pu (tonf)	27,2868232	80,0058221	81,39320094	81,39320094	80,00582212	56,8843932
Ag (cm <sup>2</sup> )	257,422861	754,771907	767,8603862	767,8603862	754,7719068	536,645219
b (cm)	16,0444028	27,4731124	27,71029387	27,71029387	27,47311243	23,1656042
h (cm)	23.6204264	30.9086393	31.04177314	31.04177314	30.90863932	28.3823121

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 2 – Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 32***Prediseño de columnas, Eje 3 - Bloque 2*

COLUMNAS EJE 3						
Columna	G3	H3	I3	J3	K3	L3
AT (m <sup>2</sup> )	13,2252	25,4944	25,8053	25,8053	25,4944	13,2306
Pu (tonf)	61,551031	118,652769	120,0997203	120,0997203	118,6527693	61,576163
Ag (cm <sup>2</sup> )	580,670104	1119,36575	1133,016229	1133,016229	1119,365749	580,907198
b (cm)	24,0970974	33,4569238	33,66030643	33,66030643	33,45692378	24,1020165
h (cm)	28.9473173	34.1089978	34.21251396	34.21251396	34.10899775	28.9502717

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 3 – Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 33***Prediseño de columnas, Eje 1 - Bloque 3*

COLUMNAS EJE 1						
Columna	M1	N1	Ñ1	O1	P1	Q1
AT (m <sup>2</sup> )	6,1406	13,0583	13,2338	13,2338	13,9281	11,8085
Pu (tonf)	28,4210401	60,4387955	61,25107647	61,25107647	64,46456182	54,6542442
Ag (cm <sup>2</sup> )	268,12302	570,177316	577,840344	577,840344	608,1562435	515,606077
b (cm)	16,3744624	23,878386	24,03830992	24,03830992	24,66082406	22,706961
h (cm)	23.862145	28.8156512	28.91198568	28.91198568	29.28395612	28.0999445

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 1 – Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 34***Prediseño de columnas, Eje 2 - Bloque 3*

COLUMNAS EJE 2						
Columna	M2	N2	Ñ2	O2	P3	Q2
AT (m <sup>2</sup> )	5,863	17,1905	17,4892	17,4892	20,128	18,8661
Pu (tonf)	27,1362013	79,564194	80,94669154	80,94669154	93,16006492	87,3195102
Ag (cm <sup>2</sup> )	256,001899	750,605603	763,6480334	763,6480334	878,868537	823,768964
b (cm)	16,0000594	27,3971824	27,63418234	27,63418234	29,64571701	28,7013756
h (cm)	23.5877628	30.8658972	30.9991128	30.9991128	32.10753275	31.5920139

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 2 – Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 35***Prediseño de columnas, Eje 3 - Bloque 3*

COLUMNAS EJE 3						
Columna	M3	N3	Ñ3	O3	P3	Q3
AT (m <sup>2</sup> )	13,2252	25,4944	25,8053	25,8053	16,9487	12,0808
Pu (tonf)	61,2112724	117,997812	119,4367758	119,4367758	78,44505129	55,9145525
Ag (cm <sup>2</sup> )	577,464834	1113,18691	1126,762036	1126,762036	740,0476537	527,495778
b (cm)	24,030498	33,3644557	33,56727627	33,56727627	27,2038169	22,9672762
h (cm)	28.9072874	34.06183	34.16520307	34.16520307	30.75678073	28.260556

*Nota.* Se presenta prediseño de columnas, Eje 3 – Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

Al modelar las secciones de las columnas hay que tener en cuenta que la sección mínima permitida por norma es de 900cm<sup>2</sup>.

### 3.4.2 Análisis de características de aisladores en catálogos

Según las características obtenidas por las fichas técnicas de cada aislador sísmico y mediante una investigación se realizó una tabla comparativa con donde se calificó varias características que debe cumplir con una valoración del 1 al 5, donde el 1 representa un nivel bajo y el 5 un nivel alto.



**Tabla 36**

*Análisis comparativos de aislador sísmico.*

Análisis comparativo de aisladores					
Características	Elastómero	LDRB	LRB	HDBR	FPS
Durabilidad	4	4	5	3	4
Costo	4	3	3	3	3
Funcionalidad	4	4	5	4	5
Mantenimiento	4	4	5	3	5
Instalación y material	4	4	5	4	5
Total	20	19	23	17	22

*Nota.* Se presenta análisis comparativos de aislador sísmico. Elaborado por: La Autora

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO

#### 4.1 MODELADO DE ESTRUCTURA SIN AISLADO SÍSMICO EN PROGRAMA ESTRUCTURAL

Para iniciar la modelación de la estructura se debe colocar las grillas como guía para la implantación de los elementos estructurales tomando en cuenta las medidas dadas en los planos, se ingresa las propiedades de los materiales a utilizar  $f'_c$  y  $f_y$  respectivamente. Se ingresa las secciones de vigas y columnas tomadas del prediseño anteriormente realizado con su respectiva inercia agrietada que influirá en la rigidez y verificación de las derivas. A continuación, se coloca los elementos estructurales formando un sistema aporticado.

#### Figura 8

*Ingreso de las propiedades de los materiales a utilizar  $f'_c$ ,  $f_y$*

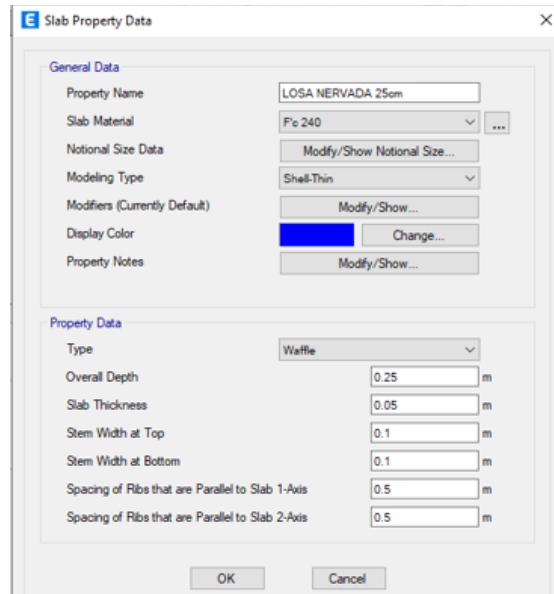
The figure displays two side-by-side screenshots of a software interface for defining material properties. The left screenshot shows the 'General Data' section for a concrete material named 'Fc 240'. The 'Material Type' is set to 'Concrete', and the 'Directional Symmetry Type' is 'Isotropic'. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with values of 0.0024 kgf/cm³ and 0.000002 kgf-s²/cm⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes Modulus of Elasticity (E) at 175058.847248576 kgf/cm², Poisson's Ratio (U) at 0.2, Coefficient of Thermal Expansion (A) at 0.0000099 1/C, and Shear Modulus (G) at 72941.19 kgf/cm². The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section includes buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' selected. The right screenshot shows the 'General Data' section for a rebar material named 'Fy 4200'. The 'Material Type' is 'Rebar', and the 'Directional Symmetry Type' is 'Uniaxial'. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with values of 7.849 tonf/m³ and 0.800038 tonf-s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes Modulus of Elasticity (E) at 21000000 tonf/m² and Coefficient of Thermal Expansion (A) at 0.0000117 1/C. The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section includes buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. Both screenshots have 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

*Nota.* Se presenta ingreso de las propiedades de los materiales a utilizar  $f'_c$ ,  $f_y$ .

Elaborado por: La Autora.

**Figura 9**

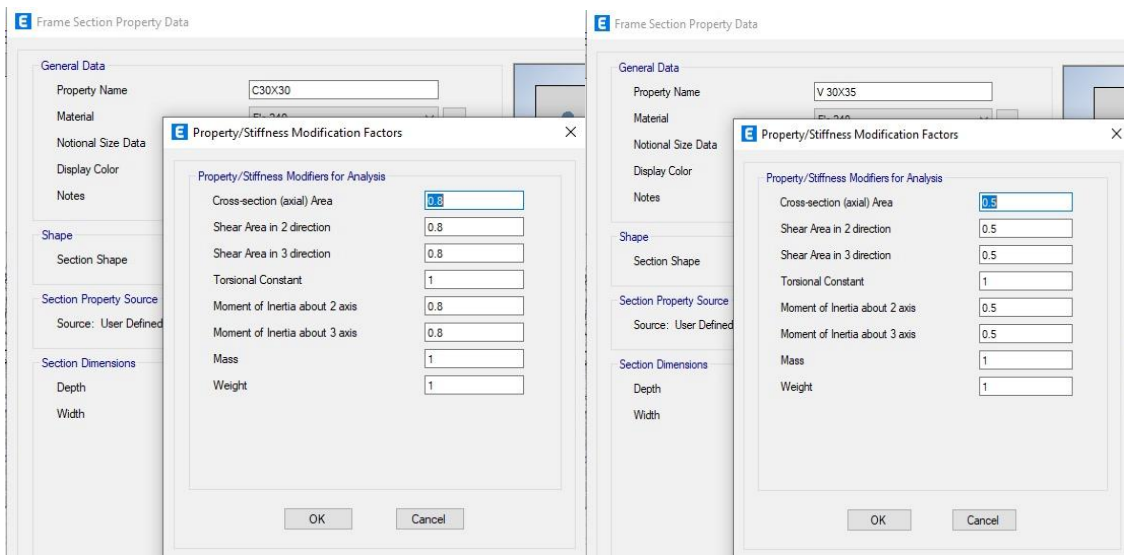
*Ingreso de sección de losa según prediseño.*



*Nota.* Se presenta ingreso de sección de losa según prediseño. Elaborado por: La Autora.

**Figura 10**

*Ingreso de sección de columnas y vigas con inercia agrietada.*



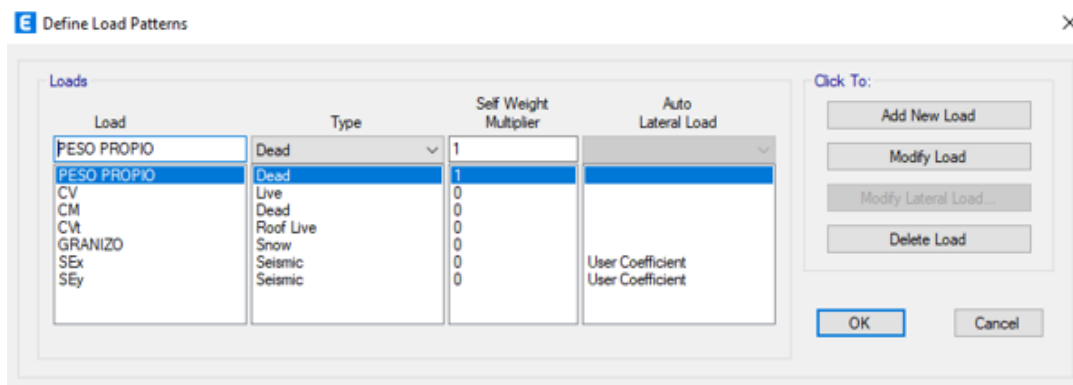
*Nota.* Se presenta ingreso de sección de columnas y vigas con inercia agrietada.

Elaborado por: La Autora.

Ya ingresado el modelo de la estructura, se crea los patrones de carga muerta “CM”, carga viva “CV”, carga viva del techo “CVt”, granizo, peso propio con un factor de 1 el cual toma en cuenta el peso de los elementos propios del programa, por lo que al ingresar la carga muerta calculada en el prediseño se le debe restar el peso de los elementos. Tambien se ingresa los patrones de sismo estatico en X y sismo estático en Y considerando una excentricidad accidental del 5% de la maxima longitud de planta perpendicular a la linea de accion de la carga y el coeficinete sismico y factor “K” de acuerdo al análisis estático que se encuentra sección 4.1.1.

**Figura 11**

*Patrones de carga ingresados.*



*Nota.* Se presenta patrones de carga ingresados. Elaborado por: La Autora.

**Figura 12**

*Ingreso del 5% de excentricidad accidental en X.*

The screenshot shows a dialog box titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It is divided into three main sections: "Direction and Eccentricity", "Factors", and "Story Range".

- Direction and Eccentricity:** Contains six checkboxes: "X Dir", "Y Dir", "X Dir + Eccentricity" (checked), "Y Dir + Eccentricity", "X Dir - Eccentricity", and "Y Dir - Eccentricity". Below these is a text input field for "Ecc. Ratio (All Diaph.)" with the value "0.05" and an "Overwrite..." button.
- Factors:** Contains two text input fields: "Base Shear Coefficient, C" with the value "0.165" and "Building Height Exp., K" with the value "1".
- Story Range:** Contains two dropdown menus: "Top Story" set to "TAPAGRADA" and "Bottom Story" set to "Base".

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

*Nota.* Se presenta ingreso del 5% de excentricidad accidental y el coeficiente sísmico en X. Elaborado por: La Autora.

**Figura 13**

*Ingreso del 5% de excentricidad accidental en Y.*

The screenshot shows a dialog box titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It is divided into three main sections: "Direction and Eccentricity", "Factors", and "Story Range".

- Direction and Eccentricity:** Contains six checkboxes: "X Dir", "Y Dir", "X Dir + Eccentricity", "Y Dir + Eccentricity" (checked), "X Dir - Eccentricity", and "Y Dir - Eccentricity". Below these is a text input field for "Ecc. Ratio (All Diaph.)" with the value "0.05" and an "Overwrite..." button.
- Factors:** Contains two text input fields: "Base Shear Coefficient, C" with the value "0.165" and "Building Height Exp., K" with the value "1".
- Story Range:** Contains two dropdown menus: "Top Story" set to "TAPAGRADA" and "Bottom Story" set to "Base".

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

*Nota.* Se presenta ingreso del 5% de excentricidad accidental y el coeficiente sísmico en Y. Elaborado por: La Autora.

Se inserta las cargas que actuan sobre la estructura de acuerdo a la Tabla 37 en la cual se encuentra la carga muerta restada los elementos mencionados anteriormente.

**Tabla 37**

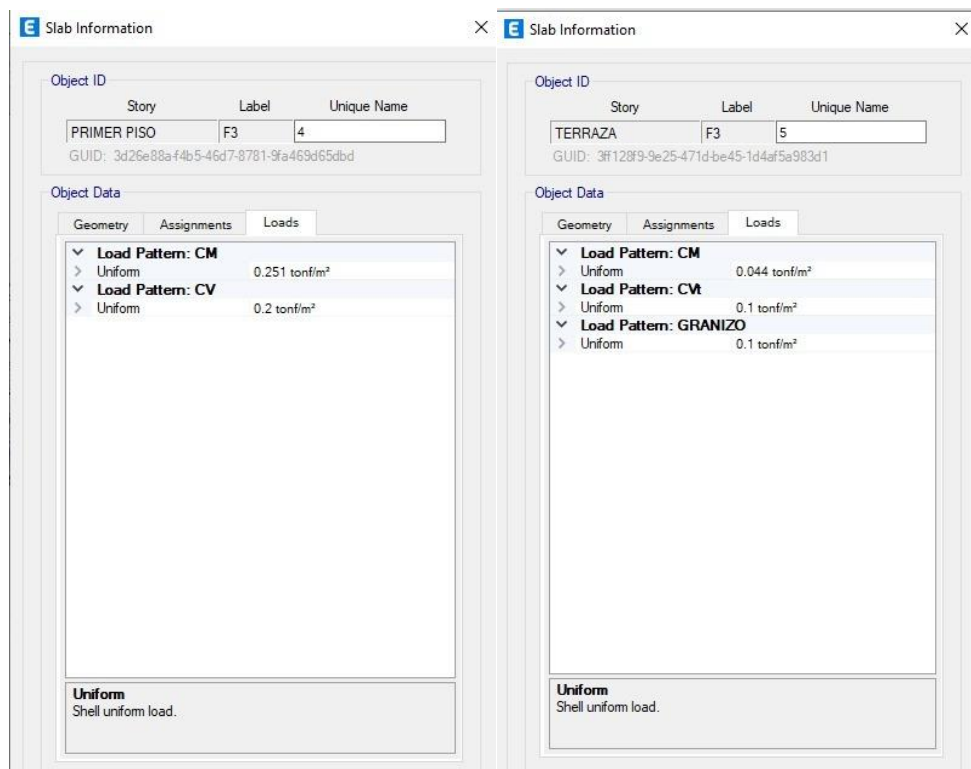
*Cargas a colocar en estructura*

CARGAS MAYORADAS (BLOQUE 1)							
Piso	Nivel (m)	área (m <sup>2</sup> )	hi (m)	CM (tonf/m <sup>2</sup> )	CV (tonf/m <sup>2</sup> )	CVt (tonf/m <sup>2</sup> )	GRANIZO
Planta baja	0.18	242.99	0	0	0	0	0
Primer piso	2.88	283.62	2.7	0.251	0.2	0	0
Terraza	5.58	277.77	2.7	0.044	0	0.1	0.1
Tapagrada	8.28	52.7	2.7	0.044	0	0.1	0.1

*Nota.* Se presenta las cargas a colocar en cada piso de la estructura. Elaborado por: La Autora.

**Figura 14**

*Asignación de cargas.*

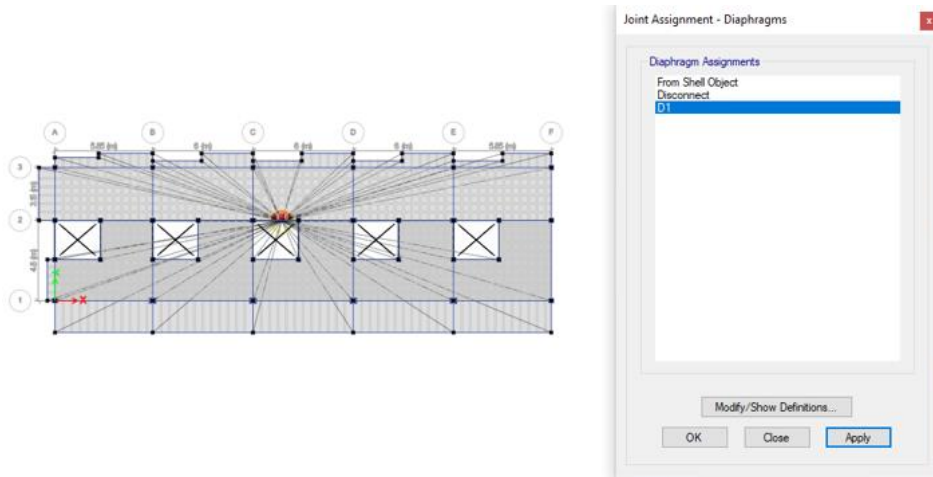


*Nota.* Se presenta asignación de cargas. Elaborado por: La Autora.

Se coloca los diafragmas de piso considerando que la losa es indeformable en planta actuando como un elemento rigido anclando todas las cabezas de columnas, ayudando a la estructura se vuelva como un todo.

**Figura 15**

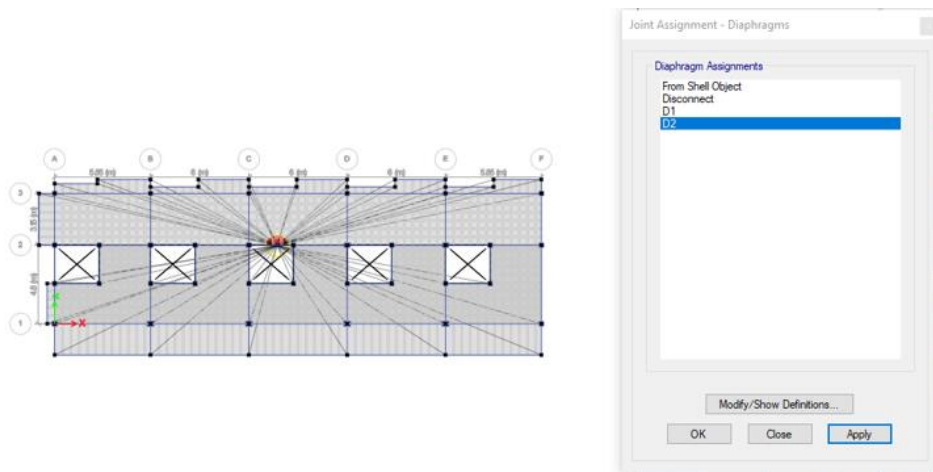
*Diafragma de piso planta baja*



*Nota.* Se presenta diafragma de piso en planta baja. Elaborado por: La Autora.

