



**Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación irregular
con muros de corte, y su respuesta ante cambios bruscos de la sección
transversal de los mismos.**

Hermeza Aguirre, Isaac Andrés y Rocha Jaramillo Juan Carlos

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

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

Ing. Pro Zambrano, Raúl Ernesto

29 de julio del 2021



Document Information

Analyzed document	Urkund_Hermoza_Rocha.pdf (D110440368)
Submitted	7/14/2021 3:38:00 AM
Submitted by	Pazmiño Montero Martha Elizabeth
Submitter email	mepazminio@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	mepazminio.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	20171106 ANTAMBA TANIA-CUAICAL JUAN.pdf Document 20171106 ANTAMBA TANIA-CUAICAL JUAN.pdf (D32128236)	4
W	URL: https://pdfcookie.com/documents/tesis-cortante-basal-025650yp18l1 Fetched: 7/12/2021 12:21:23 AM	2
SA	Trabajo Experimental Edgar Eduardo RamirezChaglla.pdf Document Trabajo Experimental Edgar Eduardo RamirezChaglla.pdf (D29592837)	1
W	URL: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1410/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2018-56.pdf Fetched: 6/16/2021 2:51:11 PM	1
W	URL: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16703/1/ILLESCAS_LEE_TRABAJO_TITULACI%C3%93N_ESTRUCTURAS_ENERO_2017.pdf Fetched: 1/18/2021 2:38:28 AM	1
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21367/1/T-ESPE-039795.pdf Fetched: 6/8/2021 11:25:37 PM	1
SA	1473991272_OSCAR ROLANDO LOPEZ LOPEZ.pdf Document 1473991272_OSCAR ROLANDO LOPEZ LOPEZ.pdf (D21782150)	1
SA	proyecto-alexis.docx Document proyecto-alexis.docx (D36727701)	1

RAUL
ERNEST
O PRO
ZAMBR
ANO

Firmado digitalmente por RAUL ERNESTO PRO ZAMBRANO
 Fecha: 2021.07.27 11:00:32 -05'00'

Ing. Raúl Ernesto Pro Zambrano



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación irregular con muros de corte, y su respuesta ante cambios bruscos de la sección transversal de los mismos”** fue realizado por los señores **Hermoza Aguirre, Isaac Andrés y Rocha Jaramillo Juan Carlos** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de julio de 2021

**RAUL
ERNESTO
PRO
ZAMBRANO**

Firmado
digitalmente por
RAUL ERNESTO
PRO ZAMBRANO
Fecha: 2021.08.16
18:15:49 -05'00'

.....
Ing. Raúl Ernesto Pro Zambrano

C. C. 170474331-7



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Civil

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Hermoza Aguirre, Isaac Andrés** y **Rocha Jaramillo Juan Carlos**, con cédulas de ciudadanía n° 172286162-0 y 172330597-3 respectivamente, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación irregular con muros de corte, y su respuesta ante cambios bruscos de la sección transversal de los mismos”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 29 de julio de 2021

Isaac Andrés Hermoza Aguirre
C.C. 172286162-0

Juan Carlos Rocha Jaramillo
C.C. 172330597-3



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Civil

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Hermoza Aguirre, Isaac Andrés** y **Rocha Jaramillo Juan Carlos**, con cédulas de ciudadanía n° 172286162-0 y 172330597-3 respectivamente, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación irregular con muros de corte, y su respuesta ante cambios bruscos de la sección transversal de los mismos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 29 de julio de 2021

Isaac Andrés Hermoza Aguirre
C.C. 172286162-0

Juan Carlos Rocha Jaramillo
C.C. 172330597-3

Dedicatoria

A mis padres Cecilia y Miguel quienes con todo su esfuerzo y amor han guiado mi camino, formado como persona, han perdonado todas mis fallas y consientes que la mejor herencia que un padre puede dejar a un hijo son las herramientas para poder afrontar la vida; me han apoyado de una u otra manera a pesar de todas las dificultades presentes en el transcurso de mi vida.

A María Cristina y Juanito muchas gracias por su apoyo, consejos y años de amistad.

A mis hermanos, muchas gracias por su apoyo.

Sr. Isaac Andrés Hermoza Aguirre

Dedicatoria

A mis padres Verónica y Juan, gracias a ustedes y su gran aporte durante toda mi vida, por sus consejos ya que supieron alentarme y guiarme para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mi hermano Daniel por su apoyo durante el transcurso de mi vida universitaria.

A mi novia Nicole ya que siempre estuvo a mi lado apoyándome, ayudadme y aconsejándome para poder finalizar mis estudios universitarios.

Juan Carlos Rocha Jaramillo

Agradecimiento

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida y alentarme siempre a no darme por vencido.

Un especial agradecimiento a nuestro tutor Ing. Ernesto Pro, quien desinteresadamente nos dio la oportunidad de participar en este proyecto, nos guio en el transcurso del mismo y compartió sus amplios conocimientos y su experiencia profesional.

A todos los Docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias, ya que cada uno de ellos fue fundamental en todo este proceso.

A mi compañero Juan Carlos por años de amistad; con quién conformamos este grupo para el cumplimiento de este objetivo.

A todos los familiares y amigos que han estado constantemente dándome su apoyo y consejos; evitando que me dé por vencido.

Sr. Isaac Andrés Hermoza Aguirre

Agradecimiento

Agradezco a mis padres quienes me ayudaron en todos los ámbitos de mi vida en esta etapa universitaria, siempre han sido un gran ejemplo de que, con trabajo duro, esfuerzo, perseverancia y honradez se puede llegar lejos en la vida.

A quien fue el mentor de esta investigación nuestro docente tutor Ing. Ernesto Pro, ya que siempre estuvo dispuesto a compartir su conocimiento y experiencia con nosotros, gracias a su ayuda se pudo culminar con éxito este proyecto.

A mi compañero y amigo Isaac con quien cursamos juntos la carrera universitaria y elaboramos satisfactoriamente este proyecto.

A los docentes ya que fueron nuestros guías durante toda la vida universitaria, gracias a sus conocimientos impartidos se logró este objetivo.

A Nicole por siempre estar para mi cuando lo necesité, y acompañarme en este largo viaje.

A mis compañeros y amigos, por todo su apoyo.

Juan Carlos Rocha Jaramillo

Índice de contenidos

Urkund.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Índice de contenidos	10
Índice de tablas.....	17
Índice de figuras	21
Resumen.....	31
Abstract	32
Capítulo I	33
Generalidades.....	33
Descripción resumida del proyecto	33
Antecedentes	33
Justificación e importancia	34
Objetivos generales y específicos	35
Objetivo general	35
Objetivos específicos	35
Hipótesis.....	36

	11
Metodología	36
Capítulo II	37
Marco Teórico	37
Sistemas estructurales.....	37
Sistemas estructurales basados en pórticos	37
Sistemas estructurales basados en muros de corte o diafragmas	38
Sistemas estructurales duales	38
Tipos de muros de corte	38
Distribución de los muros en planta	40
Tipos de fallas en los muros de corte	40
Espesor mínimo	42
Fuerzas sísmicas	42
Espectro de diseño (S_a)	45
Categoría del edificio y componente de importancia (I)	46
Límites permisibles de la deriva de piso (ΔM)	47
Configuración estructural	47
Irregularidades y coeficientes de configuración estructural	48
Cortante basal de diseño (V)	49
Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R	50
Comportamiento estructural	51

	12
Capítulo III	52
Análisis de cargas y espectro de diseño	52
Geometría de la Estructura.....	52
Sistema Resistente a cargas verticales y laterales	57
Análisis de cargas.....	58
Carga Viva	58
Granizo.....	59
Carga Sísmica.....	59
Periodo de vibración de la estructura de hormigón armado.	65
Periodo de vibración de la estructura mixta.....	67
Categoría del edificio y coeficiente de importancia (I)	70
Irregularidad en elevación (ϕE).....	70
Irregularidad en planta (ϕP).....	70
Factor de reducción de respuesta	71
Espectro Inelástico.....	71
Cortante Basal	72
Capítulo IV	73
Modelamiento de las Estructuras	73
Descripción de los modelos	73
Modelo 1	73

Modelo 2.....	74
Modelo 3.....	78
Modelo 4.....	83
Modelo 5.....	87
Modelo 6.....	91
Modelo 7.....	94
Ingreso de materiales.....	98
Ingreso de elementos estructura de hormigón.....	100
Columnas.....	100
Vigas.....	112
Losa.....	127
Muros.....	128
Modelamiento de las estructuras de hormigón armado.....	130
Ingreso de elementos estructura mixta.....	133
Ingreso de columnas.....	133
Ingreso de vigas.....	143
Ingreso de Losa.....	170
Muros.....	170
Modelamiento de estructura mixta.....	172
Ingreso de cargas y combinaciones.....	175

Cargas.....	175
Espectro de aceleraciones	178
Coeficiente K y C.....	179
Casos de análisis dinámico.....	181
Capítulo V	182
Resultados	182
Introducción	182
Derivas de Piso	182
Derivas de piso en los modelos de hormigón armado	183
Derivas de piso en los modelos de estructura mixta	187
Periodos, frecuencias y modos de vibrar	191
Modelos de hormigón armado	193
Modelos de estructura mixta	198
Cantidades de acero y hormigón	202
Modelos de hormigón armado	202
Modelos de estructura mixta	208
Análisis de precios unitarios	217
Presupuesto modelos de hormigón armado	226
Presupuesto modelo 1.....	226
Presupuesto modelo 2.....	226

Presupuesto modelo 3.....	227
Presupuesto modelo 4.....	227
Presupuesto modelo 5.....	227
Presupuesto modelo 6.....	228
Presupuesto modelo 7.....	228
Presupuesto estructura mixta y metálica	229
Presupuesto modelo 1.....	229
Presupuesto modelo 2.....	230
Presupuesto modelo 3.....	230
Presupuesto modelo 4.....	231
Presupuesto modelo 5.....	231
Presupuesto modelo 6.....	232
Presupuesto modelo 7.....	232
Área ocupada por muros y columnas	233
Capítulo VI	235
Análisis comparativo.....	235
Comparación de resultados obtenidos en los distintos modelos estructurales.....	235
Tabla comparativa de hormigón armado.....	235
Comparación % Δ inelástica.....	236
Periodos fundamentales y modos de vibrar	236

Costos.....	237
Tabla comparativa de estructura mixta	239
Comparación % Δ inelástica.....	240
Periodos fundamentales y modos de vibrar	241
Costos.....	241
Capítulo VII	245
Conclusiones y recomendaciones.....	245
Conclusiones.....	245
Recomendaciones	247
Capítulo VIII	249
Bibliografía	249

Índice de tablas

Tabla 1 Valores de η	46
Tabla 2 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura	46
Tabla 3 Valores de ΔM máximos, expresados como fracción de altura de piso	47
Tabla 4 Coeficientes de irregularidad en planta	49
Tabla 5 Coeficientes de irregularidad elevación.....	49
Tabla 6 Coeficientes de reducción de respuesta estructural R	50
Tabla 7 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas	59
Tabla 8 Valores utilizados para calcular el coeficiente de espectro inelástico	72
Tabla 9 Valores del cortante basal	72
Tabla 10 Derivas elásticas e inelásticas de los modelos de hormigón armado	187
Tabla 11 Derivas elásticas e inelásticas de los modelos de estructura mixta	191
Tabla 12 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 1	193
Tabla 13 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 2	194
Tabla 14 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 3	194
Tabla 15 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 4	195
Tabla 16 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 5	196
Tabla 17 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 6	196
Tabla 18 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 7	197
Tabla 19 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 1	198
Tabla 20 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 2	198
Tabla 21 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 3	199
Tabla 22 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 4	200
Tabla 23 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 5	200
Tabla 24 Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 6	201

Tabla 25 <i>Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 7</i>	201
Tabla 26 <i>Cantidades de acero en el modelo 1</i>	202
Tabla 27 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 1</i>	203
Tabla 28 <i>Cantidades de acero en el modelo 2</i>	203
Tabla 29 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 2</i>	203
Tabla 30 <i>Cantidades de acero en el modelo 3</i>	204
Tabla 31 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 3</i>	204
Tabla 32 <i>Cantidades de acero en el modelo 4</i>	205
Tabla 33 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 4</i>	205
Tabla 34 <i>Cantidades de acero en el modelo 5</i>	205
Tabla 35 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 5</i>	206
Tabla 36 <i>Cantidades de acero en el modelo 6</i>	206
Tabla 37 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 6</i>	207
Tabla 38 <i>Cantidades de acero en el modelo 7</i>	207
Tabla 39 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 7</i>	207
Tabla 40 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 1</i>	208
Tabla 41 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 1</i>	208
Tabla 42 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 1</i>	209
Tabla 43 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 1</i>	209
Tabla 44 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 2</i>	209
Tabla 45 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 2</i>	210
Tabla 46 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 2</i>	210
Tabla 47 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 2</i>	210
Tabla 48 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 3</i>	211
Tabla 49 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 3</i>	211
Tabla 50 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 3</i>	211

Tabla 51 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 3</i>	212
Tabla 52 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 4</i>	212
Tabla 53 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 4</i>	212
Tabla 54 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 4</i>	213
Tabla 55 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 4</i>	213
Tabla 56 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 5</i>	213
Tabla 57 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 5</i>	214
Tabla 58 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 5</i>	214
Tabla 59 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 5</i>	214
Tabla 60 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 6</i>	215
Tabla 61 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 6</i>	215
Tabla 62 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 6</i>	215
Tabla 63 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 6</i>	216
Tabla 64 <i>Cantidades de hormigón en el modelo 7</i>	216
Tabla 65 <i>Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 7</i>	216
Tabla 66 <i>Cantidades de acero estructural en el modelo 7</i>	217
Tabla 67 <i>Cantidades de placa colaborante modelo 7</i>	217
Tabla 68 <i>Análisis de precios unitarios rubro 1</i>	219
Tabla 69 <i>Análisis de precios unitarios rubro 2</i>	220
Tabla 70 <i>Análisis de precios unitarios rubro 3</i>	221
Tabla 71 <i>Análisis de precios unitarios rubro 4</i>	222
Tabla 72 <i>Análisis de precios unitarios rubro 5</i>	223
Tabla 73 <i>Análisis de precios unitarios rubro 6</i>	224
Tabla 74 <i>Análisis de precios unitarios rubro 7</i>	225
Tabla 75 <i>Presupuesto modelo 1</i>	226
Tabla 76 <i>Presupuesto modelo 2</i>	226

Tabla 77 <i>Presupuesto modelo 3</i>	227
Tabla 78 <i>Presupuesto modelo 4</i>	227
Tabla 79 <i>Presupuesto modelo 5</i>	227
Tabla 80 <i>Presupuesto modelo 6</i>	228
Tabla 81 <i>Presupuesto modelo 7</i>	228
Tabla 82 <i>Resumen presupuesto modelos de hormigón armado en dólares</i>	229
Tabla 83 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 1</i>	229
Tabla 84 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 2</i>	230
Tabla 85 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 3</i>	230
Tabla 86 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 4</i>	231
Tabla 87 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 5</i>	231
Tabla 88 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 6</i>	232
Tabla 89 <i>Presupuesto estructura mixta modelo 7</i>	232
Tabla 90 <i>Resumen presupuesto modelos de estructura mixta en dólares</i>	233
Tabla 91 <i>Áreas ocupadas por columnas y muros en modelos de hormigón armado</i> ...	233
Tabla 92 <i>Áreas ocupadas por columnas y muros en modelos de estructura mixta</i>	234
Tabla 93 <i>Comparativa de los modelos de la estructura de hormigón armado</i>	235
Tabla 94 <i>Comparativa de precios de los modelos de hormigón armado</i>	238
Tabla 95 <i>Comparativa de precios de los modelos de hormigón armado en relación a la más económica</i>	238
Tabla 96 <i>Comparativa de los modelos de la estructura mixta</i>	240
Tabla 97 <i>Comparativa de precios de los modelos de estructura mixta</i>	242
Tabla 98 <i>Comparativa de precios de los modelos de estructura mixta en relación a la más económica</i>	243

Índice de figuras

Figura 1 <i>Esquema de muro estructural y dimensiones</i>	39
Figura 2 <i>Zonas sísmicas de Ecuador</i>	43
Figura 3 <i>Zonas sísmicas de Ecuador</i>	43
Figura 4 <i>Tipo de suelo y factor de sitio F_a</i>	44
Figura 5 <i>Tipo de suelo y factor de sitio F_d</i>	44
Figura 6 <i>Tipo de suelo y factor de sitio F_s</i>	45
Figura 7 <i>Espectro elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño</i>	45
Figura 8 <i>Configuraciones estructurales recomendadas</i>	47
Figura 9 <i>Configuraciones estructurales no recomendadas</i>	48
Figura 10 <i>Vista en planta de planta baja</i>	52
Figura 11 <i>Vista en planta del 1er Piso</i>	52
Figura 12 <i>Vista en planta del 2do al 6to Piso</i>	53
Figura 13 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja</i>	53
Figura 14 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er Piso</i>	54
Figura 15 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3 al 7)</i>	54
Figura 16 <i>Plano Arquitectónico; Fachada Frontal</i>	55
Figura 17 <i>Plano Arquitectónico; Fachada Posterior</i>	55
Figura 18 <i>Plano Arquitectónico; Fachada Lateral Izquierda</i>	56
Figura 19 <i>Plano Arquitectónico; Fachada Lateral Derecha</i>	56
Figura 20 <i>Corte y vista en planta de la losa bidireccional alivianada</i>	57
Figura 21 <i>Corte transversal de placa colaborante</i>	58
Figura 22 <i>Zonas sísmicas</i>	60
Figura 23 <i>Factor Z por poblaciones para el proyecto</i>	60
Figura 24 <i>Factor Z, en función de la zonificación sísmica para el proyecto</i>	61

Figura 25 <i>Perfiles de suelos del proyecto</i>	61
Figura 26 <i>Tipos de suelo y Factor de sitio Fa del proyecto</i>	62
Figura 27 <i>Tipos de suelo y Factor de sitio Fd del proyecto</i>	62
Figura 28 <i>Tipos de suelo y factor de sitio Fs</i>	63
Figura 29 <i>Espectro de respuesta elástico</i>	63
Figura 30 <i>Coeficientes para determinar el periodo</i>	65
Figura 31 <i>Coeficientes para determinar el periodo</i>	68
Figura 32 <i>Categoría y factor de importancia</i>	70
Figura 33 <i>Tipo de irregularidad en planta $\emptyset P$</i>	71
Figura 34 <i>Disposición y nomenclatura de los muros de corte del modelo</i>	73
Figura 35 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 2</i>	74
Figura 36 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 2</i>	75
Figura 37 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 2</i>	75
Figura 38 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ro al 6to); Modelo 2</i>	76
Figura 39 <i>Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 2</i>	76
Figura 40 <i>Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 2</i>	77
Figura 41 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 2</i>	77
Figura 42 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 2</i>	78
Figura 43 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 3</i>	79
Figura 44 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 3</i>	79
Figura 45 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 3</i>	80
Figura 46 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ero al 6to); Modelo 3</i> ...	80
Figura 47 <i>Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 3</i>	81
Figura 48 <i>Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 3</i>	81
Figura 49 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 3</i>	82
Figura 50 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 3</i>	82

Figura 51 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 4</i>	83
Figura 52 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 4</i>	83
Figura 53 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 4</i>	84
Figura 54 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ero al 6to); Modelo 4</i> ...	84
Figura 55 <i>Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 4</i>	85
Figura 56 <i>Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 4</i>	85
Figura 57 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 4</i>	86
Figura 58 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 4</i>	86
Figura 59 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 5</i>	87
Figura 60 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 5</i>	87
Figura 61 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 5</i>	88
Figura 62 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ero al 6to); Modelo 5</i> ...	88
Figura 63 <i>Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 5</i>	89
Figura 64 <i>Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 5</i>	89
Figura 65 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 5</i>	90
Figura 66 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 5</i>	90
Figura 67 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 6</i>	91
Figura 68 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 6</i>	91
Figura 69 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 2do al 6to); Modelo 6</i>	92
Figura 70 <i>Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 6</i>	92
Figura 71 <i>Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 6</i>	93
Figura 72 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 6</i>	93
Figura 73 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 6</i>	94
Figura 74 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 7</i>	95
Figura 75 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 7</i>	95
Figura 76 <i>Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 2do al 6to); Modelo 7</i>	96

Figura 77 <i>Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 7</i>	96
Figura 78 <i>Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 7</i>	97
Figura 79 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 7</i>	97
Figura 80 <i>Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 7</i>	98
Figura 81 <i>Definición de las propiedades del hormigón</i>	99
Figura 82 <i>Definición de las propiedades del acero de refuerzo</i>	99
Figura 83 <i>Definición de las propiedades del acero estructural A572 Gr50</i>	100
Figura 84 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	101
Figura 85 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	101
Figura 86 <i>Definición de las propiedades de la columna 80x50 cm</i>	102
Figura 87 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	102
Figura 88 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	103
Figura 89 <i>Definición de las propiedades de la columna 70x20 cm</i>	103
Figura 90 <i>Definición de las propiedades de la columna 90x30 cm</i>	104
Figura 91 <i>Definición de las propiedades de la columna 140x80 cm</i>	104
Figura 92 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	105
Figura 93 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	105
Figura 94 <i>Definición de las propiedades de la columna 110x70 cm</i>	106
Figura 95 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	106
Figura 96 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	107
Figura 97 <i>Definición de las propiedades de la columna 90x55 cm</i>	107
Figura 98 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	108
Figura 99 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	108
Figura 100 <i>Definición de las propiedades de la columna 90x65 cm</i>	109
Figura 101 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	109
Figura 102 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	110

Figura 103 <i>Definición de las propiedades de la columna 90x70 cm</i>	110
Figura 104 <i>Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm</i>	111
Figura 105 <i>Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm</i>	111
Figura 106 <i>Definición de las propiedades de la columna 115x85 cm</i>	112
Figura 107 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	113
Figura 108 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	113
Figura 109 <i>Definición de las propiedades de la viga 40x55 cm</i>	114
Figura 110 <i>Definición de las propiedades de la viga 45x65 cm</i>	114
Figura 111 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	115
Figura 112 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	115
Figura 113 <i>Definición de las propiedades de la viga 45x80 cm</i>	116
Figura 114 <i>Definición de las propiedades de la viga 50x85 cm</i>	116
Figura 115 <i>Definición de las propiedades de la viga 60x90 cm</i>	117
Figura 116 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	117
Figura 117 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	118
Figura 118 <i>Definición de las propiedades de la viga 40x65 cm</i>	118
Figura 119 <i>Definición de las propiedades de la viga 55x75 cm</i>	119
Figura 120 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	119
Figura 121 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	120
Figura 122 <i>Definición de las propiedades de la viga 40x60 cm</i>	120
Figura 123 <i>Definición de las propiedades de la viga 45x75 cm</i>	121
Figura 124 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	121
Figura 125 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	122
Figura 126 <i>Definición de las propiedades de la viga 40x60 cm</i>	122
Figura 127 <i>Definición de las propiedades de la viga 45x65 cm</i>	123
Figura 128 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	123

Figura 129 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	124
Figura 130 <i>Definición de las propiedades de la viga 50x60 cm</i>	124
Figura 131 <i>Definición de las propiedades de la viga 55x65 cm</i>	125
Figura 132 <i>Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm</i>	125
Figura 133 <i>Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm</i>	126
Figura 134 <i>Definición de las propiedades de la viga 45x75 cm</i>	126
Figura 135 <i>Definición de las propiedades de la viga 55x80 cm</i>	127
Figura 136 <i>Definición de las propiedades de la losa alivianada de 20 cm de espesor</i> .	128
Figura 137 <i>Definición de las propiedades del muro de 20 cm de espesor</i>	129
Figura 138 <i>Definición de las propiedades del muro de 30 cm de espesor</i>	129
Figura 139 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 1; vista 3D</i>	130
Figura 140 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 2; vista 3D</i>	130
Figura 141 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 3; vista 3D</i>	131
Figura 142 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 4; vista 3D</i>	131
Figura 143 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 5; vista 3D</i>	132
Figura 144 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 6; vista 3D</i>	132
Figura 145 <i>Estructura de Hormigón Armado; Modelo 7; vista 3D</i>	133
Figura 146 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	134
Figura 147 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 400/400/12 mm</i>	134
Figura 148 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	135
Figura 149 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm</i>	135
Figura 150 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 200/400/10 mm</i>	136
Figura 151 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 300/700/10 mm</i>	136
Figura 152 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	137
Figura 153 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm</i>	137
Figura 154 <i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	138

Figura 155	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm</i>	138
Figura 156	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	139
Figura 157	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm</i>	139
Figura 158	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	140
Figura 159	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 500/500/20 mm</i>	140
Figura 160	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm</i>	141
Figura 161	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 800/800/28 mm</i>	141
Figura 162	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 200/750/28 mm</i>	142
Figura 163	<i>Definición de las propiedades de la columna de acero 300/1000/28 mm</i>	142
Figura 164	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	143
Figura 165	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	144
Figura 166	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	144
Figura 167	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	145
Figura 168	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500</i>	145
Figura 169	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	146
Figura 170	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	146
Figura 171	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	147
Figura 172	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	147
Figura 173	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	148
Figura 174	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	148
Figura 175	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600</i>	149
Figura 176	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700</i>	149
Figura 177	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	150
Figura 178	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	150
Figura 179	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	151
Figura 180	<i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	151

Figura 181 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500</i>	152
Figura 182 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	152
Figura 183 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600</i>	153
Figura 184 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	153
Figura 185 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	154
Figura 186 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	154
Figura 187 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	155
Figura 188 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500</i>	155
Figura 189 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	156
Figura 190 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600</i>	156
Figura 191 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700</i>	157
Figura 192 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	157
Figura 193 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	158
Figura 194 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	158
Figura 195 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	159
Figura 196 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500</i>	159
Figura 197 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	160
Figura 198 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600</i>	160
Figura 199 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	161
Figura 200 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	161
Figura 201 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	162
Figura 202 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	162
Figura 203 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500</i>	163
Figura 204 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	163
Figura 205 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600</i>	164
Figura 206 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700</i>	164

Figura 207 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 800</i>	165
Figura 208 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240</i>	165
Figura 209 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270</i>	166
Figura 210 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300</i>	166
Figura 211 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450</i>	167
Figura 212 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600</i>	167
Figura 213 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600</i>	168
Figura 214 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700</i>	168
Figura 215 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 800</i>	169
Figura 216 <i>Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 900</i>	169
Figura 217 <i>Definición de las propiedades de la placa colaborante</i>	170
Figura 218 <i>Definición de las propiedades del muro de 20 cm de espesor</i>	171
Figura 219 <i>Definición de las propiedades del muro de 30 cm de espesor</i>	171
Figura 220 <i>Estructura Mixta; Modelo 1; Vista 3D</i>	172
Figura 221 <i>Estructura Mixta; Modelo 2; Vista 3D</i>	172
Figura 222 <i>Estructura Mixta; Modelo 3; Vista 3D</i>	173
Figura 223 <i>Estructura Mixta; Modelo 4; Vista 3D</i>	173
Figura 224 <i>Estructura Mixta; Modelo 5; Vista 3D</i>	174
Figura 225 <i>Estructura Mixta; Modelo 6; Vista 3D</i>	174
Figura 226 <i>Estructura Mixta; Modelo 7; Vista 3D</i>	175
Figura 227 <i>Combinaciones de cargas</i>	176
Figura 228 <i>Estados de cargas</i>	177
Figura 229 <i>Cargas sobre las losas N+3.00 hasta N+18.00</i>	177
Figura 230 <i>Cargas sobre la losa de cubierta</i>	178
Figura 231 <i>Cargas sobre la losa de jardinera</i>	178
Figura 232 <i>Espectro de aceleraciones</i>	179

Figura 233 Coeficientes C y K para los sismos en direcciones X y Y	180
Figura 234 Casos de análisis.....	180
Figura 235 Casos de análisis dinámico en el sentido x	181
Figura 236 Casos de análisis dinámico en el sentido y	181
Figura 237 Deriva elástica del Modelo 1	183
Figura 238 Deriva elástica del Modelo 2	184
Figura 239 Deriva elástica del Modelo 3	184
Figura 240 Deriva elástica del Modelo 4	185
Figura 241 Deriva elástica del Modelo 5	185
Figura 242 Deriva elástica del Modelo 6	186
Figura 243 Deriva elástica del Modelo 7	186
Figura 244 Deriva elástica del Modelo 1	187
Figura 245 Deriva elástica del Modelo 2	188
Figura 246 Deriva elástica del Modelo 3	188
Figura 247 Deriva elástica del Modelo 4	189
Figura 248 Deriva elástica del Modelo 5	189
Figura 249 Deriva elástica del Modelo 6	190
Figura 250 Deriva elástica del Modelo 7	190
Figura 251 Deriva inelástica máxima.....	191

Resumen

El presente trabajo de titulación contempla un análisis comparativo del comportamiento de una estructura que presenta irregularidad en planta, la misma que está diseñada con muros de corte presentes en los siete pisos de altura, la cual será comparada con la misma estructura, efectuando cambios en sus muros de corte. Para dicho análisis comparativo se ejecutaron seis variaciones en los muros de corte; estos van desde la colocación de ventanas en los muros, remplazo de los muros de corte por columnas a partir del tercer piso, solo muros en el ducto del ascensor y la sustitución de los muros por columnas en la totalidad de la estructura, se optó por dos tipos de sistemas constructivos: hormigón armado y estructura mixta. Se realizaron modelos de la estructura y todas sus variantes mediante software de cálculo estructural cumpliendo con todo lo estipulado en la “Norma Ecuatoriana de la Construcción” y las especificaciones de las normativas ACI 318S- 19 y AISC 360-16; procurando que las derivas de piso inelásticas sean lo más similares en todos los modelos, una vez elaborado los diseño se realizó un presupuesto referencial de los catorce modelos adicionalmente, se calculó las áreas totales que son ocupadas por la estructura, para encontrar el modelo estructural que represente la menor pérdida del área de utilización.

PALABRAS CLAVE

- **MUROS DE CORTE**
- **DERIVAS DE PISO**
- **IRREGULARIDAD EN PLANTA**
- **ANÁLISIS COMPARATIVO**

Abstract

In the present degree work, a comparative analysis of the behavior of a structure that presents irregularity in plan is contemplated. It is designed with shear walls present on the seven stories high, which will be compared with the same structure, making changes in its shear walls. For this comparative analysis, seven variations were made in the shear walls. They range from window placement on the walls, replacement of shear walls by columns from the third floor, only shear walls in the elevator shaft, and the replacement of shear walls by columns in the entire structure. Two types of building systems were chosen: reinforced concrete and mixed structure. Models of the structure and all its variants were made through structural calculation software, complying with all of the standards stipulated in the "Ecuadorian Building Regulations" and the ACI 318S-19 and AISC 360-16 regulatory specifications. It was ensured that the inelastic storey drifts are the most similar in all the models. And once the designs were elaborated, a referential budget of the fourteen models was made, as well as the calculation of useful areas to find the most viable model and represents the least loss of the area of use

KEYWORDS

- **SHEAR WALL**
- **STOREY DRIFT**
- **IREGUALRITY IN PLAN**
- **COMPARATIVE ANALYSIS**

Capítulo I

Generalidades

Descripción resumida del proyecto

El proyecto consiste en un análisis comparativo de una edificación que presenta irregularidad en planta, consta de muros estructurales cumpliendo las recomendaciones de la teoría de estructuras, versus la misma estructura con muros que sufren modificaciones bruscas de secciones transversales de muros de corte, o a su vez su truncamiento por efecto de la configuración arquitectónica de las respectivas plantas.

Se contrastará el comportamiento de la estructura al momento de reemplazar las secciones de dichos muros, ya sea a medida que aumente la altura o en la totalidad de la estructura.

A su vez se analizará, si este cambio en los muros estructurales causa algún problema estructural, ya que al presentarse un cambio brusco la rigidez de cada planta en la edificación, frente a fuerzas laterales producidas por un sismo se genera problemas de torsión en planta debido a su irregularidad estructural, adicionalmente un aumento de la deriva, con sus consecuencias.

Antecedentes

En sitios en los cuales existe la presencia de fallas geológicas se debe tener en cuenta que debido a las mismas es muy probable que se presente una alta sismicidad, los muros estructurales de hormigón armado se utilizan con mucha frecuencia como sistema que contrarresta cargas laterales en edificios de mediana y gran altura. Los muros de hormigón armado son rígidos y fuertes, de manera muy sencilla se logran adecuar en diferentes tipos de plantas arquitectónicas, y con un adecuado diseño, se comportan adecuadamente frente a los efectos producidos por sismos. Los muros pueden ser

colocados en una gran variedad de formas dentro de las edificaciones, con múltiples muros soportando las cargas en distintas direcciones (Morales, Hube, & Cersa, 2019).

Los distintos tipos de pórticos resistentes a momentos con muros de corte, convierten a estos en un sistema constructivo muy competente en cuanto a contrarrestar fuerzas sísmicas se refiere. Al realizar una adecuada distribución de los mismos podemos diseñar una estructura con gran rigidez capaz de soportar grandes fuerzas laterales. No obstante, debemos tener en cuenta algunas variables que pueden resultar contraproducentes llevando a un inadecuado comportamiento de la edificación, tales como la gran diferencia de rigidez que puede existir entre las zonas de influencia de los muros de corte y el resto de la estructura, además pueden generarse elevadas sollicitaciones en los elementos que conectan a las zonas de mayor rigidez con el resto de la estructura (Ordoñez, 2015).

Justificación e importancia

Los países con alto peligro sísmico deben desarrollar investigaciones encaminadas a disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de las estructuras, ya sea sistemas de protección sísmica, como aislamiento o disipación de energía, considerando que en el país la mayoría de edificios construidos son edificaciones irregulares en planta y elevación; algunas de estas estructuras tienen sistemas de muros de corte a lo alto de toda la estructura, otras edificaciones poseen muros de corte hasta una altura determinada y en pisos superiores presentan cambios de secciones transversales de diafragmas en forma brusca o simplemente son truncados para transformarse en un sistema aporticado de columnas y vigas.

Ecuador al estar constantemente bajo movimientos telúricos es necesario realizar investigaciones que presenten alternativas de sistemas estructurales sismo resistente, ya que la mayoría de las edificaciones solo se basan el sistema aporticado, como se

comprobó con el terremoto del 16 de abril del 2016 en Manabí que dejó un gran número de daños en elementos estructurales, demostrando que se debe investigar nuevos sistemas estructurales.

Otro de los factores a considerar en la construcción de edificaciones de mediana o gran altura es el económico, por ese motivo cuando se utilizan sistemas de pórticos las vigas y columnas requieren de un gran tamaño para cumplir con los requisitos de desplazamiento, y resultan antieconómicos, con la finalidad de reducir las dimensiones de vigas y columnas y aumentar la rigidez de la estructura se emplea muros de cortes.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Realizar un análisis comparativo del comportamiento de estructuras con irregularidad en planta, con la presencia de muros de corte, con la misma estructura, pero realizando cambios bruscos de sección transversal de los mismos.

Objetivos específicos

- Modelar y diseñar estructuras irregulares en planta con muros de corte.
- Modelar y diseñar las mismas estructuras, con muros de corte que sufran cambios bruscos.
- Analizar el comportamiento de las estructuras propuestas.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos de la misma estructura con las variaciones realizadas a nivel de muro de corte.
- Realizar un análisis comparativo del análisis de los precios unitarios de todas las variaciones de la estructura.

Hipótesis

Realizar cambios las secciones transversales de los muros de corte no afectará significativamente a la rigidez de la estructura.

Metodología

En el presente proyecto se aplicará una metodología por su alcance descriptiva ya que está orientado a determinar el comportamiento estructural de edificaciones de hormigón armado irregulares en elevación; al estar estructuradas con y sin muros de corte o cambiando la sección de los mismos.

También se aplicará una investigación bibliográfica, para lo cual se revisará documentación, tales como normas y literatura relacionada, el diseño estructural sismorresistente con muros de corte para estructuras de hormigón armado, tal cual lo estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2015 o por sus siglas NEC-15, adicional se considerarán los requisitos que determina los Institutos Americanos del Concreto (ACI 318S- 19) y del Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC 360-16) .

Se realizará una comparación de resultados obtenidos mediante software de cálculo estructural de las distintas estructuras para determinar el comportamiento de las mismas, con dichos resultados se elaborarán las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Capítulo II

Marco Teórico

Sistemas estructurales

Se puede definir como sistema estructural al conjunto de elementos estructurales que conforman un solo cuerpo; el cual sirve para soportar y transmitir las fuerzas y/o empujes hacia cimentación; existen diferentes tipos de sistemas estructurales los cuales se diferencian entre sí ya sea por su comportamiento o diseño.

Cada sistema estructural responde de manera distinta cuando esta se ve sometida a solicitaciones sísmicas, aspectos como la configuración estructural, simetría, distribución de masa y regularidad vertical deben ser considerados, además la resistencia, rigidez, y ductilidad son otros aspectos de importancia para una adecuada respuesta (Paulay & Priestly, 1992).

Sistemas estructurales basados en pórticos

Los sistemas estructurales de pórticos están conformados por vigas, columnas, losas de hormigón armado que se encontraran conectados entre sí formando un conjunto por medio de nudos rígidos que permiten transferir momentos flectores, cargas axiales y esfuerzos cortantes.

El diseño de las conexiones viga-columna es considerado el aspecto más crítico dentro del diseño de un edificio de hormigón armado situado en zonas de alto riesgo sísmico, sobre todo en aquellos estructuradas que carecen de diafragmas o elementos similares capaces de disipar las fuerzas sísmicas (Aguilar, Revelo, & Tapia, 2005)

Sistemas estructurales basados en muros de corte o diafragmas

Se lo puedo denominar como sistema combinado, en el cual, las cargas verticales son resistidas por pórticos especiales resistentes a momentos, y las solicitaciones sísmicas en gran parte son resistidas por muros de corte o diafragmas, los cuales son paredes de hormigón armado continuos, que deben estar distribuidos de forma simétrica y de preferencia perimetralmente para que tengan un mejor comportamiento sísmico (Barros & Peñafiel, 2015).

Estas estructuras presentan un aumento en su rigidez lateral y proporciona una mayor resistencia, por tal motivo es un sistema estructural de los más eficientes para poder resistir fuerzas sísmicas y tiene ventajas tales como:

- Disminución de derivas de piso, vibraciones, oscilaciones y sus desplazamientos son muchos menores.
- Minimiza las fallas por piso blando y columna corta.

Sistemas estructurales duales

Los sistemas estructurales duales son la combinación de un sistema aporticado reforzado con muros de corte para aportar mayor rigidez a la estructura y así disipar de mejor manera las solicitaciones horizontales tales como las cargas sísmicas (ACI 318S-14, 2014).

Tipos de muros de corte

Los muros de corte se pueden subdividir acorde a sus dimensiones en dos grupos:

- Muros Cortos:

Se denominan muros cortos (short shear walls). Estos muros generalmente por su tamaño (uno o dos pisos) son controlados por el esfuerzo cortante (Guerra & Chacón, 2010).

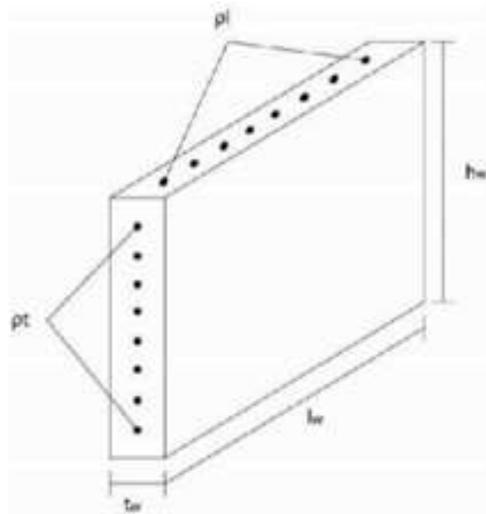
- Muros Esbeltos:

Cuando la relación altura-longitud del muro es mayor o igual a 3 estos muros se los conoce como muros cortos esbeltos (slender shear Wall).

Estos muros, a diferencia de los muros cortos, abarcan longitudes a lo largo de 3 o 4 pisos en altura y las fuerzas laterales son resistidas principalmente por la flexión del muro vertical, como si se tratara de una viga en voladizo empotrada en la base (Wight & Macgregor, 2013).

Figura 1

Esquema de muro estructural y dimensiones



Nota: Recuperado de Diseño sismo resistente de edificios utilizando Etabs.

Distribución de los muros en planta

La Normativa Ecuatoria de la Construcción (NEC) hace hincapié en una adecuada disposición espacial de los muros de corte y define como una correcta disposición al ubicar los muros lo más simétricamente posible, hacia las periferias del edificio, y que su longitud en planta se mantenga a todo lo alto de la estructura. Esta recomendación es de común práctica en el diseño sismo resistente, y tiene el objetivo de minimizar la excentricidad o separación entre el centro de masa (CM) y el centro de rigidez (CR) de la estructura. Las fuerzas laterales inducidas por el sismo se asumen que actúan a través del centro de masa y cualquier excentricidad entre éste y el centro de rigidez resultará en la generación de momentos torsores en planta.

Debido a los grandes desplazamientos que sufre una estructura por los efectos de un sismo, el centro de rigidez tiende a reubicarse y por ende la excentricidad entre el CM y el CR podría ser mayor; de igual manera, la distribución de la mampostería en cada piso y los cambios no estructurales que podría sufrir la estructura durante su ciclo de vida también podrían afectar a la excentricidad conocida como excentricidad accidental. Por estos motivos, la NEC, al igual que otros códigos de construcción de edificaciones, especifican una excentricidad mínima del 5% en las dos direcciones principales de análisis.

Tipos de fallas en los muros de corte

En los muros de corte se ha demostrado que pueden fallar de distintas maneras y estas son:

- Falla por flexión:

Se presenta cuando la capacidad de resistencia a la fuerza cortante supera a la de flexión.

El agrietamiento se da en forma vertical, en el centro y esquinas.

La falla por flexión trata de concentrarse en la zona más débil del muro, por ejemplo, donde hay una reducción significativa de su longitud.

· Falla por corte:

Se produce cuando su capacidad resistente a fuerza cortante es inferior a la de flexión.

Grietas diagonales.

Es consecuencia de las tensiones de tracción diagonal o esfuerzos de corte que se producen en el mismo.

· Falla por deslizamiento:

Este tipo de falla es una derivación de la falla por flexión, producida al conectarse las dos grietas formadas por flexión en ambos extremos del muro.

Se produce generalmente en las juntas de construcción del muro.

La falla por deslizamiento es muy peligrosa, porque una vez formada ésta, la losa de techo arrastra al muro en la dirección transversal a su plano, haciéndolo girar en torno al borde longitudinal del plano de falla.

· Falla por compresión diagonal:

Cuando el esfuerzo cortante promedio en el muro es grande y existe adecuado refuerzo horizontal, el concreto puede aplastarse bajo compresión diagonal.

La falla por compresión diagonal resulta en una dramática e irrecuperable pérdida de resistencia.

La falla por compresión diagonal es muy indeseable en muros que deberían responder de una manera dúctil.

- Falla por confinamiento:

Cuando existe demasiado espaciamiento entre las armaduras horizontales.

Produce un insuficiente confinamiento del hormigón y da lugar pandeo del refuerzo a flexión.

Espesor mínimo

La norma NEC no proporciona un valor para el ancho mínimo de la sección del muro t_w .

La norma ACI recomienda un ancho mínimo para muros sometidos a cargas axiales gravitacionales. Mediante la fórmula:

$$t < [10 \text{ cm}; l/25]$$

Donde:

l: menor valor entre longitud y altura no soportada del muro.

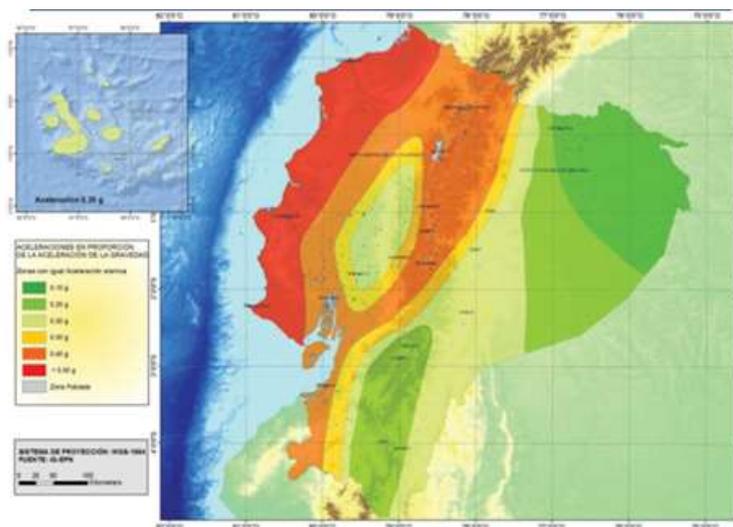
Fuerzas sísmicas

En el diseño sismorresistente se aplica la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas; la norma proporcionará los criterios presentados a continuación, para el análisis sísmico mediante el espectro de respuesta.

Zonificación sísmica y factor Z

Figura 2

Zonas sísmicas de Ecuador



Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Figura 3

Zonas sísmicas de Ecuador

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Coeficiente de ampliación del suelo en un periodo corto (Fa)

Figura 4

Tipo de suelo y factor de sitio Fa

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Desplazamiento para diseño de roca (Fd)

Figura 5

Tipo de suelo y factor de sitio Fd

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Comportamiento no lineal de los suelos (Fs)

Figura 6

Tipo de suelo y factor de sitio Fs

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

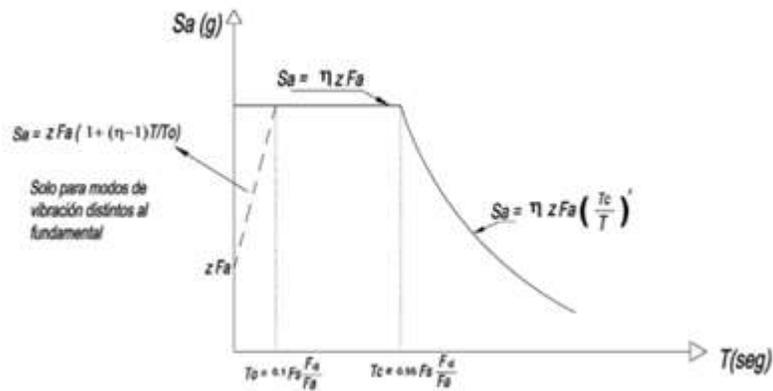
Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Espectro de diseño (Sa)

Se lo determina en función de los factores seleccionados anteriormente y su fórmula es la siguiente:

Figura 7

Espectro elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño



Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right) \quad \text{para } T > T_c$$

$$T_c = 0.55 F_s \left(\frac{F_D}{F_a} \right) \quad \text{para } T_L = 2.4 * F_d$$

Tabla 1Valores de η

Ubicación	η
Provincias Costas (menos Esmeraldas)	1.8
Provincias Sierra, Esmeraldas y Galápagos	2.48
Provincias Oriente	2.6

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Categoría del edificio y componente de importancia (I)

La NEC categoriza la importancia de las edificaciones según la tabla presentada a continuación:

Tabla 2

Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.50
Estructura de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.30

Otras estructuras	Todas las estructuras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1.00
-------------------	--	------

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Límites permisibles de la deriva de piso (ΔM)

Según la NEC los límites permisibles de las derivas de piso en edificaciones, dependiendo del tipo de estructura son:

Tabla 3

Valores de ΔM máximos, expresados como fracción de altura de piso

Estructura de:	ΔM
Hormigón Armado, estructura metálica y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Configuración estructural

Figura 8

Configuraciones estructurales recomendadas



Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Figura 9

Configuraciones estructurales no recomendadas

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN		IRREGULARIDADES EN PLANTA
<p>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas. La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>		<p>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical. Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p>
<p>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia. La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>		
<p>Columna corta Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>		

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Irregularidades y coeficientes de configuración estructural

En caso de estructuras irregulares, tanto en planta como en elevación, se usarán los coeficientes de configuración estructural, que “penalizan” al diseño con fines de tomar en cuenta dichas irregularidades, responsables de un comportamiento estructural deficiente ante la ocurrencia de un sismo. Los coeficientes de configuración estructural incrementan el valor del cortante de diseño, con la intención de proveer de mayor resistencia a la estructura, pero no evita el posible comportamiento sísmico deficiente de la edificación. Por tanto, es recomendable evitar al máximo la presencia de las irregularidades mencionadas (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

Tabla 4*Coefficientes de irregularidad en planta*

TIPO	Descripción de irregularidad en planta	
1	Irregularidad torsional	0.90
2	Retrosesos excesivos en las esquinas	0.90
3	Discontinuidad en el sistema de piso	0.90
4	Ejes estructurales no paralelos	0.90

*Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.***Tabla 5***Coefficientes de irregularidad elevación*

TIPO	Descripción de irregularidad en planta	
1	Piso flexible	0.90
2	Distribución de masa	0.90
3	Irregularidad geométrica	0.90

*Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.***Cortante basal de diseño (V)**

$$V = \frac{I \times S_a \times (T_a)}{R \times \Phi_P \times \Phi_E}$$

Dónde:

V= Cortante Basal

S_a (T_a) = Espectro de diseño en aceleraciónΦ_E y Φ_P = Coeficientes de configuración en planta y elevación

I = Coeficiente de importancia

R = Factor de reducción de resistencia sísmica

W = Carga sísmica reactiva

T_a= Periodo de vibración

Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R

Tabla 6

Coefficientes de reducción de respuesta estructural R

Sistema Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigizadoras.	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón amado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas descolgadas	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistema de muros estructurales dúctiles de hormigón armado	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Sistema Estructurales de Ductilidad Limitada	
Pórticos Resistentes a momentos	
Hormigón armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia.	2.5
Estructura de acero conformado en frio, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros Estructurales Portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Comportamiento estructural

El comportamiento estructural de una edificación corresponde directamente en el análisis y diseño empleado en el cual se determinan las reacciones producidas en los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan en las secciones de una estructura sismo resistente.

