

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones
multifamiliares mediante métodos convencionales,
edificio multifamiliar Benjamín Del Solar, Sachaca,
Arequipa 2021**

Jorginho Marco Ramos Cahuapaza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien cuida mi camino y protege a mi familia.

A mi madre Rosa Cahuapaza Aquino por el inmenso amor que le tengo y por contar con su compañerismo, durante este proceso.

A mi padre Francisco Ramos Minaya por estar siempre pendiente de mi educación y hacer de mí un profesional que ama su carrera.

A mi asesor de tesis el Dr. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta, quien semana a semana me orientó para el adecuado desarrollo de mi investigación y por el cual, le estoy muy agradecido.

DEDICATORIA

A mis padres, Francisco Ramos Minaya y Rosa Cahuapaza Aquino, quienes cultivaron en mí, el deseo de superarme.

A mis hermanos, Francisco y Mirelia, quienes a la vez son mis mejores amigos y estuvieron conmigo en todo momento.

RESUMEN

La presente investigación titula: Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares, mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021; tuvo por objetivo determinar el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares, según métodos convencionales. Como metodología se empleó el método científico por medio de la aplicación del análisis estático, dinámico modal y el análisis no lineal estático, para determinar de manera explícita el estado de comportamiento sísmico de una edificación multifamiliar, el nivel de la investigación es explicativo y de diseño experimental.

Los resultados obtenidos fueron 444.93 *tonf* y 472.46 *tonf* en las direcciones X-X & Y-Y respectivamente por parte de la acción de un sismo severo, obteniendo una clasificación de seguridad de vida (LS), como se muestra en la gráfica de la sectorización del desempeño sísmico.

La investigación muestra como conclusión que la norma peruana sismorresistente proporciona una conservadora resistencia a las edificaciones de concreto armado, limitando la deriva de entrepiso al 7 por mil, por otra parte, de acuerdo al análisis no lineal la edificación contiene un adecuado porcentaje entre rigidez y ductilidad; hecho que se puede observar gráficamente, mediante la curva de capacidad obtenida para cada dirección del análisis.

Palabras claves: rigidez, ductilidad y deformación.

ABSTRACT

The present research entitled: Evaluation of the seismic performance of multifamily buildings by conventional methods, Benjamín del Solar multifamily building, Sachaca, Arequipa 2021, set as objective to determine the seismic performance of multifamily buildings analyzed by conventional methods of seismic analysis. As a methodology, the scientific method was applied through the application of static analysis, modal dynamic and nonlinear static analysis to explicitly determine the state of seismic behavior of a multifamily building, the level of research is explanatory and experimental design.

The results obtained were 444.93 *tonf* and 472.46 *tonf* in the X-X & Y-Y directions respectively from the severe earthquake action obtaining a life safety (LS) rating as shown in the seismic performance sectorization graph.

The research shows as a conclusion that the Peruvian seismic-resistant standard provides a conservative resistance to reinforced concrete buildings by limiting the mezzanine drift to 7 per thousand, on the other hand, according to the nonlinear analysis, the building contains an adequate percentage between stiffness and ductility, a fact that can be observed graphically through the capacity curve obtained for each direction of the analysis

Key words: stiffness, ductility, and deformation.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil en una de sus ramas características del análisis estructural se encuentra en la constante investigación y desarrollo de métodos de análisis sísmico, que prevean a las edificaciones de concreto armado un adecuado comportamiento sismorresistente ante la ocurrencia de fuertes sismos; que se presentan, debido a las erupciones volcánicas o la interacción entre placas cercanas al litoral. Tal como se estipula en la actualidad de las normas latinoamericanas, en la normativa sismorresistente de nuestro país se tiene como objetivo, evitar cualquier daño que comprometa el colapso de las edificaciones y preserve la vida de los ocupantes; sin embargo, las nuevas metodologías del siglo XXI, propuestas por normas estadounidenses como el ATC-40, FEMA 440 y el comité VISIÓN 2000, pueden complementar este objetivo con el propósito de conocer de manera explícita el desempeño de edificaciones de concreto armado y predecir su probable comportamiento sismorresistente, ante la ocurrencia de distintos niveles de sismo, que ocurren habitualmente o particularmente cada cierto periodo de años.

La presente investigación titulada: Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021, busca conocer el comportamiento sismorresistente de edificaciones de concreto armado existentes en la ciudad de Arequipa. En su desarrollo se aplicó los métodos del análisis sísmico estático, dinámico modal y el análisis no lineal estático, las cuales están relacionadas con las variables: V_1 y V_2 de la investigación.

En su desarrollo se fija como objetivo: determinar el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar ubicado en la urbanización las Condes C-15 en el distrito de Sachaca, departamento de Arequipa, con el cual se obtuvieron desplazamientos de 12.88 *cm* y 12.91 *cm* en el punto de monitoreo del centro de masas del último piso ante la acción de un sismo severo en las direcciones X-X & Y-Y, respectivamente, con el que se obtuvo una clasificación de seguridad de vida (LS); y finalmente se tiene las siguientes conclusiones:

La presente investigación utilizó las condiciones sismorresistentes de la normativa actual (NTE E0.30 , 2018), aplicada a una edificación construida en el año 2014, donde se deduce que la normativa actual es más conservadora con referencia a edificaciones

de concreto armado y que presentan cierto tipo de irregularidad en planta o altura; por otra parte, de acuerdo al análisis no lineal la edificación obtuvo una adecuada relación entre rigidez y ductilidad, hecho que se puede observar mediante la curva de capacidad y la gráfica de la sectorización, para clasificar el estado de la edificación ante determinada amenaza sísmica.

La investigación es de suma importancia, porque permitirá conocer que tan adecuado son los métodos convencionales de análisis sísmico, para estimar el desempeño de una edificación multifamiliar ante distintos niveles de peligro sísmico.

La investigación está conformada por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Muestra el planteamiento y formulación del problema, se menciona los problemas y objetivos de la investigación, describiendo también las variable dependiente e independiente.

Capítulo II: Menciona los antecedentes nacionales e internacionales que tuvieron similitud con el objetivo de la presente investigación, mencionando también las bases teóricas.

Capítulo III: Describe la metodología, tipo y nivel de investigación, a su vez se presenta la población y muestra de la investigación.

Capítulo VI: Presenta los análisis y resultados de la investigación por cada objetivo específico como el objetivo general.

Capítulo V: Menciona las discusiones de la investigación, contrastando resultados con investigaciones con similar objetivo.

Capítulo VI: Menciona las recomendaciones obtenidas de las conclusiones por cada objetivo específico y el objetivo general.

ÍNDICE

Carátula	i
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria	iii
Resumen.....	iv
Abstract	v
Introducción.....	v
Índice	viii
Lista de tablas	xi
Lista de figuras.....	xiii
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Problema general.....	2
1.1.2. Problemas específicos.....	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.3.1. Justificación teórica.....	3
1.3.2. Justificación práctica.....	3
1.3.3. Justificación metodológica.....	4
1.3.4. Importancia de la investigación	4
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis general.....	4
1.4.2. Hipótesis específicas.....	4
1.5. Descripción de variables	4
1.5.1. Variable V1: Métodos convencionales	5
1.5.2. Variable V2: Desempeño sísmico.....	5
1.5.3. Operacionalización de variables	6
1.6. Delimitación.....	7
1.6.1. Delimitación conceptual	7
1.6.2 Delimitación espacial	7
1.6.3 Delimitación temporal.....	7
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes nacionales	8
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	9

2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Métodos convencionales de análisis sísmico	10
2.2.2. Desempeño sísmico.....	11
2.2.3. Modelo de análisis	12
2.3. Definición de términos básicos.	13
3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	14
3.1. Métodos y alcance de la investigación:.....	14
3.1.1. Método: científico	14
3.1.2. Tipo: aplicada.....	14
3.2. Nivel y diseño de la investigación:	14
3.2.1. Nivel: explicativo	15
3.2.2. Diseño: experimental	15
3.3. Población, muestra y muestreo.	15
3.3.1. Población.....	15
3.3.2. Muestra.....	15
3.3.3. Muestreo: No probabilístico.....	16
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.	16
3.4.1. Técnica: Observación directa.....	16
3.4.2. Instrumentos: Ficha de recopilación de información.....	16
3.4.2.1. Validez.....	16
3.4.2.2. Confiabilidad.....	17
3.5. Métodos de análisis de datos.....	18
4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	18
4.1. Descripción de la zona de estudio.....	19
4.1.1. Ubicación.....	19
4.1.2. Características de la zona de estudio.....	19
4.2. Estudios previos.	19
4.2.1. Exploración de suelos	19
4.3. Análisis de la información.	19
4.3.1. Cuantificación del cortante basal de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales	38
4.3.2. Estimación del estado de deformación en edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales.	46
4.3.3. Determinación de los desplazamientos laterales de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales.....	51

4.3.4. Determinación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales.	53
4.4. Resultados de la investigación.	63
4.4.1. Resultados de la cuantificación del cortante basal de edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico estático y modal dinámico.	63
4.4.2. Resultados de la estimación del estado de deformación en edificaciones multifamiliares por condiciones de servicio de carga muerta y viva.	64
4.4.3. Resultados de la determinación de los desplazamientos laterales de edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico estático y modal... ..	65
4.4.4. Resultados de la determinación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante el análisis no lineal estático.	66
5. CAPÍTULO V: DISCUSIONES	69
Discusión 1:	69
Discusión 2:	69
Discusión 3:	70
Discusión 4:	70
6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	71
Conclusión 1:	71
Conclusión 2:	71
Conclusión 3:	71
Conclusión 4:	72
7. CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	73
Recomendación 1:.....	73
Recomendación 2:.....	73
Recomendación 3:.....	74
Recomendación 4:.....	74
8. Referencias bibliográficas	75
9. Anexos	75
10. Planos	76

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Matriz de operacionalización de variables (elaboración propia)</i>	6
<i>Tabla 3.1 Rangos y magnitud de validez</i>	17
<i>Tabla 3.2 Validez a juicio de expertos</i>	17
<i>Tabla 3.3 Rangos y confiabilidad</i>	17
<i>Tabla 3.4 Validez a juicio de expertos</i>	17
<i>Tabla 4.1 Metrado de carga muerta en losa aligerada</i>	20
<i>Tabla 4.2 Metrado de carga viva en losa aligerada</i>	21
<i>Tabla 4.3 Metrado de carga viva en viga</i>	21
<i>Tabla 4.4 Metrado de carga muerta en viga</i>	22
<i>Tabla 4.5 Metrado de carga muerta en columna por losa</i>	22
<i>Tabla 4.6 Metrado de carga muerta en columna por viga</i>	23
<i>Tabla 4.7 Metrado de carga viva en columna</i>	23
<i>Tabla 4.8 Metrado de carga muerta en placa por losa</i>	24
<i>Tabla 4.9 Metrado de carga muerta en placa por viga</i>	24
<i>Tabla 4.10 Metrado de cargas por niveles de piso</i>	26
<i>Tabla 4.11 Análisis por gravedad</i>	37
<i>Tabla 4.12 Periodos y masa participativa</i>	37
<i>Tabla 4.13 Fuerza lateral estática en dirección x-x</i>	38
<i>Tabla 4.14 Fuerza lateral estática en dirección y-y</i>	39
<i>Tabla 4.15 Porcentaje de fuerza lateral estática en dirección x-x & y-y</i>	39
<i>Tabla 4.16. Espectro de pseudoaceleraciones dirección x-x & y-y</i>	40
<i>Tabla 4.17 Cortante basal dinámica dirección xx & y-y</i>	42
<i>Tabla 4.18 Cortante absorbido por elementos estructurales x-x & y-</i>	42
<i>Tabla 4.19 Irregularidad de rigidez en la dirección x-x</i>	42
<i>Tabla 4.20 Irregularidad de rigidez en la dirección y-y</i>	43
<i>Tabla 4.21 Irregularidad de resistencia – piso débil en las direcciones x-y</i>	43
<i>Tabla 4.22 Irregularidad por peso en las direcciones x-y</i>	43
<i>Tabla 4.23 Irregularidad torsional en las direcciones x-y</i>	44
<i>Tabla 4.24 Irregularidad por esquinas entrantes en las direcciones x-y</i>	45
<i>Tabla 4.25 Irregularidad por discontinuidad del diafragma en las direcciones x-y</i>	45
<i>Tabla 4.26 Propiedades mecánicas de la viga VA-1</i>	46

<i>Tabla 4.27 Momento de agrietamiento de la viga VA-1</i>	46
<i>Tabla 4.28 Deflexión inmediata por la condición de carga muerta de la viga VA-1</i>	47
<i>Tabla 4.29 Deflexión inmediata por la condición de carga muerta y viva de la viga VA-1</i>	48
<i>Tabla 4.30 Deflexión inmediata por la condición de carga viva de la viga VA-1</i>	49
<i>Tabla 4.31 Desplazamiento lateral por análisis sísmico estático en las direcciones x-y</i>	51
<i>Tabla 4.32 Deriva inelástica por análisis sísmico estático en las direcciones x-y</i>	51
<i>Tabla 4.33 Desplazamiento lateral por análisis sísmico dinámico en las direcciones x-y</i>	52
<i>Tabla 4.34 Deriva inelástica por análisis sísmico modal dinámico en las direcciones x-y</i>	52
<i>Tabla 4.35 Valores de Rigidez Efectiva TABLA 10-5 DEL ASCE/SEI 41-17</i>	55
<i>Tabla 4.36 Patrón de fuerza lateral para el análisis pushover en las direcciones x-y</i>	57
<i>Tabla 4.37 Valores de los espectros de pseudoaceleraciones de demanda sísmico propuestos por el comité VISIO</i>	58
<i>Tabla 4.38 Cortante basal sísmico estático y modal dinámico en las direcciones x-y</i>	64
<i>Tabla 4.39 Deformación permisible por condiciones de servicio de carga viva</i>	64
<i>Tabla 4.40 Desplazamiento lateral por análisis sísmico estático y modal dinámico en las direcciones</i>	65
<i>Tabla 4.41 Deriva inelástica por análisis sísmico estático y modal dinámico en las direcciones x-y</i>	65
<i>Tabla 4.42 Valores de desplazamiento lateral y fuerza cortante para cada nivel de amenaza sísmica en las direcciones x-y</i>	66
<i>Tabla 4.43 Clasificación del punto de desempeño sísmico según VISION 2000</i>	68