**Figura 16**

*Diafragma de terraza*

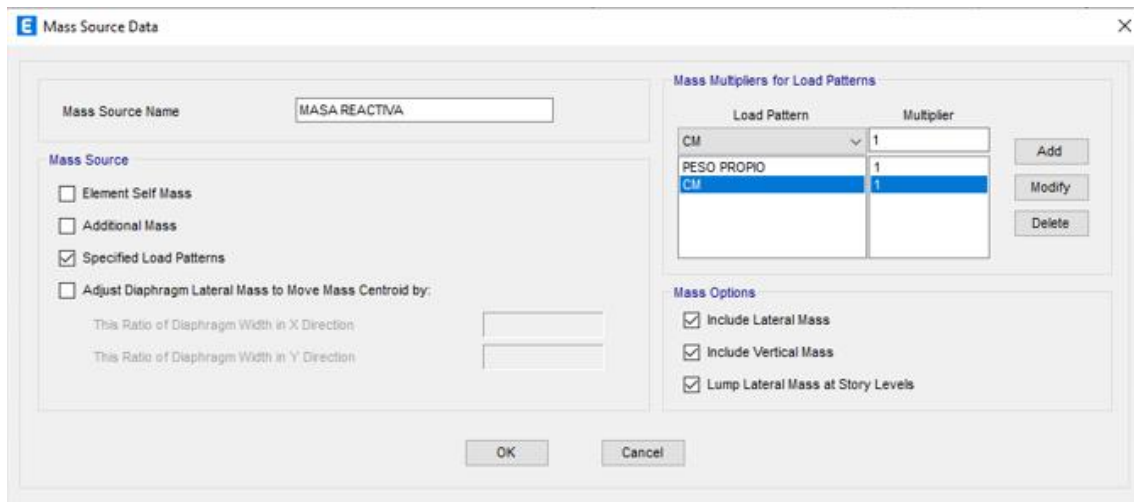


*Nota.* Se presenta diafragma de piso en terraza. Elaborado por: La Autora.

Se define la masa sísmica reactiva que es el peso muerto del edificación, considerando el peso propio de los elementos y la sobre carga muerta.

**Figura 17**

*Masa reactiva*



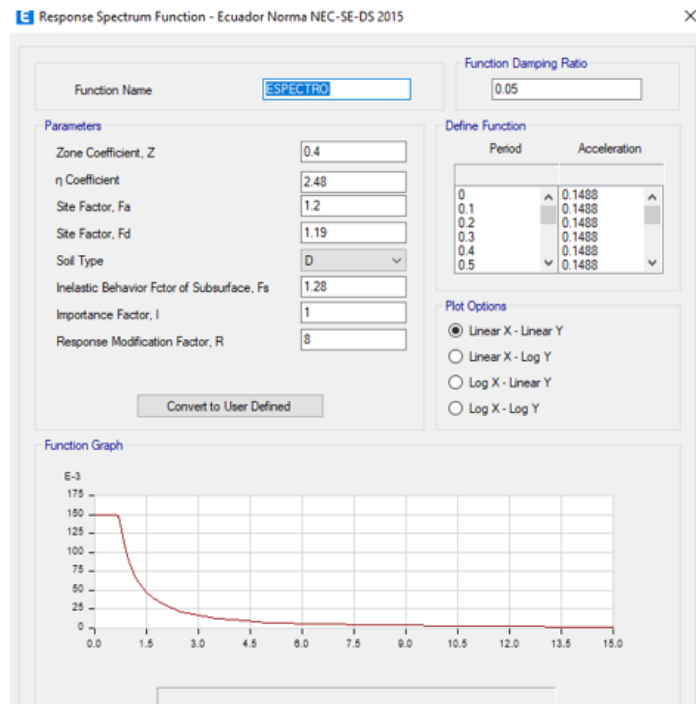
*Nota.* Se presenta el ingreso de la masa reactiva para saber el peso total de carga muerta tomando en cuenta el peso propio de los elementos calculados por el programa y la carga muerta ingresada. Elaborado por: La Autora.

Se incorpora el registro sísmico que actúa sobre la estructura con los coeficientes descritos en la sección 4.1.1.



**Figura 18**

*Implementación del espectro sísmico de acuerdo a la zona*



*Nota.* Se presenta Implementación del espectro sísmico de acuerdo a la zona. Elaborado por: La Autora.

Se debe agregar las cargas laterales que actuarán sobre la estructura asignando el espectro a la edificación definiendo los casos de carga dinámicos en X y Y, con una excentricidad de 5% para carga lateral.

**Figura 19**

*Sismó dinámico en X de espectro.*

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: SDx [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MASA REACTIVA)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO	9.8067

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

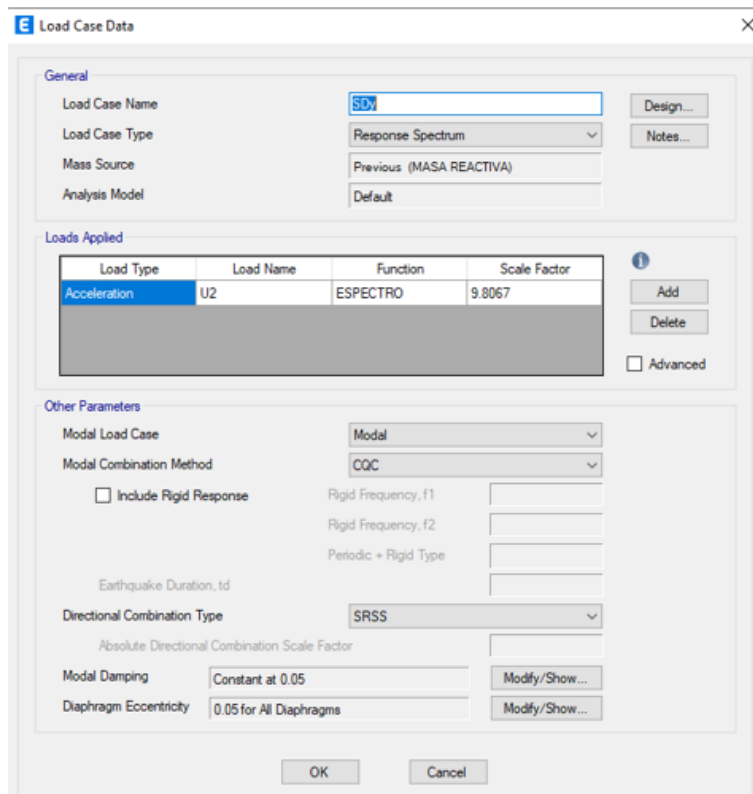
Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

*Nota.* Se presenta el ingreso del espectro de sismó dinámico en X. Elaborado por: La Autora.

**Figura 20**

*Sismó dinámico en Y de espectro.*



*Nota.* Se presenta el ingreso del espectro de sismó dinámico en Y. Elaborado por: La Autora.

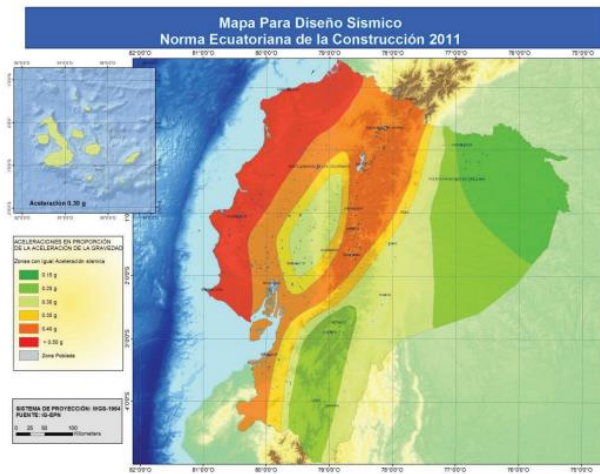
#### **4.1.1 Análisis estadísticos y dinámicos de las estructuras sin aisladores sísmicos**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS presenta un mapa de zonificación sísmica donde se puede determinar el factor de zona Z, el cual representa la aceleración máxima en roca para un sismo de diseño expresada como fracción de la gravedad.

La estructura a diseñar se encuentra en la zona V, correspondiente a un factor Z de 0.40g.

**Figura 21**

*Mapa de zonificación sísmica del Ecuador*



*Nota.* Se presenta Mapa de zonificación sísmica del Ecuador en donde se diferencia por colores según la intensidad en las que se genera un sismo. Fuente: NEC (2015).

A continuación, se muestran los factores de sitio los cuales también son necesarios para la creación del espectro de diseño, estos coeficientes dependen del tipo de suelo que se tenga en el lugar de construcción, en este caso, suelo tipo D.

**Tabla 38**

*Factores de sitio según tipo de suelo*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Fa</b>	<b>Fd</b>	<b>Fs</b>
<b>A</b>	0.90	0.90	0.75
<b>B</b>	1.00	1.00	0.75
<b>C</b>	1.20	1.11	1.11
<b>D</b>	1.20	1.19	1.28
<b>E</b>	1.00	1.60	1.90

*Nota.* Se presenta los factores de sitio según tipo de suelo que existe en el Ecuador.

Elaborado por: La Autora.

En el Anexo A se observan los planos arquitectónicos de cada bloque, donde se puede distinguir su regularidad tanto en planta como en elevación. Aplicando los criterios de la NEC 2015, se considera un coeficiente en planta  $\varphi_p=0.9$  y en elevación  $\varphi_e=1$ .

Con los factores de sitio seleccionados según el tipo de suelo se puede elaborar el espectro del diseño, utilizando las ecuaciones (21) y (22).

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (21)$$

$$S_a = \begin{cases} si, T \leq T_c \\ \eta z F_a \\ si, T > T_c \\ \eta z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \end{cases} \quad (22)$$

El método de análisis es un diseño basado en fuerzas (DBF) en el cual según el sistema estructural se determina un factor de reducción  $R=8$ . El periodo de la estructura se calcula con la ecuación (23) conformado por un coeficiente “ $C_t$ ” el cual depende del tipo del suelo de la edificación, en este caso 0.055 y  $\alpha=0.9$  por ser un pórtico especial de hormigón armado sin muros estructurales.

$$T_a = C_t h n^\alpha \quad (23)$$

$$C = \frac{I S_a}{R \varphi_p \varphi_e} \quad (24)$$

En la Tabla que se muestra a continuación se observa los parámetros a utilizar para el análisis de la estructura con su sismo de diseño, utilizando las ecuaciones anteriormente indicadas.

**Tabla 39***Coefficientes para el análisis estático*

Uso	RESIDENCIA	
Ubicación	CALDERON	
Tipo de suelo	D	
Factor de sitio (Fa)	1.2	
Factor de sitio (Fd)	1.19	
Factor de sitio (Fs)	1.28	
Factor de zona (Z)	0.4	
Amplificación espectral ( $\eta$ )	2.48	
Coefficiente de suelo (r)	1	
Factor de Importancia (I)	1	
#piso	3	
Pórticos hormigón (Ct)	0.055	
alfa	0.9	
Altura edificio (hn)	8.28	m
Periodo estructura (Tc)	0.369	segundos
Periodo Método 2 (Ta)	0.479	segundos
Coefficiente de resistencia (R)	8	
Irregularidad en planta ( $\phi p$ )	0.9	
Irregularidad en elevación ( $\phi e$ )	1	
Periodo límite superior (Tc)	0.698	segundos
Aceleración Espectral (Sa)	1.190	g
Coefficiente sísmico (C)	16.53	%
Factor k	1	

*Nota.* Se presenta coeficientes para el análisis estático de la estructura con base fija.

Elaborado por: La Autora.

Con la combinación de cargas dadas por la normativa se revisó el diseño a flexión y cortante de vigas y columnas mediante el programa. Para que las estructuras cumplan con la condición de diseño se realiza un proceso iterativo, cambiando las secciones y orientación de las columnas. Verificándose cada una de ellas como se muestran en las figuras del Anexo C en el cual también se presentan las secciones definitivas de cada uno de los bloques.

En la tabla 40 se muestran los periodos de los distintos bloques los cuales cumplen con las condiciones dadas ya que son menores al período calculado por el

método dos (Ta) y en la tabla 41 se observa que en el modo1 se cumple con más del 80% de la masa participativa.

**Tabla 40**

*Períodos de los distintos bloques*

Case	Modo	Período	Período	Período
		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
		seg	seg	seg
Modal	1	0.419	0.403	0.447
Modal	2	0.402	0.359	0.414
Modal	3	0.348	0.315	0.378
Modal	4	0.156	0.15	0.177
Modal	5	0.151	0.145	0.16
Modal	6	0.145	0.141	0.153
Modal	7	0.141	0.137	0.149
Modal	8	0.138	0.133	0.146
Modal	9	0.138	0.132	0.144
Modal	10	0.136	0.13	0.141
Modal	11	0.133	0.128	0.14
Modal	12	0.132	0.127	0.138

*Nota.* Se presenta los períodos de vibración de los distintos bloques verificando que cumplen con lo establecido. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 41**

*Participación de masa de los bloques*

Case	Modo	Participación de Masa Bloque 1		Participación de Masa Bloque 2		Participación de Masa Bloque 3	
		x	y	x	y	x	y
Modal	1	0.8114	0.0433	0.871	0.0025	0.864	0.0003
Modal	2	0.8695	0.7725	0.8751	0.8475	0.8664	0.8159
Modal	3	0.8725	0.8723	0.8803	0.8736	0.8784	0.8793
Modal	4	0.8734	0.8724	0.8804	0.8736	0.8852	0.8798
Modal	5	0.8814	0.8724	0.8824	0.8736	0.8854	0.8799
Modal	6	0.8866	0.8748	0.8879	0.8758	0.927	0.8803
Modal	7	0.8867	0.8768	0.8914	0.8774	0.9393	0.9318
Modal	8	0.8942	0.9418	0.8914	0.8829	0.9786	0.9419
Modal	9	0.8977	0.9427	0.9522	0.8879	0.9795	0.9468
Modal	10	0.9675	0.9489	0.9677	0.9102	0.9797	0.9617
Modal	11	0.9791	0.9541	0.9725	0.9103	0.9852	0.9617
Modal	12	0.9792	0.9769	0.9762	0.9103	0.9862	0.9618

*Nota.* Se presenta la participación de masa de cada bloque. Elaborado por: La Autora.

Con las derivas elásticas máximas obtenidas del programa (ver Anexo D) se procede a verificar que estas no sean mayores al límite permisible de las derivas de piso para estructuras de hormigón armado (2%). Se verifica la deriva máxima inelástica  $\Delta_{Mmax}$  mediante la ecuación (25), verificando que se cumpla según la normativa.

$$0.75 * R * \Delta_E < 0.02 \quad (25)$$

$\Delta_E$ : *Deriva Elastica*

$\Delta_M$ : *Deriva Ineslastica*

**Tabla 42**

*Verificación de Derivas de Piso*

DERIVAS		$\Delta E$	$\Delta M$	Verificación
BLOQUE 1	SDx	0.001732	0.010392	OK
	SDy	0.002333	0.013998	OK
BLOQUE 2	SDx	0.001488	0.008928	OK
	SDy	0.002063	0.012378	OK
BLOQUE 3	SDx	0.001864	0.011184	OK
	SDy	0.003073	0.018438	OK

*Nota.* Se presenta las máximas derivas de piso de cada bloque verificándose que cumple con lo establecido. Elaborado por: La Autora.

Se realiza el chequeo de la irregularidad en planta en el último nivel de la estructura por ser el más crítico, con la Ecuación (26).

$$\Delta > 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2} \quad (26)$$

$\Delta$ : *Máximo desplazamiento entre  $\Delta_1$  y  $\Delta_2$*

$\Delta_1$ : *Desplazamiento 1 en torsión*

$\Delta_2$ : *Desplazamiento 2 en torsión*



**Tabla 43***Verificación de Torsión*

TORSIÓN		$\Delta 1$ (cm)	$\Delta 2$ (cm)	Calculo	Verificación
BLOQUE 1	SDx	0.8267	0.8729	0.8498	OK
	SDy	0.6418	1.1584	0.9001	OK
BLOQUE 2	SDx	0.7469	0.6987	0.7228	OK
	SDy	0.8613	1.0689	0.9651	OK
BLOQUE 3	SDx	0.9296	0.8587	0.89415	OK
	SDy	1.5091	1.1901	1.3496	OK

*Nota.* Se presenta verificación de torsión. Elaborado por: La Autora.

**4.1.2 Análisis de precios de las estructuras sin aisladores sísmicos**

Basado en los precios de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON) se realizó el presupuesto referencial del proyecto de vivienda unifamiliar “Aldovea”, parroquia Calderón, cantón Quito, el cual se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 44***Presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B – Bloque 1*

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Valor por m <sup>2</sup>	Valor total
Planta Baja	242.99	300	72.897
Primer Piso	283.62	300	85.086
Tapagrada	52.7	300	15.810
<b>Valor total en obra gris</b>			173.793
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Valor por m <sup>2</sup>	Valor total
Planta Baja	242.99	160	38.878,4
Primer Piso	283.62	160	45.379,2
<b>Valor total en acabados tipo B</b>			84.257,6
<b>Valor Total del Bloque 1</b>			<b>258.050,6</b>

*Nota.* Se presenta presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B –Bloque 1.

Elaborado por: La Autora.

**Tabla 45***Presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B – Bloque 2*

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Valor por m <sup>2</sup>	Valor total
Planta Baja	242.99	300	72.897
Primer Piso	283.62	300	83.844
Tapagrada	52.7	300	15.810
<b>Valor total en obra gris</b>			172.551
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Valor por m <sup>2</sup>	Valor total
Planta Baja	242.99	160	38.878,4
Primer Piso	279.48	160	44.716,8
<b>Valor total en acabados tipo B</b>			83.595,2
<b>Valor Total del Bloque 2</b>			<b>256.146,2</b>

*Nota.* Se presenta presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B –Bloque 2.

Elaborado por: La Autora.

**Tabla 46***Presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B – Bloque 3*

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Valor por m <sup>2</sup>	Valor total
Planta Baja	242.99	300	72.897
Primer Piso	287.12	300	86.136
Tapagrada	60.67	300	18.201
<b>Valor total en obra gris</b>			177.234
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Valor por m <sup>2</sup>	Valor Total
Planta Baja	242.99	160	38.878,4
Primer Piso	287.12	160	45.939,2
<b>Valor total en acabados tipo B</b>			84.817,6
<b>Valor Total del Bloque 3</b>			<b>262.061,6</b>

*Nota.* Se presenta presupuesto estimado en obra gris con acabados tipo B –Bloque 3.

Elaborado por: La Autora.

En conclusión, el valor total de la construcción de las viviendas con acabados tipo B (nacionales de alta gama) del proyecto es de \$776.248,40. Siendo el 65% del valor de la construcción la obra gris y el 35% restante el valor de los acabados.