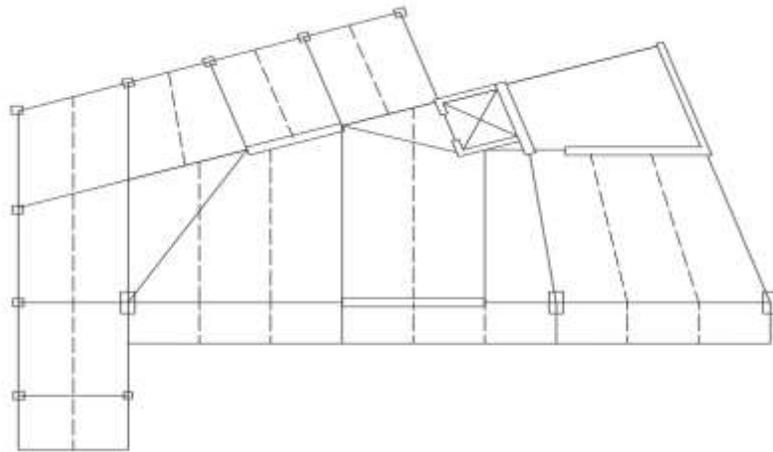
Capítulo III

Análisis de cargas y espectro de diseño

Geometría de la Estructura

Figura 10

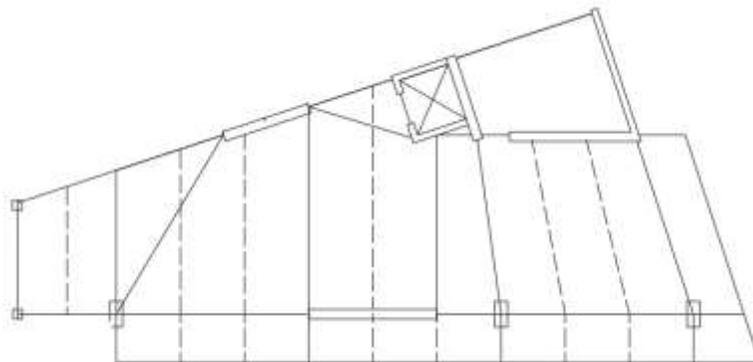
Vista en planta de planta baja



Nota: Elaboración propia.

Figura 11

Vista en planta del 1er Piso



Nota: Elaboración propia.

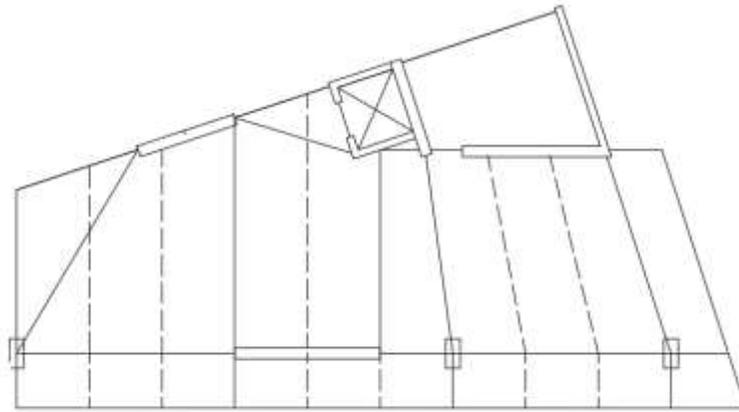
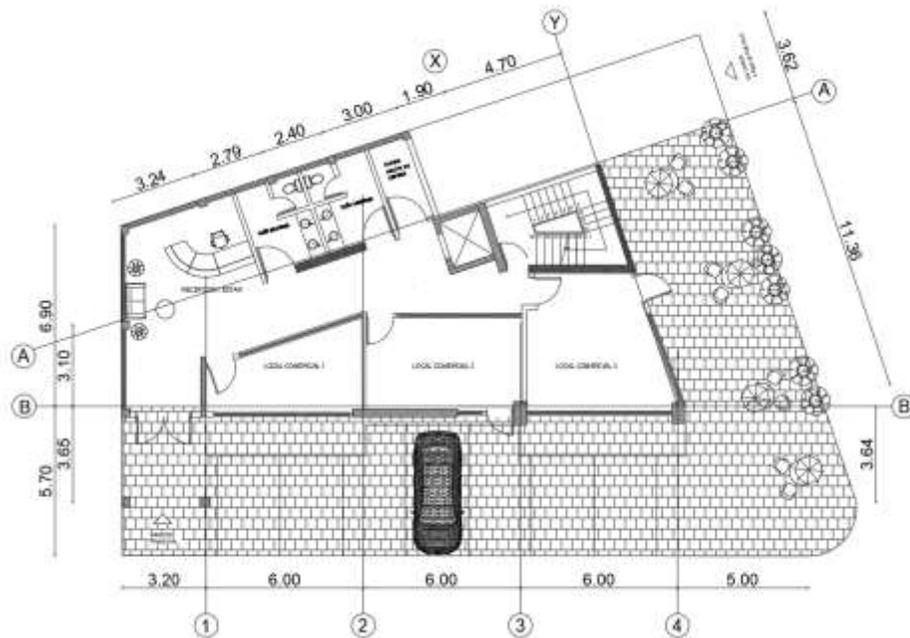
Figura 12*Vista en planta del 2do al 6to Piso**Nota: Elaboración propia.***Figura 13***Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja**Nota: Elaboración propia.*

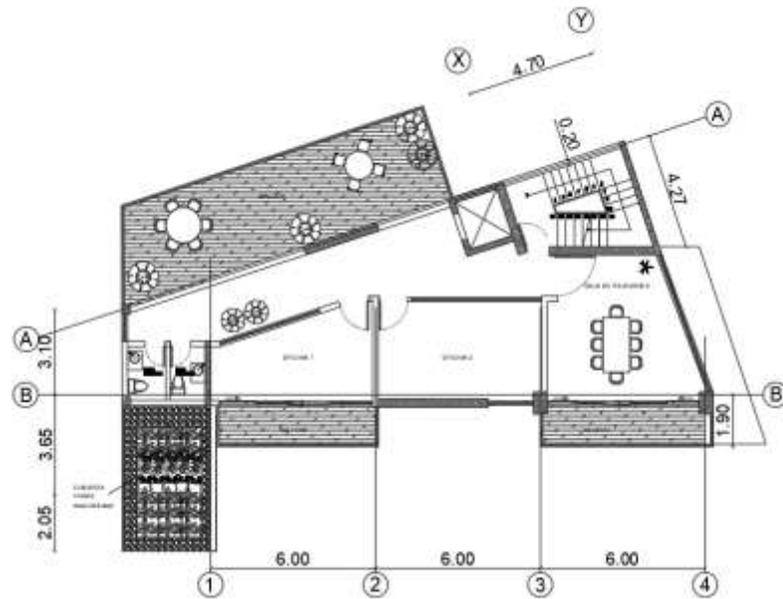
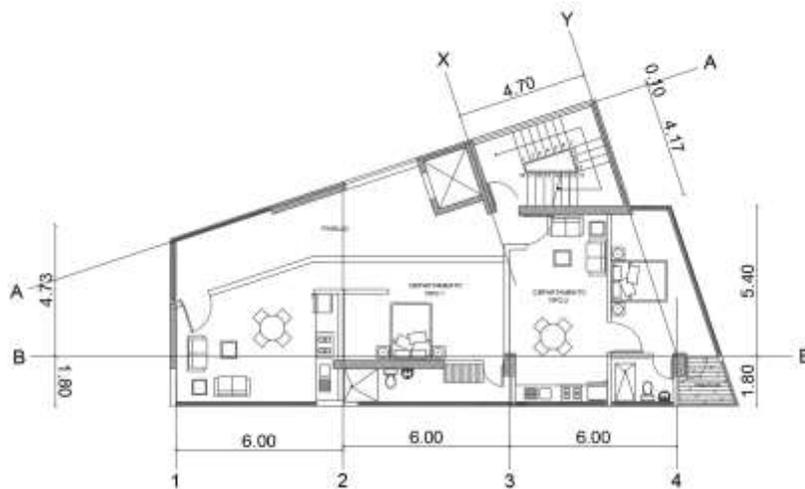
Figura 14*Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er Piso**Nota: Elaboración propia.***Figura 15***Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3 al 7)**Nota: Elaboración propia.*

Figura 16

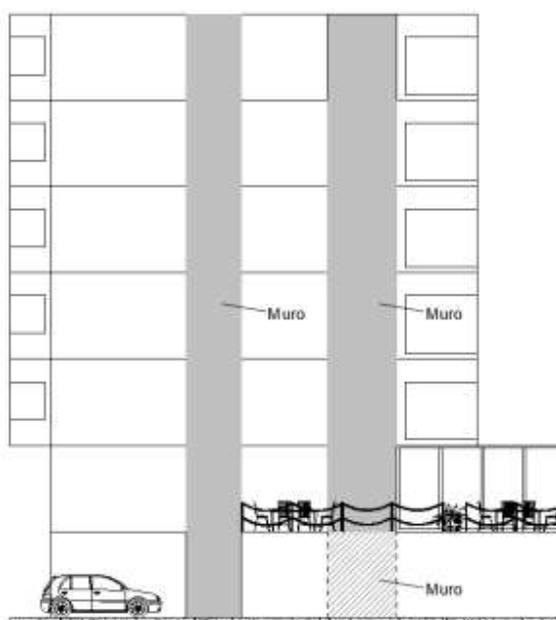
Plano Arquitectónico; Fachada Frontal



Nota: Elaboración propia.

Figura 17

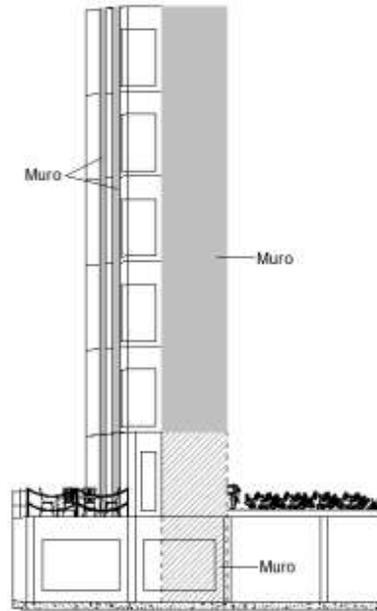
Plano Arquitectónico; Fachada Posterior



Nota: Elaboración propia.

Figura 18

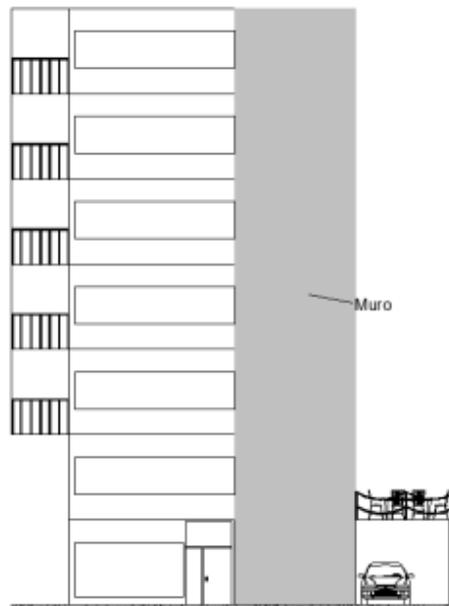
Plano Arquitectónico; Fachada Lateral Izquierda



Nota: Elaboración propia.

Figura 19

Plano Arquitectónico; Fachada Lateral Derecha



Nota: Elaboración propia.

Sistema Resistente a cargas verticales y laterales

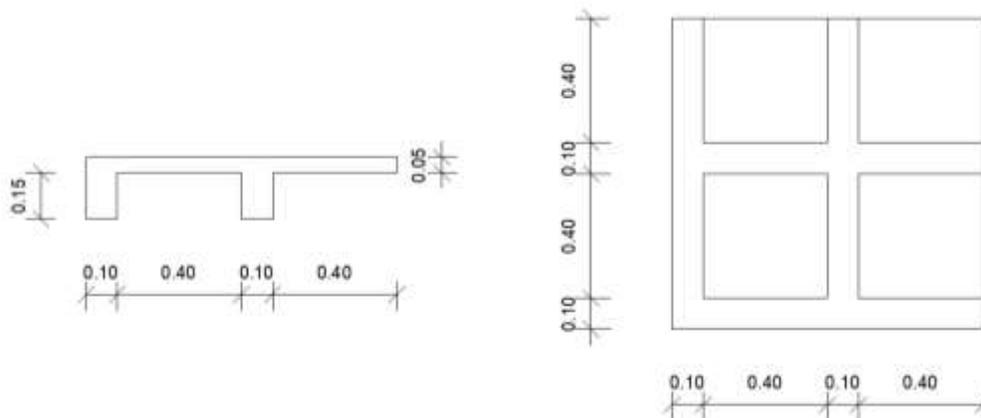
En el cálculo estructural del edificio propuesto se plantean dos alternativas de sistemas estructurales, el primero de hormigón armado y el segundo una estructura mixta en los cuales se realizarán una serie de modificaciones y cambios, los cuales serán responsables de resistir todas las sollicitaciones de cargas horizontales, verticales y laterales.

Los sistemas estructurales y sus variantes estarán conformados por configuraciones de vigas, columnas y muros de corte en la alternativa de hormigón. Mientras que la alternativa de estructura metálica se conformará por columnas huecas, vigas y viguetas tipo I de acero estructural.

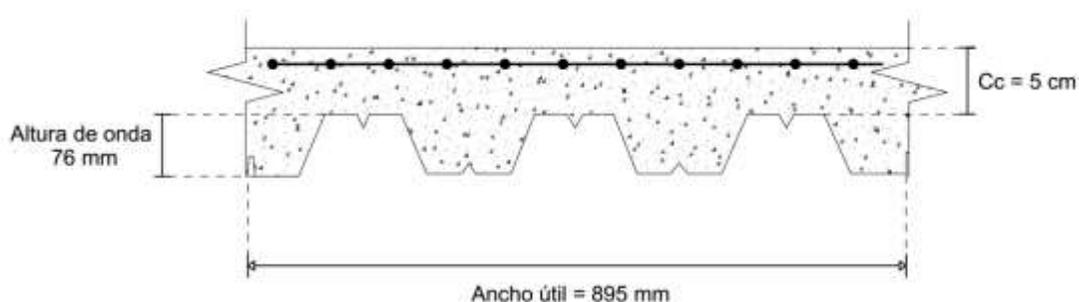
La losa que conforma el edificio en su propuesta de hormigón será bidireccional alivianada de 20cm de altura y en la variante metálica tendrá una placa colaborante y una loseta de hormigón armado de 5 centímetros sobre la cresta de la misma como se detalla en la figura 21.

Figura 20

Corte y vista en planta de la losa bidireccional alivianada



Nota: Elaboración propia.

Figura 21*Corte transversal de placa colaborante**Nota: Elaboración propia.*

La mampostería en el proyecto para reducir cargas, se consideró la utilización de steel framing, lo cual nos permite asignar un peso de mampostería incluido instalaciones de 90 kg/m².

Análisis de cargas

El análisis de cargas de cada propuesta se realizó mediante los planos arquitectónicos, las cuales se realizaron en conformidad con lo que estipula la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Carga Viva

La Norma Ecuatoria de la construcción en su capítulo de cargas no sísmicas menciona que “La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.” (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

El uso que mayoritariamente se le dará a la edificación es residencial por lo que la estructura entra en la categoría de residencias Multifamiliares.

Tabla 7*Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas*

Residencias	Carga uniforme (KN/m²)
Viviendas (Unifamiliares y bifamiliares)	2.00
Hoteles y residencias multifamiliares	2.00

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Por lo cual, el valor de carga viva que la NEC nos recomienda trabajar es de 2.0 KN/m² = 200 kg/m².

Granizo

Según la Norma Ecuatoriana de la construcción en su capítulo de cargas no sísmicas numeral 3.2.5 menciona que la región del país que se encuentre sobre los 1500 msnm se deberá tomar en cuenta la carga del Granizo.

Para la losa de cubierta y la jardinera las cuales posee una inclinación menor al 5% se considera una carga de granizo de 1.0 KN/m² = 100 kg/m².

Carga Sísmica

Para la obtención de la fuerza sísmica se selecciona los distintos valores y factores proporcionados por la NEC, al obtener dichos factores se podrá garantizar que la estructura calculada será resistente a las cargas sísmicas que impone la NEC.

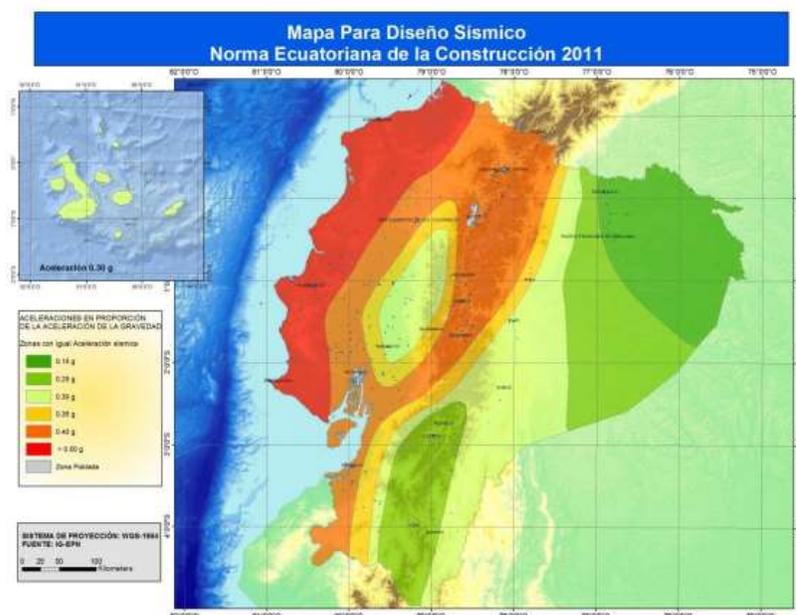
En la elaboración de los modelos estructurales se aplicará la carga sísmica mediante un espectro de respuesta, para el cual es necesario determinar los valores y factores siguientes:

Factor de zona Z

La NEC en el Capítulo de Peligro Sísmico, divide a Ecuador en 6 zonas; este factor representa la fracción de aceleración en roca del sismo de diseño. Las zonas sísmicas del Ecuador se muestran en la figura 14.

Figura 22

Zonas sísmicas



Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

La norma ecuatoriana de la construcción en su capítulo de cargas sísmicas el literal 10.2, tabla 16, proporciona el factor Z para cada una de las poblaciones del Ecuador.

Figura 23

Factor Z por poblaciones para el proyecto

PIFO	PIFO	QUITO	PICHINCHA	0.40
TAMBILLO	TAMBILLO	MEJIA	PICHINCHA	0.40
SANTA ROSA	CONOCOTO	QUITO	PICHINCHA	0.40
SAN RAFAEL	AMAGUADA	QUITO	PICHINCHA	0.40
CONOCOTO	CONOCOTO	QUITO	PICHINCHA	0.40
QUITO	POMASQUI	QUITO	PICHINCHA	0.40
ALANGASI	ALANGASI	QUITO	PICHINCHA	0.40
SAN PABLO	SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	0.50
ATAHUALPA	ATAHUALPA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	0.50
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	0.50

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

El factor de zona Z del proyecto es de 0.4g. Con la obtención de este valor se procede a seleccionar la zona sísmica.

Figura 24

Factor Z, en función de la zonificación sísmica para el proyecto

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Figura de la cual se obtiene una zona sísmica V y alto peligro sísmico.

Tipo de Suelo

Según la Norma Ecuatoria de la construcción en su tabla 2, del capítulo de cargas sísmicas se tiene 6 diferentes tipos de perfil de suelos.

Figura 25

Perfiles de suelos del proyecto

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_v \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_v \geq 50$ kPa

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Al no tener estudios se suelos y no conocer las características del mismo se procede a elegir un suelo tipo D muy característico de la zona sísmica seleccionada.

Una vez determinado el tipo de suelo y zona sísmica se procede con la selección de los factores F_a , F_d , y F_s , proporcionados a continuación por las figuras 26,27 y 28.

Coeficiente F_a de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

Figura 26

Tipos de suelo y Factor de sitio F_a del proyecto

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Coeficiente F_d de amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca

Figura 27

Tipos de suelo y Factor de sitio F_d del proyecto

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Coeficiente F_s de comportamiento no lineal de los suelos

Figura 28

Tipos de suelo y factor de sitio F_s

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

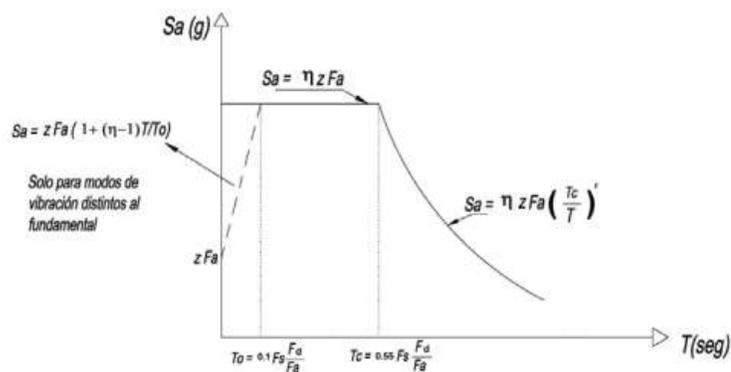
Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Con estos coeficientes establecidos, acorde con la zona donde se construirá el proyecto, se establece el espectro de respuesta elástico para el cálculo estructural.

Se observa el espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a para el sismo de diseño en la figura 29.

Figura 29

Espectro de respuesta elástico



Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Donde:

- **η** : Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
 - $\eta= 1.80$ Costa, excepto Esmeraldas
 - $\eta= 2.48$ Sierra, Esmeraldas y Galápagos
 - $\eta= 2.60$ Oriente.
- **Fa**: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- **Fd**: Coeficiente de amplificación del suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca considera los efectos de sitio.
- **Fs**: Coeficiente de amplificación de suelo. Considerando el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y de los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.
- **Sa**: Espectro de respuesta elástico de aceleraciones. Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.
- **T**: Periodo fundamental de vibración de la estructura.
- **To**: Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico que representa el sismo de diseño.

- **Tc:** Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico que representa el sismo de diseño.
- **Z:** Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad (g)

Periodo de vibración de la estructura de hormigón armado.

El periodo (T) para las edificaciones se calcula mediante la siguiente expresión.

$$T = C_t(h_n)^\alpha$$

Donde:

C_t : Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n : Altura máxima de la edificación de n pisos medida desde la base (m)

Figura 30

Coefficientes para determinar el periodo

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Se toman estos valores ya que las estructuras estarán conformadas de pórticos de hormigón armado con muros estructurales. Con estos coeficientes se procede al cálculo del periodo fundamental de la estructura T.

$$T = 0.055(21)^{0.75}$$

$$T = 0.5395 \text{ s}$$

Espectro Elástico

Para la obtención del espectro de respuesta elástico, se debe calcular en primer lugar los periodos T_o y T_c denominados periodos límites, mediante las siguientes formulas.

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

$$T_o = 0.1 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_o = 0.1269 \text{ s}$$

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

$$T_o = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_o = 0.6981 \text{ s}$$

Para lograr determinar el rango del espectro se utilizan las siguientes expresiones:

$$0 < T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a$$

$$T > T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

Donde:

r: Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

r=1 Para todos los suelos con excepción del suelo tipo E.

r=1.5 Para tipo de suelo E.

Para la estructura, el valor de amplificación espectral η es 2.48, por ubicarse en la región Sierra.

Se utiliza la expresión de S_a para el rango de $0 < T \leq T_c$, ya que T es menor que el de T_c .

$$S_a = 2.48 * 0.4 * 1.2$$

$$S_a = 1.1904$$

Periodo de vibración de la estructura mixta.

El periodo (T) para las edificaciones se calcula mediante la siguiente expresión.

$$T = C_t(h_n)^\alpha$$

Donde:

C_t : Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n : Altura máxima de la edificación de n pisos medida desde la base (m)

Figura 31

Coefficientes para determinar el periodo

Tipo de estructura	C ₁	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Se toman estos valores debido a que las estructuras estarán conformadas de pórticos de acero estructural A572 Gr50 con muros estructurales. Una vez obtenidos estos coeficientes se procede al cálculo del periodo fundamental de la estructura T.

$$T = 0.073(21)^{0.75}$$

$$T = 0.8339 \text{ s}$$

Espectro Elástico

Para la obtención del espectro de respuesta elástico, se debe calcular en primer lugar los periodos T_o y T_c denominados periodos límites, con la utilización de las siguientes fórmulas.

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

$$T_o = 0.1 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_o = 0.1269 \text{ s}$$

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

$$T_c = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_c = 0.6981 \text{ s}$$

Para lograr determinar el rango del espectro se utilizan las siguientes expresiones:

$$0 < T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a$$

$$T > T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

Donde:

r: Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

r=1 Para todos los suelos con excepción del suelo tipo E

r=1.5 Para tipo de suelo E

Para la estructura propuesta el valor de amplificación espectral $\eta = 2.48$ ya que se encuentra ubicada en la región Sierra.

Se utiliza la expresión de S_a que se encuentra en el rango de $T > T_c$ ya que nuestro valor de T es mayor que el de T_c .

$$S_a = 2.48 * 0.4 * 1.2 * \left(\frac{0.6981}{0.8339} \right)^1$$

$$S_a = 0.9965$$

Categoría del edificio y coeficiente de importancia (I)

La estructura al estar destinada para un uso mayoritariamente residencial, está categorizada como otras estructuras con un factor de importancia $I = 1.00$, como muestra la siguiente figura.

Figura 32

Categoría y factor de importancia

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

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Irregularidad en elevación ($\emptyset E$)

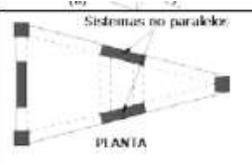
El factor que representa la irregularidad en elevación de la estructura propuesta es $\emptyset E = 1.00$ ya que la altura de entrepiso se mantiene constante para toda la edificación lo cual no representa ningún tipo de irregularidad.

Irregularidad en planta ($\emptyset P$)

El factor que representa la irregularidad en planta para la estructura propuesta es $\emptyset P = 0.90$, debido a que cumplen lo estipulado en la sección 5.2.3, tabla 13 de la Norma Ecuatoria de la Construcción, presenta una irregularidad correspondiente al tipo 4 (Ejes estructurales no paralelos).

Figura 33

Tipo de irregularidad en planta ϕ_P

<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_P=0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
---	---

Nota: Recuperado del Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda, 2015.

Factor de reducción de respuesta

Factor de reducción de respuesta para hormigón armado (R)

Los modelos estructurales de hormigón que se realizarán constan de pórticos especiales sismo resistente con vigas descolgadas y muros estructurales de hormigón armado, razón por la cual el factor de reducción de respuesta tiene un valor de $R=7$.

Factor de reducción de respuesta para acero (R)

Los modelos estructurales de acero que se realizarán se conforman de pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente con muros estructurales de hormigón armado, debido a esto el factor de reducción de respuesta tiene un valor de $R=7$.

Espectro Inelástico

Para trabajar con el espectro inelástico se deberá multiplicar el espectro de respuesta elástico con el factor presentado a continuación.

$$I_n = \frac{I}{R * \phi_P * \phi_E}$$

En la tabla 8 presentada a continuación se muestran los valores del factor de espectro inelástico tanto para hormigón armado como para acero.

Tabla 8

Valores utilizados para calcular el coeficiente de espectro inelástico

Estructura	I	R	ϕ_P	ϕ_E	Coeficiente inelástico
Hormigón	1	7	0.9	1	0.15873
Acero	1	7	0.9	1	0.15873

Nota: Elaboración propia.

Cortante Basal

Para determinar el cortante basal con el cual se trabajará se utiliza la fórmula que se presenta a continuación.

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi_P * \phi_E}$$

En la tabla 9 se presentan los valores del cortante basal tanto para hormigón armado como para acero.

Tabla 9

Valores del cortante basal

Estructura	I	R	ϕ_P	ϕ_E	Sa	Cortante Basal
Hormigón	1	7	0.9	1	1.1904	0.183
Acero	1	7	0.9	1	0.9965	0.158

Nota: Elaboración propia.

Capítulo IV

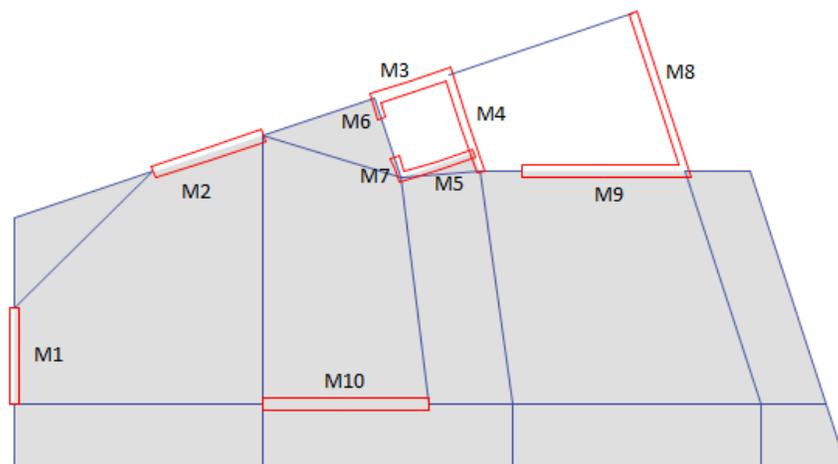
Modelamiento de las Estructuras

Descripción de los modelos

Se presenta un esquema en el cual se numeró los muros de corte para una mejor comprensión de los modelos realizados.

Figura 34

Disposición y nomenclatura de los muros de corte del modelo



Nota: Elaboración propia.

Modelo 1

El primer modelo consiste en la edificación planteada, la cual se compone de 10 muros de corte, dichos muros permanecen constantes a lo alto de la edificación, además de 2 columnas, y vigas descolgadas.

Se utilizó esta cantidad de muros de corte debido a que la estructura presentaba una fuerte acción de torsión debido a su irregularidad en planta.

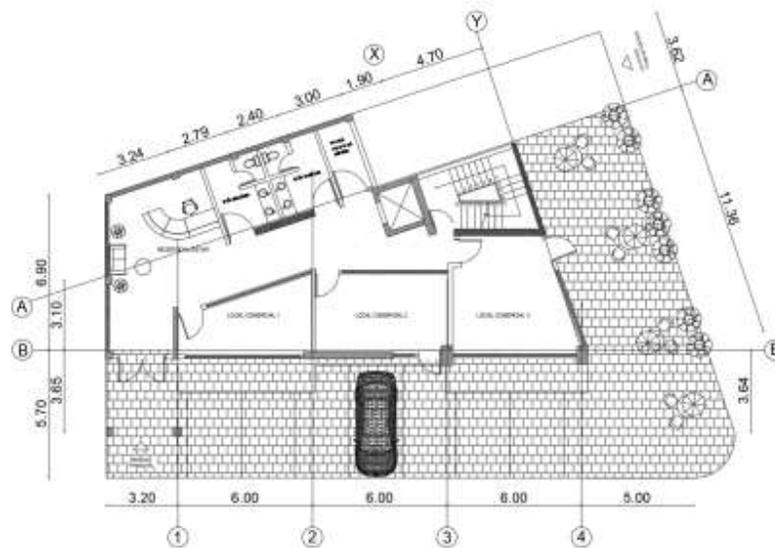
Los modelos del número 2 al número 7, fueron realizados en relación al primer modelo con modificaciones en algunos de sus diafragmas, como se muestra en las figuras de la 35 a la 80, en las cuales se representan los muros de corte en color gris.

Modelo 2

Para el segundo modelo se cambia tres muros (M1, M2 y M10), a partir del tercer piso estos son reemplazados por columnas.

Figura 35

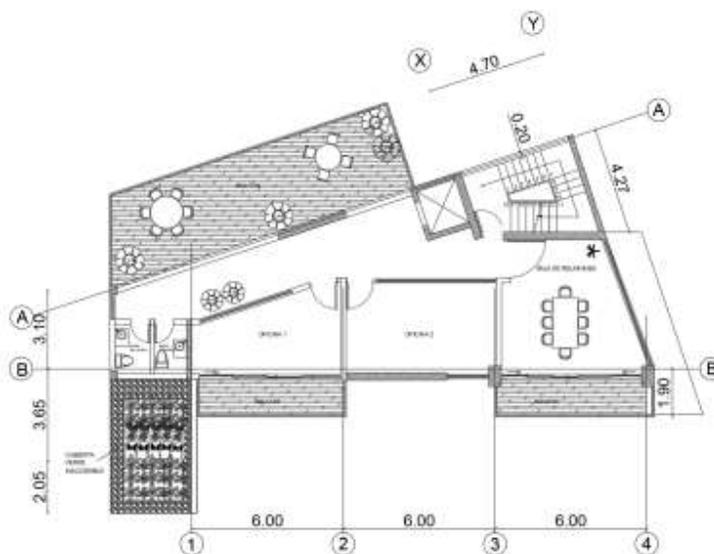
Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 2



Nota: Elaboración propia.

Figura 36

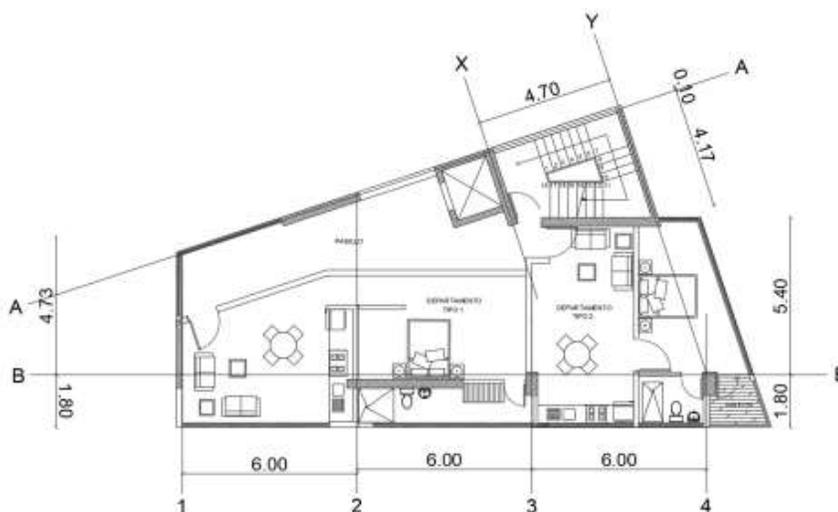
Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 2



Nota: Elaboración propia.

Figura 37

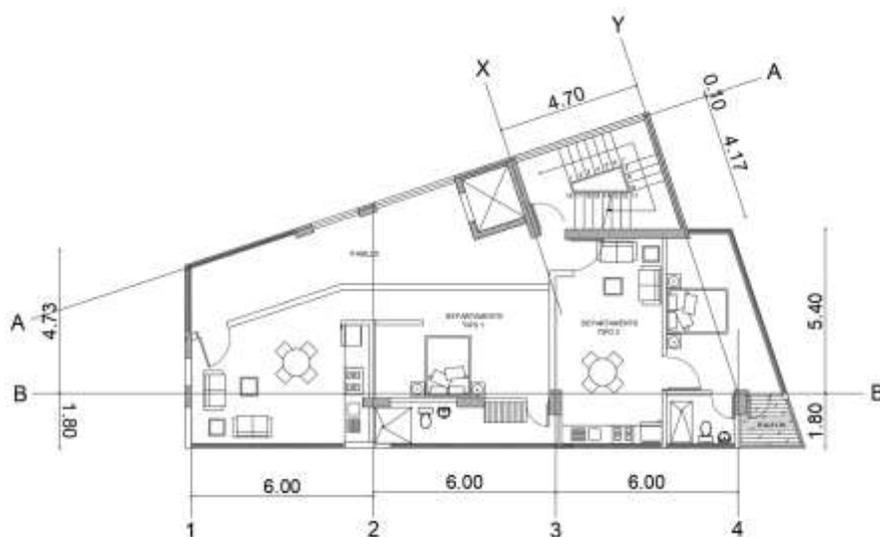
Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 2



Nota: Elaboración propia.

Figura 38

Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ro al 6to); Modelo 2



Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 2



Nota: Elaboración propia.

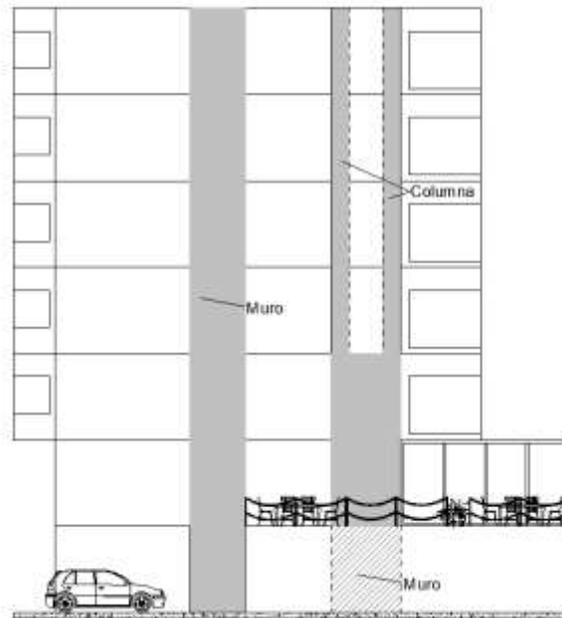
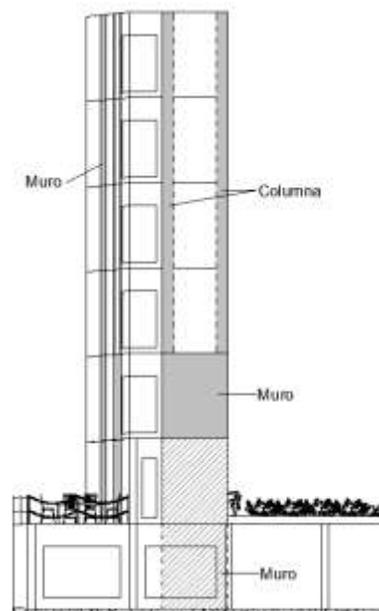
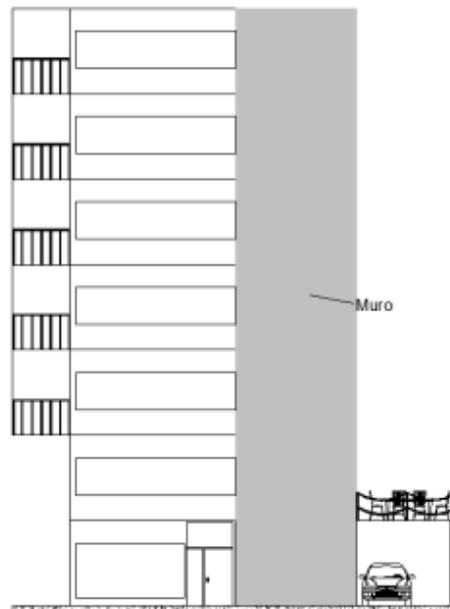
Figura 40*Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 2**Nota: Elaboración propia.***Figura 41***Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 2**Nota: Elaboración propia.*

Figura 42

Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 2



Nota: Elaboración propia.

Modelo 3

En el tercer modelo se introdujo un agujero para ventanas de 1.40 metros de ancho por 1.50 metros de altura en el muro M1 a partir del tercer piso.

Figura 43

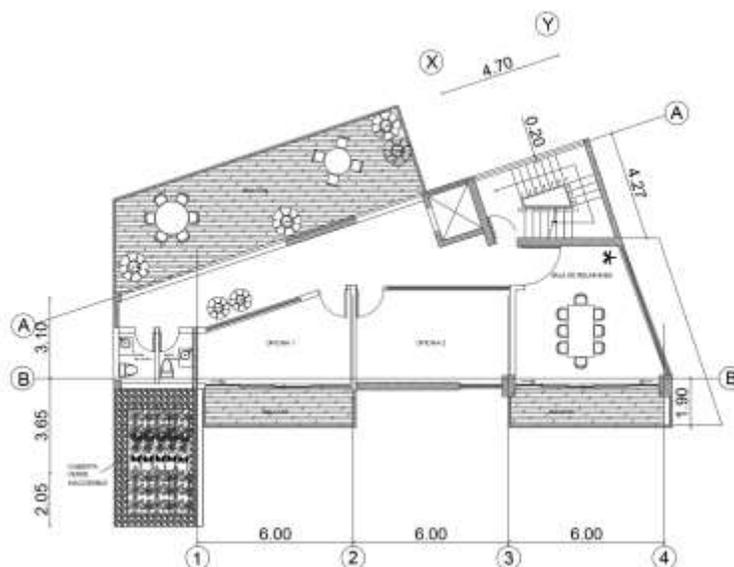
Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 44

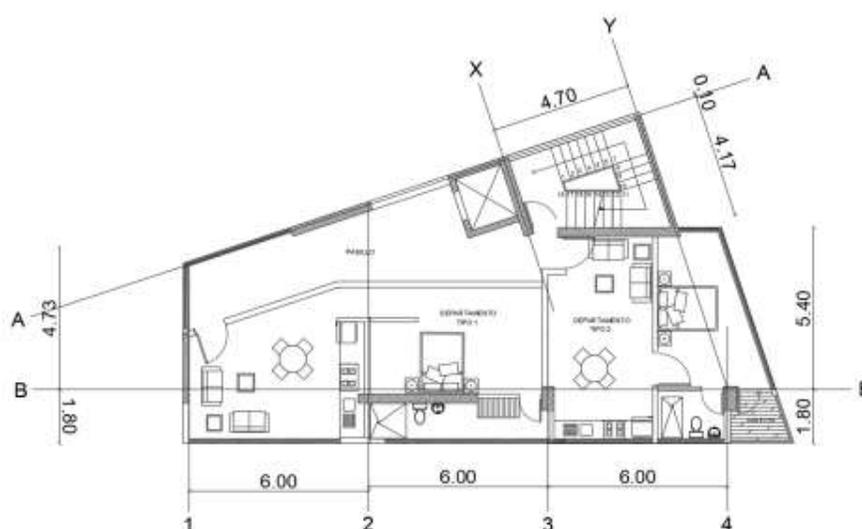
Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 45

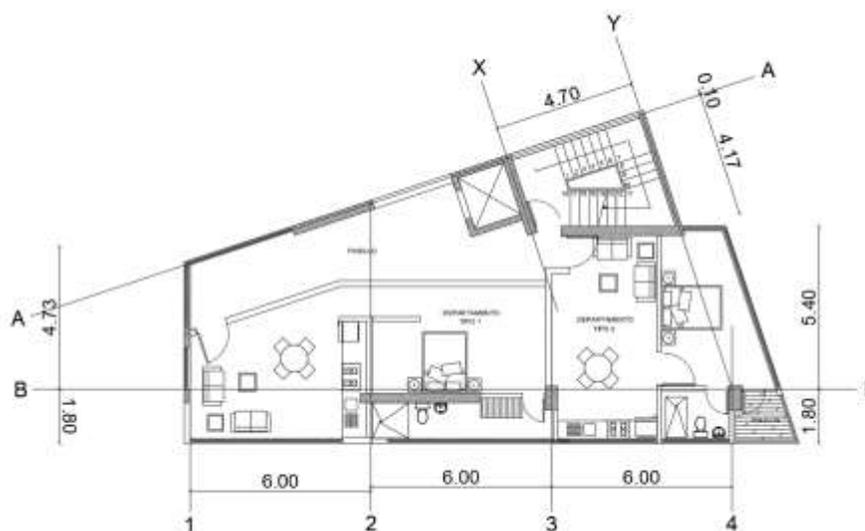
Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 46

Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ero al 6to); Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 47

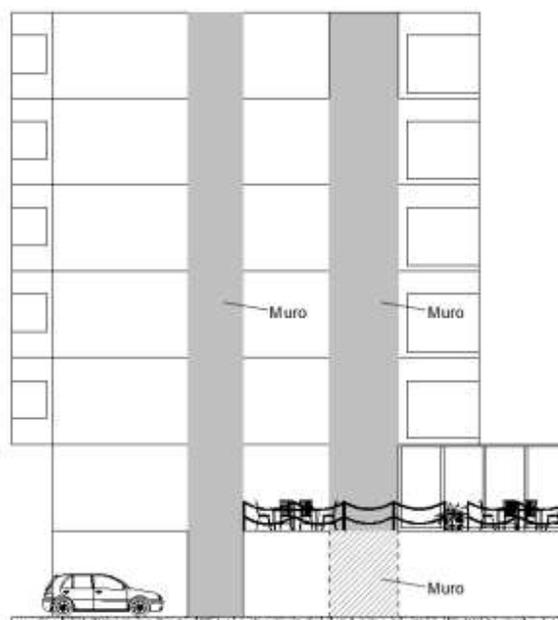
Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 48

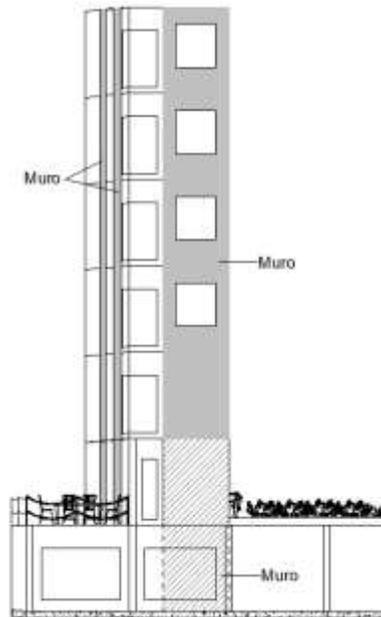
Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 49

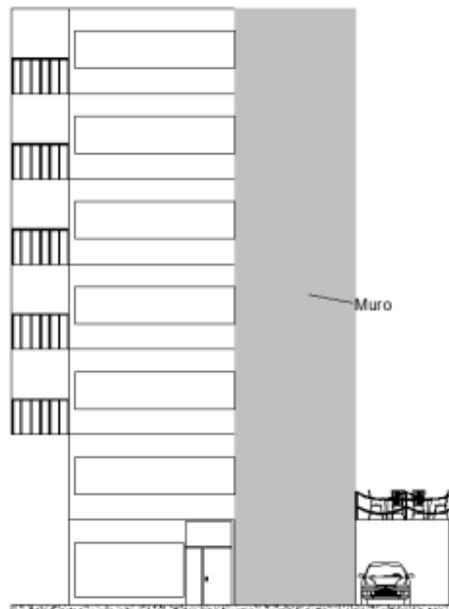
Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Figura 50

Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 3



Nota: Elaboración propia.

Modelo 4

En el cuarto modelo se coloca un agujero de ventana de 1.80 metros de ancho por 1.50 metros de altura en cada piso en el muro M2 a partir del tercer piso.