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Edificio Multifamiliar "Benjamín del Solar"</i>	2
<i>Figura 2.1 Modelo de simulación ETABS v.17</i>	12
<i>Figura 4.1 Vista 3D del Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar</i>	20
<i>Figura 4.2 Área tributaria de losa sobre la viga VA-1</i>	21
<i>Figura 4.3 Área tributaria en columna C-2</i>	22
<i>Figura 4.4 Área tributaria placa P1</i>	23
<i>Figura 4.5 Espectro de pseudoaceleraciones x-x</i>	40
<i>Figura 4.6 Espectro de pseudoaceleraciones y-y</i>	41
<i>Figura 4.7 Deflexión instantánea por condición de servicio de carga muerta</i>	47
<i>Figura 4.8 Deflexión instantánea por condición de servicio de carga muerta y carga viva</i>	48
<i>Figura 4.9 Control de fisuraciones y toma de datos</i>	50
<i>Figura 4.10 Ensayo de Esclerómetro</i>	53
<i>Figura 4.11 Modelo de Mander para el concreto confinado y no confinado ($f_c: 210 \text{ kgf/cm}^2$)</i>	54
<i>Figura 4.12 Modelo de Park y Paulay para el acero de refuerzo ($f_y: 4200 \text{ kgf/cm}^2$)</i>	54
<i>Figura 4.13 Asignación de valores de inercia efectiva según TABLA 10-5 DEL ASCE/SEI 41-17</i>	56
<i>Figura 4.14 Curva de capacidad de la estructura en la dirección x-x</i>	57
<i>Figura 4.15 Curva de capacidad de la estructura en la dirección y-y</i>	57
<i>Figura 4.16 Espectros de demanda sísmica propuesta por el comité VISION 2000</i>	59
<i>Figura 4.17 Punto de desempeño sísmico ante un sismo FRECUENTE en la dirección x-x</i>	59
<i>Figura 4.18 Punto de desempeño sísmico ante un sismo OCASIONAL en la dirección x-x</i>	60
<i>Figura 4.19 Punto de desempeño sísmico ante un sismo SEVERO en la dirección x-x</i>	60
<i>Figura 4.20 Punto de desempeño sísmico ante un sismo MÁXIMO en la dirección x-x</i>	61
<i>Figura 4.21 Punto de desempeño sísmico ante un sismo FRECUENTE en la dirección y-y</i>	61

<i>Figura 4.22 Punto de desempeño sísmico ante un sismo OCASIONAL en la dirección y-y</i>	62
<i>Figura 4.23 Punto de desempeño sísmico ante un sismo SEVERO en la dirección y-y</i>	62
<i>Figura 4.24 Punto de desempeño sísmico ante un sismo MÁXIMO en la dirección y-y</i>	63
<i>Figura 4.25 Comparativo entre la fuerza lateral estática y dinámica en la dirección x-x</i>	64
<i>Figura 4.26 Comparativo entre la deflexión del análisis y la deflexión permisible</i>	65
<i>Figura 4.27 Comparativo entre la deriva inelástica estática, dinámica y la permitida según la norma E.060 de concreto armado en la dirección x-x</i>	66
<i>Figura 4.28 Sectorización y clasificación del punto de desempeño en la dirección x-x</i>	67
<i>Figura 4.29 Sectorización y clasificación del punto de desempeño en la dirección y-y</i>	67

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Gran parte de los terremotos ocurridos en la zona sur de nuestro territorio tienen su origen en fallas geológicas locales con profundidad de hipocentro menores a 100 km, estos movimientos sísmicos de mediana magnitud presentan un gran poder de destrucción en las zonas más cercanas a la superficie del epicentro, como lo fue el terremoto del 23 de junio del 2001, ocurrido en la ciudad de Arequipa, registrándose numerosos heridos y daños materiales, alcanzando réplicas y similares daños en las ciudades de Ica, Moquegua y Tacna.

Ante la presencia del peligro sísmico y la vulnerabilidad de las edificaciones, nuestro país adoptó la filosofía del desempeño sismorresistente característica del siglo XX, propuesta inicialmente por la asociación americana del SEAOC estableciendo que mediante la aplicación de fuerzas laterales y metodologías elásticas; las edificaciones no deberían presentar algún daño crítico que pudiera involucrar su colapso ante sismos de intensidad severa, los cuales suelen presentarse raramente en la vida útil del edificio; sin embargo, a inicios del siglo XXI es creado en los Estados Unidos de Norteamérica el comité VISION 2000 el cual propone una nueva perspectiva de desempeño sismorresistente; por lo que considera que el desempeño de las edificaciones deben ser evaluados considerando la participación de cuatro posibles eventos sísmicos denominados: sismos moderados, sismos eventuales, sismos raros y sismos muy raros. El Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-40, 1996) en su participación con el comité VISION 2000, elabora el Método del Espectro de Capacidad; procedimiento por el cual se obtiene un probable estado de desempeño, ante un determinado evento sísmico; posteriormente este procedimiento es mejorado por el FEMA 440, la aplicación de este

método requiere tener como pre requisito la obtención de la curva de capacidad de la estructura, el cual puede ser determinado con la técnica del Pushover, característica de la aplicación del Análisis No Lineal Estático.

El presente proyecto de tesis evaluará el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar en base a las condiciones de desplazamientos, deformaciones y fuerzas sísmicas; corroborando de manera explícita su estado de desempeño de acuerdo con la Tabla de desempeño sísmico; propuesta por el Comité VISION 2000.

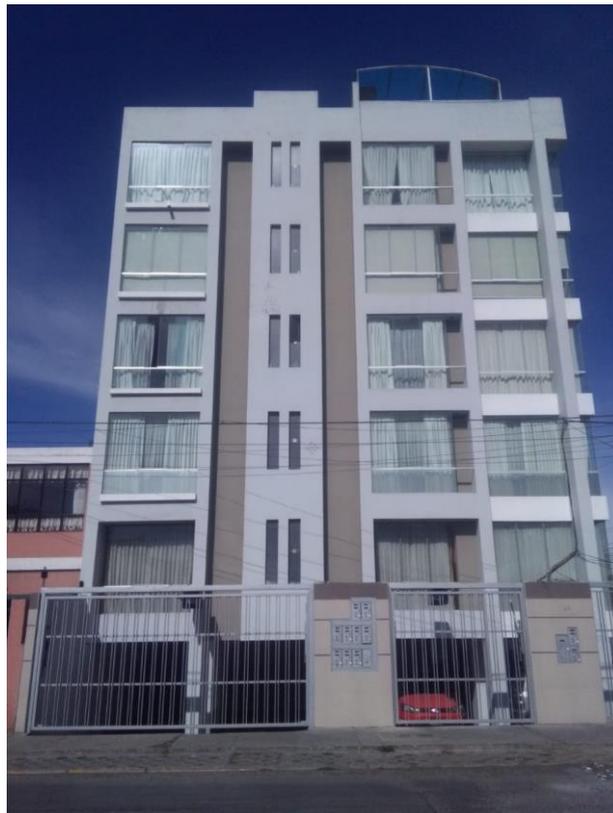


Figura 1.1. Edificio Multifamiliar "Benjamín del Solar"

Tomando en consideración las condiciones y recomendaciones de la normativa nacional en su filosofía sismorresistente y la propuesta del desempeño por parte del Comité VISION 2000, se plantea lo siguiente:

1.1.1. Problema general.

¿Cuál es el estado de desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021?

1.1.2. Problemas específicos.

¿Cuánto es el cortante basal en edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca Arequipa 2021?

¿Cómo es el estado de deformación en edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca Arequipa 2021?

¿Qué valores alcanzan los desplazamientos de edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca Arequipa 2021?

1.2. Objetivos de la investigación.

1.2.1. Objetivo general.

- Determinar el desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Cuantificar el cortante basal en edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.
- Estimar la deformación de edificaciones multifamiliares analizados, mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.
- Determinar los desplazamientos laterales de edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca Arequipa 2021.

1.3. Justificación e importancia de la investigación.

1.3.1. Justificación teórica

Determinar cuán eficaz son los métodos de análisis sísmico convencional para obtener un adecuado desempeño sísmico en edificaciones multifamiliares.

1.3.2. Justificación práctica

Conocer el comportamiento de edificaciones frente a determinados eventos sísmicos.

1.3.3. Justificación metodológica

Aplicar los métodos de análisis sísmico convencional estipulados en la normativa nacional vigente, seguido al complemento del análisis no lineal estático, para objetar de manera explícita el estado de desempeño de la edificación mediante la Tabla del desempeño sísmico, propuesta por el comité VISION 2000.

1.3.4. Importancia de la investigación

Esta investigación es de suma importancia, porque permitirá conocer que tan adecuado son los métodos convencionales de análisis sísmico, para estimar el desempeño de una edificación multifamiliar ante distintos niveles de peligro sísmico.

Sus resultados servirán para predecir si una edificación cuenta con un adecuado comportamiento sismorresistente, que permita asegurar la seguridad de vida de los ocupantes y mantener la continuidad de sus funciones.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general.

- Los métodos convencionales de análisis sísmico satisfacen los adecuados comportamientos sismorresistentes, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- El cortante basal representa un adecuado porcentaje del peso sísmico en edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar, Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.
- Estimar las deformaciones evitan fallas estructurales en edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.
- Limitar los desplazamientos laterales aumentan la rigidez de edificaciones multifamiliares, analizados mediante métodos convencionales, Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, Sachaca, Arequipa 2021.

De acuerdo con la NTE E0.30 (2018) se puede entender que los convencionales de análisis sísmico cumplen con el principio de la filosofía del desempeño sismorresistente, considerando que los edificios podrán desarrollar incursiones inelásticas.

Los métodos convencionales de análisis sísmico tienen el objetivo proteger la vida de sus ocupantes y de ser posible mantener la funcionalidad estructural.

1.5. Descripción de variables

1.5.1. Variable V1: Métodos convencionales

Según Aguilar (2003). Los Métodos de Análisis Sísmico se basan en criterios de fuerza basal sísmica, deformación y desplazamiento lateral (NTE E0.30 , 2018).

1.5.2. Variable V2: Desempeño sísmico

Definición conceptual:

De acuerdo con Aguilar (2003) el desempeño sísmico es el estado que presenta una edificación ante un determinado evento sísmico.

El desempeño sísmico en nuestro entorno de desempeño sismorresistente estará asociado principalmente a parámetros como: Desplazamiento, Deformación y Cortante Basal.

1.6. Operacionalización de variables / categorías.

Tabla 1.1. Matriz de operacionalización de variables (elaboración propia)

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala
V1: Métodos Convencionales	Los Métodos de Análisis Sísmico se basan en criterios de fuerza basal sísmica, deformación y desplazamiento lateral (NTE E0.30 , 2018) (Aguiar, 2003)	Para la cuantificación de los estados de fuerza, deformación y desplazamiento se aplicarán los siguientes métodos de análisis sísmico: a) Análisis Sísmico Estático b) Análisis Sísmico Modal dinámico	D1: Análisis Sísmico Estático D2: Análisis Sísmico Modal Dinámico	I1: Zonificación Sísmica I2: Peligro Sísmico I3: Sistema de la Edificación I1: Espectro de Pseudoaceleraciones I2: Modos de Vibración I3: Periodos Fundamentales	Ficha de recopilación de datos	razón
V2: Desempeño Sísmico	Comportamiento de la Edificación ante una amenaza sísmica (Aguiar, 2003)	El desempeño sísmico estará asociado a parámetros como: Desplazamiento, Deformación y Cortante basal	D1: Cortante basal D2: Deformación D3: Desplazamiento lateral	I1: Peso del Edificio I2: Fuerzas de Entrepiso I3: Centro de Masas I1: Deformación en losas I2: Deformación en vigas I1: Deriva inelástica I2: Diafragma Rígido I3: Rigidez Estructural	Ficha de recopilación de datos	razón

1.7. Delimitación

1.7.1. Delimitación conceptual

En la presente investigación se aplicará las teorías relacionadas con el análisis estructural, para analizar la influencia/relación de la V1 con la V2, tomando como variable principal el desempeño sísmico y como variable secundaria los métodos del análisis sísmico de tipo convencional (análisis sísmico estático, análisis sísmico modal dinámico) con la adición del análisis no lineal estático, para la determinación de la capacidad de la estructura.

1.7.2. Delimitación espacial

El presente trabajo realizará la evaluación del desempeño sísmico del Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, ubicado en la urbanización Las Condes C-15 en el Distrito de Sachaca Provincia y Región: Arequipa, el cual cuenta con 6 pisos que incluye un semisótano para estacionamiento en el primer piso.

1.7.3. Delimitación temporal

La información recopilada corresponde al periodo del año 1995 hasta el año 2020, la duración del presente proyecto de investigación se cumplirá en 3 meses.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Rivera (2018) en su tesis de grado titulado: “Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y modal dinámico para nuestra estructura regular mayor de 30m de altura en la ciudad de Huancayo”, fijó como objetivo determinar la diferencia entre la aplicación del análisis sísmico estático y modal dinámico de una edificación regular de 30m de altura, como resultado se determinó que el cortante basal estático representaba un 27 % más que el obtenido por el análisis modal dinámico.

Finalmente, se tiene como conclusión que la fuerza sísmica estática por lo general es mayor que la obtenida por el análisis modal dinámico, con la excepción en los tres primeros pisos.

Paredes (2016) en su tesis de grado titulado: “Evaluación del Desempeño Sismorresistente de un Edificio destinado a Vivienda en la Ciudad de Lima aplicando el Análisis Estático No Lineal Pushover” propuso como objetivo estimar el comportamiento sísmico de una edificación diseñada en base al reglamento nacional de edificaciones, como resultado se obtuvo derivas inelásticas cercanas al 7 por mil en la dirección X e Y del análisis respectivamente.

En conclusión, la edificación diseñada con la normativa nacional presenta un adecuado comportamiento de seguridad de vida (LS) ante un evento de sismo severo.

