

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño y análisis por desempeño de una edificación tipo
ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil, la cual
presenta variabilidad en las cargas gravitacionales
(viva y muerta)

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Fabricio Marcel Guillén Cedeño

Steeven Isaac Macias Panchana

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a la reina y pilar fundamental de mi vida, mi madre Alba Cedeño, quien con su esfuerzo y amor infinito supo siempre guiarme por el buen camino. A mi hermano Carlos Guillén, mis abuelos Hernán Cedeño y Cecilia Durán, mis tíos César (†), Hernán (†) y Ernesto, aquellos que siempre me apoyaron, aconsejaron y confiaron en mí. Mi padre putativo José L. Pérez, quien me brindó su mano para lograr esta meta. Mi enamorada Patricia Reyes, quien estuvo a mi lado durante toda esta carrera universitaria, siendo mi mano derecha y mi confidente.

Por último, a mis demás familiares y amigos, con quienes compartí durante todo este proceso, de quienes aprendí a valorar el tiempo que pasamos juntos y que el trabajo en equipo siempre es mejor.

Fabricio Marcel Guillén Cedeño

DEDICATORIA

Este proyecto se le dedico a Dios por darme salud, constancia y sabiduría para culminar esta etapa de mi vida, a mis padres Clemencia y Jaime que siempre me inculcaron los valores esenciales que debe tener una persona y a no claudicar a ninguno de mis sueños, a mis familiares que también estuvieron presentes.

Finalmente, a mis amigos con los que compartimos los mismos ideales y buenos momentos en este ciclo universitario.

Steeven Isaac Macias
Panchana

AGRADECIMIENTOS

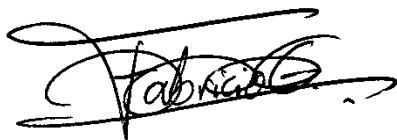
Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento primero a Dios y a la institución que nos ayudó a formarnos como Ingenieros Civiles, la Escuela Superior Politécnica del Litoral, aquella que con su estricto nivel académico nos enseñó a cómo superar cualquier reto en nuestra carrera universitaria, inculcando los valores necesarios para ser profesionales destinados a contribuir con el desarrollo de la sociedad, ofreciendo siempre un servicio honesto y de calidad.

Finalmente, agradecemos a todo el personal docente de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, en especial al M.Sc. David Valverde, M.Sc. Danilo Dávila y M.Sc. Samantha Hidalgo, quienes generosamente nos compartieron sus conocimientos y contribuyeron para el desarrollo de este proyecto integrador.

**Fabricio Marcel Guillén Cedeño
& Steeven Isaac Macías
Panchana**

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Fabricio Marcel Guillén Cedeño y Steeven Isaac Macias Panchana damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Fabricio Marcel
Guillén Cedeño



Steeven Isaac
Macias Panchana

EVALUADORES

Ing. Samantha Hidalgo

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. David Valverde

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente, en el centro de la ciudad de Guayaquil existen edificaciones que datan de los años 80's e inicialmente fueron proyectadas para uso residencial, pero, debido al crecimiento comercial/poblacional de la zona, se han ido presentando cambios en su tipo de uso. He aquí la importancia de realizar un estudio de desempeño sísmico, para identificar si la variabilidad de cargas gravitacionales compromete negativamente a la edificación.

Para llevar a cabo este análisis se identificó una edificación tipo ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil, la cual, debido a la escasa información estructural existente, tuvo que ser relevada mediante el código constructivo de esa época (CEC-1979), esto con la finalidad de evaluar el desempeño sísmico de la estructura mediante un análisis estático no lineal (FEMA-440) y un software de ingeniería el cual facilite la obtención de las curvas "Pushover" y "Equivalent Linearization", para de esta manera obtener la ubicación del punto de desempeño sísmico de la edificación.

Se demostró que la variabilidad de cargas gravitacionales no genera mayor impacto en el desempeño sísmico de las edificaciones, debido a que el punto de desempeño se mantuvo siempre dentro del límite de "Seguridad de Vida". No obstante, existió una configuración de carga la cual provocó que la edificación tienda hacia un nivel de desempeño de "Pre-Colapso".

Finalmente, se evidenció la importancia de contar con estructuras multifuncionales en zonas de alto índice comercial/poblacional, las cuales, si bien es cierto serán más costosas inicialmente y generarán mayor impacto ambiental, sin embargo, esto se justifica al tener estructuras más seguras, capaces de salvaguardar vidas humanas.

Palabras clave: Edificación tipo, variabilidad de cargas gravitacionales, análisis estático no lineal, desempeño sísmico.

ABSTRACT

Currently, in the center of the city of Guayaquil there are buildings that date from the 80's and were initially designed for residential use, but due to the commercial/population growth of the area, there have been changes in their type of use. Here is the importance of carrying out a seismic performance study, to identify if the variability of gravity loads negatively compromises the building.

To carry out this analysis, a typical building located in the center of the city of Guayaquil was identified, which, due to the lack of existing structural information, had to be revealed through the construction code of that time (CEC-1979), this in order to evaluate the seismic performance of the structure through a nonlinear static analysis (FEMA-440) and engineering software which facilitates obtaining the "Pushover" and "Equivalent Linearization" curves, in order to obtain the location of the seismic performance point of the building.

It was demonstrated that the variability of gravity loads does not generate greater impact on the seismic performance of buildings, since the performance point was always within the "Life Safety" limit. However, there was a load configuration which caused the building to tend towards a "Pre-Collapse" performance level.

Finally, the importance of having multifunctional structures in areas with a high commercial/population index was evidenced, which, although it is true will be more expensive initially and will generate a greater environmental impact, however, this is justified by having safer structures, capable of safeguard human lives.

Keywords: *Building type, variability of gravity loads, nonlinear static analysis, seismic performance.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XV
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Ubicación	4
1.3 Estudio del suelo	5
1.4 Levantamiento de información inicial de la edificación tipo	6
1.5 Variabilidad de usos en las edificaciones.....	8
1.6 Objetivos	9
1.6.1 Objetivo General.....	9
1.6.2 Objetivos Específicos	9
1.7 Justificación.....	9
1.8 Marco Teórico	10
1.8.1 Carga muerta.....	11
1.8.2 Carga sobrepuesta	11
1.8.3 Carga viva	11
1.8.4 Normativas Nacionales.....	11
1.8.5 Normativas Internacionales	12
1.8.6 Hormigón Armado.....	12

1.8.7	Acero Estructural	12
1.8.8	Mampostería reforzada.....	13
1.8.9	Criterio Sismorresistente	13
1.8.10	Desempeño Sísmico	14
1.8.11	Análisis no Lineal estático	14
1.8.12	Special Moment Frames (SMF).....	14
1.8.13	Ordinary Moment Frames (OMF)	15
1.8.14	Impacto ambiental	15
1.8.15	Software de análisis estructural 3D	16
1.8.16	Escala Likert.....	16
CAPÍTULO 2		17
2.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	17
2.1	Metodología	17
2.1.1	Fase I: Información preliminar.....	17
2.1.2	Fase II: Modelado 3D y diseño.....	17
2.1.3	Fase III: Documentación final y entregables	18
2.2	Propuestas de alternativas y restricciones	18
2.2.1	Alternativa 1 - Construcción de hormigón armado (SMF):.....	19
2.2.2	Alternativa 2 - Construcción de acero estructural (SMF):	19
2.2.3	Alternativa 3: Construcción de mampostería reforzada (OMF):....	19
2.3	Restricciones de alternativas	19
2.4	Escala de “Likert” y criterios de evaluación	20
2.4.1	Accesibilidad de materiales	20
2.4.2	Costo del material y mantenimientos.....	21
2.4.3	Tiempo de construcción.....	21
2.4.4	Calificación de mano de obra	21
2.4.5	Impacto Ambiental	22

2.5	Evaluación de alternativas	22
2.6	Selección de alternativa	24
CAPÍTULO 3		25
3.	DISEÑO Y ESPECIFICACIONES	25
3.1	Propuesta de plantas arquitectónicas	25
3.2	Relevamiento Estructural de Edificación Tipo mediante CEC-1979....	29
3.2.1	Características de los materiales.....	29
3.2.1.1	Hormigón:.....	29
3.2.1.2	Acero de refuerzo:.....	29
3.2.2	Prediseño de elementos estructurales.....	30
3.2.2.1	Predimensionamiento de vigas con “Método del Portal, 1915” 30	
3.2.2.2	Predimensionamiento de columnas con “Método de Esbeltez” 30	
3.2.2.3	Altura mínima de losa según CEC-1979	30
3.2.3	Cargas de diseño.....	30
3.2.3.1	Carga viva	30
3.2.3.2	Carga sobrepuesta	32
3.2.4	Combinaciones de carga	33
3.2.4.1	Carga sísmica estática	33
3.2.5	Diseño de elementos sometidos a flexión	34
3.2.6	Diseño de elementos sometidos a flexo-compresión.....	35
3.2.7	Diseño de altura de losa	36
3.2.8	Modelado Estructural de la edificación tipo	36
3.2.9	Esfuerzos actuantes (Momento flector y Cortante).....	40
3.2.10	Resultados obtenidos mediante el dimensionamiento de elementos estructurales	42
3.3	Análisis Estático No Lineal	43

3.3.1	Espectro de respuesta según la NEC-2015.....	44
3.3.1.1	Espectro elástico de diseño	44
3.3.1.2	Espectro inelástico de diseño.....	48
3.3.2	FEMA 440 “Equivalent Linearization” y punto de desempeño de la Edificación Tipo (uso residencial).....	50
3.3.3	Cargas gravitacionales producto de las configuraciones de uso de la Edificación Tipo.....	51
3.3.3.1	Sobrecarga muerta por tipo de planta	52
3.3.3.2	Carga viva (NEC-2015).....	53
3.3.4	Punto de desempeño obtenido producto de las distintas configuraciones de uso	53
3.4	Análisis de resultados	57
CAPÍTULO 4		60
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	60
4.1	Objetivos	60
4.1.1	Objetivo General.....	60
4.1.2	Objetivos Específicos	60
4.2	Descripción del proyecto.....	60
4.3	Identificación de impactos ambientales.....	61
4.3.1	Hormigón	61
4.3.1.1	Etapa de fabricación, transporte y construcción.....	61
4.3.1.2	Etapa de uso de la estructura	62
4.3.1.3	Etapa de abandono.....	63
4.3.2	Acero de refuerzo	63
4.3.2.1	Etapa de fabricación, transporte y construcción.....	63
4.3.2.2	Etapa de uso de la estructura	64
4.3.2.3	Etapa de abandono.....	65
4.4	Descripción de alternativas constructivas	66

4.5	Análisis de resultados y valoración de impacto	67
4.6	Medidas de prevención / mitigación	68
4.6.1	Reducción del uso de hormigón por metro cuadrado de construcción 68	
4.6.2	Reducción del uso de cemento por metro cúbico de hormigón	69
4.6.3	Suplencia del acero de refuerzo por materiales no metálicos	70
4.7	Conclusiones.....	71
CAPÍTULO 5		73
5.	PRESUPUESTO	73
5.1	Estructura de desglose de trabajo (EDT)	74
5.2	Descripción de rubros	76
5.3	Análisis de precios unitarios.....	76
5.4	Descripción de cantidades de obra	77
5.5	Presupuesto referencial de la superestructura	77
5.6	Cronograma valorado.....	79
CAPÍTULO 6		81
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
6.1	Conclusiones.....	81
6.2	Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS.....		84
PLANOS Y ANEXOS		87

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASCE	American Society of Civil Engineers
ACI	American Concrete Institute
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ANSI	American National Standards Institute
AISC	American Institute of Steel Construction
NEC	Normativa Ecuatoriana de la Construcción
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
NSR	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
CO2	Dióxido de Carbono
CFRP	Polímero Reforzado con Fibra de Carbono
SMF	Special Moment Frames
OMF	Ordinary Moment Frames
SEAOC	Structural Engineers Association of California
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
CORR	Comercio – Oficina – Residencia – Residencia
COOR	Comercio - Oficina – Oficina – Residencia
CCBR	Comercio – Comercio – Bodega – Residencia
C1	Configuración de Carga 1 para Edificación
C2	Configuración de Carga 2 para Edificación
C3	Configuración de Carga 3 para Edificación
ET	Edificación Tipo
E1	Edificación Multifuncional
E2	Edificación Uso Único
EDT	Estructura de Desglose de Trabajo
APUS	Análisis de Precios Unitarios

SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
m ²	Metro cuadrado
kg	Kilogramo
ton	Tonelada
s	Segundo
g	Gravedad

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Centro de Guayaquil, año 1980 (Diario El Universo, 1980)	3
Ilustración 1.2. Uso actual de las edificaciones del centro de Guayaquil (Autores, 2022)	3
Ilustración 1.3. Perímetro de zona de estudio (Google Earth, 2021).....	5
Ilustración 1.4. Estudio de suelo centro de Guayaquil (AEC Ltda.).....	6
Ilustración 1.5. Porcentaje de evidencia de pisos en zona de estudio (Autores)	7
Ilustración 1.6. Representación de área predominante en zona de estudio (Autores).....	7
Ilustración 1.7. Configuraciones de uso predominantes en edificaciones (Autores).....	8
Ilustración 1.8. Objetivo #9 de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018)	10
Ilustración 2.1. Criterios para evaluación de alternativas (Autores).....	20
Ilustración 3.1. Planta arquitectónica residencial (Autores).....	25
Ilustración 3.2. Planta arquitectónica oficina (Autores).....	26
Ilustración 3.3. Planta arquitectónica bodega (Autores)	27
Ilustración 3.4. Planta arquitectónica comercio (Autores)	28
Ilustración 3.5. Cargas uniformes y concentradas (CEC, 1979).....	31
Ilustración 3.6. Cargas vivas mínimas para cubierta (CEC, 1979).	32
Ilustración 3.7. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), vista isométrica (Autores).....	37
Ilustración 3.8. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), vista en planta (Autores).....	38
Ilustración 3.9. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), alzado longitudinal (Eje C) (Autores)	39
Ilustración 3.10. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), alzado transversal (Eje 7) (Autores).....	39
Ilustración 3.11. Diagrama momento flector, pórtico más crítico Eje X (Autores)	40
Ilustración 3.12. Diagrama momento flector, pórtico más crítico Eje Y (Autores)	40

Ilustración 3.13. Diagrama esfuerzo cortante, pórtico más crítico Eje X (Autores)	41
Ilustración 3.14. Diagrama esfuerzo cortante, pórtico más crítico Eje Y (Autores)	41
Ilustración 3.15. Niveles de desempeño (SEAOC, 1995)	44
Ilustración 3.16. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador (NEC, 2015)	45
Ilustración 3.17. Valores de factor Z según el grado de peligro sísmico (NEC, 2015)	45
Ilustración 3.18. Tipo de suelo y factores de sitio “Fa” (NEC, 2015)	46
Ilustración 3.19. Tipo de suelo y factores de sitio “Fd” (NEC, 2015)	46
Ilustración 3.20. Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo “Fs” (NEC, 2015)	47
Ilustración 3.21. Tipo de importancia de la estructura (NEC, 2015)	48
Ilustración 3.22. Espectro de respuesta para edificación tipo (Autores)	49
Ilustración 3.23. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization ET. Eje X (Autores)	50
Ilustración 3.24. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization ET. Eje Y (Autores)	51
Ilustración 3.25. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C1. Eje X (Autores)	54
Ilustración 3.26. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C1. Eje Y (Autores)	54
Ilustración 3.27. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C2. Eje X (Autores)	55
Ilustración 3.28. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C2. Eje Y (Autores)	55
Ilustración 3.29. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C3. Eje X (Autores)	56
Ilustración 3.30. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C3. Eje Y (Autores)	56
Ilustración 4.1. Extracción de materia prima (Flores A, 2014)	62
Ilustración 4.2. Proyección de hormigón en paredes (Ochoa, 2014)	62
Ilustración 4.3. Demolición de pavimento rígido (Valdés, 2011)	63

Ilustración 4.4. Fabricación de acero de refuerzo con altos hornos (POSSEHL, 2020)	64
Ilustración 4.5. Secciones de viga hormigón armado en grandes luces (Nvent, 2020)	65
Ilustración 4.6. Reciclaje del acero antes de su fabricación (Siderurgica Sevillana S.A, 2021).....	66
Ilustración 4.7. Paneles del sistema VICOCA (Águila, 2003)	69
Ilustración 4.8. Material puzolánico, cascarilla de arroz (IDEC, 2002)	70
Ilustración 4.9. Ensayo a flexión de probeta de hormigón reforzada con fibras de Sisal, (Centeno et al., 2012)	71
Ilustración 5.1. Composición estructural de la obra gris de la superestructura (Autores).....	73
Ilustración 5.2. Estructura de desglose de trabajo (Autores)	75
Ilustración 5.3. Cronograma valorado de la semana 1 hasta la 12 (Autores) ...	79
Ilustración 5.4. Cronograma valorado de la semana 13 hasta la 24 (Autores) .	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Restricciones de alternativas (Autores)	19
Tabla 2.2. Escala de calificación para criterio "Accesibilidad de materiales" (Autores).....	21
Tabla 2.3. Escala de calificación para criterio "Costo del material y mantenimientos" (Autores)	21
Tabla 2.4. Escala de calificación para criterio "Tiempo de construcción" (Autores)	21
Tabla 2.5. Escala de calificación para criterio "Calificación de mano de obra" (Autores).....	22
Tabla 2.6. Escala de calificación para criterio "Impacto ambiental" (Autores) ..	22
Tabla 2.7. Evaluación de alternativa 1 – Hormigón Armado (Autores).....	23
Tabla 2.8. Evaluación de alternativa 2 – Acero estructural (Autores).....	23
Tabla 2.9. Evaluación de alternativa 3 – Mampostería reforzada (Autores).....	23
Tabla 3.1. Predimensionamiento de vigas Eje X y Y (Autores)	30
Tabla 3.2. Predimensionamiento de columnas (Autores).....	30
Tabla 3.3. Altura mínima de losa maciza equivalente (Autores).....	30
Tabla 3.4. Dimensiones de vigas dirección X y Y (Autores).....	42
Tabla 3.5. Detallamiento de vigas (Autores)	42
Tabla 3.6. Dimensiones y detallamiento de columnas (Autores).....	42
Tabla 3.7. Dimensiones y detallamiento de losas (Autores).....	42
Tabla 3.8. Parámetros para el espectro elástico de la edificación tipo (Autores)	48
Tabla 3.9. Parámetros para el espectro inelástico de la edificación tipo (Autores)	49
Tabla 3.10. Resultados de la curva de desempeño de la edificación residencial (Autores).....	51
Tabla 3.11. Sobrecarga muerta del tipo de uso residencial (Autores).....	52
Tabla 3.12. Sobrecarga muerta del tipo de uso oficina (Autores).....	52
Tabla 3.13. Sobrecarga muerta del tipo de uso comercial (Autores).....	52
Tabla 3.14. Sobrecarga muerta del tipo de uso bodega (Autores)	52
Tabla 3.15. Resultados de los niveles de desempeño para cada configuración de uso (Autores).....	57

Tabla 4.1. Impacto ambiental producto de emisiones de CO2 (Autores)	67
Tabla 5.1. Presupuesto referencial de la superestructura de edificación multifuncional (Autores).....	78

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1. Cortante Basal, (CEC, 1979)	33
Ecuación 3.2. Capacidad de elementos sometidos a flexión (ACI318, 2019) ..	34
Ecuación 3.3. Capacidad cortante de elementos sometidos a flexión, (ACI 318, 2019)	34
Ecuación 3.4. Efectos de esbeltez de segundo orden, (ACI318, 2019)	35
Ecuación 3.5. Altura mínima para losas macizas equivalentes, (CEC, 1979) ..	36

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, los proyectos de ingeniería civil han sido de gran importancia para la sociedad debido a los beneficios que estos ofrecen, como por ejemplo: el crecimiento económico de las ciudades, la gestión de los recursos hídricos, mejoras en la red vial, entre otros. Para cumplir con su servicio, las infraestructuras tendrán que ser capaces de resistir esfuerzos demandantes, ya sea aquellos producidos por su peso propio y ocupación, así como también aquellos que se deben a factores externos tales como: condiciones ambientales, sismología de la zona, entre otros. (Ruiz & Blanco, 2014)

En zonas donde existe alto peligro sísmico, es importante contar con estructuras las cuales puedan resistir o disipar los esfuerzos causados por los movimientos telúricos. (IGE, 2012) hace énfasis en que los terremotos no son los causantes de las muertes de las personas, sino más bien las personas mueren producto del pánico de la población y de las edificaciones mal construidas, aquellas que no son capaces de obtener un correcto desempeño sísmico y por lo tanto colapsan.

(González & Fernández, 2005) menciona que, el desempeño sísmico de una edificación no depende del material con el cual esta se encuentra construida. Sin embargo, el material idóneo es un tema debatible, ya que, son las características propias y la eficiencia con la que enfrentan a los distintos tipos de esfuerzos, lo que ayuda a definir cuál es el más indicado para cada tipo de proyecto.

En Latinoamérica, los materiales más comunes dentro del ámbito constructivo son el hormigón armado y el acero estructural. La accesibilidad y el costo de estos es un tema de interés para todos los profesionales de la construcción. Según (Patiño, 2018), el costo por metro cuadrado de una construcción de hormigón armado es un 6% más económica que la de acero estructural, además,

esta primera genera una mejor rentabilidad para el constructor llegando a ser mayor al 39%.

(INEC, 2019) determina que, en el Ecuador, aproximadamente el 86% de las edificaciones son de hormigón armado, esto se debe a que este material cuenta con gran disponibilidad y buen costo dentro del mercado ecuatoriano. El hormigón armado es cotizado por las diversas ventajas que ofrece como: la resistencia a la compresión, el poco mantenimiento que requiere, la prolongada vida de servicio y, que su mano de obra no necesita especialización, como es el caso del acero estructural. (J. McCormac & Brown, 2011)

Los esfuerzos variables producto de cargas gravitacionales y/o sísmicas, podrían llegar comprometer la capacidad estructural de una edificación. Cuando las estructuras no cumplen con una adecuada respuesta sismorresistente, se debería tener en consideración una posible rehabilitación estructural, la cual consiste en el reforzamiento de los elementos estructurales, por medio de las correctivas identificadas en la evaluación. (IGE, 2012)

Es por esta razón que, este proyecto integrador tiene como alcance determinar mediante un análisis estático no lineal el desempeño de una edificación tipo, la cual presenta variabilidad en las cargas gravitacionales, para de esta manera, determinar si existe alguna configuración de carga la cual comprometa de manera negativa el desempeño sísmico de la edificación.

1.1 Antecedentes

En el centro urbano de la ciudad Guayaquil se evidencia que, los dueños de las edificaciones, con el paso de los años, deciden cambiar el tipo de uso que se les da a estas. Como es el caso de la Ilustración 1.1, aquella que data del año 1980, en la que se puede observar que, en su gran mayoría se trataban de edificaciones destinadas a uso residencial. Sin embargo, hoy en día, estas edificaciones, debido al crecimiento comercial y poblacional de la zona, se han ido adaptando y variando su tipo de uso, lo que termina dando paso a estructuras

multifuncionales, en donde se asientan plantas de viviendas, oficinas, comercios e incluso almacenamiento (véase Ilustración 1.2).



Ilustración 1.1. Centro de Guayaquil, año 1980 (Diario El Universo, 1980)

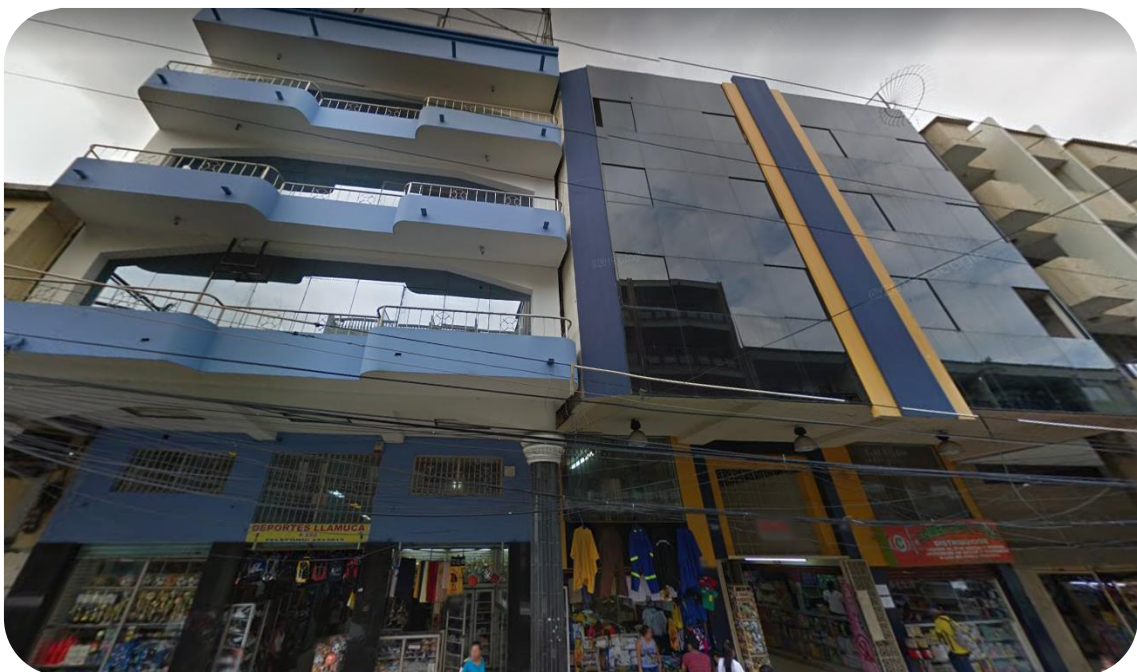


Ilustración 1.2. Uso actual de las edificaciones del centro de Guayaquil (Autores, 2022)

Al variar las cargas gravitacionales (viva y muerta), se podría tener el riesgo de que las estructuras sobrepasen la capacidad para la cual fueron diseñadas, así como también comprometer de manera negativa el desempeño sísmico de estas. Lo antes mencionado dejaría como resultado daños que afectarían la resistencia y el servicio, e incluso podrían inducir al colapso de la edificación.

En ciertas ocasiones, el desempeño ineficiente de una estructura se debe a factores como: la falta de ductilidad, poca cantidad de acero de refuerzo, la generación de pisos blandos, la torsión producto de las diferencias entre el centro de masa y centro de rigidez, errores constructivos, entre otros.

Existen maneras de dar solución a los problemas por desempeño en las edificaciones, la más habitual consiste en el reforzamiento de elementos estructurales para aumentar la capacidad de las estructuras. Sin embargo, es probable que el costo de ejecutar un proyecto de este tipo sobrepase el avalúo actual del inmueble, además del impacto ambiental producto de ciertos tipos de materiales utilizados en estas técnicas de rehabilitación, como por ejemplo el polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP).

1.2 Ubicación

El presente estudio se lleva a cabo en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil. La selección de este lugar se debe al gran índice de edificaciones las cuales en un inicio fueron proyectadas para uso residencial y que, con el paso de los años, debido al crecimiento económico y social del sector, decidieron cambiar el tipo de uso para el que fueron diseñadas. (Bock, 1992)

La ubicación exacta se encuentra dentro del perímetro delimitado por: av. Quito, c. Gabriel José de Luque, av. Hideyo Noguchi y la c. Cristóbal Colón Fontanarosa, de la zona céntrica de la ciudad (véase Ilustración 1.3).



Ilustración 1.3. Perímetro de zona de estudio (Google Earth, 2021)

1.3 Estudio del suelo

Para determinar el tipo de suelo en el cual se asienta la edificación tipo, se hace uso de un ensayo de suelos y materiales realizado en el año 2016 por la empresa “Asesoría y Estudios Técnicos c. Ltda.” en la zona perimetral de lo que hoy en día se conoce como la “Catedral Católica Metropolitana de Guayaquil”, ubicada en la c. Chimborazo entre 10 de agosto y Clemente Ballén. Cabe destacar que este ensayo fue realizado a una distancia aproximada de 350m de la zona de estudio y se lo pretende tomar como apoyo para este proyecto. Por otra parte, basándose en los resultados obtenidos del ensayo, así como también en los parámetros estipulados en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción del 2015, se determina que, el terreno que predomina en esta parte de la zona céntrica de la ciudad de Guayaquil es de tipo “E”.

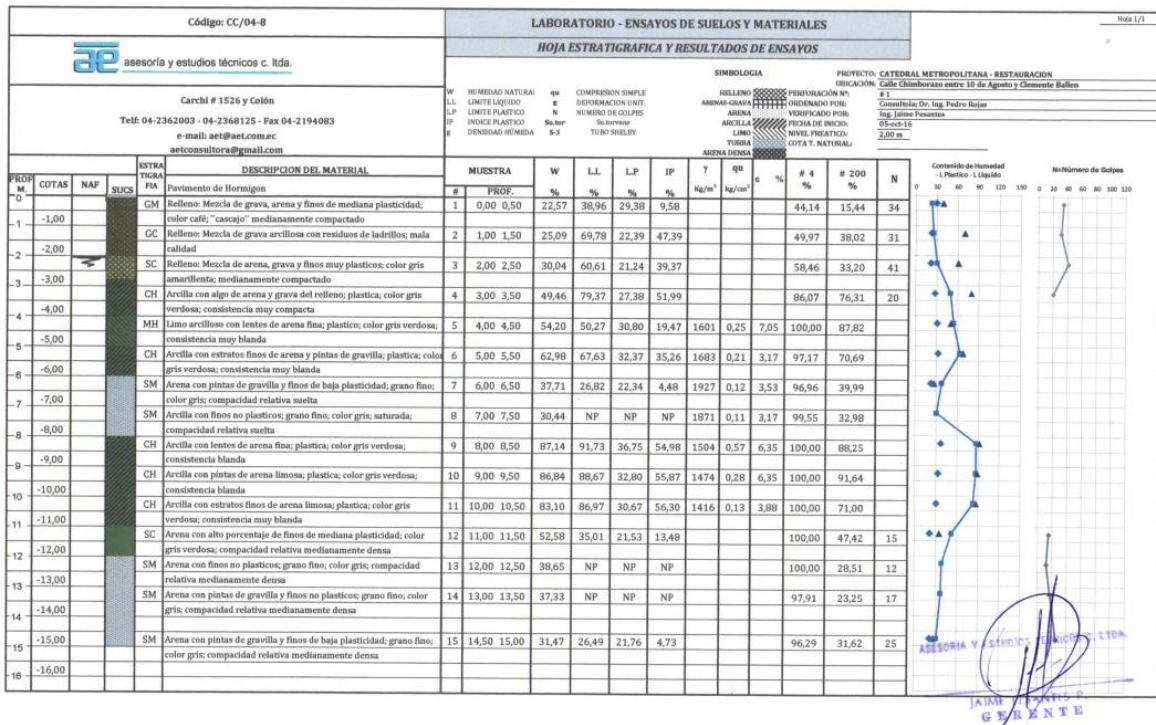


Ilustración 1.4. Estudio de suelo centro de Guayaquil (AE c Ltda.)

1.4 Levantamiento de información inicial de la edificación tipo

Mediante una toma de datos realizada en la zona de estudio por parte de los autores, se obtuvieron referencias acerca de las características más comunes de la edificación tipo, tales como:

- Elevación (cantidad de niveles)
- Dimensiones (ancho y profundidad)
- Área de construcción
- Tipos de uso, entre otras.

Por medio de la Ilustración 1.5 se logra observar los resultados obtenidos en unidad de porcentaje para la cantidad de edificaciones muestreadas, en donde estas se dividieron en tres tipos: edificaciones de tres, cuatro y cinco plantas.

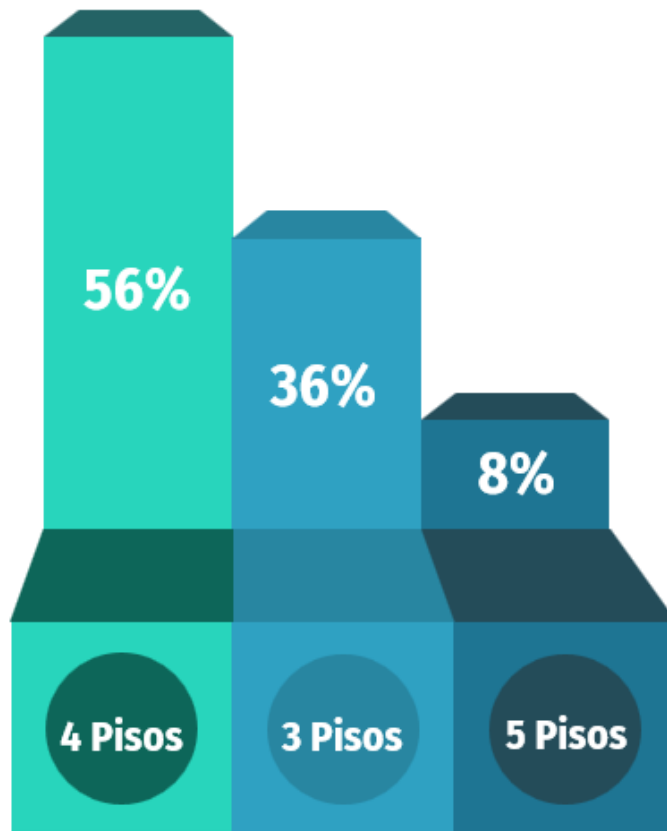


Ilustración 1.5. Porcentaje de evidencia de pisos en zona de estudio (Autores)

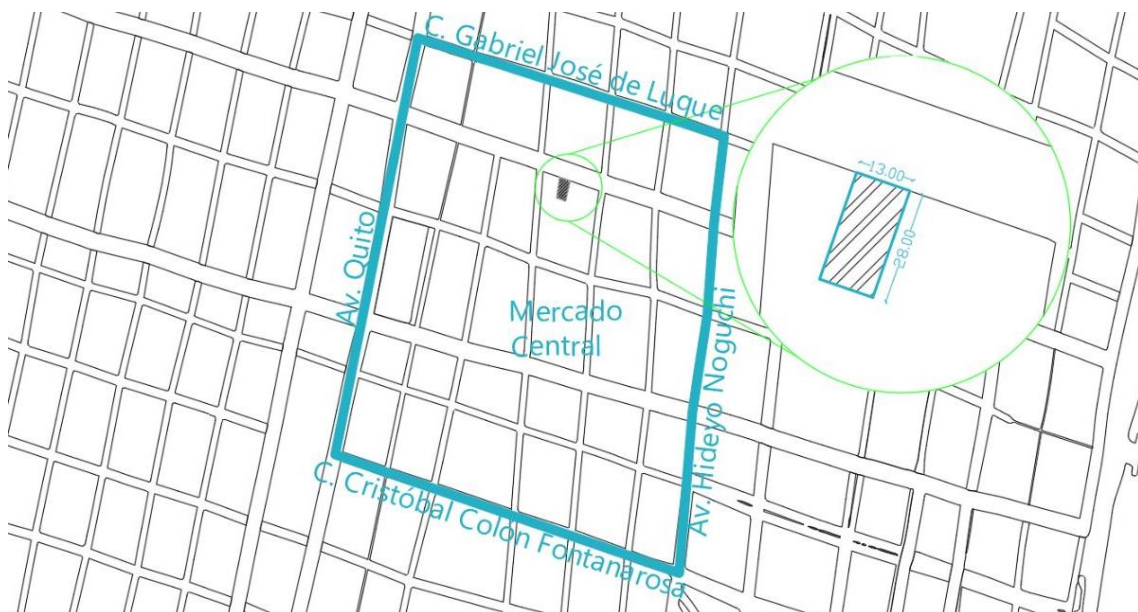


Ilustración 1.6. Representación de área predominante en zona de estudio (Autores)

Dando como resultado que, la edificación más representativa que se ubica dentro de la zona de estudio está compuesta de: 4 plantas, con elevación promedio de entrepiso de 3m y un área de construcción de 364m² por nivel (13x28m). Para observar a detalle el cálculo estadístico y la memoria fotográfica para la determinación de la edificación tipo véase sección Anexo 1.

1.5 Variabilidad de usos en las edificaciones

Según lo observado en los edificios ubicados en el centro de la ciudad, existe una tendencia del tipo de uso que se presenta en los distintos niveles.

Mediante una recopilación de datos tomados en todas las manzanas dentro de la zona de estudio, se determinó que las edificaciones pueden llegar a tener una distribución de plantas de tres distintas maneras, las cuales son:

- a. Comercio – Oficina – Residencia – Residencia (CORR)
- b. Comercio – Oficina – Oficina – Residencia (COOR)
- c. Comercio – Comercio – Bodega – Residencia (CCBR)

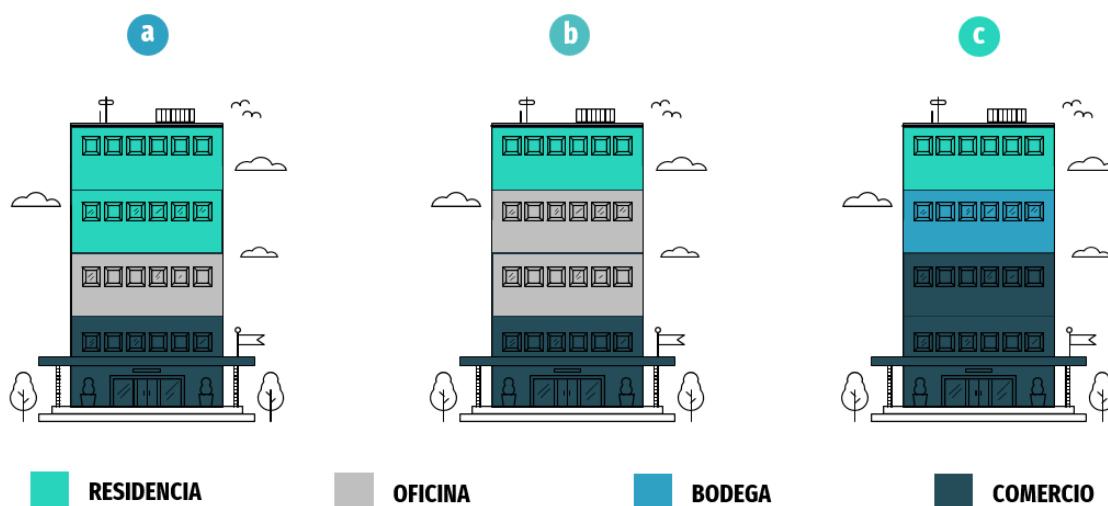


Ilustración 1.7. Configuraciones de uso predominantes en edificaciones (Autores)

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Elaborar el análisis por desempeño de una edificación tipo ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil, la cual presenta variabilidad en las cargas gravitacionales debido al cambio de uso, implementando criterios de sismorresistencia establecidos en normativas locales e internacionales (NEC, ASCE, ACI, FEMA), para la determinación de una propuesta constructiva en aquellas zonas con alto índice de desarrollo comercial/poblacional.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Diseñar/Relevar los elementos estructurales de la edificación tipo, mediante el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979.
- Evaluar el desempeño sísmico de la edificación tipo con sus diferentes configuraciones de cargas, mediante un análisis estático no lineal, implementando la gráfica "Equivalent Linearization (FEMA 440)" obtenida a partir de un software de análisis estructural 3D.
- Elaborar el detallamiento de las plantas arquitectónicas y disposición de los elementos estructurales de la edificación seleccionada mediante el Capítulo 3 y 4.
- Generar un presupuesto referencial de la superestructura de la edificación escogida.

1.7 Justificación

Como se ha venido mencionando, la variabilidad de las cargas gravitacionales en una edificación podría llegar a generar afectaciones en la misma, desde la menos importante como agrietamientos en mampostería o pequeñas deflexiones, hasta las más significativas como aquellas que provocan que la estructura no desarrolle un adecuado desempeño sísmico o incluso colapsen. He aquí la importancia de identificar la posibilidad de que, en un futuro, una

construcción llegue a tener una ocupación diferente a la cual fue proyectada. Pues de esta manera se podrían evitar problemas futuros tales como la rehabilitación de elementos estructurales, aquella que tiene un costo significativo y, a su vez, debido a los materiales implementados, genera un impacto ambiental considerable.