Figura 51

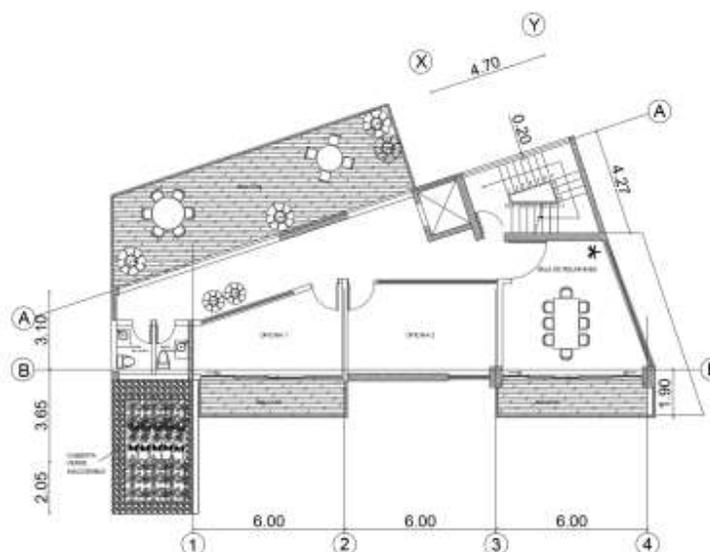
Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 52

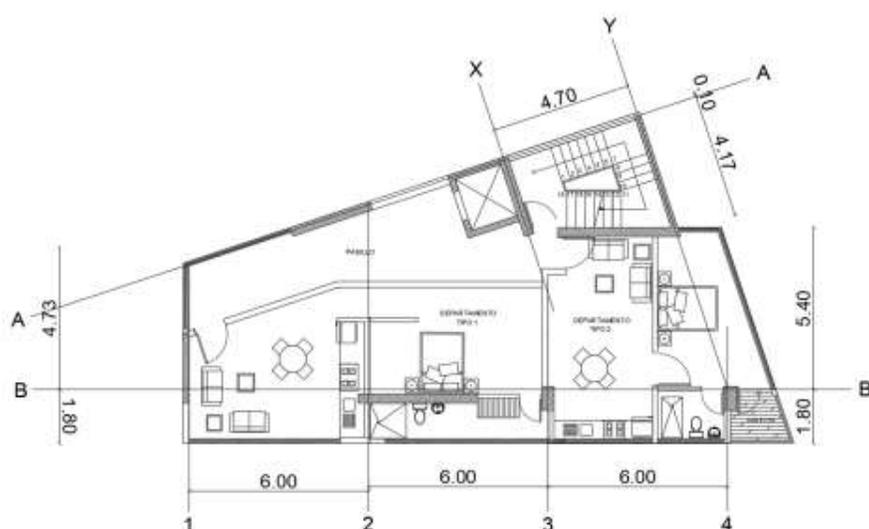
Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 53

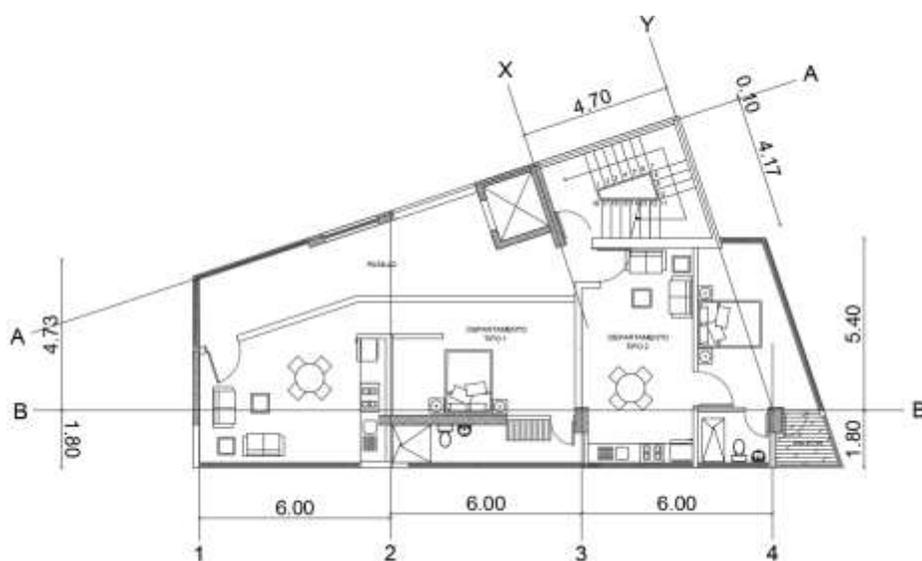
Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 54

Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ero al 6to); Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 55

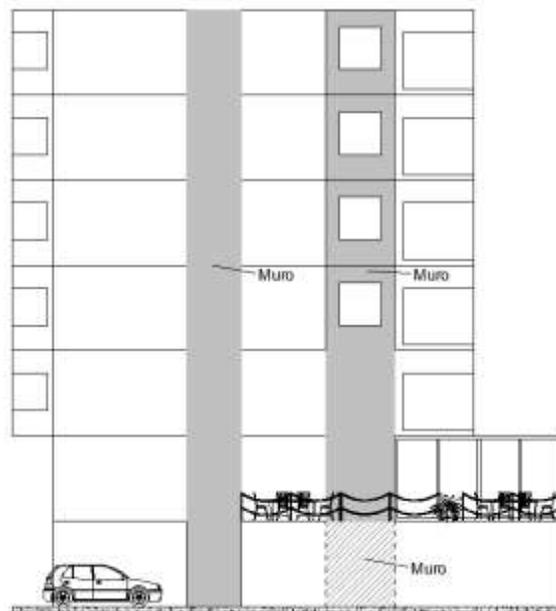
Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 56

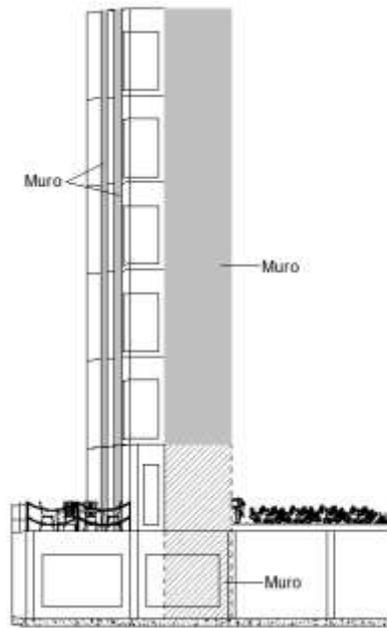
Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 57

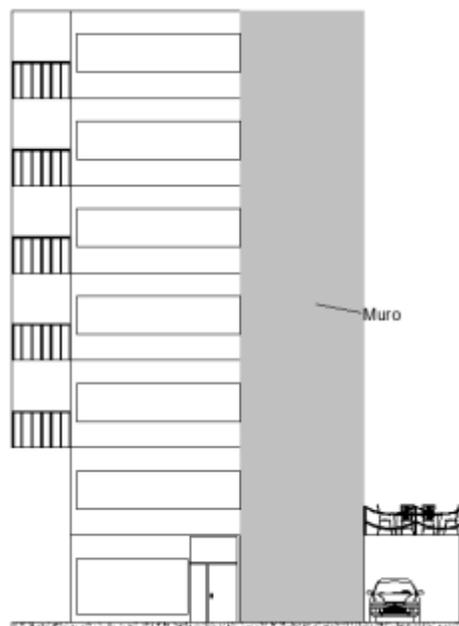
Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Figura 58

Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 4



Nota: Elaboración propia.

Modelo 5

Para el quinto modelo se introdujo un agujero de ventana de 2.00 metros de ancho por 1.50 metros de altura en el muro M10 a partir del tercer piso.

Figura 59

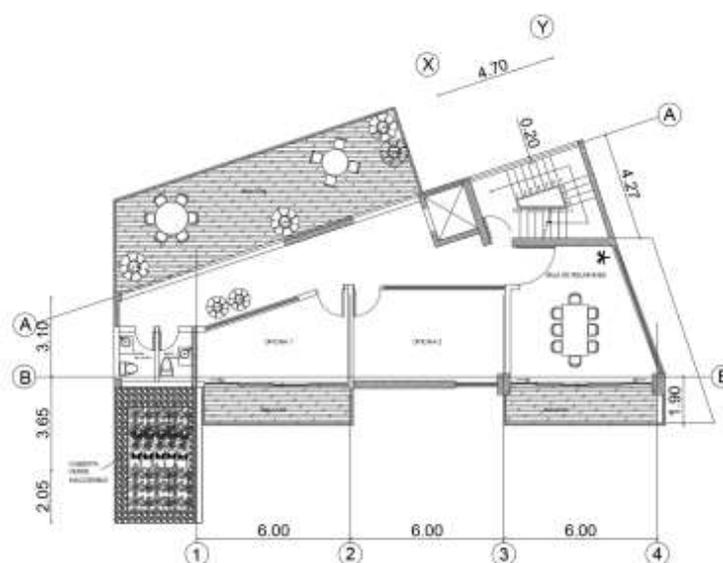
Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 60

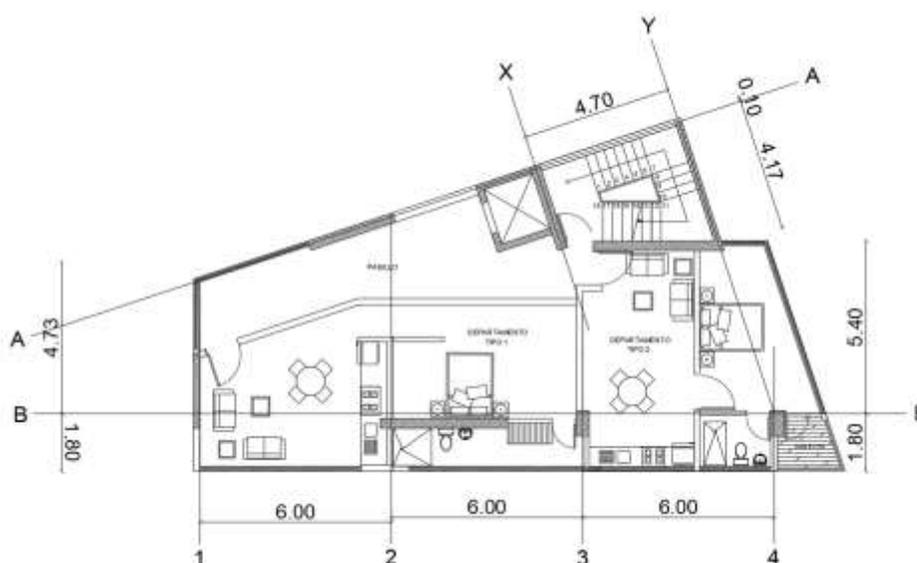
Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 61

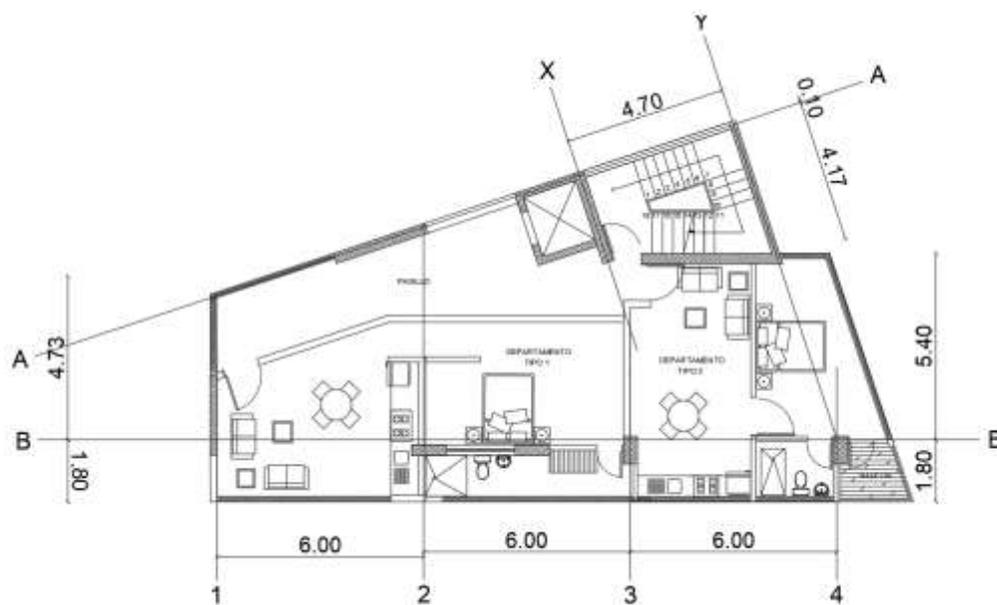
Plano Arquitectónico; vista en planta del 2do piso; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 62

Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 3ero al 6to); Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 63

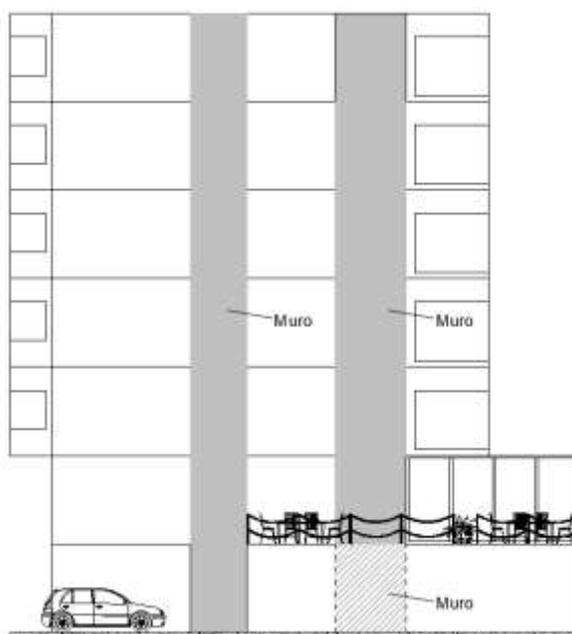
Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 64

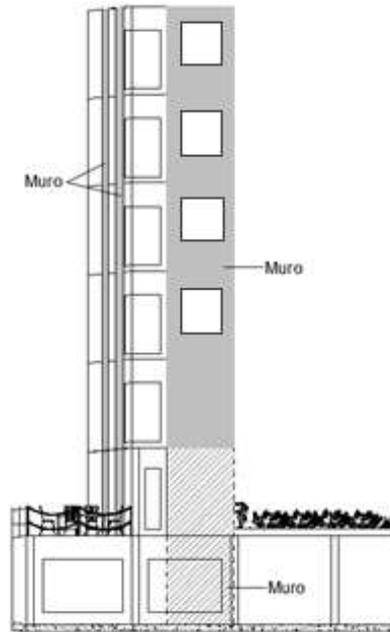
Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 65

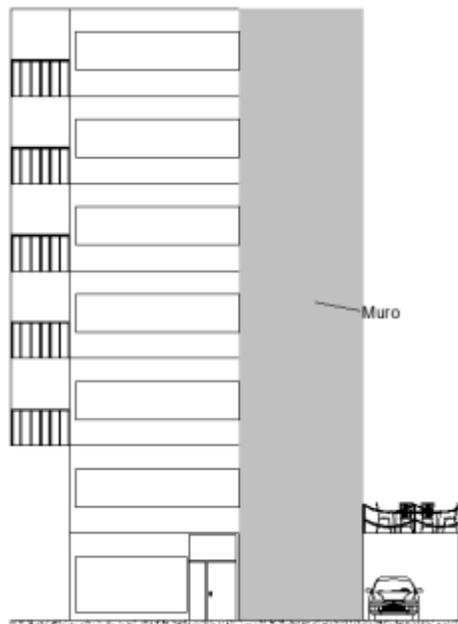
Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Figura 66

Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 5



Nota: Elaboración propia.

Modelo 6

En el sexto modelo tan solo se mantuvieron los muros correspondientes al ducto del ascensor (M3, M4, M5, M6 y M7), el resto de muros fueron remplazados por columnas.

Figura 67

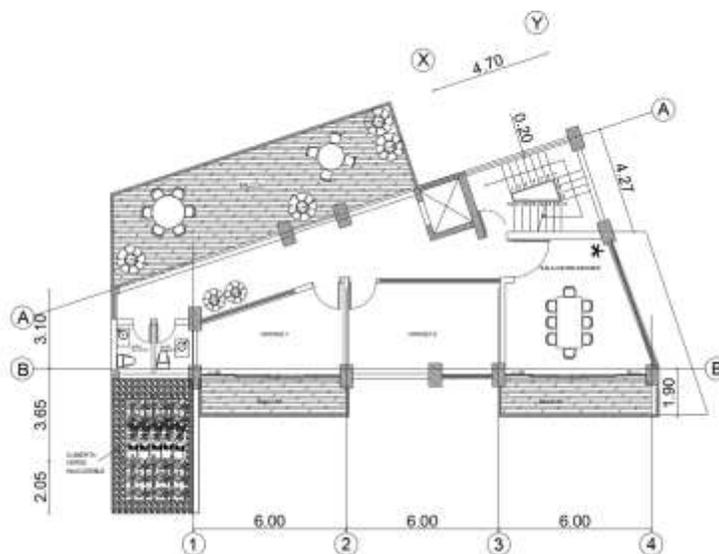
Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Figura 68

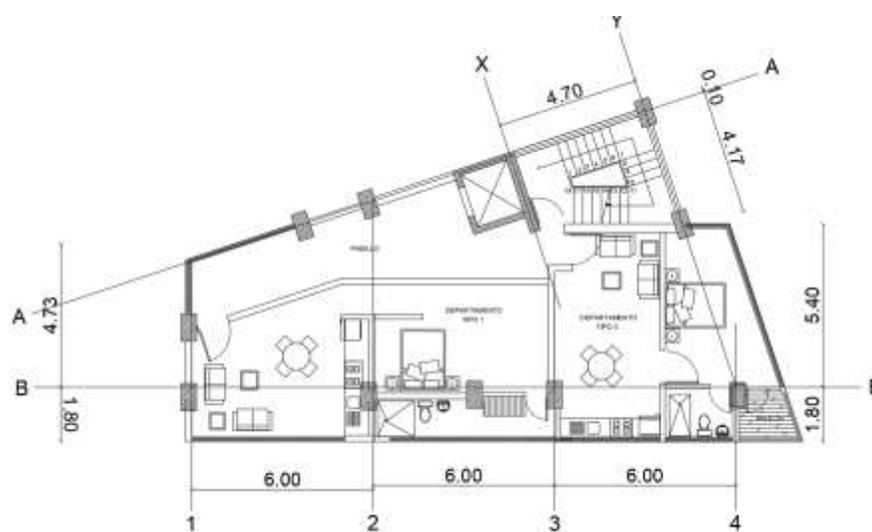
Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Figura 69

Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 2do al 6to); Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Figura 70

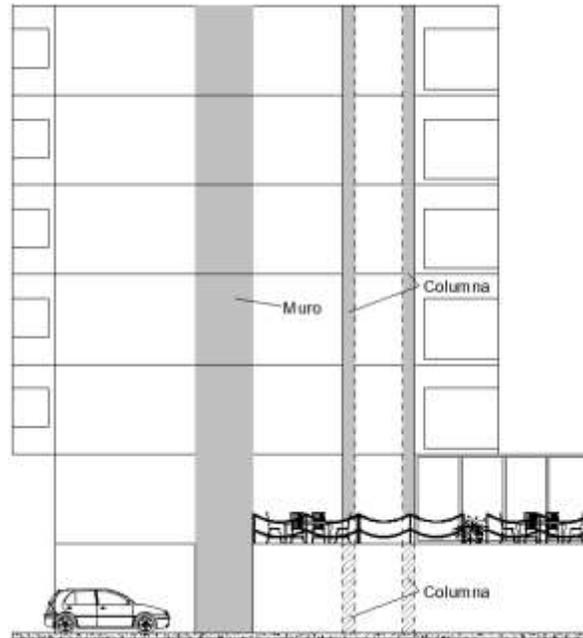
Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Figura 71

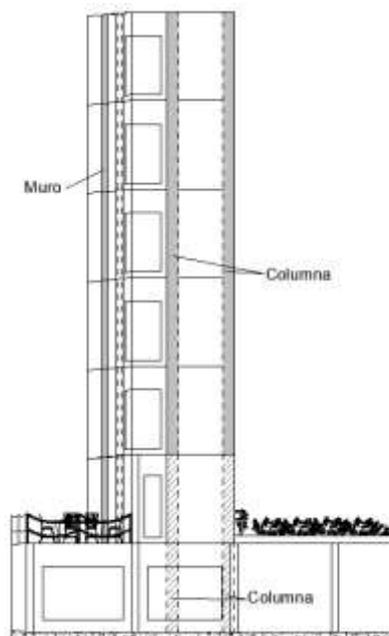
Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Figura 72

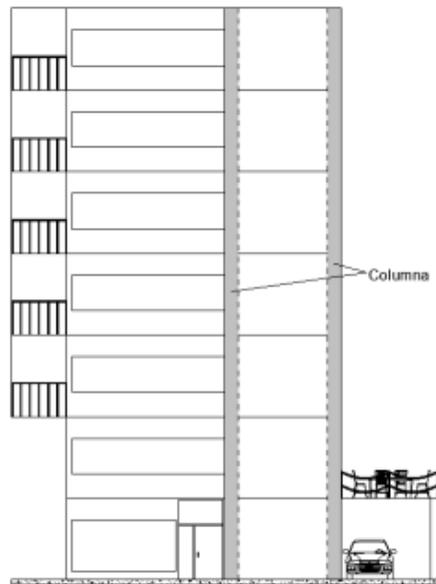
Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Figura 73

Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 6



Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

Para este último modelo se procedió a reemplazar los muros de corte en su totalidad por columnas.

Figura 74

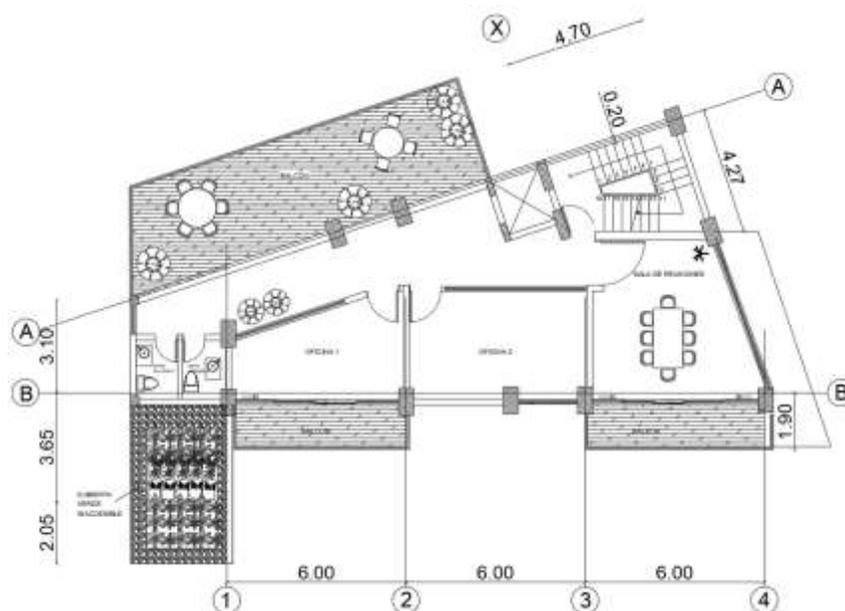
Plano Arquitectónico; vista en planta de Planta Baja; Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Figura 75

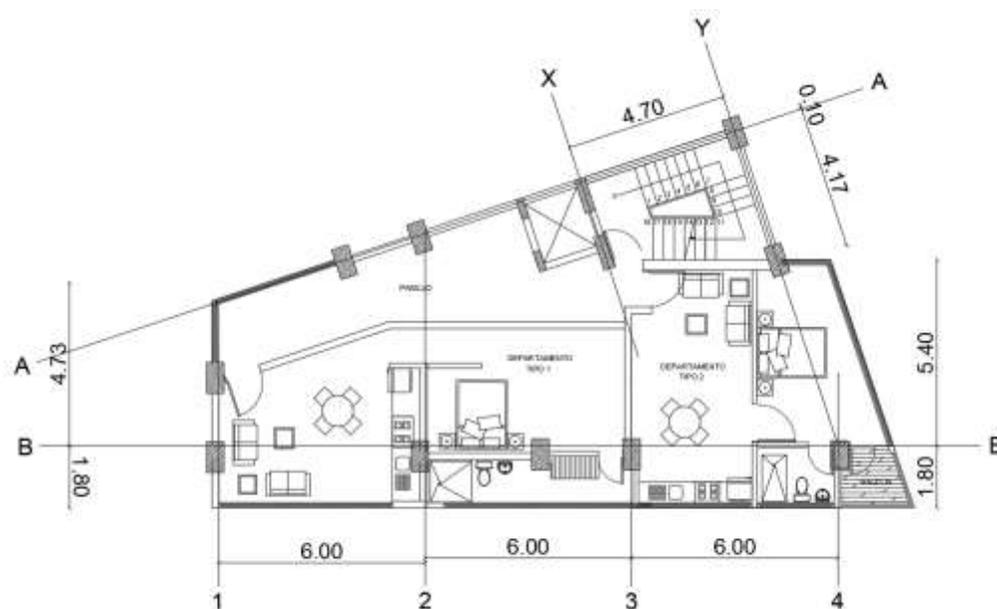
Plano Arquitectónico; vista en planta del 1er piso; Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Figura 76

Plano Arquitectónico; vista en planta piso tipo (piso 2do al 6to); Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Figura 77

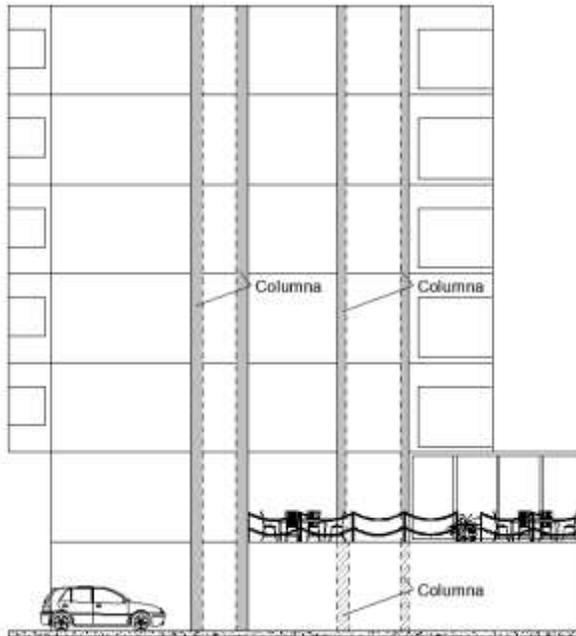
Plano Arquitectónico; Fachada frontal; Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Figura 78

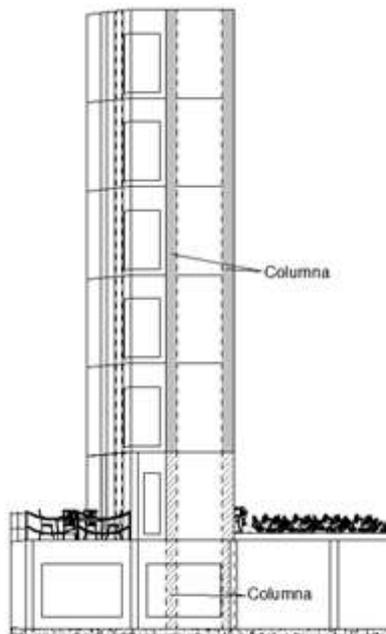
Plano Arquitectónico; Fachada posterior; Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Figura 79

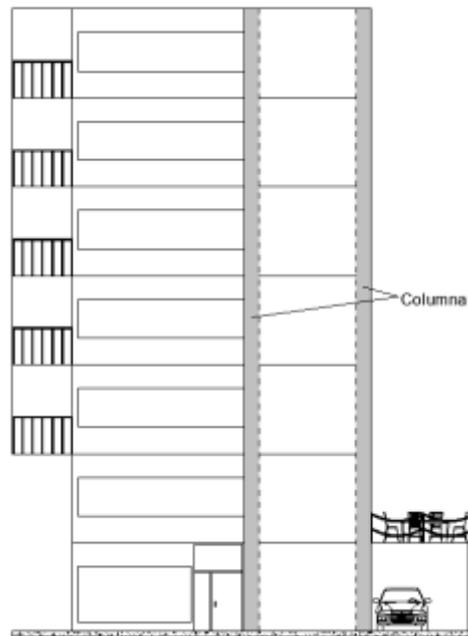
Plano Arquitectónico; Fachada lateral izquierda; Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Figura 80

Plano Arquitectónico; Fachada lateral derecha; Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

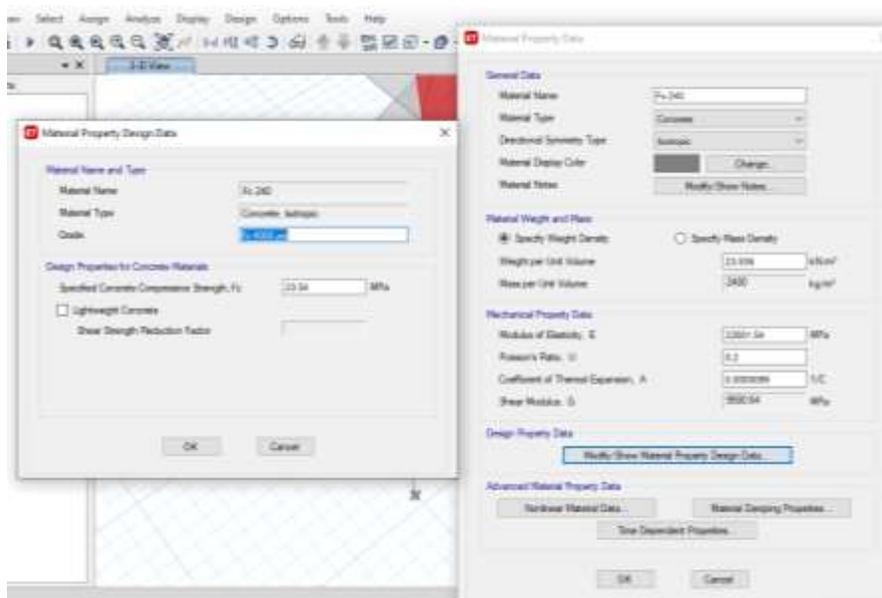
En los modelos dos al siete, se presentó un redimensionamiento total de columnas y vigas de la estructura, para lograr que las derivas en los dos sentidos sean similares a las derivas obtenidas en el primer modelo.

Ingreso de materiales

Propiedades del hormigón $F'c$ 240 kg/cm²

Figura 81

Definición de las propiedades del hormigón

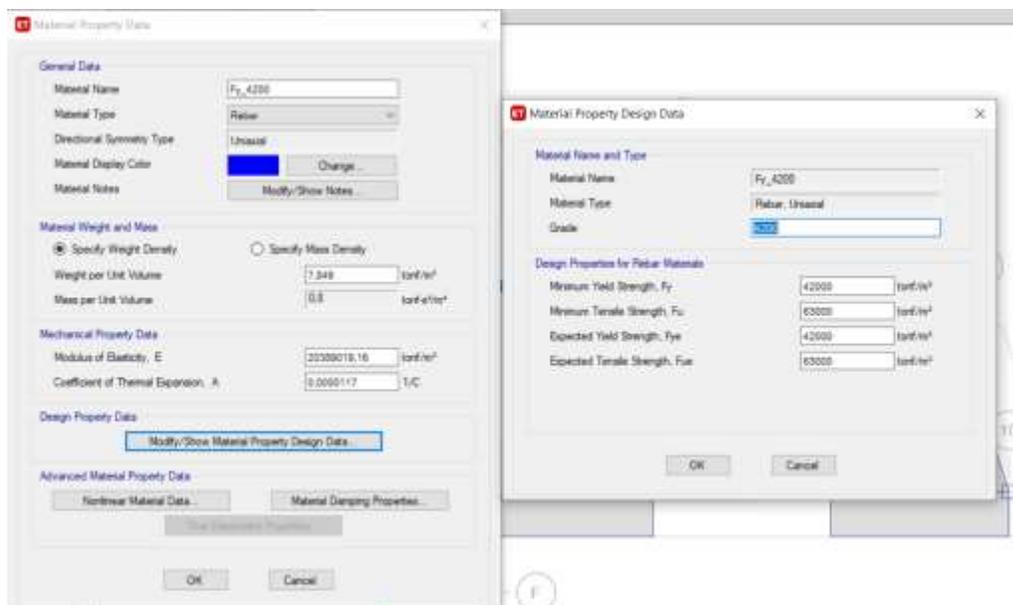


Nota: Elaboración propia.

Propiedades del acero de refuerzo fy 4200 kg/cm²

Figura 82

Definición de las propiedades del acero de refuerzo

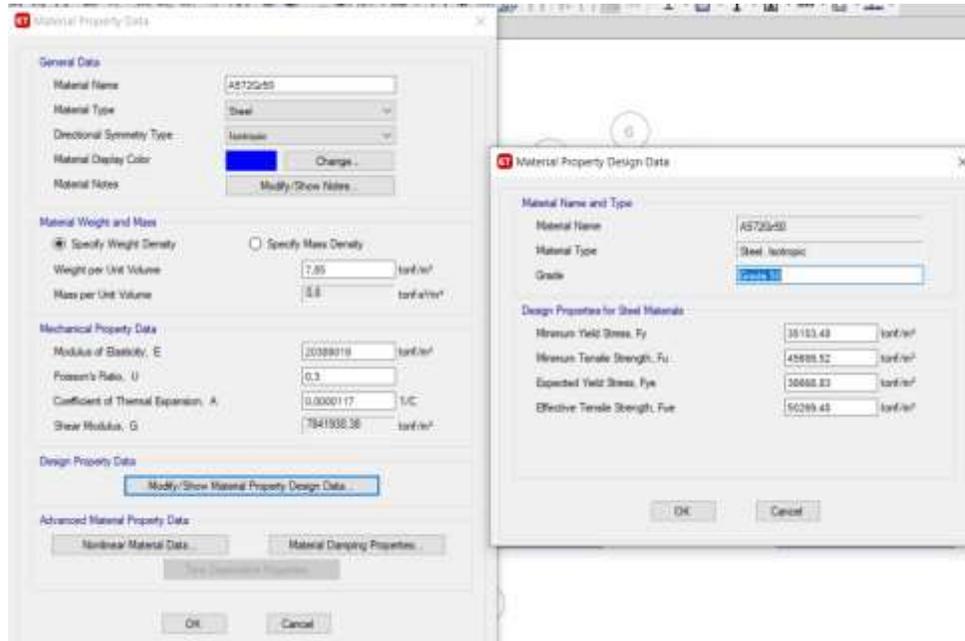


Nota: Elaboración propia.

Propiedades del acero estructural A572 Gr50

Figura 83

Definición de las propiedades del acero estructural A572 Gr50



Nota: Elaboración propia.

Ingreso de elementos estructura de hormigón

Columnas

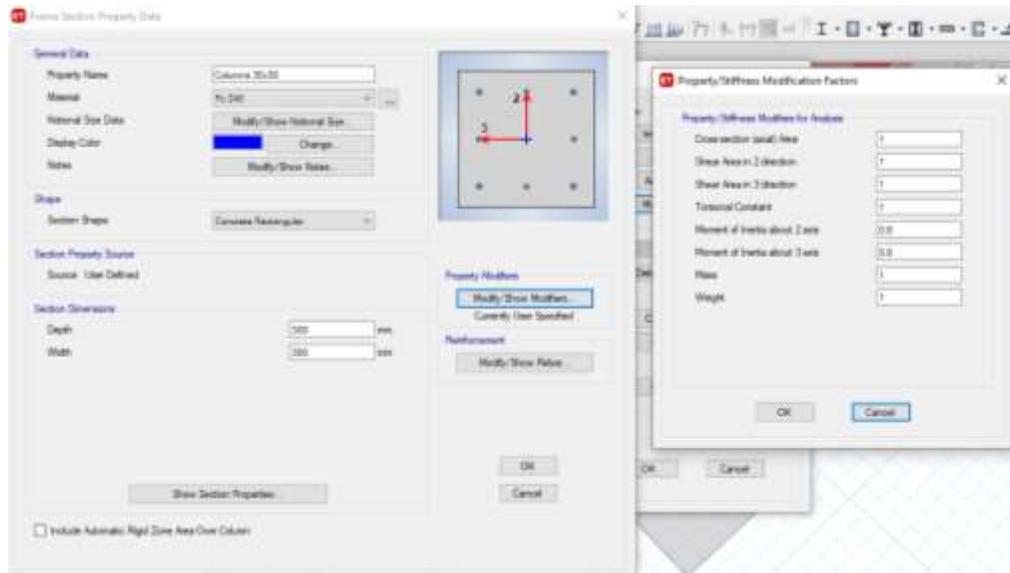
Gracias a la función proporcionada por el software de cálculo permite ingresar las secciones de las columnas mediante el siguiente proceso Define – Section Properties – Frame Sections, se procede a crear los siguientes elementos tipo columna:

Modelo 1

Columna de 30x30 cm

Figura 84

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

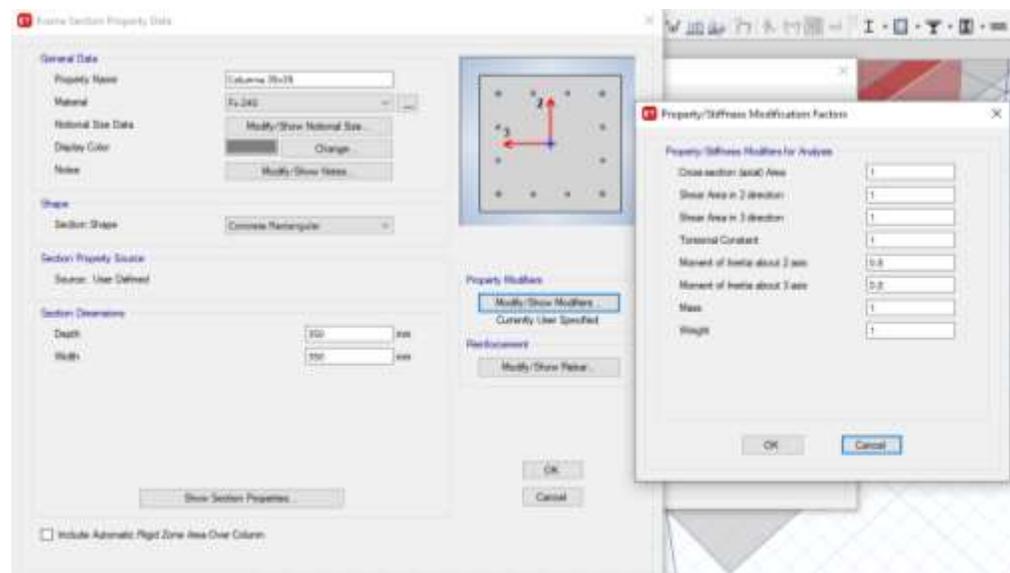


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 85

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

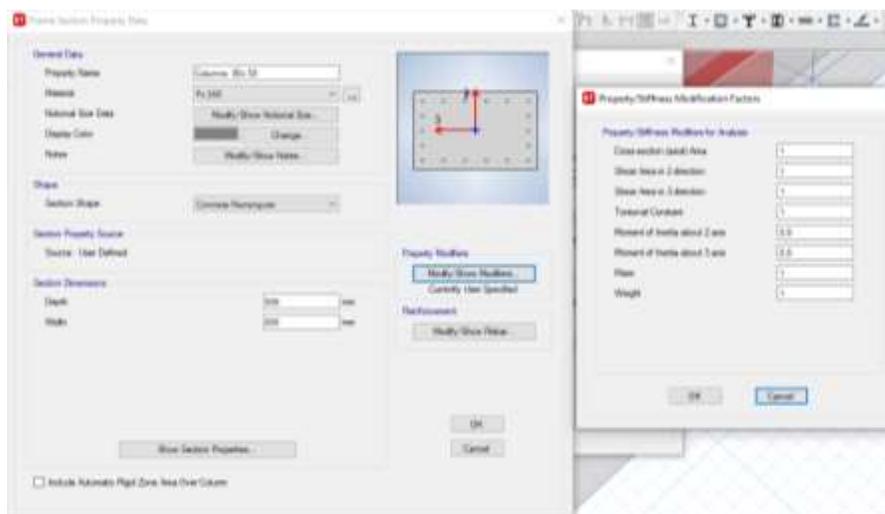


Nota: Elaboración propia.

Columna de 80x50 cm

Figura 86

Definición de las propiedades de la columna 80x50 cm



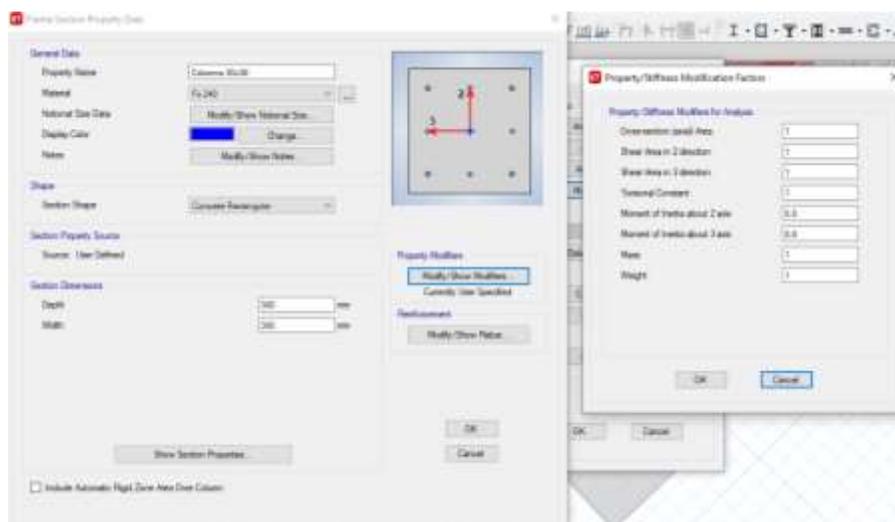
Nota: Elaboración propia.

Modelo 2

Columna de 30x30 cm

Figura 87

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

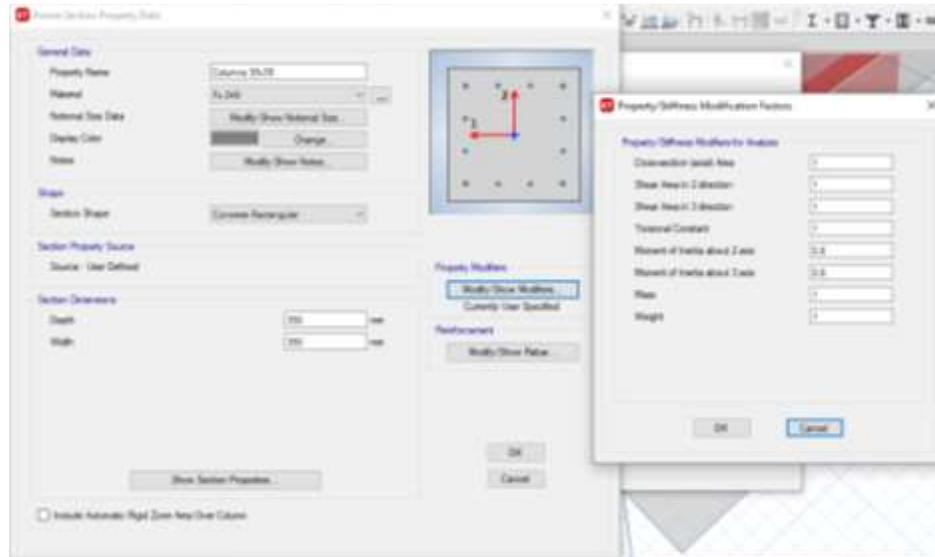


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 88

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

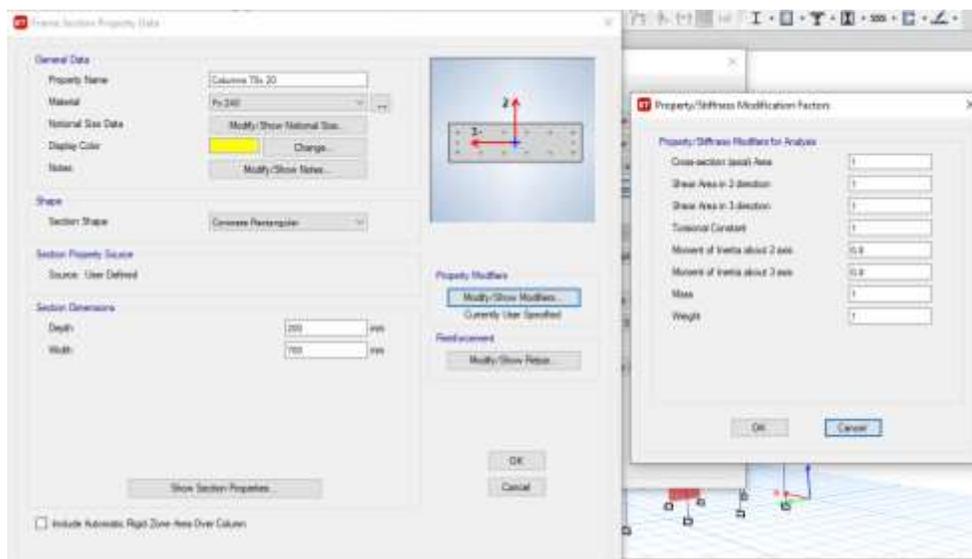


Nota: Elaboración propia.

Columna 70x20 cm

Figura 89

Definición de las propiedades de la columna 70x20 cm

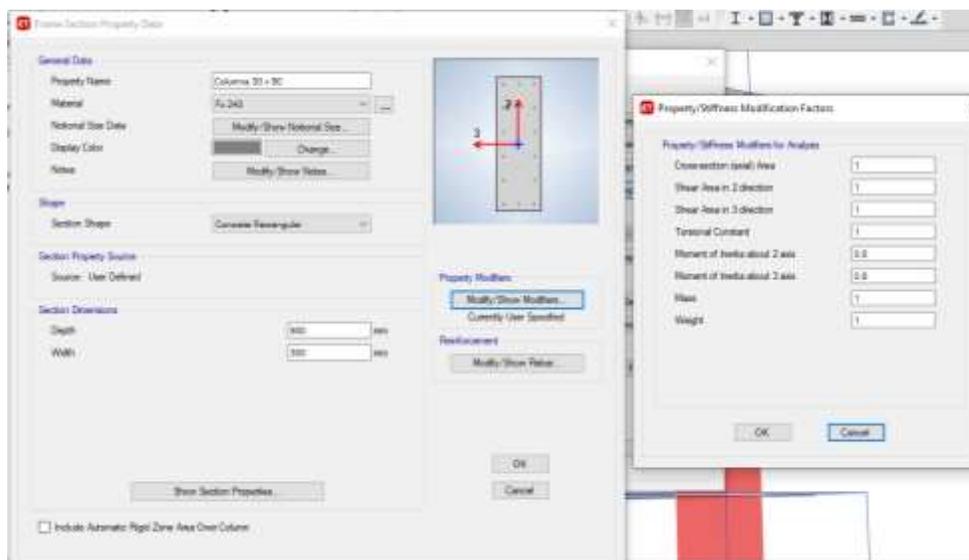


Nota: Elaboración propia.

Columna 90x30 cm

Figura 90

Definición de las propiedades de la columna 90x30 cm

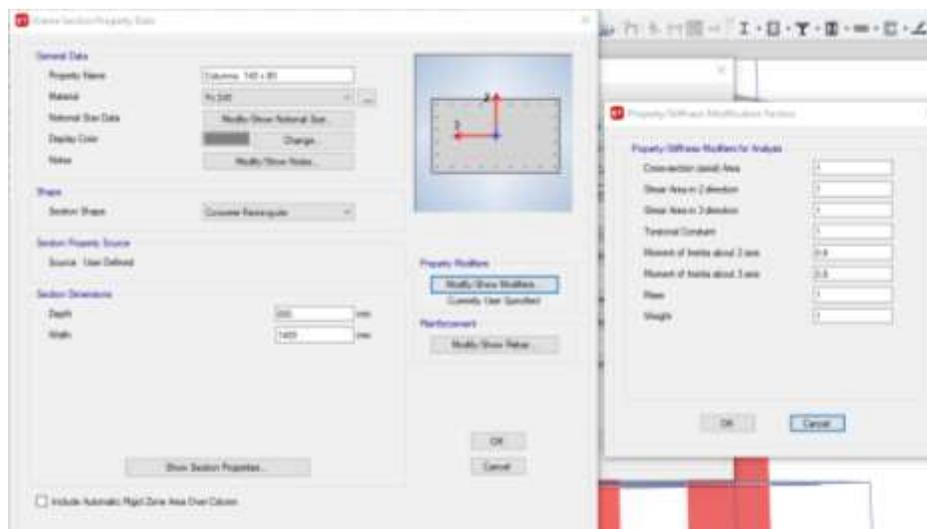


Nota: Elaboración propia.