Fuentes (2018) en su tesis de grado titulado: “Desempeño Sísmico de un Edificio de Cinco Niveles de Concreto Armado mediante el Análisis Estático No Lineal Pushover

tiene como objetivo determinar el estado sísmico de un edificio dual de concreto armado de cinco niveles, como resultado obtuvo una clasificación de seguridad de vida (LS) de acuerdo con las consideraciones propuestas por el ATC-40

En conclusión, la edificación presenta un comportamiento sísmico favorable, evitando el daño estructural de la edificación ante la acción de un sismo severo.

Zevallos & Vergara (2014) en su investigación de grado titulado: “Análisis Sísmico por Desempeño Estático No Lineal de un Edificio de 6 niveles en la Ciudad de Trujillo, La libertad”; propuso como objetivo evaluar el estado sísmico de una edificación en la ciudad de Trujillo diseñado con la normativa nacional, como resultado se obtuvo una clasificación de seguridad de vida (LS).

Finalmente, se tiene que al cumplir con las condiciones de conexión viga y columna proporcionan un adecuado comportamiento y desempeño sísmico.

Choque & Luque (2019) en su investigación de grado titulado: “Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030”, fijó como objetivo obtener el comportamiento sísmico de una edificación de sistema estructural aporticado y dual diseñado con la norma E.030-2018, como resultado se obtuvo un cortante de 649.66 Tonf en la dirección X-X lo que determinó un desempeño de seguridad de vida (LS).

Finalmente, se fija como conclusión que cumplir con las condiciones de deriva inelástica proporciona una adecuada rigidez a las edificaciones de concreto armado.

2.1.2. Antecedentes internacionales

De acuerdo con Luisa, Quizanga, & Andino (2020) en su artículo de investigación titulado: “Análisis Estático No Lineal de Edificios Aporticados de Hormigón Armado Aplicando Normativa Ecuatoriana, Colombiana y Peruana” fijó como objetivo realizar el estudio de 18 edificaciones de concreto armado con las especificaciones del reglamento nacional de cada país, para después ver qué edificación presenta mayor vulnerabilidad sísmica de acuerdo a un posterior análisis no lineal estático, como resultado se obtuvo que la deriva inelástica norma colombiana (NSR-10), para edificaciones de concreto armado (1 %) presentan menor vulnerabilidad en comparación con la norma peruana (E.030) y la norma ecuatoriana (NEC-15), permitiendo una deriva permisible del 2 % y 0,7 % respectivamente.

Finalmente, se tiene que dentro del análisis comparativo la norma ecuatoriana permite un valor de deriva permisible del 2 % , el cual presenta, que la edificación presente un desempeño sísmico más vulnerable en comparación con las normas E.030 y NSR-10.

Según Villamil & Tarquino (2018) en su investigación de grado titulado: “Comparación del Método Lineal Elástico y Método Lineal Modal dinámico en Estructuras Aporticadas en Concreto Reforzado” propuso como objetivo determinar el comportamiento sísmico de 20 pórticos de diferente altura, por medio del análisis lineal estático y dinámico; como resultado se obtuvo que el análisis estático alcanza derivas de tres veces más en promedio en comparación con el análisis modal dinámico.

Finalmente, se concluye que diseñar estructuras por medio del análisis sísmico estático, proporciona estructuras de mayor sección.

SEAOC VISION 2000: Creado en los Estados Unidos de Norteamérica, establece la sugerencia que las edificaciones deben evaluarse para cuatro tipos de intensidad de sismo denominados como recurrente, ocasional, raro y muy raro (Aguar, 2003).

ATC-40: El comité de tecnología aplicada ha desarrollado métodos que determinen la respuesta no lineal de las estructuras con el objetivo de predecir un comportamiento más fiable a fin de estimar un adecuado desempeño y tomar medidas de reparación o reforzamiento.

El Libro Azul del SEAOC: Establece parámetros sísmicos importantes para la determinación del cortante sísmico, como el factor de reducción sísmica y zonificación sísmica. Se establece así los siguientes criterios de desempeño sismorresistente en edificaciones, que rigen la actualidad de las normativas nacionales de muchos países en Latinoamérica.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Métodos convencionales de análisis sísmico

En el Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), se describe dos métodos de análisis sísmico convencional para edificaciones, entre ellos el análisis lineal estático y el análisis sísmico modal dinámico.

2.2.1.1. Tipos de métodos convencionales

2.2.1.2. Análisis sísmico estático

De acuerdo a la NTE E0.30 (2018), este método representa la acción del sismo como conjunto de cargas laterales distribuidas en forma triangular invertida.

2.2.1.3. Análisis sísmico modal dinámico

El análisis modal dinámico puede realizarse mediante procedimientos que involucren los efectos modales de la estructura y un espectro inelástico de pseudoaceleraciones. Para la obtención de la respuesta elástica máxima se utilizó la combinación (CQC). Además de los parámetros característicos, para la edificación como su ubicación, uso y sistema estructural (NTE E0.30 , 2018).

2.2.1.4. Análisis no lineal estático

Consideración del estado no lineal de los elementos estructurales mediante la asignación de rótulas, la técnica característica para hallar la capacidad de las estructuras es el Pushover (Aguiar, 2003).

2.2.2. Desempeño sísmico

Según la definición de Aguiar en su libro Análisis por Desempeño Sísmico (2003) es el estado de la edificación frente a diferentes estados de sismo, con el que se pueden obtener índices de daños y reparación de la estructura.

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), las edificaciones deben cumplir con el desempeño sismorresistente considerando parámetros como:

D1: Desplazamiento lateral

De acuerdo con la Norma E0.30 (2018) es el desplazamiento ocasionado mediante la aplicación de una fuerza lateral externa.

D2: Deformación

De acuerdo con la Norma E0.30 (2018) es el estado de los elementos cuando son sometidos a esfuerzos que sobrepasan su resistencia.

D3: Cortante basal

De acuerdo con la Norma E0.30 (2018) es la resultante acumulada de las fuerzas sísmicas laterales de cada entrepiso de la edificación.

2.2.3. Modelo de análisis

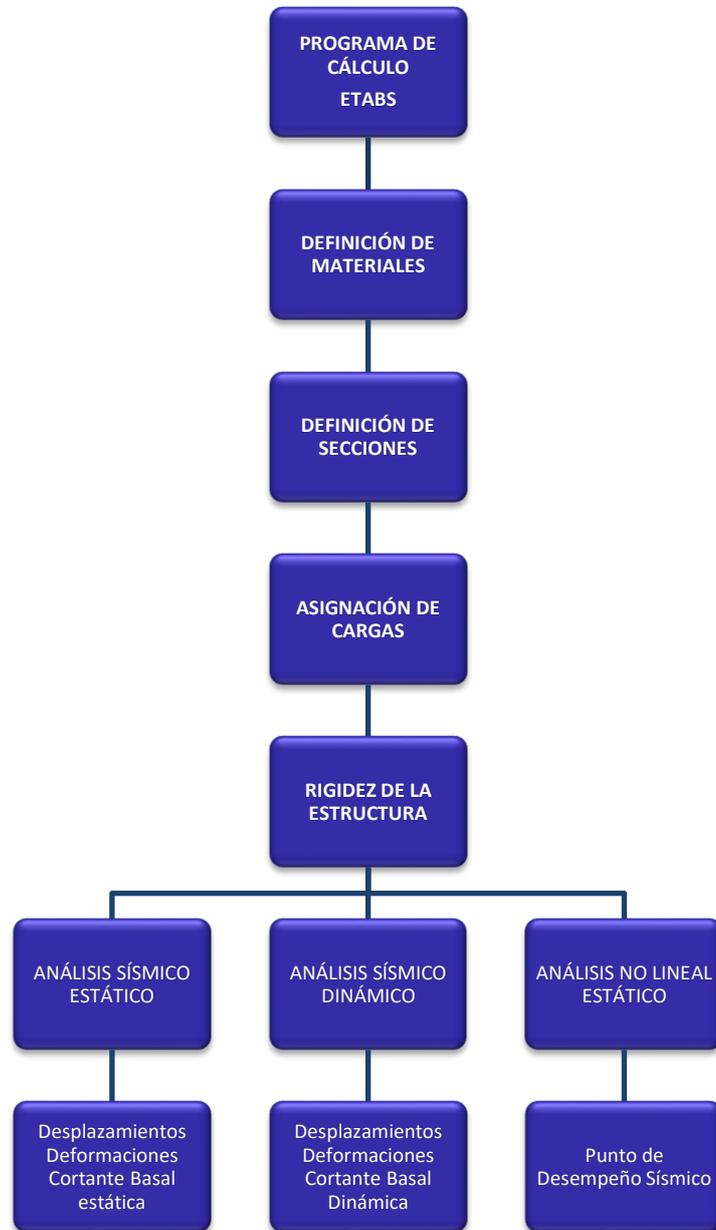


Figura 2.1. Modelo de simulación ETABS v.19 (elaboración propia)

2.3. Definición de términos básicos.

Deriva

Fracción entre el desplazamiento relativo de entrepiso y la altura de entrepiso (NTE E0.30 , 2018).

Diafragma rígido

Caracterizada por una losa que integra elementos como muros permitiendo uniformizar los desplazamientos traslacionales (NTE E0.30 , 2018).

Periodo de vibración

Periodo de vibración de una estructura dependiente de la masa y altura de la edificación, considerando que la edificación se encuentre fija en su base (Kenneth & Chia-Ming, 2005).

Rigidez estructural

Cualidad de los elementos para resistir grandes esfuerzos provocando deformaciones elásticas (Hibbeler, 2011).

Rótula plástica

Estado por el cual el elemento alcanza su fluencia desarrollando un mecanismo de redistribución de esfuerzos (Aguar, 2003).

Diagrama momento - curvatura simplificado

El diagrama momento curvatura mide el estado de deformación en forma conjunta del acero y del concreto, su construcción puede idealizarse mediante los siguientes tres estados que son: agrietamiento, fisuración y agotamiento o último (Ottazzi, 2011).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y procedimientos de la investigación

3.1.1. Método científico

El método de investigación que se utilizará en el siguiente estudio es el método científico, según Bunge (2017), consiste en la aplicación de procesos tales como la observación, experimentación, medición, para verificar o solucionar un conjunto de problemas.

La investigación comienza con la observación de la vulnerabilidad de los edificios en nuestra ciudad, frente a movimientos sísmicos poco y medianamente recurrentes, por ello, mediante la aplicación de métodos de análisis sísmico se determinará su estado de resistencia para probar y verificar nuestras hipótesis, y así dar solución al problema del adecuado desempeño sismorresistente.

3.1.2. Tipo de investigación: aplicada

Según Behar (2008) su principal característica de esta investigación es aplicar los conocimientos adquiridos, con el fin de resolver y dar solución al problema presentado y no solo limitándose a generar teoría; además de contrastar la teoría con la realidad (p. 19).

El desarrollo de la tesis es de tipo aplicada, por lo que será necesario hacer uso de los métodos necesarios, para hallar el estado sísmico, por medio de procedimientos que consideren el estudio de las propiedades inelásticas de los elementos.

3.2. Nivel y diseño de la investigación

3.2.1. Nivel: explicativo

De acuerdo con Jiménez (1998) establece que “mediante el planteamiento de hipótesis se puede llevar a cabo la explicación de las causas del problema” (p. 20).

Se dará a conocer cómo es el desempeño sísmico de edificaciones midiendo su vulnerabilidad en base a parámetros sísmicos.

3.2.2. Diseño: experimental

Según Castro-Carreño, Parra-Vera, & Arango-Calderón (2020), el diseño experimental manifiesta el cambio de la variable dependiente debido a la manipulación controlada de la variable independiente, es utilizado para poner a prueba las hipótesis bajo situaciones de causa (p. 9).

Considerando las características de los materiales, la aplicación de métodos de análisis sísmico determinará el estado sísmico de la edificación.

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población

Según Arias-Gómez & Villasis-Keever (2016) considera que la población “consiste en un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados” (p.202).

La población estará conformada en base a 30 edificaciones en el distrito de Sachaca que presentaron pequeñas fisuras las cuales desde un punto de vista analítico pueden ser atribuidas a efectos de la propia carga de servicio o también a consecuencia de sismos leves ocurridos en los últimos años.

3.3.2. Muestra:

Según Ñaupas Paitán, et.al. (2018) se define como una porción representativa de la población, conteniendo sus características y particularidades (p.334).

En la presente investigación la muestra estará dada por el Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar, ubicado en el distrito de Sachaca, Arequipa.

3.3.3. Muestreo: No probabilístico

Según Castro-Carreño, Parra-Vera, & Arango-Calderón (2020), se refiere a la selección realizada por el investigador tomando criterios de representación genérica de la población (p.28).

Considerando las características del enunciado anterior se utiliza el muestreo: No probabilístico.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Técnica: Observación directa

Según Arias-González (2020) La observación directa consiste en garantizar la productividad en el trabajo, mediante el reconocimiento previo de posibles factores que puedan perjudicar el avance de estos, asignando personal responsable para determinada área. (p.149)

Se aplicó la técnica de observación directa para la recopilación de la información, por lo tanto, utilizaremos esta técnica para visualizar y analizar las edificaciones que sufrieron algún tipo de daño sísmico, provocado frecuentemente por los sismos en el distrito de Sachaca –Arequipa.

Los instrumentos de investigación se validaron mediante el juicio de expertos.

3.4.2. Instrumentos: Ficha de recopilación de información

Según Hernández et al. (2014), comenta que es el medio donde se establece el plan y se registra la información con el propósito de responder a los problemas investigados. (p. 198)

Se aplicará como instrumento, la ficha de recolección de datos, así como: la ficha de anotación de daños y una cámara fotográfica.

3.4.2.1. Validez.

Según Martínez (2006), comenta que la validez debe reflejar de manera clara y completa la situación estudiada, respondiendo a las interrogantes formuladas. (p.5).