Según (Molina et al., 2020), contar con infraestructuras multifuncionales, significa tener en consideración que, con el pasar de los años, el tipo de uso que se le da a esta podría ir variando debido a factores sociales como por ejemplo el crecimiento comercial/poblacional de la zona. Además, al ser una estructura predestinada a soportar distintos tipos de cargas, sería capaz de contar con un correcto desempeño sísmico, lo cual se ajustaría a la meta #1 del Objetivo #9 de Desarrollo Sostenible (Industria, Innovación e Infraestructura), quien hace énfasis en la construcción de infraestructuras fiables y resilientes, las mismas que sean capaces de ante la presencia de un sismo, recuperar su estado inicial y así lograr salvaguardar vidas humanas.



Ilustración 1.8. Objetivo #9 de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018)

1.8 Marco Teórico

A lo largo de este proyecto integrador, se hará referencia a varios términos y códigos aprendidos durante la carrera de Ingeniería Civil, es por esta razón que,

a continuación, se presenta un marco teórico, donde se explicará a brevedad sobre el significado de estos:

1.8.1 Carga muerta

Son cargas gravitacionales las cuales tienen una magnitud y posición fija. Estas pueden: ser el peso propio de la estructura, así como, la masa de los materiales. Las dimensiones y pesos se las conoce cuando se realiza el análisis estructural con el predimensionamiento de los elementos estructurales. (De & Construcción, 2015)

1.8.2 Carga sobrepuesta

Conocida también como el peso adicional en una superficie, este llega a ser permanente o variar su magnitud lentamente en el tiempo. A diferencia de la carga muerta de los elementos estructurales, aquí se incluye la mampostería, así como también instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, sistema contra incendios, canalización de aires acondicionados y entre otros. La estimación de estas, se lo realiza mediante un análisis de pesos que ofrecen las normativas locales e internacionales o el catálogo de materiales que proporcionan los fabricantes. (RNE, 2020)

1.8.3 Carga viva

Son aquellas cargas que se ejercen en los elementos estructurales en el instante que se encuentra en servicio la edificación, la cual varía su posición y magnitud durante la vida de útil de la estructura. Los valores por carga viva son considerados por las normativas locales e internacionales que estiman rangos de seguridad después de largos años de estudios y pruebas. (Zapata Baglietto, 1991)

1.8.4 Normativas Nacionales

- Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979.

- Normativa Ecuatoriana de Construcción del 2015, constituida por los siguientes capítulos:
 - NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)
 - NEC-SE-DS: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente
 - NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras
 - NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
 - NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
 - NEC-SE-AC: Estructuras de Acero
 - NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural
 - NEC-SE-MD: Estructuras de Madera
 - NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5

1.8.5 Normativas Internacionales

- ACI 318S-14: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.
- ASCE/SEI 7-16: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
- FEMA 440: Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures.

1.8.6 Hormigón Armado

El hormigón armado, conocido también como concreto, es un elemento monolítico compuesto en su interior por acero de refuerzo y hormigón. Su fabricación se da en un estado plástico, por lo cual requiere de encofrados, mientras alcanza la resistencia a la que fue diseñada. (González & Fernández, 2005)

1.8.7 Acero Estructural

Es la aleación de varios elementos como: hierro, carbono, manganeso, cobre, silicio, níquel, fósforo y azufre, que le aportan propiedades al acero. Este material

estructural es capaz de resistir grandes esfuerzos, por las diversas características que posee, alta resistencia, elasticidad, durabilidad, ductilidad, tenacidad, fácil ensamblaje y entre otras propiedades. (J. C. McCormac, 2012)

1.8.8 Mampostería reforzada

Sistema estructural conformado por piezas de mampostería con perforaciones verticales, la unión del bloque es realizada por mortero y el reforzamiento es mediante acero de refuerzo ya sea barras y/o alambres. La colocación del mortero se lo realiza en todos los espacios verticales o donde se encuentra los refuerzos, esto permite obtener una gran resistencia a los esfuerzos producto de fuerzas sísmicas. (Ministerio de Ambiente, 2010)

1.8.9 Criterio Sismorresistente

Para obtener un diseño sismorresistente aceptable no es suficiente considerar que la estructura sea capaz de resistir las fuerzas laterales del sismo o cumplir con los estados límites de servicio que son: integridad estructural y supervivencia, a pesar de que es una parte fundamental del diseño. Uno de los objetivos importantes es que la estructura disipe energía, especialmente ante la presencia de sismos severos y que la liberación de calor sea mediante deformaciones inelásticas, proporcionando ductilidad a la edificación. (Bazán & Meli, 2022)

Los aspectos principales para un diseño sísmico se consideran mediante 4 etapas, en donde: la primera es la selección de un sistema estructural adecuado en absorber y disipar la energía producida por el sismo, la segunda es el análisis sísmico el cual se realiza una simulación mediante métodos analíticos más representativos a la estructura real, tercero el dimensionamiento de las secciones y por último el detallamiento de los elementos estructurales con sus respectivas conexiones. (Bazán & Meli, 2022)

1.8.10 Desempeño Sísmico

Los sismos han evidenciado las falencias de las normativas de diseño sísmico y un mal enfoque de filosofía sismorresistente, en el cual no tienen un correcto manejo de los daños provocados de este fenómeno natural. La seguridad que ofrece los elementos estructurales ante un sismo de diseño, no indica que la estructura tenga un desempeño adecuado. (Safina Melone, 2003)

A medida que ha pasado el tiempo, se han tenido diferentes propuestas para una eficiente evaluación y diseño sismorresistente, que se determinaron por medio de estudios la recurrencia de daños estructurales y las consecuencias que podría dejar en la sociedad, un movimiento telúrico. Es por esto, por lo que, un correcto diseño basado en desempeño se centra en que los criterios estructurales deben estar enfocados en resultados esperados, en donde la selección de metodologías permita dimensionar y detallar los elementos estructurales, con el objetivo de garantizar que la edificación cuando esté comprometida ante un evento sísmico los daños no deberían sobrepasar los estados límites de diseño. (Safina Melone, 2003)

1.8.11 Análisis no Lineal estático

El análisis no lineal estático es un método que permite determinar el comportamiento sísmico que tendrá la estructura, en su análisis incorpora propiedades no lineales de los materiales. El método se basa en la técnica del "Pushover", que consiste en llevar al armado estructural de diseño hasta sus últimas deformaciones de ductilidad y por último su colapso, esto se da por las cargas gravitacionales y laterales que aumentan de manera continua, para simular los efectos de los esfuerzos sísmicos. Finalmente, se obtiene la curva capacidad, la cual relaciona el cortante de basal y desplazamientos máximos. (Aguiar, 2003)

1.8.12 Special Moment Frames (SMF)

Los sistemas de pórticos a momentos especiales se desarrollan en las deformaciones inelásticas por las fuerzas resultantes del sismo de diseño. Estos marcos son capaces de resistir los esfuerzos en edificaciones que fueron

diseñadas para disipar energía, dando así una ductilidad a la estructura y formar las rotulas plásticas en las vigas y columnas. (Hamburger & Malley, 2016)

1.8.13 Ordinary Moment Frames (OMF)

Los marcos de momento ordinario están diseñados para proporcionar una mínima deformación en el estado inelástico de los elementos estructurales y conexiones. Además, en los nodos se da una condición totalmente restringida, con el propósito de que los momentos de las conexiones formen parte del sismo de diseño. (ANSI/AISC 341-10, 2010)

1.8.14 Impacto ambiental

El sector de la construcción está agotando al medio ambiente sus recursos naturales a un paso acelerado, mayor al de su regeneración nativa, esto se debe por los procesos industriales que se llevan a cabo como la extracción y acumulación de residuos. En la actualidad, los proyectos de arquitectura y diseño requieren de materiales que para su obtención son originarios de procedimientos de gran cantidad de energía, que provoca un desgaste de recursos, generando destrucción en el ecosistema y contaminación de desperdicios tóxicos. (Arroyo Morocho et al., 2018)

La mayoría de los materiales empleados en la construcción son procedentes de la corteza terrestre, siendo el causante del 50% de los recursos naturales a utilizar, el cual se tiene 4 importantes ciclos en donde: la primera etapa es la extracción de materia prima, provocando cambios topográficos en el terreno y contaminación atmosférica, como segundo se tiene la fabricación que de igual manera repercute al impacto ambiental, por la gran cantidad de materiales pulverulentos que se obtiene y por el excesivo consumo energético, el tercero relaciona el uso que se da en las construcciones y por último la fase final del ciclo de vida de los materiales que quedan como residuos. (Arenas Cabello, 2008)

Los diseñadores pueden contribuir en la reducción de estos procesos que requieren de elevadas producciones de energía, brindando con nuevas alternativas sostenibles de materiales que para su fabricación no emitan grandes cantidades de CO2 y así evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Existen metodologías que miden el grado de impacto ambiental en los proyectos de obras civiles, con el objetivo de buscar otras opciones más amigables con el medio ambiente y confort a los usuarios. (Arroyo Morocho et al., 2018)

1.8.15 Software de análisis estructural 3D

Software de análisis estructural y dimensionamiento de estructuras el cual ofrece diferentes herramientas para realizar modelados de edificaciones como: gama de materiales, informes, esquematizaciones, condiciones de diseño, comandos intuitivos para llevar a cabo plantas y alzados estructurales, visualizaciones en 3D, entre otros, además proporciona al ingeniero el análisis lineal y no lineal, por medio de la optimización de cálculos, lo que permite generar diseños esquemáticos con rapidez.(CSI Spain, 2022)

1.8.16 Escala Likert

Es una escala ordinal que es utilizada para medir conocimientos y actitudes, su construcción consiste en establecer una serie de ítems que están relacionados con posturas, el cual se evalúa todos los puntos y finalmente se selecciona, la posición que obtenga un valor favorable o desfavorable, dependiendo del análisis a estudiar. (MITES & INSST, 1982)

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Metodología

Para llevar a cabo este proyecto integrador, se definieron distintas fases de estudio y ejecución, las cuales son presentadas a continuación:

2.1.1 Fase I: Información preliminar

- Identificación de la zona de estudio dentro del centro de la ciudad de Guayaquil, donde se considere que exista el mayor índice de edificaciones las cuales tiendan a cambiar su tipo de uso.
- Los autores e interesados realizarán una visita en campo con la finalidad de obtener información que ayude a determinar la edificación más representativa (configuraciones de uso, cantidad de pisos, área, etc.).
- Elaboración de un registro fotográfico de las edificaciones existentes en todas las manzanas dentro del perímetro de estudio.
- Relevamiento arquitectónico de las distintas plantas de la estructura en base a lo observado preliminarmente.

2.1.2 Fase II: Modelado 3D y diseño

- Relevamiento de los elementos estructurales de la edificación tipo, implementando el Código Ecuatoriano de la Construcción 1979 (normativa vigente en la época en la cual se estima que fueron construidas estas edificaciones).
- Modelado estructural de la información obtenida en la Fase I, mediante un software de análisis estructural 3D.

- Obtención de datos como esfuerzos máximos, cuantías necesarias y capacidad preliminar para el diseño y estudio de las estructuras, basándose en las restricciones estipuladas en las normativas locales e internacionales utilizadas en este proyecto.
- Implementación del análisis estático no lineal usando la curva “Pushover” y la gráfica “Equivalent Linearization”, para determinar cómo varía el desempeño sísmico de la edificación tipo, al ser sometida a las tres distintas configuraciones de cargas.
- De ser el caso, identificación y selección de la configuración de carga la cual provoque que la edificación no obtenga un correcto desempeño sísmico.

2.1.3 Fase III: Documentación final y entregables

- Memoria técnica del presente proyecto integrador (Desarrollo, Conclusiones y Recomendaciones).
- Detallamiento arquitectónico y estructural de cada una de las plantas de la estructura escogida en la Fase II.
- Elaboración de presupuesto referencial de la superestructura de la edificación propuesta.

2.2 Propuestas de alternativas y restricciones

El desempeño sísmico de una infraestructura no depende del tipo de material con el cual esta se encuentre construida. Sin embargo, para lograr un estudio lo más cercano a la realidad, es importante definir la conformación de esta, razón por la cual se escogerán como alternativas los tres distintos tipos de materiales de construcción más predominantes de la zona, aquellos que serán presentados a continuación:

2.2.1 Alternativa 1 - Construcción de hormigón armado (SMF):

Sistema de pórticos especiales resistentes a momentos, conformado por elementos estructurales como columnas, vigas, losa aligerada en una o dos direcciones de hormigón armado. Se caracterizan por tener la capacidad de resistir deformaciones inelásticas y disipar energía proveniente de los sismos mediante la ductilidad de sus elementos.

2.2.2 Alternativa 2 - Construcción de acero estructural (SMF):

Sistema de pórticos especiales de acero estructural capaces de resistir momentos. Usualmente son implementados en construcciones civiles de gran índole debido a su poco peso, alta resistencia a la flexión, rápido ensamblaje y ductilidad. Requieren de un personal calificado ya que presentan conexiones empernadas y/o soldadas.

2.2.3 Alternativa 3: Construcción de mampostería reforzada (OMF):

Sistema estructural conformado por mampostería la cual consiste en bloques con perforaciones verticales en donde se colocan varillas y/o alambres de acero embebidos en mortero u hormigón, con el objetivo de que toda la estructura se desempeñe en conjunto. Este tipo de construcciones se caracterizan por no disipar energía, por lo que enfrentan los esfuerzos sísmicos mediante alta resistencia y rigidez.

2.3 Restricciones de alternativas

A continuación, se presentan las restricciones que existen al momento de querer implementar cualquiera de las alternativas previamente mencionadas:

Tabla 2.1. Restricciones de alternativas (Autores)

N.º	Alternativa	Restricciones
1	Construcción de Hormigón Armado (SMF)	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo de construcción elevado• Estructuras más robustas y pesadas
2	Construcción de Acero Estructural (SMF)	<ul style="list-style-type: none">• Personal constructor altamente calificado

		<ul style="list-style-type: none"> • Alto precio en el mercado ecuatoriano
3	Construcción de Mampostería Reforzada (OMF)	<ul style="list-style-type: none"> • Poca disponibilidad de bloques con agujeros verticales • Límite de construcción en normativa local (hasta 4 pisos)

2.4 Escala de “Likert” y criterios de evaluación

Para poder evaluar las distintas alternativas, se hará uso de la escala de “Likert”, la cual, (Oriol LLauradó, 2014) la define como una herramienta que ayuda a medir actitudes y evaluar la opinión sobre un tema, producto o servicio mediante el uso de niveles, normalmente cinco. Donde uno hace referencia a una situación muy desfavorable y, por contraparte, cinco significa una situación totalmente favorable.

Las alternativas mencionadas anteriormente serán evaluadas bajo los siguientes criterios y sus respectivas ponderaciones:

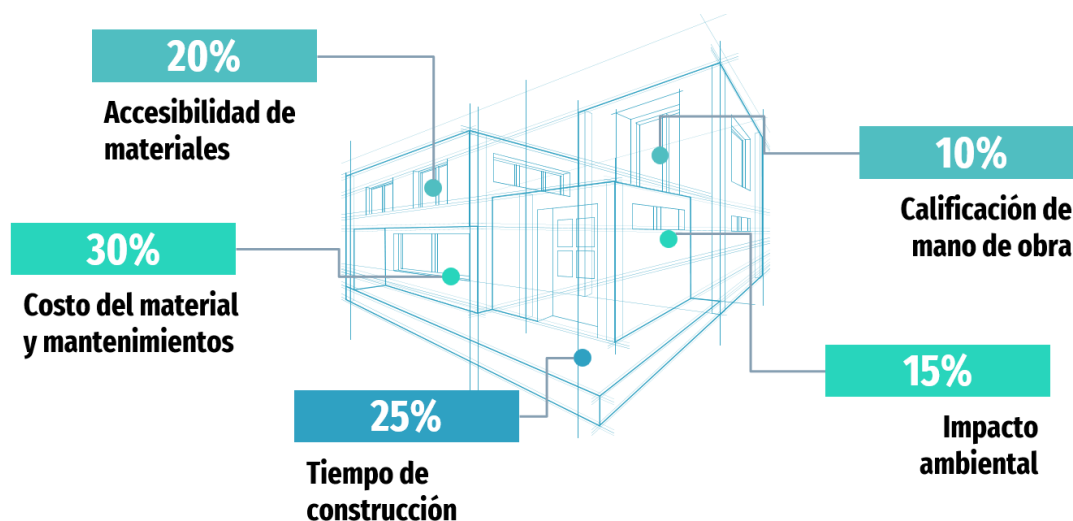


Ilustración 2.1. Criterios para evaluación de alternativas (Autores)

2.4.1 Accesibilidad de materiales

Al plantear un proyecto es importante conocer la accesibilidad de los materiales dentro del mercado local, pues se deben evaluar aspectos como proveedores, transporte, cantidades, entre otros. Adicionalmente, este criterio se encuentra relacionado con el costo total de construcción. (INEC, 2019)

Tabla 2.2. Escala de calificación para criterio "Accesibilidad de materiales" (Autores)

Criterio	Escala				
	1	2	3	4	5
Accesibilidad de materiales	Muy poco accesible	Poco accesible	Accesibilidad Media	Buena accesibilidad	Muy buena accesibilidad

2.4.2 Costo del material y mantenimientos

El costo de una construcción depende íntimamente de los materiales con los cuales se llevará a cabo el proyecto, además, en base a los materiales utilizados se determina la necesidad y la frecuencia con la cual se les debe realizar mantenimiento a estas edificaciones. (David et al., 2008)

Tabla 2.3. Escala de calificación para criterio "Costo del material y mantenimientos" (Autores)

Criterio	Escala				
	1	2	3	4	5
Costo del material y mantenimientos	Muy costoso	Costoso	Costo medio	Bajo costo	Muy bajo costo

2.4.3 Tiempo de construcción

Una de las variables de mayor ponderación para este análisis es el tiempo de construcción, pues este depende de los requerimientos de los clientes. A su vez, mayor tiempo de construcción se traduce en mayor inversión monetaria. (Ramirez Sacoto, 2016)

Tabla 2.4. Escala de calificación para criterio "Tiempo de construcción" (Autores)

Criterio	Escala				
	1	2	3	4	5
Tiempo de construcción	Mayor tiempo	Buen tiempo	Tiempo medio	Poco tiempo	Muy poco tiempo

2.4.4 Calificación de mano de obra

La experiencia y capacitación de la mano de obra dentro una construcción civil es de suma importancia, debido a que, en cierto porcentaje, el comportamiento

de una edificación depende de las técnicas constructivas implementadas y la calidad del trabajo ejecutado por el personal constructor. (David et al., 2008)

Tabla 2.5. Escala de calificación para criterio "Calificación de mano de obra" (Autores)

Criterio	Escala				
	1	2	3	4	5
Calificación de mano de obra	Mayor experiencia	Buena experiencia	Experiencia media	Poca experiencia	Muy poca experiencia

2.4.5 Impacto Ambiental

Este criterio de evaluación cada vez se vuelve de mayor significancia dentro de una selección de alternativas, pues si bien es cierto, toda obra civil genera un impacto ambiental, sin embargo, dependiendo del tipo de proyecto y los materiales de construcción implementados, este podría ser reducido o por contraparte, incrementado. (Caballero Mestres et al., 2016)

Tabla 2.6. Escala de calificación para criterio "Impacto ambiental" (Autores)

Criterio	Escala				
	1	2	3	4	5
Impacto ambiental	Mayor impacto	Considerable impacto	Impacto medio	Poco Impacto	Muy poco impacto

2.5 Evaluación de alternativas

Una vez habiendo presentado los distintos criterios y la metodología de evaluación, se procede a examinar cada una de las alternativas y, por medio de referencias bibliográficas, así como experiencias constructivas, definir el valor correspondiente para cada uno de los parámetros.

Tabla 2.7. Evaluación de alternativa 1 – Hormigón Armado (Autores)

ALTERNATIVA 1 - HORMIGÓN ARMADO						
Factores	Ponderación	ESCALA				
		1	2	3	4	5
Accesibilidad de materiales	20%	████████████████████				
Costo del material y mantenimientos	30%	██████████████			██████████	
Tiempo de construcción	25%	██████████		██████████		
Calificación de mano de obra	10%	████████████████				██████
Impacto ambiental	15%	██████████			██████████	
	100%	65%				

Tabla 2.8. Evaluación de alternativa 2 – Acero estructural (Autores)

ALTERNATIVA 2 - ACERO ESTRUCTURAL						
Factores	Ponderación	ESCALA				
		1	2	3	4	5
Accesibilidad de materiales	20%	██████████████				██████
Costo del material y mantenimientos	30%	██████████		██████████		
Tiempo de construcción	25%	████████████████████				
Calificación de mano de obra	10%	██████	██████████			
Impacto ambiental	15%	██████████		██████████		
	100%	61%				

Tabla 2.9. Evaluación de alternativa 3 – Mampostería reforzada (Autores)

ALTERNATIVA 3 - MAMPOSTERIA REFORZADA						
Factores	Ponderación	ESCALA				
		1	2	3	4	5
Accesibilidad de materiales	20%	██████████████				██████
Costo del material y mantenimientos	30%	██████████			██████████	
Tiempo de construcción	25%	██████████		██████████		
Calificación de mano de obra	10%	██████████████				██████
Impacto ambiental	15%	██████████			██████████	
	100%	59%				

2.6 Selección de alternativa

Después de haber analizado las tres alternativas propuestas, se determinó que, la opción más favorable sería realizar el diseño y análisis a una edificación de hormigón armado, debido a las siguientes razones:

- En la zona se evidencia que la mayor parte de las edificaciones se encuentran construidas de hormigón armado. (Bock, 1992)
- En el Ecuador se cuenta con gran accesibilidad a los materiales correspondientes para este tipo de construcciones (mortero, agregados, acero de refuerzo), además de un amplio catálogo de proveedores. (INEC, 2019)
- El hormigón armado no requiere en gran cantidad mantenimientos preventivos ni correctivos debido a que no sufren de corrosión ni alguna otra patología producto del medio ambiente. Esto genera un ahorro económico a largo plazo. (David et al., 2008)
- Según (David et al., 2008), la mano de obra no necesita contar con altas capacidades de construcción, además de que su oferta laboral es altamente ofrecida en el mercado.
- En lo que respecta a la producción de este material, no requiere de gran cantidad de energía, lo que significa que generará en menor cantidad emisiones de CO_2 hacia la atmósfera, comparado con otros materiales como por ejemplo el acero estructural. (Caballero Mestres et al., 2016)
- Llevando a cabo una construcción de calidad, se contará con edificaciones resistentes y de gran desempeño, además de una prolongada vida de servicio. (González & Fernández, 2005)

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

3.1 Propuesta de plantas arquitectónicas

Para iniciar este capítulo de diseño, es importante tener una referencia de la configuración arquitectónica presente en la vivienda tipo (de uso netamente residencial), así como también, las posibles variaciones arquitectónicas que tendrían las plantas debido a los distintos usos que tendrán con el paso del tiempo.

A continuación, se muestran las ideas arquitectónicas planteadas:

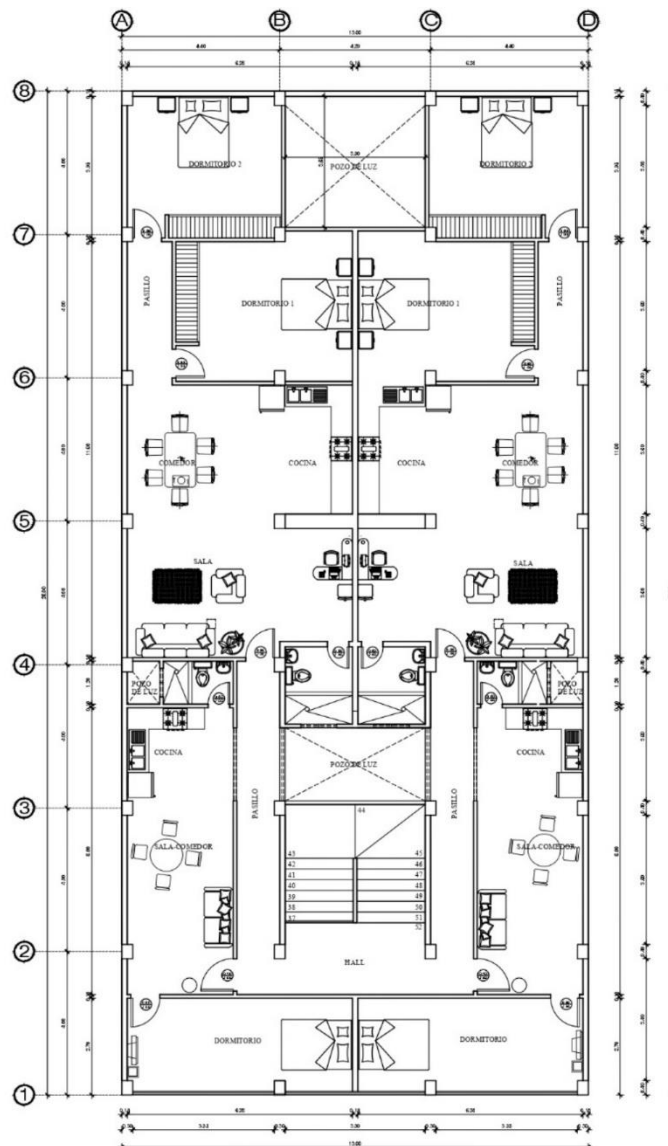


Ilustración 3.1. Planta arquitectónica residencial (Autores)

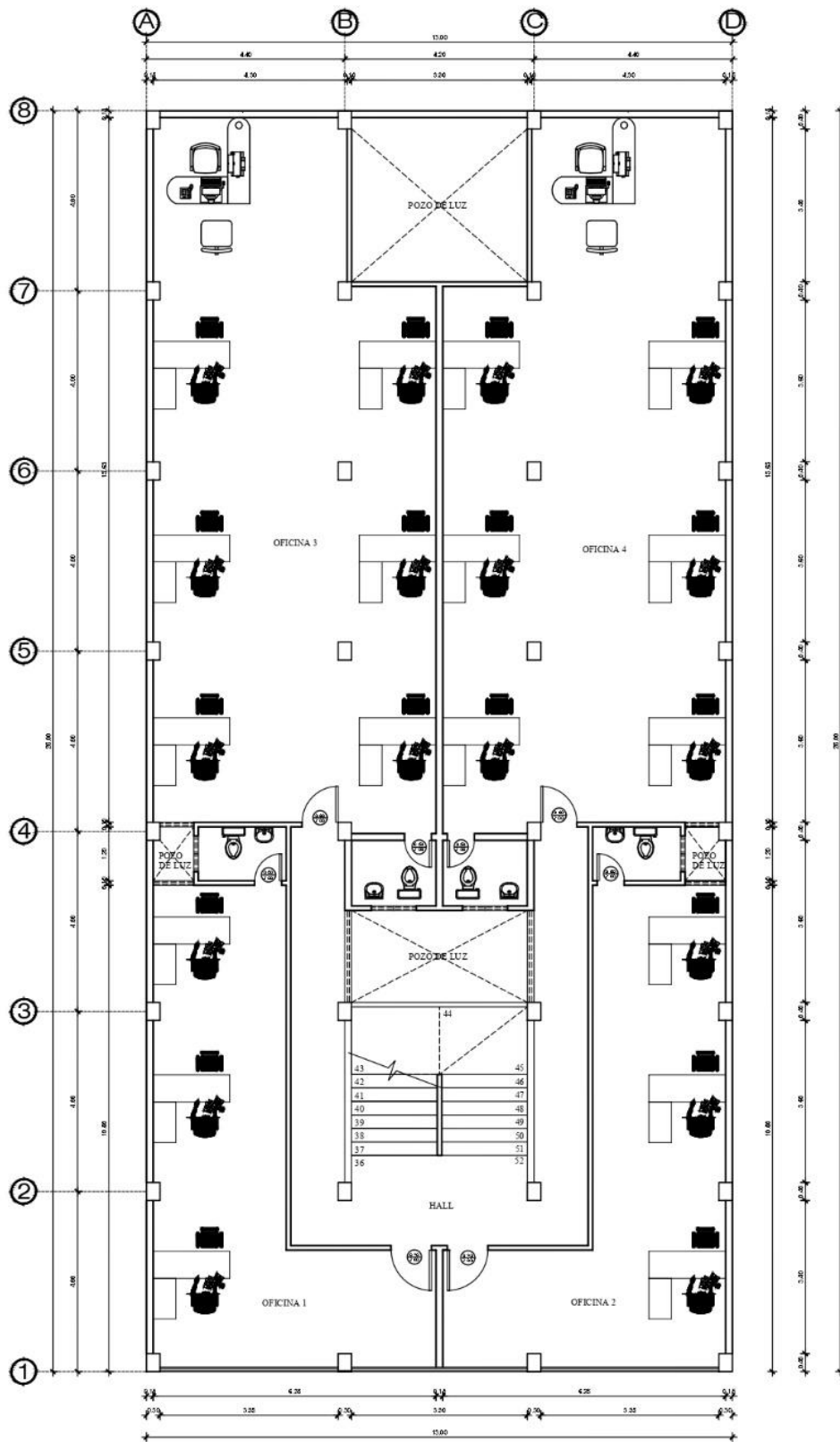


Ilustración 3.2. Planta arquitectónica oficina (Autores)

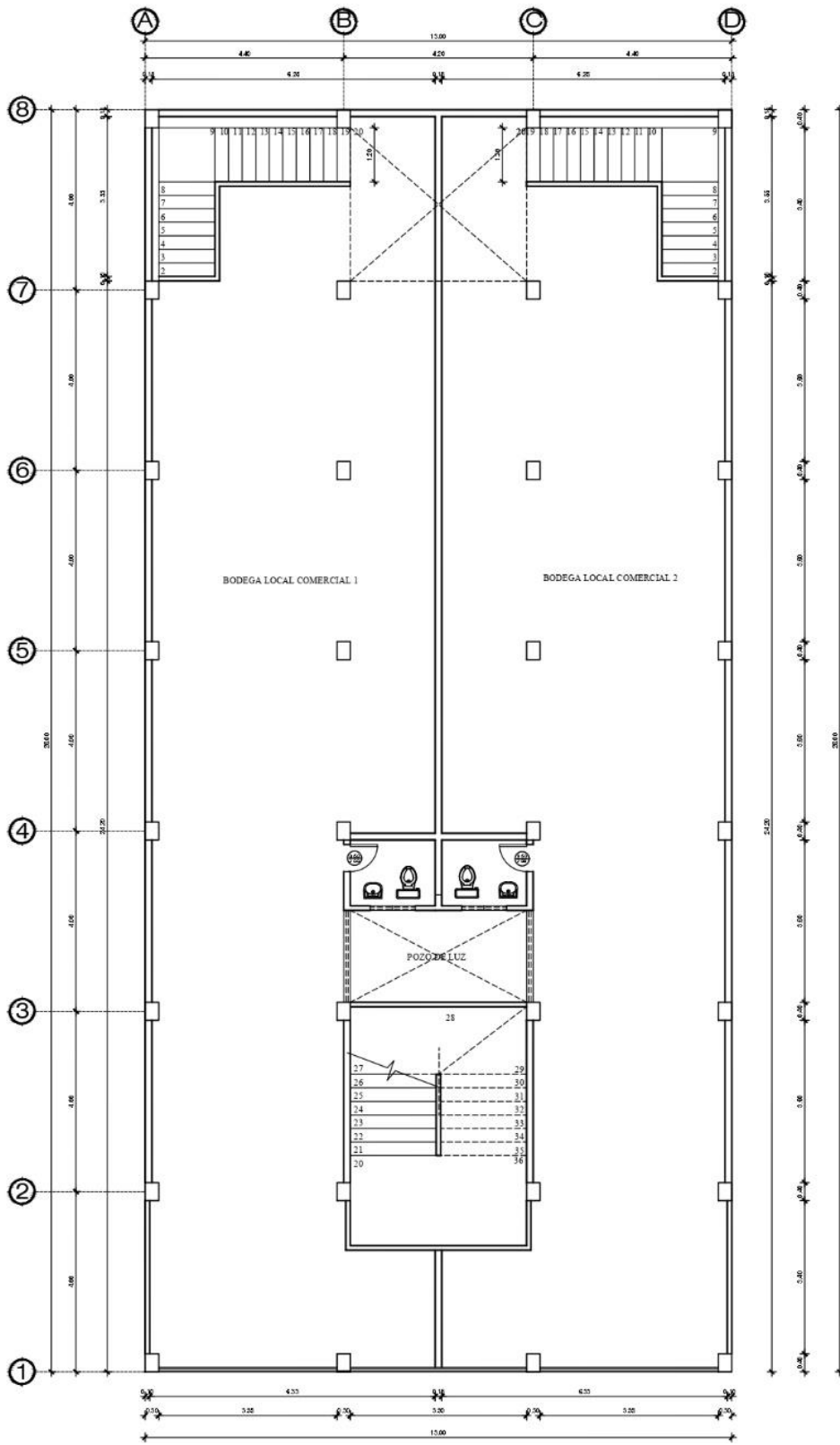


Ilustración 3.3. Planta arquitectónica bodega (Autores)

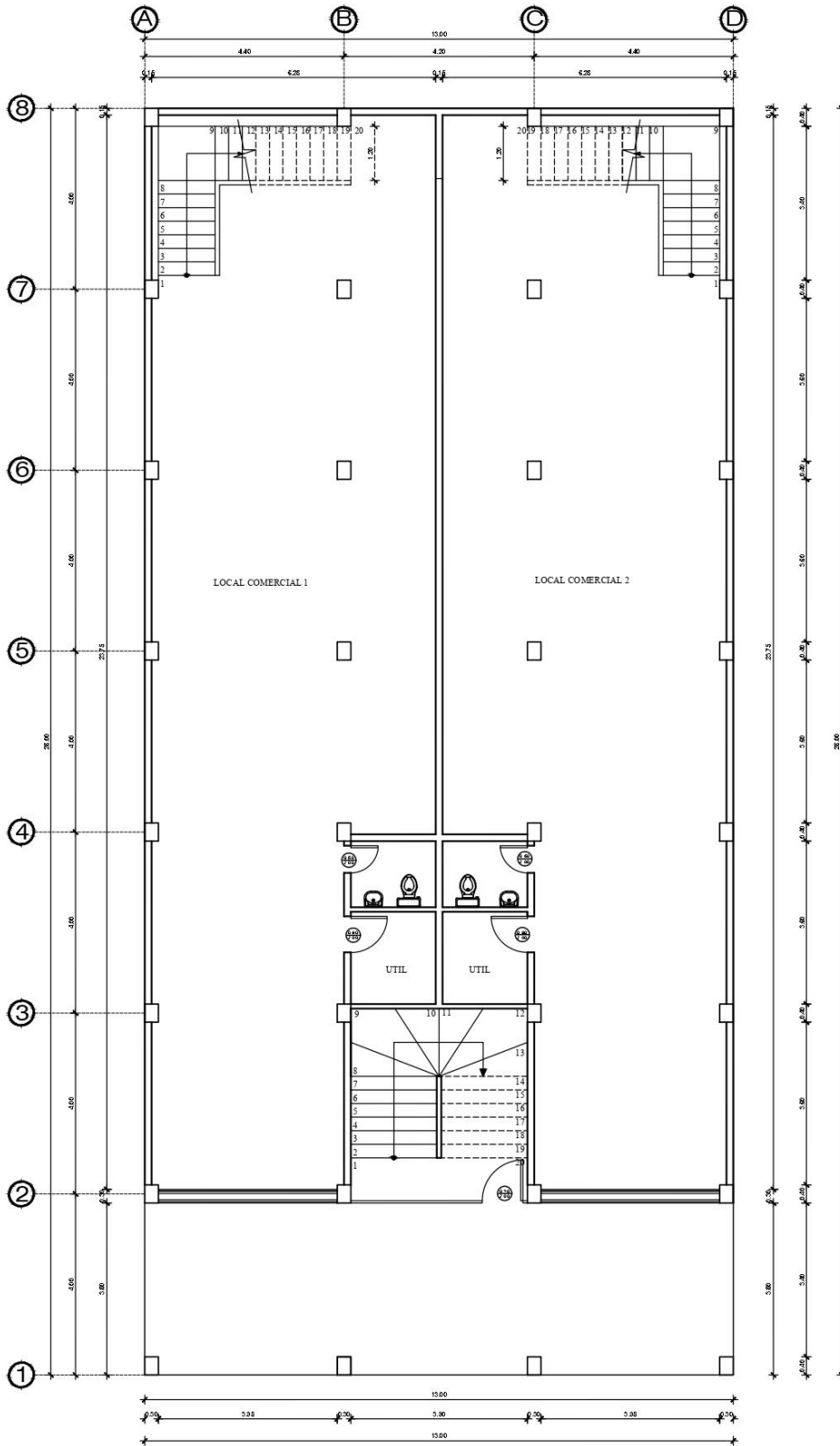


Ilustración 3.4. Planta arquitectónica comercio (Autores)

3.2 Relevamiento Estructural de Edificación Tipo mediante CEC-1979

Es importante mencionar al lector que, debido a la falta de información estructural que presentan los edificios ubicados en la zona de estudio, se procederá a realizar un relevamiento de la estructura, empleando la normativa vigente de la época en la cual se considera que estas hayan sido construidas. Por otro lado, los autores basarán el diseño asumiendo la hipótesis de que estas edificaciones fueron construidas bajo el estricto y adecuado uso del Código Ecuatoriano de la Construcción del año 1979.

3.2.1 Características de los materiales

Una vez habiendo escogido la alternativa adecuada para el tipo de material constructivo, se procede a mostrar las características de los materiales que conforman el hormigón armado. Cabe recalcar que, la resistencia a la compresión del hormigón optada para este estudio corresponde a la más implementada en ese entonces:

3.2.1.1 Hormigón:

- Resistencia a la compresión: $f'c: 210 \frac{kg}{cm^2}$
- Módulo de elasticidad: $E_c: 220000 \frac{kg}{cm^2}$
- Peso específico: $\gamma_c: 2400 \frac{kg}{cm^2}$

3.2.1.2 Acero de refuerzo:

- Resistencia a la fluencia: $f_y: 4200 \frac{kg}{cm^2}$
- Módulo de elasticidad: $E_s: 2100000 \frac{kg}{cm^2}$
- Peso específico: $\gamma_s: 7850 \frac{kg}{cm^2}$

3.2.2 Prediseño de elementos estructurales

3.2.2.1 Predimensionamiento de vigas con “Método del Portal, 1915”

Tabla 3.1. Predimensionamiento de vigas Eje X y Y (Autores)

Piso	Dimensiones	
	b (cm)	h (cm)
4	25	30
3	30	40
2	35	45
1	35	45

3.2.2.2 Predimensionamiento de columnas con “Método de Esbeltez”

Tabla 3.2. Predimensionamiento de columnas (Autores)

Piso	Dimensiones	
	b (cm)	h (cm)
4	40	40
3	45	45
2	50	50
1	50	50

3.2.2.3 Altura mínima de losa según CEC-1979

Tabla 3.3. Altura mínima de losa maciza equivalente (Autores)

Piso	Altura mínima (cm)
4	14.5
3	14.5
2	14.5
1	14.5

3.2.3 Cargas de diseño

Con respecto a las cargas de diseño, se hace uso de lo estipulado en el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979, el cual hace énfasis en los valores a considerar para las diferentes cargas gravitacionales (sean estas viva y muerta) así como también para la carga sísmica estática.

3.2.3.1 Carga viva

Mediante la Tabla 4.1 del Capítulo 3 (Métodos de diseño), así como también la Tabla 5.1 del Capítulo 5 (Diseño de cubiertas) del CEC-1979, se pudo obtener

los siguientes valores para la carga viva actuante y la carga mínima de cubierta para una edificación residencial:

- Residencias: $200 \frac{kgf}{cm^2}$
- Cubierta: $60 \frac{kgf}{cm^2}$

TABLA 4.1 Cargas uniformes y concentradas.