Columna 140x80 cm

Figura 91

Definición de las propiedades de la columna 140x80 cm



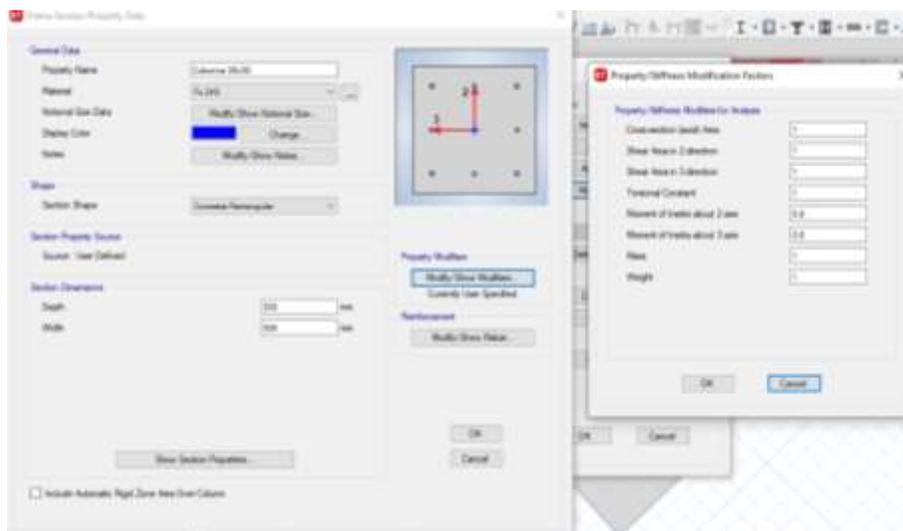
Nota: Elaboración propia.

Modelo 3

Columna de 30x30 cm

Figura 92

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

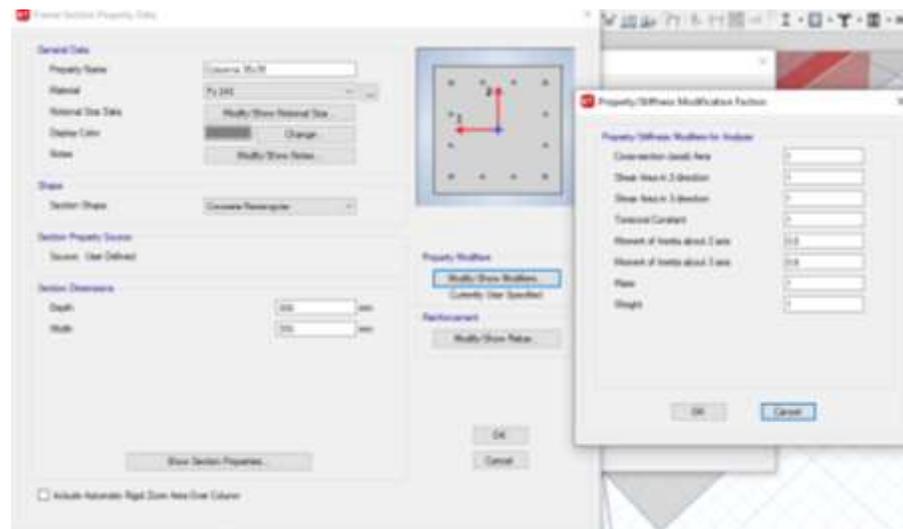


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 93

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

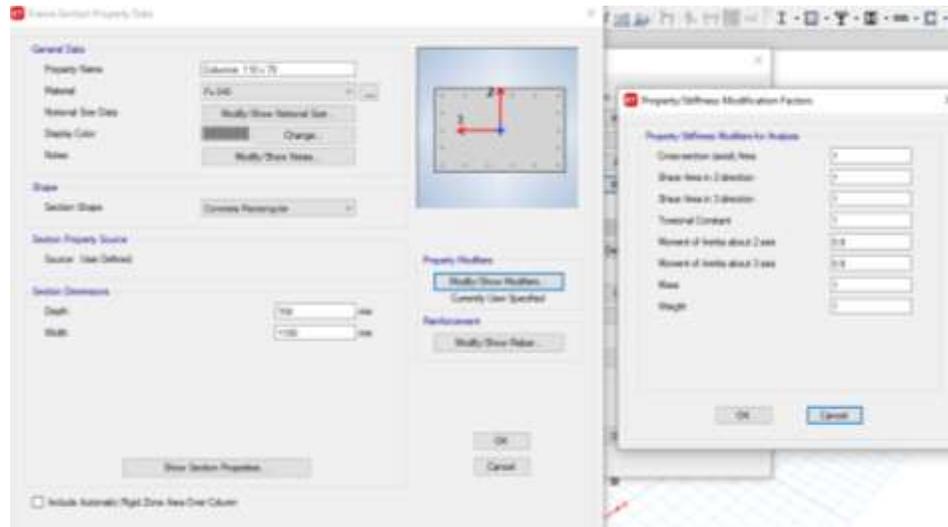


Nota: Elaboración propia.

Columna 110x70 cm

Figura 94

Definición de las propiedades de la columna 110x70 cm



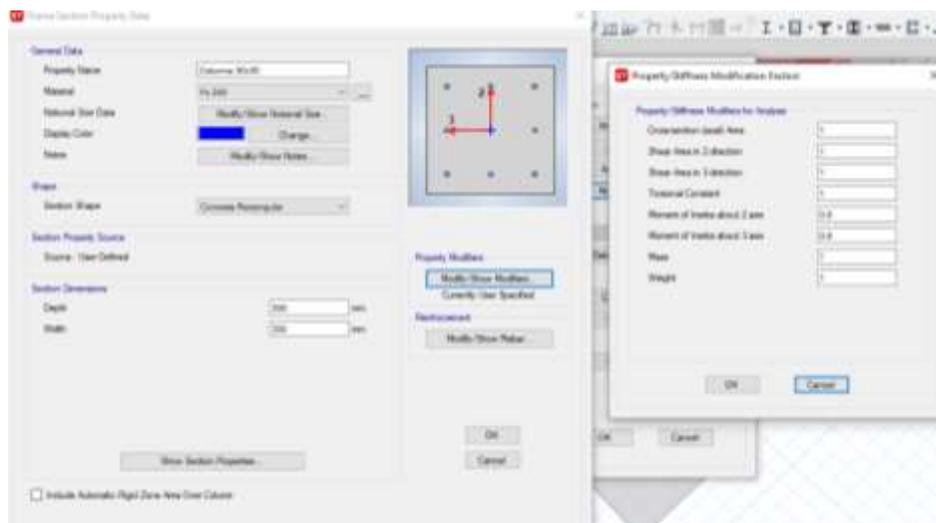
Nota: Elaboración propia.

Modelo 4

Columna de 30x30 cm

Figura 95

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

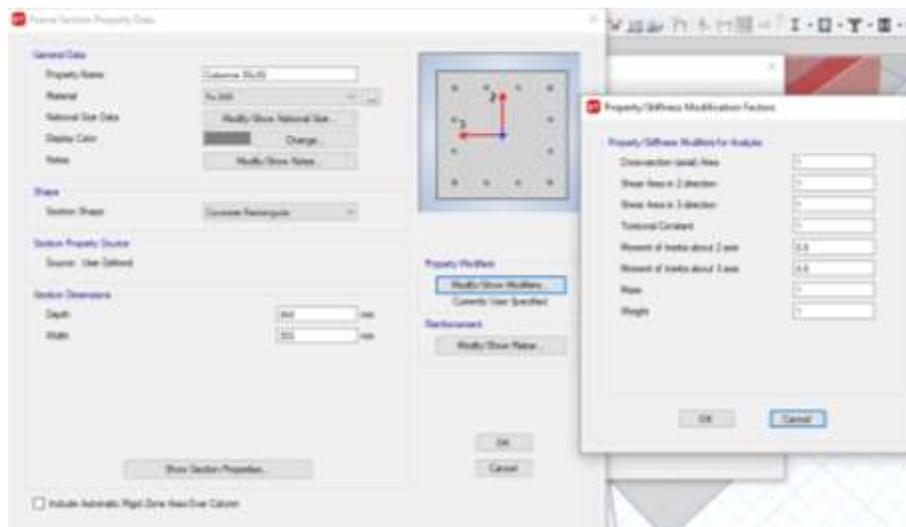


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 96

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

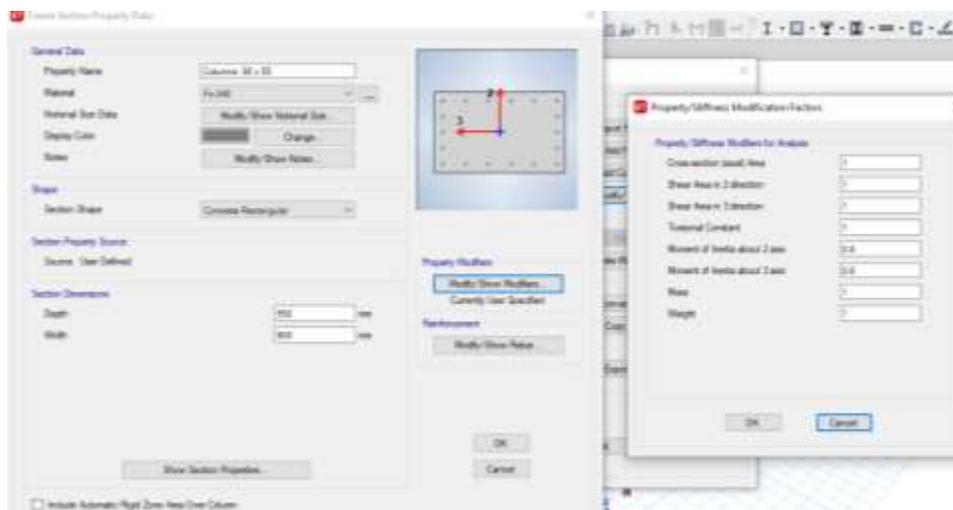


Nota: Elaboración propia.

Columna de 90x55 cm

Figura 97

Definición de las propiedades de la columna 90x55 cm



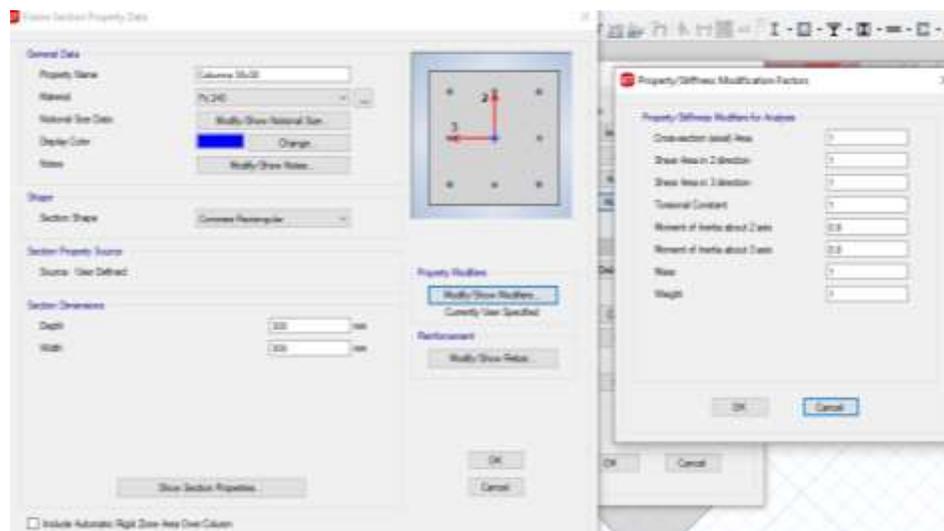
Nota: Elaboración propia.

Modelo 5

Columna de 30x30 cm

Figura 98

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

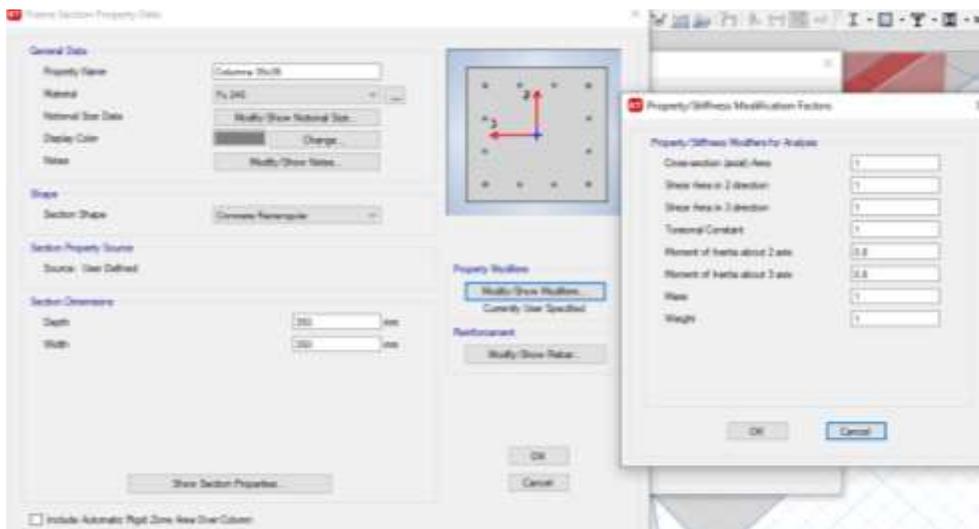


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 99

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

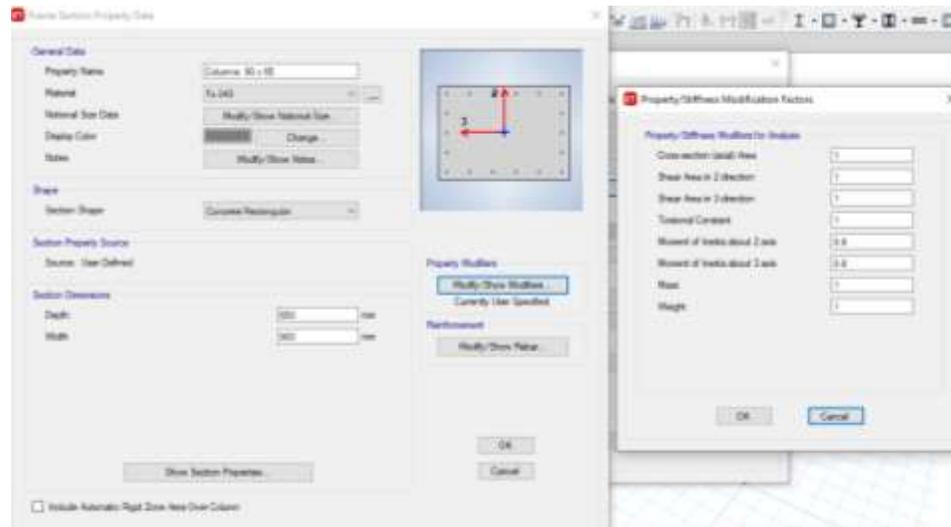


Nota: Elaboración propia.

Columna de 90x65 cm

Figura 100

Definición de las propiedades de la columna 90x65 cm



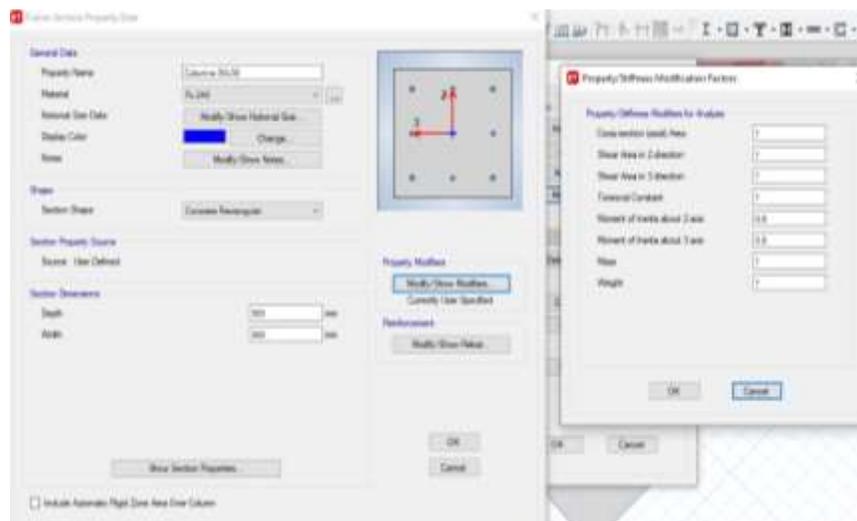
Nota: Elaboración propia.

Modelo 6

Columna de 30x30 cm

Figura 101

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

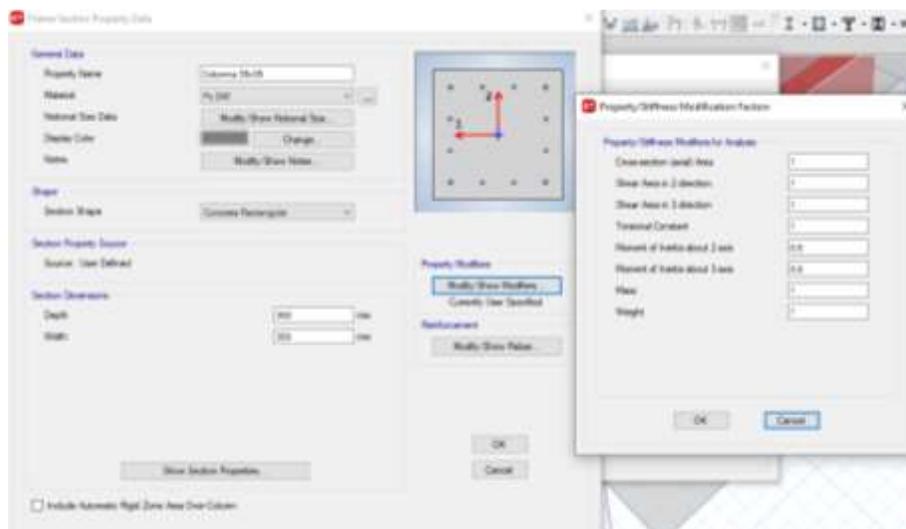


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 102

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

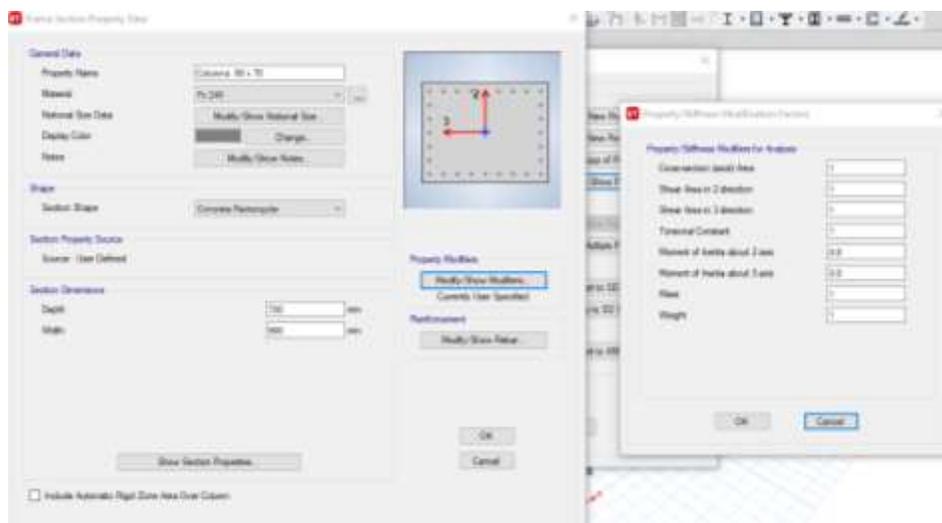


Nota: Elaboración propia.

Columna 90x70cm

Figura 103

Definición de las propiedades de la columna 90x70 cm



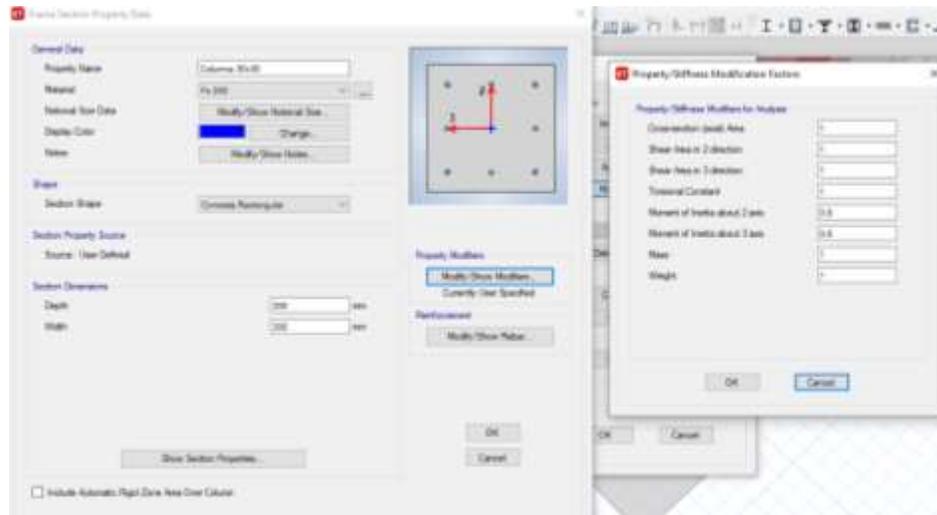
Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

Columna de 30x30 cm

Figura 104

Definición de las propiedades de la columna 30x30 cm

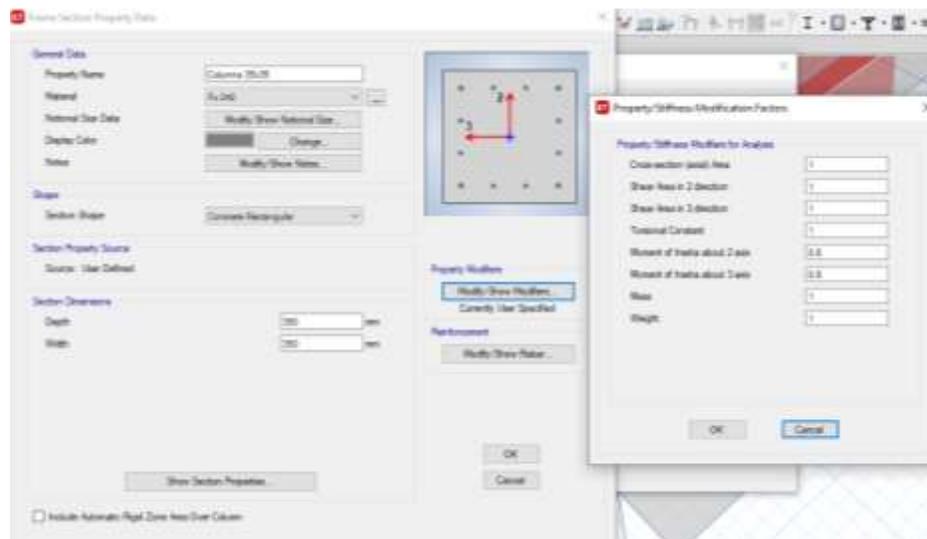


Nota: Elaboración propia.

Columna de 35x35 cm

Figura 105

Definición de las propiedades de la columna 35x35 cm

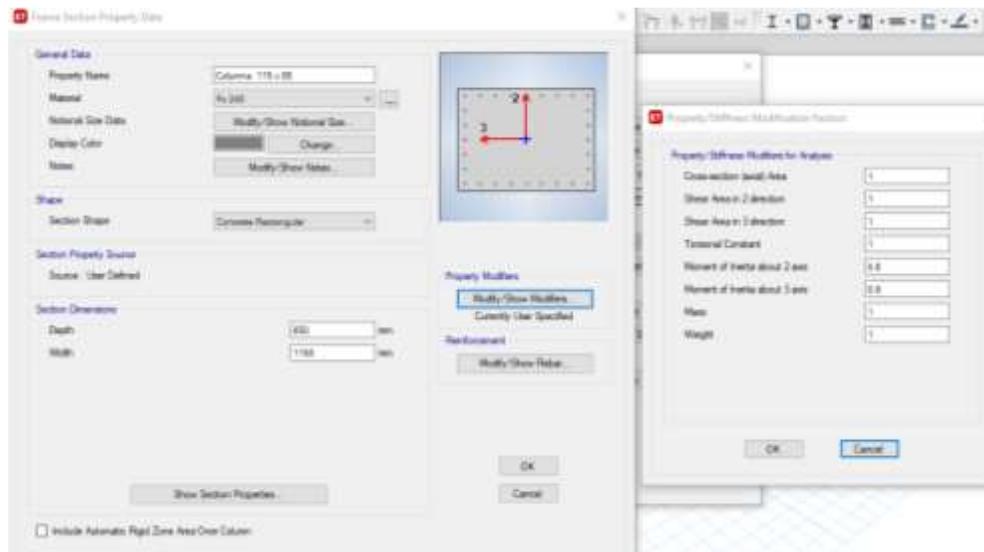


Nota: Elaboración propia.

Columna 115x85 cm

Figura 106

Definición de las propiedades de la columna 115x85 cm



Nota: Elaboración propia.

Vigas

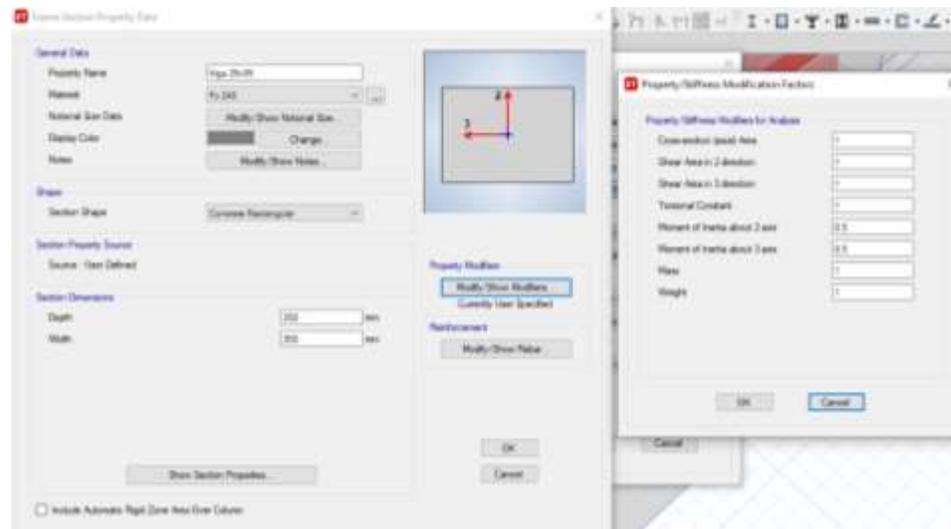
Siguiendo el mismo proceso de las columnas se puede ingresar las secciones correspondientes a las vigas con lo cual se crean las siguientes secciones:

Modelo 1

Viga 25x35 cm

Figura 107

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

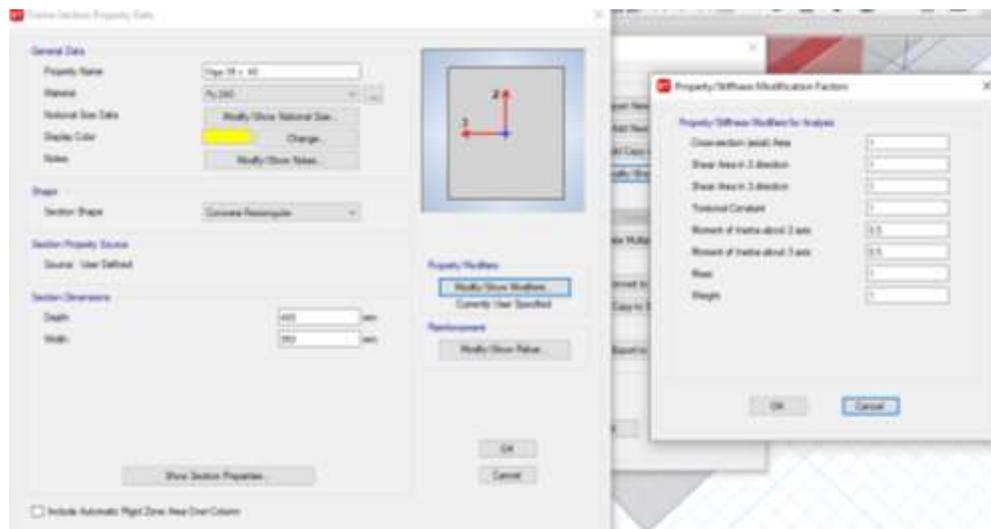


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 108

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

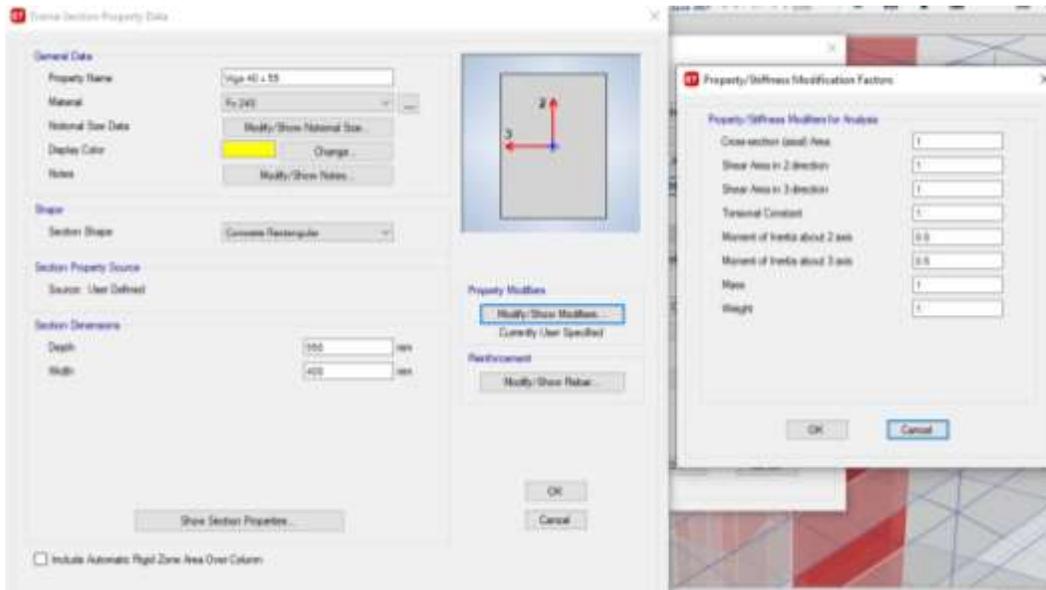


Nota: Elaboración propia.

Viga 40x55 cm

Figura 109

Definición de las propiedades de la viga 40x55 cm

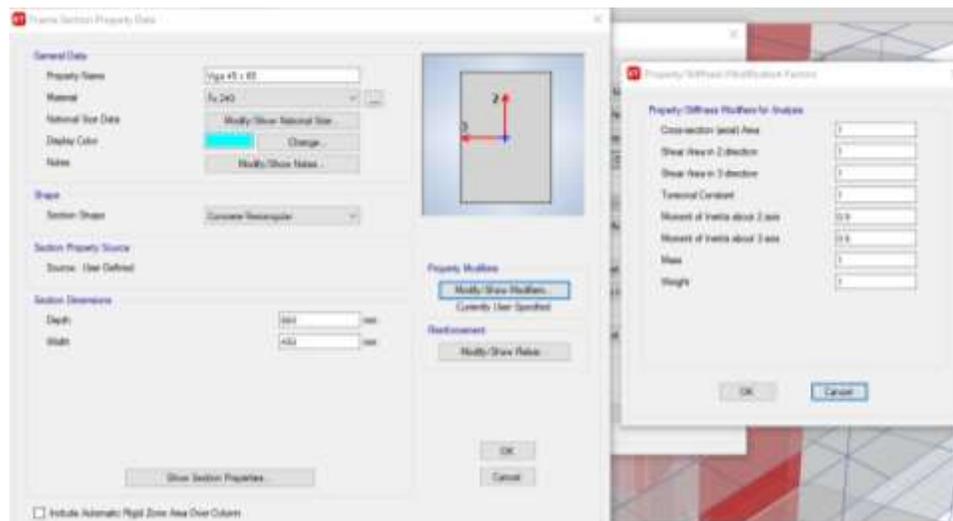


Nota: Elaboración propia.

Viga 45x65 cm

Figura 110

Definición de las propiedades de la viga 45x65 cm



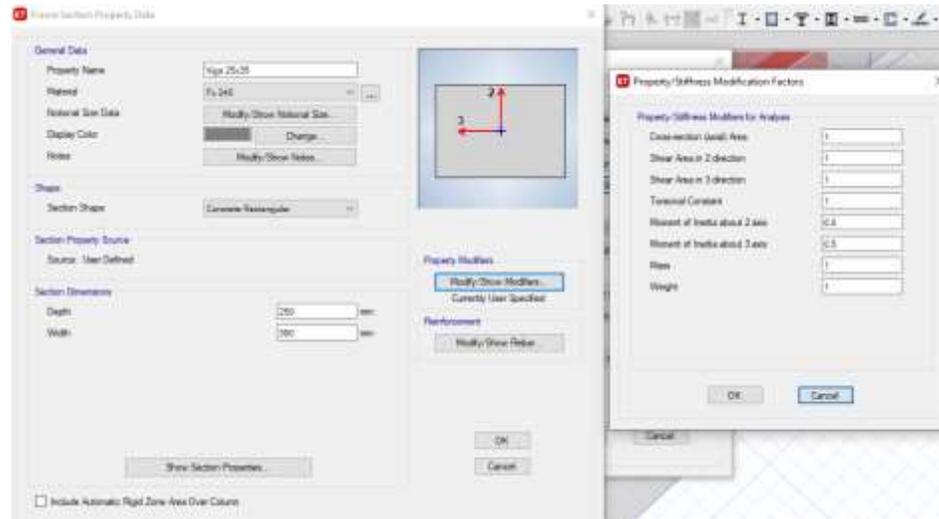
Nota: Elaboración propia.

Modelo 2

Viga 25x35 cm

Figura 111

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

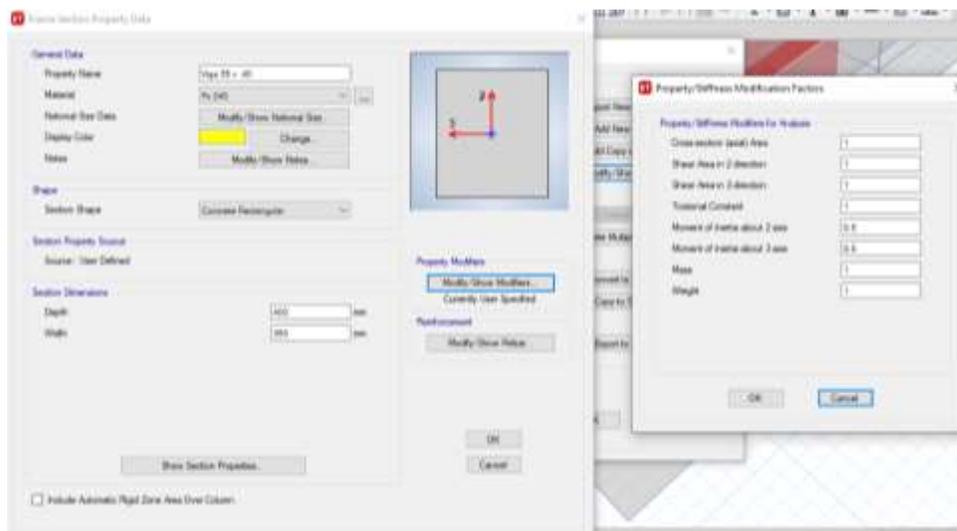


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 112

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

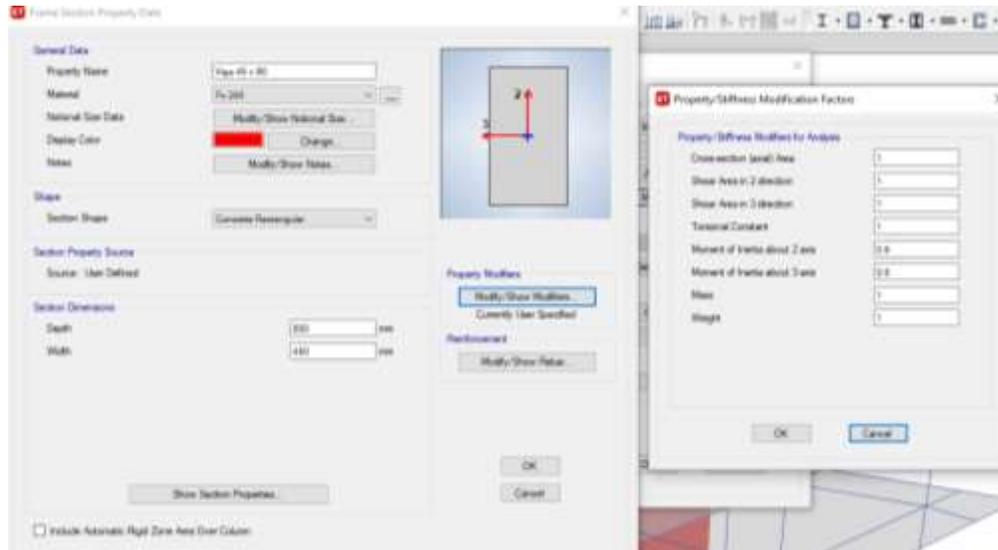


Nota: Elaboración propia.

Viga 45x80 cm

Figura 113

Definición de las propiedades de la viga 45x80 cm

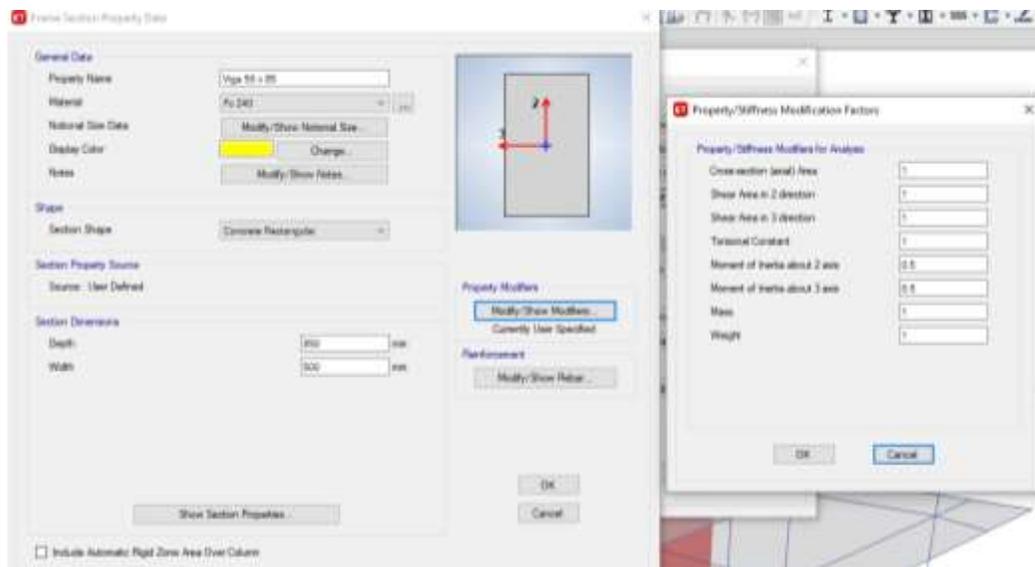


Nota: Elaboración propia.

Viga 50x85 cm

Figura 114

Definición de las propiedades de la viga 50x85 cm

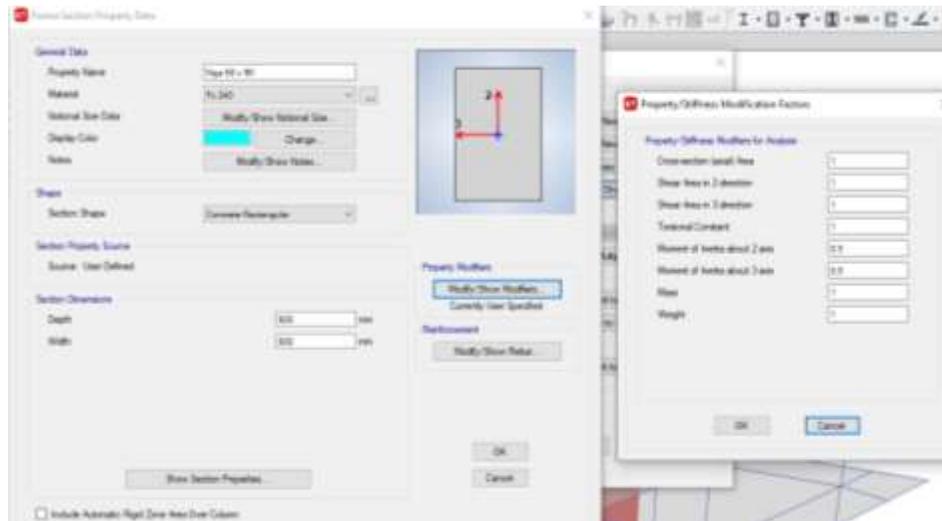


Nota: Elaboración propia.

Viga 60x90 cm

Figura 115

Definición de las propiedades de la viga 60x90 cm



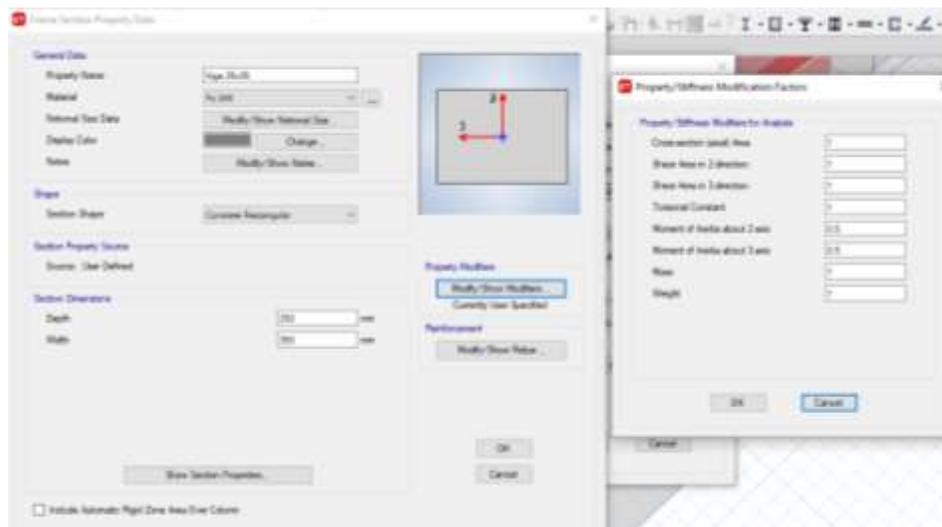
Nota: Elaboración propia.

Modelo 3

Viga 25x35 cm

Figura 116

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

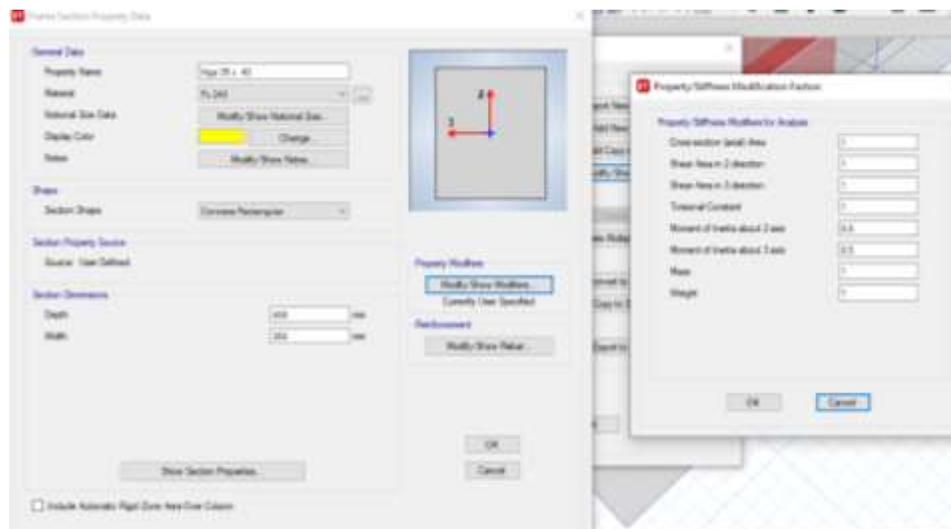


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 117

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

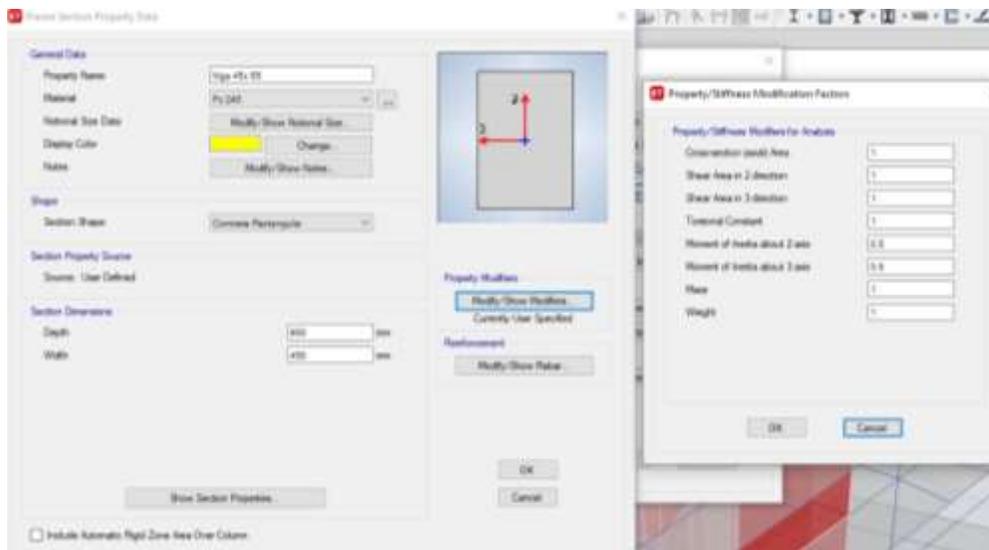


Nota: Elaboración propia.

Viga 40x65 cm

Figura 118

Definición de las propiedades de la viga 40x65 cm

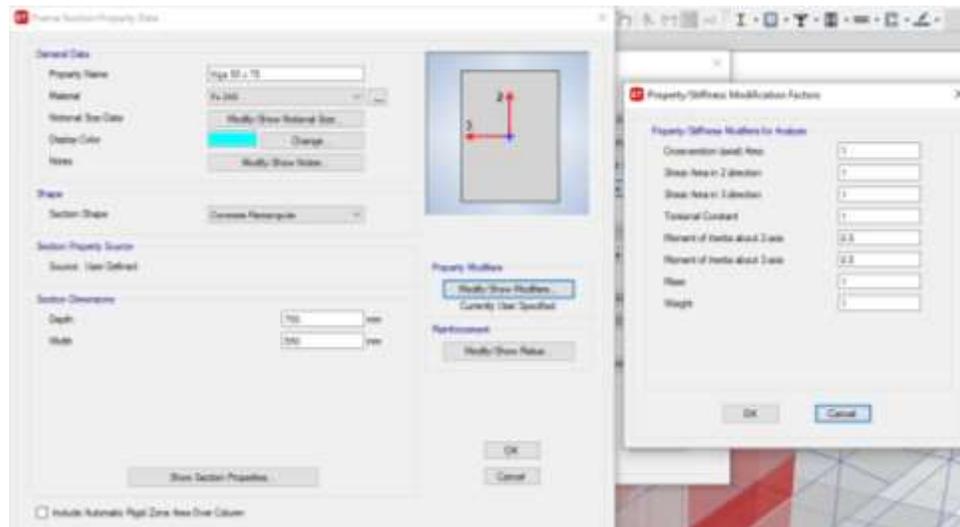


Nota: Elaboración propia.

Viga 55x75 cm

Figura 119

Definición de las propiedades de la viga 55x75 cm



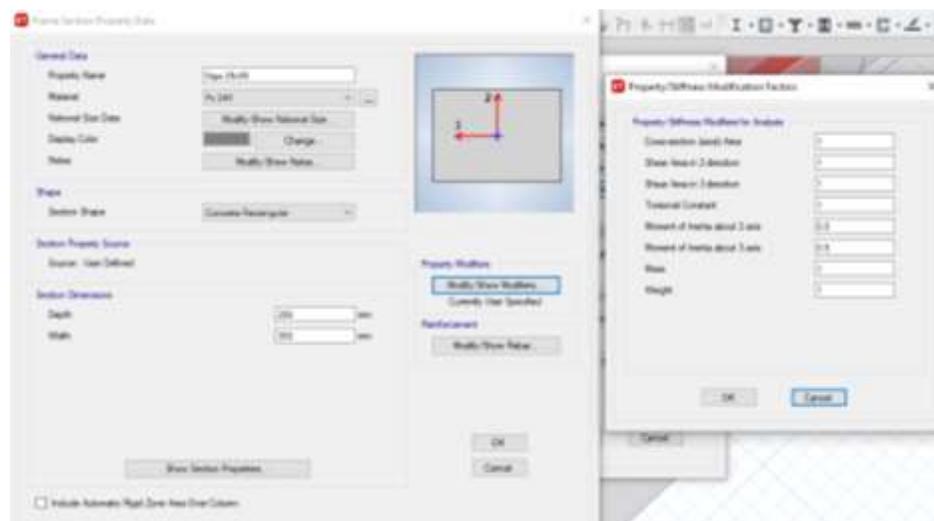
Nota: Elaboración propia.