Tabla 3.1. Rangos y magnitud de validez Fuente: (Ruiz,2005)

Rangos	Confiabilidad
0.81- 1.00	Muy Alta
0.61 -0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 -0.20	Muy baja

La validación del instrumento de recopilación de información tuvo como participación de tres profesionales conocedores del tema, se determinó la siguiente valoración:

Tabla 3.2. Validez a juicio de expertos (elaboración propia)

N°	Grado Acad.	Nombres y Apellidos	CIP	Validez
1	Ing.	Zapata Mandamiento, Omar A.	168112	0.85
2	Ing.	Chávez Zarate, Julio Cesar	55893	0.75
4	Ing.	Canales Muñante, Samuel A.	24762	0.80

La validez promedio por el juicio de expertos alcanza 0.80, según la Tabla 3.1 se determina una validez de tipo alta.

3.4.2.2. Confiabilidad.

De acuerdo con Guillermo Briones (1995), la confiabilidad muestra el grado de confianza o validez en los procedimientos desarrollados para efectuar el estudio. (p.59)

Tabla 3.3. Rangos y confiabilidad Fuente: (Palella & Martins, 2012, pág. 169)

Rangos	Confiabilidad
0.81- 1.00	Muy Alta
0.61 -0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media
0.21 – 0.40	Baja
0.00 -0.20	Muy baja

Tabla 3.4. Validez a juicio de expertos (elaboración propia)

N°	Grado Acad.	Nombres y Apellidos	CIP	Confiabilidad
1	Ing.	Zapata Mandamiento, Omar A.	168112	0.85
2	Ing.	Chávez Zarate, Julio Cesar	55893	0.75
4	Ing.	Canales Muñante, Samuel A.	24762	0.80

La validez promedio por el juicio de expertos alcanza 0.80, según la Tabla 3.1 se determina una confiabilidad de tipo alta.

3.5. Métodos de análisis de datos

Para el caso de la simulación del análisis estructural sísmico se empleará el software:
ETABS v.19.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio.

4.1.1. Ubicación.

El edificio multifamiliar “Benjamín del Solar” se encuentra ubicado en la urbanización Las Condes C-15, distrito de Sachaca de la provincia y departamento de Arequipa, el distrito cuenta con una altitud en su sector urbano de 2368 msnm.

4.1.2. Características de la zona de estudio.

El edificio multifamiliar presenta un área de terreno de 197 m², se encuentra ubicado en el distrito de Sachaca, departamento de Arequipa, presenta 6 niveles, el cual contempla un semisótano para estacionamiento en el primer piso, cada piso posterior cuenta con los servicios de dormitorio, sala-comedor, cocina-lavandería y servicios higiénicos.

4.2. Estudios previos.

4.2.1. Exploración de suelos

Mediante un estudio de microzonificación sísmica realizado en base a características geotécnicas de los suelos y el mapa de isoperiodos determinado a través de la medición de micro trepidaciones en la ciudad de Arequipa se determinó que la capacidad portante en el distrito de Sachaca posee valores entre 1.0 y 2.5 *kgf/cm²*, el periodo predominante del terreno se encuentra en el rango de 0.30 a 0.45*seg.* (Zenón & Hurtado, 1991)

4.3. Análisis de la información.

Modelo tridimensional del edificio

En la siguiente figura se muestra el modelo estructural del edificio, el modelo utiliza las propiedades correspondientes al edificio multifamiliar en estudio.

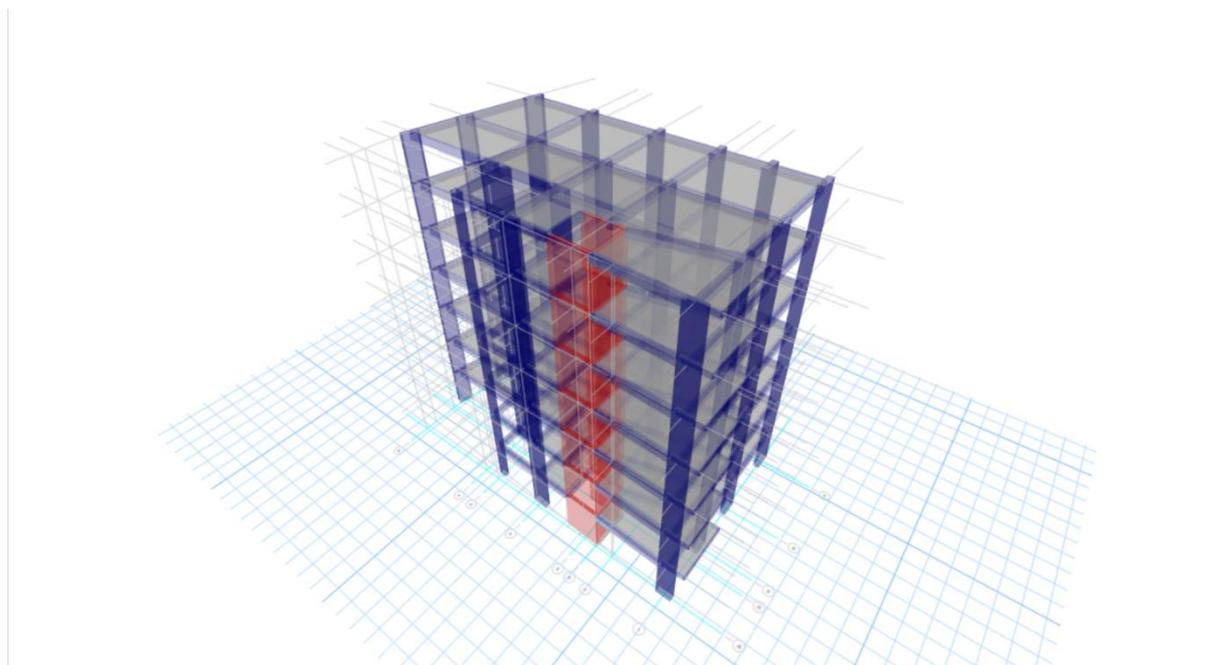


Figura 4.1. Vista 3D del Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar 6 pisos – ETABS v.19 (elaboración propia)

Distribución de cargas en elementos estructurales

Distribución de cargas en losas aligeradas

De acuerdo con la NTE E0.20 el peso por m^2 de una losa aligerada de espesor de 20cm armada en una dirección es de $300kgf/m^2$.

En la siguiente Tabla se muestra el detalle de la asignación de cargas distribuidas por metro cuadrado

Tabla 4.1. Metrado de carga muerta en losa aligerada (elaboración propia)

Descripción de carga	CM ($tonf/m^2$)
Peso propio	0.3
Piso terminado	0.1
Total	0.4

Según el artículo 6 de la NTE E0.20 la carga viva a considerar para una edificación destinada a vivienda es de $200kgf/m^2$.

Tabla 4.2. *Metrado de carga viva en losa aligerada (elaboración propia)*

Descripción de carga	CV (tonf/m ²)
Cargas de Ocupación	0.2
Total	0.2

Distribución de cargas en vigas

Además de su peso propio, las vigas reciben la carga de la losa, para ello se utiliza el método del sobre, para hallar el área tributaria donde actuará la carga distribuida.

Ejemplo: viga VA-1 ubicación eje B-(1-2) semisótano.

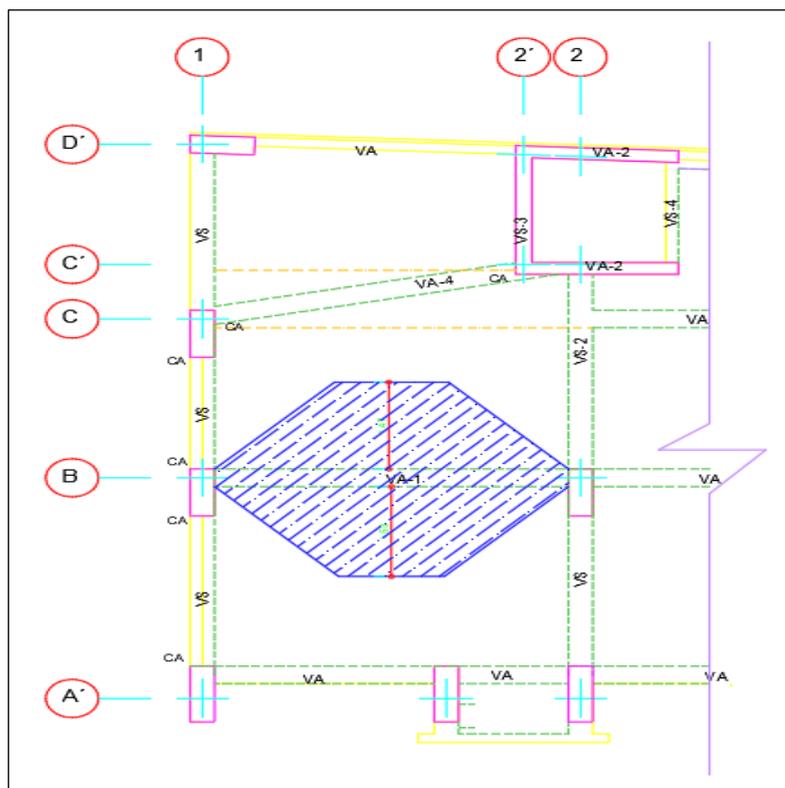


Figura 4.2. *Área tributaria de losa sobre la viga VA-1 (elaboración propia)*

Tabla 4.3. *Metrado de carga viva en viga (elaboración propia)*

Descripción de Carga	Peso específico	L1 (m)	L2 (m)	CM (tonf/m)
Peso Propio (tonf/m ³)	2.4	0.30	0.30	0.216
Losa en viga (tonf/m ²)	0.3	1.53	1.47	0.9
Piso terminado (tonf/m ²)	0.1	1.53	1.47	0.3
CM Total				0.142

Tabla 4.4. *Medrado de carga muerta en viga (elaboración propia)*

Descripción de Carga	Sobrecarga (tonf/m ²)	L1 (m)	L2 (m)	CV (tonf/m)
Sobrecarga en viga	0.2	0.30	-	0.06
Sobrecarga de losa	0.2	1.53	1.47	0.60
CV Total				0.66

Distribución de cargas en columnas

Las columnas reciben las cargas de las losas y vigas, para la consideración de ellas se determina el área tributaria para la determinación de la carga adicional a su peso propio.

Ejemplo: columna C-2 con ubicación eje B-3 semisótano.

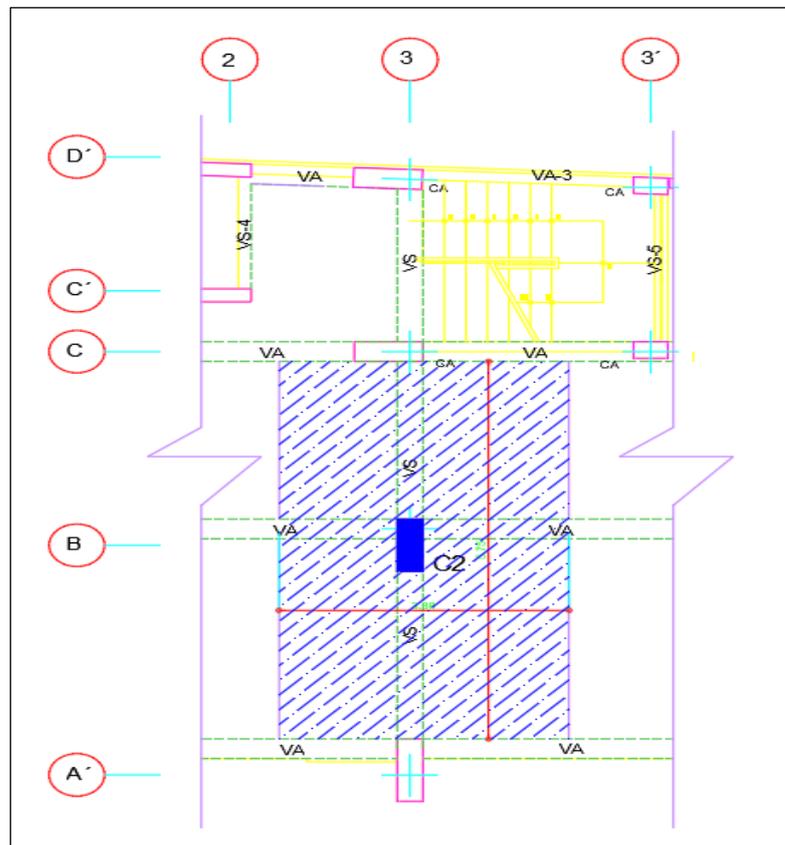


Figura 4.3. *Área tributaria en columna C-2 (elaboración propia)*

Tabla 4.5. *Medrado de carga muerta en columna por losa (elaboración propia)*

Descripción de Carga	Peso específico (tonf/m ²)	Área Tributaria		CM (tonf)
		L1 (m)	L2 (m)	
Peso de Losa	0.3	3.38	5.75	5.830
Piso terminado	0.1	3.38	5.75	1.944

Tabla 4.6. *Metrado de carga muerta en columna por viga (elaboración propia)*

Descripción de Carga	dimensiones		Longitud tributaria	CM (tonf)
	b (m)	h (m)		
Peso de Viga (2400kgf/m ³)	0.3	0.3	3.38	0.730
	0.3	0.3	5.75	1.242

El metrado de carga muerta correspondiente para la columna C-2 con ubicación eje B-3 semisótano sin considerar el peso propio es: 9746.8 kgf.

Tabla 4.7. *Metrado de carga viva en columna (elaboración propia)*

Descripción de Carga	Sobrecarga (tonf/m ²)	Área Tributaria		CV (tonf)
		L1 (m)	L2 (m)	
Sobrecarga en losa	0.2	3.38	5.75	3.887
Sobrecarga en azotea	0.1	3.38	5.75	1.944
CV Total				5.831

Distribución de cargas en placas

Las placas en similar a las columnas reciben las cargas de las losas y vigas, para la consideración de ellas se determina el área tributaria para la determinación de la carga adicional a su peso propio. Ejemplo: placa P1 con ubicación eje C-2 semisótano.