USO U OCUPACION		Carga uniforme (1)	Carga concentrada
CATEGORIA	DESCRIPCION	kg/m ²	kg
Armerías		750	0
Áreas de reuniones (4)	Áreas de asientos fijos	250	0
	Áreas de asientos móviles y otras áreas	500	0
Auditorios y galerías	Escenarios y plataformas	600	0
Cornisas, marquesinas y balcones de residencias		300	0
Facilidades de salida públicas (5)		500	0
Garajes	Almacenaje general y/o reparación	500	(3)
	Almacenaje particular	250	(3)
Hospitales	Salas y cuartos	200	450 (2)
Bibliotecas	Salas de lectura	300	450 (2)
	Cuartos de anaqueles	600	700 (2)
Fábricas	Livianas	400	900 (2)
	Pesadas	600	1400 (2)
Oficinas		250	900 (2)
Imprentas	Cuartos de impresión	750	1200 (2)
	Cuartos de composición y linotipos	500	900 (2)
Residencias (6)		200	0
Salas de descanso (7) Plataformas de revisión Grandes tribunas y gradieros		500	0
Escuelas	Aulas	200	450 (2)
Veredas y calzadas	Acceso público	1200	(3)
Bodegas	Livianas	600	
	Pesadas	1200	
Almacenes	Minoristas	400	900 (2)
	Mayoristas	500	1400 (2)

Ilustración 3.5. Cargas uniformes y concentradas (CEC, 1979).

TABLA 5.1 Cargas vivas mínimas para cubiertas en kg/m²

INCLINACION DE LA CUBIERTA	AREA TRIBUTARIA DE CARGA EN METROS CUADRADOS PARA CUALQUIER ELEMENTO ESTRUCTURAL.		
	0 a 20	21 a 60	Sobre 60
Plana o con pendiente menor que 1:3 Arco o bóveda con flecha menor a 1/8 de luz.	100	80	60
Pendiente de 1:3 a menos de 1:1 Arco o bóveda con flecha de 1/8 de luz a menos de 3/8 de luz	80	70	60
Pendiente de 1:1 y mayor Arco o bóveda con flecha de 3/8 de luz o mayor	60	60	60
Marquesinas, excepto cubiertas con tela	25	25	25
Invernaderos y edificios agrícolas	50	50	50

Ilustración 3.6. Cargas vivas mínimas para cubierta (CEC, 1979).

3.2.3.2 Carga sobreimpuesta

Según el literal 4.4 del Capítulo 4 (Diseño de pisos) del CEC-1979, las edificaciones deben diseñarse para soportar cargas adicionales presentes en cada nivel, ya sean estas producidas por tabiquería, instalaciones, acabos de piso, entre otros.

Debido a que esta normativa no brinda el valor para las distintas cargas sobreimpuestas, se ha procedido a calcularlas manualmente, basándose en una arquitectura de planta determinada por los autores de este proyecto, de donde se destacan las siguientes:

- Baldosa de cerámica: $22 \frac{kgf}{cm^2}$
- Cielorraso de yeso: $20 \frac{kgf}{cm^2}$
- Mampostería exterior: $123 \frac{kgf}{cm^2}$
- Mampostería interior: $183 \frac{kgf}{cm^2}$
- Instalaciones (eléctricas, sanitarias, voz y datos): $20 \frac{kgf}{cm^2}$

3.2.4 Combinaciones de carga

El apartado 9.3 del Capítulo 9 (Requisitos de resistencia y funcionamiento) del CEC-1979, resalta que, para el diseño sismorresistente de una estructura, se deben considerar las siguientes combinaciones de carga:

- $1.4D + 1.7L$
- $1.4D + 1.4L \pm 1.4Ex$
- $1.4D + 1.4L \pm 1.4Ey$
- $0.9D \pm 1.43Ex$
- $0.9D \pm 1.43Ey$

Donde:

D: Carga permanente total.

L: Carga viva.

$E_{x,y}$: Carga de sismo.

3.2.4.1 Carga sísmica estática

En la sección 12.4 del Capítulo 12 (Regulaciones sismo-resistentes) del CEC-1979, menciona que, toda estructura debe ser diseñada y construida para soportar fuerzas laterales producidas por sismos. Dicha fuerza viene dada por la siguiente ecuación:

Ecuación 3.1. Cortante Basal, (CEC, 1979)

$$V = I \cdot K \cdot C \cdot S \cdot W$$

Donde:

V: Fuerza lateral total o corte en la base.

I: Factor de importancia de ocupación.

K: Coeficiente de fuerza horizontal para edificios u otras estructuras.

C: Coeficiente numérico dependiente del periodo elástico de vibración.

S: Coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio.

W: Carga muerta total y partes aplicables de otras cargas.

Mediante el análisis de la normativa, así como también el análisis de las características de la edificación, se obtuvieron los siguientes valores para las distintas variables:

I : 1 (*Ocupación convencional*)

K : 1 (*Sistema aporticado de edificio*)

C : 0.12

S : 1.17

W : 1296.07

$$V = 1 \cdot 1 \cdot 0.12 \cdot 1.17 \cdot W$$

$$V = 0.158 \cdot W$$

$$V = 204.77 \text{ (Tonf)}$$

3.2.5 Diseño de elementos sometidos a flexión

En el Capítulo 10 (Flexión y cargas axiales) del CEC-1979, se habla acerca del diseño por resistencia de los elementos sujetos a flexión y cargas axiales, en el cual se llega a la conclusión de que la ecuación de capacidad para este tipo de elementos viene dada por:

Ecuación 3.2. Capacidad de elementos sometidos a flexión (ACI318, 2019)

$$C = T$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$\varphi M_n = \varphi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Ecuación 3.3. Capacidad cortante de elementos sometidos a flexión, (ACI 318, 2019)

$$\varphi V_n = \varphi \cdot (V_c + V_s)$$

Donde:

ϕMn : Capacidad nominal para elementos sometidos a flexión

ϕ : Factor de reducción para elementos sometidos a flexión

d : Peralte efectivo de viga

$f'c$: Resistencia a la compresión del hormigón

f_y : Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo

ϕV_n : Capacidad resistente nominal a corte de la viga de hormigón armado

V_c : Capacidad resistente a corte del hormigón simple

V_s : Capacidad resistente a corte del acero de refuerzo

3.2.6 Diseño de elementos sometidos a flexo-compresión

Mediante el Capítulo 10 (Flexión y cargas axiales) del CEC-1979, se define que, para el diseño de elementos sujetos a flexo-compresión, se debe basar en las fuerzas y momentos actuantes que serán determinados mediante un correcto análisis estructural, por lo cual, para su diseño se considerarán los efectos de esbeltez, tomando en cuenta los efectos de segundo orden ($P - \delta$ y $P - \Delta$).

Ecuación 3.4. Efectos de esbeltez de segundo orden, (ACI318, 2019)

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt}$$

Donde

M_r : Resistencia requerida a la flexión.

M_{nt} : Resistencia requerida a la flexión sin desplazamiento lateral.

M_{lt} : Resistencia requerida a la flexión con desplazamiento lateral.

P_r : Resistencia requerida axial.

P_{nt} : Resistencia requerida axial asumiendo que no hay desplazamiento lateral.

P_{lt} : Resistencia requerida axial asumiendo que hay desplazamiento lateral.

B_1 : Factor de amplificación para considerar efecto $P - \delta$.

B_2 : Factor de amplificación para considerar efecto $P - \Delta$.

3.2.7 Diseño de altura de losa

En el Capítulo 9 (Requisitos de resistencia y funcionamiento), se hace énfasis en la altura mínima de losas y otras construcciones en dos direcciones para pisos diseñados con criterios de sismoresistencia, la ecuación viene dada por:

Ecuación 3.5. Altura mínima para losas macizas equivalentes, (CEC, 1979)

$$h_{min} = \frac{l_n * (800 + 0.0712 * f_y)}{36000 + 5000 * \beta * \left[\alpha_m - 0.5 * (1 - \beta_s) * \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]}$$

Donde

l_n : Longitud de la luz libre en dirección mayor.

β : Relación de luces libres, larga a corta, en losa de dos direcciones.

β_s : Relación de la longitud de bordes continuos al perímetro de un tablero de losa.

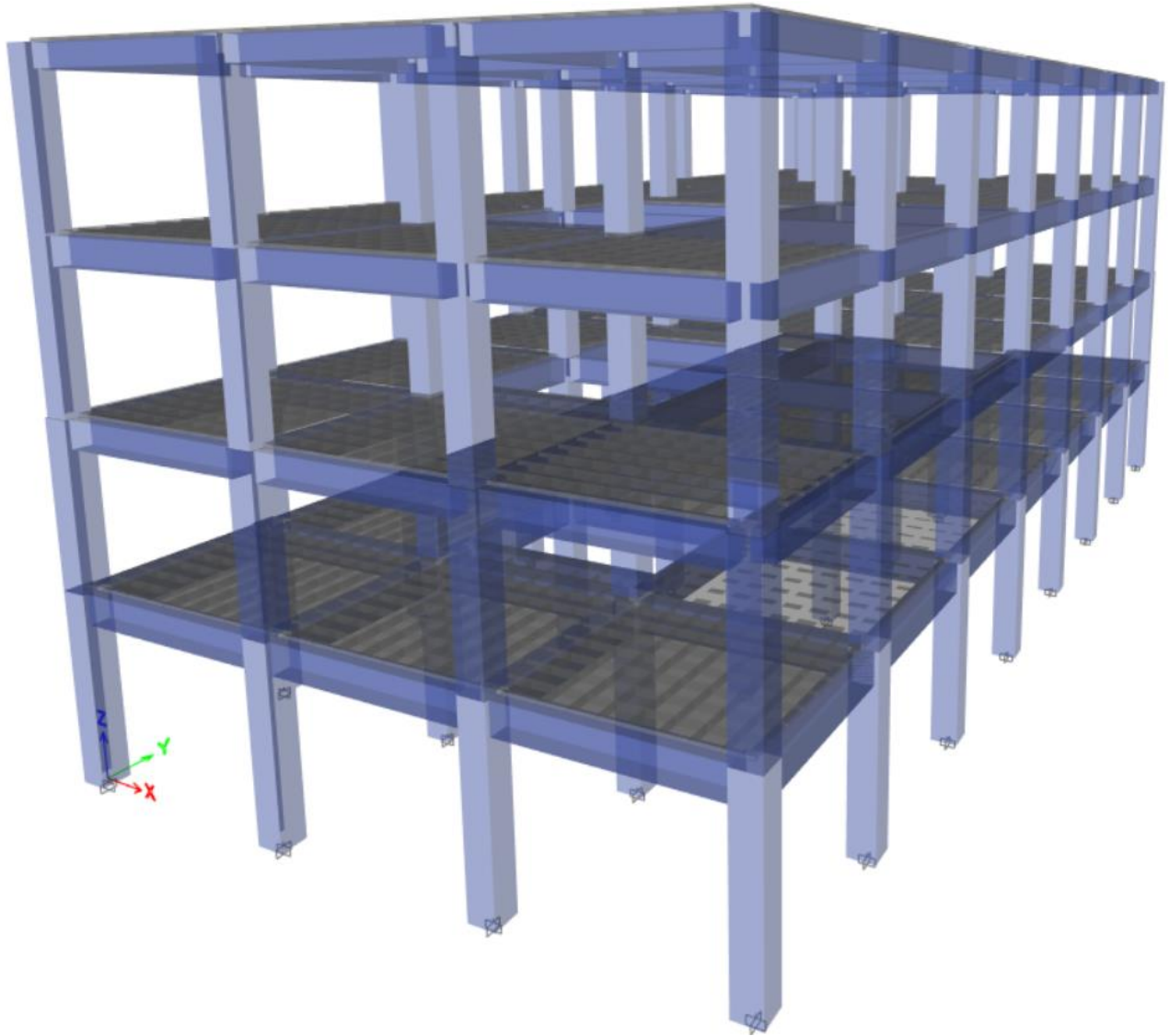
α : Relación de la rigidez a flexión de viga y losa.

α_m : Valor promedio de α para todas las vigas de borde de un tablero.

3.2.8 Modelado Estructural de la edificación tipo

Por medio de la ayuda de un software de análisis estructural 3D, se logró modelar la edificación, para lo cual se debió establecer las propiedades de los materiales implementados, así como también las características de los elementos estructurales existentes en la edificación.

A continuación, mediante las Ilustraciones 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10, se puede observar la composición de la superestructura de la edificación, así como también las distintas vistas en planta, transversal y longitudinal:



**Ilustración 3.7. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), vista isométrica
(Autores)**

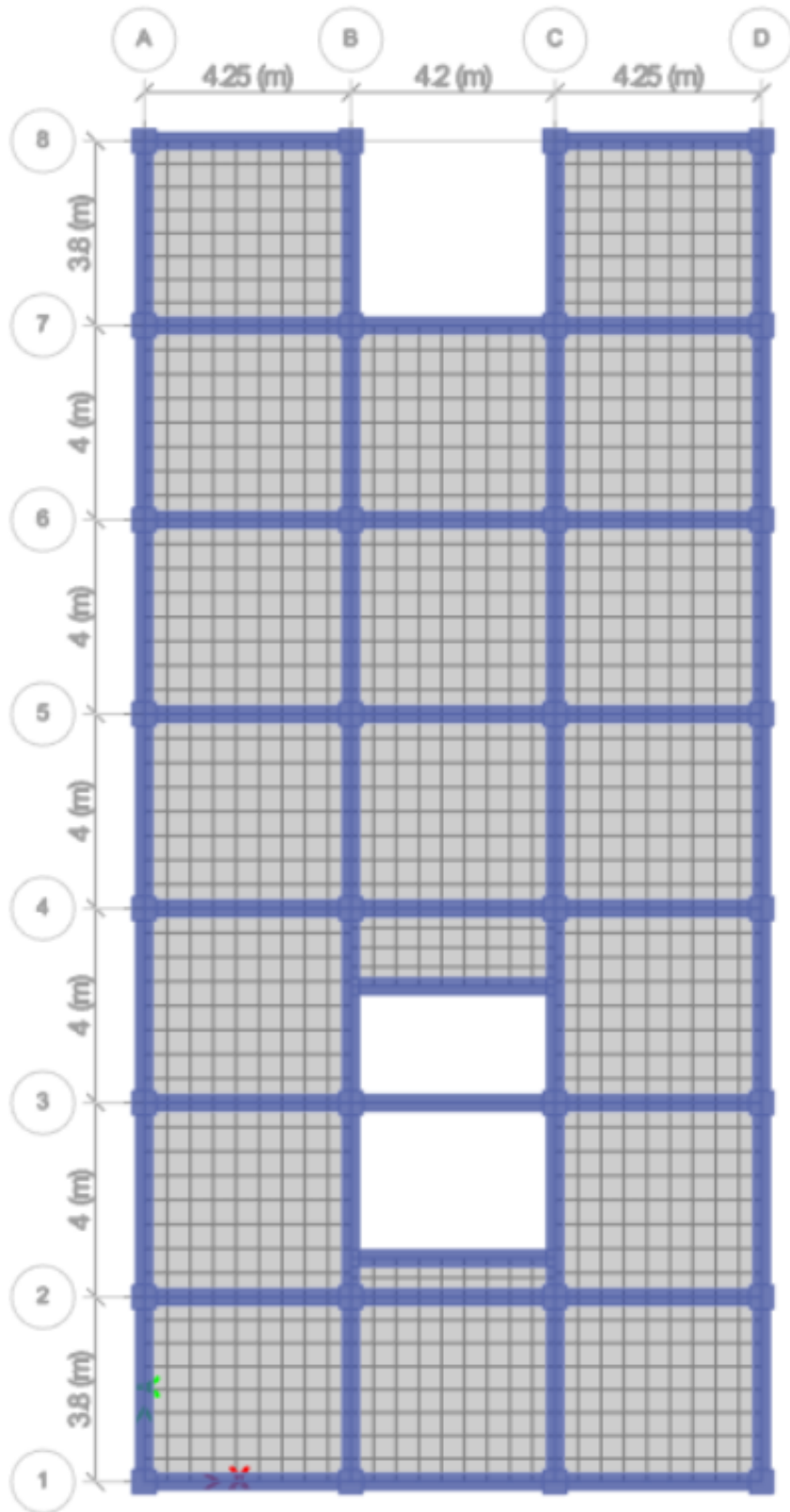


Ilustración 3.8. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), vista en planta (Autores)

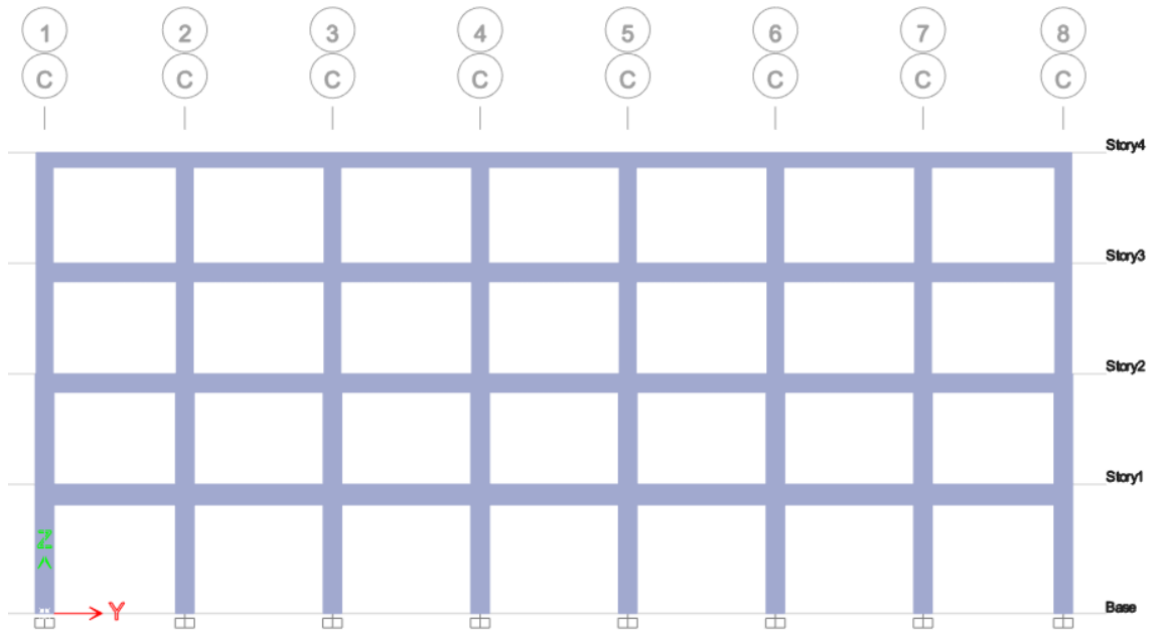


Ilustración 3.9. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), alzado longitudinal (Eje C) (Autores)

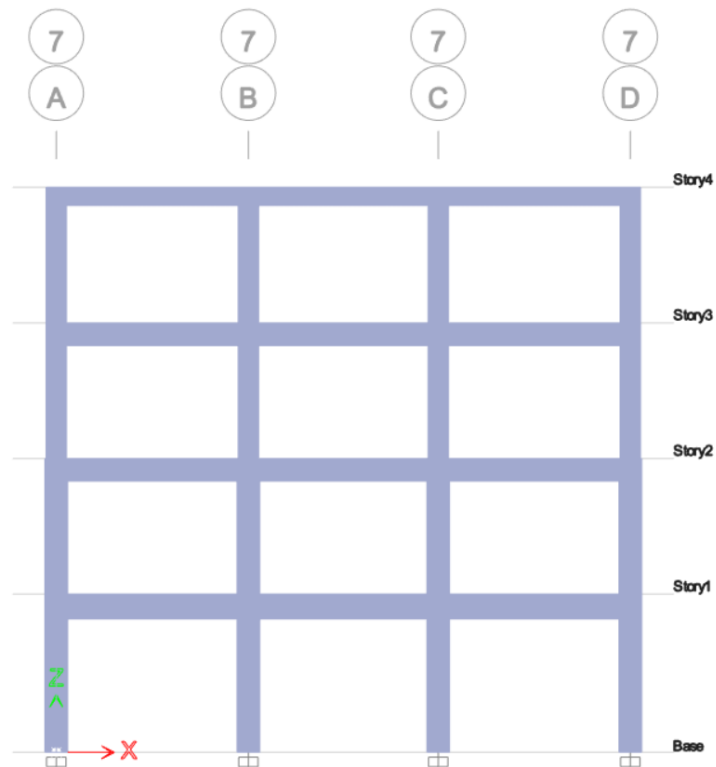


Ilustración 3.10. Modelado estructural de la edificación tipo (ET), alzado transversal (Eje 7) (Autores)

3.2.9 Esfuerzos actuantes (Momento flector y Cortante)

Una vez habiendo establecido el modelado estructural en el apartado 3.2.8, se procede a solicitar al software los esfuerzos actuantes de la estructura, siendo estos el momento flector y el cortante.

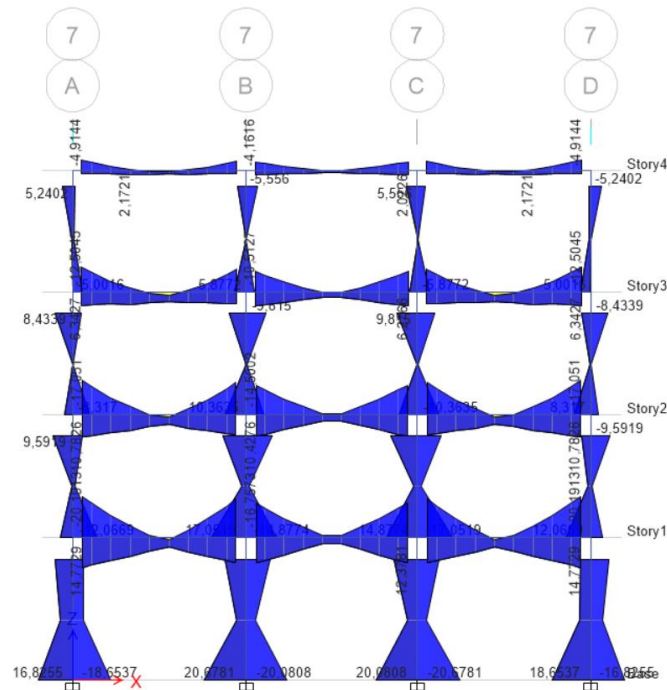


Ilustración 3.11. Diagrama momento flector, pórtico más crítico Eje X (Autores)

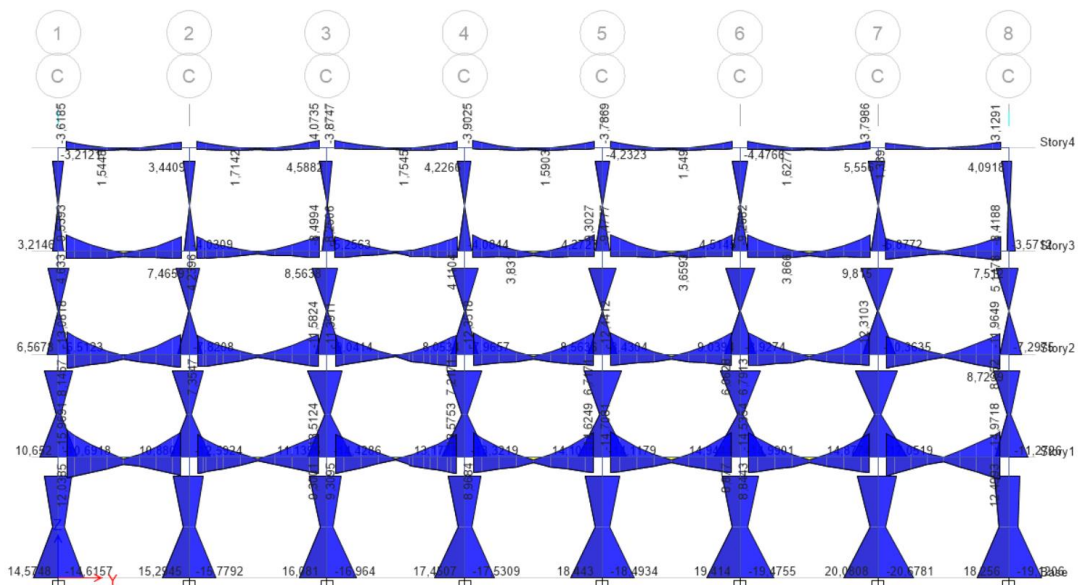


Ilustración 3.12. Diagrama momento flector, pórtico más crítico Eje Y (Autores)

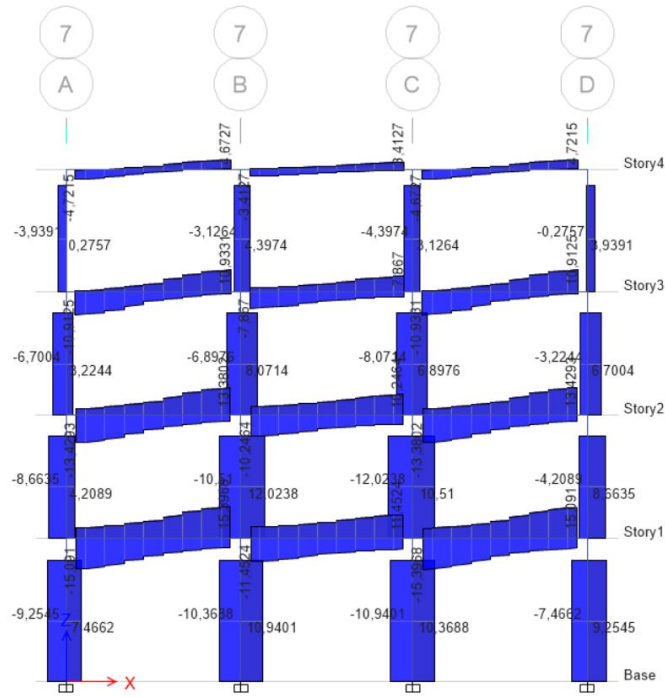


Ilustración 3.13. Diagrama esfuerzo cortante, pórtico más crítico Eje X (Autores)

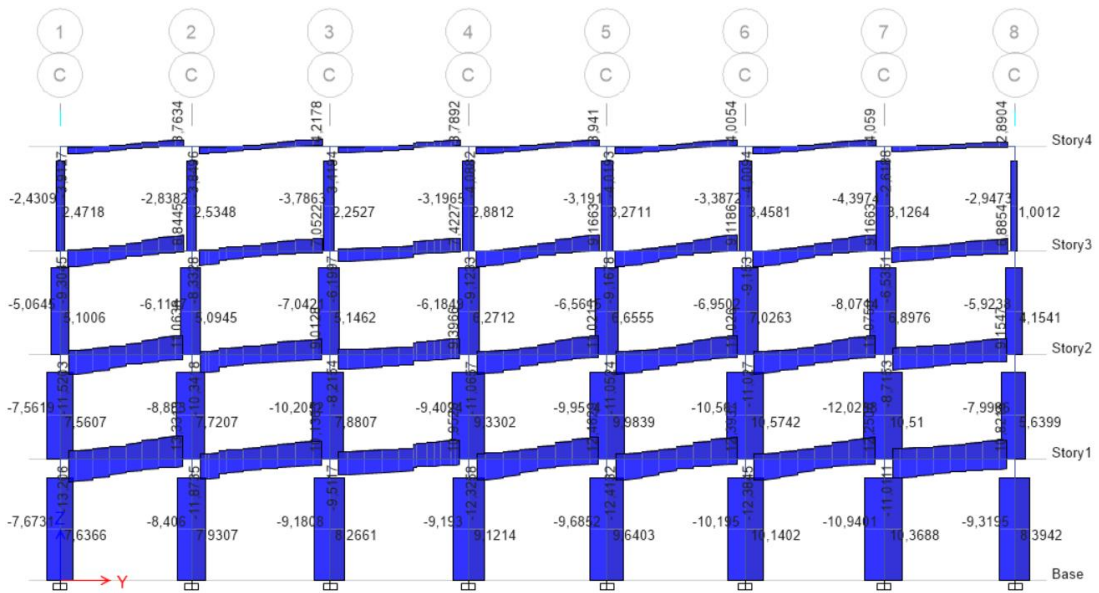


Ilustración 3.14. Diagrama esfuerzo cortante, pórtico más crítico Eje Y (Autores)

3.2.10 Resultados obtenidos mediante el dimensionamiento de elementos estructurales

Tabla 3.4. Dimensiones de vigas dirección X y Y (Autores)

Piso	Dimensiones	
	b (cm)	h (cm)
4	25	40
3	30	50
2	35	50
1	35	55

Tabla 3.5. Detallamiento de vigas (Autores)

Piso	Acero longitudinal				Acero transversal (estribos)					
	Viga X		Viga Y		Viga X			Viga Y		
	Negativo (-)	Positivo (+)	Negativo (-)	Positivo (+)	Extremo	Mitad	Extremo	Extremo	Mitad	Extremo
4	2 ø16mm	2 ø16mm	2 ø16mm	2 ø16mm	Eø10mm @10cm	Eø10mm @20cm	Eø10mm @10cm	Eø10mm @10cm	Eø10mm @20cm	Eø10mm @10cm
3	4 ø16mm	3 ø16mm	3 ø16mm	3 ø16mm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @19cm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @23cm	Eø10mm @12cm
2	6 ø16mm	4 ø16mm	5 ø16mm	3 ø16mm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @18cm	Eø10mm @12cm
1	6 ø16mm	5 ø16mm	5 ø16mm	4 ø16mm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @14cm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @12cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @12cm

Tabla 3.6. Dimensiones y detallamiento de columnas (Autores)

Piso	Dimensiones		Acero Longitudinal		Acero Transversal
	b (cm)	h (cm)	Acero Esquinas	Acero Central	Estribos
4	45	45	2 ø14mm	3 ø14mm	2E ø10mm @10-20-10cm
3	45	45	2 ø14mm	3 ø14mm	2E ø10mm @10-20-10cm
2	50	50	2 ø16mm	3 ø14mm	2E ø10mm @10-20-10cm
1	50	50	2 ø16mm	3 ø14mm	2E ø10mm @10-20-10cm

Tabla 3.7. Dimensiones y detallamiento de losas (Autores)

Piso	Detalle de Losa				
	Altura losa (cm)	Altura loseta (cm)	Altura nervio (cm)	Ancho nervio (cm)	Ancho cajoneta (cm)
4	20	5	15	10	40
3	20	5	15	10	40
2	20	5	15	10	40
1	20	5	15	10	40

3.3 Análisis Estático No Lineal

Al contar con la composición estructural de cada uno de los elementos de la edificación tipo, se requiere de un análisis estático no lineal implementando el uso del método FEMA 440, el cual facilita la obtención de las curvas “Pushover” y las gráficas “Equivalent Linearization”, aquellas que ayudan a identificar el punto de desempeño de la infraestructura.

(SEAOC, 1995) define que, para evaluar el desempeño de una edificación, se debe hacer referencia a cinco niveles de desempeño:

- Límite Totalmente Operacional: No existen daños estructurales y/o no estructurales. Las instalaciones quedan completamente operativas.
- Límite Operacional: Existe daños leves en los elementos estructurales. Las instalaciones quedan operativas.
- Límite Seguridad de Vida: Daños moderados en la estructura de la edificación, lo cual genera cierta pérdida de resistencia y rigidez del sistema. Las instalaciones quedan operativas, pero necesitan reparaciones.
- Límite Pre-Colapso: Daños severos en la estructura. Los ocupantes corren riesgo. En caso de presentarse réplicas del sismo, la edificación podría colapsar.
- Límite Colapso: El daño de la estructura es eminente y no reparable.

Los límites mencionados anteriormente se logran obtener seccionando en intervalos la distancia ΔP catalogada como capacidad de desplazamiento inelástico, aquellos que son mostrados mediante la Ilustración 3.15.

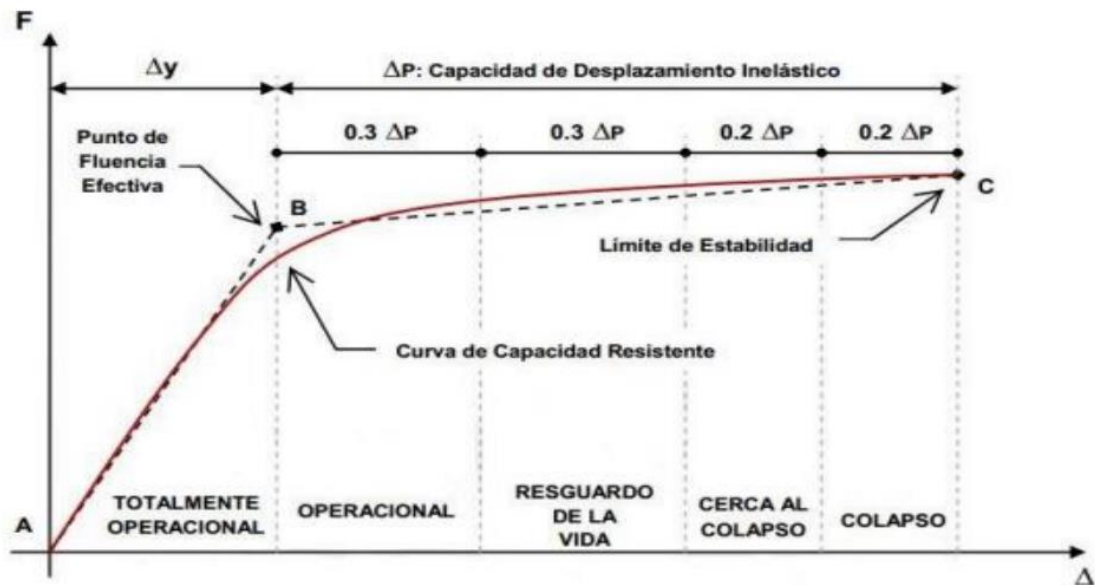


Ilustración 3.15. Niveles de desempeño (SEAOC, 1995)

Este tipo de análisis es desarrollado mediante un software de elementos finitos, en el cual, para poder llevar a cabo su ejecución, es necesario brindar las características propias a cada una de las vigas y columnas existentes en el proyecto. Se debe definir el acero positivo, acero negativo, estribaje, rótulas plásticas, además de tomar la consideración de que las vigas están sujetas a flexión (M3), mientras que las columnas a flexo-compresión (P-M2-M3).

3.3.1 Espectro de respuesta según la NEC-2015

Ecuador al ser un país con alto índice sísmico, la normativa local NEC-2015, considera un espectro de respuesta con período de retorno de 475 años para sismo raros. Debido a esto, al momento de realizar diseños estructurales se debe contemplar dicho espectro, aquel que simula estos sismos intensos con el objetivo de tener estructuras que sean capaces de salvaguardar las vidas humanas.

3.3.1.1 Espectro elástico de diseño

Como se ha venido mencionando la zona de estudio está ubicado en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, lo cual la NEC-SE-DS-2015, indica que las

edificaciones localizadas en la región costa de la provincia del Guayas se tiene un factor de aceleración de 0.4g, siendo una zona de alto peligro sísmico.

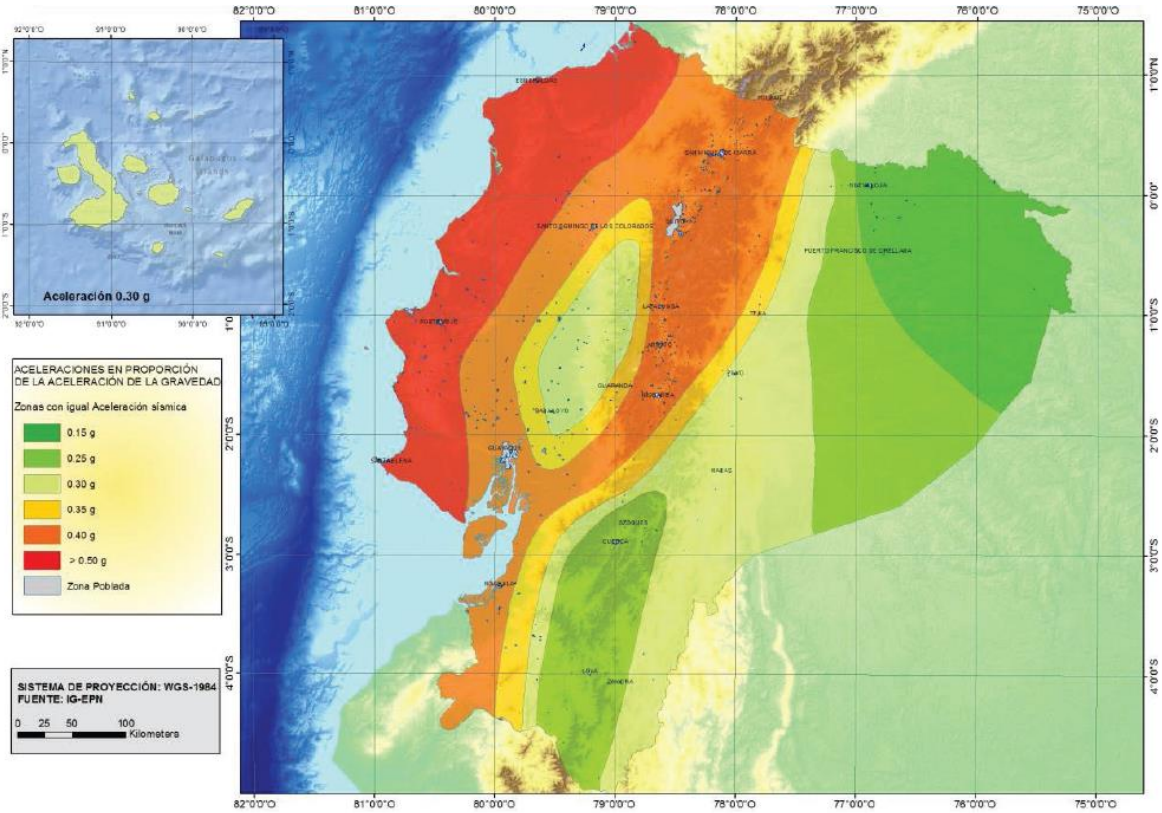


Ilustración 3.16. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador (NEC, 2015)

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

Ilustración 3.17. Valores de factor Z según el grado de peligro sísmico (NEC, 2015)

Para obtener el espectro de respuesta elástico, se debe tomar en consideración los siguientes parámetros:

Coeficientes de perfil de suelo

Para los coeficientes del perfil de suelo están los factores “Fa”, “Fd” y “Fs”, donde “Fa” considera a mayor detalle la amplificación del suelo, “Fd” los desplazamientos a diseño en roca y “Fs” contempla el comportamiento no lineal del perfil de suelo.

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					

Ilustración 3.18. Tipo de suelo y factores de sitio “Fa” (NEC, 2015)

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					

Ilustración 3.19. Tipo de suelo y factores de sitio “Fd” (NEC, 2015)

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					

Ilustración 3.20. Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo “Fs” (NEC, 2015)

Factor de ubicación geográfica del proyecto “r”

El factor “r” depende netamente de la ubicación del proyecto, que por el tipo del suelo la normativa establece que los suelos excepto tipo E se tiene un $r=1$ y $r=1.5$ para suelos tipo E.

Por la información proporcionada de la empresa “Asesoría y Estudios Técnicos c. Ltda.” se estableció que el tipo de suelo en que está ubicada la edificación tipo es de suelo tipo E.

Razón de la aceleración espectral “ η ”

Es la razón de la aceleración espectral S_a que relaciona el período retorno, y establece la excedencia en 50 años por medio de factores.

Para la provincia de la costa se tiene un factor de 1.80.

A continuación, se detalla en la Tabla 3.8 los parámetros del tipo de suelo, coeficientes, aceleración de la gravedad y razón espectral.