Modelo 4

Viga 25x35 cm

Figura 120

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

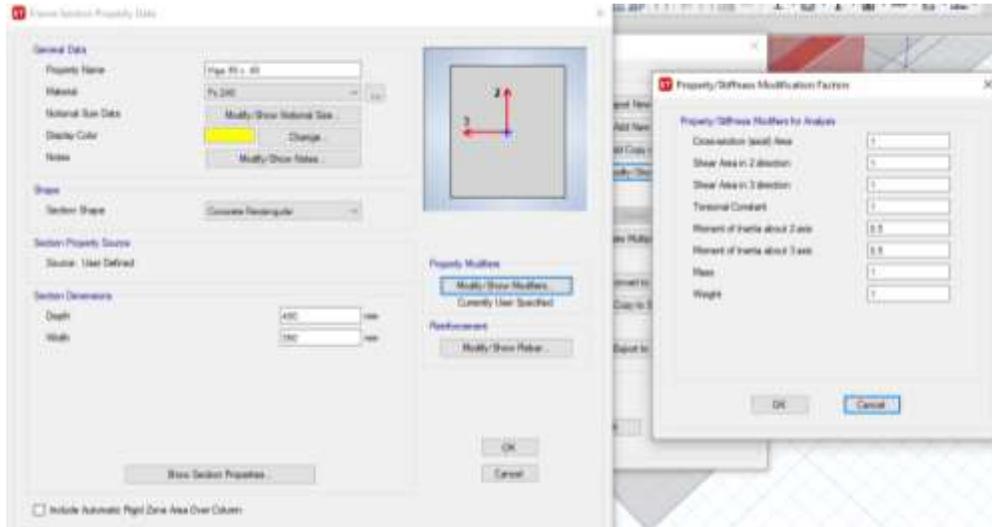


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 121

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

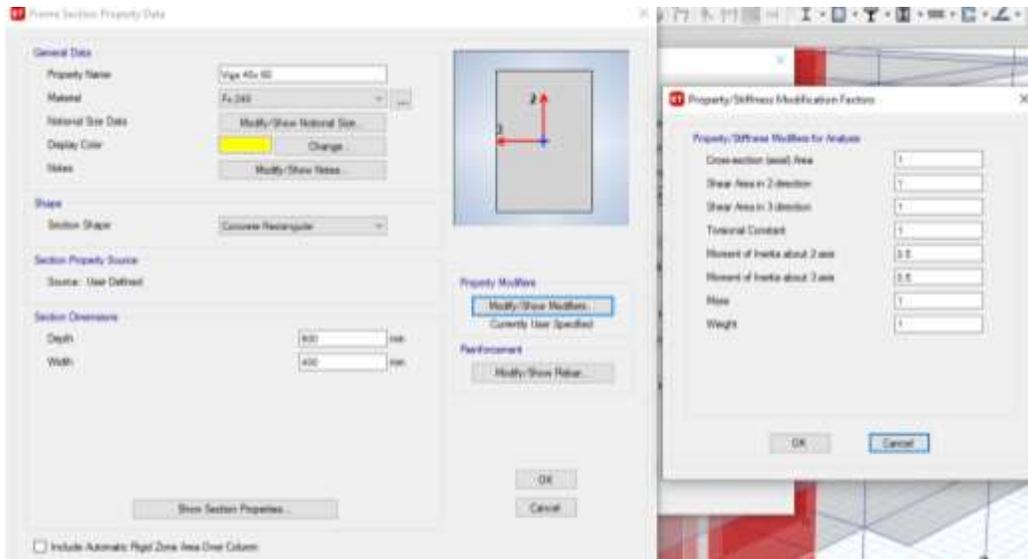


Nota: Elaboración propia.

Viga 40x60 cm

Figura 122

Definición de las propiedades de la viga 40x60 cm

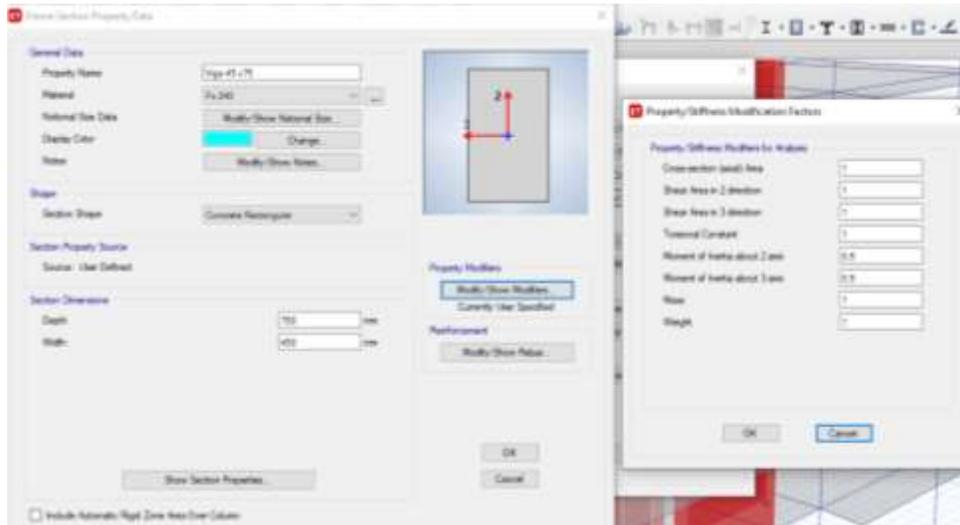


Nota: Elaboración propia.

Viga 45x75 cm

Figura 123

Definición de las propiedades de la viga 45x75 cm



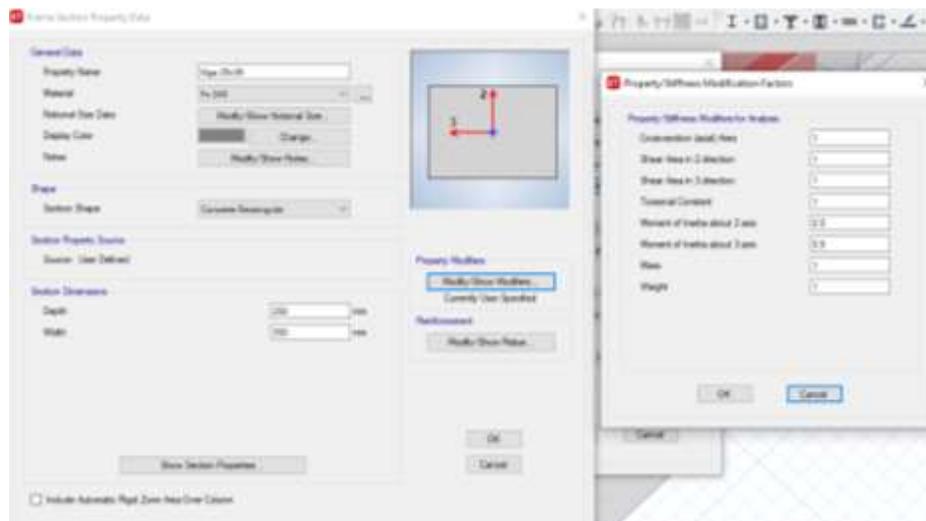
Nota: Elaboración propia.

Modelo 5

Viga 25x35 cm

Figura 124

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

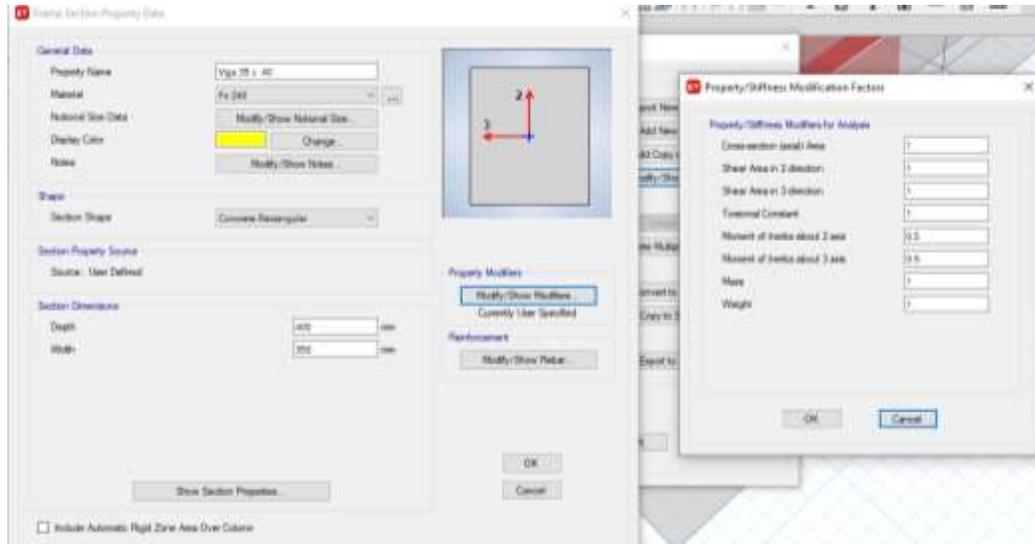


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 125

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

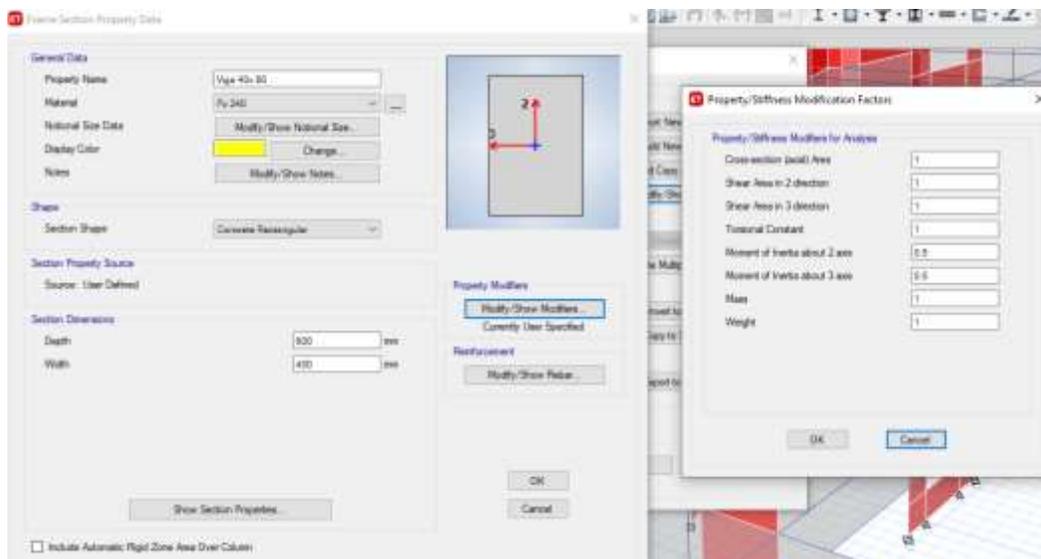


Nota: Elaboración propia.

Viga 40x60 cm

Figura 126

Definición de las propiedades de la viga 40x60 cm

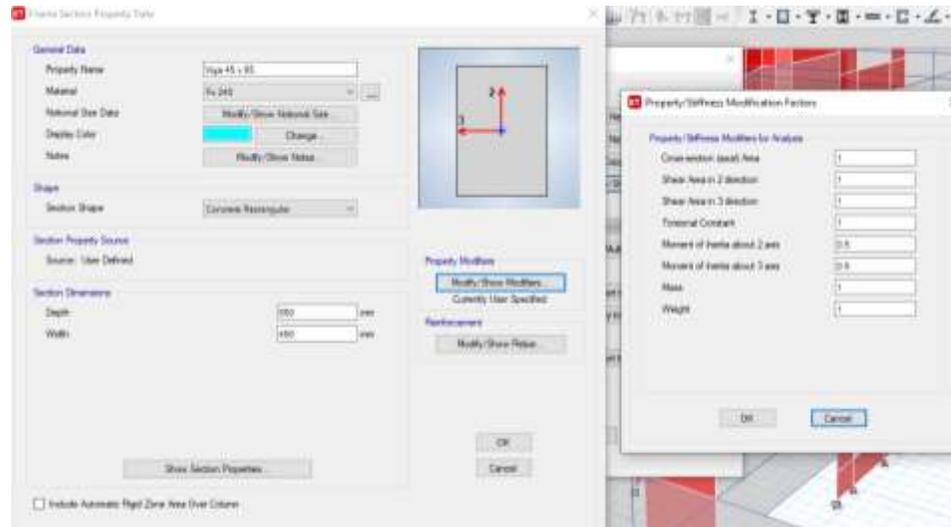


Nota: Elaboración propia.

Viga 45x65 cm

Figura 127

Definición de las propiedades de la viga 45x65 cm



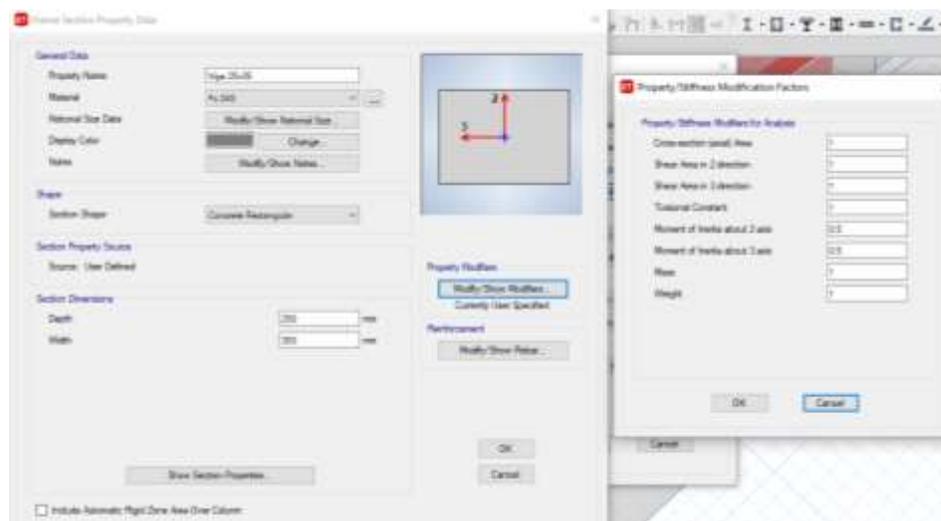
Nota: Elaboración propia.

Modelo 6

Viga 25x35 cm

Figura 128

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

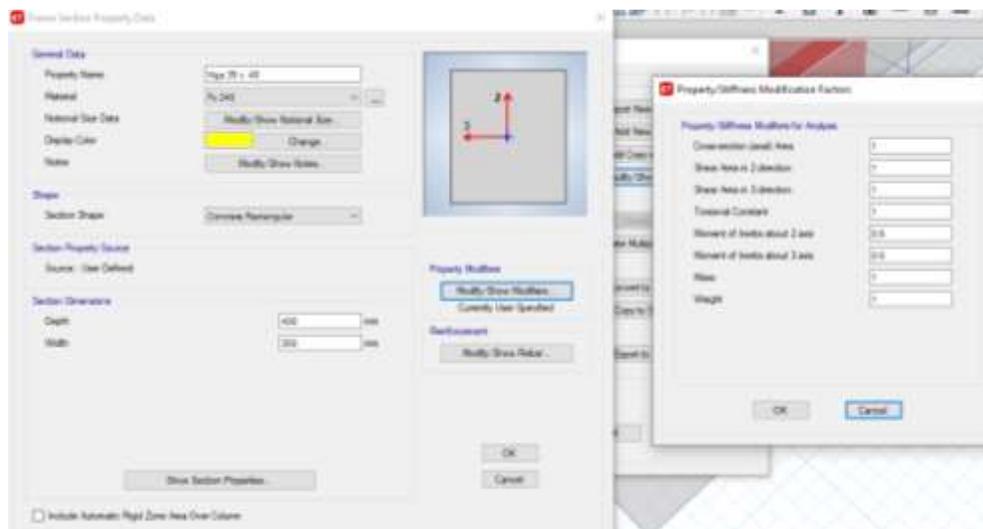


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 129

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

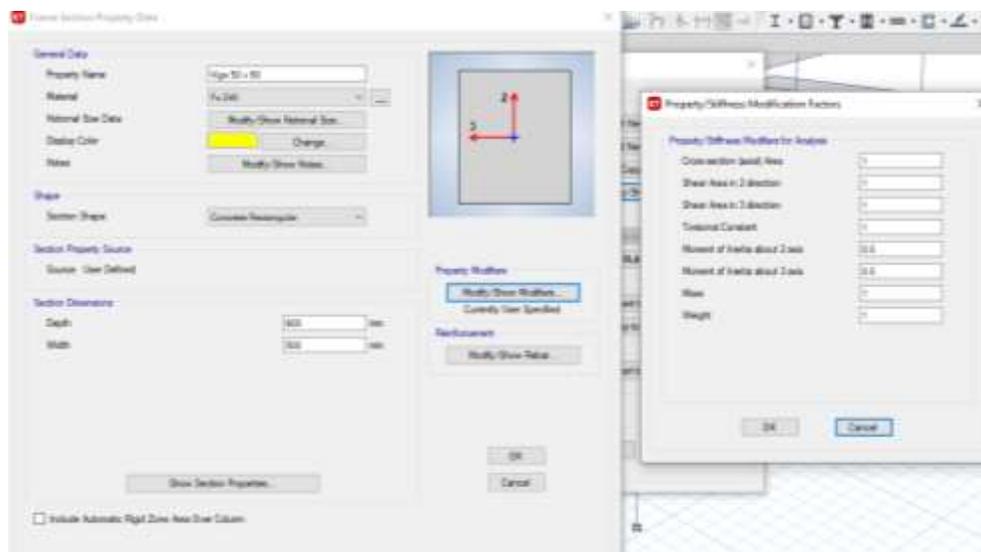


Nota: Elaboración propia.

Viga 50x60 cm

Figura 130

Definición de las propiedades de la viga 50x60 cm

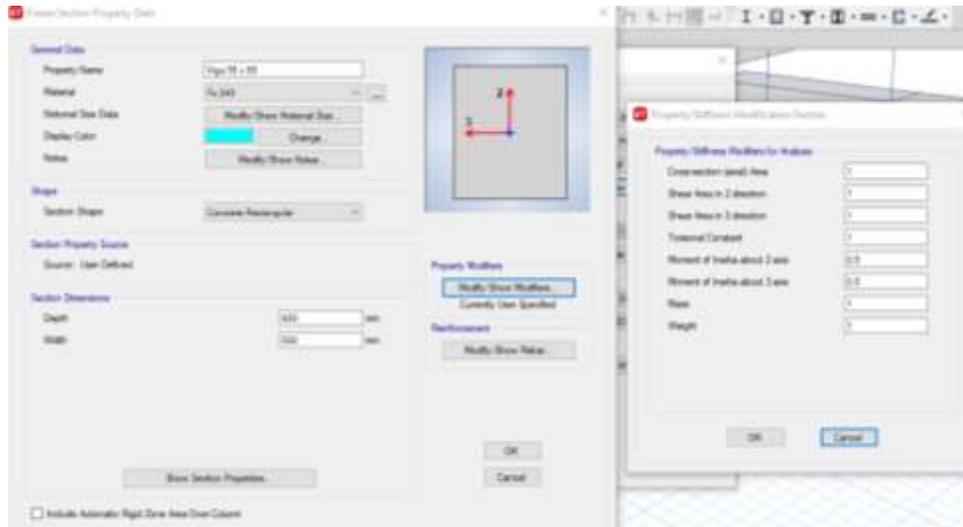


Nota: Elaboración propia.

Viga 55x65 cm

Figura 131

Definición de las propiedades de la viga 55x65 cm



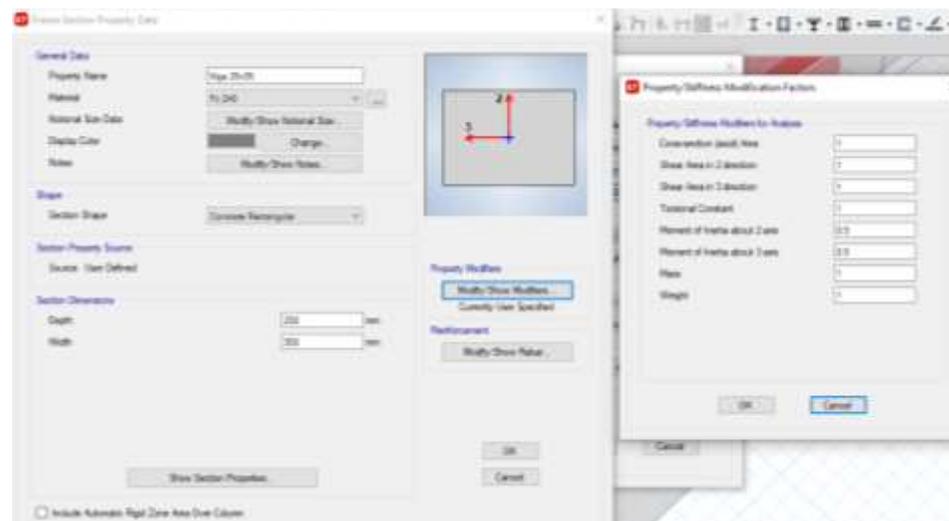
Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

Viga 25x35 cm

Figura 132

Definición de las propiedades de la viga 25x35 cm

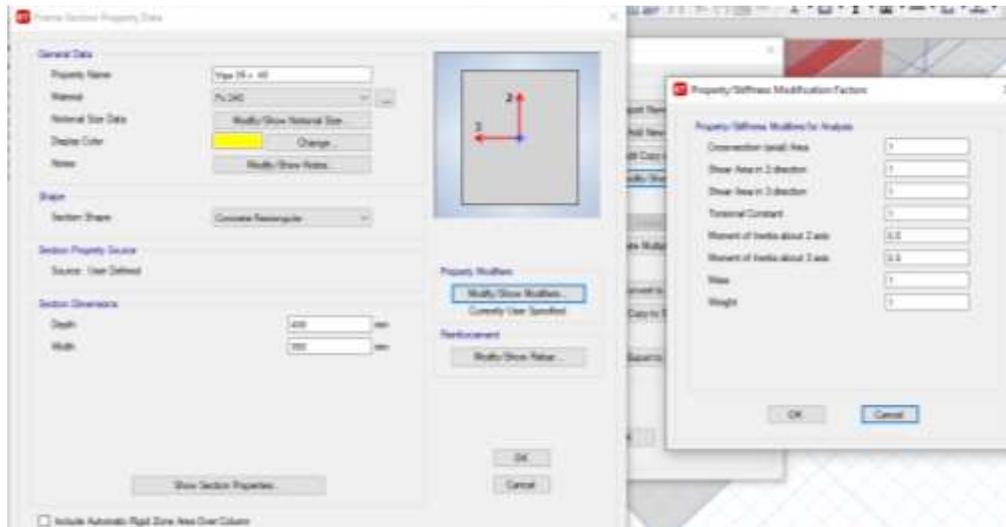


Nota: Elaboración propia.

Viga 35x40 cm

Figura 133

Definición de las propiedades de la viga 35x40 cm

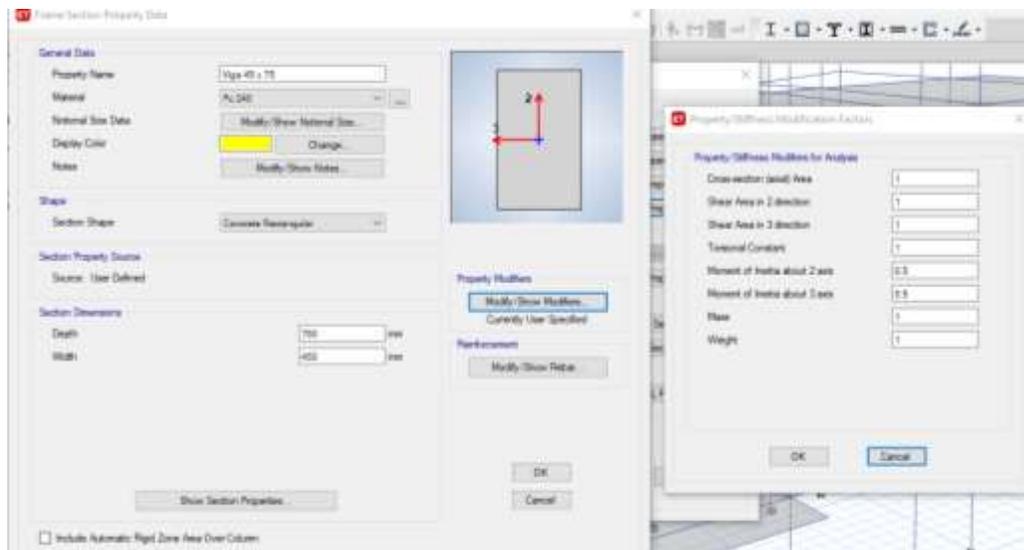


Nota: Elaboración propia.

Viga 45x75 cm

Figura 134

Definición de las propiedades de la viga 45x75 cm

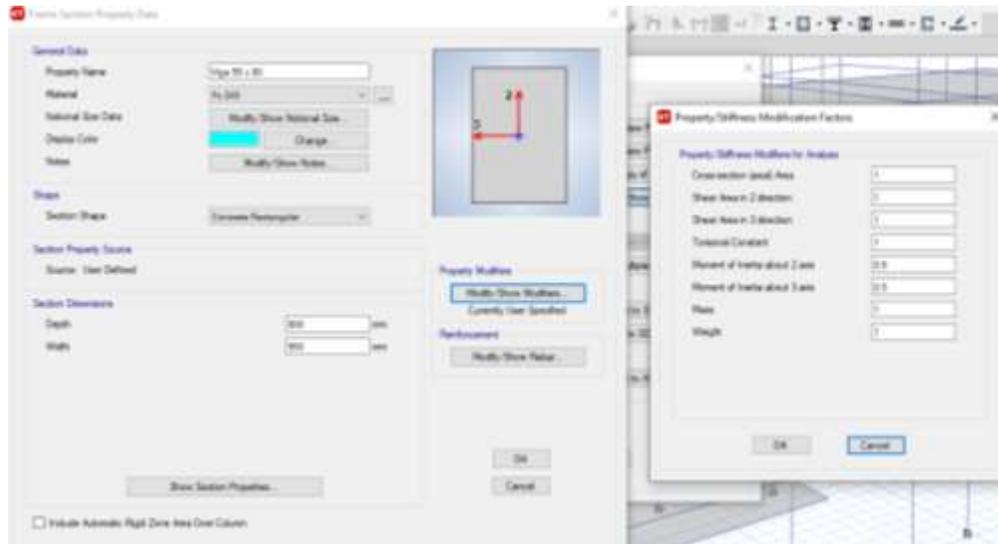


Nota: Elaboración propia.

Viga 55x80 cm

Figura 135

Definición de las propiedades de la viga 55x80 cm



Nota: Elaboración propia.

Losa

La losa que se ingresará a continuación es para todos los niveles del modelo, será de 20 cm de altura y alivianada con casetones retirables. Se la ingresa mediante el siguiente proceso Define – Section Properties – Slab Sections.

Figura 136

Definición de las propiedades de la losa alivianada de 20 cm de espesor

General Data	
Property Name	Losas aliv. 20cm
Slab Material	Ft 240
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Type	Waffle
Overall Depth	200 mm
Slab Thickness	50 mm
Stem Width at Top	100 mm
Stem Width at Bottom	100 mm
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis	500 mm
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis	500 mm

Nota: Elaboración propia.

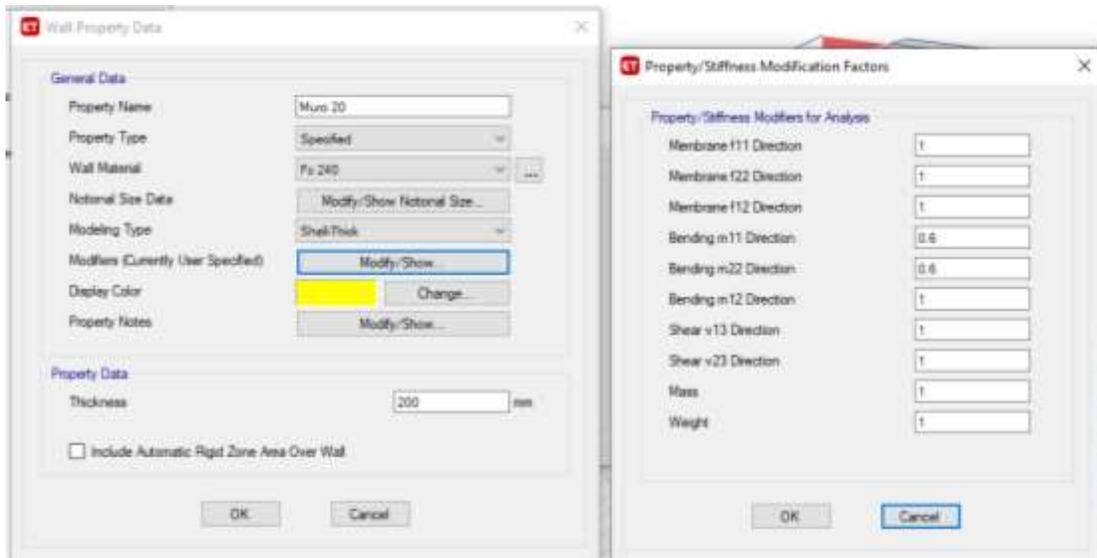
Muros

Los Muros detallados a continuación serán de 20 y 30 cm de espesor. Se los ingresa mediante el siguiente proceso Define – Section Properties – Wall Sections.

Muro de 20 cm

Figura 137

Definición de las propiedades del muro de 20 cm de espesor

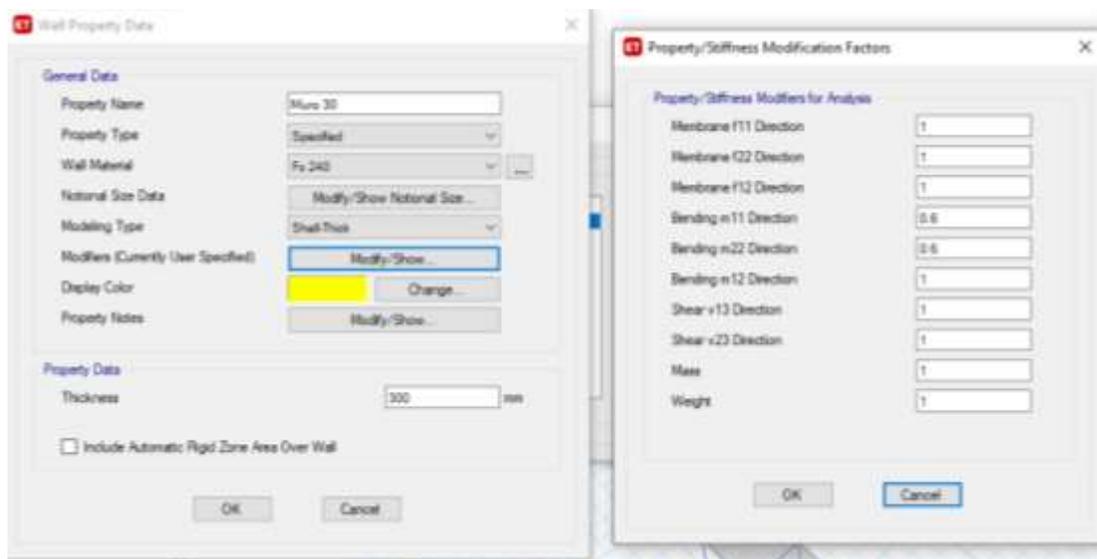


Nota: Elaboración propia.

Muro de 30 cm

Figura 138

Definición de las propiedades del muro de 30 cm de espesor

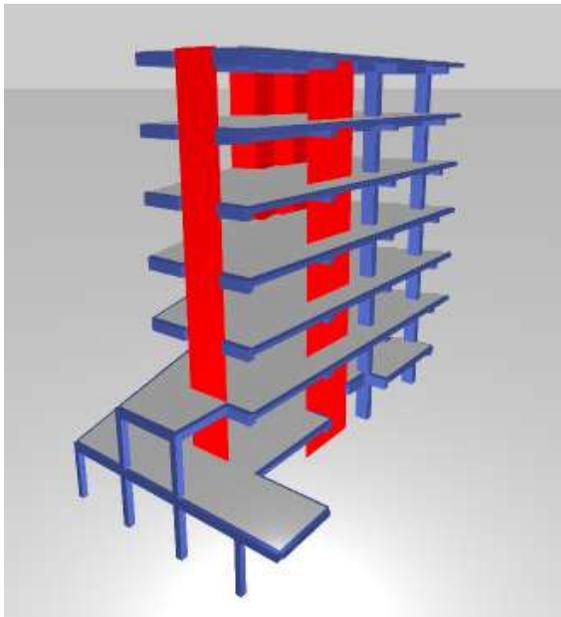


Nota: Elaboración propia.

Modelamiento de las estructuras de hormigón armado

Figura 139

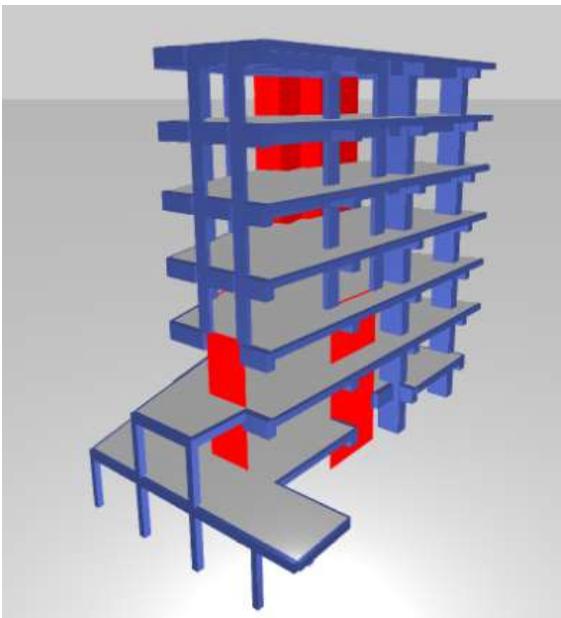
Estructura de Hormigón Armado; Modelo 1; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 140

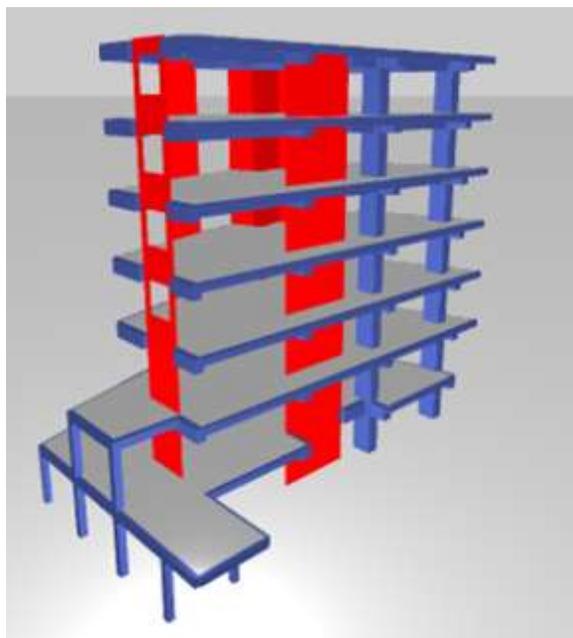
Estructura de Hormigón Armado; Modelo 2; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 141

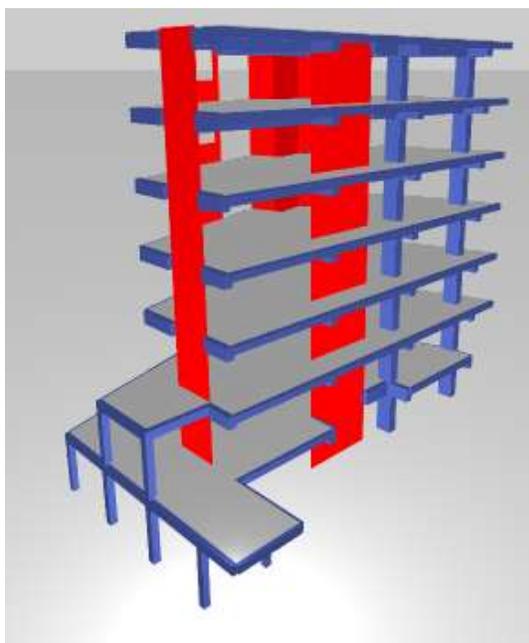
Estructura de Hormigón Armado; Modelo 3; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 142

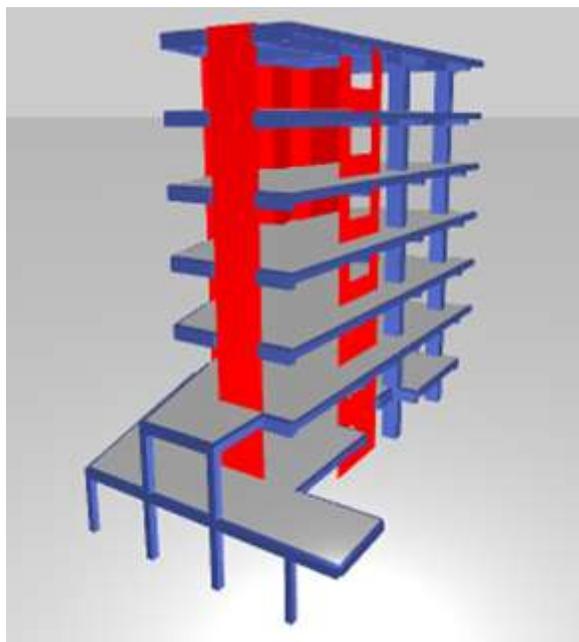
Estructura de Hormigón Armado; Modelo 4; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 143

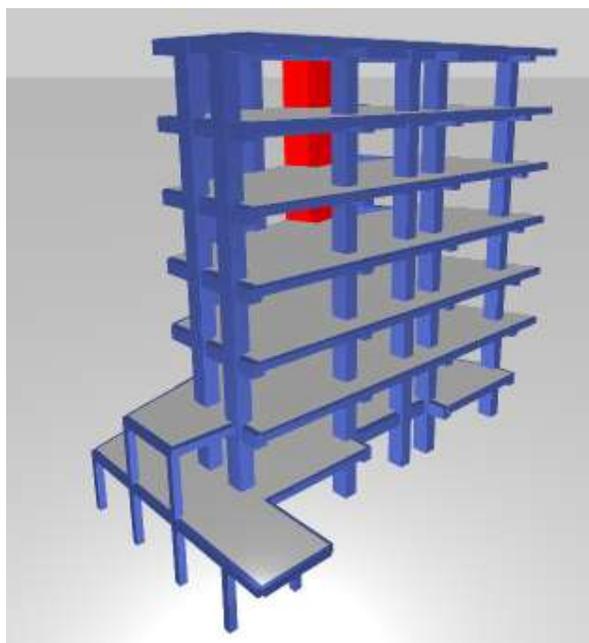
Estructura de Hormigón Armado; Modelo 5; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 144

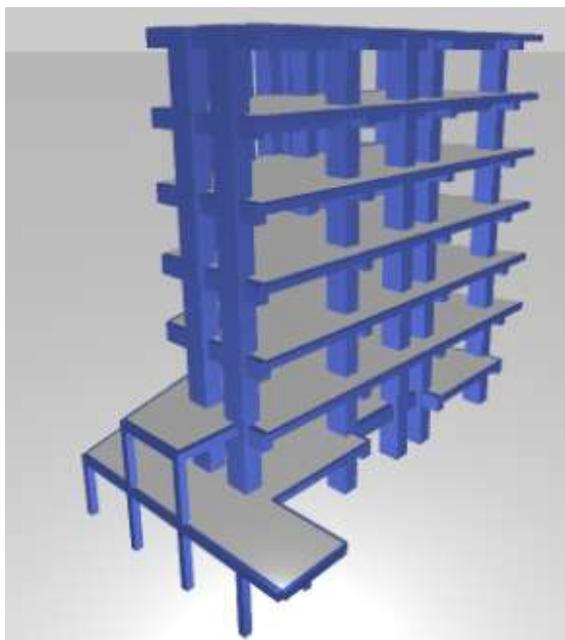
Estructura de Hormigón Armado; Modelo 6; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 145

Estructura de Hormigón Armado; Modelo 7; vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Ingreso de elementos estructura mixta

Ingreso de columnas

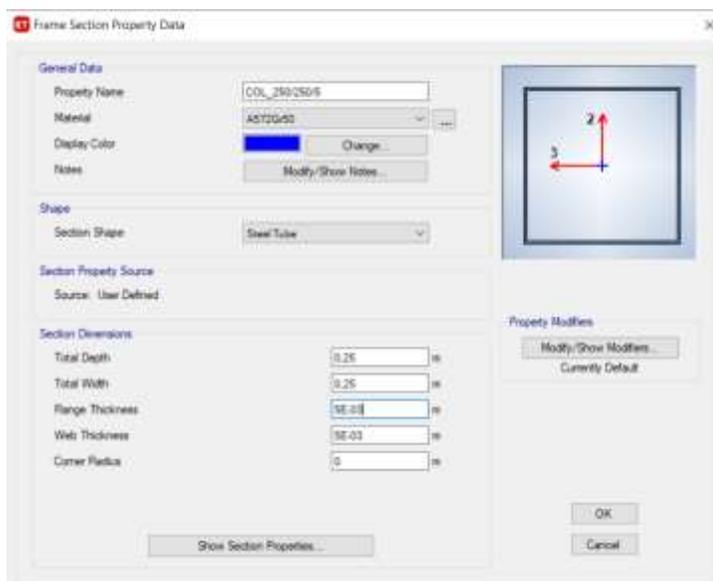
Mediante la opción Define – Section Properties – Frame Sections, se generan los elementos columna.

Modelo 1

Columna 250/250/5

Figura 146

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

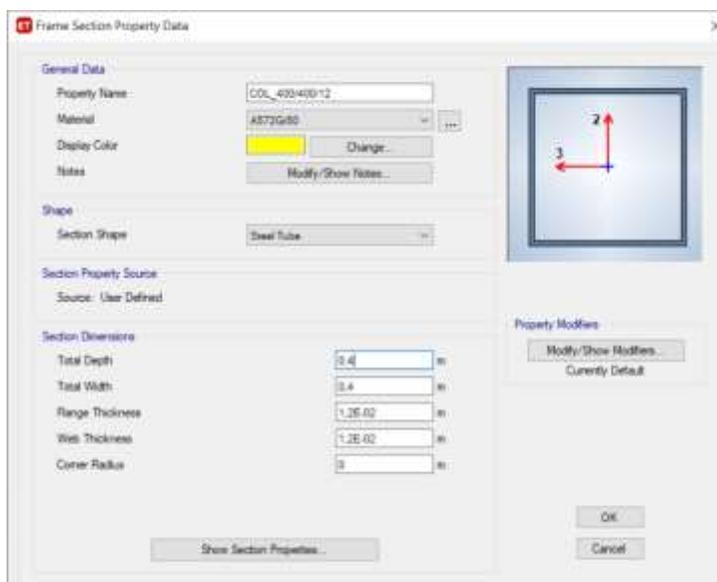


Nota: Elaboración propia.

Columna 400/400/12

Figura 147

Definición de las propiedades de la columna de acero 400/400/12 mm



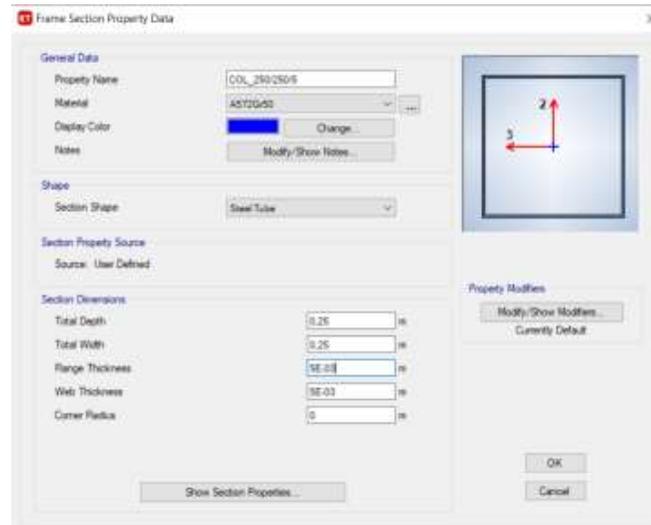
Nota: Elaboración propia.

Modelo 2

Columna 250/250/5

Figura 148

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

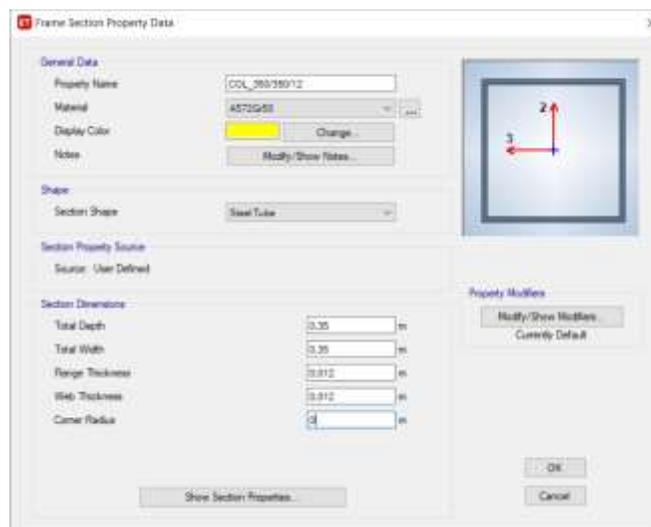


Nota: Elaboración propia.

Columna 350/350/12

Figura 149

Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm

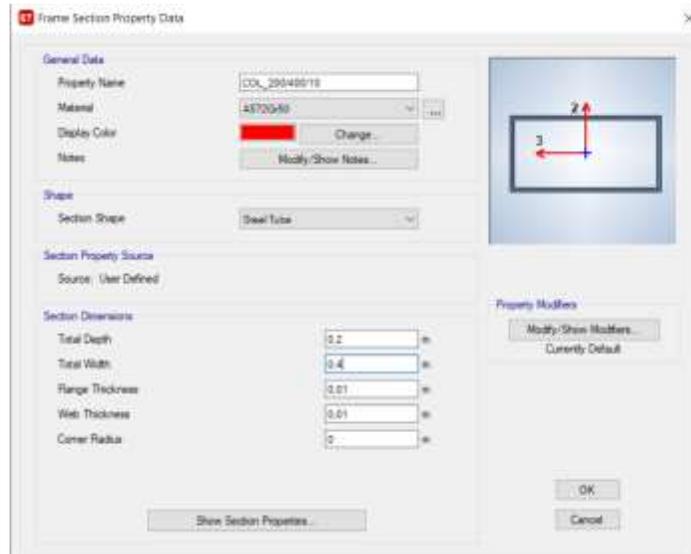


Nota: Elaboración propia.

Columna 200/400/10

Figura 150

Definición de las propiedades de la columna de acero 200/400/10 mm



Nota: Elaboración propia.

Columna 300/700/10

Figura 151

Definición de las propiedades de la columna de acero 300/700/10 mm



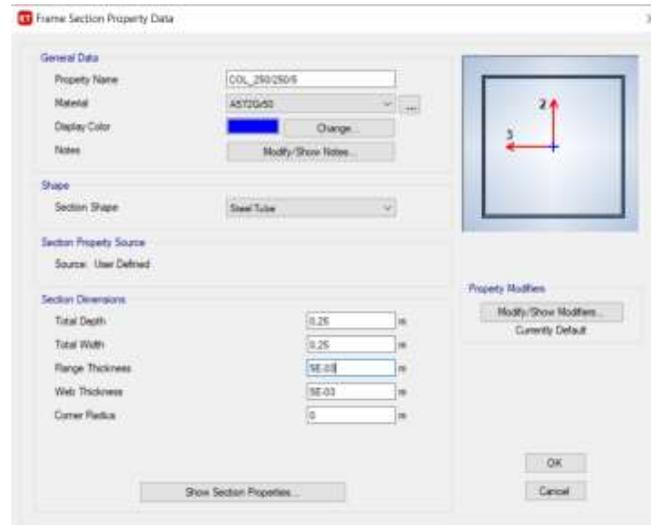
Nota: Elaboración propia.