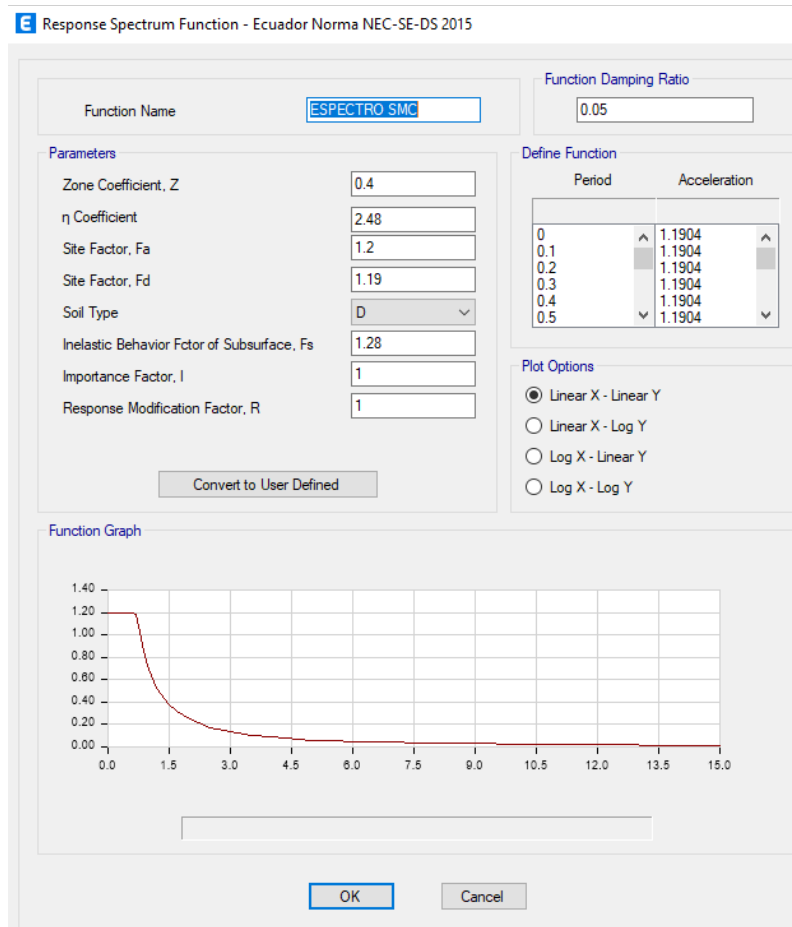
#### **4.2 MODELO DE ESTRUCTURA CON AISLADOR SÍSMICO EN PROGRAMA ESTRUCTURAL**

Para el análisis de las estructuras con aisladores tipo elastoméricos con núcleo de plomo (LRB) se tomará en cuenta la normativa chilena NCH-2745 y las recomendaciones dadas por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), debido a que en el país no se encuentra una normativa vigente que abarque este tema.

Primero se debe crear el espectro del Sismo Máximo Considerado (SMC), el cual considera el 100% de la demanda sísmica por lo que se utiliza un factor de reducción  $R=1$ . Los factores de sitio seguirán siendo los mismos que el sismo de diseño.

**Figura 22**

*Implementación del espectro del Sismo Máximo Considerado (SMC)*



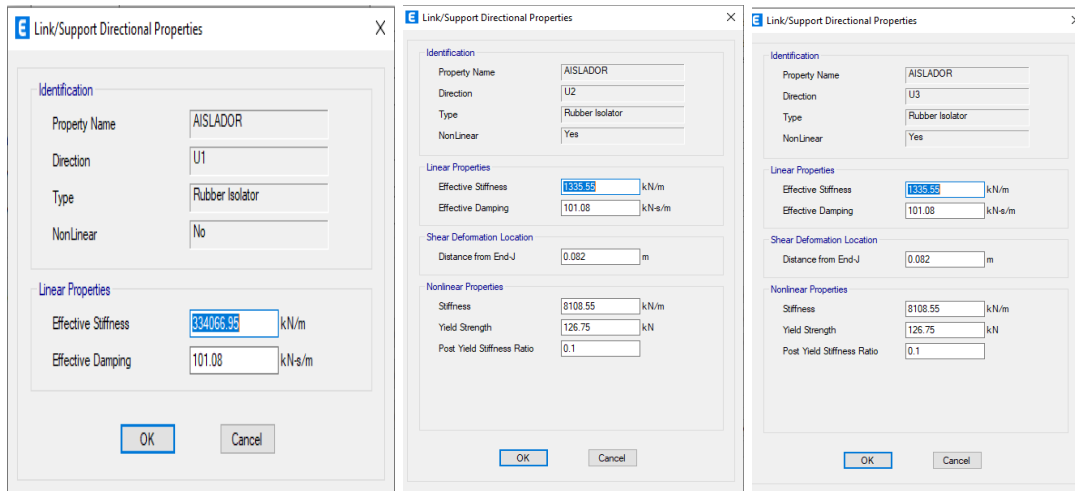
*Nota.* Se presenta Implementación del espectro del Sismo Máximo Considerado (SMC).

Elaborado por: La Autora.

Se crea el aislador con los parámetros dados en la sección 4.2.1, con sus respectivos casos de carga que actuarán sobre los aisladores tanto en el sentido x, como en y.

**Figura 23**

*Factores colocados en dirección U1, U2, U3.*

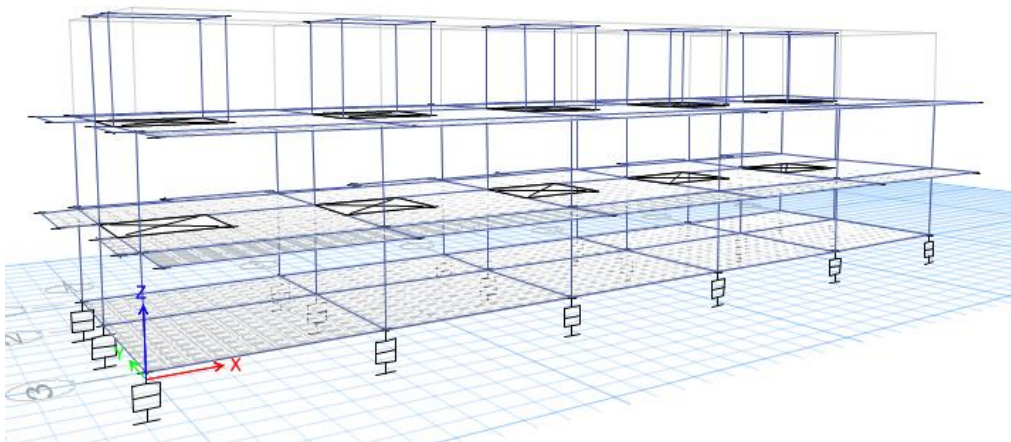


*Nota.* Se presenta los factores colocados según las características del aislador en dirección U1, U2, U3. Elaborado por: La Autora.

Se colocan los aisladores modelados a través de un elemento tipo LINK en la cimentación, incrementando la zona panel (losa de cimentación), la cual ayuda a rigidizar la estructura.

**Figura 24**

*Estructura Bloque 1 con aisladores sísmicos.*



*Nota.* Se presenta estructura Bloque 1 con aisladores sísmicos colocados. Elaborado por: La Autora.

## 4.2.1 Análisis estáticos y dinámicos de las estructuras con aisladores sísmicos

Para la elección del aislador se toma en cuenta el mayor peso axial “Pu” actuante en las columnas, debido a que estos van a soportar dicho peso en la base de cada una de ellas. Para la obtención de los parámetros específicos del aislador se trabajó con el catálogo del Grupo Freyssinet y Dynamic Insolation Systems (DIS). Con la Ecuación (27) se verifica como punto principal que el aislador escogido sea el correcto, comparando el área requerida con el área escogida del catálogo.

$$Ar = \frac{Pu}{\delta_{adm}} \quad (27)$$

Pu: Carga ultima que soporta el aislador.

Ar: área requerida

$\delta_{adm}$ : Resistencia a la compresión del caucho (desde  $120 \frac{kgf}{cm^2}$  para ciclos largos a  $240$

$\frac{kgf}{cm^2}$  para ciclos cortos).

**Tabla 47**

*Propiedades Técnicas del Aislador catalogo Grupo Freyssinet*

Ø mm	T <sub>r</sub> mm	LRB 0,4 - 10										LRB 0,8 - 10									
		H mm	Δ <sub>máx</sub> mm	V <sub>máx</sub> kN	V <sub>subano</sub> kN	K <sub>v</sub> kN/mm	K <sub>ip</sub> kN/mm	F <sub>y</sub> kN	K <sub>eff</sub> kN/mm	ξ <sub>eff</sub> %	H mm	Δ <sub>máx</sub> mm	V <sub>máx</sub> kN	V <sub>subano</sub> kN	K <sub>v</sub> kN/mm	K <sub>ip</sub> kN/mm	F <sub>y</sub> kN	K <sub>eff</sub> kN/mm	ξ <sub>eff</sub> %		
Ø300	45	129	110	1.430	820	0,59	5,89	34	0,87	26	129	95	2.380	1.550	1,12	11,17	60	1,70	27		
Ø300	70	169	170	920	290	0,38	3,79	34	0,56	26	169	150	1.640	680	0,72	7,18	60	1,08	27		
Ø350	55	145	135	2.200	1.230	0,65	6,53	49	0,98	27	165	115	3.290	2.390	1,25	12,48	80	1,88	27		
Ø350	75	177	185	1.610	600	0,48	4,79	49	0,72	27	197	160	2.920	1.350	0,92	9,15	80	1,37	27		
Ø400	60	147	150	2.870	1.670	0,79	7,85	60	1,15	26	167	130	3.620	3.200	1,50	14,99	102	2,21	26		
Ø400	90	192	225	1.950	630	0,52	5,24	60	0,77	26	212	195	3.540	1.490	1,00	9,99	102	1,48	26		
Ø450	72	165	180	3.940	2.180	0,83	8,26	80	1,23	27	185	155	4.580	4.190	1,57	15,71	136	2,37	27		
Ø450	108	219	260	2.620	770	0,55	5,51	80	0,83	27	239	230	4.580	1.740	1,05	10,47	136	1,59	27		
Ø500	84	197	210	4.380	2.360	0,87	8,67	110	1,34	28	217	180	4.890	4.680	1,67	16,66	165	2,50	27		
Ø500	126	257	290	2.920	870	0,58	5,78	110	0,92	29	277	270	4.890	1.780	1,11	11,11	165	1,67	27		
Ø550	88	198	220	5.460	3.050	1,01	10,10	119	1,50	27	228	190	6.940	5.900	1,93	19,29	196	2,87	27		
Ø550	144	275	320	3.360	1.000	0,62	6,17	119	0,95	28	312	310	6.100	1.840	1,18	11,79	196	1,75	27		
Ø600	96	209	240	6.540	4.010	1,10	11,04	136	1,62	26	260	205	8.250	7.690	2,09	20,94	242	3,17	27		
Ø600	144	275	350	4.810	1.390	0,74	7,36	136	1,09	26	332	310	8.250	3.120	1,40	13,96	242	2,11	27		
Ø650	108	252	270	7.870	4.290	1,15	11,50	165	1,70	26	272	230	8.650	8.340	2,19	21,89	280	3,29	27		
Ø650	162	330	380	5.250	1.530	0,77	7,67	165	1,16	27	350	350	8.650	3.180	1,46	14,59	280	2,19	27		
Ø700	120	264	300	8.590	4.600	1,20	11,98	196	1,79	27	315	260	11.340	8.980	2,29	22,89	320	3,41	27		
Ø700	170	334	410	6.060	1.780	0,85	8,46	196	1,28	27	390	365	11.030	4.040	1,62	16,16	320	2,41	27		
Ø750	130	298	325	10.370	5.530	1,26	12,63	242	1,94	28	350	280	13.000	10.870	2,42	24,17	378	3,64	27		
Ø750	170	354	425	7.930	2.540	0,97	9,66	242	1,48	28	410	365	13.000	5.950	1,85	18,48	378	2,79	27		
Ø800	132	296	330	11.220	6.540	1,41	14,08	293	2,21	28	358	285	16.190	12.950	2,71	27,12	425	4,07	27		
Ø800	176	356	440	8.960	3.150	1,06	10,56	293	1,66	28	426	380	16.190	7.220	2,03	20,34	425	3,05	27		

Nota. Se presenta propiedades técnicas del aislador. Fuente: Catálogo Grupo Freyssinet (2016).

**Tabla 48**

*Propiedades Técnicas del Aislador catálogo Dynamic Insolation Systems (DIS)*

Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento Máximo, D <sub>max</sub> (mm)	Capacidad Carga Axial P <sub>max</sub> (kN)
	Rigidez Producida, K <sub>d</sub> (kN/mm)	Resistencia Características Q <sub>d</sub> (kN)	Rigidez a la compresión, K <sub>v</sub> (kN/mm)		
305	0.2-0.9	0-65	>50	150	450
355	0.2-1.2	0-65	>100	150	700
405	0.3-1.6	0-110	>100	200	900
455	0.3-2.0	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-2.3	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-2.8	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-3.5	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-4.2	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-4.7	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-5.3	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-6.1	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-6.1	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-6.1	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-6.3	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-6.3	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1.1-6.5	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-6.7	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-7.0	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-7.2	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-7.4	0-1,025	>6,500	910	40,000

*Nota.* Se presenta Propiedades Técnicas del Aislador. Fuente: Catálogo Dynamic Insolation Systems (2007).

Para saber el desplazamiento por el sismo máximo considerado se debe determinar el periodo objetivo de la estructura con base aislada  $T_{eff}$  el cual debe ser de 2.5 a 3 veces el periodo de la estructura con base fija. La aceleración del Sismo Máximo Considerado “ $S_{DM1}$ ” se toma con un 20 % más, de la aceleración del sismo de diseño según la normativa chilena.

$$D_M = \left(\frac{g}{4\pi}\right) \frac{S_{DM1} T_{eff}}{B_M} \quad (28)$$

$$D_{MT} = 1.1 D_M \quad (29)$$

$D_M$ : Desplazamiento SMC

$D_{MT}$ : Desplazamiento máximo SMC

**Tabla 49***Parámetros de prediseño*

	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
DIÁMETRO AISLADOR (mm)	405	405	405
DIÁMETRO PLOMO (mm)	120	125	120
Pu (KN)	446.56	457.17	454.91
T (SEG)	0.419	0.403	0.447
T eff (PERÍODO SMC)	1.05	1.01	1.12
Sa (1seg)	0.997	0.997	0.997
DESPLAZAMIENTO SMC (mm)	192.17	184.83	205.01
DESPLAZAMIENTO MAXIMO SMC (mm)	211.38	203.31	225.51
ÁREA REQUERÍDA (m <sup>2</sup> )	0.03	0.03	0.03
ÁREA CATÁLOGO (m <sup>2</sup> )	0.12	0.12	0.12

*Nota.* Se presenta parámetros de prediseño de un aislador para saber si es el adecuado.

Elaborado por: La Autora.

Adicionalmente es necesario calcular otros parámetros para entender el comportamiento del aislador frente a la carga aplicada de la estructura basadas en la norma ASCE/SEI 7-16, los cuales nos ayudan con la verificación del aislador escogido.

$$\text{Rigidez Efectiva} \quad k_{eff_{DMT}} = k_p + \frac{Q_d}{D_{MT}} \quad (30)$$

$$\text{Rigidez lineal} \quad k_v = \frac{Ec * A}{Hr} \quad (31)$$

$$\text{Rigidez no lineal} \quad k_e = 10k_p \quad (32)$$

$$\text{Fuerza de fluencia} \quad F_y = Q_d + k_p * D_y \quad (33)$$

$$\text{Coeficiente de amortiguamiento} \quad C_2 = \frac{E_2 * T_{eff}}{2\pi^2 * D_{MT}^2} \quad (34)$$

**Tabla 50***Parámetros de aisladores escogidos*

PARÁMETROS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
Kv (kN/m)	334066.95	329455.15	334066.95
C (kN*seg/m)	101.08	108.14	101.72
$k_{eff_{DMT}}$ (kN/m)	1335.55	1396.15	1302.68
Ke (kN/m)	8108.55	8042.16	8108.55
Fy (kN)	126.75	137.54	126.75

*Nota.* Se presenta parámetros de aisladores escogidos. Elaborado por: La Autora.



Lo primero a verificarse es el período de la estructura, que sea menor a “ $T_{eff}$ ”, este en el rango calculado anteriormente y el amortiguamiento efectivo del sistema tiene que ir en un rango de 15% al 30% respecto al crítico.

**Tabla 51**

*Verificación periodo SMC y amortiguamiento.*

Periodo	Amortiguamiento	VERIFICAION
1.04	0.2416	OK
1.014	0.2522	OK
1.071	0.2379	OK

*Nota.* Se presenta verificación periodo SMC y amortiguamiento. Elaborado por: La Autora.

Con las derivas elásticas máximas obtenidas del programa (ver Anexo E) se procede a verificar que estas no sean mayores al límite permisible de las derivas de piso para el SMC (1.5%). Se verifica la deriva máxima inelástica  $\Delta_{Mmax}$  mediante la ecuación (35), verificando que se cumpla según la normativa.

$$0.75 * \Delta_E < 0.015 \quad (35)$$

$\Delta_E$ : *Deriva Elastica*

$\Delta_M$ : *Deriva Ineslastica*

**Tabla 52**

*Verificación de Derivas de Piso en aislador*

DERIVAS		$\Delta E$	$\Delta M$	Verificación
BLOQUE 1	SMC x	0.006528	0.004896	OK
	SMC y	0.007161	0.00537075	OK
BLOQUE 2	SMC x	0.006256	0.004692	OK
	SMC y	0.005139	0.00385425	OK
BLOQUE 3	SMC x	0.007505	0.00562875	OK
	SMC y	0.007377	0.00553275	OK

*Nota.* Se presenta verificación de derivas de piso en aislador. Elaborado por: La Autora.

Se realiza el chequeo de la torsión del aislador en planta, verificando los desplazamientos máximos dado en la base de la estructura con el 80% del desplazamiento máximo SMC previamente calculado dado que es una estructura irregular.

**Tabla 53**

*Verificación de Torsión en aislador*

	SMC X (cm)	SMC Y (cm)	80% DMT (cm)	VERIFICACIÓN
BLOQUE 1	9.21	9.63	17.97	OK
BLOQUE 2	8.93	9.29	17.28	OK
BLOQUE 3	9.24	9.79	19.17	OK

*Nota.* Se presenta verificación de Torsión en aislador. Elaborado por: La Autora.

El aislador adecuado para esta estructura según las características que se presenta en el pre diseño será uno de  $\varnothing=400\text{mm}$ .

#### **4.2.2 Análisis de precios de las estructuras con aisladores sísmicos**

Basado en los precios estimados por Dynamic Insolation Systems (DIS); quienes estipulan costos variables de aisladores entre 30 a 50 dólares el  $\text{m}^2$  se realiza un presupuesto referencial de la estructura incorporando los aisladores sísmicos, el cual se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 54**

*Presupuesto estimado de estructura con aislamiento sísmico*

Descripción	Valor estructura	Valor Aislador	Valor total
Bloque 1	258050.6	26330.5	284381.1
Bloque 2	256146.2	26123.5	282269.7
Bloque 3	262051.6	26505.5	288557.1
		<b>Total</b>	855207.9

*Nota.* Se presenta presupuesto estimado de estructura con aislamiento sísmico. Elaborado por: La Autora.

El valor estimado de la estructura con aisladores sísmicos será \$855.207,9; dando un valor aproximado por aislador de \$1.500. Cabe recalcar que los precios de los aisladores pueden variar dependiendo su tamaño, características y fabricación.

#### 4.3 ANÁLISIS COMPARATIVOS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS (CON Y SIN AISLADORES EN CIMIENTOS)

En las siguientes tablas se realiza una comparación del cortante basal de las estructuras con aislador y sin ellos, en la cual se evidencia de que existe una disminución en el cortante basal lo cual indica que existe un mejor desempeño en el modelo estructural con aisladores sísmicos.