Tabla 3.8. Parámetros para el espectro elástico de la edificación tipo (Autores)

DATOS PARA ESPECTRO ELASTICO	
Factores	Valores
r (tipo de suelo)	1.5
η	1.8
Z	0.4
Fa	1
Fd	1.6
Fs	1.9

3.3.1.2 Espectro inelástico de diseño

Coeficiente de importancia "I"

El factor "I" sectoriza el nivel de importancia que tienen las estructuras dependiendo de la categoría que se encuentran establecidas, la finalidad es aumentar la demanda sísmica para brindar un nivel de desempeño operativo o que la estructura sufra daños menores.

Para esta edificación tipo se tiene un factor de 1, por ser un tipo de uso diferente a las categorías de edificaciones esenciales y estructuras especiales.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente 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

Ilustración 3.21. Tipo de importancia de la estructura (NEC, 2015)

Factor de modificación de respuesta “R”

El coeficiente de modificación de respuesta es empleado para reducir las fuerzas sísmicas, siempre que las estructuras se diseñen con fallas previsibles y con una correcta ductilidad, la NEC-SE-DS-2015 recomienda diferentes valores “R” dependiendo del tipo de configuración.

Coeficientes de irregularidad

Los coeficientes de irregularidad castigan a la estructura dependiendo de la configuración arquitectónica en plantas y elevaciones, de tal manera que incrementa las fuerzas sísmicas y aseguran que la edificación brinda la mayor resistencia posible, cuando se tenga la presencia de movimientos telúricos. Entre ellos se tiene el coeficiente de irregularidad de plantas y elevaciones, para esta edificación se determinó que el primero factor es de 0.9 y el segundo 1.

Tabla 3.9. Parámetros para el espectro inelástico de la edificación tipo (Autores)

DATOS PARA ESPECTRO INELÁSTICO	
Coeficiente de importancia I	1
Factor de modificación de respuesta R	6
Irregularidad en planta ϕ_{pi}	0.9
Irregularidad en elevación ϕ_{ei}	1

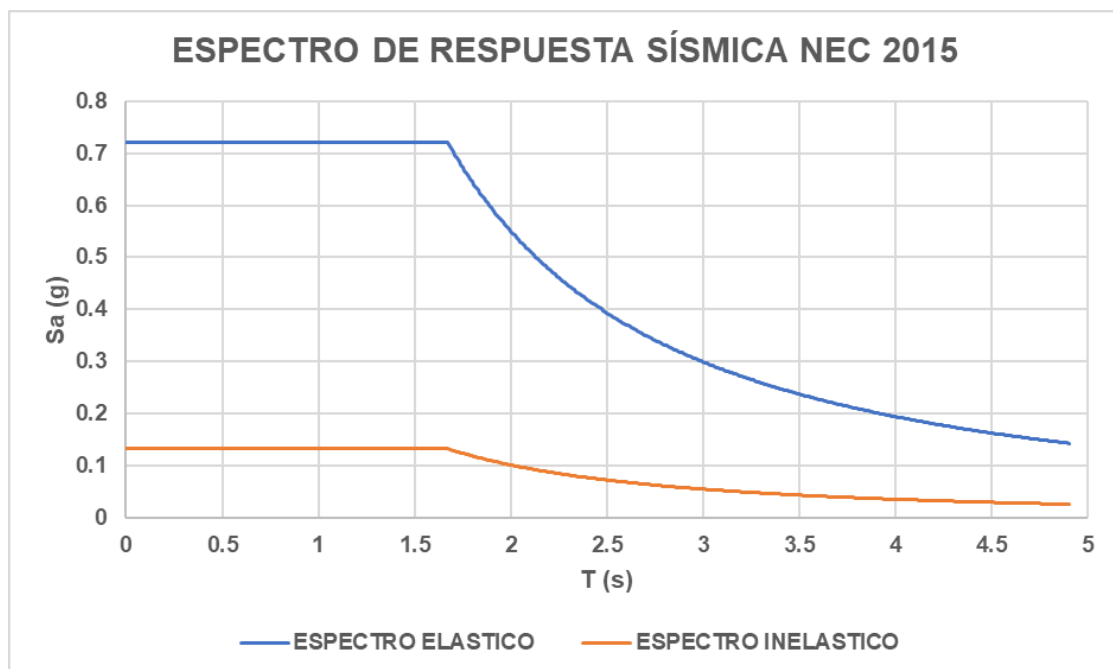


Ilustración 3.22. Espectro de respuesta para edificación tipo (Autores)

3.3.2 FEMA 440 “Equivalent Linearization” y punto de desempeño de la Edificación Tipo (uso residencial)

En las Ilustraciones 3.23 y 3.24 se observan las gráficas “Equivalent Linearization” resultantes para la edificación tipo, aquella que mantiene un uso netamente residencial. Además, se detalla el punto de desempeño en cada curva, el cual fue obtenido mediante un software de ingeniería. Una vez conociendo la ubicación de este punto, se determina dentro de cual nivel de desempeño se encuentra.

A continuación, se muestra la gráfica “Equivalent Linearization” de la edificación tipo para el Eje X.

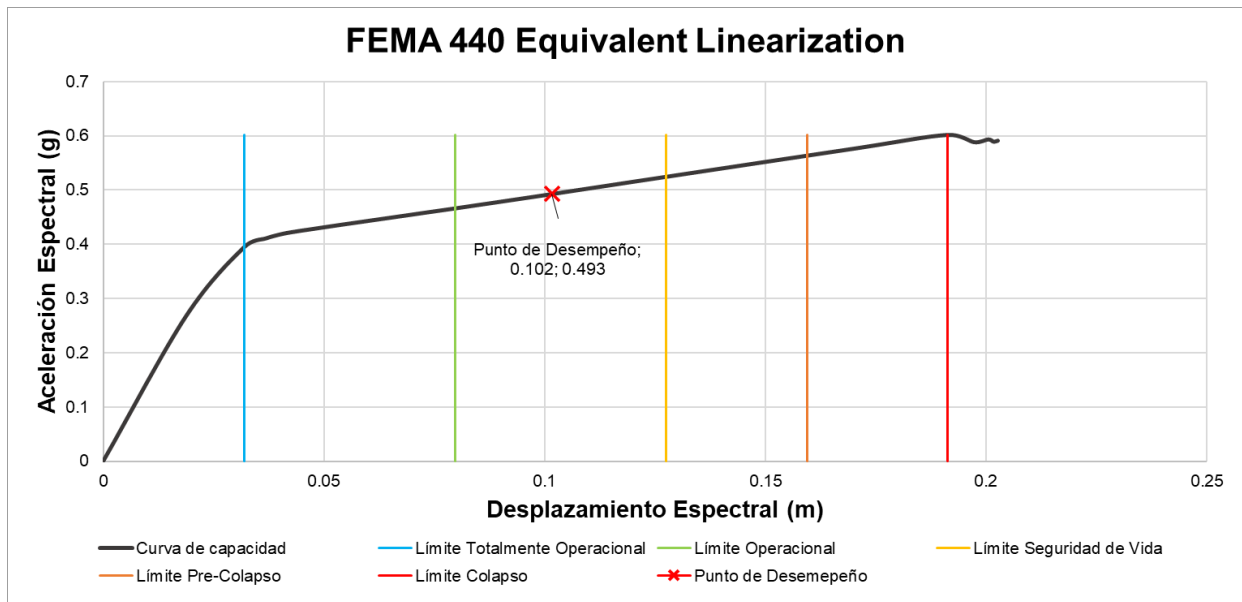


Ilustración 3.23. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization ET. Eje X (Autores)

A continuación, se muestra la gráfica “Equivalent Linearization” de la edificación tipo para el Eje Y.

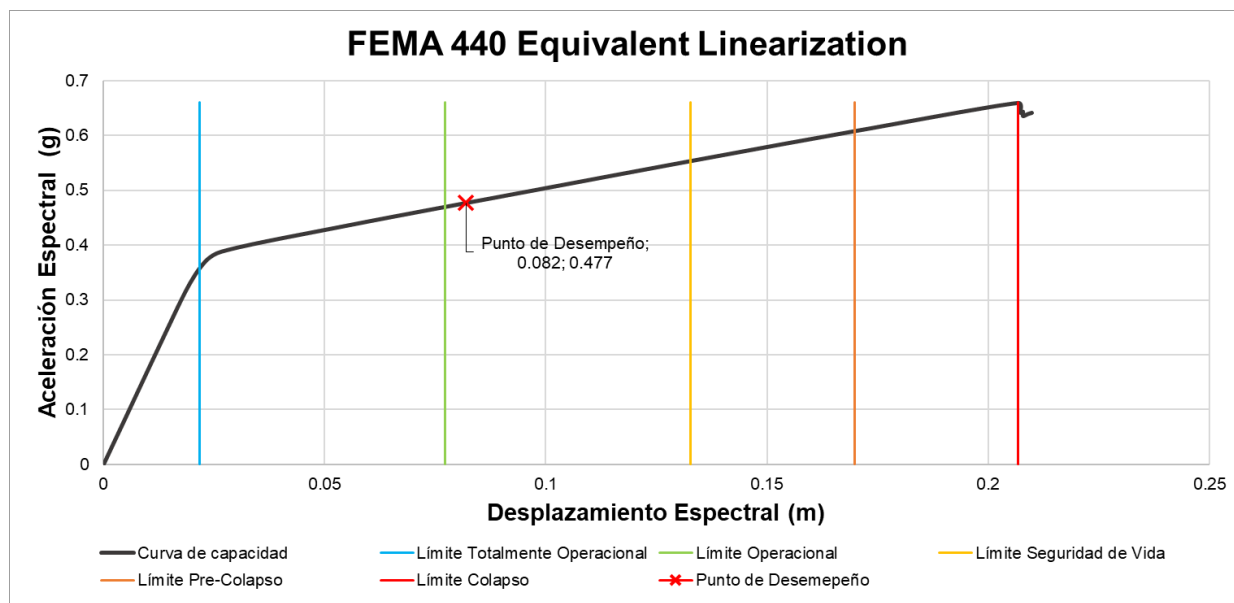


Ilustración 3.24. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization ET. Eje Y (Autores)

Tabla 3.10. Resultados de la curva de desempeño de la edificación residencial (Autores)

	Configuraciones de uso	Peso sísmico (ton)	Eje X		Eje Y	
			Rango dúctil	Nivel de desempeño	Rango dúctil	Nivel de desempeño
ET	Residencia - Residencia - Residencia - Residencia	1296.03	0.159	Seguridad de vida	0.185	Seguridad de vida

Es importante mencionar que, estas gráficas y resultados obtenidos se tomarán como base para determinar el comportamiento de la edificación producto de la variabilidad de cargas, lo cual se mostrará más adelante.

3.3.3 Cargas gravitacionales producto de las configuraciones de uso de la Edificación Tipo

Para hacer énfasis en la problemática de este proyecto, se deberá determinar el punto de desempeño que tiene la edificación tipo al momento de someterse a la variabilidad de las cargas gravitacionales.

Como bien es cierto, para lograr un correcto análisis no lineal, se necesita definir la carga muerta actuante de la edificación, la cual irá variando acorde al tipo de uso que se le dé. La carga viva también dependerá del tipo de uso.

Como bien se podrá observar a continuación, la diferencia en sobrecarga muerta se basa más que todo en el peso de la mampostería existente, donde se puede destacar que, una planta de uso residencial presenta mayor carga que una de uso comercial debido a la cantidad de mampostería con la que cuenta.

3.3.3.1 Sobrecarga muerta por tipo de planta

Tabla 3.11. Sobrecarga muerta del tipo de uso residencial (Autores)

Sobrecarga muerta planta residencial		
Baldosa de cerámica	22,00	Kg/m2
Cielorraso de yeso	20,00	Kg/m2
Mampostería exterior	122,87	Kg/m2
Mampostería interior	182,51	Kg/m2
Instalaciones (eléctricas, sanitarias, voz y datos)	20,00	Kg/m2
	367,38	Kg/m2

Tabla 3.12. Sobrecarga muerta del tipo de uso oficina (Autores)

Sobrecarga muerta planta oficina		
Baldosa de cerámica	22,00	Kg/m2
Cielorraso de yeso	20,00	Kg/m2
Mampostería exterior	122,87	Kg/m2
Mampostería interior	129,88	Kg/m2
Instalaciones (eléctricas, sanitarias, voz y datos)	20,00	Kg/m2
	314,75	Kg/m2

Tabla 3.13. Sobrecarga muerta del tipo de uso comercial (Autores)

Sobrecarga muerta planta comercial		
Baldosa de cerámica	22,00	Kg/m2
Cielorraso de yeso	20,00	Kg/m2
Mampostería exterior	122,87	Kg/m2
Mampostería interior	92,24	Kg/m2
Instalaciones (eléctricas, sanitarias, voz y datos)	20,00	Kg/m2
	277,11	Kg/m2

Tabla 3.14. Sobrecarga muerta del tipo de uso bodega (Autores)

Sobrecarga muerta planta bodega		
Baldosa de cerámica	22,00	Kg/m2
Cielorraso de yeso	20,00	Kg/m2
Mampostería exterior	122,87	Kg/m2
Mampostería interior	71,54	Kg/m2
Instalaciones (eléctricas, sanitarias, voz y datos)	20,00	Kg/m2
	256,42	Kg/m2

3.3.3.2 Carga viva (NEC-2015)

Para realizar un correcto análisis, es importante establecer las cargas a las cuales se va a someter la estructura debido al cambio de uso que presentan, para esto, se hace uso de lo establecido mediante la Tabla 9 del Capítulo 4 de la NEC-SE-CG-2015, en la cual se detallan los valores para la carga viva actuante de una planta, según el tipo de uso que se encuentra destinada.

- *Residenciales* = $200 \frac{kg}{m^2}$
- *Oficinas* = $240 \frac{kg}{m^2}$
- *Comerciales planta baja* = $480 \frac{kg}{m^2}$
- *Comerciales planta alta* = $360 \frac{kg}{m^2}$
- *Bodegas livianas* = $600 \frac{kg}{m^2}$

3.3.4 Punto de desempeño obtenido producto de las distintas configuraciones de uso

Después de obtener la información sobre la carga muerta total de la edificación producto de la variabilidad de cargas, nuevamente se procede implementar el método FEMA 440, con el objetivo de determinar el punto de desempeño para cada una de las configuraciones de cargas consideradas en este estudio que, a su vez, dependiendo del nivel de desempeño en el cual este punto se encuentre, dará paso para concluir acerca del comportamiento sísmico de la edificación.

En las Ilustraciones 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29 y 3.30, se muestran las distintas gráficas del punto de desempeño para las 3 configuraciones de carga con sus respectivos Ejes X y Y.

- **Configuración 1 (C1): Comercio – Oficina – Residencia – Residencia**

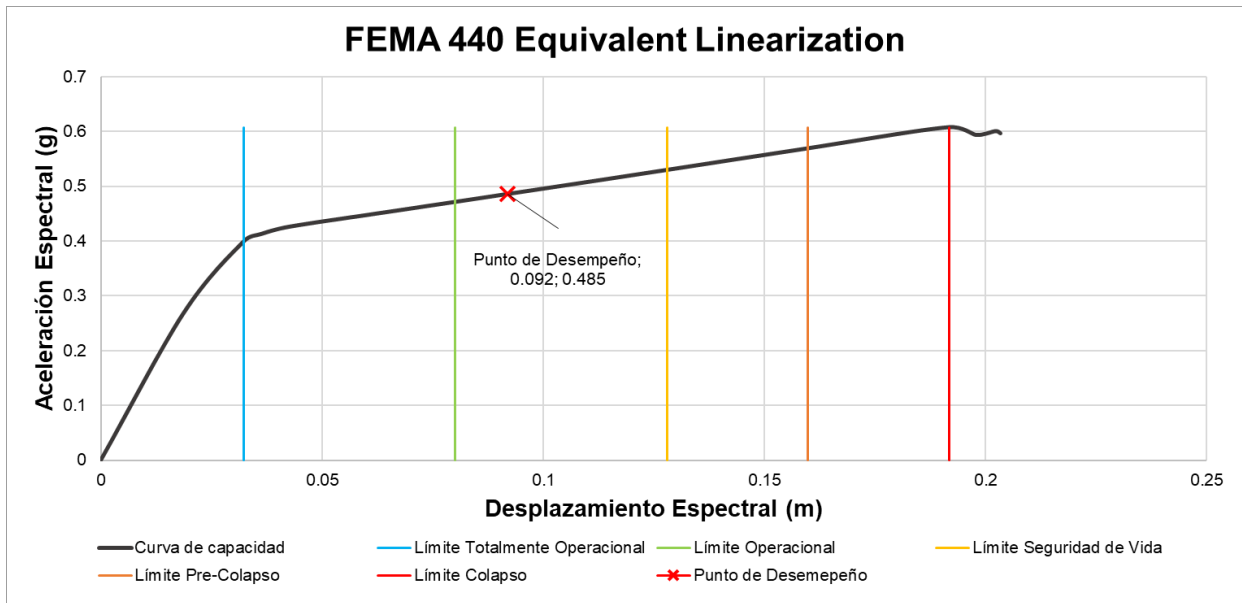


Ilustración 3.25. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C1. Eje X (Autores)

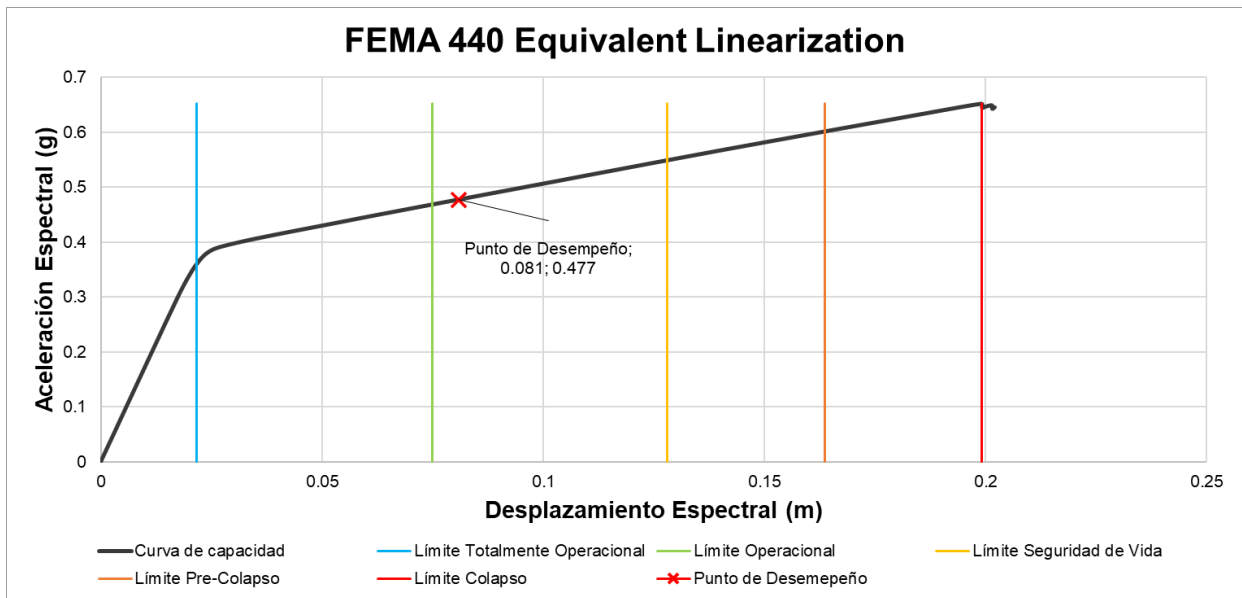


Ilustración 3.26. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C1. Eje Y (Autores)

- **Configuración 2 (C2): Comercio – Oficina – Oficina – Residencia**

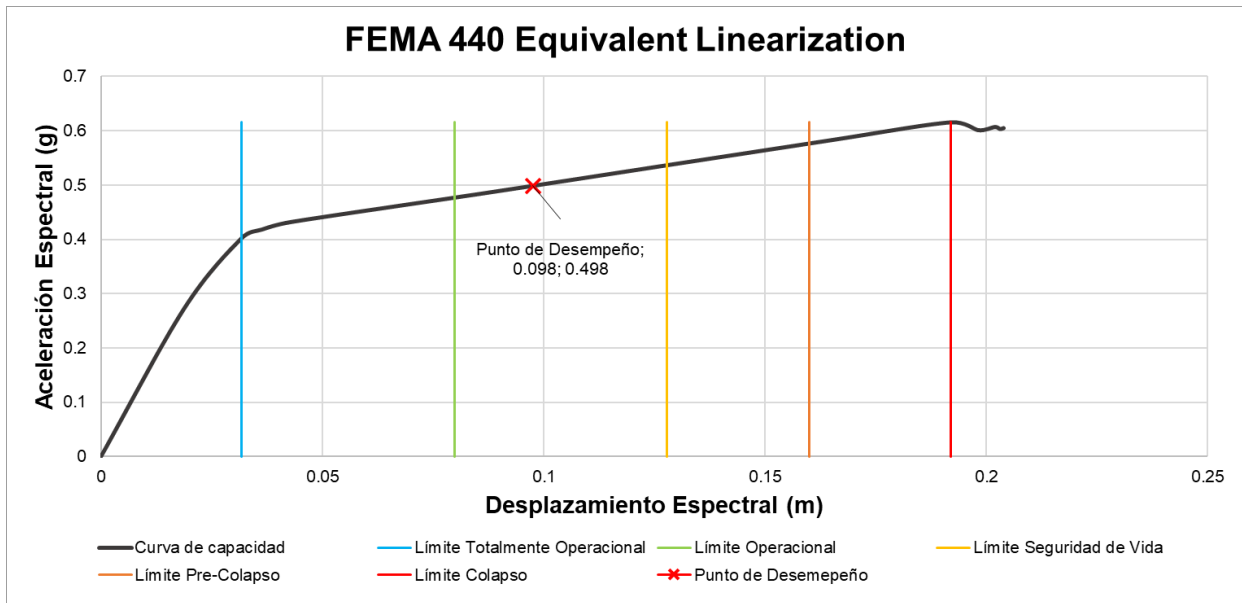


Ilustración 3.27. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C2. Eje X (Autores)

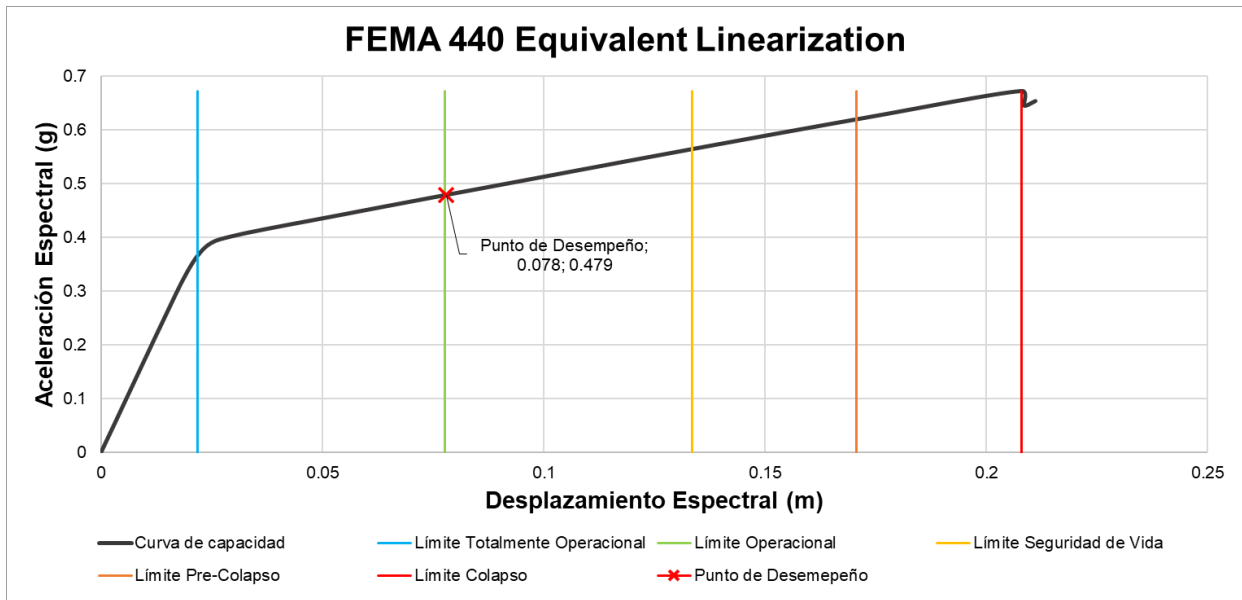


Ilustración 3.28. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C2. Eje Y (Autores)

- **Configuración 3 (C3): Comercio – Comercio – Bodega – Residencia**

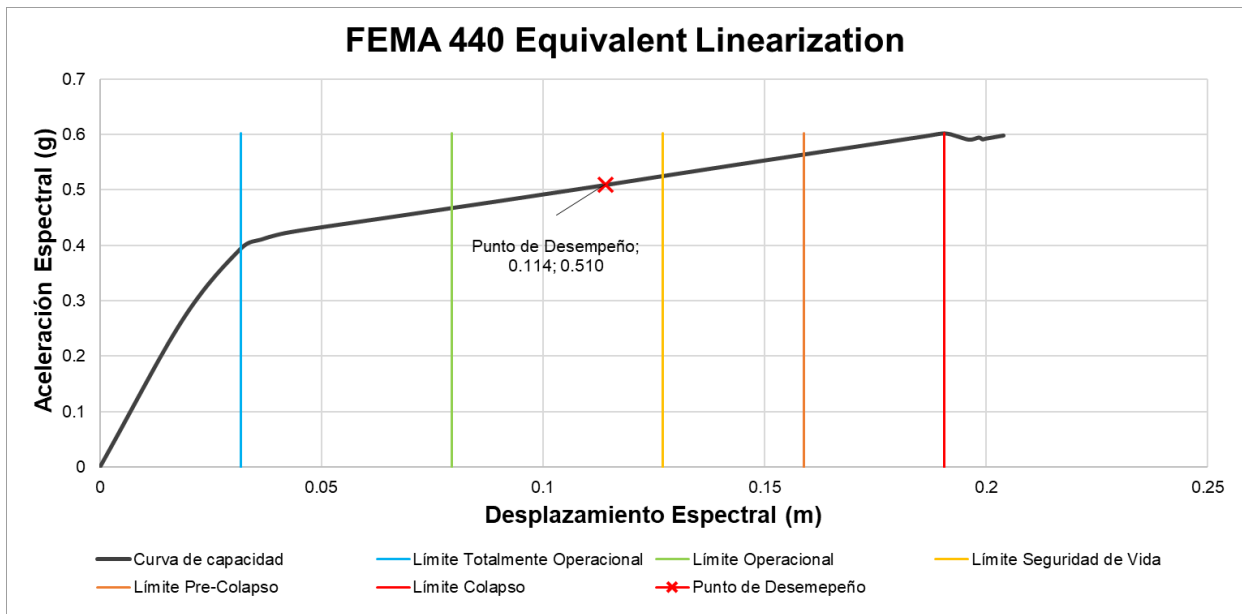


Ilustración 3.29. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C3. Eje X (Autores)

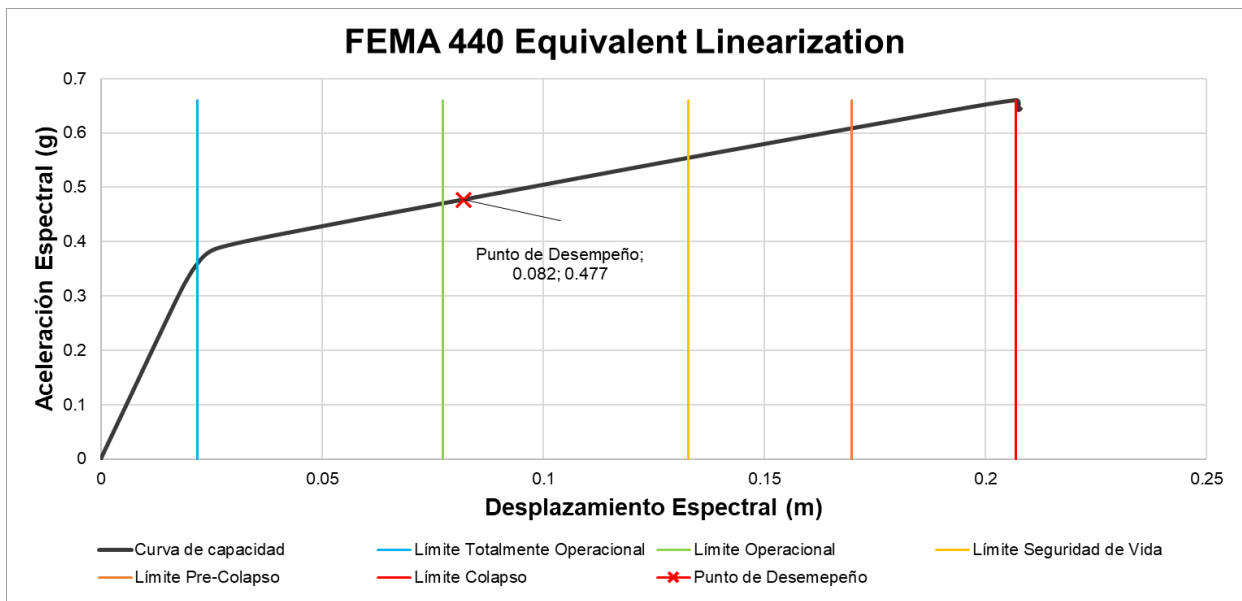


Ilustración 3.30. Punto de desempeño obtenido con el método FEMA 440 Equivalent Linearization C3. Eje Y (Autores)

3.4 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos por medio del análisis estático no lineal para las distintas configuraciones de uso se presentan mediante la Tabla 3.15, la cual puede ser observada a continuación:

Tabla 3.15. Resultados de los niveles de desempeño para cada configuración de uso (Autores)

	Configuraciones de uso	Peso sísmico (ton)	EJE X		EJE Y	
			Rango dúctil	Nivel de desempeño	Rango dúctil	Nivel de desempeño
ET	Residencia - Residencia - Residencia - Residencia	1296.03	0.159	Seguridad de vida	0.185	Seguridad de vida
C1	Comercio - Oficina - Residencia - Residencia	1279.66	0.159	Seguridad de vida	0.185	Seguridad de vida
C2	Comercio - Oficina - Oficina - Residencia	1263.29	0.160	Seguridad de vida	0.186	Seguridad de vida
C3	Comercio - Comercio - Bodega - Residencia	1280.09	0.158	Seguridad de vida	0.184	Seguridad de vida

Finalmente, habiendo analizado los resultados, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Para este proyecto se evidenció que, la variabilidad de cargas gravitacionales no genera mayor impacto en el desempeño sísmico de la edificación.
- Por medio de las curvas “Pushover” (ver sección Anexo 3), se puede observar que la edificación cuenta con gran ductilidad y a su vez gran rigidez.
- Mediante las gráficas “Equivalent Linearization”, se determinó que, todas las configuraciones de uso presentan un nivel de desempeño dentro del rango “Seguridad de vida”, indicando que, ante un sismo, la estructura presentará daños moderados, generando cierta pérdida de resistencia y rigidez, pero no el colapso de esta.

- La (NEC, 2015) hace referencia que, para salvaguardar la vida de los ocupantes ante un evento sísmico de 475 años de periodo de retorno, las edificaciones no deberán sobrepasar el límite “Seguridad de vida”, el cual corresponde al valor mínimo aprobado en términos de desempeño sísmico. Es por esta razón que, se puede concluir que la edificación tipo ante la variabilidad de cargas gravitacionales se encuentra dentro del rango permisible de desempeño sísmico, según lo estipulado en la normativa local vigente.
- El rango dúctil para la configuración C3 es menor, mientras que, para el caso de la configuración C1 es mayor.
- En lo que respecta al Eje Y, se puede observar que la variación de la ubicación del punto de desempeño ante la variabilidad de cargas es casi nula, debido a la cantidad de pórticos con los que cuenta, además de su gran rigidez.
- Se puede observar que, el Eje X, al contar con una menor cantidad de pórticos, su desempeño presenta variación debido a las distintas configuraciones de uso.
- Las configuraciones C1 y C2, tienden a contar con mejor nivel de desempeño, tomando como referencia y punto de partida a la configuración ET.
- Es importante entender que, como se partió desde la hipótesis que la edificación tipo, la cual se estima fue construida por los años 80’s, fue diseñada bajo el estricto uso del CEC-1979, toda pequeña variación “negativa” en cuanto a la ubicación del punto de desempeño, es de carácter importante, pues no se puede asegurar con certeza que este punto siga manteniéndose dentro del rango de “Seguridad de vida”.

- Por medio de este estudio, se demostró que, C3 corresponde a la única configuración de carga con tendencia hacia un nivel de desempeño de “Pre-Colapso”, a su vez, esta obtiene un menor rango de ductilidad. Es por esta razón que, los autores determinan a esta como la mejor alternativa para una propuesta constructiva desde un punto de vista técnico-sismorresistente, dando a conocer la importancia del diseño de estructuras multifuncionales.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo General

Evaluar el impacto ambiental asociado al diseño y construcción de una edificación proyectada para uso multifuncional, elaborando un EIA, para la determinación de la cantidad adicional de CO₂ que provocaría la construcción de una edificación de este tipo, contra aquella que sea diseñada para uso único.

4.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la huella de carbono producida por cada alternativa de construcción, con la finalidad de reflejar los diferentes resultados de aportación al efecto invernadero.
- Identificar la diferencia en kilogramos de hormigón y acero necesarios para una edificación de uso multifuncional contra una que no lo sea.
- Investigar nuevas técnicas constructivas para la mitigación y/o prevención del uso de materiales convencionales de construcción.

4.2 Descripción del proyecto

Por medio de los capítulos anteriores, los autores han identificado que existe una configuración de cargas gravitacionales la cual provoca un menor desempeño sísmico en la estructura, razón por lo cual, este capítulo pretende determinar la factibilidad de la implementación de construcciones proyectadas a cambios de uso en el futuro.

Al querer diseñar una edificación proyectada para uso multifuncional, implicaría la consideración de cargas gravitacionales mayores, lo cual termina en la necesidad de contar con secciones de mayor índole en los elementos estructurales, esto con el fin lograr que la capacidad de los elementos sea mayor

a los esfuerzos actuantes. Por otro lado, contar con elementos más robustos, significa la aplicación de mayor cantidad de materiales de construcción, para este caso se hace referencia al hormigón, así como también de acero de refuerzo.

Cada kilogramo de hormigón, al igual que cada kilogramo de acero de refuerzo, están asociados a la generación de un mayor impacto ambiental. Entre estos se encuentran: emisiones de CO₂, consumo de agua, alta producción de calor y energía, ruido, material particulado, entre otros.

4.3 Identificación de impactos ambientales

Si bien es cierto, existe una variedad de impactos ambientales provocados por el uso del hormigón y el acero de refuerzo, sin embargo, este apartado se direccionará únicamente a la identificación del impacto ambiental provocado debido a las altas emisiones de CO₂.

Se procederá a identificar el impacto ambiental producto de estos materiales de construcción desde una etapa inicial de fabricación hasta el abandono de estos.

4.3.1 Hormigón

4.3.1.1 Etapa de fabricación, transporte y construcción

(Navas, 2015) menciona que, para la etapa de elaboración del hormigón, se necesita de gran cantidad de materiales agregados, así como también de agua y cemento, además de casos especiales, en donde se requiere la aplicación de aditivos directo a la mezcla. El impacto ambiental de este material inicia desde una etapa temprana, haciendo referencia a la producción de la materia prima de este, la cual requiere de gran cantidad de energía y deja como resultado un elevado porcentaje de material particulado, afectando así la calidad del aire.

Por otro lado, se debe de considerar que, como en la mayoría de los casos se requiere de hormigón fundido in situ, este solicitará el uso de encofrados, así como también de un medio de transporte para su movilización, sumando de esta manera a la producción de CO₂, ruido, entre otros factores que impactan contra el medio ambiente y la salud de los seres vivos.



Ilustración 4.1. Extracción de materia prima (Flores A, 2014)

4.3.1.2 Etapa de uso de la estructura

Con el pasar de los años las construcciones de hormigón han evidenciado su gran resistencia y durabilidad hacia los agentes externos como el clima y el fuego. Lo antes dicho se debe a las propiedades que contiene el hormigón después de su fraguado, lo que permite contar con diseños más sustentables.

Como ejemplo se tiene a las construcciones de paredes de concreto que no están sujetas a cambios de temperatura considerables, lo que genera un ahorro de más del 25% en el uso de calefacción. (Navas, 2015)



Ilustración 4.2. Proyección de hormigón en paredes (Ochoa, 2014)

4.3.1.3 Etapa de abandono

Usualmente, el hormigón en su etapa de abandono termina generando residuos sólidos ya que no es considerado un material reutilizable. Esto provoca que el material termine formando parte de escombreras y/o rellenos de terreno. (Brunatti & Souza, 2011)



Ilustración 4.3. Demolición de pavimento rígido (Valdés, 2011)

4.3.2 Acero de refuerzo

4.3.2.1 Etapa de fabricación, transporte y construcción

El acero de refuerzo en su etapa de fabricación produce un grado significativo de impacto ambiental, esto se debe por la extracción de materias primas que se requieren para su producción como el hierro y carbono, además de los diferentes recursos energéticos que se emplean, es el caso de los hornos industriales los cuales son reactores térmicos que trabajan a más de 1200 °C. (Águila, 2018)

Según (Robles et al., 2014), la fabricación de cada tonelada de acero de refuerzo está generando 145kg de escoria, provocando una contaminación de 150000 litros de aguas residuales y aproximadamente tres toneladas de CO₂ con otros tipos de gases que aumentan la huella de carbono.



**Ilustración 4.4. Fabricación de acero de refuerzo con altos hornos
(POSSEHL, 2020)**

4.3.2.2 Etapa de uso de la estructura

Es cierto que, el acero de refuerzo se encuentra “ahogado” dentro de las estructuras de hormigón, sin embargo, es este quien le brinda al elemento altas propiedades resistentes, brindando la seguridad en las infraestructuras y a su vez, la reducción del peso de estas.

Si no llegase a existir la presencia del acero de refuerzo dentro de los elementos de hormigón, se necesitaría de secciones más robustas, requiriendo consigo la necesidad de mayor contenido de hormigón y los materiales quienes lo componen. (Vásquez Granados, 2016)



**Ilustración 4.5. Secciones de viga hormigón armado en grandes luces
(Nvent, 2020)**

4.3.2.3 Etapa de abandono

Como punto a favor, se tiene que el acero corresponde a un material altamente reciclable. (Helena Gervásio, 2014) menciona que, al momento de chatarrizar este material y llevar a cabo el proceso de producción de un nuevo acero, se tiene un contenido del 25% al 35% más puro, debido al contenido del reciclaje. Por otro lado, el consumo energético producto del reciclaje es mucho menor a procedimientos de fabricación tradicionales, ya que estos requieren de altos hornos.



**Ilustración 4.6. Reciclaje del acero antes de su fabricación
(Siderurgica Sevillana S.A, 2021)**

4.4 Descripción de alternativas constructivas

Como es de conocimiento, una edificación la cual sea diseñada bajo mayor aplicación de cargas deja como resultado elementos estructurales de mayor sección transversal en comparación a aquella que no se diseñe bajo esa ideología.

Para dar cumplimiento con el objetivo general de este capítulo, se tomará como referencia los diseños de dos edificaciones (uso único y uso multifuncional) realizados por parte de los autores, quienes se basaron en los parámetros estipulados en la NEC-2015. Los resultados de este diseño pueden ser observados a detalle mediante la sección Anexo 4.

La primera alternativa trata de una edificación sometida bajo cargas gravitacionales considerando que el uso que se le dará a la estructura es de únicamente tipo residencial. Por otro lado, la segunda alternativa consiste en una edificación en la cual se considera que, al encontrarse ubicada en una zona de alto índice de desarrollo comercial/poblacional, existe la posibilidad de que esta

llegase a cambiar su tipo de uso, para esto, se tomará como referencia la configuración de cargas recomendada por los autores en el Capítulo 3. Cabe destacar que, mediante el desarrollo de este proyecto integrador, los autores demostraron que la configuración “C3” es aquella que cuenta con una tendencia de direccionar al punto de desempeño dentro del nivel de desempeño Pre-Colapso.