Modelo 3

Columna 250/250/5

Figura 152

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

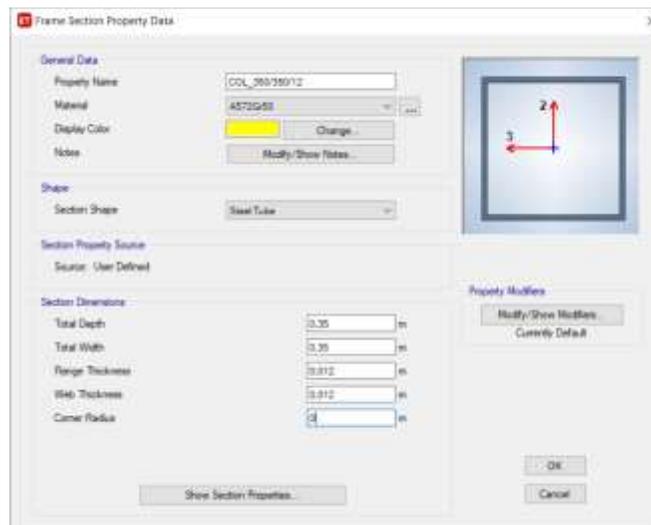


Nota: Elaboración propia.

Columna 350/350/12

Figura 153

Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm



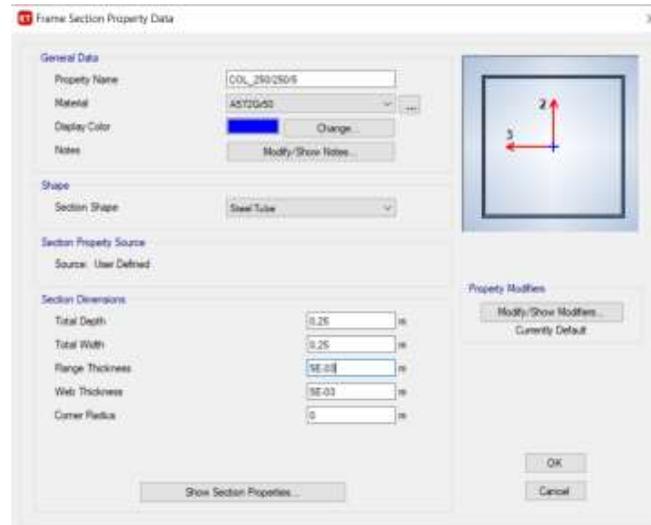
Nota: Elaboración propia.

Modelo 4

Columna 250/250/5

Figura 154

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

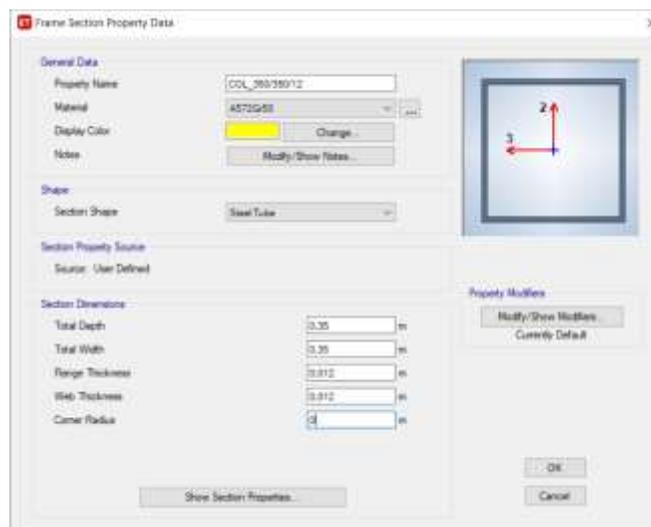


Nota: Elaboración propia.

Columna 350/350/12

Figura 155

Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm



Nota: Elaboración propia.

Modelo 5

Columna 250/250/5

Figura 156

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: COL_250/250/5

Material: A572G50

Display Color: [Blue] Change...

Notes: [Empty] Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Tube

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.25 m

Total Width: 0.25 m

Flange Thickness: 0.01 m

Web Thickness: 0.01 m

Corner Radius: 0 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

Columna 350/350/12

Figura 157

Definición de las propiedades de la columna de acero 350/350/12 mm

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: COL_350/350/12

Material: A572G50

Display Color: [Yellow] Change...

Notes: [Empty] Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Tube

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.35 m

Total Width: 0.35 m

Flange Thickness: 0.012 m

Web Thickness: 0.012 m

Corner Radius: 0 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

Modelo 6

Columna 250/250/5

Figura 158

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: COL_250/250/5
 Material: A572G/50
 Display Color: Change...
 Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Tube

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.25 m
 Total Width: 0.25 m
 Flange Thickness: 0E+00 m
 Web Thickness: 0E-03 m
 Corner Radius: 0 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
 Currently Default

Show Section Properties...
 OK
 Cancel

Nota: Elaboración propia.

Columna 500/500/20

Figura 159

Definición de las propiedades de la columna de acero 500/500/20 mm

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: COL_500/500/20
 Material: A572G/60
 Display Color: Change...
 Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Tube

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.45 m
 Total Width: 0.45 m
 Flange Thickness: 0.02 m
 Web Thickness: 0.02 m
 Corner Radius: 0 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
 Currently Default

Show Section Properties...
 OK
 Cancel

Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

Columna 250/250/5

Figura 160

Definición de las propiedades de la columna de acero 250/250/5 mm

Nota: Elaboración propia.

Columna 800/800/28

Figura 161

Definición de las propiedades de la columna de acero 800/800/28 mm

Nota: Elaboración propia.

Columna 200/750/28

Figura 162

Definición de las propiedades de la columna de acero 200/750/28 mm

Nota: Elaboración propia.

Columna 300/1000/28

Figura 163

Definición de las propiedades de la columna de acero 300/1000/28 mm

Nota: Elaboración propia.

Ingreso de vigas

Realizando el mismo proceso del ingreso de las columnas se procede a generar las vigas; las cuales son vigas principales, secundarias y de borde.

Modelo 1

IPE 240

Figura 164

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_240
Material: A572G40
Display Color: Change
Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I-Shape

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.24 m
Top Flange Width: 0.12 m
Top Flange Thickness: 0.01 m
Web Thickness: 0.006 m
Bottom Flange Width: 0.12 m
Bottom Flange Thickness: 0.01 m
Fillet Radius: 0.015 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Show Section Properties...

Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 165

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_270

Material: A572Gr50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.28 in

Top Flange Width: 0.135 in

Top Flange Thickness: 0.01 in

Web Thickness: 0.007 in

Bottom Flange Width: 0.135 in

Bottom Flange Thickness: 0.01 in

Fillet Radius: 0.015 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 166

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_300

Material: A572Gr50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.3 in

Top Flange Width: 0.15 in

Top Flange Thickness: 0.011 in

Web Thickness: 0.007 in

Bottom Flange Width: 0.15 in

Bottom Flange Thickness: 0.011 in

Fillet Radius: 0.015 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

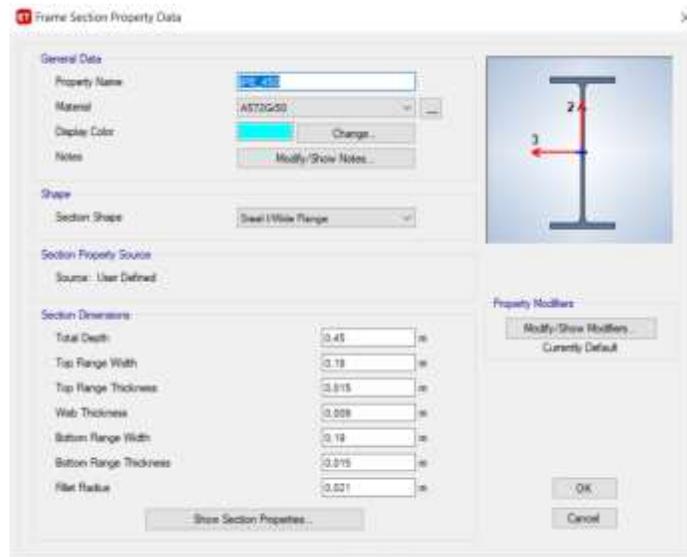
OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 450**Figura 167**

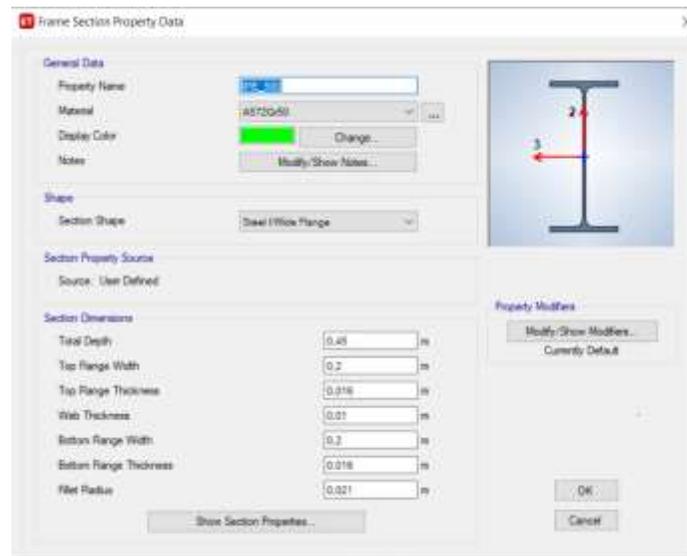
Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450



Nota: Elaboración propia.

IPE 500**Figura 168**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500



Nota: Elaboración propia.

IPE 600

Figura 169

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Nota: Elaboración propia.

Modelo 2

IPE 240

Figura 170

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 171

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270

The screenshot shows a software dialog box for defining the properties of an IPE 270 steel beam. The interface is organized into several sections:

- General Data:** Property Name is set to "IPE_270", Material is "AST325A50", and Display Color is a pink color. There are buttons for "Change..." and "Modify/Show Notes...".
- Shape:** Section Shape is set to "Steel Wide Flange".
- Section Property Source:** Source is "User Defined".
- Section Dimensions:** A list of dimensions with input fields:

Total Depth	0.270	in
Top Flange Width	0.135	in
Top Flange Thickness	0.01	in
Web Thickness	0.007	in
Bottom Flange Width	0.135	in
Bottom Flange Thickness	0.01	in
Fllet Radius	0.015	in
- Property Modifiers:** A button for "Modify/Show Modifiers..." and the text "Currently Default".
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons at the bottom right.

A diagram of an I-beam cross-section is shown on the right, with a vertical red arrow labeled '2' pointing upwards from the center of the web, and a horizontal red arrow labeled '3' pointing to the left from the center of the web.

Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 172

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

The screenshot shows a software dialog box for defining the properties of an IPE 300 steel beam. The interface is organized into several sections:

- General Data:** Property Name is set to "IPE_300", Material is "AST325A50", and Display Color is a grey color. There are buttons for "Change..." and "Modify/Show Notes...".
- Shape:** Section Shape is set to "Steel Wide Flange".
- Section Property Source:** Source is "User Defined".
- Section Dimensions:** A list of dimensions with input fields:

Total Depth	0.3	in
Top Flange Width	0.15	in
Top Flange Thickness	0.011	in
Web Thickness	0.007	in
Bottom Flange Width	0.15	in
Bottom Flange Thickness	0.011	in
Fllet Radius	0.015	in
- Property Modifiers:** A button for "Modify/Show Modifiers..." and the text "Currently Default".
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons at the bottom right.

A diagram of an I-beam cross-section is shown on the right, with a vertical red arrow labeled '2' pointing upwards from the center of the web, and a horizontal red arrow labeled '3' pointing to the left from the center of the web.

Nota: Elaboración propia.

IPE 450**Figura 173**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 450

Material: AST2G50

Display Color: Change

Notes: Modify/Show Notes

Shape

Section Shape: Steel I-Beam Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.45 in

Top Flange Width: 0.18 in

Top Flange Thickness: 0.015 in

Web Thickness: 0.008 in

Bottom Flange Width: 0.18 in

Bottom Flange Thickness: 0.015 in

Fillet Radius: 0.021 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 600**Figura 174**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 600

Material: AST2G50

Display Color: Change

Notes: Modify/Show Notes

Shape

Section Shape: Steel I-Beam Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.6 in

Top Flange Width: 0.22 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.012 in

Bottom Flange Width: 0.22 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.024 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 600

Figura 175

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_600

Material: A370G50

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape: I-Beam

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.59 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.025 m

Web Thickness: 0.013 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.025 m

Fillet Radius: 0.021 m

Property Modifiers

Currently Default

Nota: Elaboración propia.

HEA 700

Figura 176

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_700

Material: A370G50

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape: I-Beam

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.69 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.027 m

Web Thickness: 0.015 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.027 m

Fillet Radius: 0.021 m

Property Modifiers

Currently Default

Nota: Elaboración propia.

Modelo 3

IPE 240

Figura 177

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 178

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270

Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 179

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

Nota: Elaboración propia.

IPE 450

Figura 180

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450

Nota: Elaboración propia.

IPE 500

Figura 181

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 500

Material: A572Q50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I-Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.48 in

Top Flange Width: 0.2 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.01 in

Bottom Flange Width: 0.2 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.021 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 600

Figura 182

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 600

Material: A572Q50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.6 in

Top Flange Width: 0.22 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.012 in

Bottom Flange Width: 0.22 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.024 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 600**Figura 183**

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_600

Material: A372G50

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape: I-beam

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.59 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.025 m

Web Thickness: 0.013 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.025 m

Fillet Radius: 0.021 m

Property Modifiers

Currently Default

Nota: Elaboración propia.

Modelo 4**IPE 240****Figura 184**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_240

Material: A372G50

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape: I-beam

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.24 m

Top Flange Width: 0.12 m

Top Flange Thickness: 0.01 m

Web Thickness: 0.006 m

Bottom Flange Width: 0.12 m

Bottom Flange Thickness: 0.01 m

Fillet Radius: 0.015 m

Property Modifiers

Currently Default

Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 185

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_270

Material: A572G50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.275 in

Top Flange Width: 0.135 in

Top Flange Thickness: 0.01 in

Web Thickness: 0.007 in

Bottom Flange Width: 0.135 in

Bottom Flange Thickness: 0.01 in

Fillet Radius: 0.015 in

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Show Section Properties...

Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 186

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_300

Material: A572G50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.3 in

Top Flange Width: 0.15 in

Top Flange Thickness: 0.011 in

Web Thickness: 0.007 in

Bottom Flange Width: 0.15 in

Bottom Flange Thickness: 0.011 in

Fillet Radius: 0.015 in

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

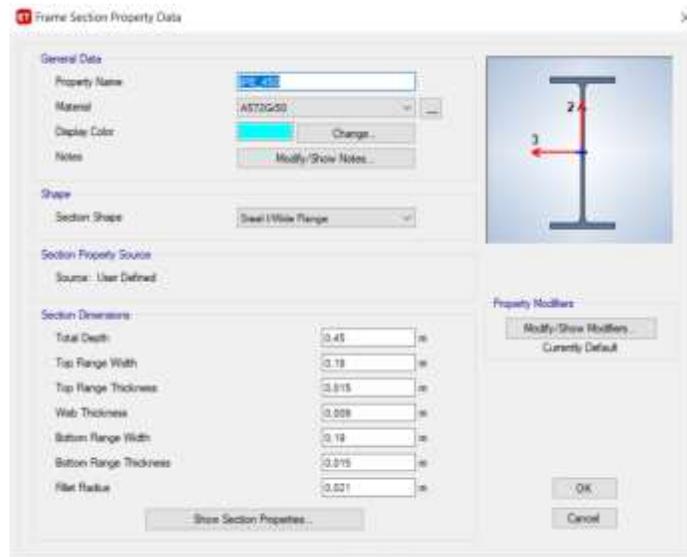
Cancel

Show Section Properties...

Nota: Elaboración propia.

IPE 450**Figura 187**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450



Nota: Elaboración propia.

IPE 500**Figura 188**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500



Nota: Elaboración propia.

IPE 600

Figura 189

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 600

Material: AST3050

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.6 in

Top Flange Width: 0.22 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.012 in

Bottom Flange Width: 0.22 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.024 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 600

Figura 190

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA 600

Material: AST3050

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.59 in

Top Flange Width: 0.3 in

Top Flange Thickness: 0.025 in

Web Thickness: 0.013 in

Bottom Flange Width: 0.3 in

Bottom Flange Thickness: 0.025 in

Fillet Radius: 0.021 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 700

Figura 191

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_700

Material: A572G50

Display Color: Change

Notes:

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.69 in

Top Flange Width: 0.3 in

Top Flange Thickness: 0.027 in

Web Thickness: 0.015 in

Bottom Flange Width: 0.3 in

Bottom Flange Thickness: 0.027 in

Fillet Radius: 0.027 in

Property Modifiers

Currently Default

Nota: Elaboración propia.

Modelo 5

IPE 240

Figura 192

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_240

Material: A572G50

Display Color: Change

Notes:

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.24 in

Top Flange Width: 0.12 in

Top Flange Thickness: 0.01 in

Web Thickness: 0.006 in

Bottom Flange Width: 0.12 in

Bottom Flange Thickness: 0.01 in

Fillet Radius: 0.015 in

Property Modifiers

Currently Default

Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 193

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270

Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 194

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

Nota: Elaboración propia.

IPE 450

Figura 195

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450

Nota: Elaboración propia.

IPE 500

Figura 196

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500

Nota: Elaboración propia.

IPE 600

Figura 197

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 600

Material: AST3050

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.6 m

Top Flange Width: 0.22 m

Top Flange Thickness: 0.018 m

Web Thickness: 0.012 m

Bottom Flange Width: 0.22 m

Bottom Flange Thickness: 0.018 m

Fillet Radius: 0.024 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 600

Figura 198

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA 600

Material: AST3050

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.59 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.025 m

Web Thickness: 0.013 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.025 m

Fillet Radius: 0.021 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

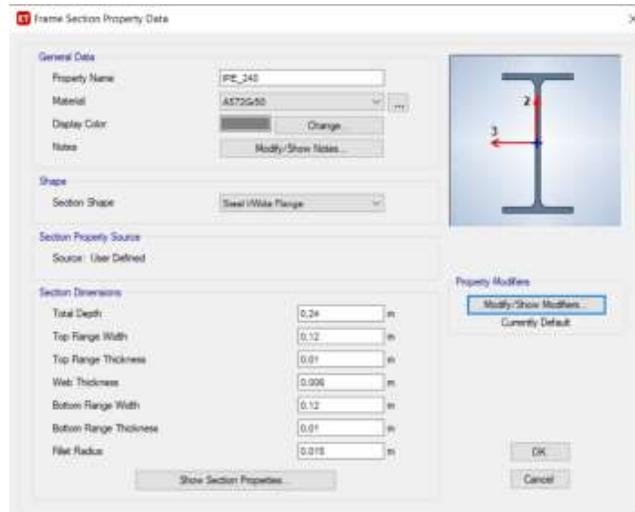
Nota: Elaboración propia.

Modelo 6

IPE 240

Figura 199

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

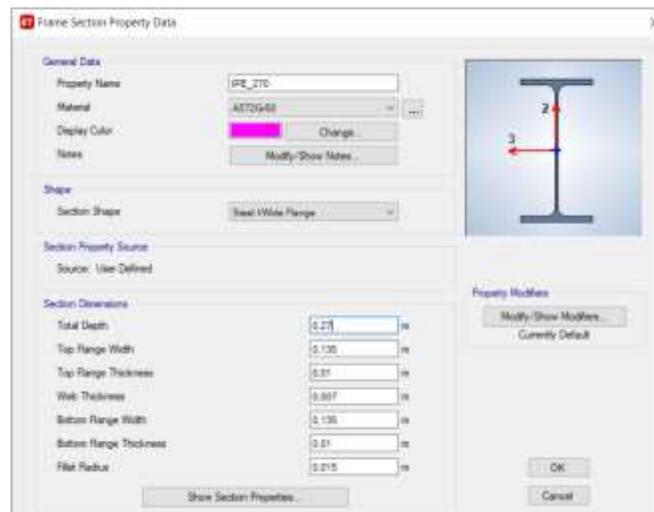


Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 200

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270



Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 201

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

Nota: Elaboración propia.

IPE 450

Figura 202

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450

Nota: Elaboración propia.

IPE 500

Figura 203

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 500

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 500

Material: A572Q50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I-Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.48 in

Top Flange Width: 0.2 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.021 in

Bottom Flange Width: 0.2 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.021 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 600

Figura 204

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 600

Material: A572Q50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.6 in

Top Flange Width: 0.22 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.012 in

Bottom Flange Width: 0.22 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.024 in

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 600

Figura 205

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600

Nota: Elaboración propia.

HEA 700

Figura 206

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700

Nota: Elaboración propia.

HEA 800

Figura 207

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 800

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_800

Material: A572G50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.79 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.028 m

Web Thickness: 0.015 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.028 m

Fillet Radius: 0.03 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

IPE 240

Figura 208

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 240

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_240

Material: A572G50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.24 m

Top Flange Width: 0.12 m

Top Flange Thickness: 0.01 m

Web Thickness: 0.006 m

Bottom Flange Width: 0.12 m

Bottom Flange Thickness: 0.01 m

Fillet Radius: 0.015 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 270

Figura 209

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 270

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_270

Material: A572G50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.28 in

Top Flange Width: 0.135 in

Top Flange Thickness: 0.01 in

Web Thickness: 0.007 in

Bottom Flange Width: 0.135 in

Bottom Flange Thickness: 0.01 in

Fillet Radius: 0.015 in

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Show Section Properties...

Nota: Elaboración propia.

IPE 300

Figura 210

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 300

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE_300

Material: A572G50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.3 in

Top Flange Width: 0.15 in

Top Flange Thickness: 0.011 in

Web Thickness: 0.007 in

Bottom Flange Width: 0.15 in

Bottom Flange Thickness: 0.011 in

Fillet Radius: 0.015 in

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

Show Section Properties...

Nota: Elaboración propia.

IPE 450**Figura 211**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 450

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 450

Material: AST2G50

Display Color: Change

Notes: Modify/Show Notes

Shape

Section Shape: Steel I-Beam Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.45 in

Top Flange Width: 0.18 in

Top Flange Thickness: 0.015 in

Web Thickness: 0.008 in

Bottom Flange Width: 0.18 in

Bottom Flange Thickness: 0.015 in

Fillet Radius: 0.021 in

Show Section Properties

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

IPE 600**Figura 212**

Definición de las propiedades de la viga de acero IPE 600

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE 600

Material: AST2G50

Display Color: Change

Notes: Modify/Show Notes

Shape

Section Shape: Steel I-Beam Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.6 in

Top Flange Width: 0.22 in

Top Flange Thickness: 0.018 in

Web Thickness: 0.012 in

Bottom Flange Width: 0.22 in

Bottom Flange Thickness: 0.018 in

Fillet Radius: 0.024 in

Show Section Properties

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers

Currently Default

OK

Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 600

Figura 213

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 600

Nota: Elaboración propia.

HEA 700

Figura 214

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 700

Nota: Elaboración propia.

HEA 800

Figura 215

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 800

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_800

Material: ASTM50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel IWide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.79 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.028 m

Web Thickness: 0.018 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.028 m

Fillet Radius: 0.03 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

HEA 900

Figura 216

Definición de las propiedades de la viga de acero HEA 900

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: HEA_900

Material: ASTM50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel IWide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.99 m

Top Flange Width: 0.3 m

Top Flange Thickness: 0.03 m

Web Thickness: 0.018 m

Bottom Flange Width: 0.3 m

Bottom Flange Thickness: 0.03 m

Fillet Radius: 0.03 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Nota: Elaboración propia.

Ingreso de Losa

Se define un solo tipo de losa para todos los pisos y todos los modelos de las estructuras mixtas; la cual estará conformada por una placa colaborante con una loseta de hormigón armado. Se ingresa el valor de la losa mediante la opción Define – Section Properties – Deck Sections.

Figura 217

Definición de las propiedades de la placa colaborante

General Data	
Property Name	Losa_Deck
Type	filled
Slab Material	Fc_240
Deck Material	A992Fy50
Modeling Type	Monotone
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Slab Depth, tc	0.07 m
Rib Depth, tr	0.05 m
Rib Width Top, wrt	0.145 m
Rib Width Bottom, wrb	0.12 m
Rib Spacing, sr	0.333 m
Deck Shear Thickness	65 m
Deck Unit Weight	0.22 tonf/m ²
Shear Stud Diameter	0.022 m
Shear Stud Height, hs	0.069 m
Shear Stud Tensile Strength, Fu	42000 tonf/m ²

Nota: Elaboración propia.

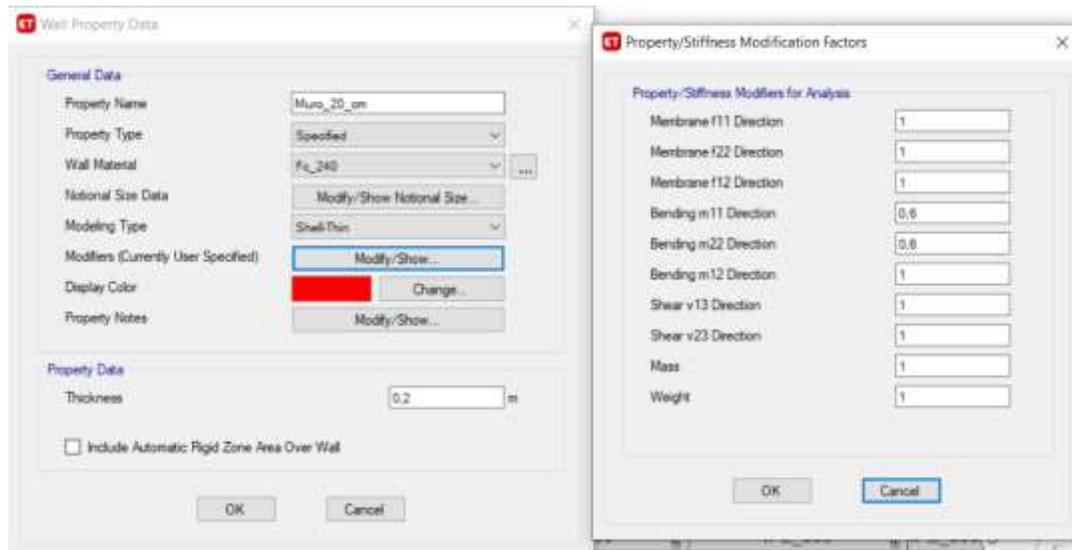
Muros

Los muros de corte se ingresarán mediante la opción Define – Section Properties – Wall Sections; los cuales tienen un espesor de 20 y 30 cm y se considerará una inercia agrietada de 0.6 propuesta por la NEC-15, esto aplicará a todos los modelos exceptuando el séptimo.

Muro de 20 cm

Figura 218

Definición de las propiedades del muro de 20 cm de espesor

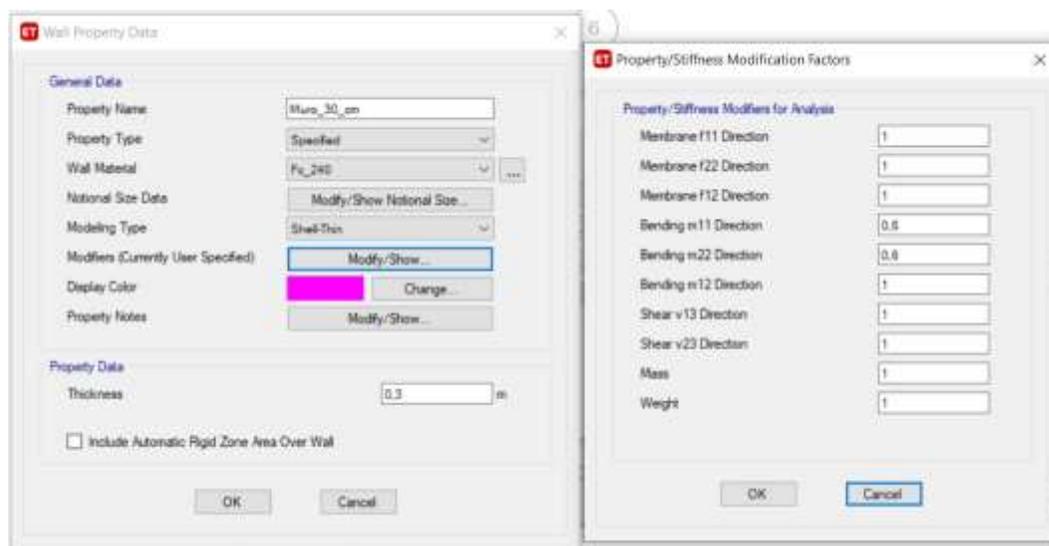


Nota: Elaboración propia.

Muro de 30 cm

Figura 219

Definición de las propiedades del muro de 30 cm de espesor

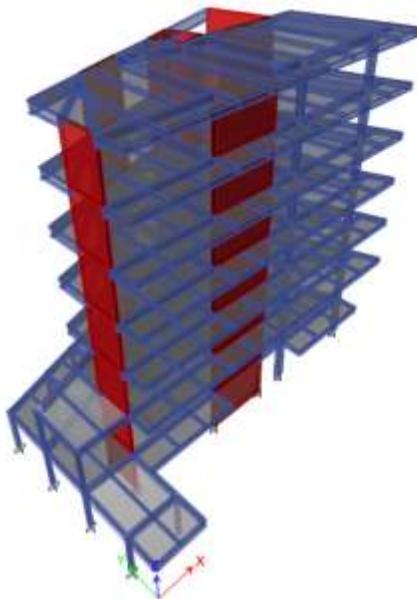


Nota: Elaboración propia.

Modelamiento de estructura mixta

Figura 220

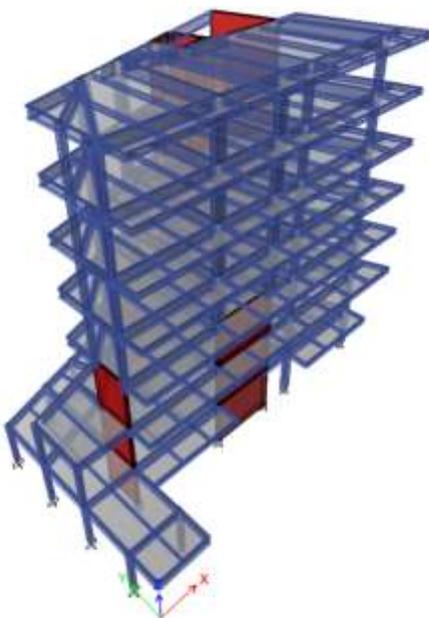
Estructura Mixta; Modelo 1; Vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 221

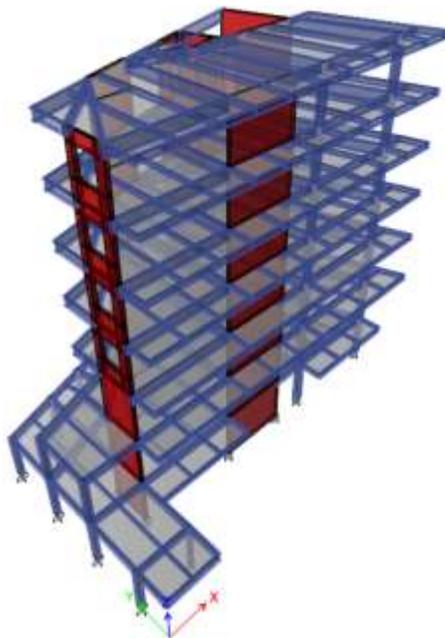
Estructura Mixta; Modelo 2; Vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 222

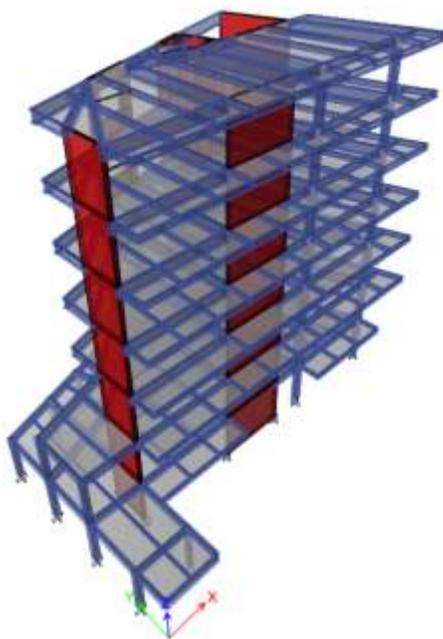
Estructura Mixta; Modelo 3; Vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 223

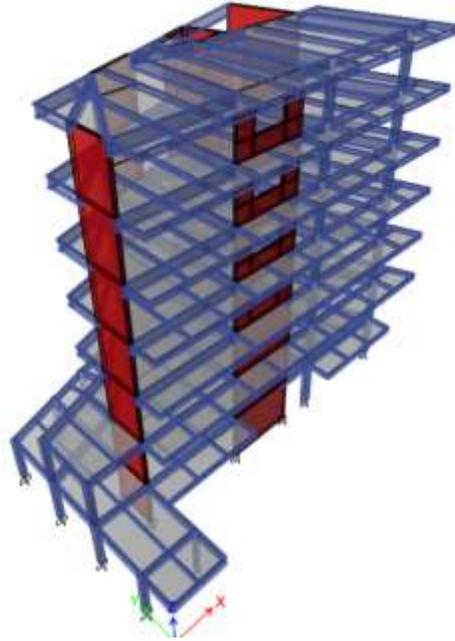
Estructura Mixta; Modelo 4; Vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 224

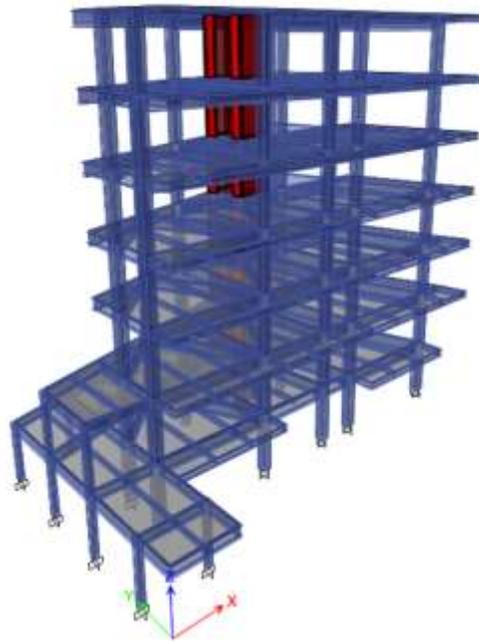
Estructura Mixta; Modelo 5; Vista 3D



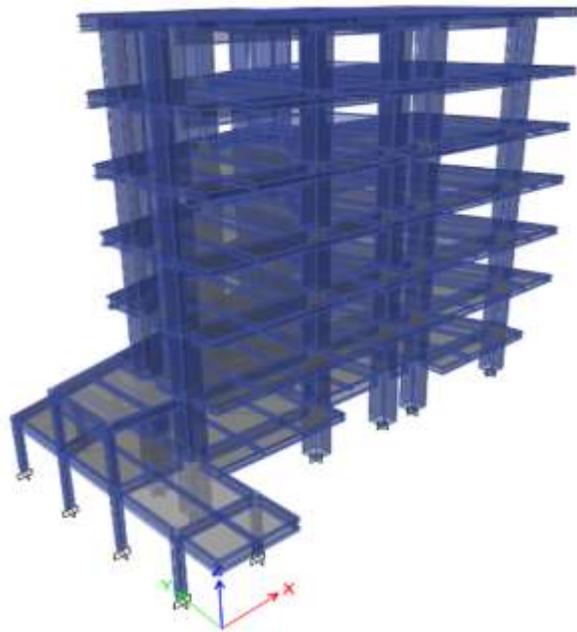
Nota: Elaboración propia.

Figura 225

Estructura Mixta; Modelo 6; Vista 3D



Nota: Elaboración propia.

Figura 226*Estructura Mixta; Modelo 7; Vista 3D*

Nota: Elaboración propia.

Ingreso de cargas y combinaciones

Cargas

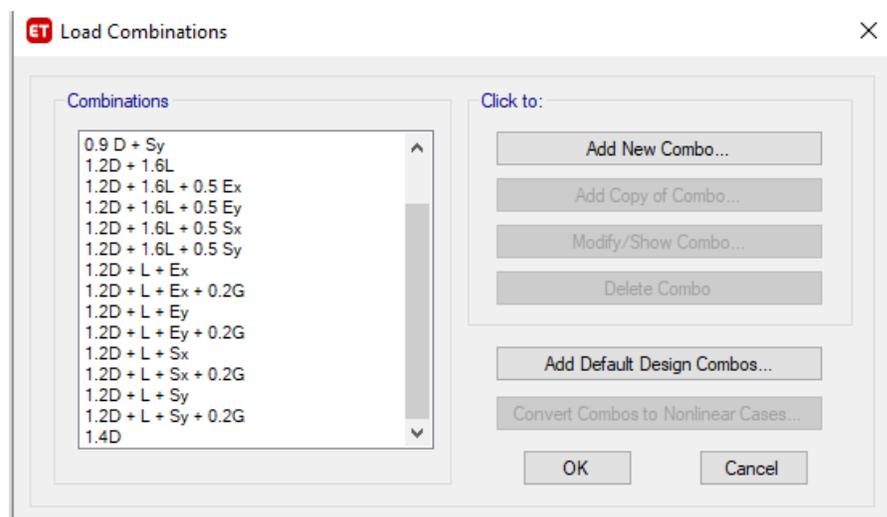
Se procede a ingresar las combinaciones de carga, las cuales serán aplicadas en la estructura, según la Norma Ecuatoriana de la construcción: las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Cargas No sísmicas , 2015).

- Combinación 1: $1.4D$
- Combinación 2: $1.2D + 1.6 L + 0.5\max [Lr; S ;R]$
- Combinación 3: $1.2D + 1.6 \max [Lr; S ;R] + \max [L ;0.5W]$

- Combinación 4: $1.2D + 1.0 W + L + 0.5 \max[Lr ; S ; R]$
- Combinación 5: $1.2D + 1.0 E + L + 0.2 S$
- Combinación 6: $0.9D + 1.0 W$
- Combinación 7: $0.9 D + 1.0 E$

Figura 227

Combinaciones de cargas



Nota: Elaboración propia.

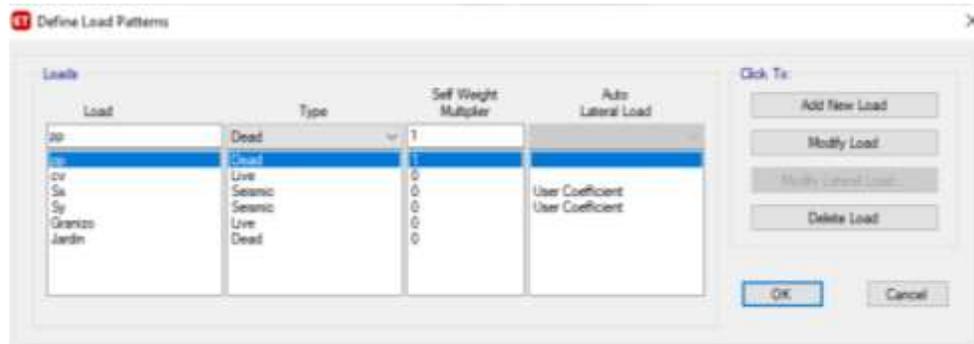
La estructura será sometida a los siguientes estados de carga:

- Carga Muerta.
- Carga Viva.
- Carga de Granizo
- Sismo estático en el sentido x.
- Sismo estático en el sentido y.
- Espectro de respuesta inelástico en el sentido x.

- Espectro de respuesta inelástico en el sentido y

Figura 228

Estados de cargas



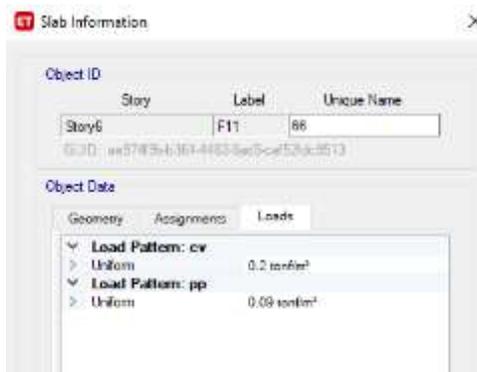
Nota: Elaboración propia.

Para el ingreso de la carga viva, granizo y de las jardineras en las zonas de la estructura correspondientes se lo hará mediante las cargas uniformemente distribuidas sobre la losa. El peso propio de la estructura lo calculará el software automáticamente.

Cargas en las losas N+ 3.00 hasta N+ 18.00

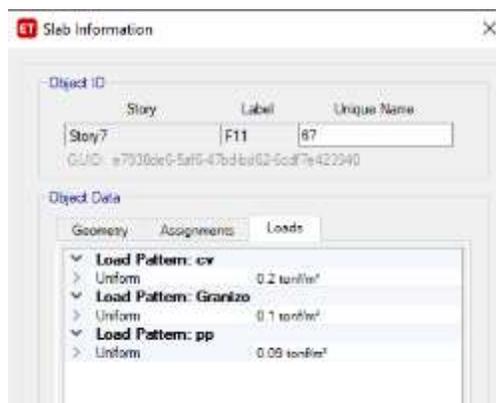
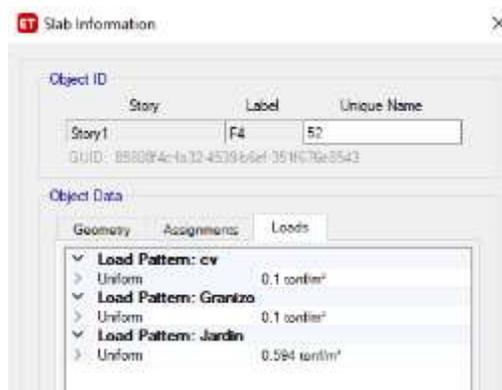
Figura 229

Cargas sobre las losas N+3.00 hasta N+18.00



Nota: Elaboración propia.

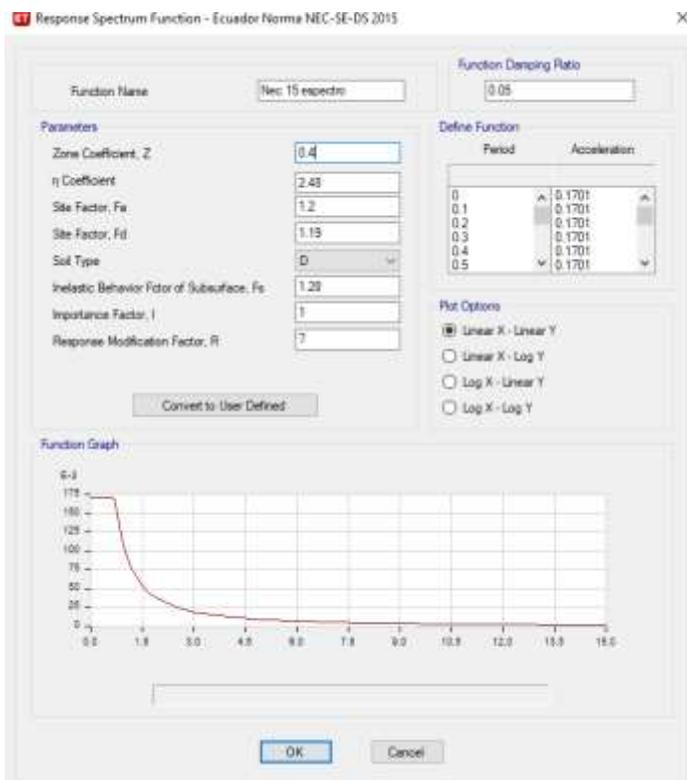
Cargas en la losa de cubierta

Figura 230*Cargas sobre la losa de cubierta**Nota: Elaboración propia.***Cargas en la losa de jardinera****Figura 231***Cargas sobre la losa de jardinera**Nota: Elaboración propia.***Espectro de aceleraciones**

El espectro de aceleraciones se lo creará en relación a las diferentes condiciones en las cuales se plantea el modelo estructural. Se lo ingresa mediante la función Define – Functions – Response Spectrum.

Figura 232

Espectro de aceleraciones



Nota: Elaboración propia.

Coeficiente K y C

Estos coeficientes aplican tanto para el sismo en dirección X como para el sismo en dirección Y.

Figura 233

Coefficientes C y K para los sismos en direcciones X y Y

ET Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

X Dir Y Dir

X Dir + Eccentricity Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Nota: Elaboración propia.

De igual manera se definen los casos de análisis que se utilizarán en primer lugar, los casos lineales, y a continuación los casos en los cuales se aplicará la fuerza sísmica (Epsc x y Espc y).

Figura 234

Casos de análisis

ET Load Cases

Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
pp	Linear Static
cv	Linear Static
Sx	Linear Static
Sy	Linear Static
Granizo	Linear Static
Jardin 1	Linear Static
Epsc x	Response Spectrum
Epsc y	Response Spectrum

Click to:

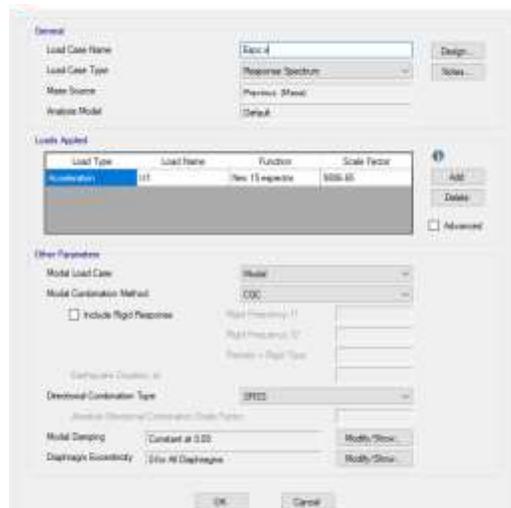
Nota: Elaboración propia.

Casos de análisis dinámico

Caso de análisis dinámico en el sentido x

Figura 235

Casos de análisis dinámico en el sentido x

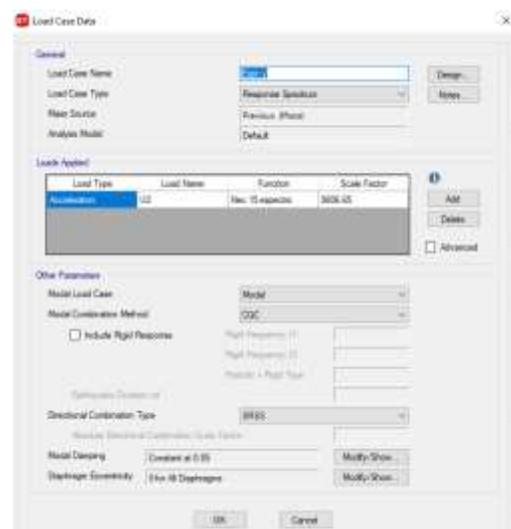


Nota: Elaboración propia.

Caso de análisis dinámico en el sentido y

Figura 236

Casos de análisis dinámico en el sentido y



Nota: Elaboración propia.

Capítulo V

Resultados

Introducción

Los resultados obtenidos de los modelamientos realizados en el software de cálculo estructural son los siguientes: derivas de piso, períodos, modos de vibración. Los resultados obtenidos del modelamiento estructural deberán cumplir los parámetros de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

También se hallará la cantidad de acero y hormigón y sus costos (incluyendo mano de obra).

Derivas de Piso

La estructura deberá ser diseñada de manera que sea capaz de resistir los desplazamientos laterales que son producidos por las distintas sollicitaciones a las que es sometida la edificación y de la misma manera con el sismo de diseño.

La Norma Ecuatoria de la Construcción, nos señala que se deberá controlar las derivas de piso con la siguiente expresión.

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

$$\Delta_E = \frac{q_i - q_{i-1}}{h_i}$$

Donde

Δ_M Deriva inelástica

Δ_E Deriva elástica

R Factor de reducción por resistencia

q_i Desplazamiento en el piso i

h_i Altura en el piso i

A continuación, se presentan los resultados de derivas de piso obtenidos en los distintos modelos de hormigón armado para la estructura propuesta.