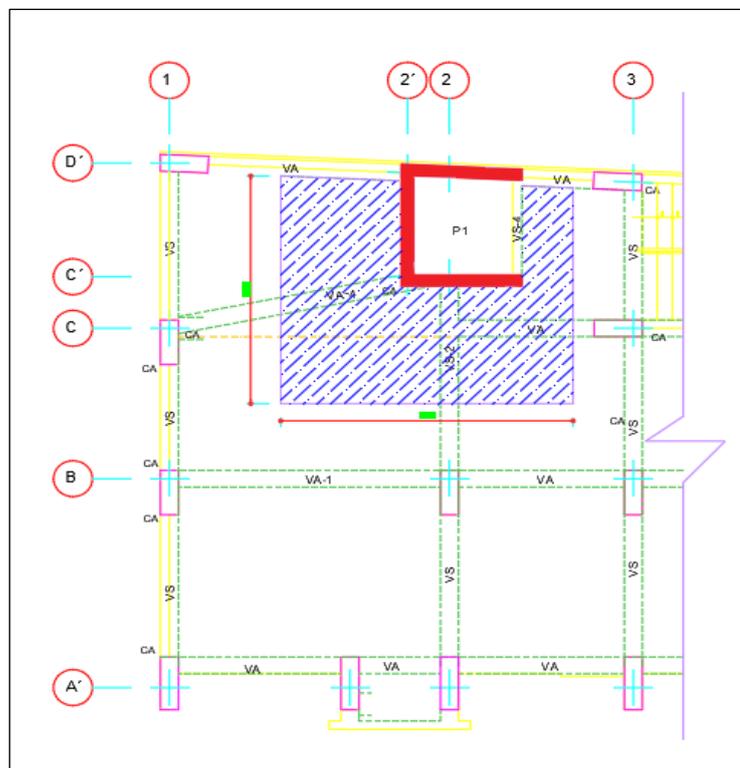


Figura 4.4. *Área tributaria placa P1 (elaboración propia)*

Tabla 4.8. *Metrado de carga muerta en placa por losa (elaboración propia)*

Descripción de Carga	Peso específico (tonf/m ²)	Área Tributaria		CM (tonf)
		L1 (m)	L2 (m)	
Peso de Losa	0.3	4.85	4.09	5.950
Piso terminado	0.1	4.85	4.09	1.984

Tabla 4.9. *Metrado de carga muerta en placa por viga (elaboración propia)*

Descripción de Carga	dimensiones		Longitud tributaria	CM (tonf)
	b (m)	h (m)		
Peso de Viga	0.3	0.3	4.09	0.883
(concreto: 2400kgf/m ³)	0.3	0.3	4.85	1.048

El metrado de carga muerta correspondiente para la placa P1 con ubicación eje C-2 semisótano sin considerar el peso propio es: 9.866 tonf.

Peso de la Edificación

Tabla 4.10. *Metrado de cargas por niveles de piso (elaboración propia)*

PISO 6:							
Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	V' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
Metrado de losa aligerada							26.44
losa aligerada	1	0.3	1	11.8	7.5	1	26.44
Metrado de losa maciza							19.54
losa maciza	1	2.4	1	3.4	2.4	1	19.54
Metrado de vigas							12.66
viga EJE A- (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.3	0.35
viga EJE A- (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.35
viga EJE A- (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.46
viga EJE A- (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.56
viga EJE A- (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.53
viga EJE B- (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.79
viga EJE B- (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE B- (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE B- (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.58
viga EJE C- (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.13
viga EJE C- (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.73
viga EJE C- (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.46
viga EJE C- (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.53

viga	EJE D- (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.0	0.45
viga	EJE D- (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.56
viga	EJE D- (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.42
viga	EJE 1'- (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.41
viga	EJE 1- (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.41
viga	EJE 1- (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.0	0.45
viga	EJE 1- (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.38
viga	EJE 3- (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	1.9	0.28
viga	EJE 3- (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	1.8	0.27
viga	EJE 3-(C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.38
viga	EJE 4- (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.38
viga	EJE 4- (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.41
viga	EJE 5'- (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.58
viga	EJE 5'- (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.41

Metrado de columnas								24.65
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

columna	Tipo □ EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.3	2.4	5.53
columna	Tipo □ EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.3	2.4	1.38
columna	Tipo □ EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.3	2.4	2.76
columna	Tipo □ EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.3	2.4	5.53
columna	Tipo □ EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15
columna	Tipo □ EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.3	2.4	4.15
columna	Tipo □ EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.3	2.4	4.15

Metrado de placas								5.26
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

placa ascensor	EJE D-(2-2')	4	1	2.4	0.6	0.25	2.4	3.46
placa ascensor	EJE 2 -(C'-D)	4	1	2.4	0.6	0.25	2.4	1.44
placa ascensor	EJE C'-(2'-2)	1	1	2.4	0.6	0.25	2.4	0.36

Metrado de tabiquería								2.25
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

tabiquería	EJE A- (1-1')	1	1	1.4	0.13	0.9	0.8	0.12
tabiquería	EJE A- (1'-2)	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.17
tabiquería	EJE A- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.8	0.8	0.26
tabiquería	EJE A- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.16
tabiquería	EJE A- (4-5)	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.16
tabiquería	EJE C- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.17
tabiquería	EJE C- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.5	0.8	0.22
tabiquería	EJE C- (4-5')	1	1	1.4	0.13	1.5	0.8	0.21
tabiquería	EJE D- (1')	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.16
tabiquería	EJE D- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.17
tabiquería	EJE D- (2'-3)	1	1	1.4	0.13	0.8	0.8	0.11
tabiquería	EJE 5'- (A-B)	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.16
tabiquería	EJE 5'- (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.2	0.8	0.17

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	γ' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
---------------	----------	---------------------------------------	------------------------------	-------	-------	-------	----------------

1 0.1 13.3 9.11 12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	γ' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/c) viviendas	1	0.2		13.3	9.11		24.23
ΣCarga muerta (Tonf)			=	107.40			
ΣCarga viva (Tonf)			=	24.23			

PISO 5:

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	γ' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
Metrado de losa aligerada							26.44
losa aligerada	1	0.3	1	11.75	7.5	1	26.44
Metrado de losa maciza							19.54
losa maciza	1	2.4	1	3.42	2.38	1	19.54

Metrado de vigas							21.42
viga EJE A - (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.52
viga EJE A - (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.51
viga EJE A - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE A - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE A - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.76
viga EJE B - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE B - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE B - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE B - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.3	0.93
viga EJE C - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.18
viga EJE C - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.87
viga EJE C - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE C - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.9	1.05
viga EJE D - (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE D - (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE D - (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.60
viga EJE 1' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 1 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 3 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 3 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54

viga EJE 3 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3' - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 4 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 4 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.57
viga EJE 5' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.83
viga EJE 5' - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.59

Metrado de columnas								24.65
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

columna Tipo □ EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.30	2.4	1.38
columna Tipo □ EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.30	2.4	2.76
columna Tipo □ EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15
columna Tipo □ EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15
columna Tipo □ EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15

Metrado de placas								5.26
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

placa ascensor EJE D-(2-2')	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	3.46
placa ascensor EJE 2 -(C'-D)	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	1.44
placa ascensor EJE C'-(2'-2)	1	1	2.4	0.6	0.25	2.40	0.36

Metrado de tabiquería								12.53
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

tabiquería EJE A- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.15	1.2	0.25
tabiquería EJE A- (1'-2)	1	1	1.4	0.13	1.20	2.4	0.51
tabiquería EJE A- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE A- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.85	2.4	0.79
tabiquería EJE A- (4-5)	1	1	1.4	0.13	1.18	2.4	0.50
tabiquería EJE C- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (4-5')	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE D- (1')	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE D- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE D- (2'-3)	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE 1- (C-D')	1	1	1.4	0.13	3.65	2.4	1.56
tabiquería EJE 1 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.35	2.4	1.00
tabiquería EJE 1 - (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.75	2.4	0.75
tabiquería EJE 2 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 3 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 5'- (A-B)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE 5'- (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	γ' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/c) viviendas	1	0.1		13.3	9.11		12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	γ' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
-------------	----------	---------------------------------------	------------------------------	-------	----------	----------	----------------

(s/ c) viviendas	1	0.2	13.3	9.11	24.23
------------------	---	-----	------	------	--------------

PISO 5:	Σ Carga muerta (Tonf)	=	126.42
	Σ Carga viva (Tonf)	=	24.23

PISO 4:

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m ²)	γ' (Tonf/m ³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
---------------	----------	------------------------------------	----------------------------------	---------	---------	---------	-------------

Metrado de losa aligerada							26.44
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------

losa aligerada	1	0.3	1	11.75	7.5	1	26.44
----------------	---	-----	---	-------	-----	---	-------

Metrado de losa maciza							19.54
-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------

losa maciza	1	2.4	1	3.42	2.38	1	19.54
-------------	---	-----	---	------	------	---	-------

Metrado de vigas							21.42
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------

viga EJE A - (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.52
viga EJE A - (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.51
viga EJE A - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE A - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE A - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.76
viga EJE B - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE B - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE B - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE B - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.3	0.93
viga EJE C - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.18
viga EJE C - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.87
viga EJE C - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE C - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.9	1.05
viga EJE D - (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE D - (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE D - (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.60
viga EJE 1' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 1 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 3 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 3 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3' - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 4 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 4 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.57
viga EJE 5' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.83
viga EJE 5' - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.59

Metrado de columnas							24.65
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------

columna	Tipo □	EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna	Tipo □	EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.30	2.4	1.38
columna	Tipo □	EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.30	2.4	2.76
columna	Tipo □	EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna	Tipo □	EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15
columna	Tipo □	EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15
columna	Tipo □	EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15

Metrado de placas									5.26
placa ascensor	EJE D-(2-2')		4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	3.46
placa ascensor	EJE 2 -(C'-D)		4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	1.44
placa ascensor	EJE C'-(2'-2)		1	1	2.4	0.6	0.25	2.40	0.36

Metrado de tabiquería									12.53
tabiquería	EJE A- (1-1')		1	1	1.4	0.13	1.15	1.2	0.25
tabiquería	EJE A- (1'-2)		1	1	1.4	0.13	1.20	2.4	0.51
tabiquería	EJE A- (2-3)		1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería	EJE A- (3-4)		1	1	1.4	0.13	1.85	2.4	0.79
tabiquería	EJE A- (4-5)		1	1	1.4	0.13	1.18	2.4	0.50
tabiquería	EJE C- (2-3)		1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería	EJE C- (3-4)		1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería	EJE C- (4-5')		1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería	EJE D- (1')		1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería	EJE D- (1-1')		1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería	EJE D- (2'-3)		1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería	EJE 1- (C-D')		1	1	1.4	0.13	3.65	2.4	1.56
tabiquería	EJE 1- (A-B)		1	1	1.4	0.13	2.35	2.4	1.00
tabiquería	EJE 1- (B-C)		1	1	1.4	0.13	1.75	2.4	0.75
tabiquería	EJE 2- (A-B)		1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería	EJE 3- (A-B)		1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería	EJE 5'- (A-B)		1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería	EJE 5'- (B-C)		1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.1		13.3	9.11		12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.2		13.3	9.11		24.23

PISO 4:	ΣCarga muerta (Tonf)	=	126.42
	ΣCarga viva (Tonf)	=	24.23

PISO 3:

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
Metrado de losa aligerada							26.44
losa aligerada	1	0.3	1	11.75	7.5	1	26.44
Metrado de losa maciza							19.54
losa maciza	1	2.4	1	3.42	2.38	1	19.54
Metrado de vigas							21.42
viga EJE A - (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.52
viga EJE A - (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.51
viga EJE A - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE A - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE A - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.76
viga EJE B - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE B - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE B - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE B - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.3	0.93
viga EJE C - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.18
viga EJE C - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.87
viga EJE C - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE C - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.9	1.05
viga EJE D - (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE D - (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE D - (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.60
viga EJE 1' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 1 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 3 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 3 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3' - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 4 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 4 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.57
viga EJE 5' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.83
viga EJE 5' - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.59
Metrado de columnas							24.65
columna Tipo □ EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.30	2.4	1.38
columna Tipo □ EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.30	2.4	2.76
columna Tipo □ EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15
columna Tipo □ EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15

columna	Tipo □	EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15
---------	--------	-------	---	---	-----	-----	------	-----	------

Metrado de placas									5.26
placa ascensor	EJE D-(2-2')		4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	3.46
placa ascensor	EJE 2 -(C'-D)		4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	1.44
placa ascensor	EJE C'-(2'-2)		1	1	2.4	0.6	0.25	2.40	0.36

Metrado de tabiquería									12.53
tabiquería	EJE A- (1-1')		1	1	1.4	0.13	1.15	1.2	0.25
tabiquería	EJE A- (1'-2)		1	1	1.4	0.13	1.20	2.4	0.51
tabiquería	EJE A- (2-3)		1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería	EJE A- (3-4)		1	1	1.4	0.13	1.85	2.4	0.79
tabiquería	EJE A- (4-5)		1	1	1.4	0.13	1.18	2.4	0.50
tabiquería	EJE C- (2-3)		1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería	EJE C- (3-4)		1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería	EJE C- (4-5')		1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería	EJE D- (1')		1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería	EJE D- (1-1')		1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería	EJE D- (2'-3)		1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería	EJE 1- (C-D')		1	1	1.4	0.13	3.65	2.4	1.56
tabiquería	EJE 1 - (A-B)		1	1	1.4	0.13	2.35	2.4	1.00
tabiquería	EJE 1 - (B-C)		1	1	1.4	0.13	1.75	2.4	0.75
tabiquería	EJE 2 - (A-B)		1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería	EJE 3 - (A-B)		1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería	EJE 5'- (A-B)		1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería	EJE 5'- (B-C)		1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.1		13.3	9.11		12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.2		13.3	9.11		24.23

PISO 3:	ΣCarga muerta (Tonf)	=	126.42
	ΣCarga viva (Tonf)	=	24.23

PISO 2:

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
----------------------	-----------------	-----------------------------------------	--------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------------