Mediante el apartado de análisis de resultados se dará a conocer las cantidades de hormigón y acero de refuerzo obtenidos para cada alternativa.

4.5 Análisis de resultados y valoración de impacto

Por medio de la Tabla 4.1. se pueden observar los resultados obtenidos de la diferencia que existe en el uso de materiales de construcción tales como el hormigón, así como el acero de refuerzo para los dos tipos de alternativas de construcción que se analizan en este Capítulo. Cabe destacar que, los valores considerados de (KgCO₂) / (Kg de material correspondiente), son en base a un estudio de impacto ambiental realizado por (Águila, 2018).

Tabla 4.1. Impacto ambiental producto de emisiones de CO₂ (Autores)

Impacto Ambiental en Emisiones de CO ₂							
Material	Unidad	Edificación Multifuncional (E1)	Edificación Uso único (E2)	Diferencia (E1-E2)	KgCO ₂ /Kg de material	Kg-CO ₂	Ton-CO ₂
Hormigón	Kg	883311*	858578*	24733	0,12	2968	2,97
Acero de refuerzo	Kg	55981*	54414*	1567	3,00	4701	4,70
						Total	7,67

* Valores obtenidos mediante software de modelado 3D.

Analizando los resultados, resalta el hecho que, construir una edificación la cual sea proyectada para uso multifuncional, dejaría consigo un adicional de aproximadamente 7,67 toneladas de CO₂. Si bien es cierto, existe un mayor impacto ambiental asociado, sin embargo, hay que tomar en consideración otros parámetros, los cuales serán comentados a detalle en la sección de Conclusiones de este Capítulo.

4.6 Medidas de prevención / mitigación

El impacto provocado por materiales de construcción tales como el hormigón y el acero de refuerzo son inevitables, sin embargo, hoy en día se siguen realizando estudios los cuales buscan el mejor sustituto amigable con el medio ambiente, para llegar a la reducción o incluso la eliminación total del uso de estos materiales, a lo antes dicho se lo conoce como medidas de prevención/mitigación y serán explicadas a continuación:

(Águila, 2018) menciona que, el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (Venezuela) en la búsqueda de contribuir con la disminución del uso de los materiales convencionales en la construcción, ha definido tres distintas estrategias, entre ellas:

4.6.1 Reducción del uso de hormigón por metro cuadrado de construcción

En la actualidad, no existe un sustituto directo del hormigón, por lo cual no se puede prescindir de este. Sin embargo, se podría llegar a una racionalización de este material, aprovechando de mejor manera sus propiedades y potenciales.

(Águila, 2003) propone la implementación del sistema constructivo “VIVACO”, aquel que consiste en la fabricación y montaje de elementos prefabricados, los cuales se encuentran constituidos por hormigón, agregados finos y aligeradores compuestos de bloques de poliestireno expandido. Este sistema pretende simular la metodología constructiva de mampostería portante, llegando al confinamiento de sus elementos por medio de barras de acero, pero a diferencia del sistema anteriormente mencionado, este necesita de varillas de menor diámetro.



Ilustración 4.7. Paneles del sistema VICOCA (Águila, 2003)

4.6.2 Reducción del uso de cemento por metro cúbico de hormigón

Dentro del hormigón, el cemento es el material que provoca el mayor impacto ambiental debido a la cantidad de energía que se requiere en la etapa de fabricación/extracción de su materia prima, aportando significativamente el efecto invernadero.

Estudios por parte del (IDEC, 2002), han demostrado que la alternativa más viable que se explora en la actualidad para disminuir el uso del cemento es la aplicación de puzolánicas, aquellas que normalmente suelen ser residuos de otras producciones, como por ejemplo: la cascarilla de arroz, el bagazo de la caña e incluso la hoja de maíz. (Águila, 2001) afirma que, la aplicación de estas puzolánicas logra reemplazar hasta un 25% de cemento, sin afectar las propiedades de este.



Ilustración 4.8. Material puzolánico, cascarilla de arroz (IDEC, 2002)

4.6.3 Suplencia del acero de refuerzo por materiales no metálicos

(Centeno et al., 2012) afirman que, al igual que el cemento, el acero de refuerzo produce un impacto negativo sobre el medioambiente, esto debido a la cantidad de calor necesario y producido al momento de la fundición de este material. Razón por la cual, estos autores han realizado investigaciones acerca de la existencia de nuevos materiales, los cuales sean capaces de otorgarle al hormigón la misma eficacia o incluso mayor de la cual le brinda el acero.

De aquí la idea de la implementación de fibras de sisal, el cual consiste en un material vegetal de carácter renovable muy resistente a los esfuerzos de tracción a los que se vaya a someter el elemento compuesto.



Ilustración 4.9. Ensayo a flexión de probeta de hormigón reforzada con fibras de Sisal, (Centeno et al., 2012)

4.7 Conclusiones

Todos los materiales de construcción generan un impacto considerable en el medio ambiente. No obstante, hoy en día existen una variedad de alternativas viables para lograr la disminución del uso de estos, ayudando así a la sostenibilidad del planeta tierra. Al implementar estas soluciones, los autores de este proyecto integrador consideran que se estará actuando a favor del Objetivo #9 de Desarrollo Sostenible (Industria, Innovación e Infraestructura).

Complementando los resultados obtenidos mediante la Tabla 4.1, se logró determinar que, aquellas edificaciones las cuales sean proyectadas para usos multifuncionales efectivamente generan mayores emisiones de CO₂ a diferencia de aquellas edificaciones destinadas a uso único. Sin embargo, se debería tomar en consideración que, a pesar de producir un adicional de 7,67 toneladas de CO₂, este valor representa aproximadamente un 3% de las emisiones de CO₂ totales de la edificación, volviéndose “imperceptible” al momento de hablar de

construcciones que sean capaces de salvaguardar vidas humanas ante la presencia de un movimiento telúrico. Por contraparte, construir bajo esta metodología cuenta con beneficios a largo plazo con el medio ambiente, uno de ellos es que, al tener edificaciones que obtengan un correcto desempeño sísmico, se estaría asegurando que estas no llegarían a necesitar de futuros reforzamientos o peor aún, el abandono o derrumbe de esta debido a la falla de sus elementos estructurales.

Al considerar una edificación destinada a someterse a variabilidad de cargas gravitacionales, se estaría tomando en cuenta algunos factores que podrían generar valor funcional al inmueble, de los cuales se podría sacar provecho a lo largo de toda su vida funcional, entre estos se encuentran: disponibilidad de soportar distintas configuraciones de cargas, generación de ingresos producto de los servicios de arrendamiento que esta podría brindar, generación de empleos en las plantas de comercio y oficinas, etc.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

Habiendo determinado la importancia de contar con edificaciones de uso multifuncional, se procede a detallar un ejemplo del presupuesto referencial de la superestructura correspondiente a la edificación escogida mediante el Capítulo 4.



**Ilustración 5.1. Composición estructural de la obra gris de la superestructura
(Autores)**

5.1 Estructura de desglose de trabajo (EDT)

En este apartado se muestra el desglose de trabajo para el presente proyecto integrador, el cual se ha distribuido en 4 etapas, las cuales se detallan a continuación:

- **Planificación:** Recopilación de información preliminar, la cual se obtuvo mediante una visita en campo y posteriormente un estudio estadístico para determinar la edificación más representativa de la zona.
- **Relevamiento estructural:** Determinación de dimensiones y composición estructural de la edificación tipo, basándose en los criterios de diseño estipulados mediante el CEC-1979.
- **Modelado 3D y análisis estructural:** Modelado estructural 3D de la edificación tipo mediante un software de ingeniería estructural, por medio del cual se logrará identificar el nivel de desempeño para cada configuración producto de la variabilidad de las cargas gravitacionales.
- **Entregables:** Documentación final y borrador de artículo científico.

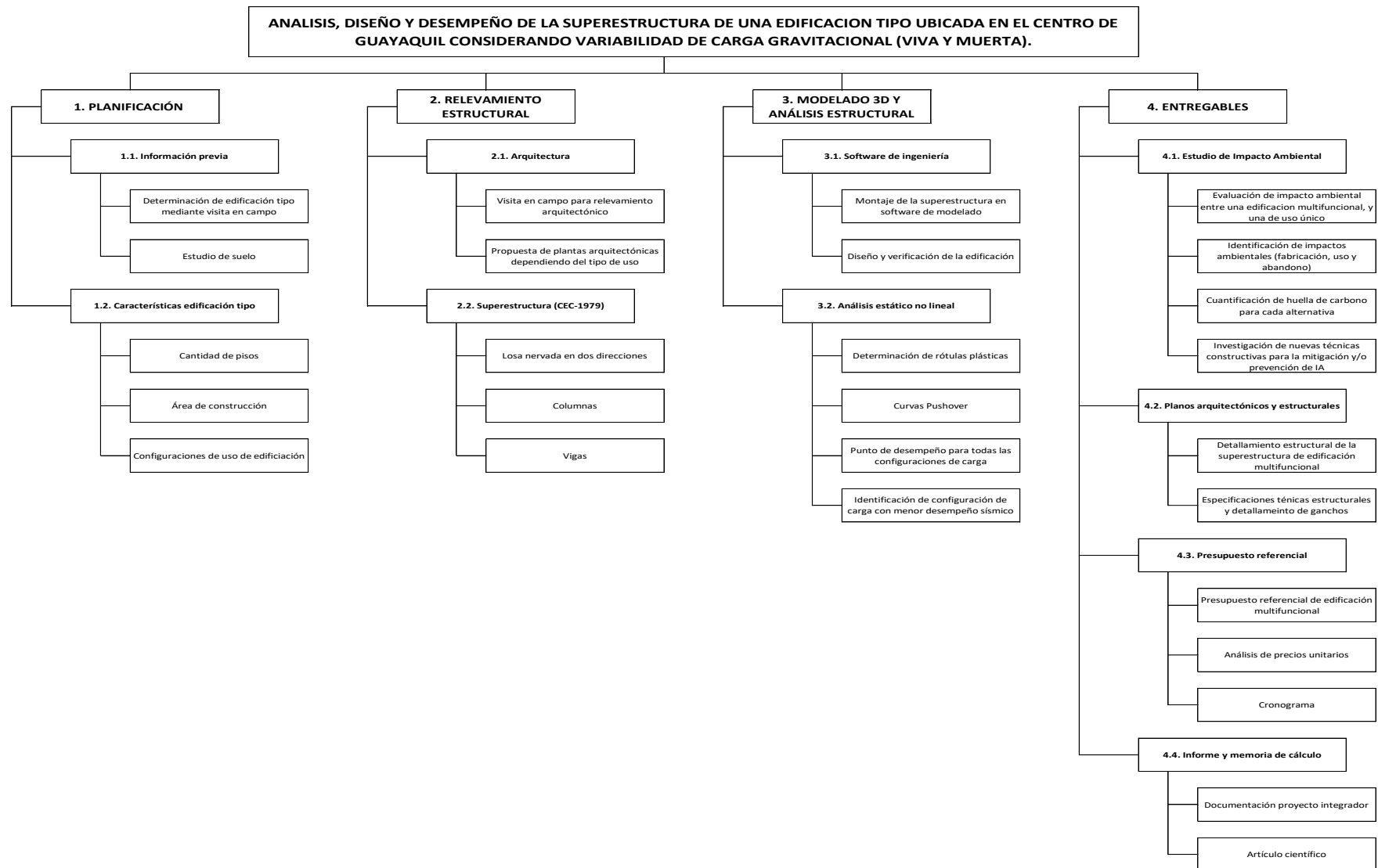


Ilustración 5.2. Estructura de desglose de trabajo (Autores)

5.2 Descripción de rubros

En esta sección se detallará los rubros que se consideraron para la edificación multifuncional. Estos corresponden únicamente a la obra gris de la superestructura.

El presupuesto de la edificación se categorizó en tres secciones: hormigones, acero y mampostería, como se muestra a continuación:

- Hormigones
 - Contrapiso de hormigón simple $f'c=210$ kg/cm²; $e=10$ cm (inc. malla electrosoldada $\varnothing 5.5$ mm, 15x15).
 - Hormigón estructural premezclado para columnas $f'c=280$ kg/cm².
 - Hormigón estructural premezclado para vigas $f'c=280$ kg/cm².
 - Hormigón estructural premezclado para nervios $f'c=280$ kg/cm².
 - Losa de compresión $f'c=280$ kg/cm²; $e=5$ cm. (inc. malla electrosoldada $\varnothing 5.5$ mm, 15x15).
 - Cajoneta de losa.

- Acero
 - Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm².

- Mampostería
 - Mampostería exterior con bloque p9 (0.14 x 0.19 x 0.39 m).
 - Mampostería interior con bloque pl9 (0.09 x 0.19 x 0.39 m).
 - Enlucido exterior (inc. filos).
 - Enlucido interior (inc. filos).

5.3 Análisis de precios unitarios

Para los rubros presentados en la sección 5.2, se realizó un análisis de precios unitarios (APUS), en el cual se procedió a desglosar cada actividad mediante el siguiente formato: equipos, mano de obra, materiales y transporte (en caso de ameritarlo).

Los precios que se contemplaron para las categorías de equipos y materiales fueron obtenidos mediante el catálogo de la cámara de construcción de Guayaquil del año 2022. De la misma manera, para los precios correspondientes al jornal por hora de la mano de obra, se hizo uso de la Tabla de Salarios del año 2022 de la Contraloría General del Estado, donde indica que la remuneración se categoriza por el tipo de ocupación.

En la sección de Anexo 5 se detalla el análisis de precios unitarios para cada rubro considerado en este estudio.

5.4 Descripción de cantidades de obra

En el apartado de planos se adjunta las cantidades de obra para los rubros de hormigones y acero.

5.5 Presupuesto referencial de la superestructura

Mediante la Tabla 5.1, se puede observar a detalle cómo se ha dividido en tres secciones al presupuesto (hormigones, acero y mampostería), esto con la finalidad de especificar por categorías los rubros existentes. Además, en él se muestran las cantidades de obra con sus respectivas unidades, precios unitarios, así como también el precio total para cada categoría.

Por último, se decide mostrar el precio por metro cuadrado correspondiente a la obra gris de la superestructura de estudio.

Tabla 5.1. Presupuesto referencial de la superestructura de edificación multifuncional (Autores)

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	HORMIGONES				\$138 714.93
EST-001	CONTRAPISO DE HORMIGÓN SIMPLE F'C=210 Kg/cm ² ; e=10cm (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)	m ²	364	\$ 37.25	\$ 13 559.00
EST-002	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA COLUMNAS f'c=280 Kg/cm ²	m ³	86.80	\$276.55	\$ 24 004.54
EST-003	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA VIGAS f'c=280 Kg/cm ²	m ³	92.61	\$289.20	\$26 782.81
EST-004	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA NERVIOS f'c=280 Kg/cm ²	m ³	66.41	\$282.85	\$18 782.65
EST-005	LOSA DE COMPRESION f'c=280 kg/cm ² ; e=5 cm. (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)	m ²	1257.60	\$27.70	\$34 835.52
EST-006	CAJONETA DE LOSA	m ²	1257.60	\$16.50	\$20 750.40
2	ACERO				\$134 354.54
EST-007	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 Kg/cm ²	Kg	55981.06	\$ 2.40	\$ 134 354.54
3	MAMPOSTERIA				\$ 62 867.20
EST-008	MAMPOSTERÍA EXTERIOR CON BLOQUE P9 (0.14 x 0.19 x 0.39 m)	m ²	1025	\$ 18.60	\$ 19 065.00
EST-009	MAMPOSTERÍA INTERIOR CON BLOQUE PL9 (0.09 x 0.19 x 0.39 m)	m ²	978.815	\$ 15.90	\$ 15 563.16
EST-010	ENLUCIDO EXTERIOR (INC. FILOS)	m ²	1025	\$ 9.80	\$ 10 045.00
EST-011	ENLUCIDO INTERIOR (INC. FILOS)	m ²	2982.63	\$ 6.10	\$ 18 194.04
TOTAL					\$335 936.67
TOTAL /m²					\$230.73

5.6 Cronograma valorado

Por último, se presenta el cronograma valorado de la edificación multifuncional, el cual se estableció en 24 semanas laborables.

OBRA: EDIFICACIÓN MULTIFUNCIONAL																	
CRONOGRAMA VALORADO																	
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	TIEMPO EN SEMANAS											
						SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
1	HORMIGONES				\$138 714.93												
EST-001	CONTRAPISO DE HORMIGÓN SIMPLE F'c=210 Kg/cm ² ; e=10cm (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)	m ²	364	\$ 37.25	\$ 13 559.00	\$13 559.00											
EST-002	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA COLUMNAS f'c=280 Kg/cm ²	m ³	86.80	\$276.55	\$ 24 004.54	\$ 3 000.57	\$ 3 000.57				\$ 3 000.57	\$ 3 000.57			\$ 3 000.57	\$ 3 000.57	
EST-003	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA VIGAS f'c=280 Kg/cm ²	m ³	92.61	\$289.20	\$26 782.81			\$ 3 347.85	\$ 3 347.85				\$ 3 347.85	\$ 3 347.85			
EST-004	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA NERVIOS f'c=280 Kg/cm ²	m ³	66.41	\$282.85	\$18 782.65			\$ 2 347.83	\$ 2 347.83				\$ 2 347.83	\$ 2 347.83			
EST-005	LOSA DE COMPRESION f'c=280 kg/cm ² ; e=5 cm. (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)	m ²	1257.60	\$27.70	\$34 835.52			\$ 4 354.44	\$ 4 354.44				\$ 4 354.44	\$ 4 354.44			
EST-006	CAJONETA DE LOSA	m ²	1257.60	\$16.50	\$20 750.40			\$ 2 593.80	\$ 2 593.80				\$ 2 593.80	\$ 2 593.80			
2	ACERO				\$ 134 354.54												
EST-007	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 Kg/cm ²	Kg	55981.06	\$ 2.40	\$ 134 354.54	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	\$ 7 071.29	
3	MAMPOSTERIA				\$ 62 867.20												
EST-008	MAMPOSTERÍA EXTERIOR CON BLOQUE P9 (0.14 x 0.19 x 0.39 m)	m ²	1025	\$ 18.60	\$ 19 065.00			\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	
EST-009	MAMPOSTERÍA INTERIOR CON BLOQUE PL9 (0.09 x 0.19 x 0.39 m)	m ²	978.815	\$ 15.90	\$ 15 563.16			\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	
EST-010	ENLUCIDO EXTERIOR (INC. FILOS)	m ²	1025	\$ 9.80	\$ 10 045.00				\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	
EST-011	ENLUCIDO INTERIOR (INC. FILOS)	m ²	2982.63	\$ 6.10	\$ 18 194.04				\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	
TOTAL					\$335 936.67												
SUMATORIA						\$ 23 630.86	\$ 10 071.86	\$ 20 718.64	\$ 21 537.75	\$ 10 305.78	\$ 13 306.35	\$ 13 306.35	\$ 22 949.70	\$ 22 949.70	\$ 10 305.78	\$ 13 306.35	\$ 13 306.35
% PARCIAL						7.03%	3.00%	6.17%	6.41%	3.07%	3.96%	3.96%	6.83%	6.83%	3.07%	3.96%	
INVERSION ACUMULADA						\$ 23 630.86	\$ 33 702.72	\$ 54 421.35	\$ 75 959.10	\$ 86 264.88	\$ 99 571.23	\$ 112 877.57	\$ 135 827.27	\$ 158 776.98	\$ 169 082.75	\$ 182 389.10	\$ 195 695.45
% ACUMULADO						7.03%	10.03%	16.20%	22.61%	25.68%	29.64%	33.60%	40.43%	47.26%	50.33%	54.29%	58.25%

Ilustración 5.3. Cronograma valorado de la semana 1 hasta la 12 (Autores)

OBRA: EDIFICACIÓN MULTIFUNCIONAL																	
CRONOGRAMA VALORADO																	
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	TIEMPO EN SEMANAS											
						SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17	SEMANA 18	SEMANA 19	SEMANA 20	SEMANA 21	SEMANA 22	SEMANA 23	SEMANA 24
1	HORMIGONES				\$138 714.93												
EST-001	CONTRAPISO DE HORMIGÓN SIMPLE F'c=210 Kg/cm2; e=10cm (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)	m2	364	\$ 37.25	\$ 13 559.00												
EST-002	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA COLUMNAS f'c=280 Kg/cm2	m3	86.80	\$276.55	\$ 24 004.54				3000.5675	3000.5675							
EST-003	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA VIGAS f'c=280 Kg/cm2	m3	92.61	\$289.20	\$26 782.81	3347.8515	3347.8515				3347.8515	3347.8515					
EST-004	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA NERVIOS f'c=280 Kg/cm2	m3	66.41	\$282.85	\$18 782.65	\$2 347.83	2347.831781				2347.831781	2347.831781					
EST-005	LOSA DE COMPRESION f'c=280 kg/cm2; e=5 cm. (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)	m2	1257.60	\$27.70	\$34 835.52	\$4 354.44	4354.44				4354.44	4354.44					
EST-006	CAJONETA DE LOSA	m2	1257.60	\$16.50	\$20 750.40	\$2 593.80	2593.8				2593.8	2593.8					
2	ACERO				\$ 134 354.54												
EST-007	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 Kg/cm2	Kg	55981.06	\$ 2.40	\$ 134 354.54	\$7 071.29	\$7 071.29	\$7 071.29	\$7 071.29	\$7 071.29	\$7 071.29	\$7 071.29	\$7 071.29				
3	MAMPOSTERIA				\$ 62 867.20												
EST-008	MAMPOSTERÍA EXTERIOR CON BLOQUE P9 (0.14 x 0.19 x 0.39 m)	m2	1025	\$ 18.60	\$ 19 065.00	\$1 003.42	1003.421053	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42	\$ 1 003.42			
EST-009	MAMPOSTERÍA INTERIOR CON BLOQUE PL9 (0.09 x 0.19 x 0.39 m)	m2	978.815	\$ 15.90	\$ 15 563.16	\$819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11	\$ 819.11		
EST-010	ENLUCIDO EXTERIOR (INC. FILOS)	m2	1025	\$ 9.80	\$ 10 045.00	\$502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	\$ 502.25	
EST-011	ENLUCIDO INTERIOR (INC. FILOS)	m2	2982.63	\$ 6.10	\$ 18 194.04	\$909.70	909.70215	909.70215	909.70215	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	\$ 909.70	
TOTAL					\$335 936.67												
SUMATORIA						\$ 22 949.70	\$ 22 949.70	\$ 10 305.78	\$ 13 306.35	\$ 13 306.35	\$ 22 949.70	\$ 22 949.70	\$ 3 234.49	\$ 3 234.49	\$ 2 231.07	\$ 1 411.95	\$ 1 411.95
% PARCIAL						6.83%	6.83%	3.07%	3.96%	3.96%	6.83%	6.83%	0.96%	0.96%	0.66%	0.42%	0.42%
INVERSION ACUMULADA						\$ 22 949.70	\$ 45 899.40	\$ 56 205.18	\$ 69 511.53	\$ 82 817.87	\$ 105 767.57	\$ 128 717.28	\$ 131 951.76	\$ 135 186.25	\$ 137 417.32	\$ 138 829.27	\$ 140 241.22
% ACUMULADO						65.09%	71.92%	74.98%	78.95%	82.91%	89.74%	96.57%	97.53%	98.50%	99.16%	99.58%	100.00%

Ilustración 5.4. Cronograma valorado de la semana 13 hasta la 24 (Autores)

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Por medio de este proyecto integrador se evidencia que, la variabilidad de cargas gravitacionales en una edificación es capaz de comprometer de manera negativa el desempeño sísmico de esta. Para este caso de estudio, la configuración C3, compuesta por una distribución de plantas Comercio-Comercio-Bodega-Residencia, genera que la edificación se dirija hacia un nivel de desempeño de “Pre-Colapso”, aquel que no es aprobado por la normativa local vigente (NEC-2015). Es por esta razón que, para aquellas zonas donde existe un alto índice de desarrollo comercial/poblacional es importante contar con edificaciones multifuncionales, debido a los beneficios que estas dejan a largo plazo, entre los cuales se pueden destacar: un desempeño sísmico seguro, menor probabilidad de necesitar reforzamientos estructurales en el futuro, disposición a variabilidad de cargas gravitacionales, vida de servicio prolongada producto de los diferentes usos que se le puede dar a esta, entre otros.

Las edificaciones de uso multifuncional, al estar diseñadas para soportar variabilidad de cargas gravitacionales, dejan como resultado estructuras un poco más robustas. Para este caso propuesto, se obtuvo un costo adicional de \$6 700 en materiales de construcción para la superestructura. Este costo añadido se justifica al momento de contar con estructuras más resilientes, las cuales, en un futuro no generarán gastos adicionales debido a posibles fallas de sus elementos estructurales producto de un sismo.

Finalmente, como aporte al conocimiento se concluye que, con el pasar de los años, las normativas en el Ecuador se han ido “afinando” producto de los avances en la ingeniería y un mayor criterio sismorresistente. Por medio de este estudio, se identificó que existe una gran diferencia entre diseñar una edificación bajo el uso estricto del CEC-1979 contra un diseño basado en la NEC-2015, este primero cuenta con factores de mayoración de cargas gravitacionales y sísmicas

más elevados (1.4D+1.4L+1.4E), dejando como resultado que los elementos estructurales tengan mayores dimensiones, además de contar con estructuras mucho más pesadas y rígidas. Estos factores de mayoración de cargas han sido disminuidos en la NEC-2015 (1.2D+1.0L+1.0E), pues hoy en día lo que se busca es contar con estructuras más livianas, que su vez aseguren la ductilidad de sus elementos, para así poder disipar los esfuerzos provocados por un evento sísmico.

6.2 Recomendaciones

- Cuando se desea determinar la edificación más representativa de una zona, es recomendable contar con la mayor cantidad de datos posible, pues de esta manera, estos podrían llegar a ajustarse a una distribución estadística y así, tener un resultado más acertado en base a la probabilidad de excedencia.
- Como se mencionó anteriormente, para este estudio no fue posible obtener los planos estructurales de las edificaciones del centro de Guayaquil, razón por la cual se realizó un relevamiento estructural basado en el uso del código constructivo de esa época. Sin embargo, al querer realizar un proyecto de este tipo, es recomendable contar con una entidad Municipal, la cual facilite dicha información estructural de estas edificaciones, pues esto ayudará a que los resultados obtenidos sean los más aproximados a la realidad.
- Para relacionar el tipo de suelo donde se asientan las edificaciones de la zona de estudio, se hizo uso de un estudio de suelo realizado a una distancia de 350 m de la zona. No obstante, no se puede asegurar que el suelo se mantenga siendo el mismo, razón por la cual es recomendable que se realice un estudio propio, con la finalidad de obtener la estratigrafía y propiedades del suelo, para el sitio específico del proyecto.
- Además de medir el desempeño de la superestructura de una edificación, es recomendable también incorporar un estudio de la subestructura. Pues

de esta manera, se podría realizar un análisis sísmico más general y así obtener valores más acertados respecto al comportamiento de la edificación.

- Finalmente, se recomienda continuar con estudios de este tipo, pues una correcta evaluación del desempeño sísmico de edificaciones podría llegar a salvaguardar vidas humanas.

REFERENCIAS

- Aguiar, R. (2003). *Análisis Sísmico por Desempeño*.
<https://www.researchgate.net/publication/280627456>
- Águila, I. (2001). Cementos puzolánicos, una alternativa para Venezuela. *Tecnología y Construcción*, 17(3).
- Águila, I. (2003). Técnica de producción de componentes de concreto y anime para viviendas. *Tecnología y Construcción*, 19(3).
- Águila, I. (2018). *IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN*.
- ANSI/AISC 341-10. (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*.
- Arenas Cabello, F. (2008). *LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE*.
https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html
- Arroyo Morocho, F. R., Bravo Donoso, D. N., & Rivera Valenzuela, M. A. (2018). Economía Circular: Un Camino Hacia Un Quito Más Sostenible. *INNOVA Research Journal*, 139–158.
<https://doi.org/10.33890/INNOVA.V3.N11.2018.767>
- Bazán, E., & Meli, R. (2022). *DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS*.
- Bock, M. S. (1992). Estudio macro-espacial de la arquitectura y de la sociedad guayaquileñas (1900-1940). *Guayaquil: Arquitectura, Espacio y Sociedad*, 1900-1940, 21–58.
<https://doi.org/10.4000/BOOKS.IFEA.2013>
- Brunatti, I. C., & Souza, A. E. (2011). *El hormigón y el ambiente*.
- Caballero Mestres, A., París Viviana, Q., & Bordonada Fillat, R. (2016). *ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE DOS SISTEMAS ESTRUCTURALES PORTICADOS Y LA DEFINICIÓN DE SU UNIDAD FUNCIONAL*. <http://cradletofuture.blogspot.com.es>
- Centeno, Y., Sosa, M., & Águila, I. (2012). Desempeño del concreto reforzado con fibras de sisal para la producción de componentes constructivos. *Tecnología y Construcción*, 28(1).
http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/article/view/7072
- CSI Spain. (2022). *ETABS*. <https://www.csiespana.com/software/5/etabs>

- David, M., Lopez, R., Jairo, J., & Giraldo, A. (2008). COMPARACION TECNICO-FINANCIERA DEL ACERO ESTRUCTURAL Y EL HORMIGON ARMADO TECHNICAL AND FINANCIAL STUDY OF STRUCTURAL STEEL AND STRUCTURAL CONCRETE. *Año*, 75, 47–56.
- De, N. E., & Construcción, L. A. (2015). *CARGAS (NO SÍSMICAS)*.
- González, Ó., & Fernández, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*.
- Hamburger, R. O., & Malley, J. O. (2016). *NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 2 - Seismic Design of Steel Special Moment Frames: A Guide for Practicing Engineers Second Edition*.
<https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.16-917-41>
- Helena Gervásio, P. (2014). *La sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas*. http://www.cbca-ibs.com.br/nsite/site/downloads/Construmetal_Helena_Gervasio.ppt
- IDEC. (2002). *Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción*. Universidad Central de Venezuela.
- IGE. (2012). *El pánico y las edificaciones mal construidas son los que matan durante sismos*. <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/647-el-p%C3%A1nico-y-las-edificaciones-mal-construidas-son-los-que-matan-durante-sismos>
- INEC. (2019). *Encuesta de Edificaciones, 2018*.
- McCormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de Concreto reforzado*.
- McCormac, J. C. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. Marcombo.
- Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10*.
- MITES, & INSST. (1982). *NTP 15: Construcción de una escala de actitudes tipo Likert*.
- Molina, E., Torres, J., & Navarro, S. (2020). *LA IMPORTANCIA DE LOS EDIFICIOS MULTIPROPOSITOS*.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. www.cepal.org/es/suscripciones

- Navas. (2015). *Impactos ambientales asociados con el proceso de producción del concreto.* 67–80.
<http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- NEC. (2015). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - CARGAS SÍSMICAS - DISEÑO SISMO RESISTENTE.*
- Oriol LLauradó. (2014, December 12). *La escala de Likert.*
<https://www.netquest.com/blog/es/la-escala-de-likert-que-es-y-como-utilizarla>
- Patiño, J. P. (2018). “*Estudio comparativo en el costo de metro cuadrado de vivienda de interés social, entre el uso de estructuras de hormigón armado y estructura metálica.*”
- Ramirez Sacoto, G. J. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO Y UNA EDIFICACIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL.*
- RNE. (2020). *NORMA E.020 CARGAS.* www.gob.pe/sencico.
- Robles, E. C., Luis, J., Berciano, E., & Guerra, E. T. (2014). *Monografías sobre Tecnología del Acero. Parte V FABRICACIÓN DE ACERO INOXIDABLE.*
- Ruiz, M. C., & Blanco, E. (2014). *Mecánica de Estructuras.*
- Safina Melone, Salvadora. (2003). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales análisis de su contribución al riesgo sísmico. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Politècnica de Catalunya.
<http://www.tdx.cat/handle/10803/6226>
- SEAOC. (1995). *Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings.* (Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Ed.).
- Vásquez Granados, A. (2016). *Trazabilidad de la Varilla de Acero para Construcción #3 como base para la elaboración de la Declaratoria Ambiental del Producto en ArcelorMittal Costa Rica.*
- Zapata Baglietto, L. F. (1991). *DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO.*
www.elsolucionario.org

PLANOS Y ANEXOS

Desglose de Plan de Trabajo

Tabla. Plan de trabajo (Autores)

Actividades		PLAN DE TRABAJO																	
		Semanas desde 26/09/2022 hasta 27/01/2023																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Identificación de la zona de estudio	■																	
2	Visita de campo y elaboración de registros	■																	
3	Registro fotográfico	■																	
4	Antecedentes		■																
5	Información preliminar (zona de estudio, tipo de suelo, edificación representativa)		■	■															
6	Justificación del proyecto			■															
7	Objetivos (general y específicos)			■	■														
8	Introducción			■	■	■													
9	Marco teórico				■	■													
10	Metodología					■	■												
11	Propuesta de alternativas						■	■											
12	Diseño de la edificación tipo, implementando el CEC-1979							■	■										
13	Análisis estructural de la edificación tipo, mediante un software de ingeniería 3D									■	■								
14	Evaluación por desempeño sísmico (Curva "Pushover" y gráfica "Equivalent Linearization")										■	■							
15	Determinación de la configuración de carga que genera menor desempeño sísmico											■	■						
16	Estudio de Impacto Ambiental												■	■					
17	Identificación de una propuesta constructiva futura para zonas de alto índice comercial/poblacional													■	■				
18	Planos arquitectónicos y estructurales														■	■			
19	APU's y presupuestos															■	■		
20	Artículo científico																■	■	
21	Entregables finales																	■	

Anexo 1

Anexos fotográficos



Ilustración. Anexo fotográfico 1 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 2 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 3 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 4 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 5 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 6 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 7 de la zona de estudio (Autores)



Ilustración. Anexo fotográfico 8 de la zona de estudio (Autores)

Estadística de la edificación tipo

Tabla. Cálculo de las dimensiones para estimar E.T (Autores)

Estimación vía Google Earth			
MANZANAS	Ancho [m]	Profundidad [m]	Área [m2]
1	13	33	429
2	12	35	420
3	13	28	364
4	13	31	403
5	12	32	384
6	10	20	200
7	10	36	360
8	13	28	364
9	11	26	286
10	12	33	396
11	9	34	306
12	12	30	360
13	16	23	368
14	10	26	260
15	9	19	171
16	11	28	308
17	16	18	288
18	13	29	377
19	9	26	234
20	10	23	230
21	21	19	399
22	16	27	432
23	8	29	232
24	13	30	390
25	11	22	242
26	20	20	400
27	11	36	396
Promedio	13	28	364

Tabla. Cálculo de pisos para cada manzana de la zona (Autores)

Información obtenida mediante visita en campo							
MANZANAS	PISOS SIGNIFICATIVOS POR MANZANA			3 PISOS	4 PISOS	5 PISOS	
1	4	3	4	4	1	3	0
2	4	4	5	4	0	3	1
3	4	4	4	4	0	4	0
4	4	5	4	4	0	3	1
5	3	4	4	4	1	3	0
6	4	3	4	3	2	2	0
7	3	4	3	4	2	2	0
8	4	4	4	3	1	3	0
9	4	5	4	3	1	2	1
10	4	4	5	4	0	3	1
11	4	3	4	4	1	3	0
12	4	4	4	3	1	3	0
13	3	5	4	4	1	2	1
14	3	3	3	4	3	1	0
15	3	4	4	4	1	3	0
16	4	3	4	4	1	3	0
17	4	3	4	3	2	2	0
18	3	4	3	4	2	2	0
19	4	5	4	3	1	2	1
20	3	4	3	4	2	2	0
21	3	5	3	3	3	0	1
22	3	4	4	5	1	2	1
23	3	3	4	4	2	2	0
24	3	4	4	3	2	2	0
25	4	5	3	3	2	1	1
26	3	3	3	3	4	0	0
27	3	4	3	4	2	2	0
				Total suma	39	60	9

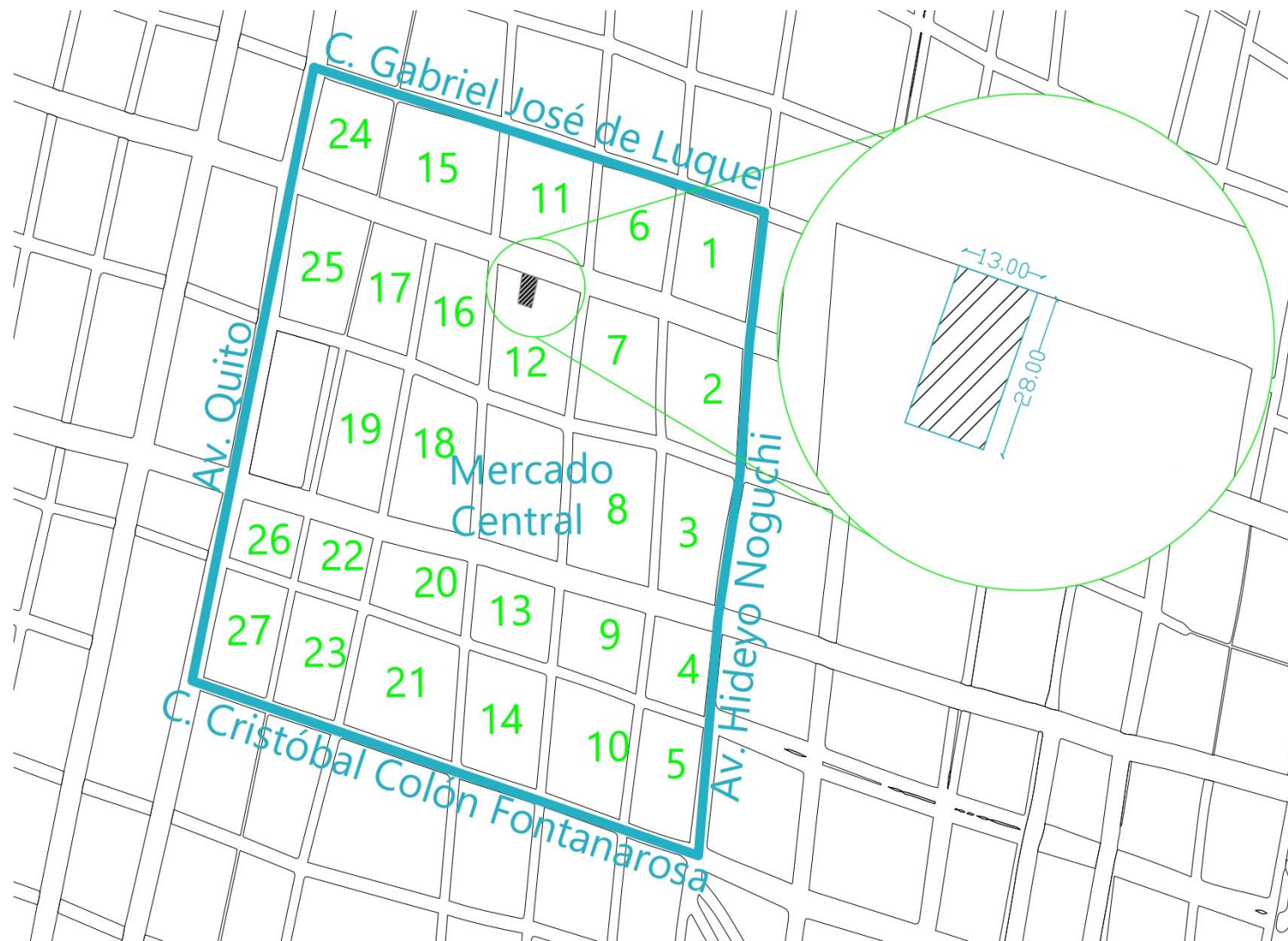


Ilustración. Croquis de la zona de estudio (Autores)