Derivas de piso en los modelos de hormigón armado

Deriva elástica del Modelo 1

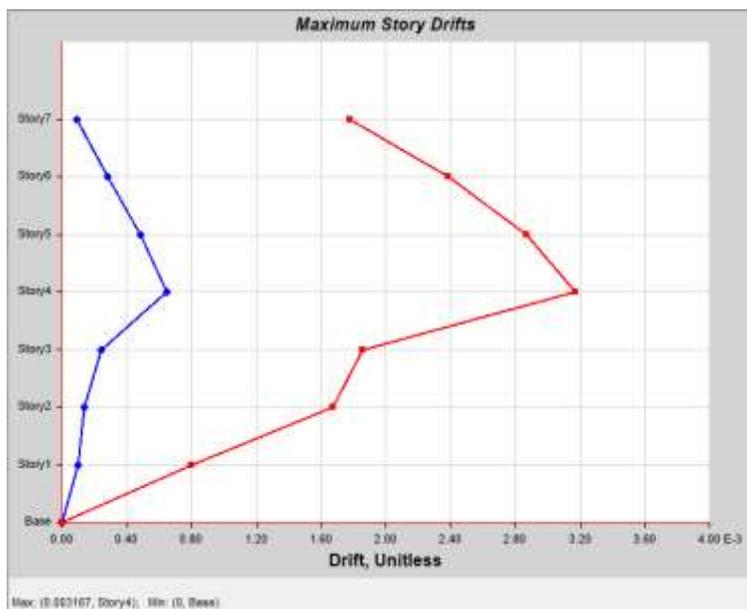
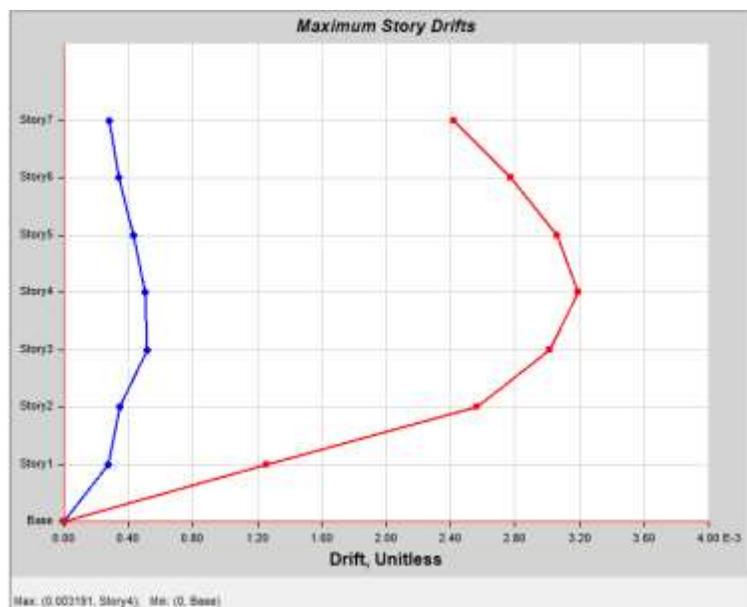
Figura 237

Deriva elástica del Modelo 1



Nota: Elaboración propia.

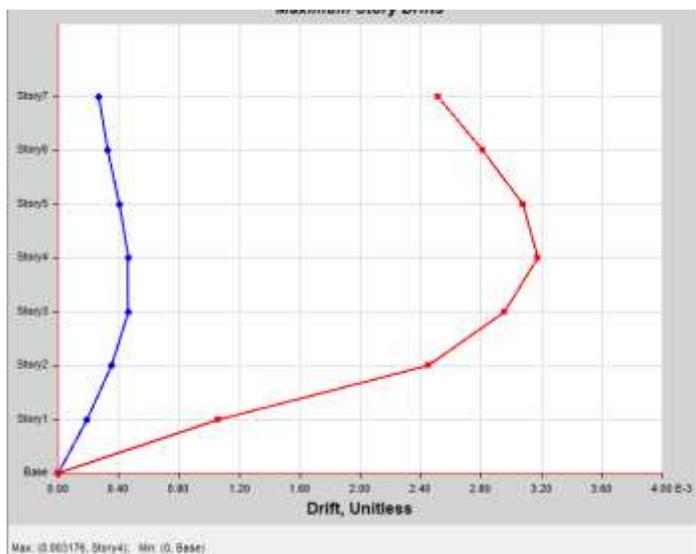
Deriva elástica del Modelo 2

Figura 238*Deriva elástica del Modelo 2**Nota: Elaboración propia.***Deriva elástica del Modelo 3****Figura 239***Deriva elástica del Modelo 3**Nota: Elaboración propia.*

Deriva elástica del Modelo 4

Figura 240

Deriva elástica del Modelo 4

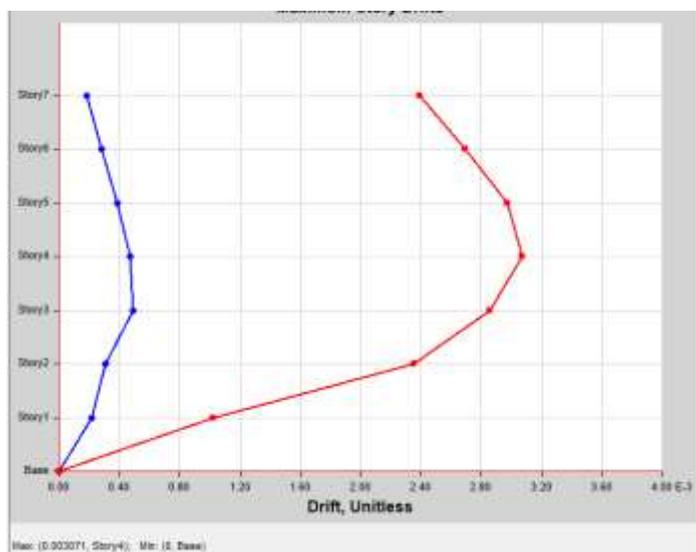


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 5

Figura 241

Deriva elástica del Modelo 5

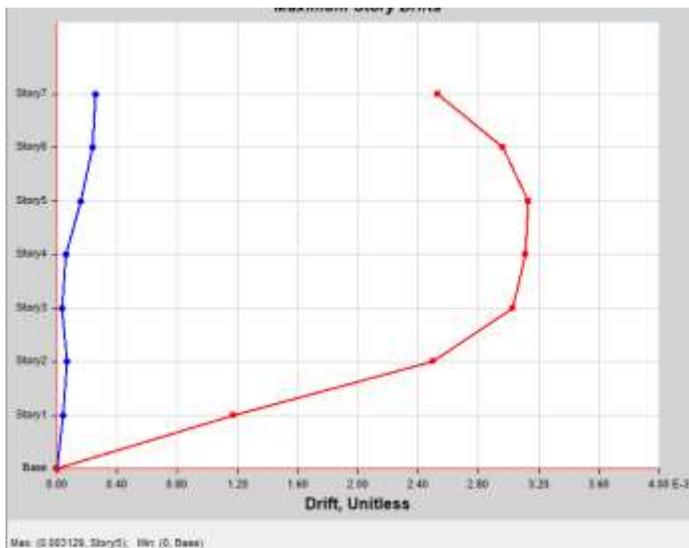


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 6

Figura 242

Deriva elástica del Modelo 6

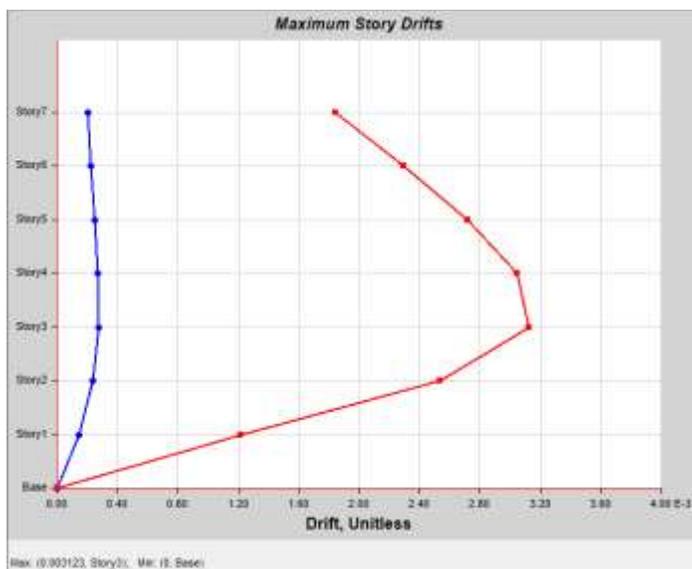


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 7

Figura 243

Deriva elástica del Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

En la tabla presentada a continuación se presenta la deriva elástica y los valores correspondientes calculados de las derivas inelásticas de cada modelo respectivamente.

Tabla 10

Derivas elásticas e inelásticas de los modelos de hormigón armado

Modelo	1	2	3	4	5	6	7
Δ_{max} elástica Y	0.003186	0.003167	0.003191	0.003176	0.003071	0.003129	0.003123
% Δ_{max} inelástica Y	1.67	1.66	1.68	1.67	1.61	1.64	1.64
Δ_{max} elástica X	0.001093	0.001346	0.001014	0.00103	0.001172	0.003124	0.002258
% Δ_{max} inelástica X	0.57	0.71	0.53	0.53	0.62	1.64	1.19

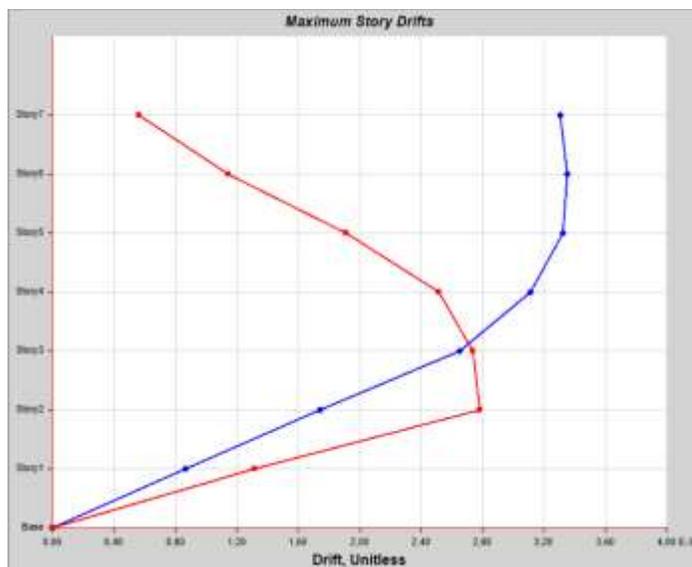
Nota: Elaboración propia.

Derivas de piso en los modelos de estructura mixta

Deriva elástica del Modelo 1

Figura 244

Deriva elástica del Modelo 1

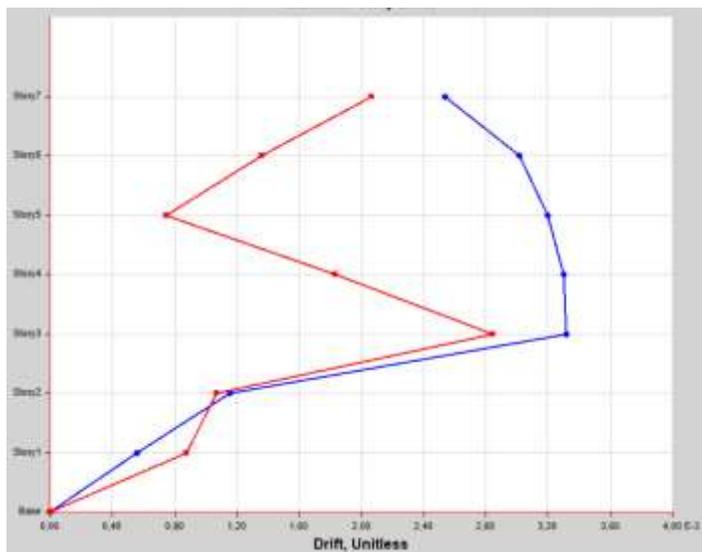


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 2

Figura 245

Deriva elástica del Modelo 2

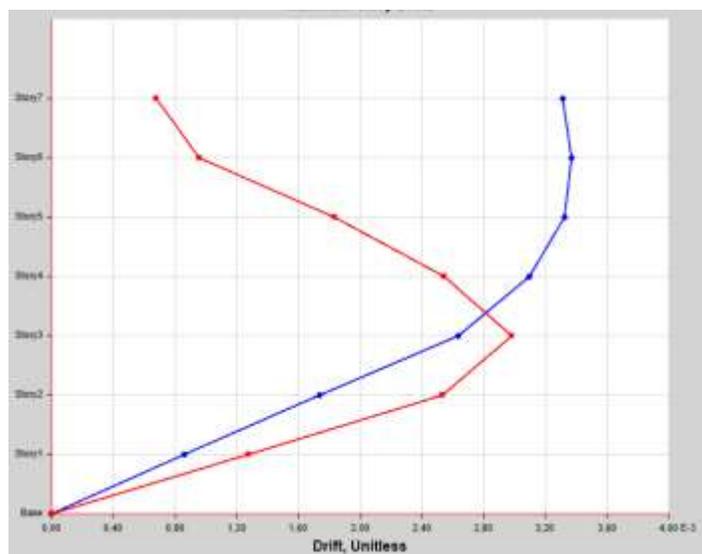


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 3

Figura 246

Deriva elástica del Modelo 3

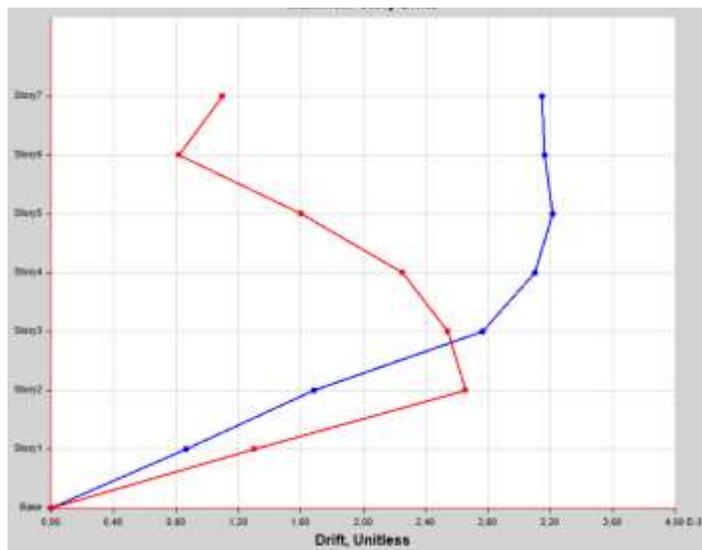


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 4

Figura 247

Deriva elástica del Modelo 4

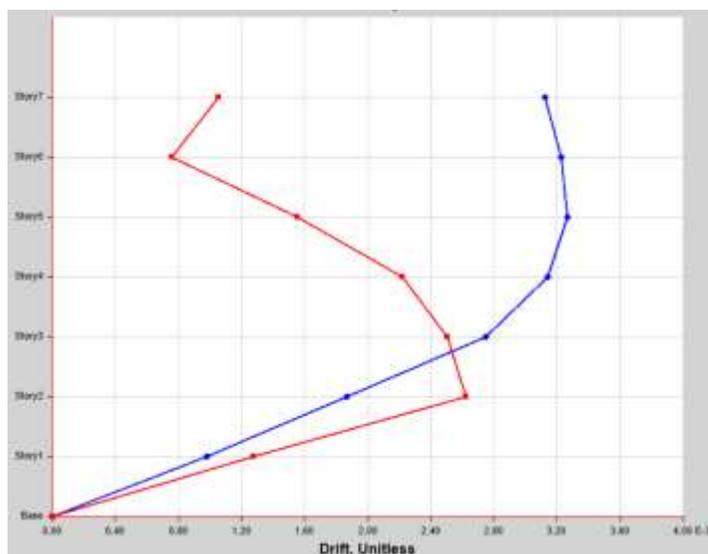


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 5

Figura 248

Deriva elástica del Modelo 5

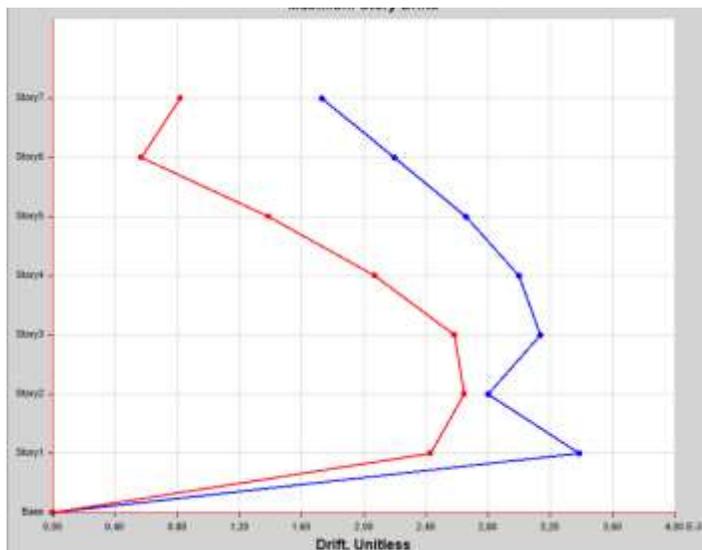


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 6

Figura 249

Deriva elástica del Modelo 6

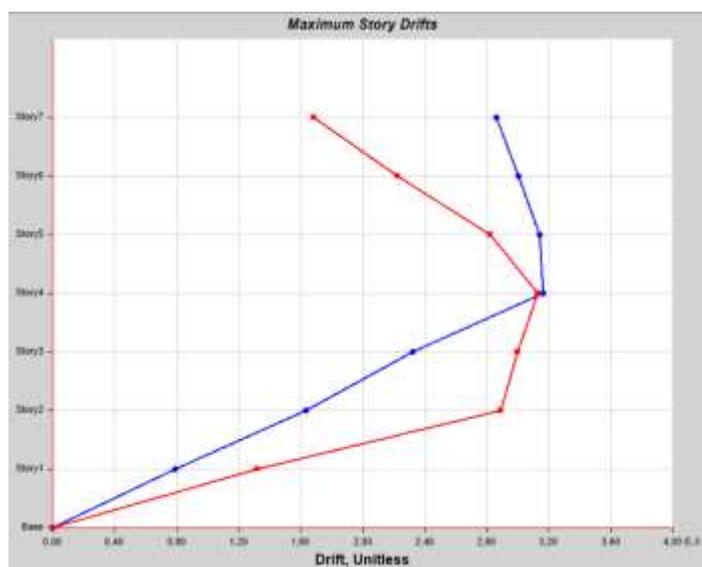


Nota: Elaboración propia.

Deriva elástica del Modelo 7

Figura 250

Deriva elástica del Modelo 7



Nota: Elaboración propia.

Tabla 11*Derivas elásticas e inelásticas de los modelos de estructura mixta*

Modelo	1	2	3	4	5	6	7
Δ_{max} <i>elástica Y</i>	0.002782	0.002863	0.002914	0.002829	0.002765	0.002806	0.003124
% Δ_{max} <i>inelástica Y</i>	1.46	1.50	1.53	1.49	1.45	1.47	1.64
Δ_{max} <i>elástica X</i>	0.003352	0.003314	0.003361	0.003328	0.003288	0.003387	0.003350
% Δ_{max} <i>inelástica X</i>	1.76	1.75	1.76	1.75	1.73	1.78	1.76

Nota: Elaboración propia.

Según la Norma Ecuatoria de la Construcción en su capítulo de Peligro Sísmico en la sección 4.4.2.: La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Figura 251*Deriva inelástica máxima*

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

Nota: Elaboración propia.

Como se puede comprobar en las tablas 9 y 10 y con la información proporcionada en la figura 204, que todos los modelos cumplen lo dispuesto por la normativa ya que la deriva de piso máxima no sobrepasa el 2% en ninguno de los casos tanto para el sentido X como para el sentido Y.

Periodos, frecuencias y modos de vibrar

Los modos de vibración indican la forma como va a responder la estructura durante un sismo o una excitación dinámica; por este motivo es importante fijarse en sus valores, especialmente en el primer modo de vibración ya que muestra si la estructura va a tener

un buen o mal comportamiento sísmico. Los modos de vibración son adimensionales (Aguilar F. R., 2012)

En forma elemental, las estructuras oscilan de un lado hacia otro (modo fundamental), sin embargo, existen varios modos de vibración. El movimiento es mayor conforme la estructura aumenta en altura, por lo tanto, el movimiento es mayor en la parte superior y menor en la base. Si ocurriere un sismo, este movimiento de vibración de la estructura se incrementa (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

Las estructuras tienen diversos periodos y modos de vibración los cuales son ocasionados por la acción de cargas producidas por sismos, las cuales generan que la mayor parte de la estructura tienda a moverse en un sentido u otro, esto se ve relacionado con la configuración de la edificación, sabiendo que el primer modo es conocido modo fundamental de la estructura.

A continuación, se presentan los modos de vibración, periodos y frecuencias para cada modelo de la estructura propuesta, obtenidos del software.

Donde

UX: Participación modal de la masa de cada modo de vibración en el sentido X, definida en porcentaje.

UY: Participación modal de la masa de cada modo de vibración en el sentido Y, definida en porcentaje.

RY: Participación modal de la masa de cada modo de vibración en el sentido Z, definida en porcentaje.

Sum UX: Es la sumatoria de la participación modal de la masa de cada modo de vibración en el sentido X, definida en porcentaje.

Sum UY: Es la sumatoria de la participación modal de la masa de cada modo de vibración en el sentido Y, definida en porcentaje.

Sum RX: Es la sumatoria de la participación modal de la masa de cada modo de vibración en el sentido Z, definida en porcentaje.

Modelos de hormigón armado

Modelo 1

Tabla 12

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 1

Modo	Periodo sec	UX %	UY %	Sum UX %	Sum UY %	RZ %	Sum RZ %
1	0.712	2.46	55.71	2.46	55.71	9.71	9.71
2	0.542	10.55	13.45	13.01	69.17	45.62	55.33
3	0.338	58.93	0.00	71.94	69.17	12.63	67.95
4	0.189	1.23	11.53	73.16	80.70	4.60	72.55
5	0.131	2.73	6.30	75.89	87.00	9.05	81.60
6	0.094	11.20	0.03	87.09	87.04	5.27	86.87
7	0.089	1.65	5.44	88.74	92.48	2.34	89.21
8	0.066	1.13	0.94	89.88	93.42	4.51	93.72
9	0.059	0.02	2.13	89.90	95.55	0.27	93.99
10	0.056	0.02	1.16	89.92	96.71	0.22	94.21
11	0.048	5.24	0.01	95.16	96.72	1.61	95.82
12	0.046	0.01	0.08	95.17	96.80	0.21	96.03
13	0.045	0.11	0.97	95.27	97.77	0.39	96.42
14	0.044	0.19	0.43	95.46	98.20	0.23	96.65
15	0.042	0.36	0.01	95.82	98.21	0.14	96.79
16	0.038	0.00	0.10	95.82	98.31	0.01	96.80
17	0.038	0.02	0.33	95.84	98.64	0.10	96.89
18	0.037	0.08	0.07	95.92	98.71	0.29	97.18
19	0.035	0.38	0.11	96.31	98.82	0.81	98.00
20	0.034	0.00	0.03	96.31	98.85	0.22	98.22
21	0.034	0.27	0.05	96.58	98.90	0.01	98.23

Nota: Elaboración propia.

Modelo 2**Tabla 13***Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 2*

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0.653	3.61	51.96	3.61	51.96	10.82	10.82
2	0.527	13.59	17.36	17.20	69.32	36.49	47.31
3	0.321	51.79	0.03	68.99	69.36	18.63	65.94
4	0.201	2.28	8.85	71.27	78.21	8.28	74.22
5	0.139	4.00	9.66	75.27	87.87	3.12	77.34
6	0.12	0.55	1.36	75.82	89.23	6.96	84.30
7	0.096	12.95	0.53	88.77	89.76	4.33	88.63
8	0.081	0.00	1.63	88.77	91.39	1.29	89.92
9	0.071	1.88	2.22	90.65	93.61	1.20	91.12
10	0.063	0.12	0.75	90.78	94.36	1.30	92.42
11	0.06	0.01	0.03	90.79	94.39	1.23	93.66
12	0.054	0.48	3.15	91.26	97.53	0.06	93.72
13	0.052	1.87	0.01	93.13	97.54	1.24	94.96
14	0.051	0.82	0.00	93.94	97.54	1.02	95.98
15	0.047	0.79	0.02	94.73	97.56	0.38	96.36
16	0.046	0.09	0.00	94.82	97.56	0.02	96.38
17	0.041	0.02	0.12	94.84	97.68	0.03	96.41
18	0.039	0.09	0.00	94.92	97.68	1.19	97.60
19	0.038	0.07	1.06	95.00	98.74	0.01	97.61
20	0.037	1.21	0.00	96.21	98.74	0.04	97.65
21	0.034	0.18	0.02	96.39	98.76	0.38	98.03

*Nota: Elaboración propia.***Modelo 3****Tabla 14***Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 3*

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0.716	2.34	55.63	2.34	55.63	11.47	11.47
2	0.533	10.34	14.15	12.68	69.78	45.11	56.57
3	0.325	59.12	0.00	71.80	69.78	13.11	69.68
4	0.198	1.50	11.92	73.30	81.70	5.16	74.84
5	0.131	2.46	5.96	75.76	87.66	9.24	84.08
6	0.103	0.09	4.79	75.85	92.46	5.17	89.25
7	0.091	13.61	0.51	89.46	92.97	1.97	91.22
8	0.072	0.18	0.32	89.64	93.29	3.94	95.16
9	0.065	0.68	3.62	90.32	96.91	0.88	96.05
10	0.059	0.01	0.06	90.33	96.97	0.00	96.05
11	0.053	0.03	0.72	90.36	97.68	0.23	96.28

12	0.049	0.25	0.00	90.62	97.69	0.00	96.28
13	0.048	4.33	0.20	94.95	97.89	1.01	97.29
14	0.046	0.04	0.11	94.98	98.00	0.11	97.40
15	0.044	0.27	0.06	95.25	98.06	0.12	97.52
16	0.043	0.48	0.39	95.73	98.45	0.29	97.80
17	0.04	0.01	0.00	95.74	98.46	0.08	97.89
18	0.04	0.00	0.03	95.74	98.48	0.13	98.01
19	0.037	0.29	0.20	96.03	98.68	0.20	98.21
20	0.034	0.51	0.15	96.54	98.83	0.08	98.29
21	0.034	0.05	0.10	96.59	98.93	0.08	98.37

Nota: Elaboración propia.

Modelo 4

Tabla 15

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 4

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0.703	1.53	55.30	1.53	55.30	10.59	10.59
2	0.524	9.87	13.40	11.41	68.70	46.02	56.61
3	0.345	59.86	0.04	71.26	68.74	11.12	67.73
4	0.187	0.77	12.25	72.03	80.99	5.14	72.87
5	0.128	2.97	5.93	75.01	86.92	9.26	82.13
6	0.095	12.24	0.03	87.25	86.95	5.62	87.75
7	0.091	2.05	5.48	89.29	92.43	1.80	89.55
8	0.066	1.04	0.72	90.34	93.15	4.65	94.19
9	0.059	0.16	2.29	90.50	95.44	0.41	94.60
10	0.056	0.00	1.17	90.50	96.61	0.24	94.85
11	0.05	5.17	0.15	95.67	96.76	1.14	95.99
12	0.047	0.03	0.08	95.70	96.84	0.02	96.01
13	0.045	0.18	0.50	95.88	97.34	0.01	96.03
14	0.044	0.00	0.40	95.88	97.74	0.68	96.71
15	0.043	0.33	0.50	96.20	98.24	0.26	96.97
16	0.04	0.00	0.07	96.20	98.31	0.01	96.98
17	0.038	0.02	0.37	96.23	98.67	0.33	97.31
18	0.037	1.16	0.00	97.38	98.68	0.47	97.77
19	0.036	0.08	0.11	97.46	98.79	0.35	98.12
20	0.034	0.07	0.14	97.53	98.93	0.01	98.13
21	0.033	0.20	0.03	97.73	98.97	0.12	98.25

Nota: Elaboración propia.

Modelo 5**Tabla 16***Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 5*

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0.707	3.48	53.48	3.48	53.48	10.75	10.75
2	0.56	11.66	14.98	15.14	68.46	42.53	53.28
3	0.336	56.96	0.01	72.10	68.47	14.43	67.71
4	0.19	1.97	10.04	74.07	78.51	6.18	73.90
5	0.134	3.03	8.35	77.10	86.86	7.13	81.02
6	0.094	0.54	2.91	77.64	89.77	7.83	88.85
7	0.093	12.42	1.23	90.06	91.00	1.20	90.06
8	0.069	1.14	1.85	91.19	92.85	2.77	92.82
9	0.063	0.00	2.13	91.19	94.98	0.79	93.61
10	0.057	0.04	0.98	91.23	95.96	0.20	93.81
11	0.049	3.96	0.10	95.20	96.05	1.46	95.28
12	0.048	0.75	0.58	95.95	96.63	0.47	95.75
13	0.046	0.01	0.87	95.96	97.50	0.07	95.81
14	0.045	0.28	0.25	96.24	97.76	0.18	96.00
15	0.044	0.09	0.09	96.33	97.85	0.83	96.82
16	0.04	0.01	0.09	96.34	97.94	0.01	96.83
17	0.039	0.04	0.58	96.38	98.52	0.00	96.83
18	0.037	0.29	0.01	96.67	98.53	0.24	97.07
19	0.035	0.52	0.11	97.19	98.64	0.93	98.00
20	0.034	0.11	0.09	97.30	98.73	0.11	98.11
21	0.034	0.90	0.04	98.20	98.77	0.00	98.11

*Nota: Elaboración propia.***Modelo 6****Tabla 17***Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 6*

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0.824	36.27	0.13	36.27	0.13	39.41	39.41
2	0.767	0.35	72.73	36.62	72.85	0.05	39.45
3	0.559	38.90	0.28	75.53	73.13	34.58	74.03
4	0.257	5.12	0.37	80.65	73.50	6.75	80.78
5	0.212	0.07	14.53	80.72	88.03	0.07	80.85
6	0.165	7.11	0.00	87.82	88.03	6.90	87.75
7	0.135	2.52	0.44	90.34	88.48	3.60	91.35
8	0.103	0.11	6.03	90.45	94.51	0.03	91.38
9	0.086	0.00	0.04	90.45	94.55	4.08	95.46
10	0.083	4.97	0.00	95.42	94.55	0.80	96.26
11	0.067	0.05	1.60	95.46	96.15	0.38	96.64
12	0.064	0.09	0.85	95.55	96.99	0.79	97.43

13	0.055	2.30	0.09	97.86	97.08	0.87	98.30
14	0.053	0.10	0.08	97.95	97.16	0.09	98.39
15	0.05	0.05	0.01	98.00	97.16	0.00	98.39
16	0.049	0.07	1.22	98.07	98.38	0.00	98.39
17	0.047	0.01	0.29	98.08	98.66	0.01	98.40
18	0.043	0.30	0.00	98.39	98.67	0.00	98.40
19	0.043	0.00	0.05	98.39	98.72	0.61	99.02
20	0.042	0.58	0.05	98.97	98.77	0.25	99.26
21	0.039	0.40	0.04	99.37	98.80	0.02	99.28

Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

Tabla 18

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 7

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0.731	5.18	53.98	5.18	53.98	17.18	17.18
2	0.672	37.09	18.82	42.27	72.80	19.44	36.63
3	0.525	35.34	2.77	77.61	75.56	38.29	74.92
4	0.215	2.57	3.88	80.18	79.45	4.80	79.72
5	0.203	3.42	8.20	83.60	87.65	1.52	81.24
6	0.161	5.62	0.73	89.22	88.38	6.30	87.54
7	0.107	2.61	0.03	91.83	88.42	3.40	90.94
8	0.099	0.09	5.55	91.91	93.96	0.00	90.94
9	0.085	2.69	0.33	94.60	94.30	3.42	94.36
10	0.068	1.23	0.07	95.83	94.37	1.76	96.12
11	0.059	0.01	2.67	95.84	97.04	0.02	96.14
12	0.058	0.36	0.02	96.20	97.06	0.46	96.60
13	0.055	0.33	0.05	96.53	97.11	0.10	96.70
14	0.053	1.02	0.04	97.56	97.15	0.71	97.41
15	0.052	0.00	0.02	97.56	97.17	0.12	97.53
16	0.047	0.00	0.02	97.56	97.19	0.16	97.69
17	0.044	0.82	0.12	98.38	97.31	0.21	97.90
18	0.041	0.25	0.73	98.64	98.04	0.29	98.19
19	0.04	0.03	0.91	98.67	98.95	0.11	98.29
20	0.037	0.24	0.00	98.91	98.95	0.65	98.95
21	0.036	0.33	0.00	99.24	98.95	0.04	98.98

Nota: Elaboración propia.

Modelos de estructura mixta

Modelo 1

Tabla 19

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 1

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,526	6,63	40,42	6,63	40,42	15,86	15,86
2	0,379	12,05	26,86	18,68	67,27	29,73	45,59
3	0,276	49,50	0,03	68,18	67,30	18,00	63,59
4	0,133	1,90	11,56	70,08	78,86	6,48	70,07
5	0,088	4,63	7,25	74,71	86,11	9,04	79,11
6	0,071	9,96	0,00	84,67	86,11	8,24	87,35
7	0,068	3,33	3,33	88,00	89,44	3,03	90,38
8	0,06	0,00	2,87	88,00	92,32	0,07	90,46
9	0,044	0,84	1,74	88,84	94,06	1,62	92,07
10	0,042	0,02	2,44	88,86	96,50	1,35	93,42
11	0,038	0,95	0,01	89,81	96,51	0,44	93,86
12	0,037	1,43	0,03	91,24	96,54	0,63	94,49
13	0,035	0,70	0,37	91,94	96,92	1,21	95,71
14	0,034	1,89	0,47	93,82	97,39	0,35	96,06
15	0,033	1,04	0,20	94,86	97,58	0,33	96,39
16	0,031	0,70	0,37	95,56	97,96	0,13	96,51
17	0,031	0,05	0,09	95,62	98,05	0,09	96,60
18	0,029	0,08	0,14	95,69	98,19	0,16	96,76
19	0,029	0,01	0,00	95,70	98,20	0,07	96,83
20	0,028	0,06	0,16	95,76	98,35	0,02	96,85
21	0,028	0,01	0,04	95,77	98,39	0,96	97,81

Nota: Elaboración propia.

Modelo 2

Tabla 20

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 2

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,482	6,50	33,39	6,50	33,39	17,16	17,16
2	0,36	8,58	32,74	15,08	66,13	26,82	43,97
3	0,244	50,83	0,06	65,91	66,19	15,19	59,16
4	0,152	2,50	7,41	68,41	73,60	10,18	69,34
5	0,094	0,17	9,96	68,58	83,57	0,98	70,32
6	0,091	6,28	3,48	74,86	87,05	8,74	79,06
7	0,07	9,49	0,54	84,35	87,59	8,27	87,33
8	0,067	2,11	1,17	86,46	88,75	1,98	89,32
9	0,062	0,38	0,06	86,84	88,81	0,41	89,73

10	0,053	0,02	0,95	86,86	89,77	0,19	89,92
11	0,049	1,47	3,74	88,33	93,50	0,00	89,92
12	0,041	0,54	3,13	88,87	96,64	2,18	92,10
13	0,038	1,69	0,11	90,56	96,74	2,56	94,66
14	0,037	0,30	0,00	90,86	96,74	0,51	95,18
15	0,036	1,16	0,02	92,03	96,77	0,32	95,50
16	0,035	0,40	0,06	92,43	96,83	0,56	96,06
17	0,032	0,30	0,68	92,73	97,50	0,03	96,08
18	0,031	0,40	0,23	93,12	97,73	0,03	96,11
19	0,031	0,55	0,45	93,67	98,19	0,25	96,36
20	0,03	0,04	0,02	93,71	98,21	0,58	96,94
21	0,029	1,36	0,03	95,06	98,23	0,43	97,37

Nota: Elaboración propia.

Modelo 3

Tabla 21

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 3

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,516	5,91	41,19	5,91	41,19	14,82	14,82
2	0,374	12,24	25,77	18,15	66,96	30,79	45,61
3	0,277	50,00	0,07	68,15	67,03	16,92	62,53
4	0,136	1,49	11,48	69,64	78,51	6,77	69,30
5	0,088	4,66	7,06	74,30	85,57	9,20	78,51
6	0,071	9,32	0,06	83,62	85,63	9,09	87,59
7	0,07	4,03	4,67	87,66	90,30	2,50	90,09
8	0,062	0,19	1,10	87,85	91,40	0,10	90,19
9	0,045	0,00	3,65	87,85	95,05	0,57	90,76
10	0,044	0,78	0,77	88,63	95,82	2,34	93,10
11	0,038	1,51	0,24	90,14	96,06	1,04	94,13
12	0,037	0,04	1,11	90,19	97,17	0,31	94,45
13	0,037	1,47	0,06	91,66	97,23	0,25	94,70
14	0,035	2,14	0,00	93,80	97,23	1,20	95,90
15	0,033	0,02	0,35	93,81	97,59	0,01	95,90
16	0,033	1,08	0,11	94,89	97,70	0,39	96,29
17	0,031	0,71	0,26	95,60	97,96	0,21	96,50
18	0,03	0,01	0,18	95,61	98,14	0,00	96,50
19	0,029	0,07	0,06	95,68	98,20	0,19	96,69
20	0,029	0,12	0,10	95,80	98,31	0,90	97,59
21	0,028	0,03	0,05	95,83	98,35	0,16	97,75

Nota: Elaboración propia.

Modelo 4**Tabla 22***Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 4*

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,521	6,25	40,37	6,25	40,37	14,86	14,86
2	0,379	11,67	26,21	17,92	66,58	30,11	44,96
3	0,276	49,27	0,02	67,19	66,60	17,72	62,69
4	0,138	2,58	10,41	69,76	77,01	6,97	69,65
5	0,09	4,93	9,06	74,69	86,08	6,47	76,13
6	0,073	2,68	0,66	77,37	86,74	14,01	90,13
7	0,07	10,12	2,98	87,49	89,72	0,11	90,24
8	0,062	0,03	0,76	87,52	90,48	0,14	90,38
9	0,048	0,81	4,57	88,33	95,05	0,01	90,39
10	0,044	0,52	0,42	88,84	95,47	2,17	92,56
11	0,039	1,30	0,07	90,15	95,54	1,07	93,64
12	0,038	0,68	0,46	90,83	96,00	0,66	94,30
13	0,037	0,30	1,00	91,13	97,00	0,11	94,41
14	0,035	1,18	0,04	92,30	97,04	1,87	96,27
15	0,034	1,68	0,00	93,98	97,04	0,06	96,33
16	0,033	0,17	0,42	94,15	97,46	0,01	96,34
17	0,032	0,49	0,21	94,63	97,67	0,14	96,48
18	0,031	0,69	0,49	95,33	98,16	0,17	96,65
19	0,03	0,11	0,02	95,44	98,18	0,16	96,81
20	0,028	0,03	0,07	95,46	98,25	0,01	96,82
21	0,028	0,04	0,08	95,50	98,33	0,79	97,61

*Nota: Elaboración propia.***Modelo 5****Tabla 23***Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 5*

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,527	5,52	40,46	5,52	40,46	15,40	15,40
2	0,374	11,99	26,01	17,51	66,47	30,93	46,33
3	0,279	50,46	0,14	67,97	66,61	15,92	62,26
4	0,135	1,24	12,11	69,21	78,71	7,24	69,49
5	0,088	4,91	6,86	74,12	85,57	9,09	78,58
6	0,072	11,84	0,14	85,96	85,71	6,65	85,23
7	0,068	1,55	3,98	87,51	89,69	5,09	90,32
8	0,061	0,09	2,51	87,60	92,19	0,04	90,36
9	0,044	0,92	1,54	88,52	93,73	1,67	92,04
10	0,043	0,01	2,77	88,53	96,50	1,24	93,28
11	0,038	1,75	0,00	90,29	96,51	0,75	94,03
12	0,038	1,50	0,01	91,78	96,52	0,63	94,66
13	0,035	1,42	0,01	93,20	96,53	1,14	95,81

14	0,034	0,46	0,87	93,66	97,40	0,01	95,82
15	0,033	1,11	0,16	94,77	97,56	0,30	96,12
16	0,031	0,38	0,39	95,14	97,96	0,08	96,19
17	0,031	0,04	0,12	95,19	98,08	0,09	96,28
18	0,029	0,13	0,14	95,32	98,22	0,13	96,42
19	0,029	0,01	0,00	95,32	98,23	0,03	96,44
20	0,028	0,31	0,12	95,64	98,34	1,13	97,57
21	0,028	0,05	0,04	95,68	98,38	0,32	97,90

Nota: Elaboración propia.

Modelo 6

Tabla 24

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 6

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,586	32,64	2,92	32,64	2,92	44,58	44,58
2	0,427	2,36	70,79	35,00	73,72	1,55	46,13
3	0,32	39,46	0,25	74,46	73,97	32,73	78,86
4	0,204	5,61	2,11	80,07	76,07	8,02	86,89
5	0,129	0,52	12,04	80,59	88,12	1,19	88,08
6	0,12	0,41	3,35	81,00	91,47	3,82	91,90
7	0,095	10,59	0,32	91,59	91,79	4,27	96,17
8	0,084	0,00	0,50	91,60	92,29	0,56	96,73
9	0,067	0,85	4,57	92,45	96,87	0,05	96,78
10	0,063	0,00	0,00	92,45	96,87	0,02	96,81
11	0,055	2,86	0,05	95,31	96,92	1,44	98,25
12	0,051	1,85	0,17	97,16	97,09	0,37	98,62
13	0,048	0,00	0,75	97,16	97,84	0,13	98,75
14	0,044	0,01	0,17	97,17	98,01	0,18	98,93
15	0,04	0,64	0,01	97,81	98,02	0,06	98,99
16	0,038	0,77	0,05	98,59	98,07	0,13	99,11
17	0,037	0,25	0,42	98,84	98,49	0,41	99,52
18	0,035	0,15	0,21	98,99	98,70	0,00	99,53
19	0,034	0,02	0,16	99,00	98,87	0,00	99,53
20	0,034	0,01	0,01	99,02	98,88	0,03	99,56
21	0,032	0,01	0,30	99,03	99,18	0,04	99,60

Nota: Elaboración propia.

Modelo 7

Tabla 25

Periodos, frecuencias y modos de vibrar en el modelo 7

Modo	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
	sec	%	%	%	%	%	%
1	0,43	51,31	6,13	51,31	6,13	20,57	20,57
2	0,413	4,57	75,53	55,88	81,66	3,84	24,41

3	0,338	27,64	0,01	83,52	81,67	52,66	77,07
4	0,126	4,43	2,81	87,95	84,49	5,98	83,05
5	0,119	1,78	8,22	89,72	92,71	0,00	83,06
6	0,104	3,33	0,03	93,05	92,74	7,55	90,60
7	0,07	1,72	0,87	94,77	93,61	4,87	95,47
8	0,061	1,47	2,63	96,24	96,24	0,42	95,89
9	0,058	0,44	0,66	96,68	96,89	0,01	95,91
10	0,053	0,87	0,30	97,55	97,19	1,17	97,07
11	0,04	0,20	0,46	97,75	97,65	0,37	97,44
12	0,038	1,08	0,00	98,84	97,65	0,40	97,84
13	0,038	0,00	0,77	98,84	98,42	0,45	98,29
14	0,037	0,01	0,33	98,85	98,75	0,00	98,29
15	0,034	0,16	0,24	99,00	98,98	0,48	98,77
16	0,032	0,05	0,05	99,06	99,03	0,03	98,80
17	0,029	0,00	0,11	99,06	99,15	0,25	99,05
18	0,027	0,51	0,02	99,57	99,17	0,23	99,28
19	0,026	0,00	0,23	99,57	99,39	0,09	99,37
20	0,025	0,03	0,18	99,60	99,57	0,10	99,46
21	0,023	0,01	0,00	99,61	99,58	0,00	99,47

Nota: Elaboración propia.

Cantidades de acero y hormigón

Los resultados presentados a continuación son correspondientes a cantidades de acero en kg pertenecientes a varillas de refuerzo y hormigón en m³, tanto de vigas, columnas, losa como de muros de corte.

Modelos de hormigón armado

Modelo 1

Tabla 26

Cantidades de acero en el modelo 1

Piso	Acero						
	Vigas cm ³	Columnas cm ³	Muros cm ³	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	176844.88	50250	451200	1388.06375	394.4146118	3541.490006	2952.06
2	163143.70	31350	304200	1280.52254	246.0676235	2387.680097	2087.32
3	160617.95	24000	211500	1260.6978	188.377128	1660.073441	1916.95
4	164399.74	24000	154200	1290.38127	188.377128	1210.323047	1916.95
5	157980.83	24000	126228	1239.99895	188.377128	990.7695047	1916.95
6	153194.58	24000	111663	1202.43142	188.377128	876.4481352	1916.95
7	148087.20	24000	117168	1162.34339	188.377128	919.6571389	1916.95
Total	1124268.86	201600	1476159	8824.43912	1582.367875	11586.44137	14624.14

Nota: Elaboración propia.

Tabla 27*Cantidades de hormigón en el modelo 1*

Hormigón				
Piso	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	26.15	5.025	18.84	19.41
2	22.82	3.135	18.84	15.62
3	21.44	2.4	18.84	14.35
4	21.44	2.4	18.84	14.35
5	21.44	2.4	18.84	14.35
6	21.44	2.4	18.84	14.35
7	21.44	2.4	18.84	14.35
Total	156.17	20.16	131.90	106.77

Nota: Elaboración propia.

Para el primer modelo se tiene un total de 36 617.39 kg de acero correspondiente a varillas de refuerzo y 415 m3 de hormigón f'c 240 kg/cm2.

Modelo 2**Tabla 28***Cantidades de acero en el modelo 2*

Acero							
Piso	Vigas cm3	Columnas cm3	Muros cm3	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	273361.67	93450	378300	2145.62857	733.4934422	2969.29448	2952.06
2	259370.93	74550	257100	2035.81458	585.1464539	2017.989984	2087.32
3	275313.54	67200	201300	2160.94888	527.4559584	1580.013161	1916.95
4	291533.21	176958	132498	2288.25789	1388.951659	1039.983029	1916.95
5	288093.31	171336	106428	2261.25796	1344.824317	835.3583741	1916.95
6	282727.26	154314	85758	2219.13957	1211.217839	673.1185726	1916.95
7	278091.83	175089	72363	2182.75587	1374.28179	567.9805881	1916.95
Total	1948491.75	912897	1233747	15293.8033	7165.371459	9683.738189	14624.14

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 29***Cantidades de hormigón en el modelo 2*

Hormigón				
Piso	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	41.00	9.345	18.84	19.41
2	38.42	7.455	18.84	15.62
3	37.66	6.72	18.84	14.35
4	41.71	10.8	11.34	14.35
5	41.71	10.8	11.34	14.35

6	41.71	10.8	11.34	14.35
7	41.71	10.8	11.34	14.35
Total	283.94	66.72	101.90	106.77

Nota: Elaboración propia.

En el segundo modelo se obtuvo las siguientes cantidades 46 767.05 kg de acero por concepto de varillas de refuerzo y 559.32 m³ de hormigón f'c 240 kg/cm².

Modelo 3

Tabla 30

Cantidades de acero en el modelo 3

Acero							
Piso	Vigas cm3	Columnas cm3	Muros cm3	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	223292.45	72450	418200	1752.6329	568.6634552	3282.471455	2952.06
2	212023.97	53550	291300	1664.18609	420.3164669	2286.427391	2087.32
3	208569.46	46200	204600	1637.07149	362.6259714	1605.915016	1916.95
4	208333.36	46200	144900	1635.21831	362.6259714	1137.32691	1916.95
5	203481.11	46200	120735	1597.13278	362.6259714	947.6546895	1916.95
6	199791.99	46200	114765	1568.17669	362.6259714	900.795879	1916.95
7	194822.92	46200	121470	1529.17428	362.6259714	953.4237391	1916.95
Total	1450315.25	357000	1415970	11383.5925	2802.109779	11114.01508	14624.14

Nota: Elaboración propia.

Tabla 31

Cantidades de hormigón en el modelo 3

Hormigón				
Piso	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	33.38	7.245	18.42	19.41
2	30.08	5.355	18.42	15.62
3	28.71	4.62	18.42	14.35
4	28.71	4.62	18.42	14.35
5	28.71	4.62	18.42	14.35
6	28.71	4.62	18.42	14.35
7	28.71	4.62	18.42	14.35
Total	207.00	35.7	128.96	106.77

Nota: Elaboración propia.

En este tercer modelo se obtuvo 39 923.86 kg de acero utilizado como varillas de refuerzo y 478.43 m³ de hormigón f'c 240 kg/cm².