Metrado de losa aligerada							26.44
losa aligerada	1	0.3	1	11.75	7.5	1	26.44

Metrado de losa maciza							19.54
losa maciza	1	2.4	1	3.42	2.38	1	19.54

Metrado de vigas								21.42
viga EJE A - (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.52	
viga EJE A - (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.51	
viga EJE A - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66	
viga EJE A - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80	
viga EJE A - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.76	
viga EJE B - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04	
viga EJE B - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66	
viga EJE B - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80	
viga EJE B - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.3	0.93	
viga EJE C - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.18	
viga EJE C - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.87	
viga EJE C - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69	
viga EJE C - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.9	1.05	
viga EJE D - (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04	
viga EJE D - (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81	
viga EJE D - (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.60	
viga EJE 1'- (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69	
viga EJE 1 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69	
viga EJE 1 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81	
viga EJE 1 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69	
viga EJE 2 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69	
viga EJE 2 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69	
viga EJE 3 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81	
viga EJE 3 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54	
viga EJE 3 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54	
viga EJE 3' - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54	
viga EJE 4 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81	
viga EJE 4 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.57	
viga EJE 5' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.83	
viga EJE 5' - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.59	
Metrado de columnas								24.65
columna Tipo □ EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53	
columna Tipo □ EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.30	2.4	1.38	
columna Tipo □ EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.30	2.4	2.76	
columna Tipo □ EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53	
columna Tipo □ EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15	
columna Tipo □ EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15	
columna Tipo □ EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15	
Metrado de placas								5.26
placa ascensor EJE D-(2-2')	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	3.46	
placa ascensor EJE 2 -(C'-D)	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	1.44	
placa ascensor EJE C'-(2'-2)	1	1	2.4	0.6	0.25	2.40	0.36	

Metrado de tabiquería							12.53
tabiquería EJE A- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.15	1.2	0.25
tabiquería EJE A- (1'-2)	1	1	1.4	0.13	1.20	2.4	0.51
tabiquería EJE A- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE A- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.85	2.4	0.79
tabiquería EJE A- (4-5)	1	1	1.4	0.13	1.18	2.4	0.50
tabiquería EJE C- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (4-5')	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE D- (1')	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE D- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE D- (2'-3)	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE 1- (C-D')	1	1	1.4	0.13	3.65	2.4	1.56
tabiquería EJE 1 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.35	2.4	1.00
tabiquería EJE 1 - (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.75	2.4	0.75
tabiquería EJE 2 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 3 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 5'- (A-B)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE 5'- (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.1		13.3	9.11		12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.2		13.3	9.11		24.23

PISO 2:	ΣCarga muerta (Tonf)	=	126.42
	ΣCarga viva (Tonf)	=	24.23

PISO 1:

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
Metrado de losa aligerada							26.44
losa aligerada	1	0.3	1	11.75	7.5	1	26.44

Metrado de losa maciza							19.54
losa maciza	1	2.4	1	3.42	2.38	1	19.54

Metrado de vigas							21.42
viga EJE A - (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.52
viga EJE A - (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.51
viga EJE A - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE A - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE A - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.76
viga EJE B - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04

viga EJE B - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE B - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE B - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.3	0.93
viga EJE C - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.18
viga EJE C - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.87
viga EJE C - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE C - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.9	1.05
viga EJE D - (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE D - (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE D - (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.60
viga EJE 1' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 1 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 3 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 3 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3' - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 4 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 4 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.57
viga EJE 5' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.83
viga EJE 5' - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.59

Metrado de columnas								24.65
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

columna Tipo □ EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.30	2.4	1.38
columna Tipo □ EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.30	2.4	2.76
columna Tipo □ EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15
columna Tipo □ EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15
columna Tipo □ EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15

Metrado de placas								5.26
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

placa ascensor EJE D-(2-2')	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	3.46
placa ascensor EJE 2 -(C'-D)	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	1.44
placa ascensor EJE C'-(2'-2)	1	1	2.4	0.6	0.25	2.40	0.36

Metrado de tabiquería								12.53
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

tabiquería EJE A- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.15	1.2	0.25
tabiquería EJE A- (1'-2)	1	1	1.4	0.13	1.20	2.4	0.51
tabiquería EJE A- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE A- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.85	2.4	0.79
tabiquería EJE A- (4-5)	1	1	1.4	0.13	1.18	2.4	0.50
tabiquería EJE C- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66

tabiquería EJE C- (4-5')	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE D- (1')	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE D- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE D- (2'-3)	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE 1- (C-D')	1	1	1.4	0.13	3.65	2.4	1.56
tabiquería EJE 1 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.35	2.4	1.00
tabiquería EJE 1 - (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.75	2.4	0.75
tabiquería EJE 2 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 3 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 5'- (A-B)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE 5'- (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.1		13.3	9.11		12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.2		13.3	9.11		24.23

PISO 1:	ΣCarga muerta (Tonf)	=	126.42
	ΣCarga viva (Tonf)	=	24.23

SEMISÓTANO:

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
Metrado de losa aligerada							26.44
losa aligerada	1	0.3	1	11.75	7.5	1	26.44
Metrado de losa maciza							19.54
losa maciza	1	2.4	1	3.42	2.38	1	19.54
Metrado de vigas							21.42
viga EJE A - (1-1')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.52
viga EJE A - (1'-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.4	0.51
viga EJE A - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE A - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE A - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.5	0.76
viga EJE B - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04
viga EJE B - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.1	0.66
viga EJE B - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.7	0.80
viga EJE B - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.3	0.93
viga EJE C - (1-2)	1	1	2.4	0.3	0.3	0.9	0.18
viga EJE C - (2-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.1	0.87
viga EJE C - (3-4)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE C - (4-5)	1	1	2.4	0.3	0.3	4.9	1.05
viga EJE D - (1-2')	1	1	2.4	0.3	0.3	4.8	1.04

viga EJE D - (2'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE D - (3'-3)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.60
viga EJE 1' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 1 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 1 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 2 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.2	0.69
viga EJE 3 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 3 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3 - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 3' - (C-D')	1	1	2.4	0.3	0.3	2.5	0.54
viga EJE 4 - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.8	0.81
viga EJE 4 - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.7	0.57
viga EJE 5' - (A-B)	1	1	2.4	0.3	0.3	3.9	0.83
viga EJE 5' - (B-C)	1	1	2.4	0.3	0.3	2.8	0.59

Metrado de columnas								24.65
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

columna Tipo □ EJE 1	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 1'	1	1	2.4	0.8	0.30	2.4	1.38
columna Tipo □ EJE 2	2	1	2.4	0.8	0.30	2.4	2.76
columna Tipo □ EJE 3	4	1	2.4	0.8	0.30	2.4	5.53
columna Tipo □ EJE 3'	2	1	2.4	0.4	0.25	2.4	1.15
columna Tipo □ EJE 4	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15
columna Tipo □ EJE 5	3	1	2.4	0.8	0.30	2.4	4.15

Metrado de placas								5.26
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

placa ascensor EJE D-(2-2')	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	3.46
placa ascensor EJE 2 -(C'-D)	4	1	2.4	0.6	0.25	2.40	1.44
placa ascensor EJE C'-(2'-2)	1	1	2.4	0.6	0.25	2.40	0.36

Metrado de tabiquería								12.53
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--------------

tabiquería EJE A- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.15	1.2	0.25
tabiquería EJE A- (1'-2)	1	1	1.4	0.13	1.20	2.4	0.51
tabiquería EJE A- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE A- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.85	2.4	0.79
tabiquería EJE A- (4-5)	1	1	1.4	0.13	1.18	2.4	0.50
tabiquería EJE C- (2-3)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (3-4)	1	1	1.4	0.13	1.55	2.4	0.66
tabiquería EJE C- (4-5')	1	1	1.4	0.13	1.50	2.4	0.64
tabiquería EJE D- (1')	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE D- (1-1')	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE D- (2'-3)	1	1	1.4	0.13	1.35	2.4	0.58
tabiquería EJE 1- (C-D')	1	1	1.4	0.13	3.65	2.4	1.56
tabiquería EJE 1 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.35	2.4	1.00
tabiquería EJE 1 - (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.75	2.4	0.75
tabiquería EJE 2 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96

tabiquería EJE 3 - (A-B)	1	1	1.4	0.13	2.25	2.4	0.96
tabiquería EJE 5'- (A-B)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49
tabiquería EJE 5'- (B-C)	1	1	1.4	0.13	1.15	2.4	0.49

Carga muerta:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.1		13.3	9.11		12.12

Carga viva:	Cantidad	Peso propio (Tonf/m²)	γ' (Tonf/m³)	B (m)	H (m)	L (m)	Peso (Tonf)
(s/ c) viviendas	1	0.2		13.3	9.11		24.23

SEMISÓTANO:	ΣCarga muerta (Tonf)	=	126.42
	ΣCarga viva (Tonf)	=	24.23

Aplicación del análisis por gravedad

Tabla 4.11. Análisis por gravedad (elaboración propia)

Nivel	CM (tonf)	25% CV (tonf)	Peso Sísmico (tonf)
6	107.40	6.06	113.46
5	126.42	5.08	132.22
4	126.42	5.08	132.22
3	126.42	5.08	132.22
2	126.42	5.08	132.22
1	126.42	5.08	132.22
semisótano	126.42	5.08	132.22
		Total	906.78

Para la obtención de los periodos fundamentales de vibración se realizó el análisis modal tomando en consideración tres grados de libertad por piso. En la siguiente Tabla se indican los modos fundamentales de vibración obtenidos del modelo en el programa ETABS.

Tabla 4.12. Periodos y masa participativa (elaboración propia)

Caso	Periodo T (s)	UX	UY	RZ
Modo 1	0.456	0.7883		
Modo 2	0.450		0.7906	
Modo 3	0.346			0.7682

Los periodos fundamentales del edificio para cada dirección del análisis X e Y es menor a “Tp”. Se determina que el factor de amplificación sísmica C, en cada dirección es:

$$C_x = 2.5; C_y = 2.5$$

Cuantificación del cortante basal de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales

Cuantificación del cortante basal de edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico estático.

Aplicación del análisis sísmico estático

El cortante basal estático se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P$$

Siendo:

$Z = 0.35$ (Zona 3 – Arequipa)

$U = 1.0$ (Categoría C – Viviendas)

$S = 1.15$ (Suelo Intermedio)

$T_p = 0.6 \text{ seg}; T_L = 2.0 \text{ seg}$

Tabla 4.13. Fuerza lateral estática en dirección x-x (elaboración propia)

Piso	Peso por nivel (tonf)	Altura acumulada (m)	$P_i \cdot h_i^k$ (tonf.m)	Alfa_i	$F_i = \text{Alfa}_i \cdot V_{xx}$ (tonf)
Piso 6	113.46	16.8	1906.06	0.22	37.58
Piso 5	132.22	14.4	1903.99	0.22	37.54
Piso 4	132.22	12.0	1586.66	0.19	31.28
Piso 3	132.22	7.2	1269.32	0.15	25.03
Piso 2	132.22	7.2	951.99	0.11	18.77
Piso 1	132.22	4.8	634.66	0.07	12.51
Semisótano	132.22	2.4	317.33	0.04	6.26
Total	906.78		8570.01	1.00	168.97

Tabla 4.14. Fuerza lateral estática en dirección y-y (elaboración propia)

Piso	Peso por nivel (tonf)	Altura acumulada (m)	Pi*hi^(k) (tonf.m)	Alfa i	Fi= Alfai* Vyy (tonf)
Piso 6	113.46	16.8	1906.06	0.22	32.21
Piso 5	132.22	14.4	1903.99	0.22	32.18
Piso 4	132.22	12.0	1586.66	0.19	26.81
Piso 3	132.22	7.2	1269.32	0.15	21.45
Piso 2	132.22	7.2	951.99	0.11	16.09
Piso 1	132.22	4.8	634.66	0.07	10.73
Semisótano	132.22	2.4	317.33	0.04	5.36
Total	906.78		8570.01	1.00	144.83

Tabla 4.15. Porcentaje de fuerza lateral estática en dirección x-x & y-y (elaboración propia)

Dirección	VE (tonf)	% Peso Sísmico
X-X	168.97	18.63
Y-Y	144.83	15.97

Cuantificación del cortante basal de edificaciones multifamiliares analizados mediante el análisis sísmico modal dinámico.

Aplicación del análisis sísmico modal dinámico

La obtención del espectro de pseudoaceleraciones considera parámetros característicos como la zonificación sísmica, uso del edificio, factor de amplificación y sistema estructural.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

Para la obtención de la respuesta elástica máxima se utilizó la combinación (CQC). En la Tabla 4.14 se muestra los valores para la representación gráfica el espectro de respuesta para cada dirección del análisis.