**Tabla 55**

*Comparación de cortante basal Bloque 1*

BLOQUE 1 (Tonf)							
		SIN AISLADOR		CON AISLADOR		DISMINUCION	
		Vx	Vy	Vx	Vy	X	Y
TAPAGRADA	SDx	5.6052	0.6803	1.4858	0.0436	4.1194	0.6367
	SDy	0.7001	5.5581	0.0358	1.5731	0.6643	3.985
TERRAZA	SDx	33.5339	4.099	10.4104	0.0899	23.1235	4.0091
	SDy	4.3637	33.4676	0.099	11.0528	4.2647	22.4148
PRIMER PISO	SDx	53.2055	6.4981	21.8702	0.1163	31.3353	6.3818
	SDy	6.9589	53.2054	0.1164	23.4398	6.8425	29.7656

*Nota.* Se presenta comparación de cortante basal Bloque 1. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 56**

*Comparación de cortante basal Bloque 2*

BLOQUE 2 (Tonf)							
		SIN AISLADOR		CON AISLADOR		DISMINUCION	
		Vx	Vy	Vx	Vy	X	Y
TAPAGRADA	SDx	4.9532	0.3817	1.3065	0.0444	3.6467	0.3373
	SDy	0.3207	4.9454	0.0223	1.3202	0.2984	3.6252
TERRAZA	SDx	29.5087	1.8847	9.2442	0.0519	20.2645	1.8328
	SDy	1.8994	29.4453	0.0552	9.3676	1.8442	20.0777
PRIMER PISO	SDx	46.8714	2.9595	19.2986	0.0597	27.5728	2.8998
	SDy	3.0349	46.8716	0.06	19.8153	2.9749	27.0563

*Nota.* Se presenta comparación de cortante basal Bloque 2. Elaborado por: La Autora.

**Tabla 57***Comparación de cortante basal Bloque 3*

BLOQUE 3 (Tonf)							
		SIN AISLADOR		CON AISLADOR		DISMINUCION	
		Vx	Vy	Vx	Vy	X	Y
TAPAGRADA	SDx	4.9573	0.2565	1.2972	0.0181	3.6601	0.2384
	SDy	0.175	5.0579	0.0082	1.309	0.1668	3.7489
TERRAZA	SDx	30.4225	1.0891	9.2281	0.0272	21.1944	1.0619
	SDy	1.0796	30.1296	0.0222	9.3371	1.0574	20.7925
PRIMER PISO	SDx	48.1249	1.7086	19.0416	0.0421	29.0833	1.6665
	SDy	1.7451	48.1251	0.0399	19.4825	1.7052	28.6426

*Nota.* Se presenta comparación de cortante basal Bloque 3. Elaborado por: La Autora.

A su vez se realiza una comparación de las derivas de la estructura con base fija y la superestructura que se encuentra sobre los aisladores sísmicos con un factor de reducción  $R=2$  en la superestructura (ver Anexo F), observando un incremento de estas en la superestructura debido a que los aisladores absorben la energía permitiendo que se refleje el comportamiento elástico de la estructura.

**Tabla 58***Comparación de derivas (Estructura base fija y Superestructura base aislada)*

DERIVAS		$\Delta E$ (SIN AISLADOR)	$\Delta E$ (CON AISLADOR)
BLOQUE 1	SDx	0.001732	0.003542
	SDy	0.002333	0.004161
BLOQUE 2	SDx	0.001488	0.003107
	SDy	0.002063	0.003987
BLOQUE 3	SDx	0.001864	0.003796
	SDy	0.003073	0.006002

*Nota.* Se presenta comparación de derivas (Estructura base fija y Superestructura base aislada). Elaborado por: La Autora.

Por concluir se realiza una matriz comparativa de los dos tipos de estructuras según las características y comportamiento que presenta durante un sismo. Siendo 1 muy bajo y 5 alto.

**Tabla 59**

*Cuadro comparativo según características y comportamiento de estructura de base fija y aislada*

ESTRUCTURA	BASE FIJA	BASE AISLADA
DURABILIDAD	3	5
MANTENIMIENTO	4	2
COSTO	2	4
RESISTENCIA	3	5

*Nota.* Se presenta cuadro comparativo según características y comportamiento de estructura de base fija y aislada. Elaborado por: La Autora.

## CONCLUSIONES

En el modelo de estructura con base aislada se observa que la deriva máxima se encuentra en el primer piso, esto se debe a que el aislador permite que las fuerzas horizontales que actúan sobre la estructura sean uniformes ya que el aislador absorbe la mayor parte de la energía, mientras más alta sea la estructura esta se va disipando.

Al realizar un análisis comparativo de los aisladores, se escogió el más óptimo para este tipo de estructuras es el LRB ya que existen otros aisladores los cuales necesitan de otros dispositivos para cumplir su función o que pueden necesitar mantenimiento, y aunque no sea el más barato es el que más confiabilidad presenta ya que existen algunas edificaciones en el mundo que utilizan estos tipos de aisladores.

La implementación de aisladores sísmicos en la base de viviendas unifamiliares es una propuesta factible; que, aunque sea la más cara, a lo largo de los años será la más segura debido a que los daños que causan los sismos a la estructura serán mínimos, permitiendo que siga siendo inmediatamente ocupacional.

Al realizar una comparación entre los dos tipos de estructuras se comprobó que existe una clara disminución de los desplazamientos por la incorporación de los aisladores y en base a los antecedentes de sismos de estos últimos años en donde ha habido de pequeñas a grandes afectaciones en las estructuras, es justificado el uso de estos dispositivos los cuales ayudan a mitigar los daños.

Al incorporar aisladores sísmicos se busca disminuir los daños de la estructura, más no el poder disminuir las dimensiones de los elementos ya que debería existir un equilibrio con la base para que la estructura tenga un rango elástico.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere la implementación de aisladores sísmicos en la base de viviendas unifamiliar a nivel nacional debido a que, el Ecuador es un país altamente sísmico y no solo las grandes estructuras están propensas a sufrir daños como se ha evidenciado en los últimos años.

Se recomienda la creación de una normativa en el Ecuador para la implementación de aisladores sísmicos en viviendas y grandes estructuras teniendo en cuenta las características que presentan los suelos de nuestra región.

Se sugiere un mayor control estatal y municipal en relación a la construcción de las distintas infraestructuras para que cumplan con los requisitos establecidos y así poder manejar un mejor sistema en el área de la ingeniería en beneficio de la ciudadanía.

## REFERENCIAS

- ACI (American Concrete Institute) Committee 318. (2019). Building Code Requirements or Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19). Farmington Hills, MI.
- Aguiar Falconí, R., Almazán, J. L., Dechent, P., & Suárez, V. (2008). *AISLADORES DE BASE ELASTOMÉRICOS Y FPS*. Editorial: CEINCI ESPE.
- American Society of Civil Engineers. (2017). "ASCE 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other Structures". Virginia.  
[https://www.academia.edu/44745173/7\\_16\\_Minimum\\_Design\\_Loads\\_and\\_Associated\\_Criteria\\_for\\_Buildings\\_and\\_Other\\_Structures](https://www.academia.edu/44745173/7_16_Minimum_Design_Loads_and_Associated_Criteria_for_Buildings_and_Other_Structures)
- Dynamic Isolation Systems (2007). Aislamiento Sísmico Para edificaciones y Puentes. *Catálogo DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS, 1-24*.  
<https://www.cdvperu.com/wp-content/uploads/2018/11/dis-catalogo-espanol-aislador-sismico.pdf>
- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *INTRODUCCIÓN AL USO DE AISLADORES Y DISIPADORES EN ESTRUCTURAS*. Editorial: CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.
- Gutiérrez Rodríguez, O. M. (2016). *Estudio comparativo para determinar la eficiencia y aplicabilidad de aisladores sísmicos de base y diagonales con amortiguadores, como sistemas de protección sísmica de edificios de acero en la ciudad de Quito* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9515/ESTUDIO%20COMPARATIVO%20PARA%20DETERMINAR%20LA%20EFICIENCIA%20Y%2>



0APLICABILIDAD%20DE%20AISLADORES%20S%20CDSMICOS%20DE%20BASE%20.pdf?sequence=1

Ingecap. (28 de abril de 2019). *Conferencia:Ventajas del aislamiento sísmico en edificaciones*. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=\\_g--XrRWZAg](https://www.youtube.com/watch?v=_g--XrRWZAg)

INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, Primera Edición (2015). *Capítulo 2 "Peligro Sísmico. Diseño Sísmoresistente"*. Ecuador.

INN - Instituto Nacional de Normalización (2013). *"Análisis y Diseño de Edificios con Aislación Sísmica"*. Segunda Edición. Chile.

Oviedo, J. A., & Duque, M. D. (2006). Sistemas de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones. *Revista EIA*, 106-120.

<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n6/n6a10.pdf>

Peña Mora, A. (Agosto de 2007). *"Análisis sísmico plano de estructuras con aisladores elastoméricos"* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador].

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/1569/T-ESPE-014934.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Portal de Ingeniería. (5 de diciembre de 2016). *Sistemas de aislamiento y disipación de energía en edificios*. Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=z3mnQpBpLIQ>

Quishpe Chimarro, D. G., & Quishpe Chimarro, M. P. (Noviembre de 2011). *Espectros para el Distrito Metropolitano de Quito asociadas a las fallas de: Quito y Nanegalito* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador].

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4922/1/T-ESPE-032965.pdf>

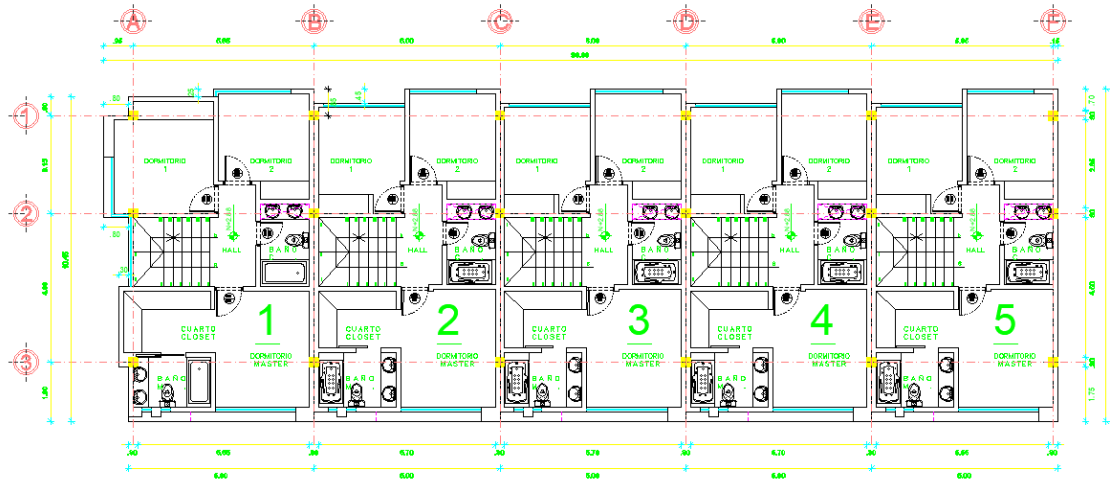
Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Trocoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los TERREMOTOS en el ECUADOR*. Quito: Corporación Editorial Nacional

- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración y Negocios*, 1-26.
- Sierra, W. D. (Febrero de 2009). *Torsión accidental en estructuras con aisladores de base* [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador].  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2043>
- Sierra Castellanos, D. Y., & Páez Duque, D. V. (19 de octubre de 2020). *Aisladores Sísmicos de Base: Un Compendio de Alternativas*. [Tesis de Pregrado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá].
- Soletanche Freyssinet Group (2016). Dispositivos antisísmicos Gama ISOSISM. *Catálogo FREYSSINET SUSTAINABLE TECHNOLOGY*, 1-24.  
[http://www.freyssinet.com.pa/freyssinet/wfreyssinet\\_mx.nsf/0/6177B894E02997D08625851C0060A91A/\\$file/10%20DISPOSITIVOS%20ANTIS%20MICOS%20ISOSISM.PDF](http://www.freyssinet.com.pa/freyssinet/wfreyssinet_mx.nsf/0/6177B894E02997D08625851C0060A91A/$file/10%20DISPOSITIVOS%20ANTIS%20MICOS%20ISOSISM.PDF)
- Villagómez Moreno , D. (Octubre de 2015). *Lineamiento para el análisis y diseño de edificaciones sísmicamente aisladas en el Perú* [Tesis para optar el Grado de Magister, Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<https://core.ac.uk/download/pdf/196532403.pdf>
- Zarate Silva, A. O. (Agosto de 2016). *Sistemas Anticísmicos de Control Pasivo. Ensenada* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de Baja California].  
<https://es.slideshare.net/alan0116/sistemas-de-control-pasivo>
- Zorrilla, A. (1993). *"Introducción a la metodología de la investigación"*. Editorial Cal y Arena: 11° Edición.

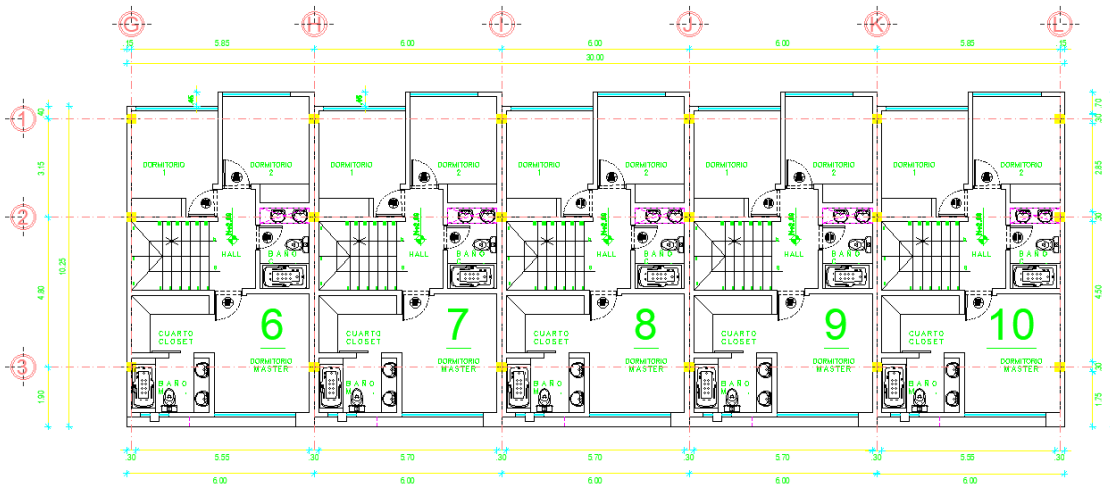
# ANEXOS

## ANEXO A

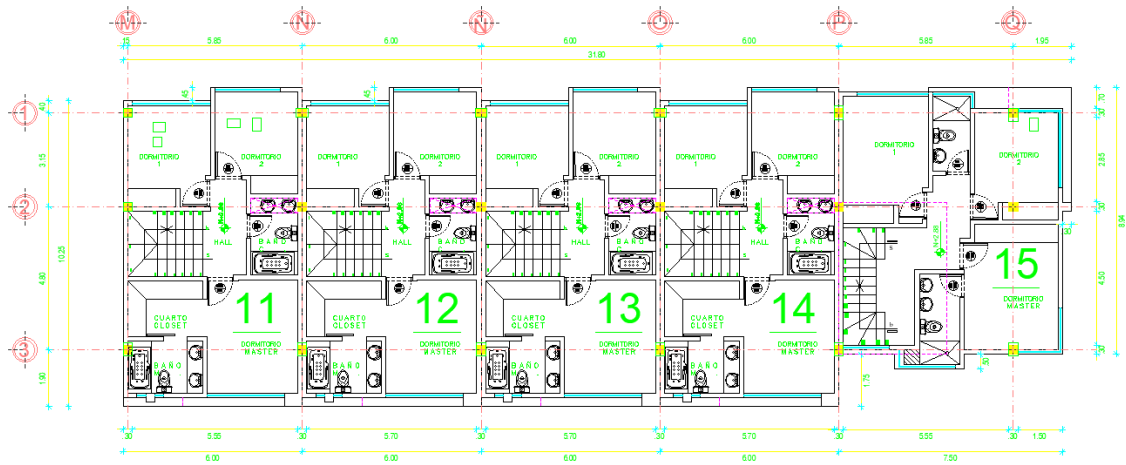
Plano arquitectónico de Bloque 1



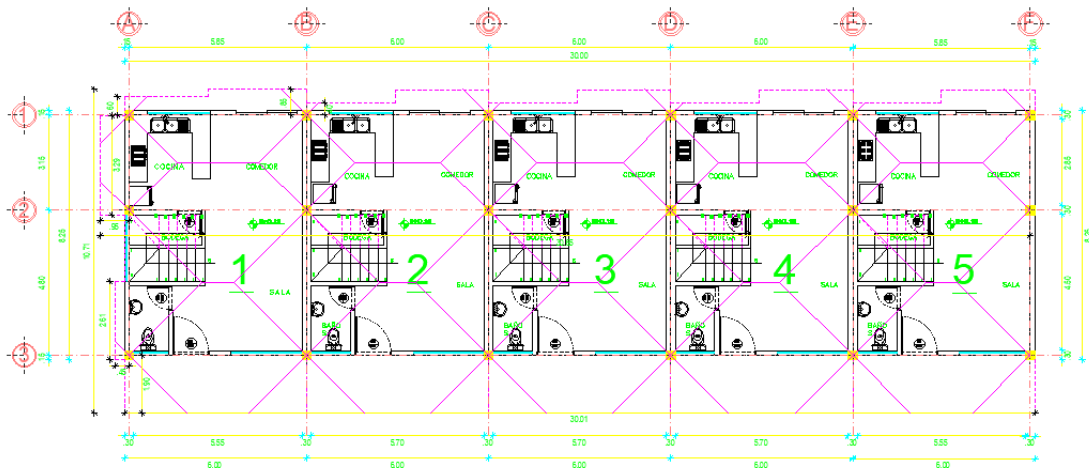
Plano arquitectónico de Bloque 2



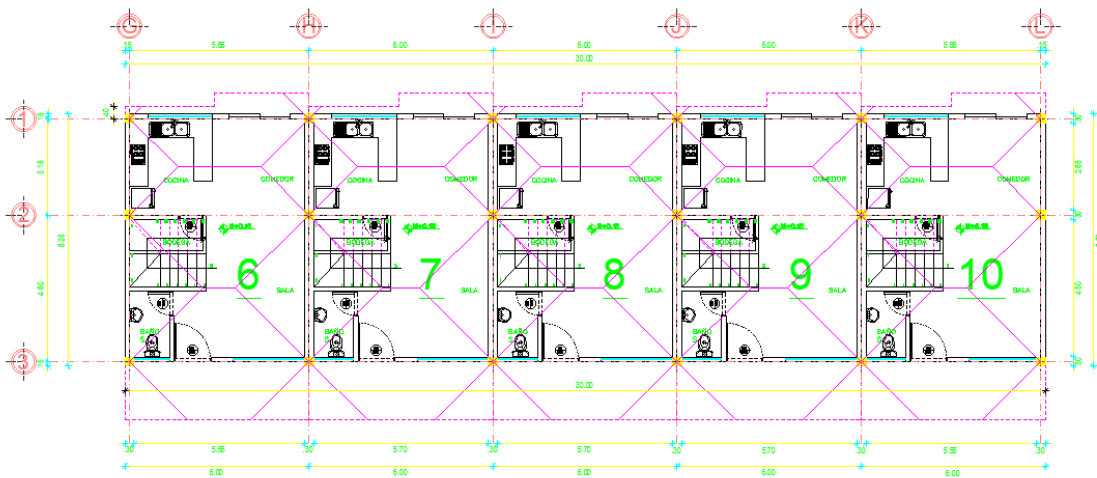
### Plano arquitectónico de Bloque 3



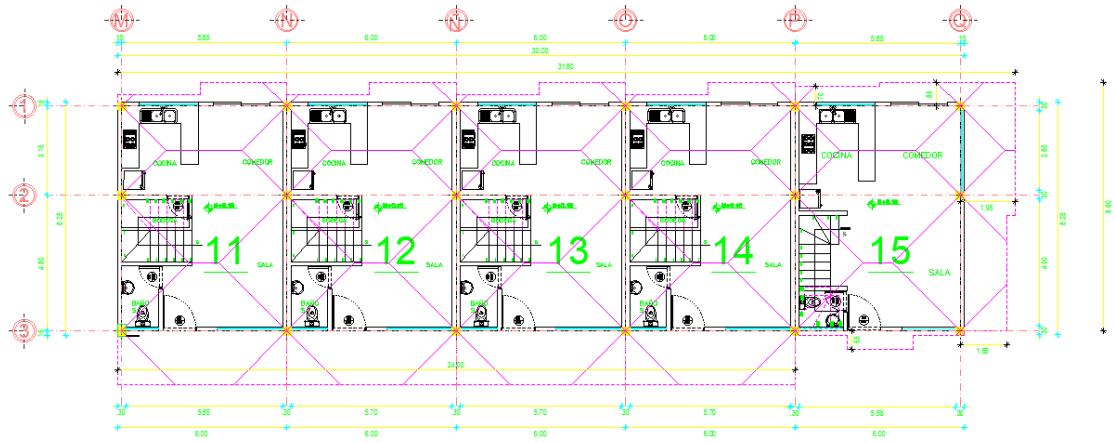
### Mosaico de cargas de Bloque 1



### Mosaico de cargas de Bloque 2



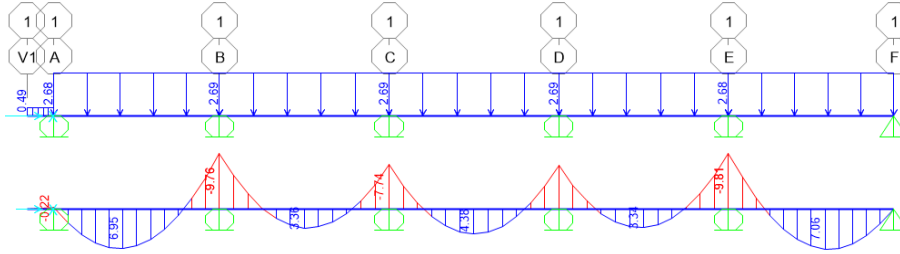
# Mosaico de cargas de Bloque 3



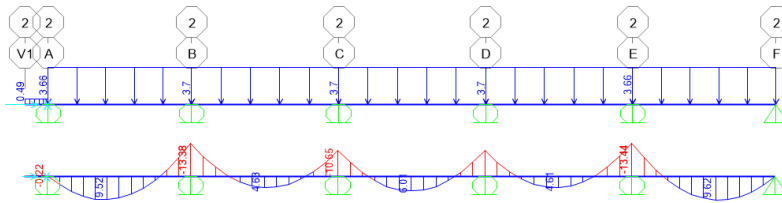
## ANEXO B

### MOMENTOS EN VIGAS DEL BLOQUE 1

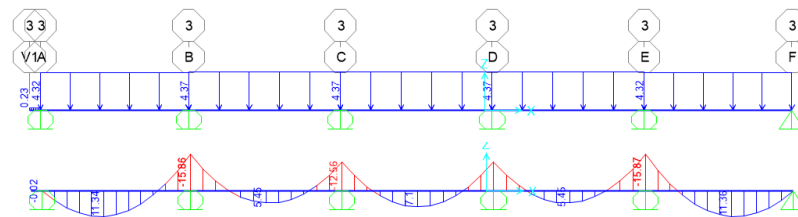
#### Momentos en viga Planta Baja - Eje 1