Anexo 2

Cálculo de carga sobreimpuesta

**Tabla. Cálculo de la carga sobreimpuesta de las paredes exteriores
(Autores)**

BLOQUES PAREDES EXTERIORES GENERAL			
DESCRIPCIÓN	m	m	m
Bloque	0.12	0.2	0.4
Peso del bloque	10.9	Kg	
Espesor junta de mortero	0.02	m	
Área lateral bloque	0.0924	m ²	
Longitud de desarrollo de paredes	82	m	
Cantidad bloques x m²	11	u	
Área total de paredes exteriores	246	m ²	
Cantidad total de bloques	2663	u	
Peso total de bloques	29027	Kg	
Peso distribuido bloques en losa	79.74	Kg/m ²	
MORTERO DE UNIÓN			
Volumen bloques	25.56	m ³ /m ²	
Volumen paredes	29.52	m ³ /m ²	
Volumen mortero	4.16	m ³ /m ²	
Peso específico del mortero	2000	Kg/m ³	
Peso total de mortero	8318	Kg	
Peso distribuido de mortero en losa	22.85	Kg/m ²	
ENLUCIDO DE PAREDES			
Espesor de enlucido	0.015	m	
Peso específico del enlucido	2000	Kg/m ³	
Caras	1	u	
Área de paredes a enlucir	246	m ²	
Volumen total enlucido	3.69	m ³	
Peso total enlucido	7380	Kg	
Peso distribuido del enlucido en losa	20.27	Kg/m ²	
Peso total distribuido mampostería (Bloques + Mortero de unión + Enlucido)	122.87	Kg/m ²	

Tabla. Cálculo de la carga sobrepuesta de las paredes internas de uso residencial (Autores)

BLOQUES PAREDES INTERIORES RESIDENCIAS			
DESCRIPCIÓN	m	m	m
Bloque	0.07	0.19	0.39
Peso del bloque	7	Kg	
Espesor junta de mortero	0.02	m	
Área lateral bloque	0.0861	m²	
Longitud de desarrollo de paredes	138.57	m	
Cantidad bloques x m²	12	u	
Área total de paredes exteriores	415.71	m²	
Cantidad total de bloques	5070	u	
Peso total de bloques	35490	Kg	
Peso distribuido bloques en losa	97.50	Kg/m²	
MORTERO DE UNIÓN			
Volumen bloques	26.30	m³/m²	
Volumen paredes	29.10	m³/m²	
Volumen mortero	3.00	m³/m²	
Peso específico del mortero	2000	Kg/m³	
Peso total de mortero	6000	Kg	
Peso distribuido de mortero en losa	16.48	Kg/m²	
ENLUCIDO DE PAREDES			
Espesor de enlucido	0.015	m	
Peso específico del enlucido	2000	Kg/m³	
Caras	2	u	
Área de paredes a enlucir	415.71	m²	
Volumen total enlucido	12.4713	m³	
Peso total enlucido	24942.6	Kg	
Peso distribuido del enlucido en losa	68.52	Kg/m²	
Peso total distribuido mampostería (Bloques + Mortero de unión + Enlucido)	182.51	Kg/m²	

Tabla. Cálculo de la carga sobrepuesta de las paredes internas de uso oficinas (Autores)

BLOQUES PAREDES INTERIORES OFICINAS			
DESCRIPCIÓN	m	m	m
Bloque	0.07	0.19	0.39
Peso del bloque	7	Kg	
Espesor junta de mortero	0.02	m	
Área lateral bloque	0.0861	m²	
Longitud de desarrollo de paredes	98.61	m	
Cantidad bloques x m²	12	u	
Área total de paredes exteriores	295.83	m²	
Cantidad total de bloques	3608	u	
Peso total de bloques	25256	Kg	
Peso distribuido bloques en losa	69.38	Kg/m²	
MORTERO DE UNIÓN			
Volumen bloques	18.71	m³/m²	
Volumen paredes	20.71	m³/m²	
Volumen mortero	2.14	m³/m²	
Peso específico del mortero	2000	Kg/m³	
Peso total de mortero	4271	Kg	
Peso distribuido de mortero en losa	11.73	Kg/m²	
ENLUCIDO DE PAREDES			
Espesor de enlucido	0.015	m	
Peso específico del enlucido	2000	Kg/m³	
Caras	2	u	
Área de paredes a enlucir	295.83	m²	
Volumen total enlucido	8.8749	m³	
Peso total enlucido	17749.8	Kg	
Peso distribuido del enlucido en losa	48.76	Kg/m²	
Peso total distribuido mampostería (Bloques + Mortero de unión + Enlucido)	129.88	Kg/m²	

Tabla. Cálculo de la carga sobrepuesta de las paredes internas de uso comercial (Autores)

BLOQUES PAREDES INTERIORES COMERCIALES			
DESCRIPCIÓN	m	m	m
Bloque	0.07	0.19	0.39
Peso del bloque	7	Kg	
Espesor junta de mortero	0.02	m	
Área lateral bloque	0.0861	m²	
Longitud de desarrollo de paredes	54.31	m	
Cantidad bloques x m²	12	u	
Área total de paredes exteriores	162.93	m²	
Cantidad total de bloques	1987	u	
Peso total de bloques	13909	Kg	
Peso distribuido bloques en losa	38.21	Kg/m²	
MORTERO DE UNIÓN			
Volumen bloques	10.31	m³/m²	
Volumen paredes	11.41	m³/m²	
Volumen mortero	1.18	m³/m²	
Peso específico del mortero	2000	Kg/m³	
Peso total de mortero	2358	Kg	
Peso distribuido de mortero en losa	6.48	Kg/m²	
ENLUCIDO DE PAREDES			
Espesor de enlucido	0.015	m	
Peso específico del enlucido	2000	Kg/m³	
Caras	2	u	
Área de paredes a enlucir	162.93	m²	
Volumen total enlucido	4.8879	m³	
Peso total enlucido	9775.8	Kg	
Peso distribuido del enlucido en losa	26.86	Kg/m²	
Peso total distribuido mampostería (Bloques + Mortero de unión + Enlucido)	71.54	Kg/m²	

Tabla. Cálculo de la carga sobrepuesta de las paredes internas de uso bodegas (Autores)

BLOQUES PAREDES INTERIORES BODEGAS			
DESCRIPCIÓN	m	m	m
Bloque	0.07	0.19	0.39
Peso del bloque	7	Kg	
Espesor junta de mortero	0.02	m	
Área lateral bloque	0.0861	m²	
Longitud de desarrollo de paredes	70.03	m	
Cantidad bloques x m²	12	u	
Área total de paredes exteriores	210.09	m²	
Cantidad total de bloques	2563	u	
Peso total de bloques	17941	Kg	
Peso distribuido bloques en losa	49.29	Kg/m²	
MORTERO DE UNIÓN			
Volumen bloques	13.29	m³/m²	
Volumen paredes	14.71	m³/m²	
Volumen mortero	1.51	m³/m²	
Peso específico del mortero	2000	Kg/m³	
Peso total de mortero	3029	Kg	
Peso distribuido de mortero en losa	8.32	Kg/m²	
ENLUCIDO DE PAREDES			
Espesor de enlucido	0.015	m	
Peso específico del enlucido	2000	Kg/m³	
Caras	2	u	
Área de paredes a enlucir	210.09	m²	
Volumen total enlucido	6.3027	m³	
Peso total enlucido	12605.4	Kg	
Peso distribuido del enlucido en losa	34.63	Kg/m²	
Peso total distribuido mampostería (Bloques + Mortero de unión + Enlucido)	92.24	Kg/m²	

Predimensionamiento de vigas de la edificación tipo por el Método del Portal (1915)

Tabla. Cálculos de las fuerzas sísmicas para cada piso de la E.T (Autores)

Cs	0.158	Coeficiente de Basal
k	1	Coeficiente relacionado con el periodo de vibración
V (T)	213.07	Cortante Basal Sísmico
Pórticos X	8.00	

USOS	NIVEL	H(m)	PESOS			AREA(m2)	W (T)
			PESO PROPIO(T/m2)	SCM(T/m2)	CV(T/m2)		
CUBIERTA	4	12.5	0.65	0.000	0.06	364	236.60
RESIDENCIA	3	9.5	0.65	0.367	0.20	364	370.33
RESIDENCIA	2	6.5	0.65	0.367	0.20	364	370.33
RESIDENCIA	1	3.5	0.65	0.367	0.20	364	370.33
							1347.58

DIRECCION EN X				DIRECCION EN Y			
W*H^k	Cvx	Fx	Vx	W*H^k	Cvy	Fy	Vy
2957.50	0.29	61.91	61.91	2957.50	0.29	61.91	61.91
3518.10	0.35	73.64	135.55	3518.10	0.35	73.64	135.55
2407.12	0.24	50.39	185.94	2407.12	0.24	50.39	185.94
1296.14	0.13	27.13	213.07	1296.14	0.13	27.13	213.07
10178.86				10178.86			

Fx(T)	Fx/Pórticos X (T)
61.91	7.74
73.64	9.21
50.39	6.30
27.13	3.39
213.07	26.63

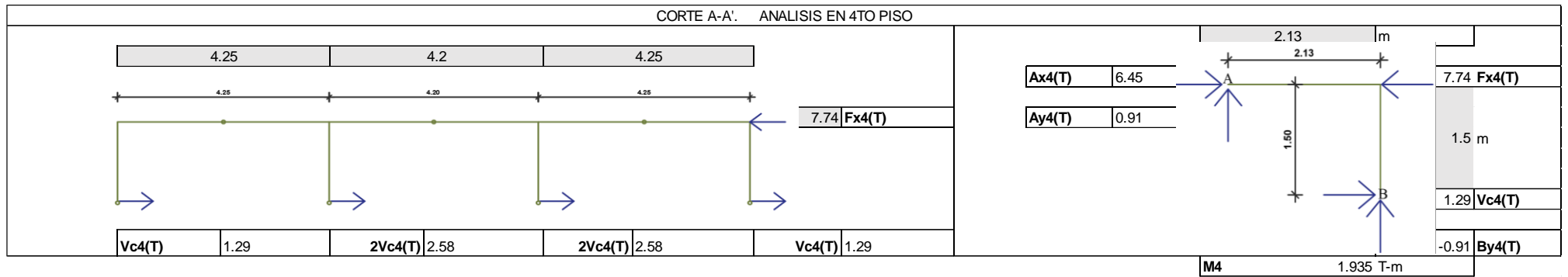


Ilustración. Cálculo de momento sísmico para el cuarto piso (Autores)

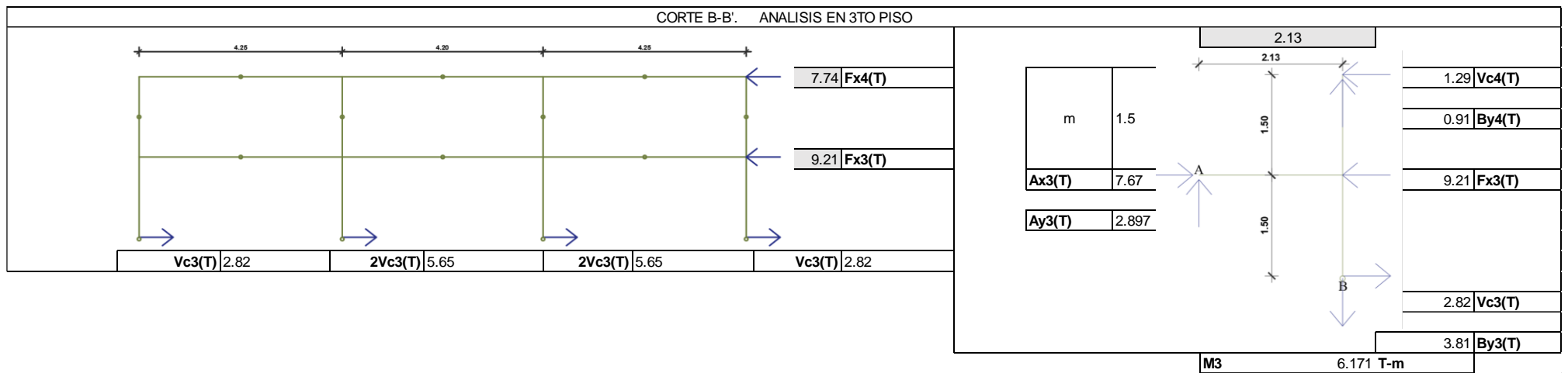


Ilustración. Cálculo de momento sísmico para el tercer piso (Autores)

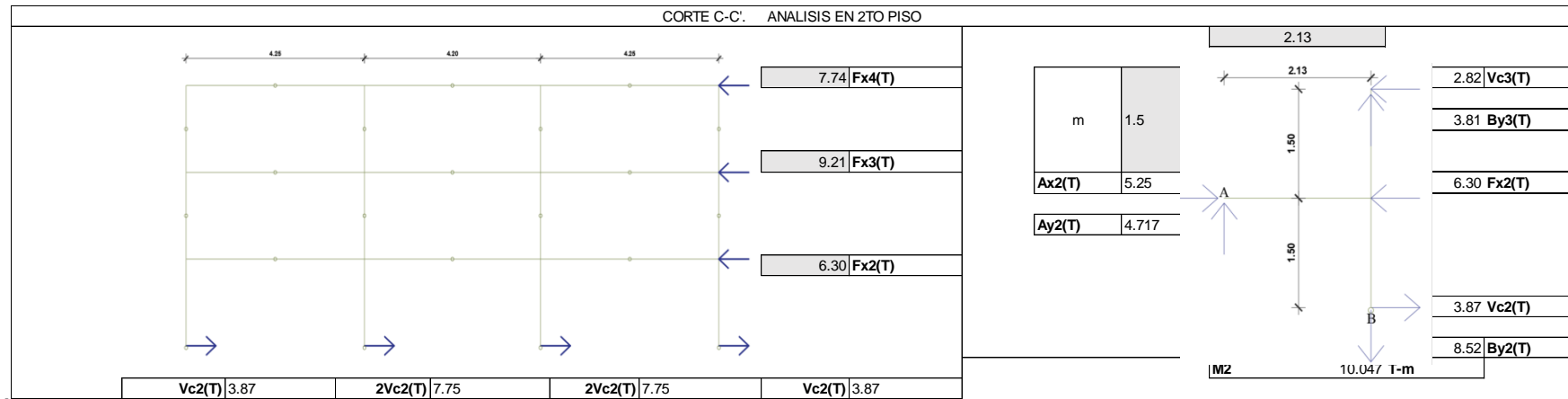


Ilustración. Cálculo de momento sísmico para el segundo piso (Autores)

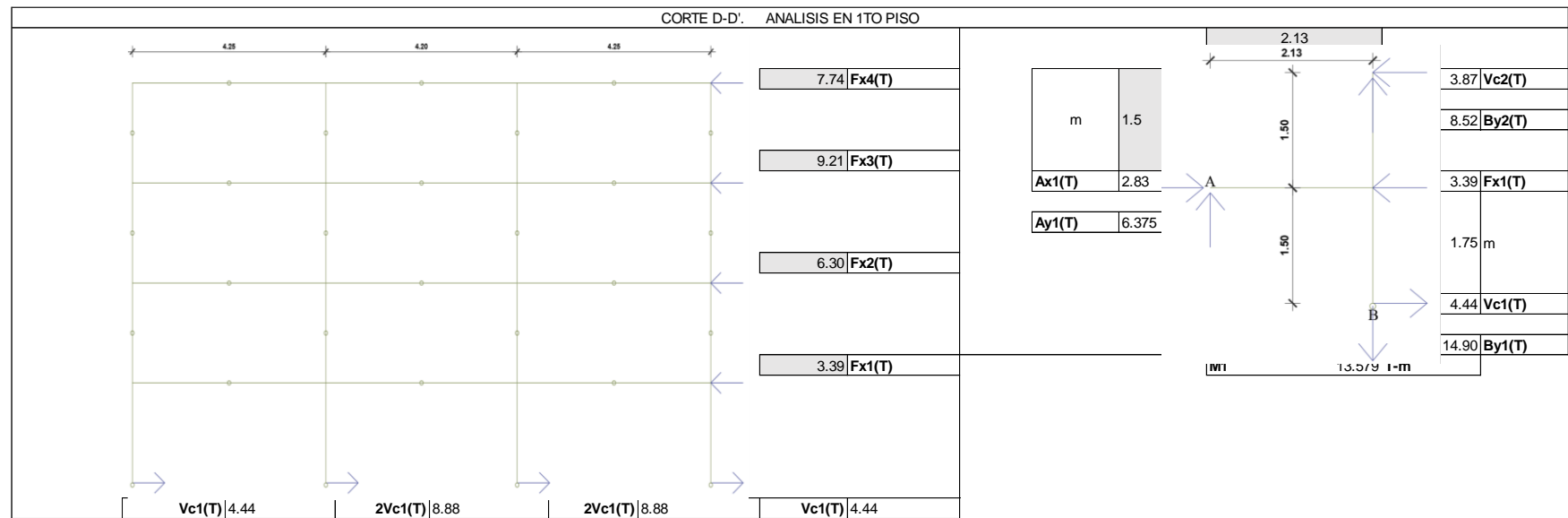


Ilustración. Cálculo de momento sísmico para el primer piso (Autores)

**Tabla. Cálculo de cargas y altura mínima de vigas del cuarto piso
(Autores)**

VIGAS 4TO PISO		
<u>Cargas - Momento Diseño</u>		
qm=	2.6	T/m
qv=	0.24	T/m
M.máximo qm=	4.70	T-m
M.máximo qv=	0.43	T-m
<u>Combinaciones de Carga</u>		
Mu=1.2Cm+1.6Cv	6.33	T-m
Mu=1.2*Cm+Sismo+Cv	8.00	T-m
<u>Dimensionamiento Viga</u>		
Base Viga=	25.00	cm
d=	0.32	m
Φlongitudinal=	16.00	mm
Φestribo=	10.00	mm
H mínimo=	38.23	cm
H asumido=	40	cm
V(25x40)		

**Tabla. Cálculo de cargas y altura mínima de vigas del tercer piso
(Autores)**

VIGAS 3 PISO		
<u>Cargas - Momento Diseño</u>		
qm=	4.07	T/m
qv=	0.8	T/m
M.máximo qm=	7.35	T-m
M.máximo qv=	1.45	T-m
<u>Combinaciones de Carga</u>		
Mu=1.2Cm+1.6Cv	11.132	T-m
Mu=1.2*Cm+Sismo+Cv	16.44	T-m
<u>Dimensionamiento Viga</u>		
Base Viga=	30.00	cm
d=	0.42	m
Φlongitudinal=	16.00	mm
Φestribo=	10.00	mm
H mínimo=	48.22	cm
H asumido=	50	cm
V(30x50)		

**Tabla. Cálculo de cargas y altura mínima de vigas del segundo piso
(Autores)**

VIGAS 2 PISO		
<u>Cargas - Momento Diseño</u>		
qm=	4.07	T/m
qv=	0.8	T/m
M.máximo qm=	7.35	T-m
M.máximo qv=	1.45	T-m
<u>Combinaciones de Carga</u>		
Mu=1.2Cm+1.6Cv	11.13	T-m
Mu=1.2*Cm+Sismo+Cv	20.31	T-m
<u>Dimensionamiento Viga</u>		
Base Viga=	35.00	cm
d=	0.44	m
Φlongitudinal=	20.00	mm
Φestribo=	10.00	mm
H mínimo=	49.65	cm
H asumido=	50	cm
V(35x50)		

**Tabla. Cálculo de cargas y altura mínima de vigas del primer piso
(Autores)**

VIGAS 1 PISO		
<u>Cargas - Momento Diseño</u>		
qm=	4.07	T/m
qv=	0.8	T/m
M.máximo qm=	7.35	T-m
M.máximo qv=	1.45	T-m
<u>Combinaciones de Carga</u>		
Mu=1.2Cm+1.6Cv	11.13	T-m
Mu=1.2*Cm+Sismo+Cv	23.84	T-m
<u>Dimensionamiento Viga</u>		
Base Viga=	35.00	cm
d=	0.47	m
Φlongitudinal=	20.00	mm
Φestribo=	10.00	mm
H mínimo=	53.30	cm
H asumido=	55	cm
V(35x55)		

Diagrama de interacción de las columnas de la edificación tipo

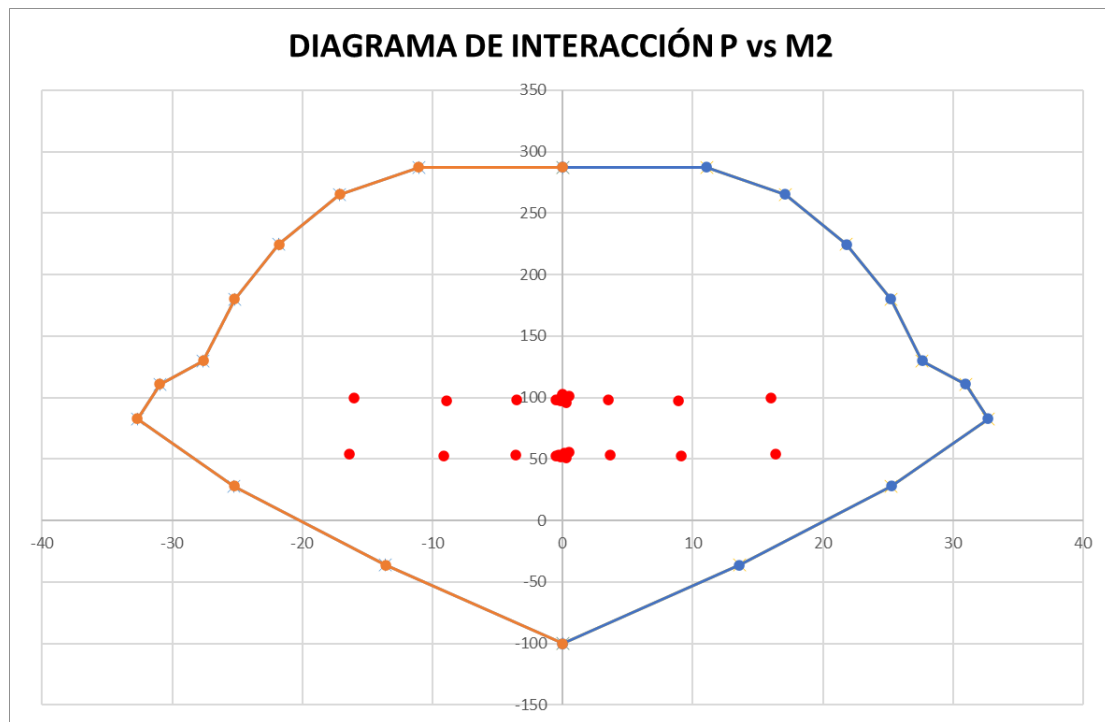


Ilustración. Diagrama de interacción de las columnas del primer y segundo piso P vs M2 (Autores)

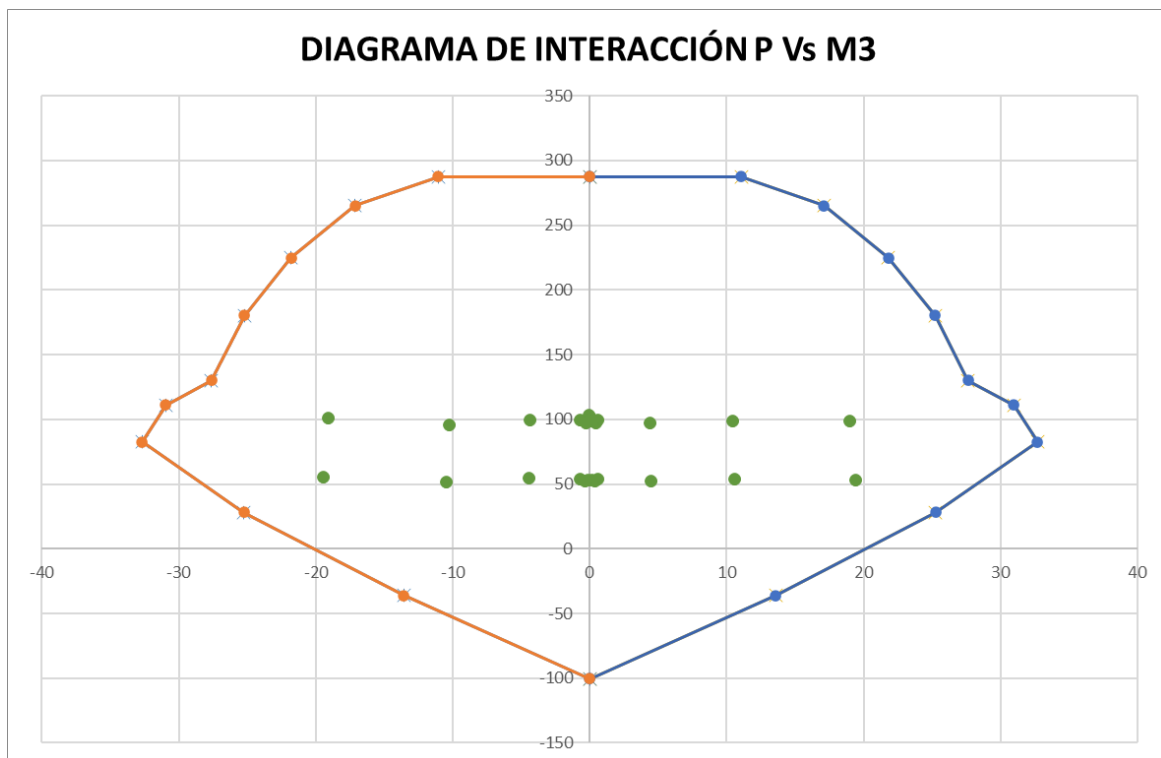
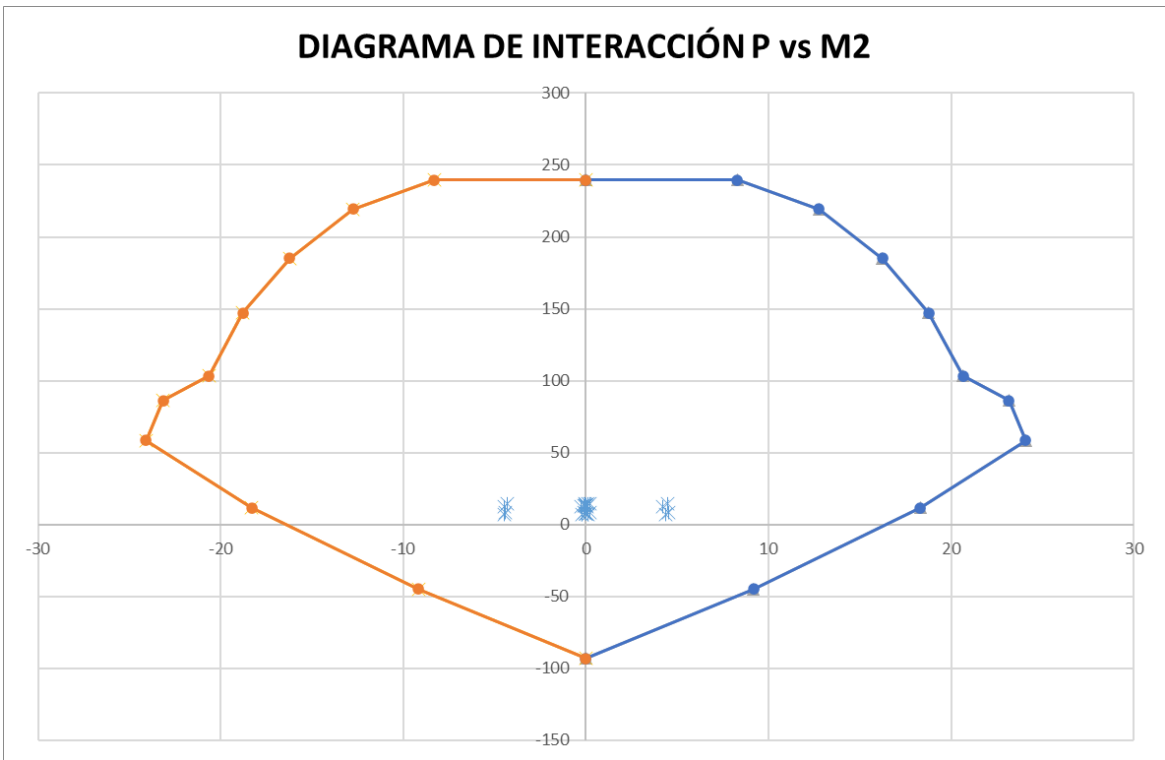


Ilustración. Diagrama de interacción de las columnas del primer y segundo piso P vs M3 (Autores)



Anexo 3

Curvas “Pushover” y “Equivalent Linearization”



Ilustración. Curva de capacidad “Pushover” ET. Eje X (Autores)

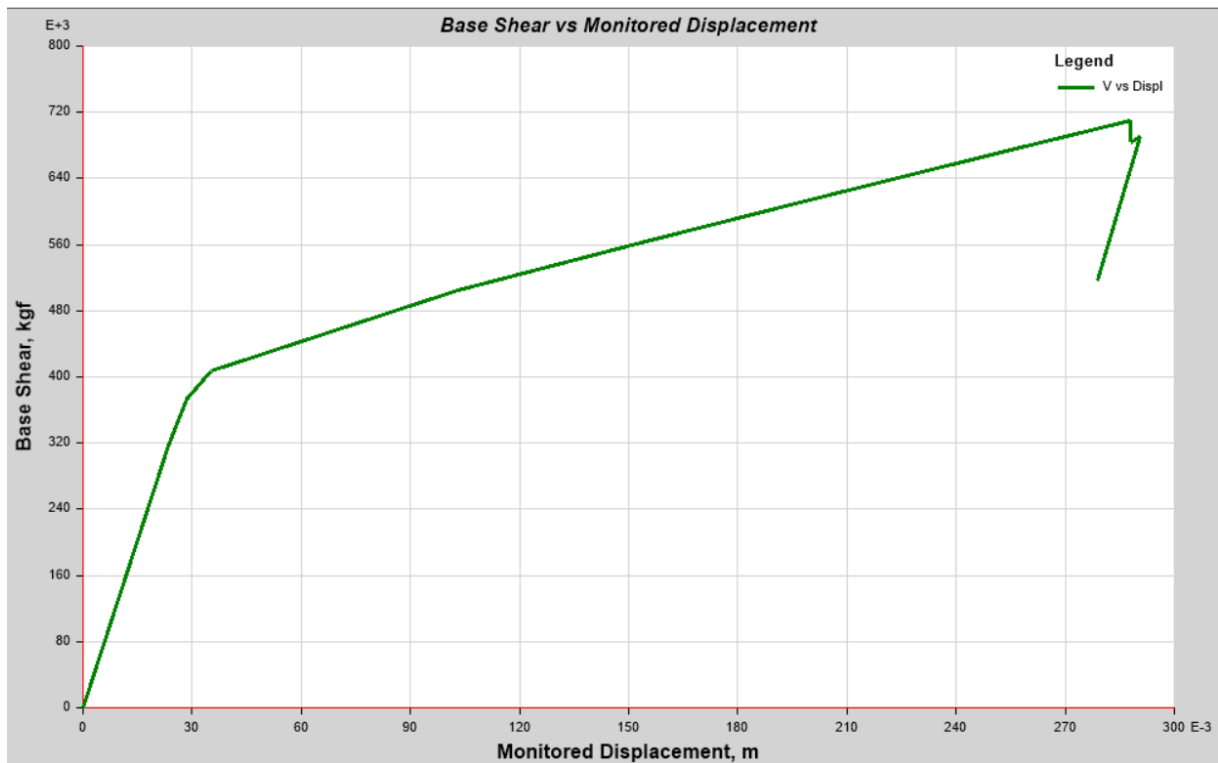


Ilustración. Curva de capacidad “Pushover” ET. Eje Y (Autores)

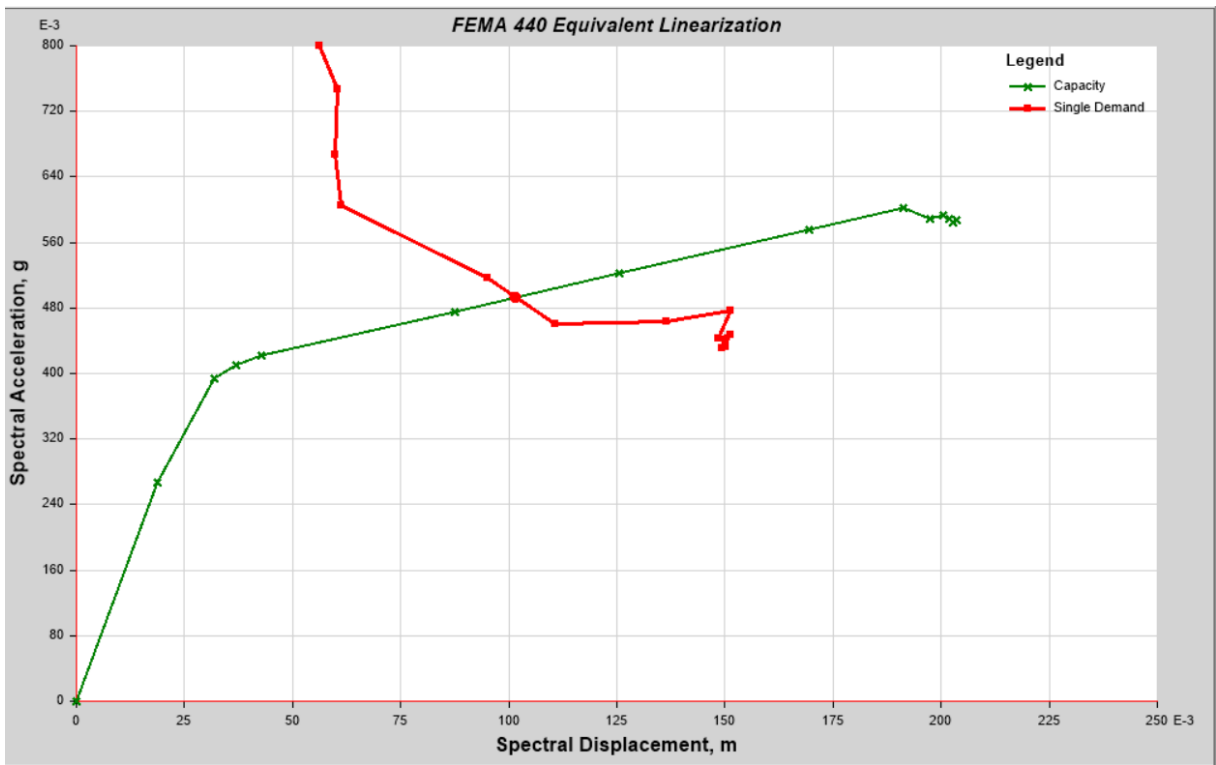


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization ET. Eje X (Autores)

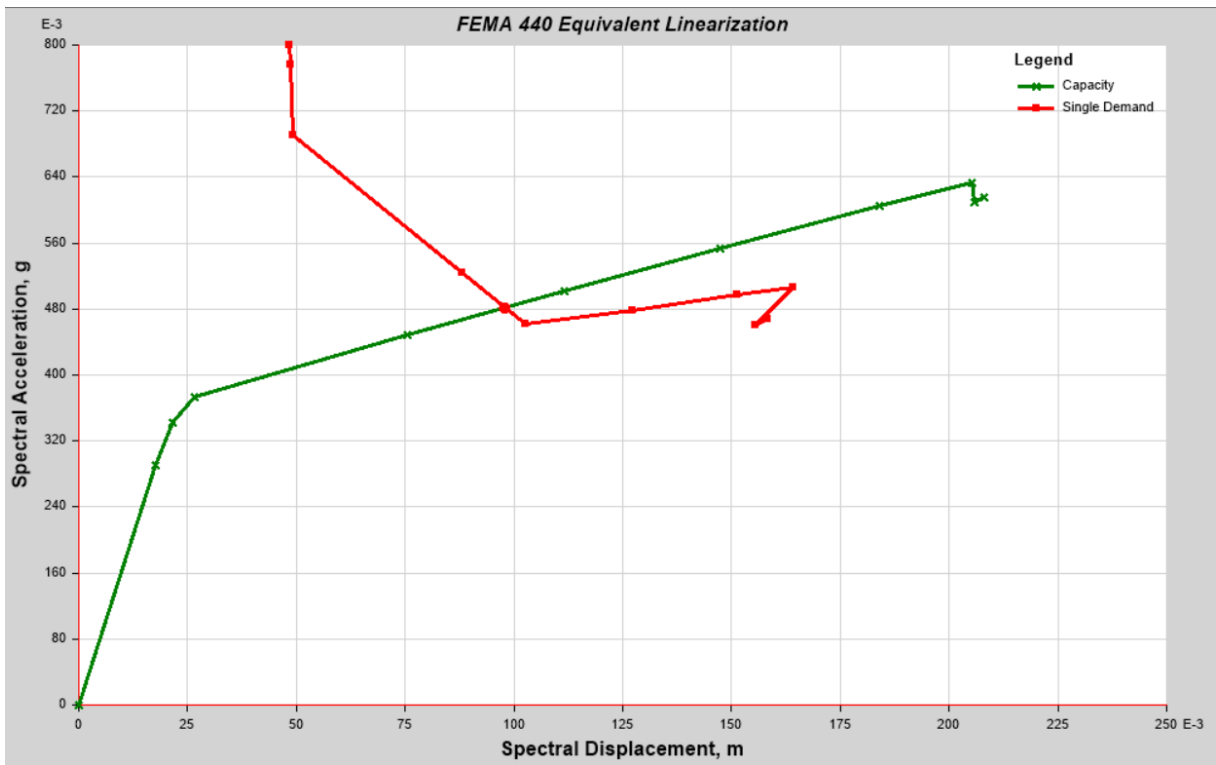


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization ET. Eje Y (Autores)



Ilustración. Curva de capacidad “Pushover” C1. Eje X (Autores)

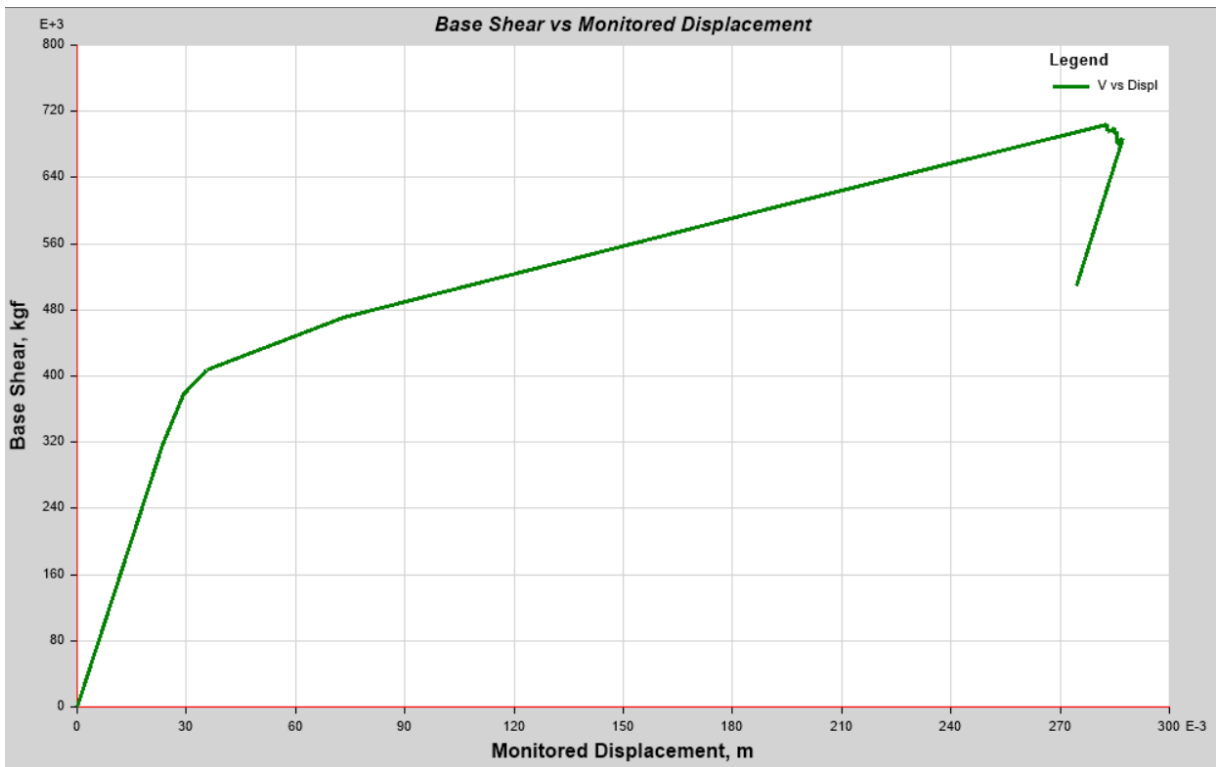


Ilustración. Curva de capacidad “Pushover” C1. Eje Y (Autores)