Modelo 4**Tabla 32***Cantidades de acero en el modelo 4*

Acero							
Piso	Vigas cm3	Columnas cm3	Muros cm3	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	196974.32	55950	415800	1546.0607	439.1541797	3263.633743	2952.06
2	182212.16	37050	279900	1430.19183	290.8071914	2196.948255	2087.32
3	178225.12	29700	196800	1398.89736	233.1166959	1544.69245	1916.95
4	178592.67	29700	136698	1401.78228	233.1166959	1072.949027	1916.95
5	174399.21	29700	121128	1368.86761	233.1166959	950.739365	1916.95
6	171149.96	29700	113463	1343.36411	233.1166959	890.5764198	1916.95
7	167455.14	29700	112668	1314.36323	233.1166959	884.3364274	1916.95
Total	1249008.59	241500	1376457	9803.52712	1895.544851	10803.87569	14624.14

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 33***Cantidades de hormigón en el modelo 4*

Hormigón				
Piso	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	29.40	5.595	18.03	19.41
2	25.88	3.705	18.03	15.62
3	24.51	2.97	18.03	14.35
4	24.51	2.97	18.03	14.35
5	24.51	2.97	18.03	14.35
6	24.51	2.97	18.03	14.35
7	24.51	2.97	18.03	14.35
Total	177.81	24.15	126.23	106.77

Nota: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para el modelo 4 son, 37 127.09 kg de acero para varillas de refuerzo y 434.96 m3 de hormigón f'c 240 kg/cm2.

Modelo 5**Tabla 34***Cantidades de acero en el modelo 5*

Acero							
Piso	Vigas cm3	Columnas cm3	Muros cm3	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	200550.75	78450	430800	1574.13226	615.7577372	3381.369448	2952.06
2	190100.79	59550	300900	1492.11006	467.4107489	2361.778242	2087.32
3	189309.17	52200	220500	1485.89655	409.7202534	1730.714864	1916.95

4	142567.86	52200	156600	1119.02179	409.7202534	1229.16076	1916.95
5	137444.27	52200	127428	1078.80652	409.7202534	1000.188361	1916.95
6	133357.87	52200	113463	1046.73221	409.7202534	890.5764198	1916.95
7	127726.53	52200	113568	1002.53156	409.7202534	891.4005697	1916.95
Total	1121057.24	399000	1463259	8799.23095	3131.769753	11485.18866	14624.14

Nota: Elaboración propia.

Tabla 35

Cantidades de hormigón en el modelo 5

Piso	Hormigón			
	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	29.40	6.225	17.94	19.41
2	25.88	4.335	17.94	15.62
3	24.51	3.6	17.94	14.35
4	18.23	3.6	17.94	14.35
5	18.23	3.6	17.94	14.35
6	18.23	3.6	17.94	14.35
7	18.23	3.6	17.94	14.35
Total	152.72	28.56	125.60	106.77

Nota: Elaboración propia.

Las cantidades obtenidas como resultado del modelo 5 son, 38 040.33 kg de acero utilizado para varillas de refuerzo y 413.65 m3 de hormigón f'c 240 kg/cm2.

Modelo 6

Tabla 36

Cantidades de acero en el modelo 6

Piso	Acero						
	Vigas cm3	Columnas cm3	Muros cm3	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	258792.81	215250	315600	2031.27693	1689.507367	2477.159233	2952.06
2	288569.38	196350	218100	2264.99463	1541.160378	1711.877151	2087.32
3	298517.75	189000	141000	2343.07983	1483.469883	1106.715627	1916.95
4	276856.21	189000	85200	2173.05739	1483.469883	668.7388044	1916.95
5	258225.25	189000	66900	2026.82209	1483.469883	525.1012443	1916.95
6	238759.34	189000	51900	1874.03326	1483.469883	407.3655393	1916.95
7	231894.23	189000	38700	1820.14867	1483.469883	303.7581189	1916.95
Total	1851614.95	1356600	917400	14533.4128	10648.01716	7200.715718	14624.14

Nota: Elaboración propia.

Tabla 37*Cantidades de hormigón en el modelo 6*

Hormigón				
Piso	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	37.68	21.525	5.41	19.41
2	34.31	19.635	5.41	15.62
3	33.89	18.9	5.41	14.35
4	33.89	18.9	5.41	14.35
5	33.89	18.9	5.41	14.35
6	33.89	18.9	5.41	14.35
7	33.89	18.9	5.41	14.35
Total	241.45	135.66	37.88	106.77

Nota: Elaboración propia.

En el modelo 6 se obtuvo como resultado 47 006.29 kg de acero para varillas de refuerzo y 521.76 m3 de hormigón f'c 240 kg/cm2.

Modelo 7**Tabla 38***Cantidades de acero en el modelo 7*

Acero							
Piso	Vigas cm3	Columnas cm3	Muros cm3	Vigas Kg	Columnas kg	Muros kg	Losa kg
1	317398.88	436800	0	2491.27871	3428.46373	0	2952.06
2	343096.67	417900	0	2692.98187	3280.116741	0	2087.32
3	337796.77	410550	0	2651.38269	3222.426246	0	1916.95
4	309336.04	410550	0	2427.99313	3222.426246	0	1916.95
5	291276.42	410550	0	2286.24232	3222.426246	0	1916.95
6	278671.67	410550	0	2187.30706	3222.426246	0	1916.95
7	278333.17	410550	0	2184.65011	3222.426246	0	1916.95
Total	2155909.61	2907450	0	16921.8359	22820.7117	0	14624.14

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 39***Cantidades de hormigón en el modelo 7*

Hormigón				
Piso	Vigas m3	Columnas m3	Muros m3	Losa m3
1	45.43	43.68	0.00	19.41
2	42.28	41.79	0.00	15.62
3	41.75	41.055	0.00	14.35
4	41.75	41.055	0.00	14.35

5	41.75	41.055	0.00	14.35
6	41.75	41.055	0.00	14.35
7	41.75	41.055	0.00	14.35
Total	296.46	290.745	0.00	106.77

Nota: Elaboración propia.

En el último modelo se obtuvo los siguientes resultados 54 366.69 kg de acero para varillas de refuerzo y 693.97 m³ de hormigón f'c 240 kg/cm².

Modelos de estructura mixta

Modelo 1

Tabla 40

Cantidades de hormigón en el modelo 1

Piso	Hormigón	
	Muros m3	Losa m3
1	18,84	1,58
2	18,84	1,28
3	18,84	1,17
4	18,84	1,17
5	18,84	1,17
6	18,84	1,17
7	18,84	1,17
Total	131,88	8,71

Nota: Elaboración propia.

Tabla 41

Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 1

Piso	Acero de refuerzo
	Muros Kg
1	2043,74
2	1921,45
3	1921,45
4	1961,31
5	2113,4
6	2387,72
7	3044,57
Total	15393,64

Nota: Elaboración propia.

Tabla 42*Cantidades de acero estructural en el modelo 1*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	1964,07	11724,56
2	1139,82	7900,48
3	904,32	7571,82
4	904,32	7571,82
5	904,32	7571,82
6	904,32	7571,82
7	904,32	7571,82
Total	7625,49	57484,14

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 43***Cantidades de placa colaborante modelo 1*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

*Nota: Elaboración propia.***Modelo 2****Tabla 44***Cantidades de hormigón en el modelo 2*

Hormigón		
Piso	Muros m3	Losa m3
1	18,84	1,58
2	18,84	1,28
3	18,84	1,17
4	11,34	1,17
5	11,34	1,17
6	11,34	1,17
7	11,34	1,17
Total	101,88	8,71

Nota: Elaboración propia.

Tabla 45*Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 2*

Acero de refuerzo	
Piso	Muros Kg
1	2941,32
2	2314,87
3	1734,35
4	1541,31
5	1541,31
6	1541,31
7	1582,48
Total	13196,95

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 46***Cantidades de acero estructural en el modelo 2*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	1964,07	11724,56
2	1139,82	7900,48
3	3240,48	7571,82
4	3240,48	11728,13
5	3240,48	11728,13
6	3240,48	11728,13
7	3240,48	11728,13
Total	19306,29	74109,38

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 47***Cantidades de placa colaborante modelo 2*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

Nota: Elaboración propia.

MODELO 3**Tabla 48***Cantidades de hormigón en el modelo 3*

Hormigón		
Piso	Muros m3	Losa m3
1	18,84	1,58
2	18,84	1,28
3	18,84	1,17
4	18,42	1,17
5	18,42	1,17
6	18,42	1,17
7	18,42	1,17
Total	130,2	8,71

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 49***Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 3*

Acero de refuerzo	
Piso	Muros Kg
1	2938,2
2	2375,28
3	1921,45
4	2113,4
5	2113,4
6	2113,4
7	2023,56
Total	15598,69

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 50***Cantidades de acero estructural en el modelo 3*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	1964,07	11724,56
2	1139,82	7900,48
3	904,32	7571,82
4	904,32	8719,55
5	904,32	8719,55
6	904,32	8719,55
7	904,32	8719,55
Total	7625,49	62075,06

Nota: Elaboración propia.

Tabla 51*Cantidades de placa colaborante modelo 3*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

*Nota: Elaboración propia.***MODELO 4****Tabla 52***Cantidades de hormigón en el modelo 4*

Piso	Hormigón	
	Muros m3	Losa m3
1	18,84	1,58
2	18,84	1,28
3	18,84	1,17
4	18,03	1,17
5	18,03	1,17
6	18,03	1,17
7	18,03	1,17
Total	128,64	8,71

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 53***Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 4*

Acero de refuerzo	
Piso	Muros Kg
1	3044,57
2	2387,72
3	2387,72
4	2387,72
5	2387,72
6	2387,72
7	2413,3
Total	17396,47

Nota: Elaboración propia.

Tabla 54*Cantidades de acero estructural en el modelo 4*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	1964,07	11724,56
2	1139,82	7900,48
3	904,32	7571,82
4	904,32	8554,07
5	904,32	8554,07
6	904,32	8554,07
7	904,32	8554,07
Total	7625,49	61413,14

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 55***Cantidades de placa colaborante modelo 4*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

*Nota: Elaboración propia.***MODELO 5****Tabla 56***Cantidades de hormigón en el modelo 5*

Hormigón		
Piso	Muros m3	Losa m3
1	18,84	1,58
2	18,84	1,28
3	18,84	1,17
4	17,94	1,17
5	17,94	1,17
6	17,94	1,17
7	17,94	1,17
Total	128,28	8,71

Nota: Elaboración propia.

Tabla 57*Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 5*

Acero de refuerzo	
Piso	Muros Kg
1	3044,57
2	2387,72
3	2113,4
4	1961,31
5	1921,45
6	1921,45
7	2043,74
Total	15393,64

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 58***Cantidades de acero estructural en el modelo 5*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	1964,07	11724,56
2	1139,82	7900,48
3	904,32	7571,82
4	904,32	8198,32
5	904,32	8198,32
6	904,32	8135,98
7	904,32	11879,99
Total	7625,49	63609,47

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 59***Cantidades de placa colaborante modelo 5*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

Nota: Elaboración propia.

MODELO 6**Tabla 60***Cantidades de hormigón en el modelo 6*

Hormigón		
Piso	Muros m3	Losa m3
1	5,41	1,58
2	5,41	1,28
3	5,41	1,17
4	5,41	1,17
5	5,41	1,17
6	5,41	1,17
7	5,41	1,17
Total	37,87	8,71

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 61***Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 6*

Acero de refuerzo	
Piso	Muros Kg
1	1063,31
2	883,09
3	840,29
4	840,29
5	840,29
6	840,29
7	892,43
Total	6199,99

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 62***Cantidades de acero estructural en el modelo 6*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	11421,75	20706,72
2	10597,50	18719,73
3	10362,00	18446,17
4	10362,00	18446,17
5	10362,00	18446,17
6	10362,00	18446,17
7	10362,00	18446,17
Total	73829,25	131657,3

Nota: Elaboración propia.

Tabla 63*Cantidades de placa colaborante modelo 6*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

*Nota: Elaboración propia.***MODELO 7****Tabla 64***Cantidades de hormigón en el modelo 7*

Hormigón		
Piso	Muros m3	Losa m3
1	0	1,58
2	0	1,28
3	0	1,17
4	0	1,17
5	0	1,17
6	0	1,17
7	0	1,17
Total	0	8,71

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 65***Cantidades de acero de refuerzo en el modelo 7*

Acero de refuerzo	
Piso	Muros Kg
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
Total	0

Nota: Elaboración propia.

Tabla 66*Cantidades de acero estructural en el modelo 7*

Acero estructural		
Piso	Columnas Kg	Vigas Kg
1	28095,15	9614,48
2	27270,90	9284,42
3	27035,40	391730,23
4	27035,40	391730,23
5	27035,40	391730,23
6	27035,40	391730,23
7	27035,40	391730,23
Total	190543,05	1977550,05

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 67***Cantidades de placa colaborante modelo 7*

Plancha Colaborante	
Piso	m2
1	186,53
2	150,14
3	137,88
4	137,88
5	137,88
6	137,88
7	137,88
Total	1026,07

*Nota: Elaboración propia.***Análisis de precios unitarios**

Con la finalidad de obtener un presupuesto referencial para poder realizar un análisis y comparación mucho más amplia, se realizó un análisis de precios unitarios correspondientes a:

1. Hormigón simple vigas $f'c=240$ kg/cm²
2. Hormigón simple columnas $f'c=240$ kg/cm²
3. Hormigón simple losa $f'c=240$ kg/cm²
4. Hormigón en muros $f'c=240$ kg/cm²

5. Acero de refuerzo, $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
6. Panel metálico $e= 0.76\text{mm}$ para losa
7. Acero estructural A572 Gr50, montado con grúa

Rubro 1

Tabla 68

Análisis de precios unitarios rubro 1

Rubro: 1					
					Unidad: m3
Detalle: Hormigón simple vigas f'c=240 kg/cm2					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					3.671
Bomba de hormigón	0.550	11.400	6.270	1.820	11.411
Vibrador	1.000	4.300	4.300	1.820	7.826
Subtotal M					22.909
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	6.000	3.620	21.720	1.820	39.530
Ayudante de carpintero	2.000	3.620	7.240	1.820	13.177
Albañil	2.000	3.660	7.320	1.820	13.322
Carpintero	1.000	3.660	3.660	1.820	6.661
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.100	4.060	0.406	1.820	0.739
Subtotal N					73.430
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Encofrado vigas (1 uso)	m2	4.670	8.910	41.610	
Hormigón premezclado de f = 240 kg/cm2	m3	1.050	103.320	108.486	
Desmoldante	gl	1.000	8.980	8.980	
Subtotal O					159.076
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					255.414

Nota: Elaboración propia.

Rubro 2

Tabla 69

Análisis de precios unitarios rubro 2

Rubro: 2					
Detalle: Hormigón simple columnas f'c=240 kg/cm ²					Unidad: m3
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					3.086
Bomba de hormigón Elevador a gasolina	0.650	11.400	7.410	1.530	11.337
	1.000	3.000	3.000	1.530	4.590
Vibrador	1.000	4.300	4.300	1.530	6.579
Subtotal M					25.593
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	6.000	3.620	21.720	1.530	33.232
Albañil Maestro mayor en ejecución de obras civiles	2.000	3.660	7.320	1.530	11.200
	0.100	4.060	0.406	1.530	0.621
Carpintero	1.000	3.660	3.660	1.530	5.600
Ayudante carpintero	2.000	3.620	7.240	1.530	11.077
Subtotal N					61.729
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Encofrado columnas (1 uso) Hormigón premezclado de f = 240 kg/cm ²	m ²	5.170	8.910	46.065	
	m ³	1.050	103.320	108.486	
Desmoldante	gl	1.000	8.980	8.980	
Subtotal O					163.531
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					250.853

Nota: Elaboración propia.

Rubro 3

Tabla 70

Análisis de precios unitarios rubro 3

Rubro: 3					
					Unidad: m3
Detalle: Hormigón simple losa f'c=240 kg/cm2					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					1.655
Vibrador Elevador a gasolina	1.000	4.300	4.300	1.000	4.300
Puntal 2.40 a 3.60	1.000	3.000	3.000	1.000	3.000
	10.000	0.850	8.500	1.000	8.500
Bomba de hormigón	1.000	11.400	11.400	1.000	11.400
Subtotal M					28.855
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	6.000	3.620	21.720	1.000	21.720
Carpintero	2.000	3.660	7.320	1.000	7.320
Albañil	1.000	3.660	3.660	1.000	3.660
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.100	4.060	0.406	1.000	0.406
Subtotal N					33.106
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Hormigón premezclado de f' = 240 kg/cm2	m3	1.050	103.320	108.486	
Encofrado metálico para losa	m2	1.000	5.440	5.440	
Subtotal O					113.926
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					175.887

Nota: Elaboración propia.

Rubro 4

Tabla 71

Análisis de precios unitarios rubro 4

Rubro: 4					
					Unidad: m3
Detalle: Hormigón en muros f'c=240kg/cm2					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					4.035
Bomba de hormigón	0.650	11.400	7.410	2.000	14.820
Vibrador	1.000	4.300	4.300	2.000	8.600
Subtotal M					27.455
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	6.000	3.620	21.720	2.000	43.440
Albañil	2.000	3.660	7.320	2.000	14.640
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.100	4.060	0.406	2.000	0.812
Carpintero	1.000	3.660	3.660	2.000	7.320
Ayudante carpintero	2.000	3.620	7.240	2.000	14.480
Subtotal N					80.692
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Hormigón premezclado f'c=240 kg/cm2	m3	1.050	103.320	108.486	
Encofrado muros perimetrales una cara	m2	8.000	4.680	37.440	
Desmoldante	gl	2.000	8.980	17.960	
Subtotal O					163.886
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					272.033

Nota: Elaboración propia.

Rubro 5**Tabla 72***Análisis de precios unitarios rubro 5*

Rubro: 5					
					Unidad: kg
Detalle: Acero de refuerzo, $f_y=4200$ kg/cm ² , en varillas corrugadas					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.020
Cizalla	1.000	1.200	1.200	0.036	0.043
Subtotal M					0.064
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de fierro	2.000	3.620	7.240	0.036	0.261
Fierro	1.000	3.660	3.660	0.036	0.132
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0.100	4.060	0.406	0.036	0.015
Subtotal N					0.407
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Acero de refuerzo	kg	1.050	1.120	1.176	
Alambre galvanizado No.18	Kg	0.100	2.360	0.236	
Subtotal O					1.412
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.883

Nota: Elaboración propia.

Rubro 6**Tabla 73***Análisis de precios unitarios rubro 6*

Rubro: 6					
					Unidad: m2
Detalle: Panel metálico; e= 0.76mm para losa					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.117
Encofrado metálico	1.000	1.200	1.200	0.167	0.167
Subtotal M					0.284
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	3,000	3,410	10,230	0,167	1,708
Albañil	1,000	3,450	3,450	0,167	0,576
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,100	3,820	0,382	0,167	0,064
Subtotal N					2.348
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Panel metálico e=0.75 mm	m2	1.050	12.280	12.894	
Tornillos autoperforantes	u	4,000	0,030	0,120	
Subtotal O					13.014
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					-
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					15.645

Nota: Elaboración propia.

Rubro 7

Tabla 74

Análisis de precios unitarios rubro 7

Rubro: 7					
Detalle: Acero estructural A572 Gr50, montado con grúa					Unidad: kg
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0,054
Cortadora de acero	1,000	1,750	1,750	0,050	0,088
Soldadora eléctrica 300 Amp.	1,000	2,250	2,250	0,050	0,113
Grúa telescópica	0,340	12,180	4,141	0,050	0,207
Compresor de aire	0,340	12,550	4,267	0,050	0,213
Subtotal M					0,674
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H R	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de soldador	4,000	3,450	13,800	0,050	0,690
Soldador	1,000	3,820	3,820	0,050	0,191
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,100	3,820	0,382	0,050	0,019
Albañil	1,000	3,450	3,450	0,050	0,173
Subtotal N					1,073
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Electrodos	kg	0,020	3,830	0,077	
Disco de desbaste	u	0,010	3,680	0,037	
Disco de corte	u	0,010	2,980	0,030	
Perfil estructural A36	kg	1,025	1,830	1,875	
Pintura Anticorrosiva	gl	0,010	13,970	0,140	
Thinner comercial	gl	0,010	16,220	0,162	
Subtotal O					2,321
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4.070

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelos de hormigón armado

Una vez elaborados los análisis de precios unitarios, se procede a realizar el cálculo del presupuesto referencial de los 7 distintos modelos calculados a partir de la estructura propuesta. Este presupuesto tomará en cuenta únicamente los valores correspondientes de acero utilizado en varillas de refuerzo y hormigón de los elementos tipo viga, columna, muro y losa, incluyendo su mano de obra.

Presupuesto modelo 1

Tabla 75

Presupuesto modelo 1

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	36617.39	\$1.88	\$68,950.54
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	20.16	\$255.41	\$5,149.15
Vigas	156.17	\$250.85	\$39,176.20
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	131.90	\$272.03	\$35,881.42
Total			\$167,936.32

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 2

Tabla 76

Presupuesto modelo 2

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	46767.05	\$1.88	\$88,062.36
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	66.72	\$255.41	\$17,041.22
Vigas	283.94	\$250.85	\$71,226.10
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	101.90	\$272.03	\$27,720.43
Total			\$222,829.12

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 3**Tabla 77***Presupuesto modelo 3*

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	39923.86	\$1.88	\$75,176.62
<hr/>			
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	35.70	\$255.41	\$9,118.28
Vigas	207.00	\$250.85	\$51,925.87
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	128.96	\$272.03	\$35,081.65
<hr/>			
Total			\$190,081.43

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 4**Tabla 78***Presupuesto modelo 4*

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	37127.09	\$1.88	\$69,910.31
<hr/>			
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	24.15	\$255.41	\$6,168.25
Vigas	177.81	\$250.85	\$44,604.79
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	126.23	\$272.03	\$34,339.00
<hr/>			
Total			\$173,801.34

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 5**Tabla 79***Presupuesto modelo 5*

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	38040.33	\$1.88	\$71,629.94
<hr/>			
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	28.56	\$255.41	\$7,294.62
Vigas	152.72	\$250.85	\$38,309.81
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	125.60	\$272.03	\$34,167.62
<hr/>			

Total	\$170,180.99
--------------	---------------------

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 6

Tabla 80

Presupuesto modelo 6

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	47006.2862	\$1.88	\$88,512.84

Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	135.66	\$255.41	\$34,649.46
Vigas	241.45	\$250.85	\$60,567.45
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	37.88	\$272.03	\$10,305.70

Total	\$212,814.45
--------------	---------------------

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 7

Tabla 81

Presupuesto modelo 7

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero	54366.6881	\$1.88	\$102,372.47

Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Columnas	290.745	\$255.41	\$74,260.34
Vigas	296.46	\$250.85	\$74,366.82
Losas	106.77	\$175.89	\$18,779.00
Muros	0.00	\$272.03	\$0.00

Total	\$269,778.64
--------------	---------------------

Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla resumen en la cual incluye el valor total tanto de acero como de hormigón de los distintos modelos analizados, así como el valor total de cada estructura.

Tabla 82*Resumen presupuesto modelos de hormigón armado en dólares*

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Acero (USD)	68,950.6	88,062.4	75,176.6	69,910.3	71,629.9	88,512.8	102,372.5
Hormigón (USD)	98,985.8	134,766.8	114,904.8	103,891.0	98,551.1	124,301.6	167,406.2
Total	167,936.3	222,829.1	190,081.4	173,801.3	170,181.0	212,814.5	269,778.7

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto estructura mixta y metálica

Una vez elaborados los análisis de precios unitarios, se procede a realizar el cálculo del presupuesto referencial de los 7 distintos modelos calculados a partir de la estructura propuesta. Este presupuesto tomará en cuenta únicamente los valores correspondientes de acero utilizado en varillas de refuerzo, hormigón de los elementos muro y losa, placa deck y acero estructural.

Presupuesto modelo 1**Tabla 83***Presupuesto estructura mixta modelo 1*

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	15393.64	\$1.88	\$28,986.22
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	131.88	\$272.03	\$35,875.71
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	7625.49	\$4.07	\$31,035.74
Vigas	57484.14	\$4.07	\$233,960.45
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
		Total	\$347,442.97

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 2

Tabla 84

Presupuesto estructura mixta modelo 2

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	13196.95	\$1.88	\$24,849.86
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	101.88	\$272.03	\$27,714.72
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	16970.13	\$4.07	\$69,068.43
Vigas	74109.38	\$4.07	\$301,625.18
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
		Total	\$440,843.03

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 3

Tabla 85

Presupuesto estructura mixta modelo 3

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	15598.69	\$1.88	\$29,372.33
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	130.2	\$272.03	\$35,418.70
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	7625.49	\$4.07	\$31,035.74
Vigas	62075.06	\$4.07	\$252,645.49
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
		Total	\$366,057.11

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 4

Tabla 86

Presupuesto estructura mixta modelo 4

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	17396.47	\$1.88	\$32,757.55
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	128.64	\$272.03	\$34,994.33
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	7625.49	\$4.07	\$31,035.74
Vigas	61413.14	\$4.07	\$249,951.48
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
		Total	\$366,323.94

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 5

Tabla 87

Presupuesto estructura mixta modelo 5

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	15393.64	\$1.88	\$28,986.22
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	128.28	\$272.03	\$34,896.39
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	7625.49	\$4.07	\$31,035.74
Vigas	63609.47	\$4.07	\$258,890.54
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
		Total	\$371,393.75

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 6

Tabla 88

Presupuesto estructura mixta modelo 6

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	6199.99	\$1.88	\$11,674.58
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	37.87	\$272.03	\$10,30.89
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	73829.25	\$4.07	\$300,485.05
Vigas	131657.30	\$4.07	\$535,845.21
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
Total			\$875,891.57

Nota: Elaboración propia.

Presupuesto modelo 7

Tabla 89

Presupuesto estructura mixta modelo 7

Total	kg	Costo Kg	Costo Total
Acero de refuerzo	0	\$1.88	\$0.00
Total Hormigón	m3	Costo m3	Costo Total
Losas	8.71	\$175.89	\$1,531.98
Muros	0	\$272.03	\$0.00
Total Acero estructural	kg	Costo Kg	Costo Total
Columnas	190543.05	\$4.07	\$775,510.21
Vigas	93105.05	\$4.07	\$378,937.55
Total	m2	Costo m2	Costo Total
Losa Colaborante	1026.07	\$15.65	\$16,052.87
Total			\$1,172,032.61

Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla resumen en la cual incluye el valor total tanto de acero estructural, acero de refuerzo, hormigón y placa deck.

Tabla 90*Resumen presupuesto modelos de estructura mixta en dólares*

Rubro	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Hormigón simple losa $f'c=240$ kg/cm ²	1.532,0	1.532,0	1.532,0	1.532,0	1.532,0	1.532,0	1.532,0
Hormigón en muros $f'c=240$ kg/cm ²	35.875,7	27.714,7	35.418,7	34.994,3	34.896,4	10.301,9	0,0
Acero de refuerzo, $f_y=4200$ kg/cm ²	28.986,2	24.849,9	29.372,3	32.757,6	28.986,2	11.674,6	0,0
Panel metálico; $e= 0.76$ mm para losa	16.052,9	16.052,9	16.052,9	16.052,9	16.052,9	16.052,9	16.052,9
Acero estructural A572 Gr50, montado con grúa	264.996,2	370.693,6	283.681,2	280.987,2	289.926,3	836.330,3	1.154.447,8
TOTAL	347.443,0	440.843,0	366.057,1	366.323,9	371.393,8	875.891,57	1.172.032,6

*Nota: Elaboración propia.***Área ocupada por muros y columnas**

De la misma manera se realizó el cálculo del espacio requerido en metros cuadrados tanto de columnas como de muros para cada uno de los modelos, ya que este también será un indicador útil al momento de realizar un análisis comparativo.

La tabla presentada a continuación es un resumen del área ocupada por muros y columnas en los 7 modelos analizados de hormigón armado y estructura mixta.

Tabla 91*Áreas ocupadas por columnas y muros en modelos de hormigón armado*

Área de columnas y muros m²	
Modelo 1	50.69
Modelo 2	56.21
Modelo 3	55.87
Modelo 4	52.02
Modelo 5	53.49
Modelo 6	57.83
Modelo 7	96.94

Nota: Elaboración propia.

Tabla 92*Áreas ocupadas por columnas y muros en modelos de estructura mixta*

Área de columnas y muros m2	
Modelo 1	43.75
Modelo 2	37.43
Modelo 3	43.75
Modelo 4	43.75
Modelo 5	43.75
Modelo 6	48.84
Modelo 7	51.78

Nota: Elaboración propia.

Capítulo VI

Análisis comparativo

Comparación de resultados obtenidos en los distintos modelos estructurales.

Los resultados del comportamiento de las estructuras analizadas mediante software de modelamiento estructural son muy similares entre sí, debido a que se buscó obtener cierta uniformidad en el valor de las derivas inelásticas, mediante el redimensionamiento de los distintos elementos estructurales en cada modelo realizado.

Tabla comparativa de hormigón armado

A continuación, se presenta una tabla la cual muestra una serie de indicadores los cuales servirán para realizar el análisis comparativo de los 7 distintos modelos propuestos para la estructura tipo de hormigón armado, entre los cuales constan el % de Δ de piso, el periodo fundamental de la estructura la sumatoria de la participación modal de la masa en el sentido X, Y y Z así como el costo total de estructura tomando en cuenta tan solo hormigón, acero de refuerzo (para columnas vigas, muros y losas) y la mano de obra correspondiente a dichos rubros, por último el área ocupada por columnas y muros en cada uno de las distintas variantes de la estructura tipo.

Tabla 93

Comparativa de los modelos de la estructura de hormigón armado

Modelo	% Δ inelástica y	Periodo (segundos)	Sum UX (% masa)	Sum UY (% masa)	Sum RZ (% masa)	Costo total	Área ocupada por columnas y muros
1	1.67	0.712	96.58	98.90	98.23	\$167,936.32	50.69
2	1.66	0.653	96.39	98.76	98.03	\$222,829.12	56.21
3	1.68	0.716	96.59	98.93	98.37	\$190,081.43	55.87
4	1.67	0.703	97.73	98.97	98.25	\$173,801.34	52.02
5	1.61	0.707	98.2	98.77	98.11	\$170,180.99	53.49

6	1.64	0.824	99.37	98.90	99.28	\$212,814.45	57.83
7	1.64	0.731	99.24	98.95	98.98	\$269,778.64	96.94

Nota: Elaboración propia.

Comparación % Δ inelástica

Según la NEC la deriva de piso máxima permisible no deberá superar 0.02 valor que se encuentra expresado como fracción de altura de piso, lo que corresponde al 2% como límite superior.

Según los datos presentados en la tabla 91 de resumen se puede observar que para los 7 modelos analizados las derivas de piso inelásticas en el sentido Y, sentido en el cual presenta el mayor valor para todos los modelos analizados debido a la configuración y geometría de la edificación. Se encuentran en el rango entre 1.61% y 1.68% siendo la menor la del modelo número 5 y la mayor la del modelo número 3.

Las derivas de piso de todos los modelos analizados se encuentran por debajo del límite superior, cumpliendo en su totalidad con lo dispuesto en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción en lo correspondiente a límites permisibles de la deriva de piso.

Periodos fundamentales y modos de vibrar

Todas las estructuras se caracterizan por poseer diversos periodos y modos de vibración, dichos modos son causados debido a la acción de cargas producidas por sismos, estas cargas generan que la mayor parte de la estructura tienda a moverse en un sentido u otro, estos movimientos se ven relacionados con la configuración de la edificación, siendo que el primer modo es conocido modo fundamental de la estructura.

En la tabla 93 se podrá visualizar los periodos fundamentales de las estructuras de hormigón armado analizadas de los cuales 6 modelos se encuentran en un rango de 0.703 y 0.731 segundos siendo únicamente el modelo número 6 el que sobresale teniendo

un periodo mucho mayor al de los demás modelos con 0.824 segundos, debido a que la mayor parte de sus muros fueron remplazados por columnas.

Las estructuras se mueven de un lado hacia otro (modo fundamental), sin embargo, existen más modos de vibrar. El movimiento será de mayor magnitud si la estructura aumenta su altura, por tanto, el movimiento es mayor en la parte superior de la estructura y menor en la base de la misma.

En los datos mostrados en la tabla 91 se puede constatar que en la dirección X se logra hacer participar más del 96% de la masa en los 7 modelos, mientras que para la dirección Y se logró hacer participar a más del 98.7% de la masa para todos los modelos analizados y en la dirección Z se logró que participara más del 98% de la masa en los distintos modelos analizados. Siendo el modelo numero 6 el que logró la mayor participación con un 99.37% en el sentido X, 98.90% en el sentido Y y 99.28% en la dirección Z.

Costos

Uno de los principales factores que inciden al momento de tomar la elección de materiales, tipo de estructura, configuración y otras características de las estructuras, es el costo de los mismos, por lo cual para este proyecto de investigación realizó los costos para los rubros de acero de refuerzo f_y 4200 kg/cm² y de hormigón f'_c 240 kg/cm² para vigas, columnas, losas y muros de corte para los 7 modelos realizados en hormigón armado a partir de la estructura propuesta.

La siguiente tabla refleja el costo total de cada modelo analizado.

Tabla 94

Comparativa de precios de los modelos de hormigón armado

Modelo	Costo total
1	\$167,936.32
2	\$222,829.12
3	\$190,081.43
4	\$173,801.34
5	\$170,180.99
6	\$212,814.45
7	\$269,778.64

Nota: Elaboración propia.

Donde se observa que la estructura numero 1 es la que presenta el costo más bajo respecto a las demás, esto debido a que los cambios realizados en las otras 6 estructuras conllevó un redimensionamiento de vigas y columnas con aumentos de secciones, a pesar de que se redujera material en los muros de corte el aumento de material en el redimensionamiento de vigas y columnas provocó que los costos de los distintos modelos realizados subieran proporcionalmente a sus cambios, en relación al primer modelo.

En la tabla siguiente, se presentan el costo adicional de los modelos 2 al 7, tomando como referente el modelo 1.

Tabla 95

Comparativa de precios de los modelos de hormigón armado en relación a la más económica

Modelo	Costo adicional	% Costo adicional
1	\$0.00	0 %
2	\$54,892.8	32.69 %
3	\$22,145.1	13.19 %
4	\$5,865.0	3.49 %
5	\$2,244.7	1.34 %
6	\$44,878.1	26.72 %
7	\$101,842.3	60.64 %

Nota: Elaboración propia.

El costo adicional (32.69%) que se refleja en el modelo 2 es debido a que se truncaron algunos muros a partir del nivel N+12.00 y se los debió remplazar con columnas, adicional a esto se aumentó la sección de las columnas ya existentes y de las vigas de la misma manera para obtener resultados similares a los del primer modelo, razón por la cual el costo de la estructura aumento en \$54 892.80 dólares.

Para los modelos 3, 4 y 5 se conservaron los muros, pero se introdujo una ventana en un muro distinto para cada modelo, por lo cual se debió aumentar secciones en columnas y vigas existentes para lograr valores muy similares a los obtenidos en los primeros dos modelos realizados y es por esta razón que los costos de los 3 modelos aumentaron en 13.19, 3.49 y 1.34% respectivamente.

Mientras que en el modelo número 6 lo que se realizó fue el remplazo de gran parte de los muros por columnas, dejando los muros del cajón de ascensor, debido a este cambio, las columnas y las vigas aumentaron sus de secciones transversales, motivo por el cual el costo adicional en relación al modelo 1 es del 26.72%.

En el último modelo número 7, se refleja el mayor aumento de costos, debido a que en este modelo se decidió remplazar todos los muros estructurales en su totalidad por columnas, debido a esto sufrió un aumento del 62.5% en el precio.

Tabla comparativa de estructura mixta

En la tabla siguiente consta una serie de indicadores, los cuales servirán para realizar el análisis comparativo de los 7 distintos modelos propuestos para la estructura mixta, entre los cuales constan el % de Δ de piso, el periodo fundamental de la estructura la sumatoria de la participación modal de la masa en el sentido X, Y y Z así como el presupuesto referencial de la estructura tomando en cuenta solo acero estructural, acero de refuerzo (muros y losas), hormigón (muros y losas) y losa colaborante; cabe recalcar

que solo se tomará en cuenta el costo directo de cada rubro (equipo, mano de obra, material, transporte) y por último el área ocupada por columnas y muros en cada uno de las distintas variantes de la estructura tipo.

Tabla 96

Comparativa de los modelos de la estructura mixta

Modelo	% Δ inelástica x	Periodo (segundos)	Sum UX (% masa)	Sum UY (% masa)	Sum RZ (% masa)	Costo total	Área ocupada por columnas y muros
1	1.76	0.526	95.77	98.39	97.81	\$347,442.97	43.75
2	1.75	0.482	95.06	98.23	97.37	\$440,843.03	37.43
3	1.76	0.516	95.83	98.35	97.75	\$366,057.11	43.75
4	1.75	0.521	95.50	98.33	97.61	\$366,323.94	43.75
5	1.73	0.527	95.68	98.38	97.90	\$371,393.75	43.75
6	1.78	0.586	99.03	99.18	99.60	\$875,891.57	48.84
7	1.76	0.430	99.61	99.58	98.47	\$1,172,032.61	51.78

Nota: Elaboración propia.

Comparación % Δ inelástica

Según la NEC la deriva de piso máxima permisible no deberá superar 0.02 valor que se encuentra expresado como fracción de altura de piso, lo que corresponde al 2% como límite superior.

Según los datos presentados en la tabla 95 de resumen se observa que para los 7 modelos analizados las derivas de piso inelásticas en el sentido X, sentido en el cual presenta el mayor valor. Se encuentran en el rango entre 1.73% y 1.78% siendo la menor la del modelo número 5 y la mayor la del modelo número 6.

Las derivas de piso de todos los modelos analizados se encuentran por debajo del límite superior, cumpliendo en su totalidad con lo dispuesto en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción en lo correspondiente a límites permisibles de la deriva de piso.

Periodos fundamentales y modos de vibrar

Todas las estructuras se caracterizan por poseer diversos periodos y modos de vibración, dichos modos son causados debido a la acción de cargas producidas por sismos, dichas cargas generan que la mayor parte de la estructura tienda a moverse en un sentido u otro, estos movimientos se ven relacionados con la configuración de la edificación, sabiendo que el primer modo es conocido como modo fundamental de la estructura.

En la tabla 95 se visualiza los periodos fundamentales de las estructuras mixtas y metálica analizadas; de los cuales 5 modelos se encuentran en un rango de 0.516 y 0.586 segundos y los modelos número 2 y número 7 presentan un periodo menor al de los demás modelos con 0.482 y 0.430 segundos respectivamente.

En los datos mostrados en la tabla 95 se puede constatar que en la dirección X se logra hacer participar más del 95% de la masa en los 7 modelos, mientras que para la dirección Y se logró hacer participar a más del 98% de la masa para todos los modelos analizados y en la dirección Z se logró que participara más del 97% de la masa en los distintos modelos analizados.

También se observa que en el modelo número 7 se obtuvo la mayor participación modal de la masa con un 99.61% en el sentido X, 99.58% en el sentido Y y 98.47% en la dirección Z.

Costos

Uno de los principales factores que inciden al momento de tomar la elección de materiales, tipo de estructura, configuración y otras características de las estructuras, es el costo de los mismos, por lo cual para este proyecto de investigación se analizó los costos de los siguientes rubros acero de refuerzo fy 4200 kg/cm², hormigón f'c 240

kg/cm² en muros de corte y losas, losa colaborante y acero estructural A572 Gr50 para los 7 modelos metálicos realizados a partir de la estructura propuesta.

La tabla presentada a continuación refleja los costos el costo que tendría cada modelo analizado.

Tabla 97

Comparativa de precios de los modelos de estructura mixta

Modelo	Costo total
1	\$347,442.97
2	\$440,843.03
3	\$366,057.11
4	\$366,323.94
5	\$371,393.75
6	\$875,891.57
7	\$1,172,032.61

Nota: Elaboración propia.

Donde se observa que la estructura numero 1 es la que presenta el menor costo en relación respecto a las demás, ya que los cambios que se realizaron en las 6 estructuras produjeron un redimensionamiento de vigas y columnas aumentando sus secciones. A pesar de que se redujera hormigón en los muros de corte el presupuesto distintos modelos se elevó, debido al incremento de material tanto en vigas como columnas.

A continuación, se presenta una tabla con la diferencia de precios de la estructura más económica en relación al resto.

Tabla 98

Comparativa de precios de los modelos de estructura mixta en relación a la más económica

Modelo	Costo adicional	% Costo adicional
1	\$0.00	0 %
2	\$93,400.1	26.88 %
3	\$18,614.1	5.36 %
4	\$18,880.9	5.43 %
5	\$23,950.8	6.89%
6	\$528,448.6	152.09 %
7	\$824,589.6	273.33 %

Nota: Elaboración propia.

El costo adicional que se refleja en el modelo 2 es debido a que se truncaron tres muros a partir del nivel N+12.00 y se los debió remplazar con columnas; las cuales oscilan entre 40 y 70 centímetros por espesor del muro adicional a esto se aumentó la sección de las vigas de la misma manera para obtener resultados similares a los del primer modelo, razón por la cual el costo de la estructura aumento en \$93,400.05 dólares.

Para los modelos tres, cuatro y cinco se conservaron los muros, pero se introdujo una ventana en un muro distinto para cada modelo, por lo cual se debió aumentar secciones en vigas existentes para lograr valores muy similares a los obtenidos en los primeros dos modelos realizados y por este motivo es que los costos de los tres modelos aumentaron entre un 5% y 7%.

Mientras que en el modelo numero 6 lo que se realizó fue el remplazo de cinco muros por columnas, tan solo dejando los muros correspondientes al cajón de ascensor, debido a la adición de nuevas columnas y vigas y al aumento de secciones en las ya existentes es que este modelo tuvo un costo de \$528,448.60 adicionales al costo del primer modelo.

En el séptimo modelo es donde se refleja el mayor aumento en costos debido a que en este modelo se decidió remplazar todos los muros estructurales por vigas y columnas, de igual manera como en los modelos anteriores se tuvo que modificar las secciones de columnas y vigas existentes; debido a esto dicha estructura sufrió un aumento substancial del 237.33% en el precio de la misma.

Capítulo VII

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Una vez realizado el análisis comparativo de las 7 estructuras modeladas tanto en hormigón armado como estructura mixta (acero-hormigón), el modelo más conveniente resulta ser el primero en ambos casos, ya que se requiere de un presupuesto menor.
- Las secciones tanto de columnas como muros en el primer modelo de hormigón armado y el segundo modelo de estructura mixta son menores que en los demás, por lo que proporciona una mayor área útil en el uso de entrepiso.
- El área ocupada por muros de corte y columnas en los siete modelos de la estructura mixta es menor que la estructura de hormigón armado; lo cual representa una menor dimensión de columnas y una mayor área útil.
- Al ejecutar una abertura en un muro de corte ya sea ventana o puerta, se disminuye la rigidez de la estructura lo que genera problemas de torsión, los cuales tienen que ser solucionados con el aumento de secciones de los otros elementos estructurales.
- Se puede apreciar un aumento substancial en el presupuesto del modelo número seis y número siete debido a que para mantener las derivas lo más parecidas al modelo número uno, se debió aumentar considerablemente la sección de vigas y columnas tanto en el modelo de hormigón armado como en el modelo de estructura mixta; incrementando la cantidad material y mano de obra a utilizar.

- En estructuras altas se debe considerar la implementación de muros de corte o algún otro elemento que ayude absorber y disipar la energía sísmica, ya que de no colocarse los mismos y tan solo utilizar los pórticos como sistema estructural estos tendrán una mayor sección transversal de los elementos y se incrementará considerablemente el presupuesto de la estructura.
- La presencia de muros de corte contribuye a la absorción y disipación de la energía sísmica y a su vez contrarresta el efecto torsional que presentan estructuras con irregularidades en planta.
- Para la estructura de hormigón armado el porcentaje de participación modal que se presenta en el primer modo, es predominante para la dirección Y en todos los modelos, con excepción del modelo número seis en el cual se presenta una predominancia de la rotación.
- En la estructura mixta; el porcentaje de participación modal en el primer modo es predominante el desplazamiento en el sentido X o Y en todos los modelos exceptuando el sexto modelo en el cual presenta una predominación a la rotación, debido a su irregularidad en planta y que el cajón del ascensor se mantiene como el elemento más rígido y no está localizado en el centro geométrico de la estructura.
- Se aprecia en los modos de vibrar de las estructuras, que la participación modal acumulada en el sentido X, Y y la rotación en todos los modelos de hormigón armado y estructura mixta, es mayor al 95% cumpliendo con lo dispuesto en la NEC-15 en su capítulo 2; sección 6.2.2.
- Para controlar las derivas en el Modelo 2 de las estructuras de hormigón armado y mixta existió una limitante; la cual consiste en que el ancho de las columnas que

se colocaran desde el tercer piso al sexto piso no puede ser mayor a la sección transversal de los muros de corte en los pisos inferiores.

- El periodo fundamental en los siete modelos de hormigón armado fue mayor a los presentados en los siete modelos de estructura mixta.
- El presupuesto referencial en cada uno de los siete modelos presentados en estructura mixta comparado con el valor del presupuesto referencia en hormigón armado es mayor para cada modelo, esto se debe a que el país al no ser productor de acero este se encuentra a un precio elevado en el mercado.
- Al realizar cambios en la sección transversal de un diafragma, ya sea una perforación para ventana o puerta, el presupuesto de construcción de la estructura se verá incrementado en proporción a dicha perforación y la ubicación de la misma en el diafragma.

Recomendaciones

- En caso de ser necesario realizar un agujero en un muro de corte ya sea exterior o interior, para puertas o ventanas se debe reforzar la zona del muro donde se efectuó el corte realizando un encamisado metálico y también se debe aumentar la sección de vigas y columnas adyacentes al muro de corte para que ayude a contrarrestar la fuerza sísmica y los efectos torsionales.
- Los muros de corte deben conservar sus dimensiones tanto en la alto como en lo ancho en la medida de lo posible, y de esta manera procurar que el comportamiento de las estructuras sea más estable.
- Si se desea realizar cambios en las secciones de muros de corte; se deberá reforzar la estructura para que la misma no presente inconvenientes debido a las acciones de la fuerza sísmica.

- Previo a realizar cambios en las geometrías de los muros de corte, se deberá realizar un análisis costo-beneficio, debido a que puede resultar contraproducente y elevar el presupuesto estimado de la estructura.
- Cuando se realice el diseño de una estructura que presenta irregularidades en planta, los muros de corte son un elemento de gran ayuda para contrarrestar los efectos de torsión presentados por dichas irregularidades.
- Si se desea disminuir los tamaños en secciones tanto de vigas como columnas debido a requerimientos arquitectónicos, colocar muros de corte es una alternativa viable.
- En caso de que fuere absolutamente necesario realizar cambios en los muros de corte, se debe comprobar que las columnas que sustituyen a los muros se encuentren bien arriostradas, ya que esto ayuda a contrarrestar las derivas y fuerzas sísmicas.
- En la medida de lo posible se deben respetar la configuración de los diafragmas en la estructura, caso contrario existirá un sobre coste en la misma.

Capítulo VIII

Bibliografía

ACI 318S-14. (2014). *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. U.S.A:

Copyright American Concrete Institute.

Aguiar, F. R. (2012). *Dinámica de estructuras con CEINCILAB*. Quito: Centro de

Investigaciones Científicas.

Aguiar, R., Revelo, M., & Tapia, W. (2005). *Análisis de Conexiones Viga-Columna de*

Acuerdo al Código ACI 318SR-05. Quito-Ecuador.

Barros, L., & Peñafiel, M. (2015). *nálisis Comparativo Económico- Estructural entre un*

Sistema Aporticado, Un Sistema Aporticado con Muros Estructurales y u Sistema

de Paredes portantes, en un edificio de 10 pisos. Escuela Politécnica Nacional,

Quito-Ecuador.

Guerra, M., & Chacón, D. (2010). *Manual para el diseño sismorresistente de edificios*

utilizando el programa ETABS. Quito.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Cargas No sísmicas* . Norma

Ecuatoriana de la Construcción .

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Estructuras de Acero*. Norma

Ecuatoriana de la Construcción.

Ministerio de Desarrollo Urbano Y Vivienda. (2015). *Cargas Sísmicas*. Norma

Ecuatoriana de la Construcción.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *NEC-SE-HM*. Norma Ecuatoriana de

la Construcción.

Morales, A., Hube, M., & Cersa, P. (2019). Demandas Sísmicas de Momento y Corte en Edificios con Muros de Hormigón Armado. *Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica*. Valdivia: ACHISINA 2019.

Normativa Ecuatoriana de la Construcción, N.-S.-D. (2015). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Ordoñez, J. L. (2015). *Diseño sísmico basado en desplazamientos de estructuras de hormigón armado aporticadas y estructuras con muros de corte*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Paulay, T., & Priestly, N. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. John Wiley & Sons, Inc.

Wight, J., & Macgregor, J. (2013). *Reinforced concrete mechanics & design*. New Jersey: Pearson.