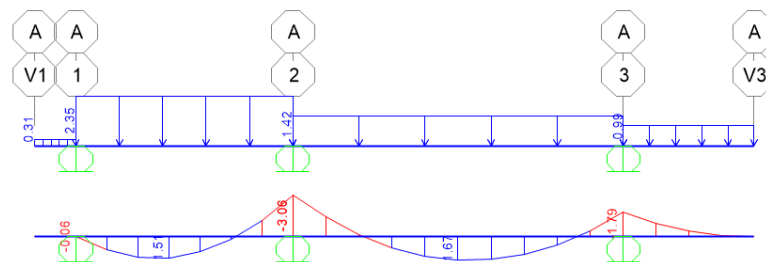
#### Momentos en viga Planta Baja - Eje 2



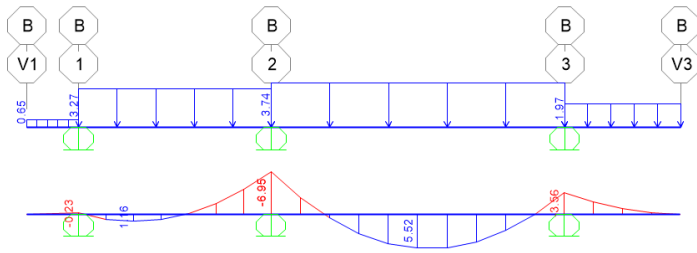
#### Momentos en viga Planta Baja - Eje 3



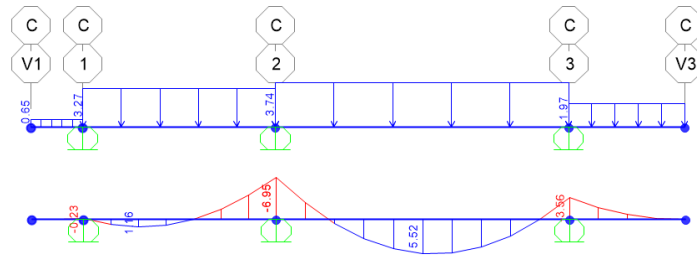
#### Momentos en viga Planta Baja - Eje A



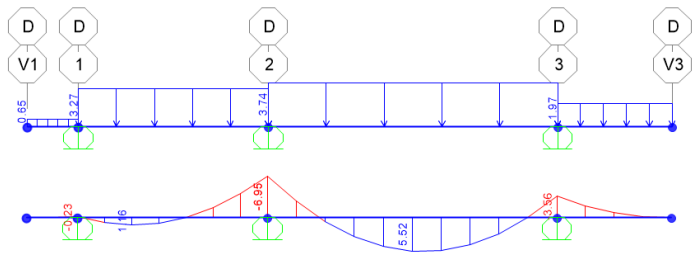
### Momentos en viga Planta Baja - Eje B



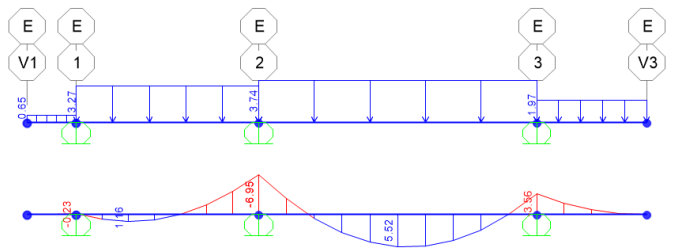
### Momentos en viga Planta Baja - Eje C



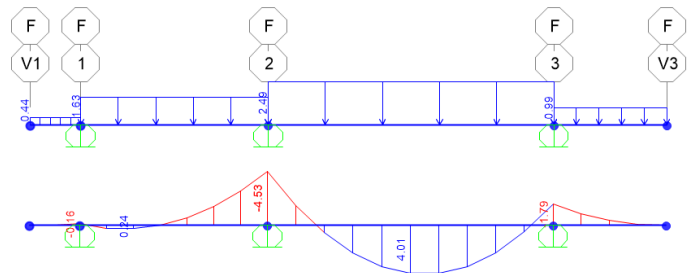
### Momentos en viga Planta Baja - Eje D



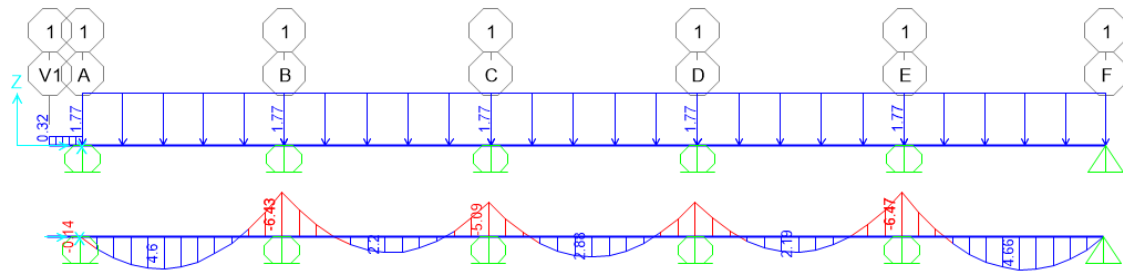
### Momentos en viga Planta Baja - Eje E



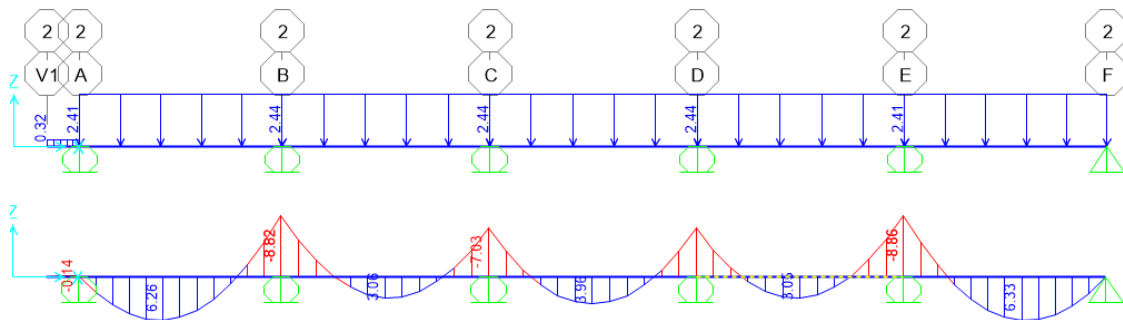
### Momentos en viga Planta Baja - Eje F



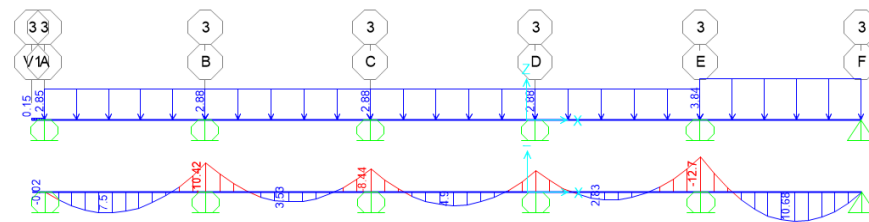
### Momentos en viga Terraza- Eje 1



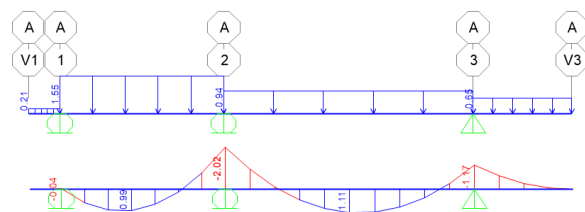
### Momentos en viga Terraza- Eje 2



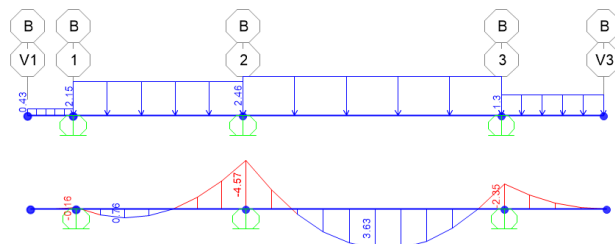
### Momentos en viga Terraza- Eje 3



### Momentos en viga Terraza- Eje A

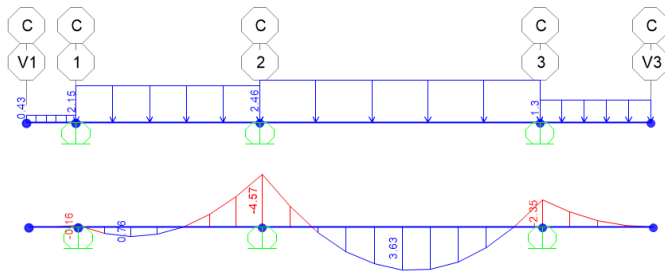


### Momentos en viga Terraza- Eje B

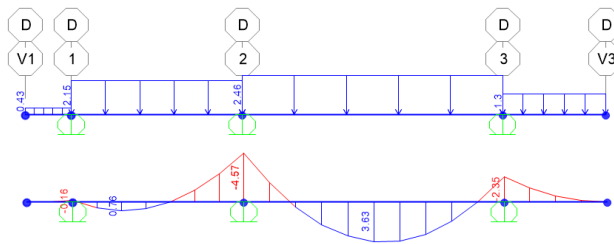




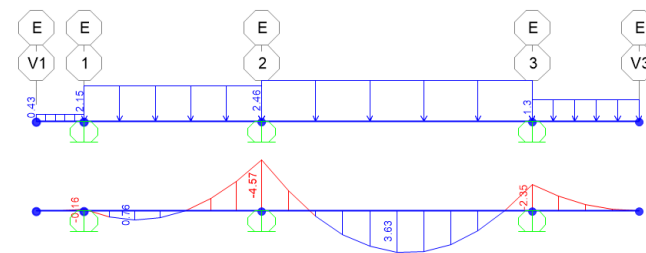
### Momentos en viga Terraza- Eje C



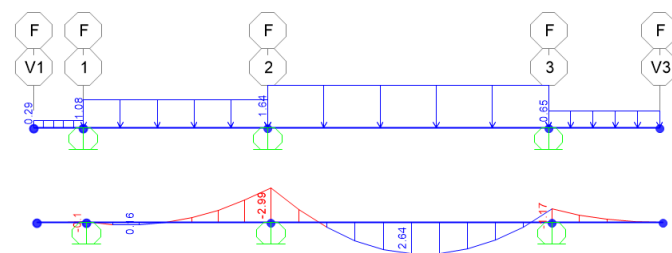
### Momentos en viga Terraza- Eje D



### Momentos en viga Terraza- Eje E

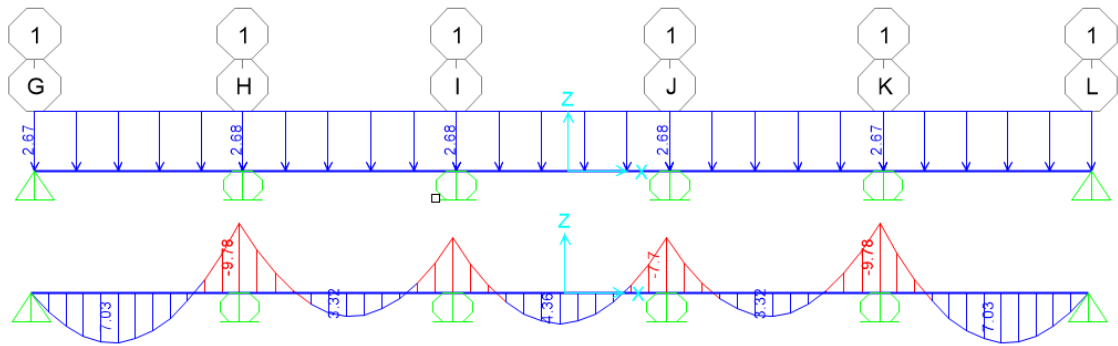


### Momentos en viga Terraza- Eje F

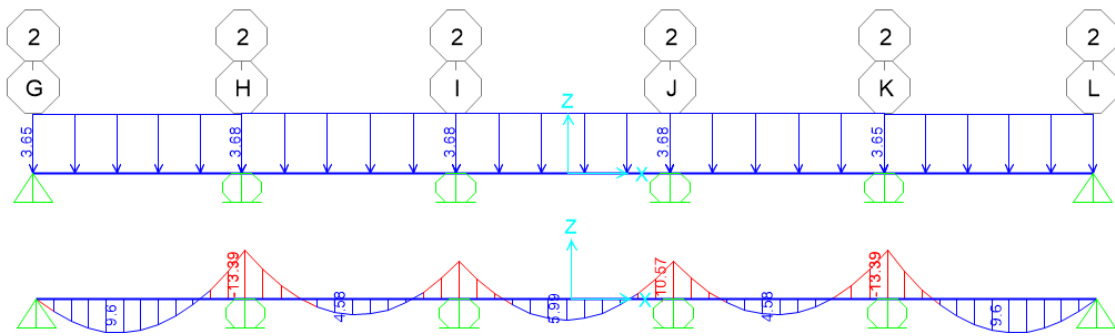


## MOMENTOS EN VIGAS DEL BLOQUE 2

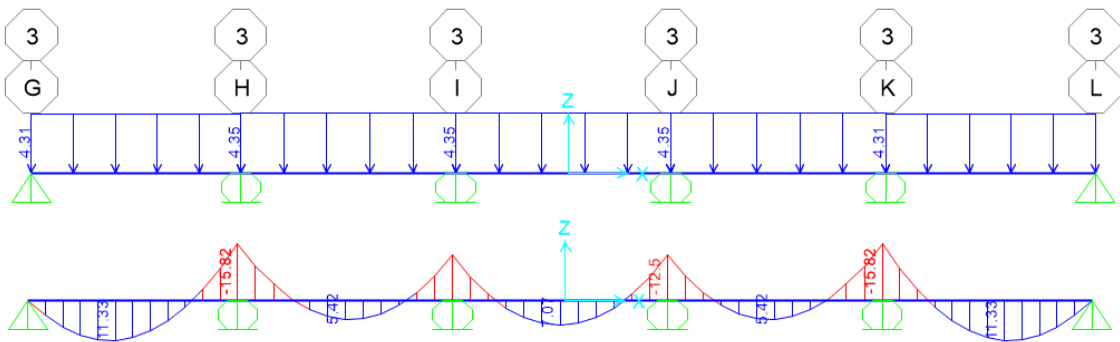
### Momentos en viga Planta Baja - Eje 1



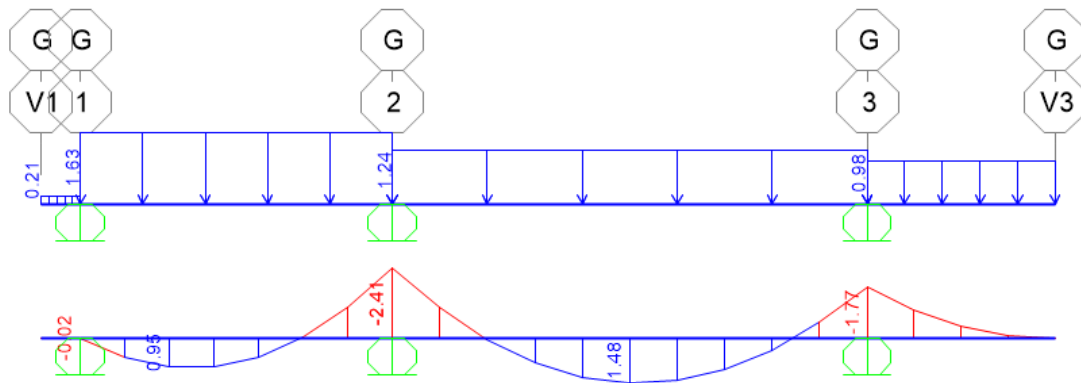
### Momentos en viga Planta Baja - Eje 2



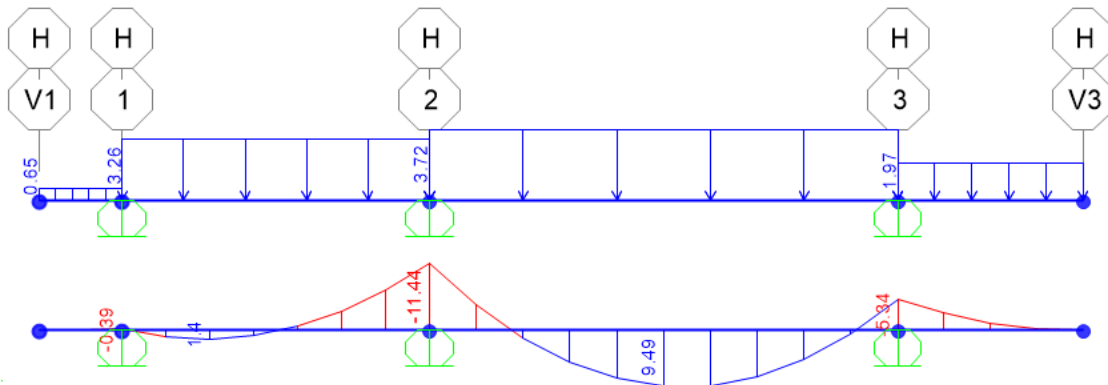
### Momentos en viga Planta Baja - Eje 3