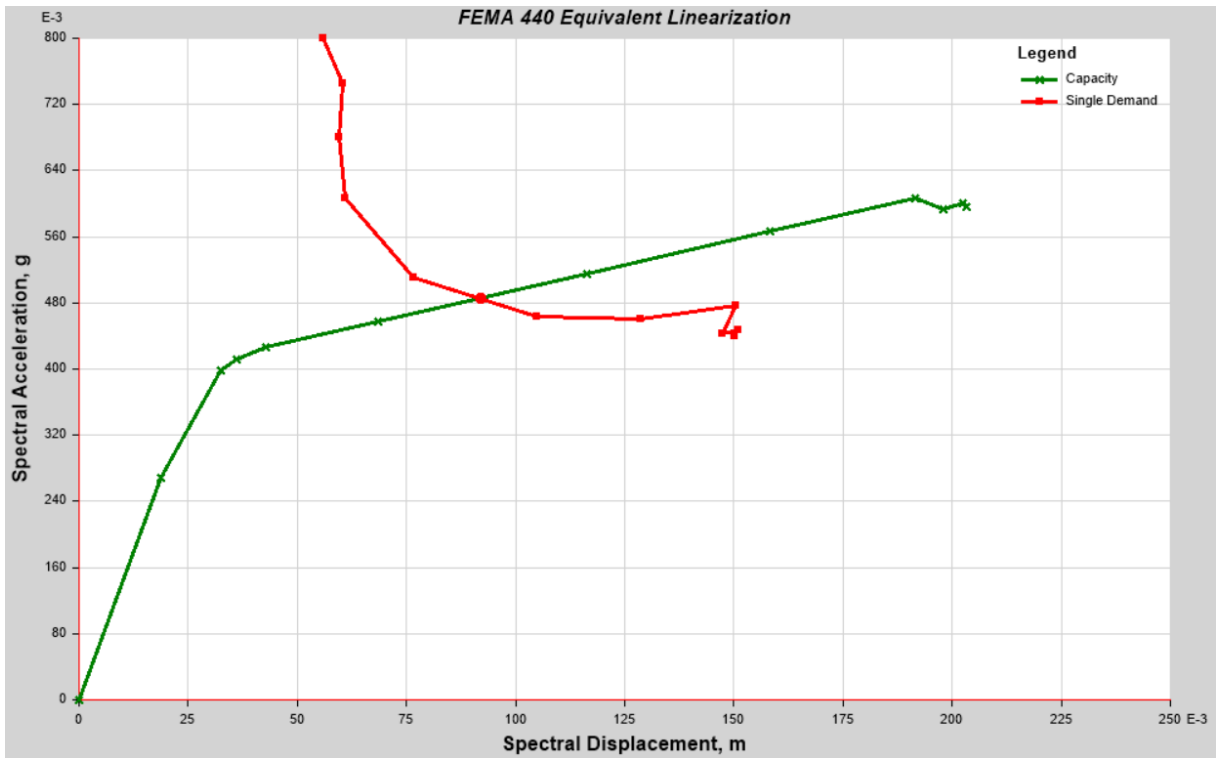


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization C1. Eje X (Autores)

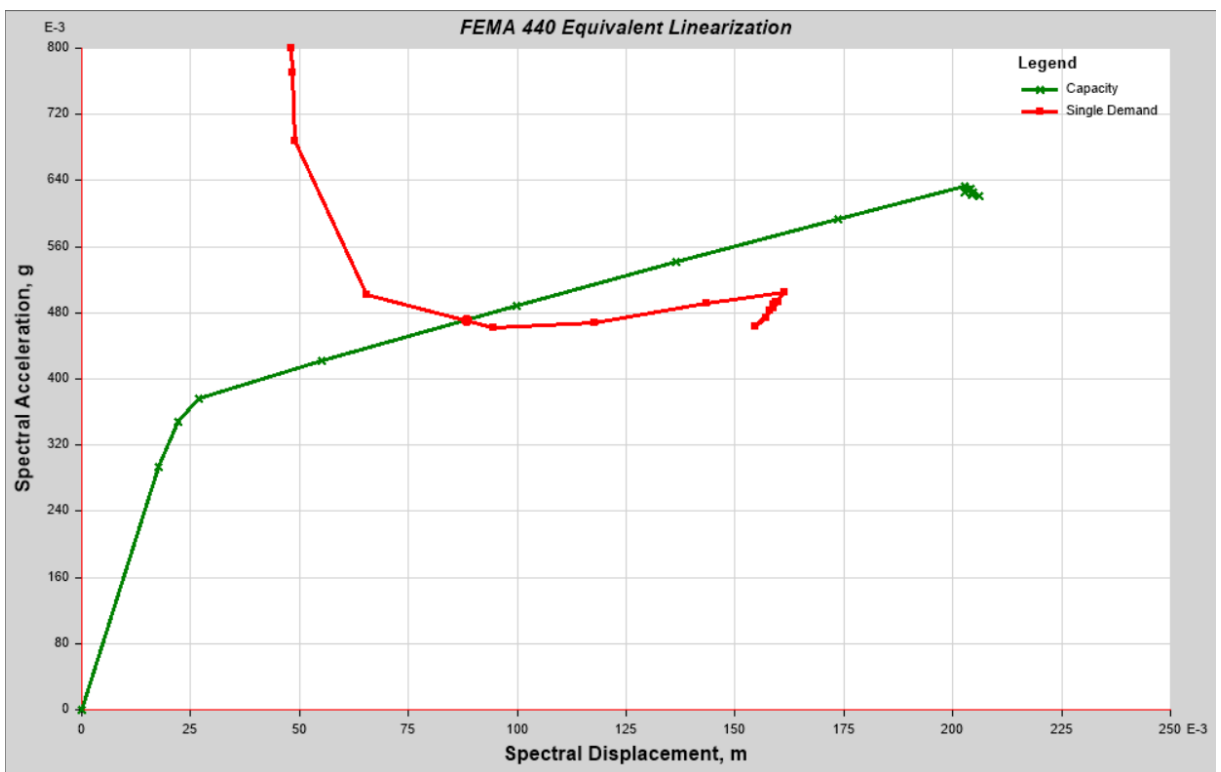


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization C1. Eje Y (Autores)

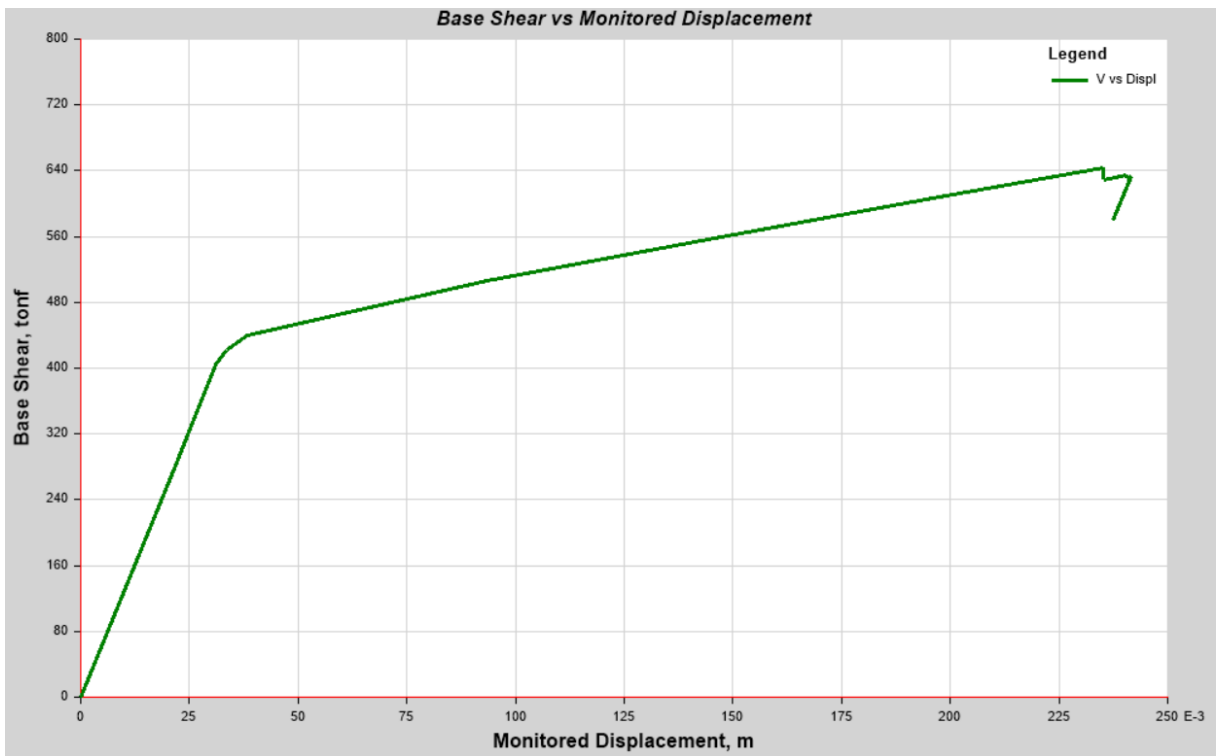


Ilustración. Curva de capacidad “Pushover” C2. Eje X (Autores)



Ilustración. Curva de capacidad “Pushover” C2. Eje Y (Autores)

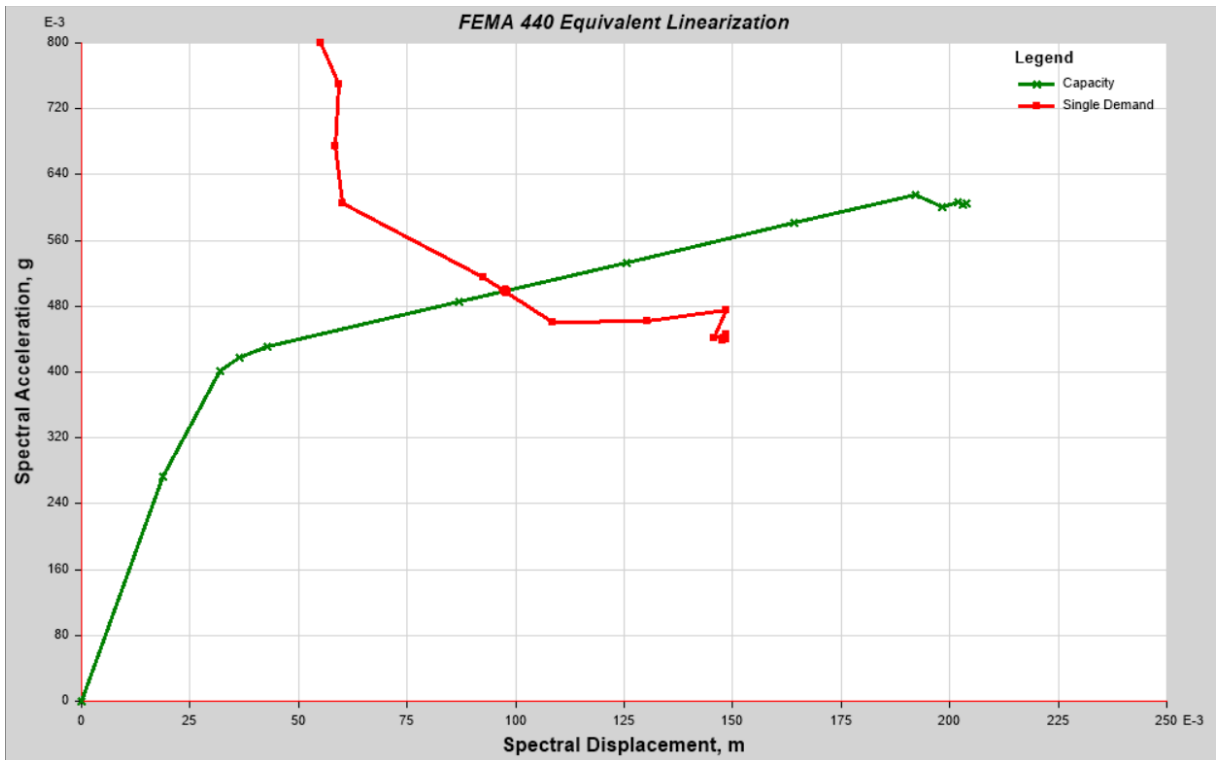


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization C2. Eje X (Autores)

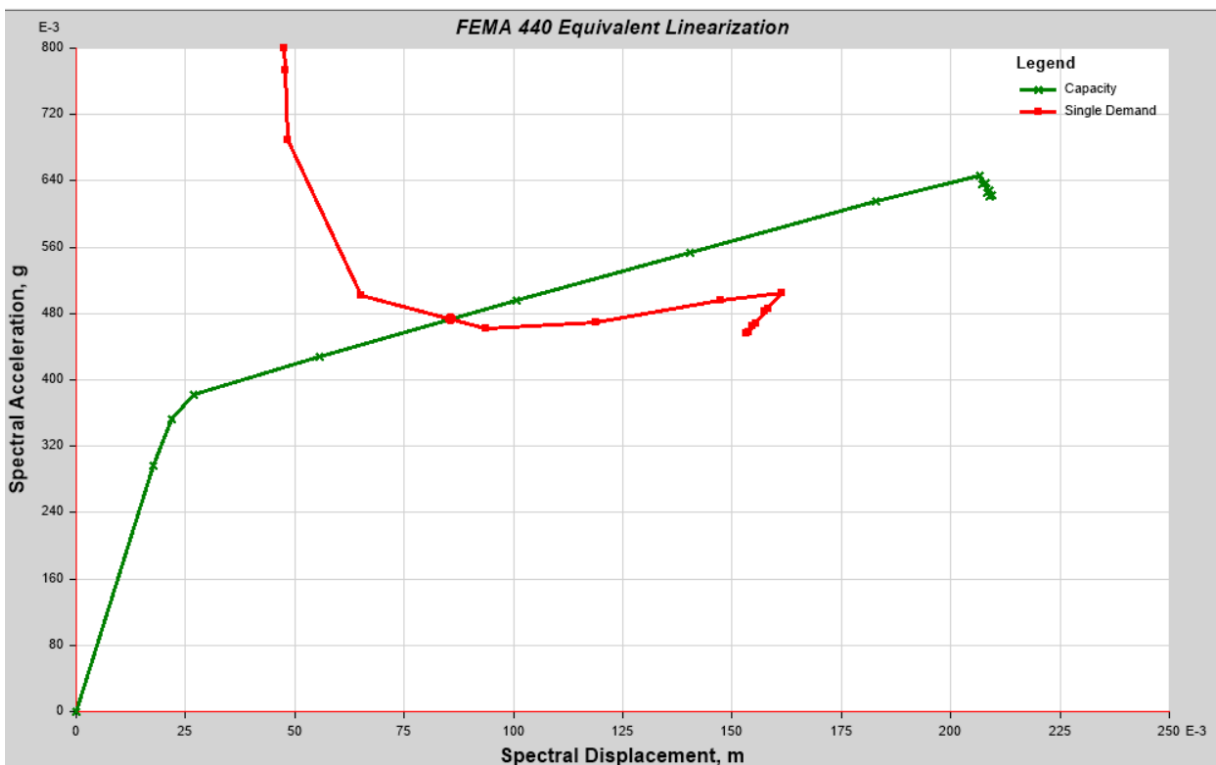


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization C2. Eje Y (Autores)

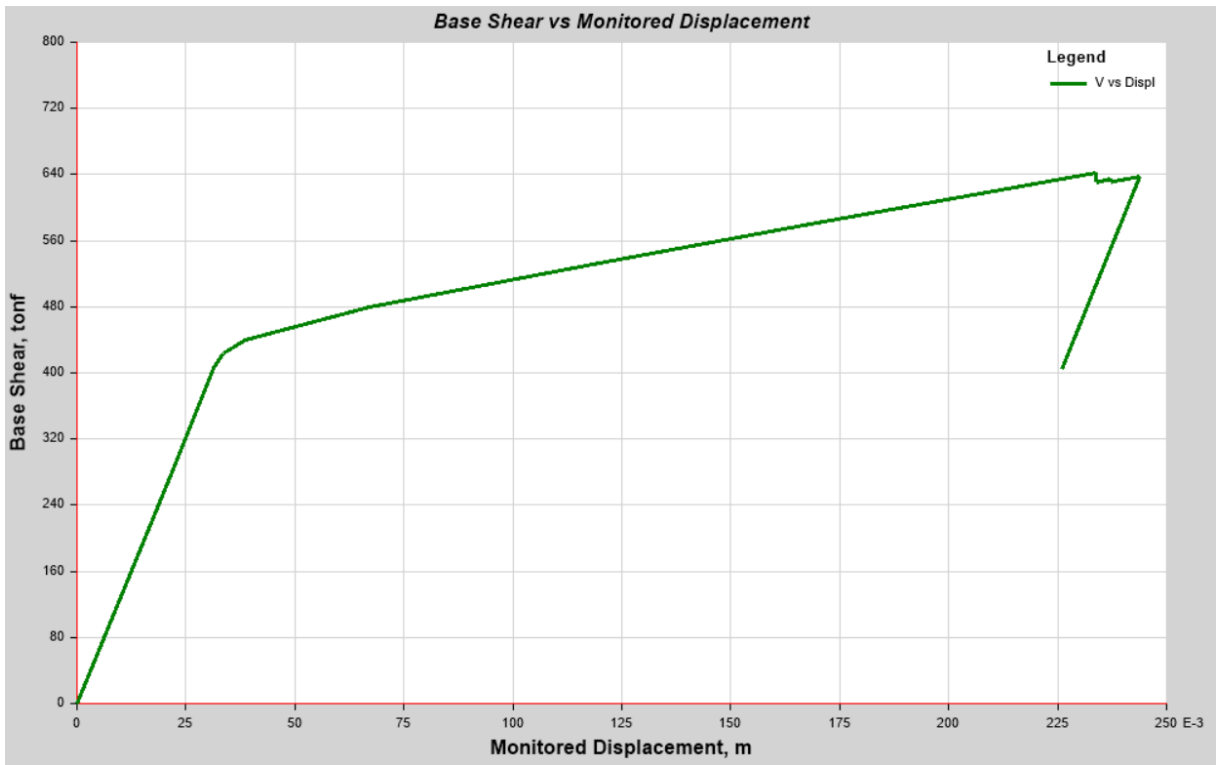


Ilustración. Curva de capacidad "Pushover" C3. Eje X (Autores)



Ilustración. Curva de capacidad "Pushover" C3. Eje Y (Autores)



Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization C3. Eje X (Autores)

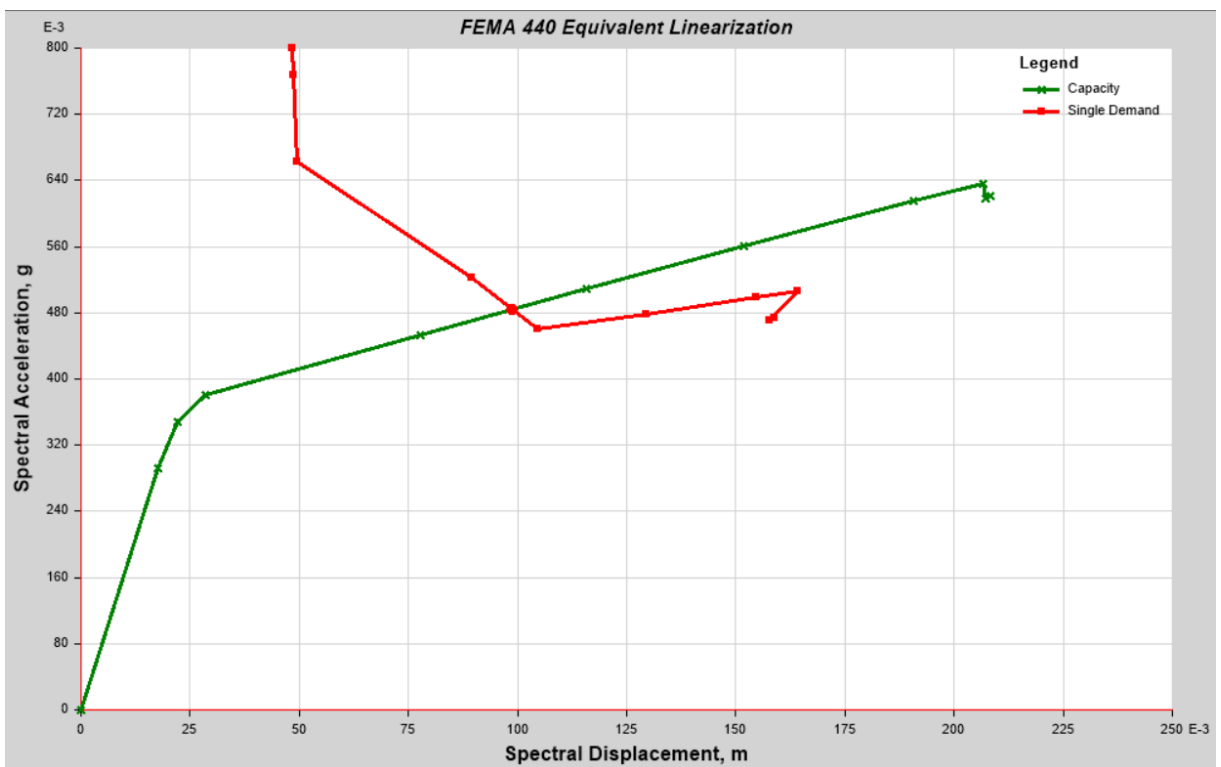


Ilustración. Curva FEMA 440 Equivalent Linearization C3. Eje Y (Autores)

Anexo 4

Tabla. Dimensiones de vigas dirección X y Y edificación uso residencial (Autores)

Piso	Dimensiones Vigas			
	Eje X		Eje Y	
	Ancho (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
4	25	30	25	30
3	30	40	30	35
2	30	40	30	35
1	35	40	30	40

Tabla. Detallamiento de vigas edificación uso residencial (Autores)

Piso	Acero longitudinal				Acero transversal					
	Viga X		Viga Y		Viga X			Viga Y		
	Negativo (-)	Positivo (+)	Negativo (-)	Positivo (+)	Extremo	Mitad	Extremo	Extremo	Mitad	Extremo
4	3 ø14mm	2 ø14mm	2 ø14mm	2 ø14mm	Eø10mm @7cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @7cm	Eø10mm @7cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @7cm
3	4 ø16mm	2 ø16mm	3 ø16mm	2 ø16mm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm
2	4 ø16mm	2 ø16mm	4 ø16mm	2 ø16mm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm
1	4 ø16mm	3 ø16mm	4 ø16mm	2 ø16mm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm

Tabla. Dimensiones y detallamiento de columnas edificación uso residencial (Autores)

Piso	Dimensiones Columnas		Acero Longitudinal		Acero transversal (estribos)
	Ancho (cm)	Altura (cm)	Acero Esquinas	Acero Central	
4	40	40	2 ø14mm	2 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm
3	45	45	2 ø16mm	2 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm
2	50	50	2 ø16mm	3 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm
1	50	50	2 ø16mm	3 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm

Tabla. Dimensiones y detallamiento de losas edificación uso residencial (Autores)

Piso	Detalle de Losa				
	Altura losa (cm)	Altura loseta (cm)	Altura nervio (cm)	Ancho nervio (cm)	Ancho cajoneta (cm)
4	20	5	15	10	40
3	20	5	15	10	40
2	20	5	15	10	40
1	20	5	15	10	40

Tabla. Dimensiones de vigas dirección X y Y edificación uso multifuncional (Autores)

Piso	Dimensiones Vigas			
	Eje X		Eje Y	
	Ancho (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
4	25	30	25	30
3	30	40	30	40
2	35	40	35	40
1	35	45	35	40

Tabla. Detallamiento de vigas edificación uso multifuncional (Autores)

Piso	Acero longitudinal				Acero transversal					
	Viga X		Viga Y		Viga X			Viga Y		
	Superior (-)	Inferior (+)	Superior (-)	Inferior (+)	Extremo	Mitad	Extremo	Extremo	Mitad	Extremo
4	3 ø14mm	2 ø14mm	2 ø14mm	2 ø14mm	Eø10mm @7cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @7cm	Eø10mm @7cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @7cm
3	4 ø16mm	2 ø16mm	3 ø16mm	2 ø16mm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm
2	4 ø16mm	3 ø16mm	3 ø16mm	3 ø16mm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm
1	4 ø16mm	3 ø16mm	4 ø16mm	3 ø16mm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @8cm	Eø10mm @15cm	Eø10mm @8cm

Tabla. Dimensiones y detallamiento de columnas edificación uso multifuncional (Autores)

Piso	Dimensiones Columnas		Acero Longitudinal		Acero transversal (estribos)
	Ancho (cm)	Altura (cm)	Acero Esquinas	Acero Central	
4	40	40	2 ø14mm	2 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm
3	45	45	2 ø16mm	2 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm
2	50	50	2 ø16mm	3 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm
1	50	50	2 ø16mm	3 ø14mm	3E ø10mm @8-8-8cm

Tabla. Dimensiones y detallamiento de losas edificación uso multifuncional (Autores)

Piso	Detalle de Losa				
	Altura losa (cm)	Altura loseta (cm)	Altura nervio (cm)	Ancho nervio (cm)	Ancho cajoneta (cm)
4	20	5	15	10	40
3	20	5	15	10	40
2	20	5	15	10	40
1	20	5	15	10	40

Anexo 5

Desglose de Análisis de Precios Unitarios

Tabla. APU del rubro EST-001 (Autores)

RUBRO:	CONTRAPISO DE HORMIGÓN SIMPLE F'C=210 Kg/cm ² ; e=10cm (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)			UNIDAD:	m ²
CÓDIGO:	EST-001				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.3474	0.3474	1.0000	0.3474
Vibrador de manguera	1.000	4.1000	4.1000	0.2500	1.0250
Concretera 1 Saco	1.000	4.5000	4.5000	0.2500	1.1250
SUBTOTAL M =					2.4974
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	0.2500	0.2045
Albañil (Estr. Oc D2)	3.000	3.8700	11.6100	0.2500	2.9025
Fierrero (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.2500	0.9675
Peón (Estr. Oc E2)	3.000	3.8300	11.4900	0.2500	2.8725
SUBTOTAL N =					6.9470
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Hormigón Premezclado f'c = 210 Kg/cm ² (Incluye Alquiler de Bomba)	m ³	0.1100	125.9500	13.8545	
Encofrado De Madera	m ²	1.0000	3.5000	3.5000	
Inhibidor de Corrosión de protección mixta	lt	0.0540	22.0000	1.1880	
Malla electro R-131 (5.15)	m ²	1.0000	3.0000	3.0000	
SUBTOTAL O =				21.5425	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
				TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)	30.9869
				INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%	6.1974
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	37.1843
				VALOR OFERTADO \$	37.25

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Tabla. APU del rubro EST-002 (Autores)

RUBRO:	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA COLUMNAS f'c=280 Kg/cm2		UNIDAD:	m3		
CÓDIGO:	EST-002					
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Herramienta menor 5% MO	1.000	1.9761	1.9761	1.0000	1.9761	
Vibrador de manguera	1.000	4.1000	4.1000	1.2500	5.1250	
SUBTOTAL M =					7.1011	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R	
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	1.2500	1.0225	
Albañil (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	1.2500	9.6750	
Carpintero (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	1.2500	9.6750	
Peón (Estr. Oc E2)	4.000	3.8300	15.3200	1.2500	19.1500	
SUBTOTAL N =					39.5225	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B		
Hormigón Premezclado f'c = 280 Kg/cm2 (Incluye Alquiler de Bomba)	m3	1.0500	150.0600	157.5630		
Encofrado De Madera	m3	1.0500	25.0000	26.2500		
SUBTOTAL O =				183.8130		
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B		
SUBTOTAL P =						
				TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)		230.4366
				INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%		46.0873
				COSTO TOTAL DEL RUBRO		276.5239
				VALOR OFERTADO \$		276.55

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN
IVA**

Tabla. APU del rubro EST-003 (Autores)

RUBRO:	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA VIGAS f'c=280 Kg/cm2		UNIDAD:	m3	
CÓDIGO:	EST-003				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	1.9761	1.9761	1.0000	1.9761
Vibrador de manguera	1.000	4.1000	4.1000	1.2500	5.1250
SUBTOTAL M =					7.1011
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	1.2500	1.0225
Albañil (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	1.2500	9.6750
Carpintero (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	1.2500	9.6750
Peón (Estr. Oc E2)	4.000	3.8300	15.3200	1.2500	19.1500
SUBTOTAL N =					39.5225
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Hormigón Premezclado f'c = 280 Kg/cm2 (Incluye Alquiler de Bomba)	m3	1.0500	150.0600	157.5630	
Encofrado De Madera	m3	1.0500	35.0000	36.7500	
SUBTOTAL O =				194.3130	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					240.9366
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					48.1873
COSTO TOTAL DEL RUBRO					289.1239
VALOR OFERTADO \$					289.20

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN
IVA

Tabla. APU del rubro EST-004 (Autores)

RUBRO:	HORMIGÓN ESTRUCTURAL PREMEZCLADO PARA NERVIOS f'c=280 Kg/cm2		UNIDAD:	m3	
CÓDIGO:	EST-004				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	1.9761	1.9761	1.0000	1.9761
Vibrador de manguera	1.000	4.1000	4.1000	1.2500	5.1250
SUBTOTAL M =					7.1011
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	1.2500	1.0225
Albañil (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	1.2500	9.6750
Carpintero (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	1.2500	9.6750
Peón (Estr. Oc E2)	4.000	3.8300	15.3200	1.2500	19.1500
SUBTOTAL N =					39.5225
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Hormigón Premezclado f'c = 280 Kg/cm2 (Incluye Alquiler de Bomba)	m3	1.0500	150.0600	157.5630	
Encofrado De Madera	m3	1.0500	30.0000	31.5000	
SUBTOTAL O =				189.0630	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					235.6866
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					47.1373
COSTO TOTAL DEL RUBRO					282.8239
VALOR OFERTADO \$					282.85

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN
IVA**

Tabla. APU del rubro EST-005 (Autores)

RUBRO:	LOSA DE COMPRESION f'c=280 kg/cm2; e=5 cm. (INC. MALLA ELECTROSOLDADA Ø5.5MM, 15X15)		UNIDAD:	m2	
CÓDIGO:	EST-005				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.4460	0.4460	1.0000	0.4460
Vibrador de manguera	1.000	4.1000	4.1000	0.5500	2.2550
SUBTOTAL M =					2.7010
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	0.5500	0.4499
Albañil (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.5500	2.1285
Fierrero (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.5500	2.1285
Peón (Estr. Oc E2)	2.000	3.8300	7.6600	0.5500	4.2130
SUBTOTAL N =					8.9199
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Hormigón Premezclado f'c = 280 Kg/cm2 (Incluye Alquiler de Bomba)	m3	0.0550	150.0600	8.2533	
Malla electro R-131 (5.15)	m2	1.0500	3.0000	3.1500	
SUBTOTAL O =				11.4033	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					23.0242
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					4.6048
COSTO TOTAL DEL RUBRO					27.6290
VALOR OFERTADO \$					27.70

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN
IVA**

Tabla. APU del rubro EST-006 (Autores)

RUBRO:	CAJONETA DE LOSA		UNIDAD:	m2	
CÓDIGO:	EST-006				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.4308	0.4308	1.0000	0.4308
SUBTOTAL M =					0.4308
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	0.7000	0.5726
Peón (Estr. Oc E2)	3.000	3.8300	11.4900	0.7000	8.0430
SUBTOTAL N =					8.6156
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Alivianador LL-14 de 14x19x39	u	8.0000	0.5700	4.5600	
SUBTOTAL O =				4.5600	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)				13.6064	
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%				2.7213	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				16.3277	
VALOR OFERTADO \$				16.50	

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Tabla. APU del rubro EST-007 (Autores)

RUBRO:	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 Kg/cm2	UNIDAD:	Kg		
CÓDIGO:	EST-007				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.0179	0.0179	1.0000	0.0179
Cortadora / dobladora de hierro	1.000	3.2000	3.2000	0.0150	0.0480
SUBTOTAL M =					0.0659
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	0.0150	0.0123
Fierrero (Estr. Oc D2)	2.000	3.8700	7.7400	0.0150	0.1161
Peón (Estr. Oc E2)	4.000	3.8300	15.3200	0.0150	0.2298
SUBTOTAL N =					0.3582
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Acero de refuerzo en barras fy=4200 Kg/cm2	m3	1.0500	1.2200	1.2810	
Alambre recocido No.18	m3	0.1050	2.5400	0.2667	
SUBTOTAL O =				1.5477	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)				1.9718	
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%				0.3944	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				2.3662	
VALOR OFERTADO \$				2.40	

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Tabla. APU del rubro EST-008 (Autores)

RUBRO:	MAMPOSTERÍA EXTERIOR CON BLOQUE P9 (0.14 x 0.19 x 0.39 m)		UNIDAD:	m2	
CÓDIGO:	EST-008				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.3394	0.3394	1.0000	0.3394
SUBTOTAL M =					0.3394
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.500	4.0900	2.0450	0.5000	1.0225
Albañil (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.5000	1.9350
Peón (Estr. Oc E2)	2.000	3.8300	7.6600	0.5000	3.8300
SUBTOTAL N =					6.7875
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Cemento fuerte tipo Gu saco 50Kg	saco	0.1000	7.6800	0.7680	
Bloque P9 de 14x19x39	u	12.5000	0.5900	7.3750	
Agua	m3	0.0100	13.5000	0.1350	
Arena	m3	0.0200	2.2500	0.0450	
SUBTOTAL O =					8.3230
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					15.4499
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					3.0900
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18.5399
VALOR OFERTADO \$					18.60

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Tabla. APU del rubro EST-009 (Autores)

RUBRO:	MAMPOSTERÍA INTERIOR CON BLOQUE PL9 (0.09 x 0.19 x 0.39 m)		UNIDAD:	m2	
CÓDIGO:	EST-009				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.3394	0.3394	1.0000	0.3394
SUBTOTAL M =					0.3394
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.500	4.0900	2.0450	0.5000	1.0225
Albañil (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.5000	1.9350
Peón (Estr. Oc E2)	2.000	3.8300	7.6600	0.5000	3.8300
SUBTOTAL N =					6.7875
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Cemento fuerte tipo Gu saco 50Kg	saco	0.1000	7.6800	0.7680	
Bloque PL9 de 9x19x39	u	12.5000	0.4100	5.1250	
Agua	m3	0.0100	13.5000	0.1350	
Arena	m3	0.0200	2.2500	0.0450	
SUBTOTAL O =					6.0730
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					13.1999
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					2.6400
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.8399
VALOR OFERTADO \$					15.90

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Tabla. APU del rubro EST-010 (Autores)

RUBRO:	ENLUCIDO EXTERIOR (INC. FILOS)	UNIDAD:	m2		
CÓDIGO:	EST-010				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.2037	0.2037	1.0000	0.2037
Andamios	1.000	2.0000	2.0000	0.3300	0.6600
SUBTOTAL M =					0.8637
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	0.3300	0.2699
Albañil (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.3300	1.2771
Peón (Estr. Oc E2)	2.000	3.8300	7.6600	0.3300	2.5278
SUBTOTAL N =					4.0748
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Reductor de fisuras para mortero	Kg	0.1200	2.0000	0.2400	
Cemento fuerte tipo Gu saco 50Kg	saco	0.3300	7.6800	2.5344	
Arena	m3	0.0300	13.5000	0.4050	
Agua	m3	0.0100	2.2500	0.0225	
SUBTOTAL O =				3.2019	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					8.1404
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					1.6281
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.7685
VALOR OFERTADO \$					9.80

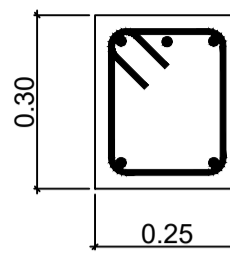
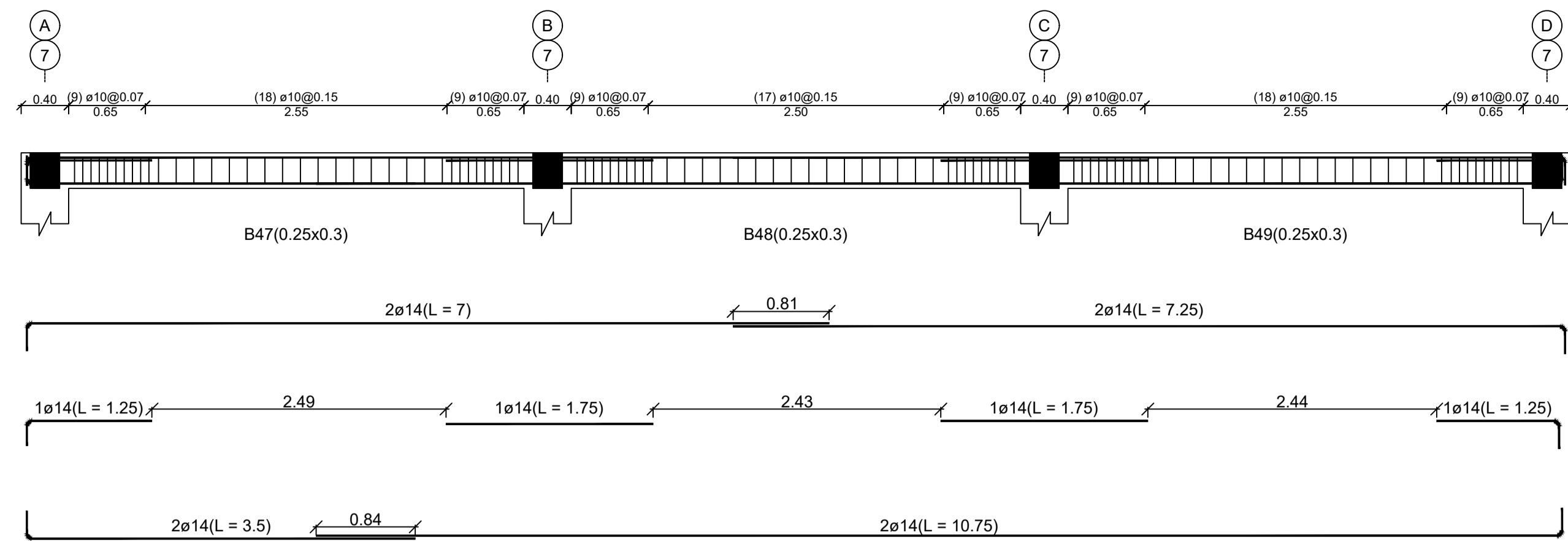
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Tabla. APU del rubro EST-011 (Autores)