Tabla 4.16. Espectro de pseudoaceleraciones dirección x-x & y-y (elaboración propia)

T	C	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
0.00	2.50	1.567	1.567
0.02	2.50	1.567	1.567
0.04	2.50	1.567	1.567
0.06	2.50	1.567	1.567
0.08	2.50	1.567	1.567
0.10	2.50	1.567	1.567

0.12	2.50	1.567	1.567
0.14	2.50	1.567	1.567
0.16	2.50	1.567	1.567
0.18	2.50	1.567	1.567
0.20	2.50	1.567	1.567
0.25	2.50	1.567	1.567
0.30	2.50	1.567	1.567
0.35	2.50	1.567	1.567
0.40	2.50	1.567	1.567
0.45	2.50	1.567	1.567
0.50	2.50	1.567	1.567
0.55	2.50	1.567	1.567
0.60	2.50	1.567	1.567
0.65	2.31	1.446	1.446
0.70	2.14	1.343	1.343
0.75	2.00	1.254	1.254
1.00	1.50	0.940	0.940
1.10	1.36	0.855	0.855
1.20	1.25	0.783	0.783
1.60	0.94	0.588	0.588
1.70	0.88	0.553	0.553
1.80	0.83	0.522	0.522
1.90	0.79	0.495	0.495
2.00	0.75	0.470	0.470
2.25	0.59	0.371	0.371
2.50	0.48	0.301	0.301
2.75	0.40	0.249	0.249
3.00	0.33	0.209	0.209
5.00	0.12	0.075	0.075
6.00	0.08	0.052	0.052
8.00	0.05	0.029	0.029
10.00	0.03	0.019	0.019

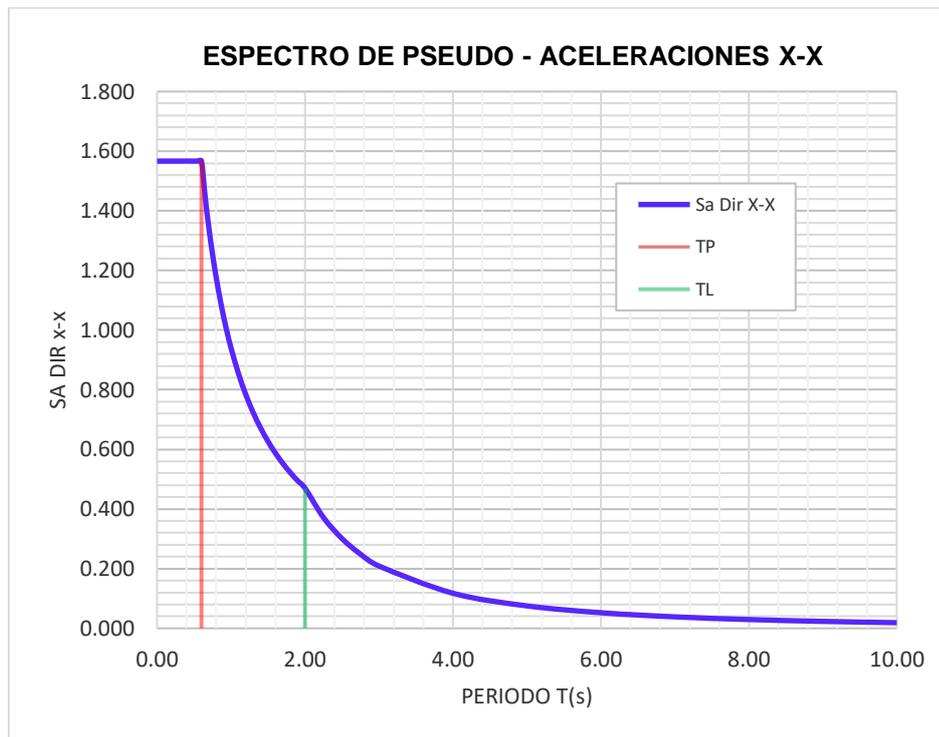


Figura 4.5. Espectro de pseudoaceleraciones x-x (elaboración propia)

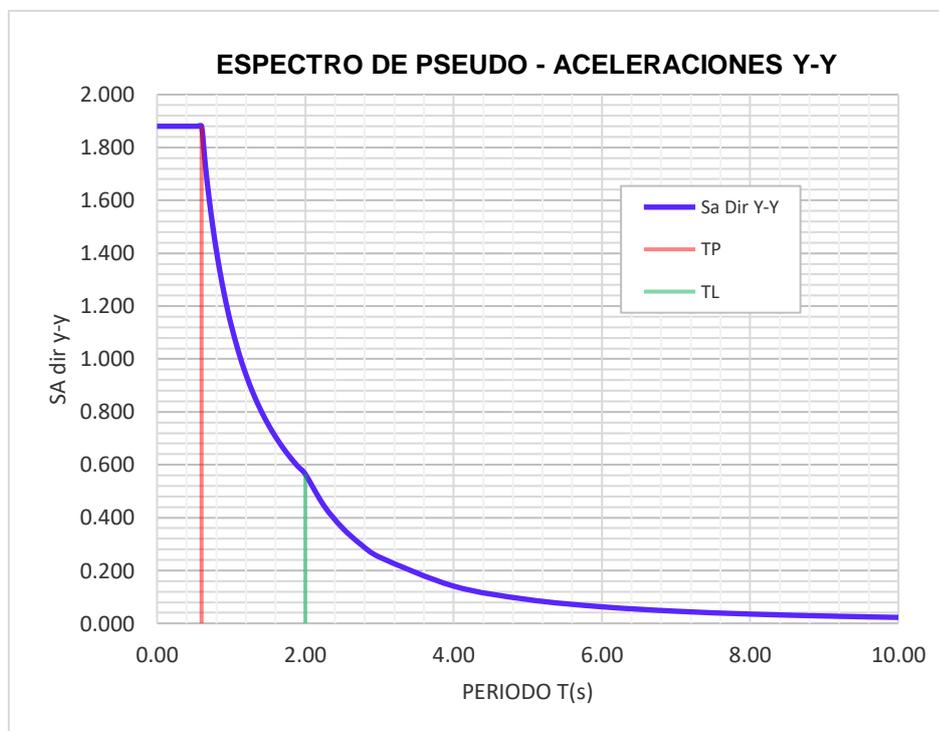


Figura 4.6. Espectro de pseudoaceleraciones y-y (elaboración propia)

Tabla 4.17. Cortante basal dinámica dirección x-x & y-y (elaboración propia)

Dirección	VD (tonf)	% Peso Sísmico
X-X	90.91	10.02
Y-Y	70.80	7.81

Verificación del sistema estructural

Tabla 4.18. Cortante absorbido por elementos estructurales x-x & y-y (elaboración propia)

Dirección	V basal (tonf)	V basal absorbido (tonf)		%Cortante Columnas	%Cortante Placas	Sistema Estructural
		Columnas	Placas			
X-X	90.91	20.42	70.49	22.46%	77.54 %	Muros
Y-Y	70.80	23.58	47.22	33.31%	66.69%	Dual

Irregularidad estructural en altura

Irregularidad de rigidez - piso blando

En las Tablas 4.19 y 4.20 se muestra la relación de rigideces para la determinación del piso blando en ambas direcciones de análisis.

Tabla 4.19. Irregularidad de rigidez en la dirección x-x (elaboración propia)

DIRECCIÓN X-X						
Piso	Shear X (tonf)	Drift X (m)	Stiffness X (tonf/m)	K prom. i+3	K i / K i+1	K i / K prom. i+3
Piso 6	15.76	0.00157	10032.451	-	-	-
Piso 5	33.02	0.00187	17696.739	-	1.76	-
Piso 4	46.73	0.00214	21823.681	16517.624	1.23	-
Piso 3	57.39	0.00230	24993.908	21504.776	1.15	1.51
Piso 2	65.09	0.00223	29172.742	25330.110	1.17	1.36
Piso 1	65.82	0.00183	38220.575	30795.742	1.31	1.51
Semisótano	71.78	0.00088	81955.899	-	2.14	2.66
					> 0.70	> 0.80

De acuerdo con la Tabla 10.8 de la norma E.030 no se presenta irregularidad por rigidez o piso blando en la dirección X-X del análisis.

Tabla 4.20. Irregularidad de rigidez en la dirección y-y (elaboración propia)

DIRECCIÓN Y-Y						
Piso	Shear Y (tonf)	Drift Y (m)	Stiffness Y (tonf/m)	K prom. i+3	K i / K i+1	K i / K prom. i+3
Piso 6	13.20	0.00186	7113.888	-	-	-
Piso 5	27.39	0.00225	12173.487	-	1.71	-
Piso 4	39.55	0.00263	14660.630	11316.002	1.20	-
Piso 3	47.20	0.00286	16478.297	14437.471	1.12	1.46
Piso 2	53.51	0.00283	18891.392	16676.683	1.15	1.31
Piso 1	57.52	0.00237	24275.778	19881.820	1.29	1.46
Semisótano	59.30	0.00115	51414.349	-	2.12	2.59
					> 0.70	> 0.80

De acuerdo con la Tabla 10.8 de la norma E.030 no se presenta irregularidad por rigidez o piso blando en la dirección Y-Y del análisis.

Irregularidad de resistencia - piso débil

En la Tabla 4.21 se muestran los resultados para determinar la existencia de la irregular por piso débil.

Tabla 4.21. Irregularidad de resistencia – piso débil en las direcciones x-y (elaboración propia)

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	VX (tonf)	VX i / VX i+1	Piso	VY (tonf)	VX i / VX i+1
Piso 6	15.76	-	Piso 6	10.58	-
Piso 5	33.02	2.10	Piso 5	21.03	1.99
Piso 4	46.73	1.42	Piso 4	29.12	1.38
Piso 3	57.39	1.23	Piso 3	35.31	1.21
Piso 2	65.09	1.13	Piso 2	39.80	1.13
Piso 1	69.82	1.07	Piso 1	42.71	1.07
Semisótano	71.78	1.03	Semisótano	43.98	1.03
		> 0.80			> 0.80

Irregularidad de masa o peso

En la Tabla 4.22 se muestran los resultados para determinar la existencia de la irregularidad por masa o peso.

Tabla 4.22. Irregularidad por peso en las direcciones x-y (elaboración propia)

Piso	Peso de la Edificación		<u>P. edif. (i)</u>	<u>P. edif. (i-1)</u>
	X-X	Y-Y	P. edif. (i-1)	P. edif. (i)
Piso 6	108.97	108.97	-	1.2

Piso 5	127.74	127.74	0.9	1.0
Piso 4	127.74	127.74	1.0	1.0
Piso 3	127.74	127.74	1.0	1.0
Piso 2	127.74	127.74	1.0	1.0
Piso 1	127.74	127.74	1.0	1.0
Semisótano	127.74	127.74	1.0	-

Se obtiene que la relación de peso entre pisos adyacentes no excede el valor de 1.5, por lo que no se presenta irregularidad por masa o peso.

Irregularidad geométrica vertical

El sistema estructural del proyecto en estudio no presenta una discontinuidad en altura, por lo que no se presenta este tipo de irregularidad.

Irregularidad en los sistemas resistentes

El sistema estructural es continuo en ambas direcciones del análisis, por lo que no se presenta este tipo de irregularidad.

Irregularidad estructural en planta

Irregularidad torsional

En la Tabla 4.23 se muestra los resultados para determinar la existencia de la irregularidad torsional las dos direcciones.

Tabla 4.23. Irregularidad torsional en las direcciones x-y (elaboración propia)

Piso	DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
	Drift máx. X-X	Drift prom. X-X	Ratio	Drift máx. Y-Y	Drift prom. Y-Y	Ratio
Piso 6	0.00167	0.00157	1.06	0.00241	0.00186	1.30
Piso 5	0.00204	0.00187	1.09	0.00306	0.00225	1.36
Piso 4	0.00240	0.00214	1.12	0.00374	0.00263	1.42
Piso 3	0.00263	0.00230	1.14	0.00422	0.00287	1.47
Piso 2	0.00262	0.00223	1.17	0.00428	0.00284	1.51
Piso 1	0.00221	0.00183	1.21	0.00365	0.00238	1.53
Semisótano	0.00109	0.00088	1.24	0.00178	0.00115	1.55
			< 1.3			> 1.3

La edificación presenta esta irregularidad en la dirección Y-Y del análisis, debido a que el máximo desplazamiento de entrepiso no es mayor a 1.3 veces el valor de desplazamiento relativo de entrepiso correspondiente.

Irregularidad torsional extrema

El valor de la ratio en la Tabla 4.23 no excede el valor de 1.5 en ambas direcciones del análisis por lo que no se presenta este tipo de irregularidad.

Esquinas entrantes

Este tipo de irregularidad se presenta cuando la planta de la edificación presenta esquinas entrantes con dimensiones mayores al 20 % de la longitud para cada dirección.

Tabla 4.24. Irregularidad por esquinas entrantes en las direcciones x-y (elaboración propia)

Dirección	Longitud Total (m)	Longitud Esquina entrante (m)	Porcentaje (%)
X-X	16.7	5.8	34.70
Y-Y	10.0	2.5	25.00
			>20%

Se observa que el porcentaje de las esquinas entrantes en ambas direcciones de la planta supera el 20 %; por lo que, se obtiene este tipo de irregularidad, que considera un factor de 0.9 de acuerdo con la Tabla N°9 de la NTE E0.30.

Discontinuidad del diafragma

Se presenta este tipo de irregularidad cuando las losas de techo presentan aberturas que superan el 50 % del diafragma.

Tabla 4.25. Irregularidad por discontinuidad del diafragma en las direcciones x-y (elaboración propia)

Área de losa Típica (m ²)	Área de aberturas (m ²)	Porcentaje (%)
197.00	-	-
		< 50%

La planta de la edificación no presenta aberturas, por lo que no se presenta este tipo de irregularidad.

Sistemas no paralelos

El sistema estructural presenta elementos resistentes no paralelos en ambas direcciones, por lo que presenta este tipo de irregularidad ($I_P=0.9$).

Estimación del estado de deformación en edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales.

De acuerdo con la norma E0.60 de concreto armado y los elementos de concreto reforzado, sujetos a esfuerzos de flexión, deben tener una adecuada rigidez con el propósito de limitar cualquier deformación que pudiese afectar la resistencia de la estructura, bajo condiciones de servicio.

A su vez la norma indica que se debe considerar las propiedades de la sección no agrietada, siempre que el momento de agrietamiento (M_{cr}) no exceda al momento actuante por la carga de servicio considerada.

Control de deflexiones en vigas

Se presenta las propiedades de la sección de la viga VA-1 con ubicación eje B-(2-3) semisótano.