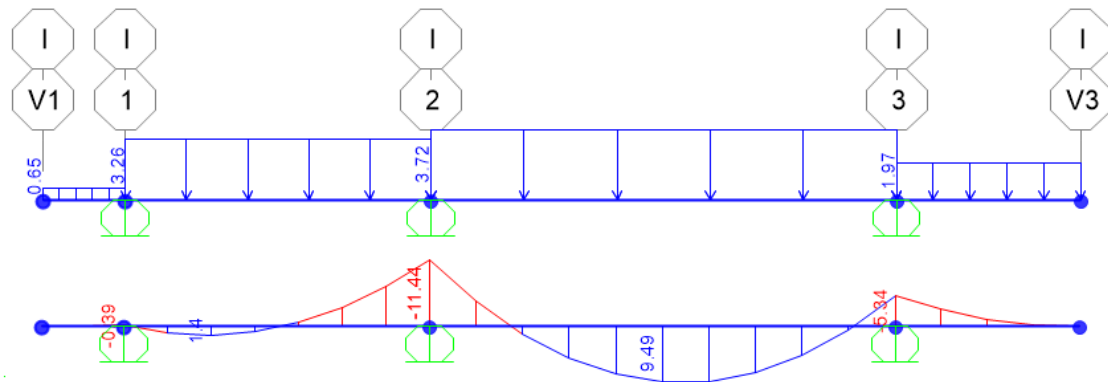
### Momentos en viga Planta Baja - Eje G



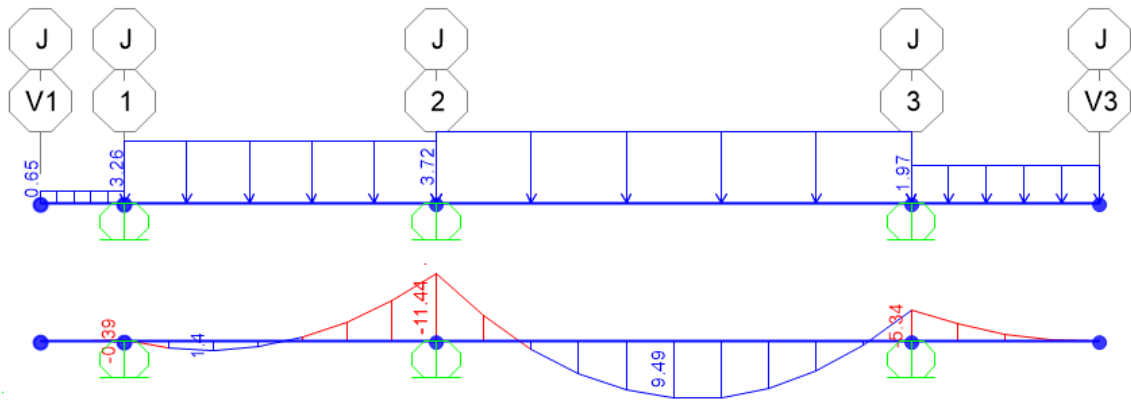
### Momentos en viga Planta Baja - Eje H



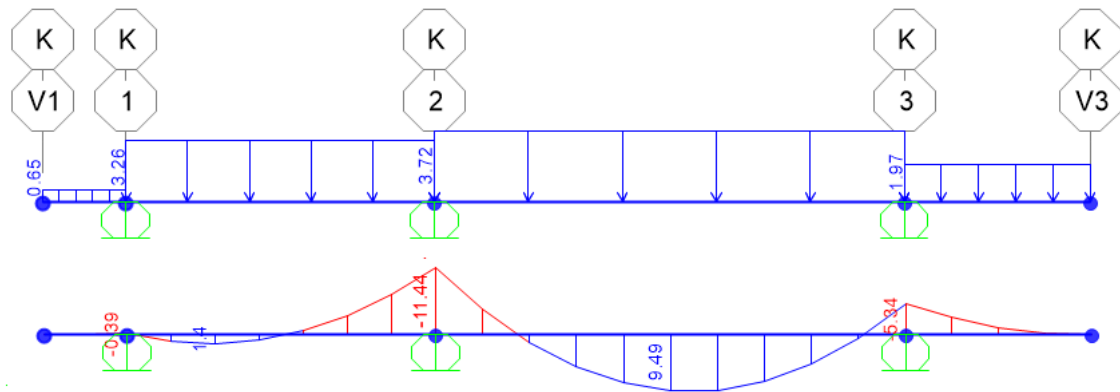
### Momentos en viga Planta Baja - Eje I



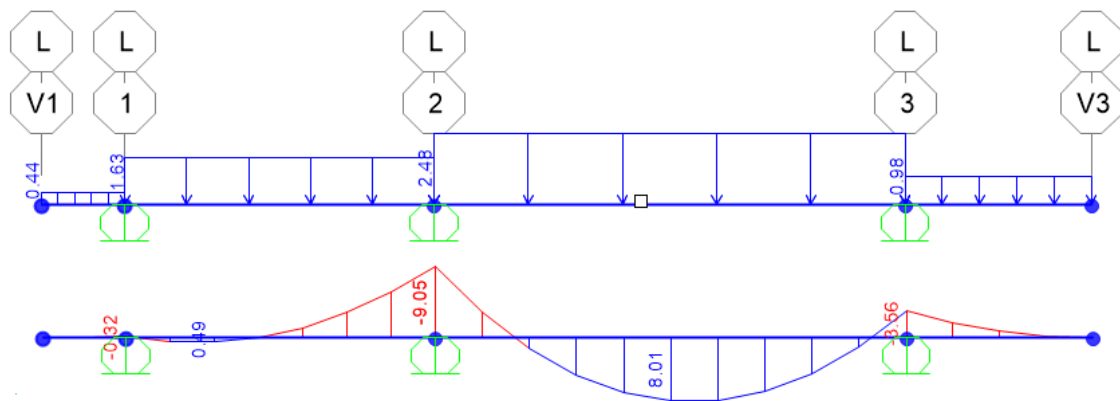
### Momentos en viga Planta Baja - Eje J



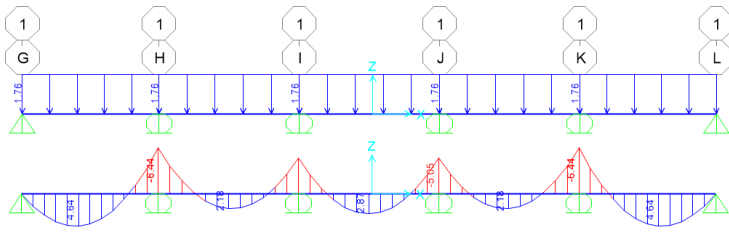
### Momentos en viga Planta Baja - Eje K



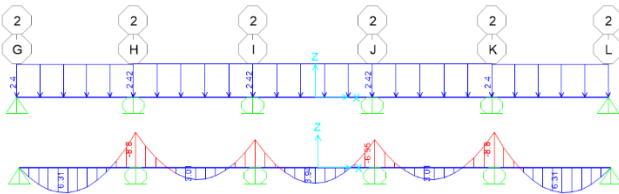
### Momentos en viga Planta Baja - Eje L



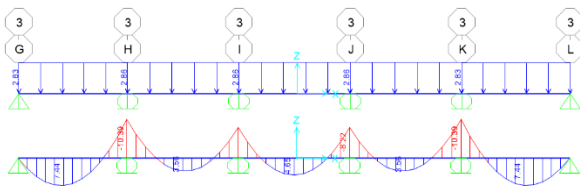
### Momentos en viga Terraza- Eje 1



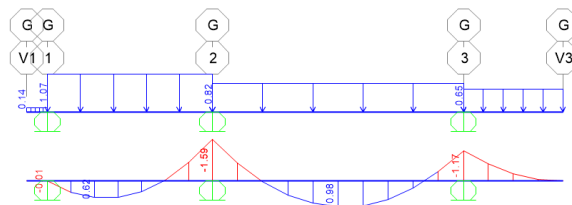
### Momentos en viga Terraza- Eje 2



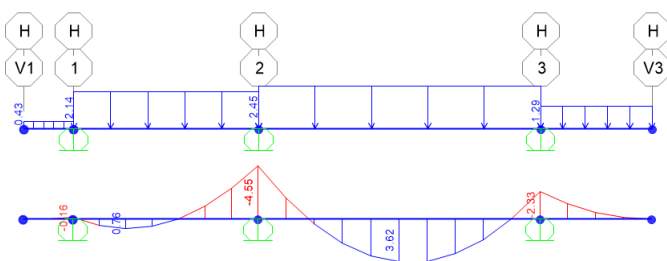
### Momentos en viga Terraza- Eje 3



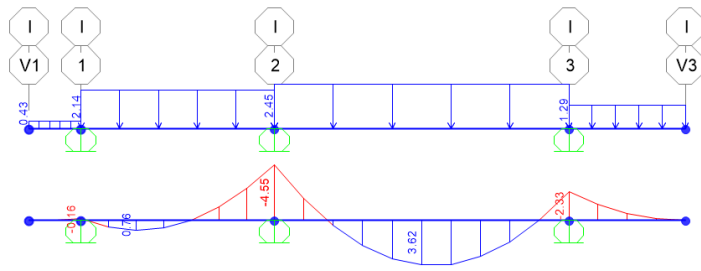
### Momentos en viga Terraza- Eje G



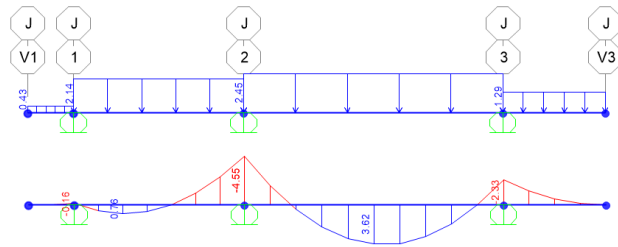
### Momentos en viga Terraza- Eje H



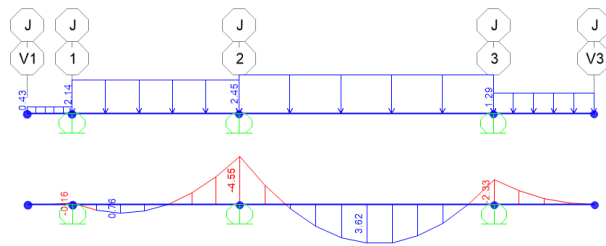
### Momentos en viga Terraza- Eje I



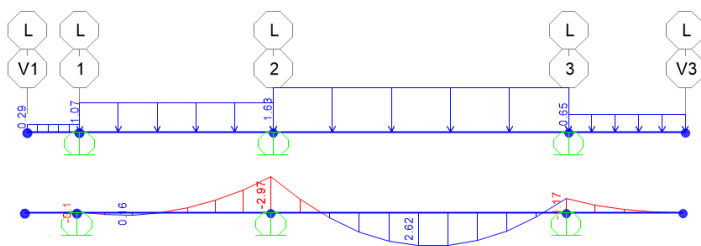
### Momentos en viga Terraza- Eje J



### Momentos en viga Terraza- Eje K

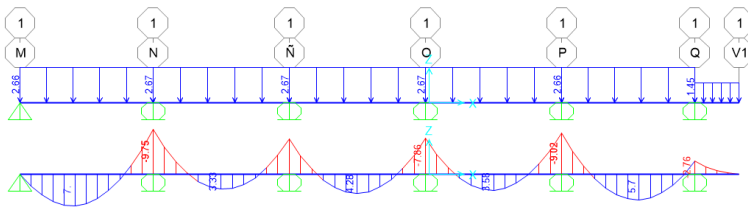


### Momentos en viga Terraza- Eje L

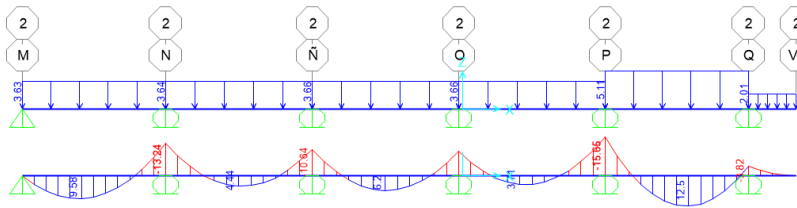


## MOMENTOS EN VIGAS DEL BLOQUE 3

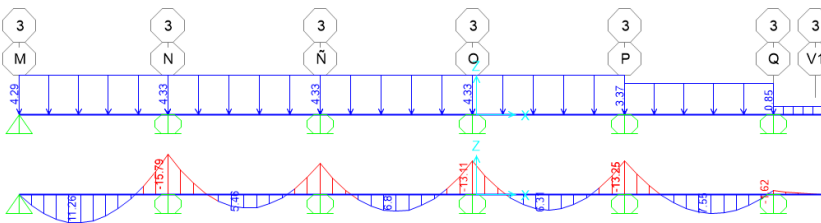
Momentos en viga Planta Baja - Eje 1



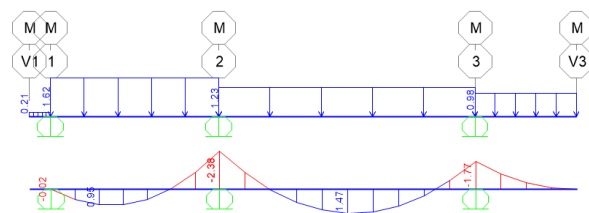
Momentos en viga Planta Baja - Eje 2



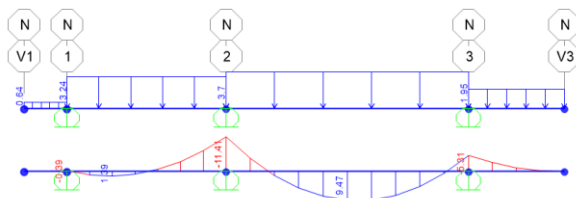
Momentos en viga Planta Baja - Eje 3



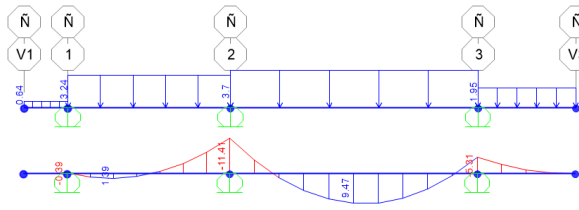
Momentos en viga Planta Baja - Eje M



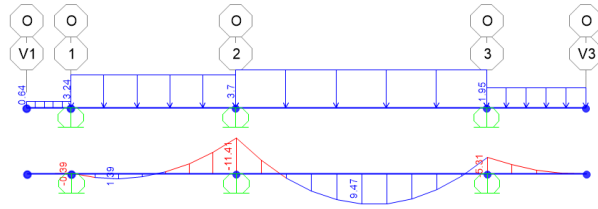
Momentos en viga Planta Baja - Eje N



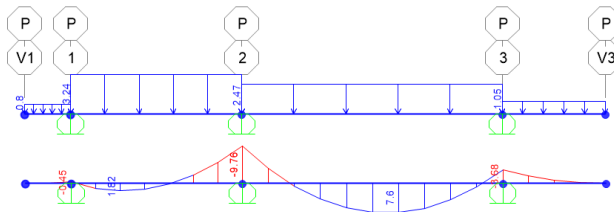
### Momentos en viga Planta Baja - Eje Ñ



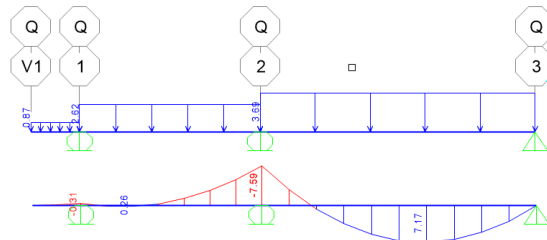
### Momentos en viga Planta Baja - Eje O



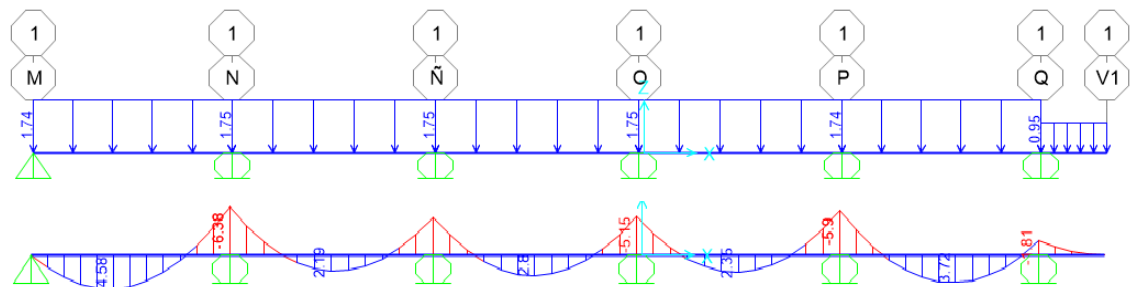
### Momentos en viga Planta Baja - Eje P