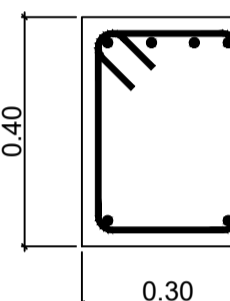
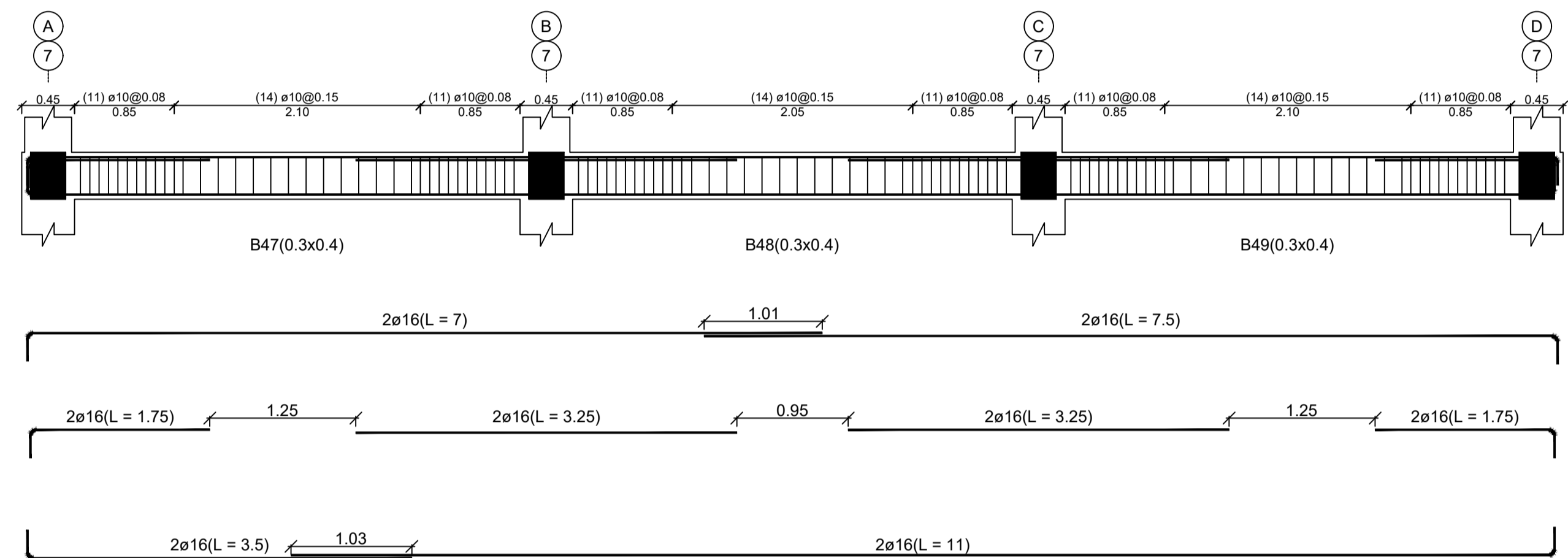
RUBRO:	ENLUCIDO INTERIOR (INC. FILOS)		UNIDAD:	m2	
CÓDIGO:	EST-011				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% MO	1.000	0.1405	0.1405	1.0000	0.1405
SUBTOTAL M =					0.1405
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/h B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro de obra (Estr. Oc C2)	0.200	4.0900	0.8180	0.3300	0.2699
Albañil (Estr. Oc D2)	1.000	3.8700	3.8700	0.3300	1.2771
Peón (Estr. Oc E2)	1.000	3.8300	3.8300	0.3300	1.2639
SUBTOTAL N =					2.8109
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Reductor de fisuras para mortero	Kg	0.1200	2.0000	0.2400	
Cemento fuerte tipo Gu saco 50Kg	saco	0.2000	7.6800	1.5360	
Arena	m3	0.0200	13.5000	0.2700	
Agua	m3	0.0050	2.2500	0.0113	
SUBTOTAL O =				2.0573	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P =					
TOTAL COSTO DIRECTOS X = (M+N+O+P)					5.0087
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20.00%					1.0017
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6.0104
VALOR OFERTADO \$					6.10

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

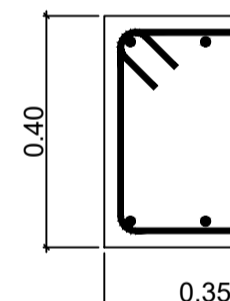
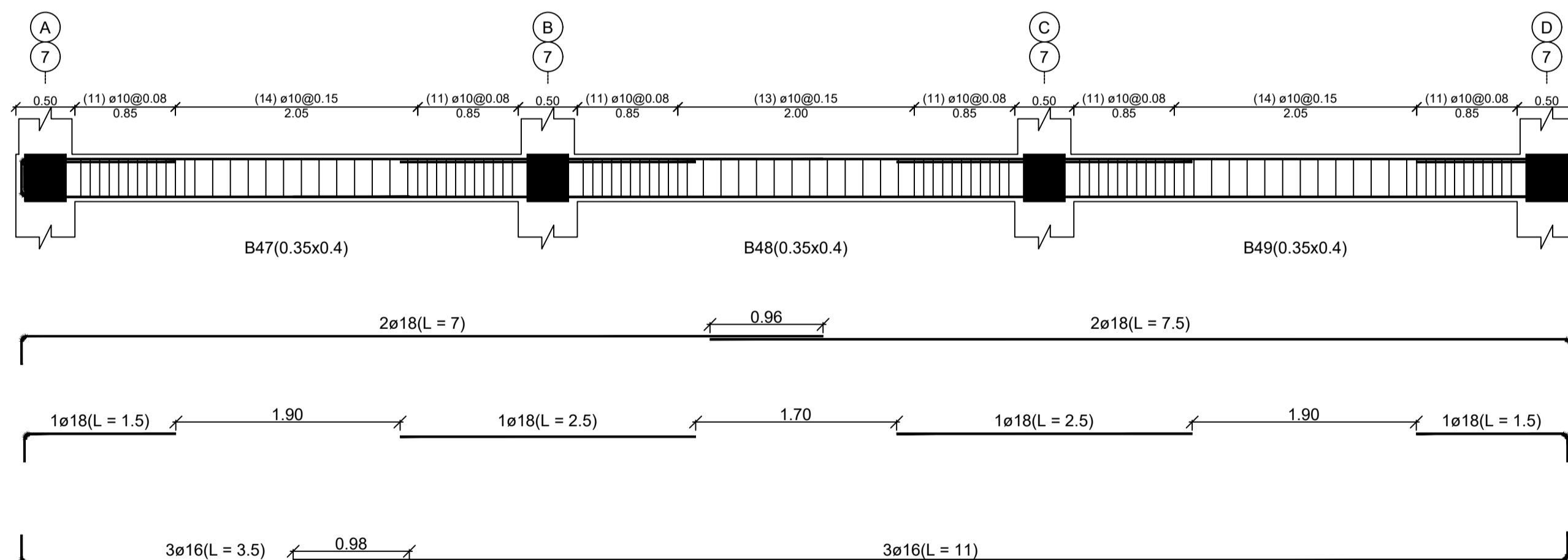
PLANOS ESTRUCTURALES



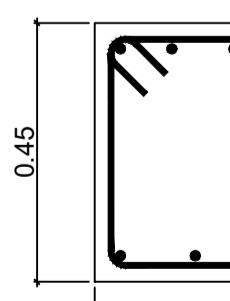
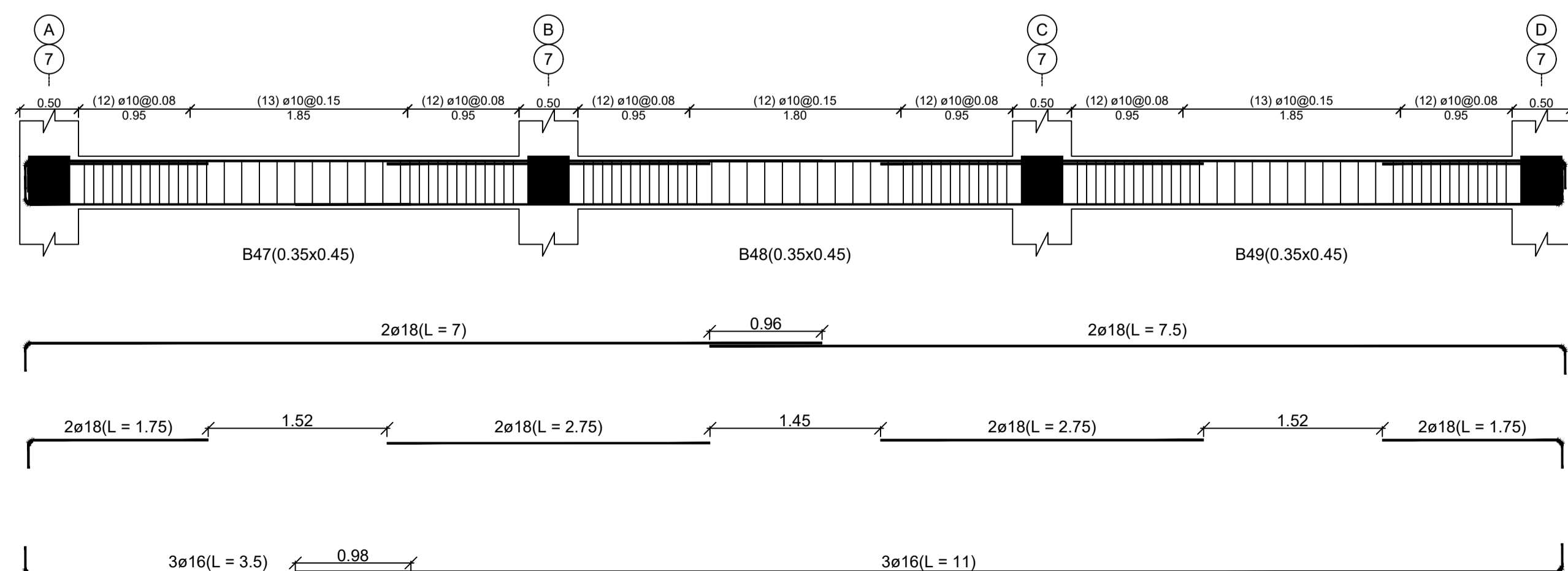
DETALLE DE VIGAX PISO 4
ESCALA 1:50



DETALLE DE VIGAX PISO 3
ESCALA 1:50



DETALLE DE VIGAX PISO 2
ESCALA 1:50



DETALLE DE VIGAX PISO 1
ESCALA 1:50

CANTIDADES DE ACERO DE REFUERZO (Kg)				
PISOS	Vigas	Columnas	Nervios	Total
1	6674.54	7538.88	3103.70	17317.12
2	6312.70	5531.95	3103.70	14948.35
3	5218.22	4849.71	3103.70	13171.62
4	3539.11	3901.16	3103.70	10543.96
				55981.06

CANTIDADES DE HORMIGON (m3)		
PISOS	Vigas	Columnas
1	28.35	28.00
2	26.70	24.00
3	23.19	19.44
4	14.37	15.36
Total	92.61	86.80

espol

ESPECIFICACIONES TECNICAS:
 *REGLAMENTO A.C.I. 318S-14, NEC -SE -CG,
 NEC - SE - DS, NEC - SE - GC.

*RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA
 EL CONCRETO $f'_c=280$ kg/cm².

*RESISTENCIA DEL ACERO REFUERZO $f_y=4200$
 kg/cm².

RECUBRIMIENTOS:
 *VIGAS Y COLUMNAS 4.0 cm.
 *LOSA Y NERVIOS 2.5 cm.

SUELOS:
 *TIPO DE SUELO E.
 *CAPACIDAD PORTANTE 2.70 T/m².

PARÁMETROS SÍSMICOS:
 *ZONIFICACIÓN(Z) 0.40.
 *COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN: $F_a=1$, $F_d=1.6$,
 F_s , 1.9.
 *COEFICIENTE DE IMPORTANCIA(I): 1.
 *PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA:
 0.53s.

DETALLE DE GANCHOS Y LONGITUD DE
 DESARROLLO:

DOBLADO DE ESTRIBOS DOBLADO A 90°

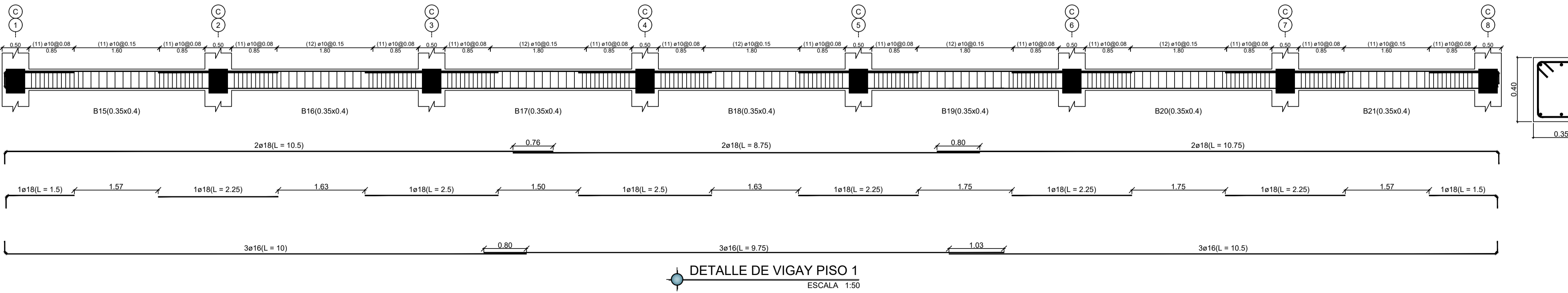
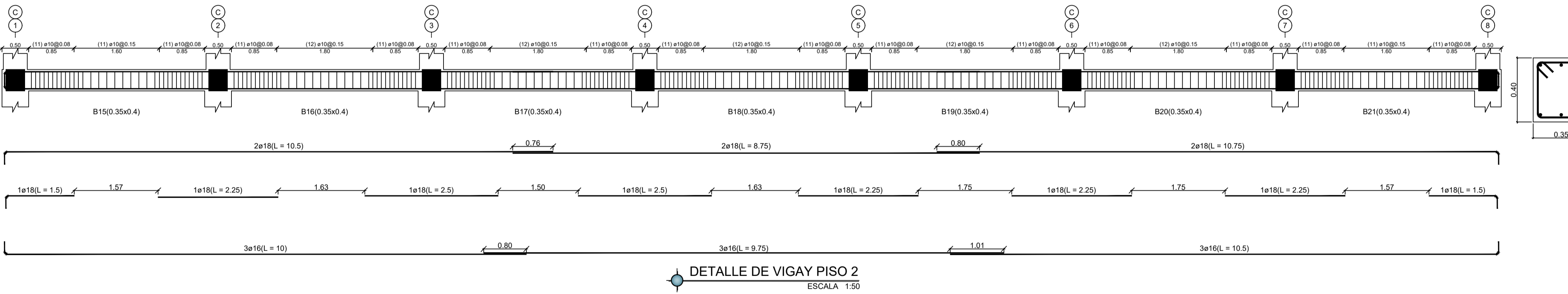
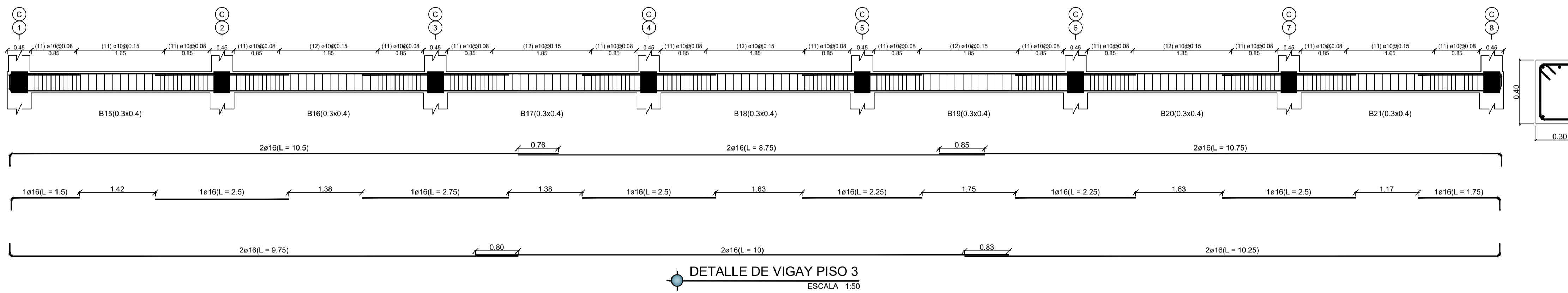
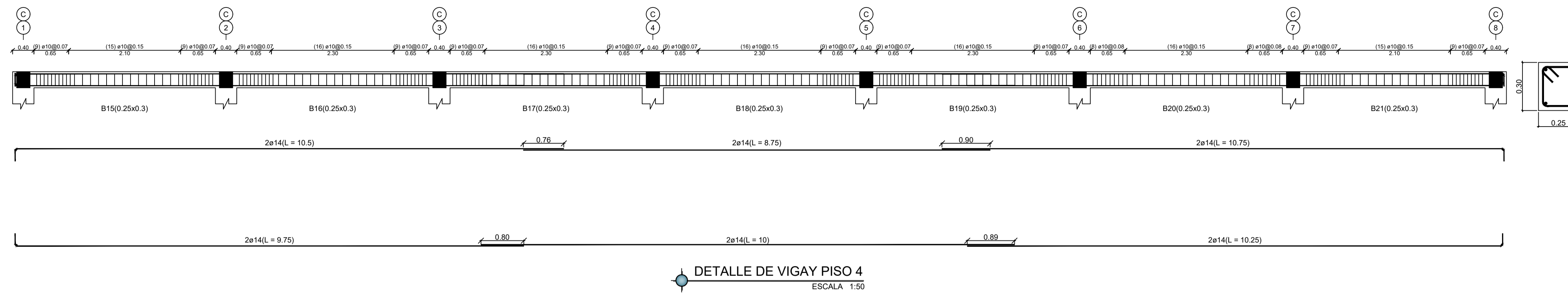
ø	Dh	Ld	ø	Dh
5.5	35	100	8	50
8	35	130	10	60
10	40	150	12	65
12	60	170	14	85
14	80	190	16	100
18	110		18	110
20	120		20	120

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO : EDIFICACIÓN MULTIFUNCIONAL

CONTENIDO : DETALLAMIENTO VIGAS SENTIDO X

Tutor : Ing. David Valverde	Escala: Indicadas	Lamina: EST. 1/4
Co-Tutor : Ing. Danilo Dávila	Paralelo: 3	Fecha: DICIEMBRE-2022
Docente : Ing. Samantha H.	Autores: - Fabricio M. Guillén Cedeño - Steeven I. Macias Panchana	



ESPECIFICACIONES TECNICAS:
 *REGLAMENTO A.C.I. 318S-14, NEC -SE -CG,
 NEC - SE - DS, NEC - SE - GC.

*RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA
 EL CONCRETO $f'_c=280$ kg/cm².

*RESISTENCIA DEL ACERO REFUERZO $f_y=4200$
 kg/cm².

RECUBRIMIENTOS:
 *VIGAS Y COLUMNAS 4.0 cm.
 *LOSA Y NERVIOS 2.5 cm.

SUELOS:
 *TIPO DE SUELO E.
 *CAPACIDAD PORTANTE 2.70 T/m².

PARÁMETROS SÍSMICOS:
 *ZONIFICACIÓN(Z) 0.40.
 *COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN: $F_a=1$, $F_d=1.6$,
 F_s , 1.9.
 *COEFICIENTE DE IMPORTANCIA(I): 1.
 *PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA:
 0.53s.

DETALLE DE GANCHOS Y LONGITUD DE
 DESARROLLO:

DOBLADO DE ESTRIBOS DOBLADO A 90°

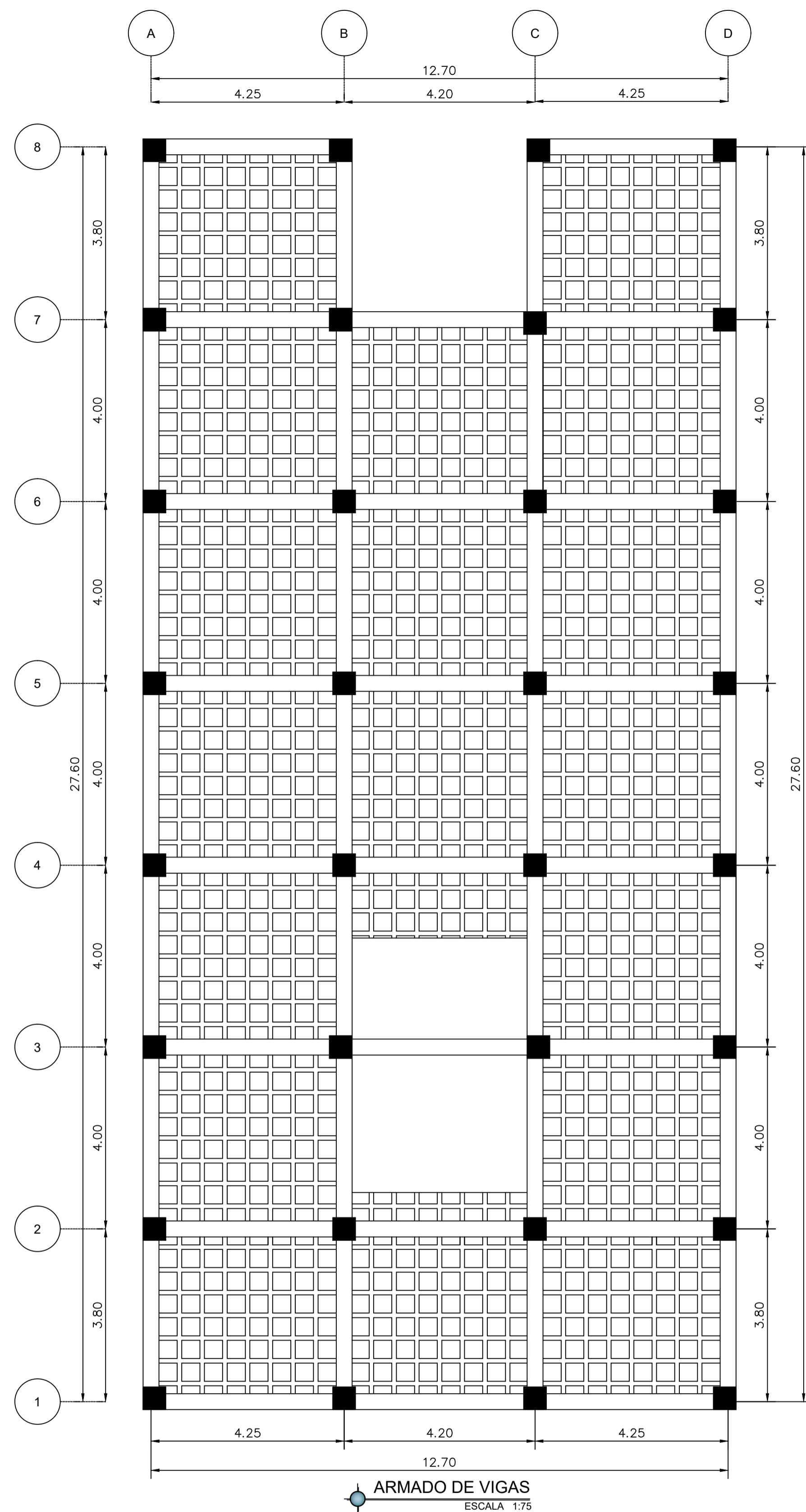
∅	Dh	Ld	∅	Dh
5.5	35	100	8	50
8	35	130	10	60
10	40	150	12	65
12	60	170	14	85
14	80	190	16	100
18	110		18	110
20	120		20	120

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

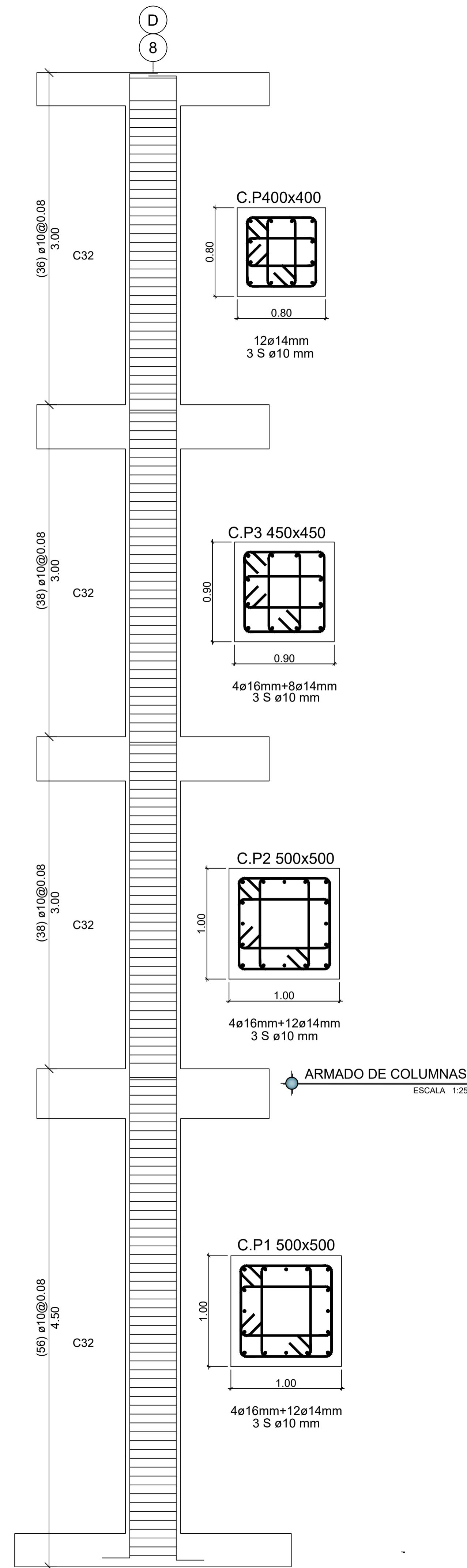
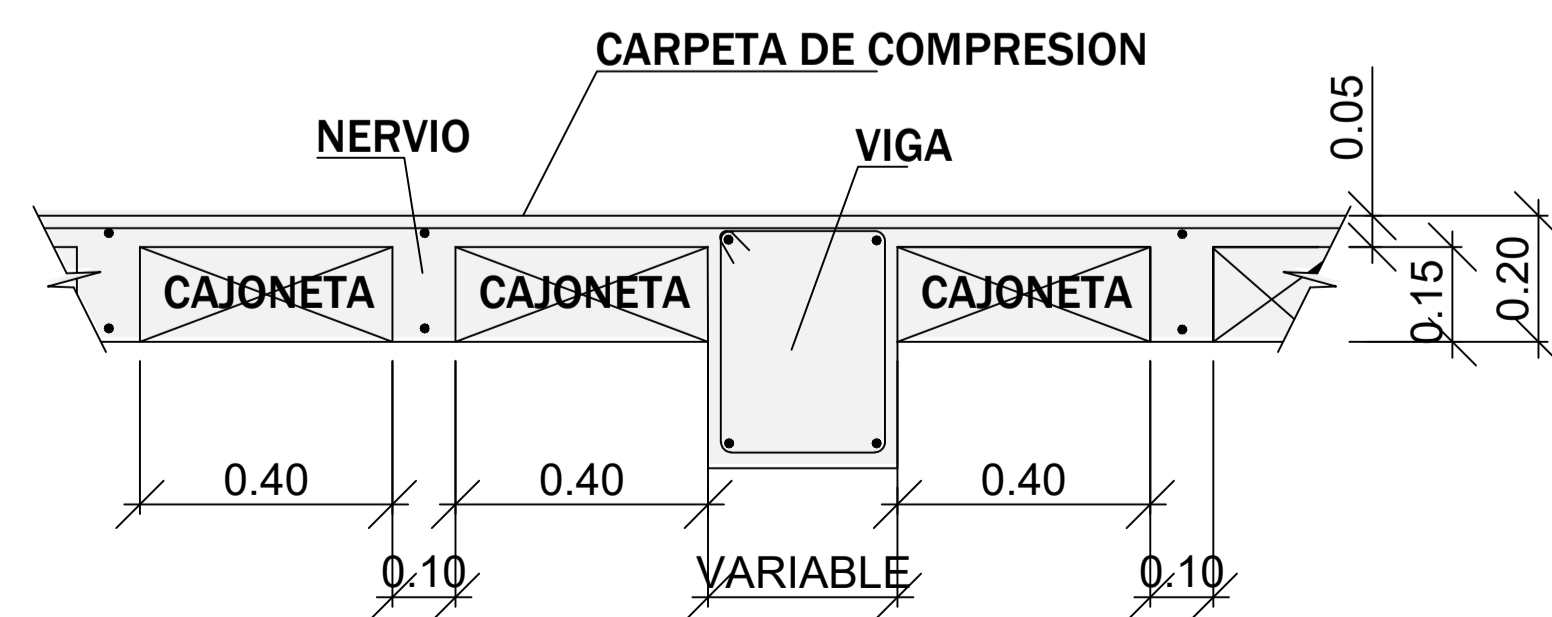
PROYECTO : EDIFICACIÓN MULTIFUNCIONAL

CONTENIDO : DETALLAMIENTO VIGAS SENTIDO Y

Tutor : Ing. David Valverde	Escala: Indicadas	Lamina: EST. 2/4
Co-Tutor : Ing. Danilo Dávila	Paralelo: 3	Fecha: DICIEMBRE-2022
Docente : Ing. Samantha H.	Autores: - Fabricio M. Guillén Cedeño - Steeven I. Macias Panchana	



ARMADO DE VIGAS
ESCALA 1:75



ESPECIFICACIONES TECNICAS:
*REGLAMENTO A.C.I. 318S-14, NEC -SE -CG,
NEC - SE - DS, NEC - SE - GC.

*RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA
EL CONCRETO $f'_c=280$ kg/cm².

*RESISTENCIA DEL ACERO REFUERZO $f_y=4200$
kg/cm².

RECUBRIMIENTOS:
*VIGAS Y COLUMNAS 4.0 cm.
*LOSA Y NERVIOS 2.5 cm.

SUELOS:
*TIPO DE SUELO E.
*CAPACIDAD PORTANTE 2.70 T/m².

PARÁMETROS SÍSMICOS:
*ZONIFICACIÓN(Z) 0.40.
*COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN: $F_a=1$, $F_d=1.6$,
 F_s , 1.9.
*COEFICIENTE DE IMPORTANCIA(I): 1.
*PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA:
0.53s.

DETALLE DE GANCHOS Y LONGITUD DE
DESARROLLO:

DOBLADO DE ESTRIBOS DOBLADO A 90°

ϕ	Dh	Ld	ϕ	Dh
5.5	35	100	8	50
8	35	130	10	60
10	40	150	12	65
12	60	170	14	85
14	80	190	16	100
			18	110
			20	120

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO : EDIFICACIÓN MULTIFUNCIONAL

CONTENIDO : DETALLAMIENTO COLUMNAS Y LOSA

Tutor :
Ing. David Valverde

Escala:
Indicadas

Lamina:
EST. 3/4

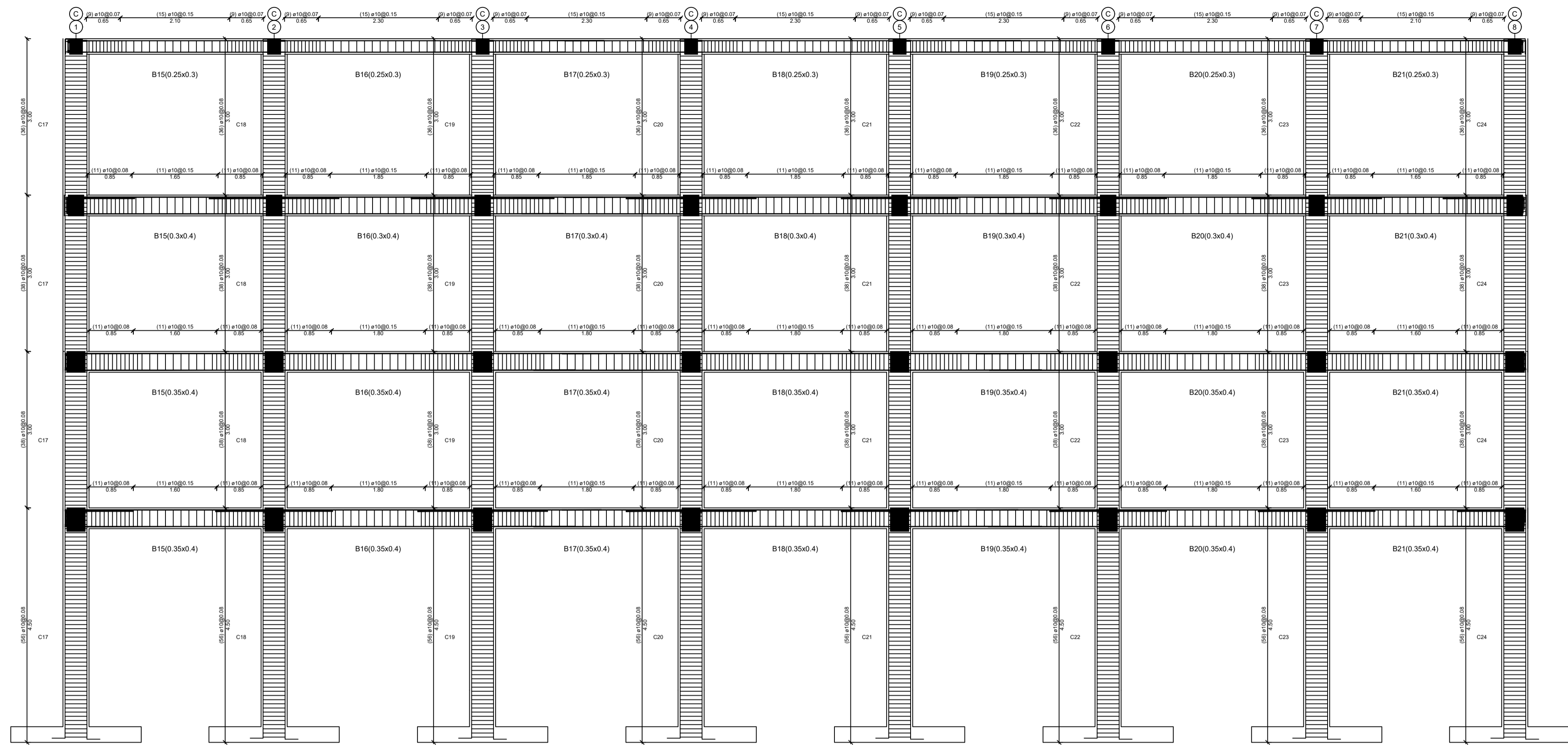
Co-Tutor :
Ing. Danilo Dávila

Paralelo:
3

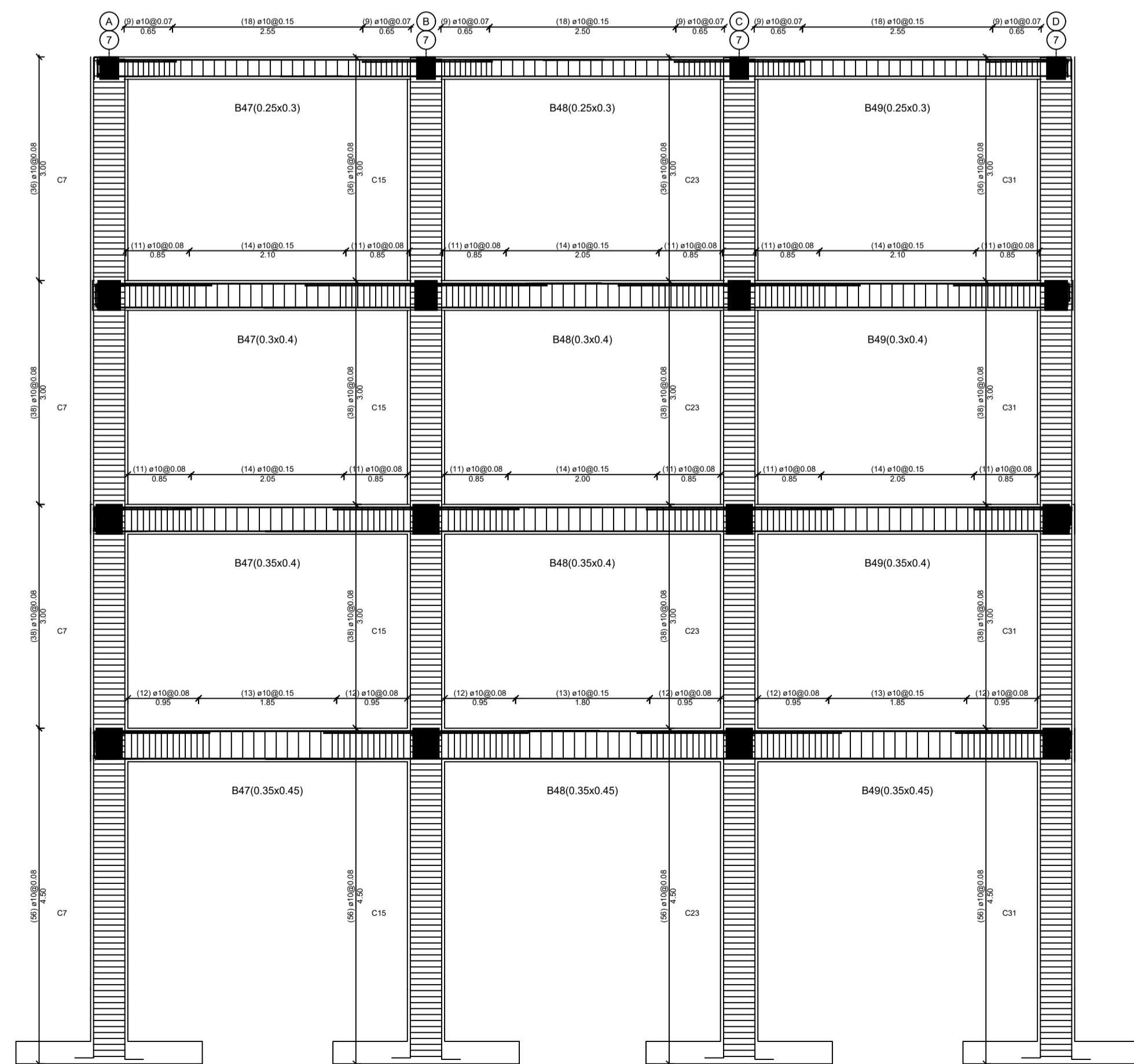
Fecha:
DICIEMBRE-2022

Docente :
Ing. Samantha H.

Autores:
- Fabricio M. Guillén Cedeño
- Steeven I. Macias Panchana



ALZADO EJE C
ESCALA 1:75



ALZADO EJE 7
ESCALA 1:75



ESPECIFICACIONES TECNICAS:
*REGLAMENTO A.C.I. 318S-14, NEC -SE -CG,
NEC - SE - DS, NEC - SE - GC.

*RESISTENCIA DE DISEÑO ESPECIFICADA PARA
EL CONCRETO $f'c=280$ kg/cm².
*RESISTENCIA DEL ACERO REFUERZO $f_y=4200$
kg/cm².

RECUBRIMIENTOS:
*VIGAS Y COLUMNAS 4.0 cm.
*LOSA Y NERVIOS 2.5 cm.

SUELOS:
*TIPO DE SUELO E.
*CAPACIDAD PORTANTE 2.70 T/m².

PARÁMETROS SÍSMICOS:
*ZONIFICACIÓN(Z) 0.40.
*COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN: $F_a=1$, $F_d=1.6$,
 F_s , 1.9.
*COEFICIENTE DE IMPORTANCIA(I): 1.
*PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA:
0.53s.

DETALLE DE GANCHOS Y LONGITUD DE
DESARROLLO:

DOBLADO DE ESTRIBOS DOBLADO A 90°

∅	Dh	Ld	∅	Dh
5.5	35	100	8	50
8	35	130	10	60
10	40	150	12	65
12	60	170	14	85
14	80	190	16	100
			18	110
			20	120

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO : EDIFICACIÓN MULTIFUNCIONAL

CONTENIDO : DETALLAMIENTO PÓRTICOS SENTIDO X,Y

Tutor :
Ing. David Valverde

Escala:
Indicadas

Lamina:
EST. 4/4

Co-Tutor :
Ing. Danilo Dávila

Paralelo:
3

Fecha:
DICIEMBRE-2022

Docente :
Ing. Samantha H.

Autores:

- Fabricio M. Guillén Cedeño
- Steeven I. Macias Panchana