### Momentos en viga Planta Baja - Eje Q

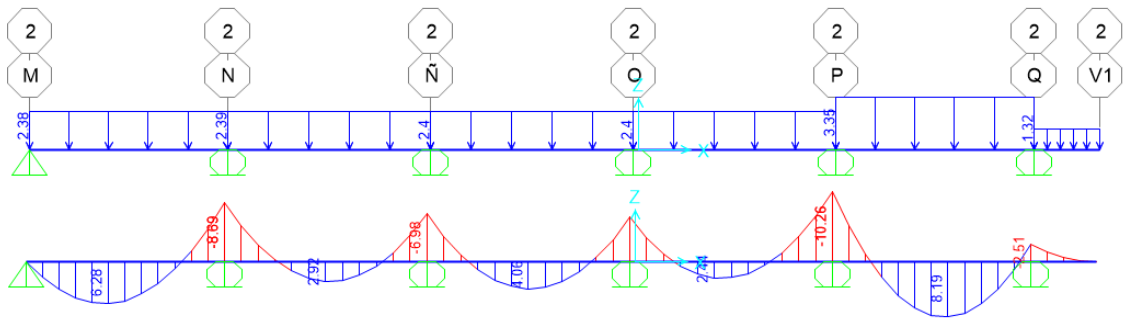


### Momentos en viga Terraza- Eje 1

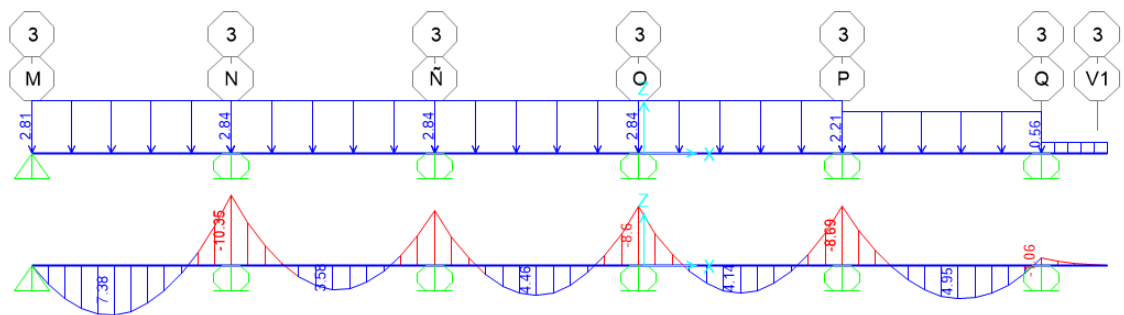




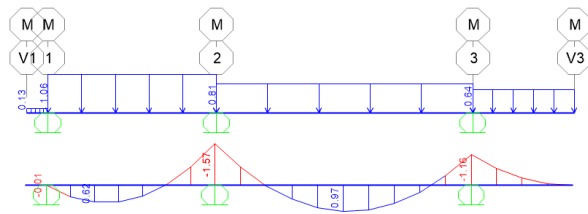
### Momentos en viga Terraza- Eje 2



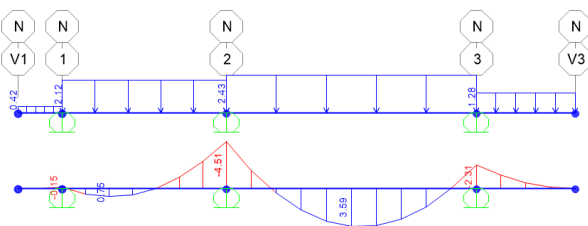
### Momentos en viga Terraza- Eje 3



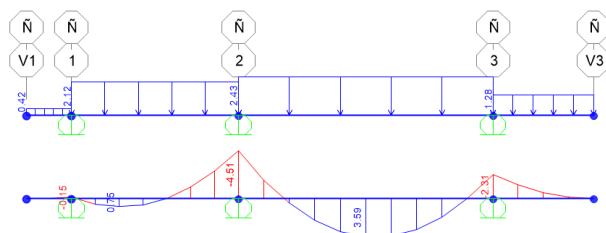
### Momentos en viga Terraza- Eje M



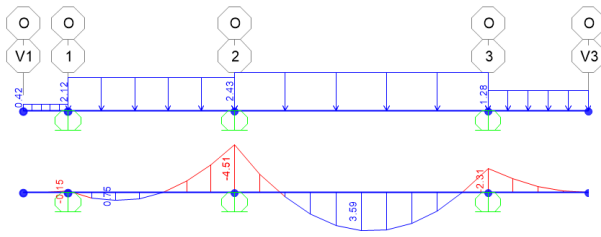
### Momentos en viga Terraza- Eje N



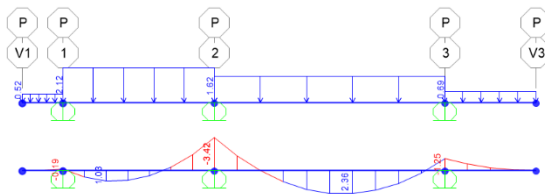
### Momentos en viga Terraza- Eje Ñ



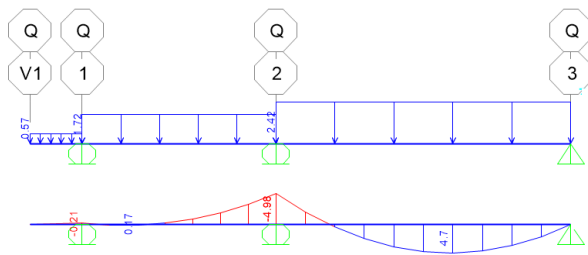
### Momentos en viga Terraza- Eje O



### Momentos en viga Terraza- Eje P



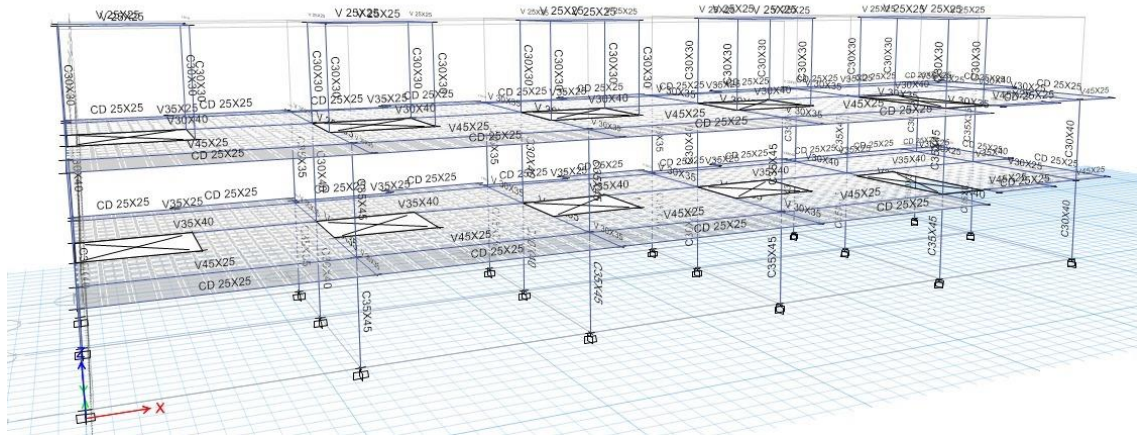
### Momentos en viga Terraza- Eje Q







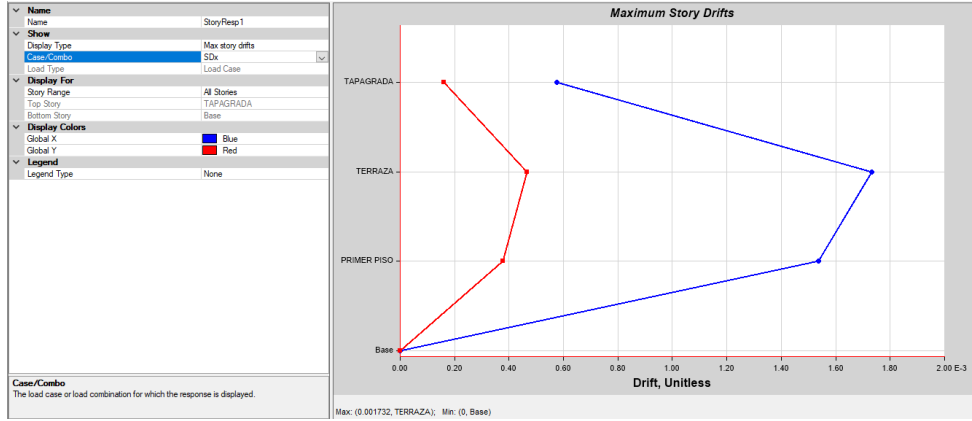
# Estructura aporcionada con secciones de elementos



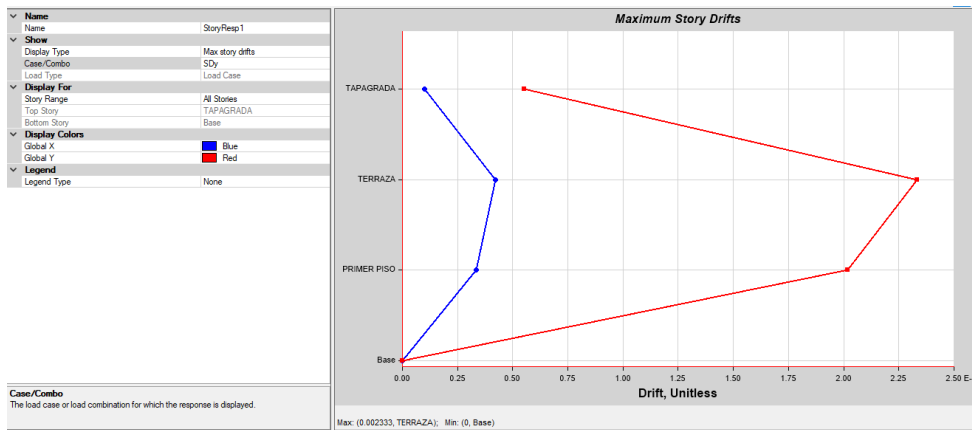
# ANEXO D

## Bloque 1

### Deriva elástica de SDx

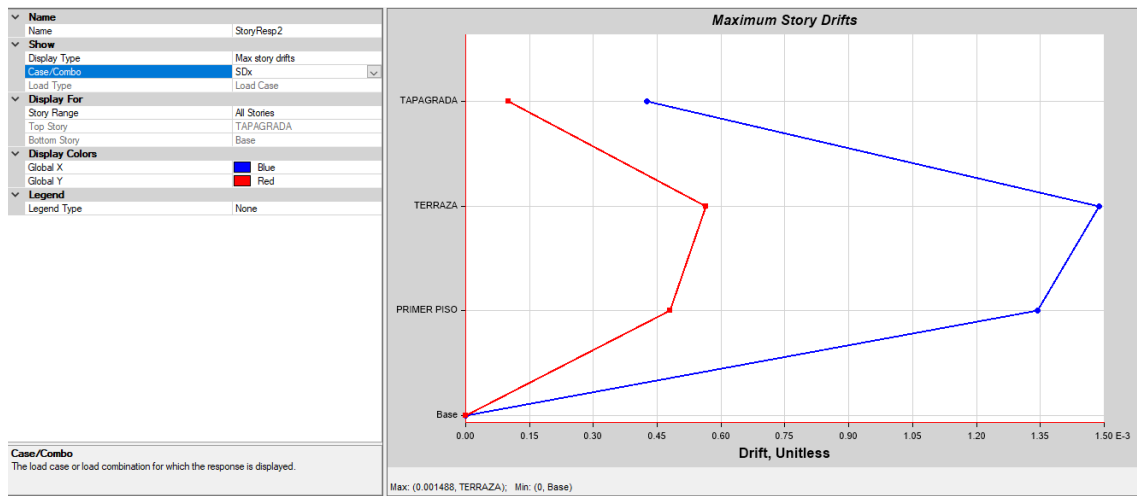


### Deriva elástica de SDy

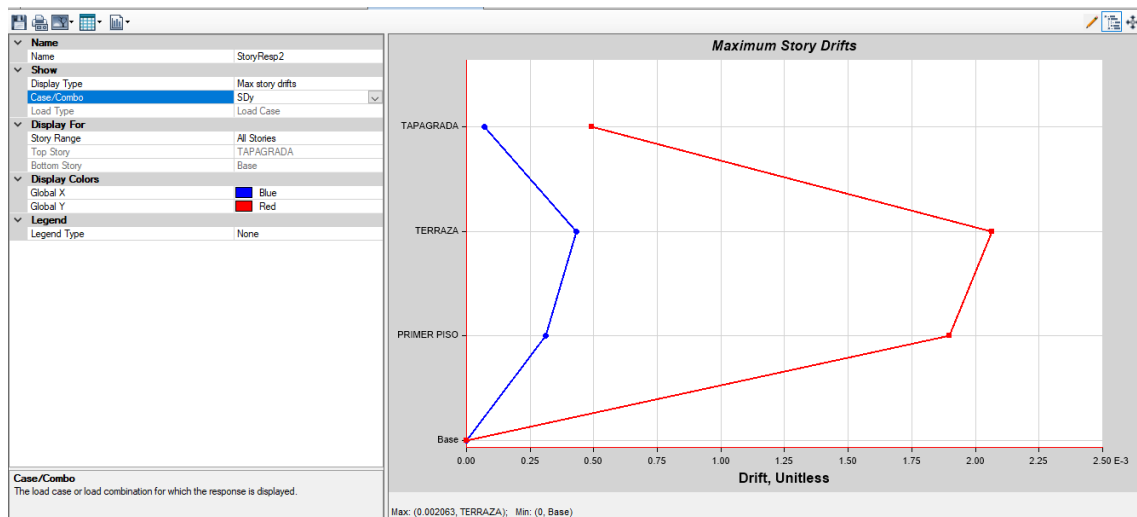


## Bloque 2

### Deriva elástica de SDx

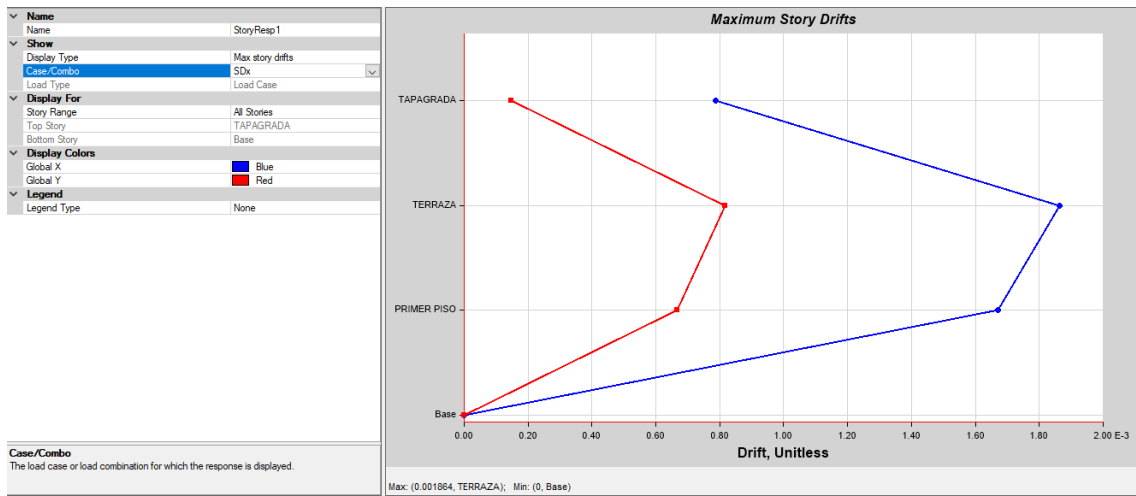


### Deriva elástica de SDy

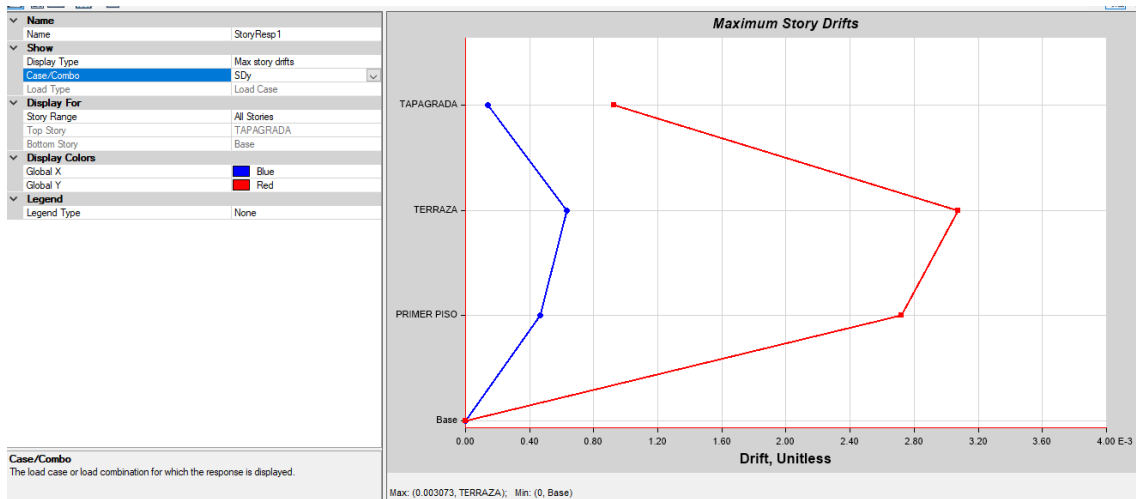


# Bloque 3

## Deriva elástica de SDx



## Deriva elástica de SDy

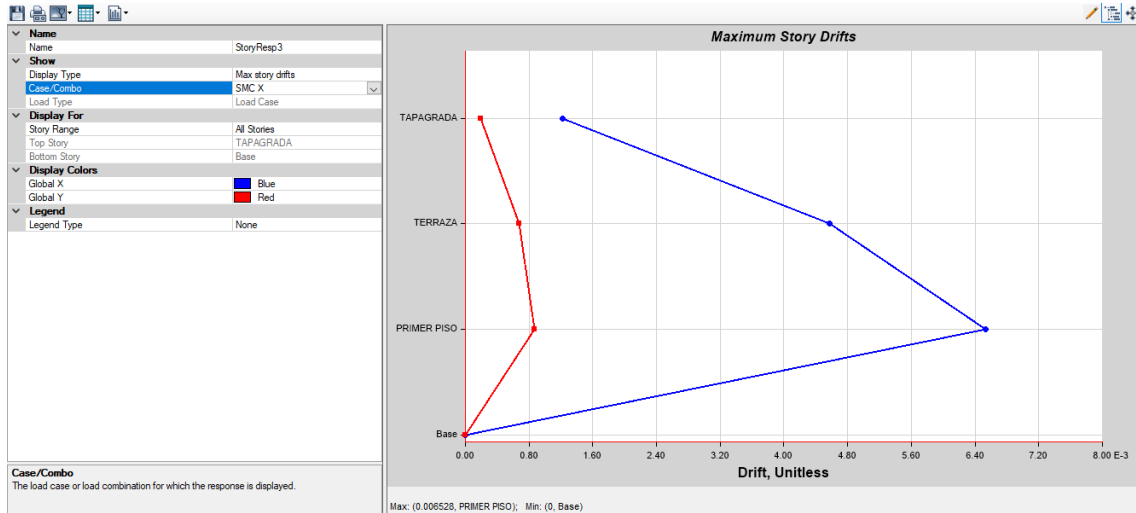




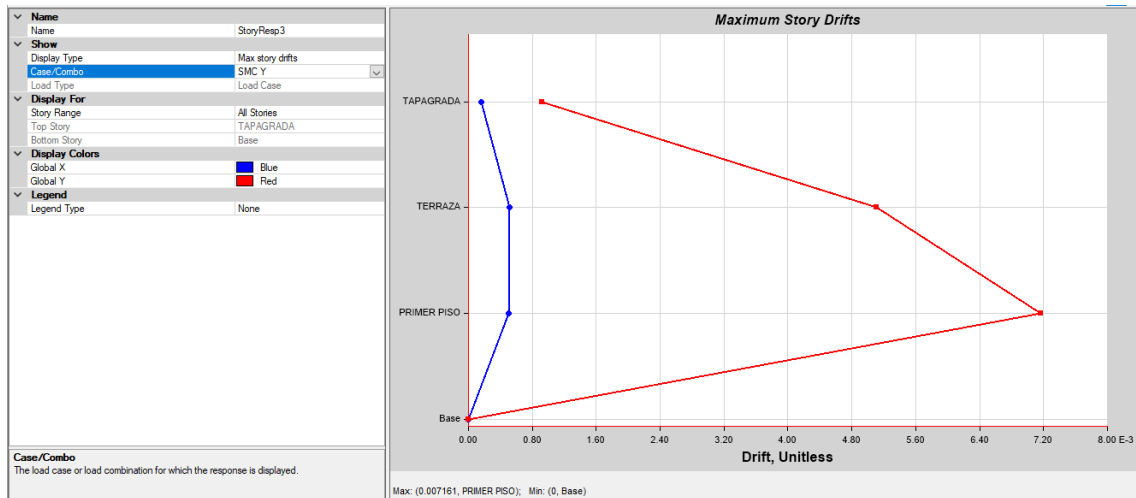
# ANEXO E

## Bloque 1

### Deriva elástica SMCx

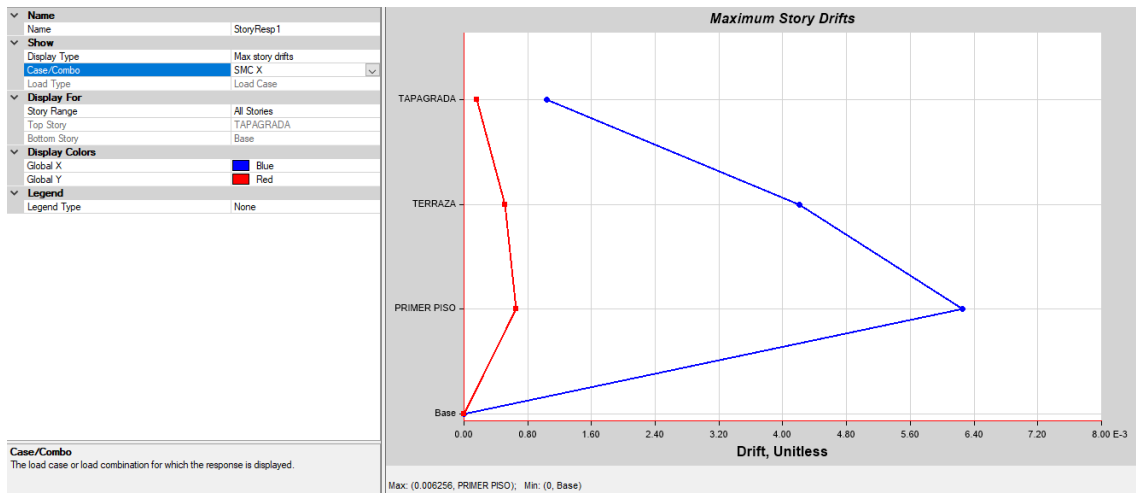


### Deriva elástica SMCy

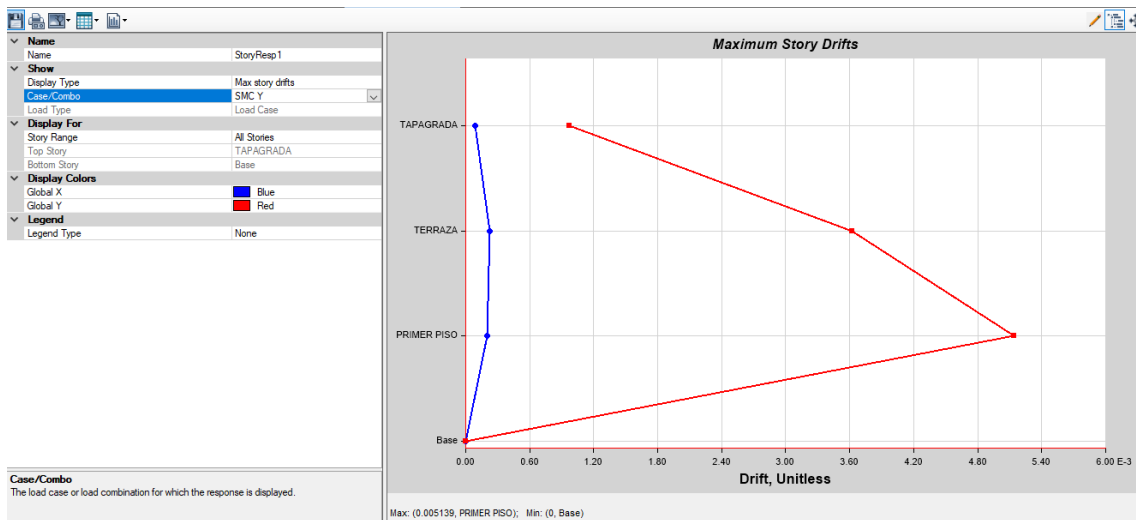


## Bloque 2

### Deriva elástica SMCx

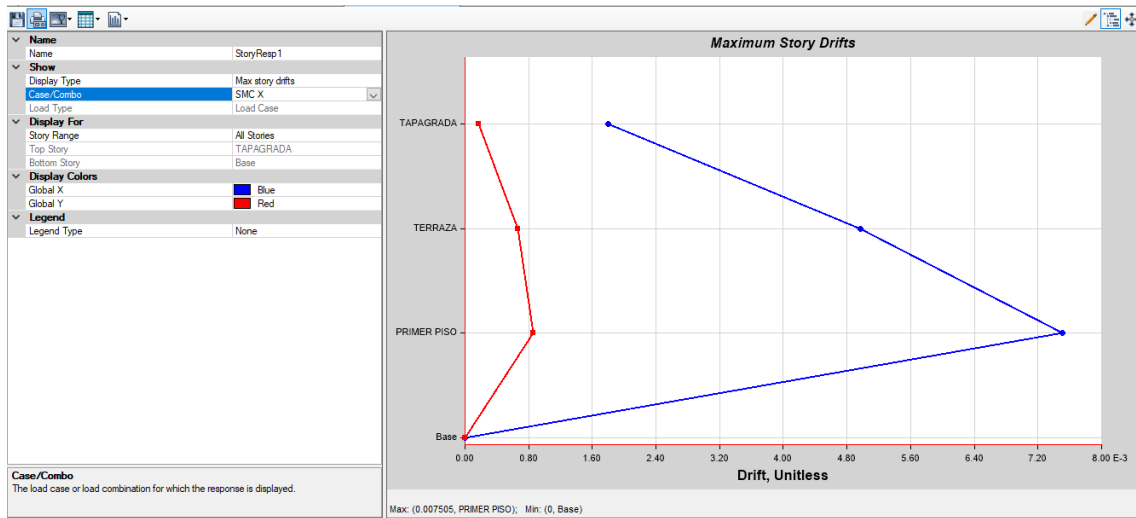


### Deriva elástica SMCy

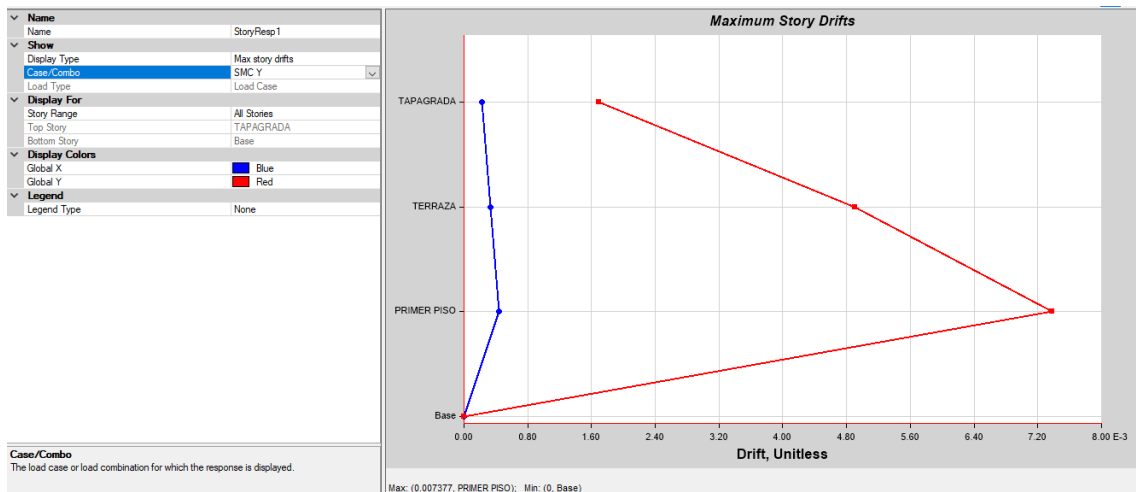


# Bloque 3

## Deriva elástica SMCx



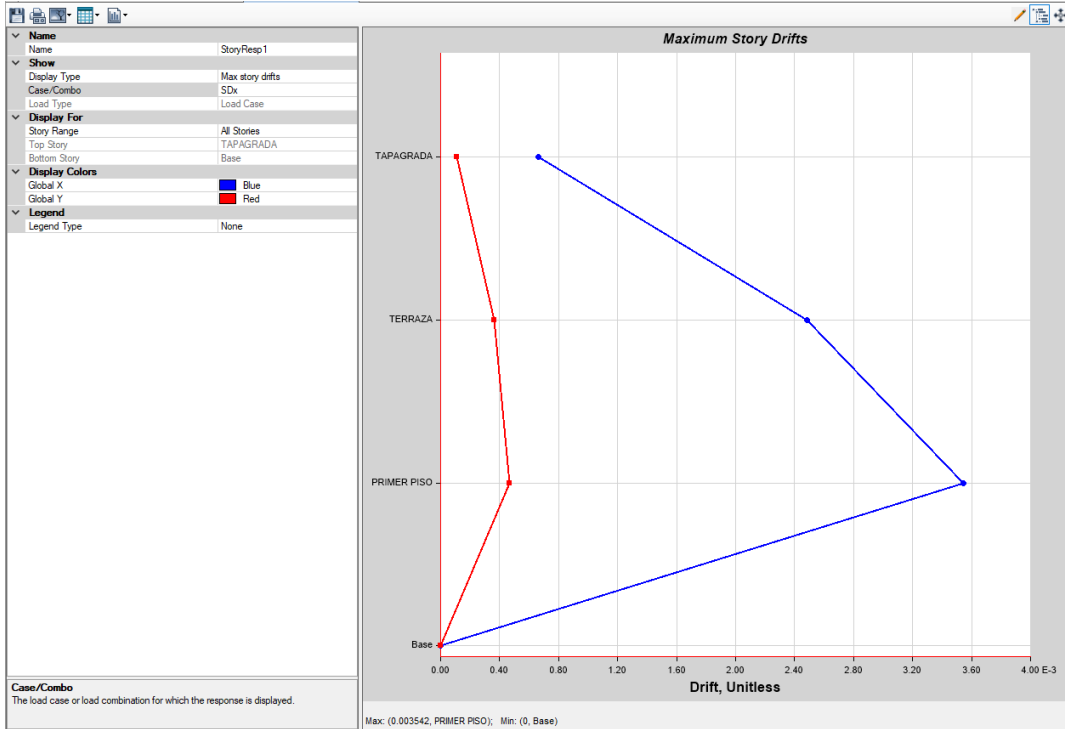
## Deriva elástica SMCy



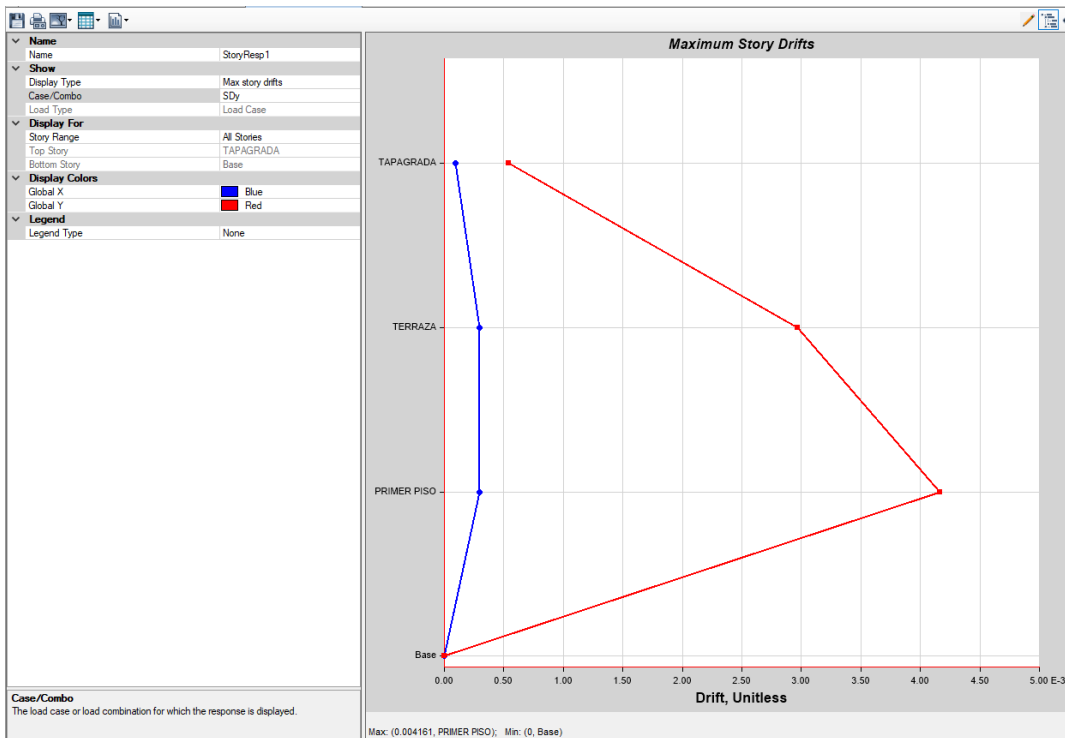
# ANEXO F

## Bloque 1

Deriva elástica se superestructura SDx con R=2.

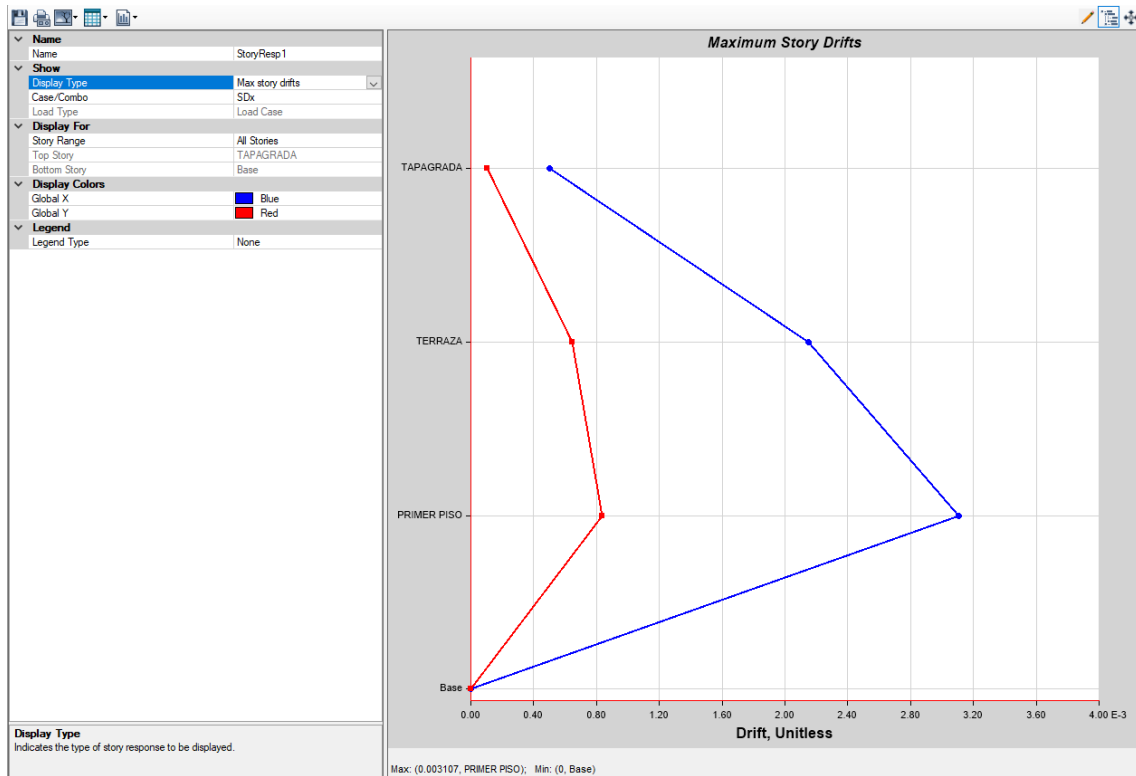


Deriva elástica se superestructura SDy con R=2.

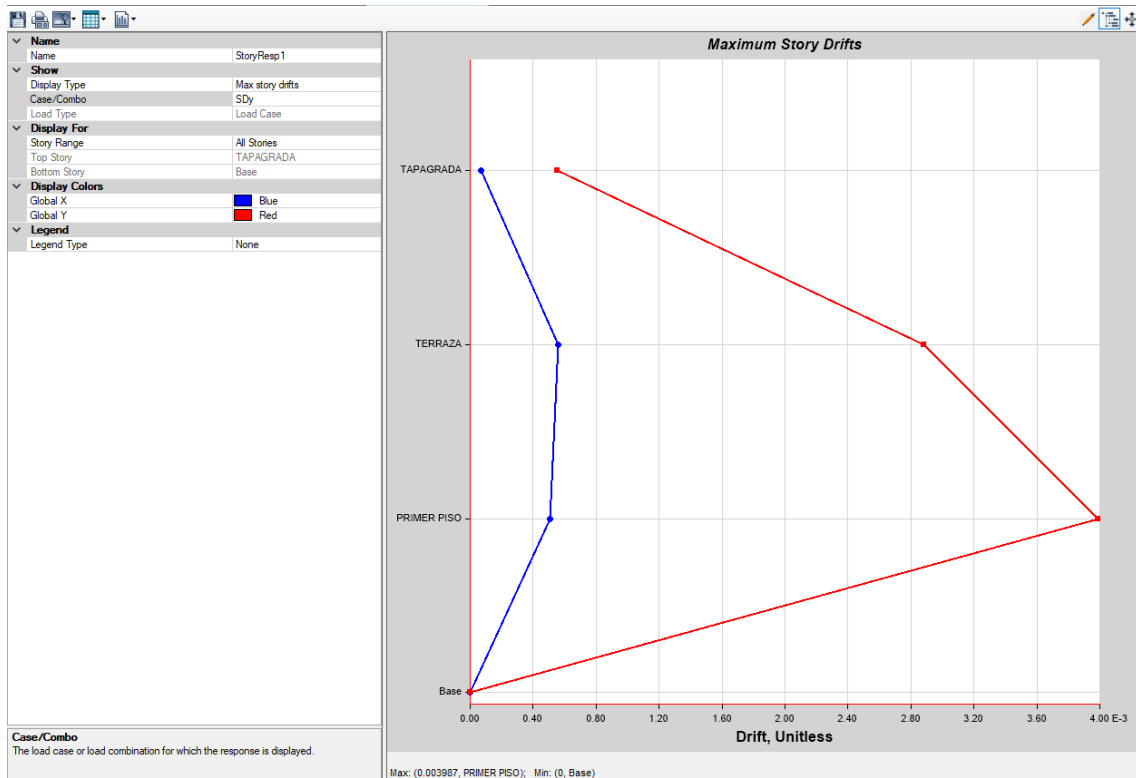


## BLOQUE 2

Deriva elástica se superestructura SDx con R=2.

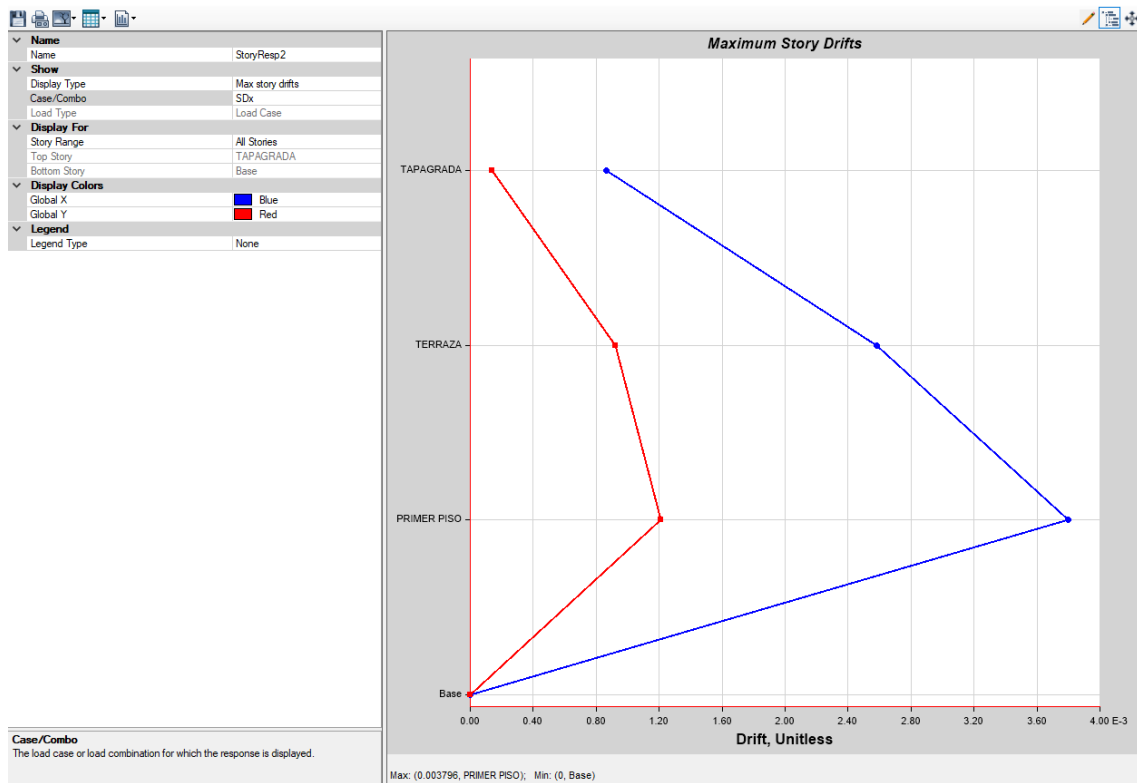


Deriva elástica se superestructura SDy con R=2.



### Bloque 3

Deriva elástica se superestructura SDx con R=2.



Deriva elástica se superestructura SDy con R=2.