Tabla 4.26. *Propiedades mecánicas de la viga VA-1 (elaboración propia)*

Propiedades de la sección VA-1 (30X30)	
Es (kgf/cm ²)	2000000
f'c (kgf/cm ²)	210
Ec (kgf/cm ²)	217371
n	9.20
b (cm)	30
h (cm)	30

Determinación de los momentos de agrietamiento de la sección:

Tabla 4.27. *Momento de agrietamiento de la viga VA-1 (elaboración propia)*

c ⁺ (cm)	15
c ⁻ (cm)	15
Ig (cm ⁴)	74527.99
Mcr+ (Tonf.m)	1.44
Mcr- (Tonf.m)	1.44

Condición de servicio por carga muerta

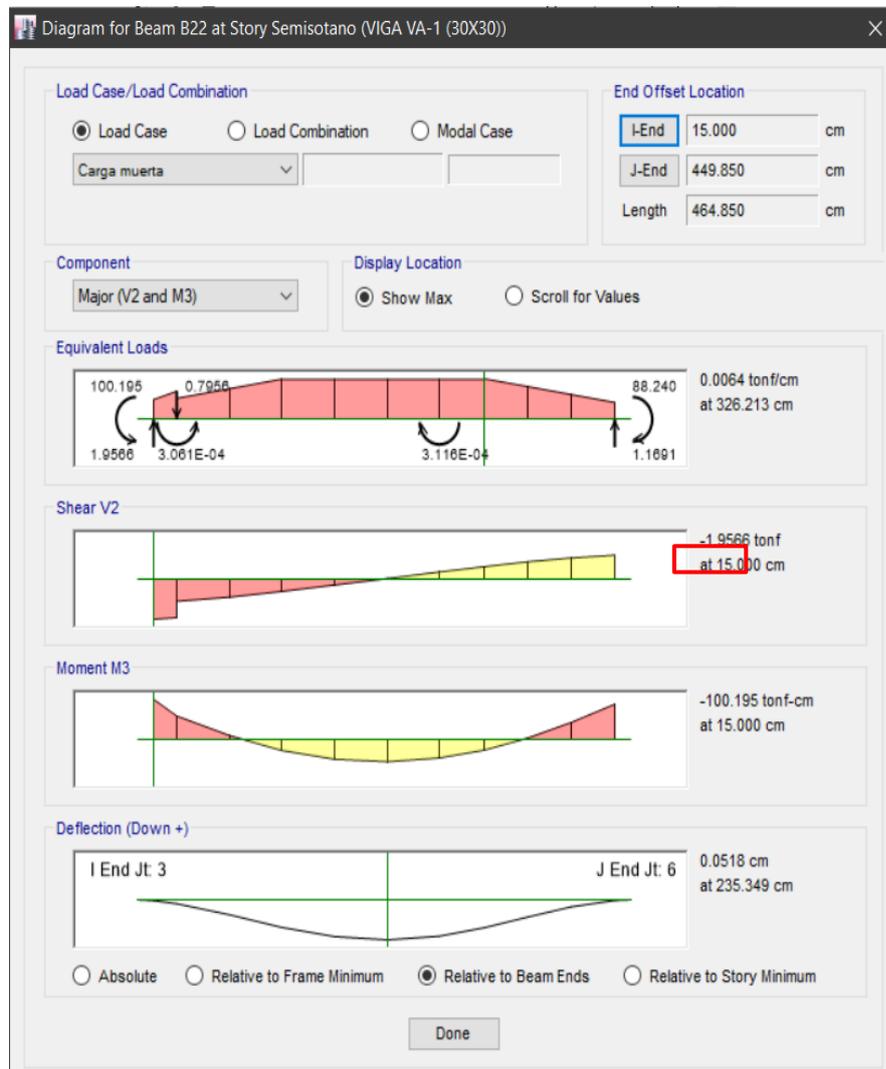


Figura 4.7. Deflexión instantánea por condición de servicio de carga muerta (elaboración propia)

Determinación de la deflexión inmediata por condición de carga muerta:

Tabla 4.28. Deflexión inmediata por la condición de carga muerta de la viga VA-1 (elaboración propia)

Descripción	L_n (m)	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)	C (cm)	I_{cr} (cm ⁴)	M_a (tonf.m)	I_e' (cm ⁴)	I_e (cm ⁴)	factor	Δ'_{ID} (cm)
VA-1	3.70	5.29	5.29	15	45148.96	1.002	74527.99		1.00	
		5.29	5.29	15	45148.96	0.554	74527.99	74527.99	1.00	0.0518
		5.29	5.29	15	45148.96	0.882	74527.99		1.00	

Condición de servicio por carga muerta y carga viva

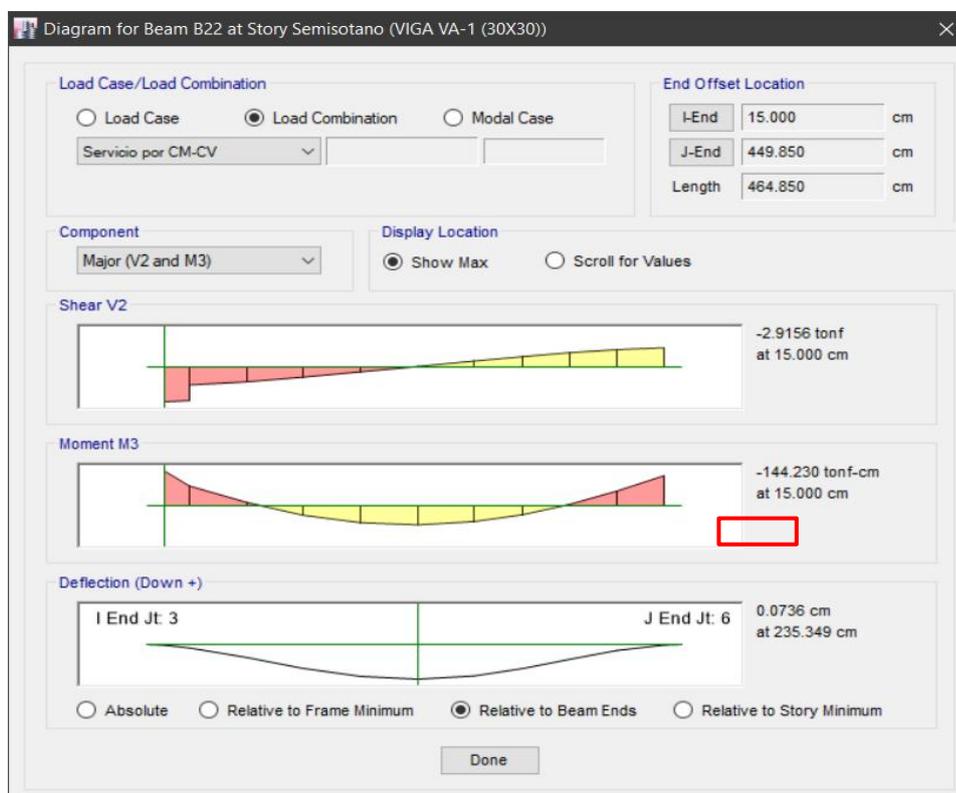


Figura 4.8. Deflexión instantánea por condición de servicio de carga muerta y carga viva (elaboración propia)

Tabla 4.29. Deflexión inmediata por la condición de carga muerta y viva de la viga VA-1 (elaboración propia)

Descripción	L_n (m)	A_{s1} (cm^2)	A_{s2} (cm^2)	C (cm)	I_{cr} (cm^4)	M_a (tonf.m)	$I_{e'}$ (cm^4)	I_e (cm^4)	factor	Δ'_{ID+L} (cm)
VA-1	3.70	5.29	5.29	15	45148.96	1.442	74527.99		1.00	
		5.29	5.29	15	45148.96	0.788	74527.99	74527.99	1.00	0.0736
		5.29	5.29	15	45148.96	1.247	74527.99		1.00	

Condición de carga viva

Tabla 4.30. Deflexión inmediata por la condición de carga viva de la viga VA-1 (elaboración propia)

Descripción	L_n (m)	Δ'_{ID} (cm)	Δ'_{ID+L} (cm)	Δ'_{IL} (cm)	$\Delta'_{m\acute{a}x.}$ (cm)	Estado de la deformación
VA-1	3.70	0.0518	0.0736	0.0218	1.028	CONFORME

Control de fisuramiento en vigas y losas armadas en una dirección

El artículo 9.9.3 de la norma E0.60 indica que el fisuramiento presentado en vigas de concreto armado y losas armadas en una dirección que estará asociado al parámetro Z , dado por la siguiente ecuación:

$$Z = f_s \sqrt[3]{dcAct}$$

De igual forma la norma recomienda que este parámetro sea menor o igual a 26 KN/mm equivalente a 148.44 klb/in con el propósito de limitar el fisuramiento de elementos estructurales, sujetos a esfuerzos de flexión y corte como el caso de las vigas de concreto armado o losas armadas en una dirección, bajo los efectos de carga por servicio.

Tomando a la vez como referencia la expresión propuesta por (Gergely & Lutz, 1968), utilizada por el código ACI 318 -95 y ACI 318R-95, el espesor del fisuramiento (w) está dada por la siguiente expresión:

$$w = 0.076\beta \cdot f_s \sqrt[3]{dcAct} \cdot 10^{-3} \text{ in}$$

Como ecuación final se establece que el espesor del fisuramiento (w), viene a estar dada por la siguiente expresión:

$$w = 0.076\beta \cdot Z \cdot 10^{-3} \text{ in}$$

Reemplazando el valor de Z por 148.44 klb/in y considerando el valor de β igual a 1.2 como recomendación del ACI 318R-95 artículo R10.6.4, se calcula el valor límite permisible de w es:

$$w = (0.076) \cdot (1.2) \cdot (148.44) \cdot 10^{-3} \text{ in}$$

$$w = 0.0135 \text{ in} = 0.34 \text{ mm}$$

Se puede dar mención que la norma peruana establece que el ancho de fisura está limitado al valor de 0.34 mm asociado al valor de parámetro $Z = 26 \text{ KN/mm}$.

Para corroborar que las fisuras visualizadas en las vigas y losas tengan un espesor dentro del permitido, y a fin de ser sustentados por un procedimiento analítico normativo, se procedió a su toma de datos y compararlos con el valor de 0.34mm .

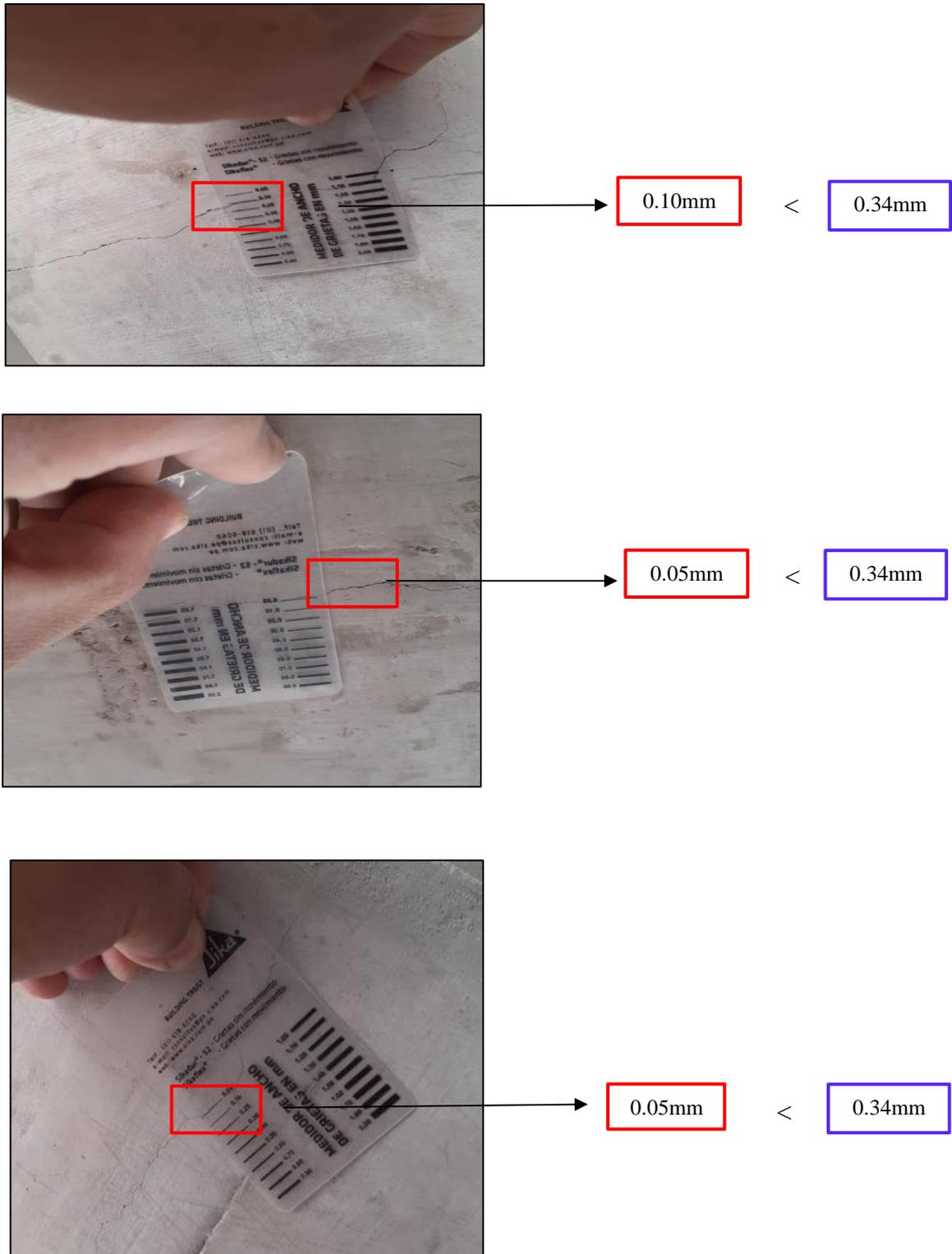


Figura 4.9. Control de fisuraciones y toma de datos (elaboración propia)

Determinación de los desplazamientos laterales de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales.

Determinación de los desplazamientos laterales en edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico estático.

Tabla 4.31. Desplazamiento lateral por análisis sísmico estático en las direcciones x-y

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	Caso	Desplazamiento (cm)	Piso	Caso	Desplazamiento (cm)
Piso 6	Sismo estático	3.096	Piso 6	Sismo estático	5.337
Piso 5	Sismo estático	2.784	Piso 5	Sismo estático	4.792
Piso 4	Sismo estático	2.402	Piso 4	Sismo estático	4.134
Piso 3	Sismo estático	1.936	Piso 3	Sismo estático	3.332
Piso 2	Sismo estático	1.376	Piso 2	Sismo estático	2.373
Piso 1	Sismo estático	0.770	Piso 1	Sismo estático	1.334
Semisótano	Sismo estático	0.249	Semisótano	Sismo estático	0.430

Tabla 4.32. Deriva inelástica por análisis sísmico estático en las direcciones x-y

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	Caso	Drift Inelástico	Piso	Caso	Drift Inelástico
Piso 6	Sismo estático	0.0059	Piso 6	Sismo estático	0.0101
Piso 5	Sismo estático	0.0073	Piso 5	Sismo estático	0.0122
Piso 4	Sismo estático	0.0089	Piso 4	Sismo estático	0.0149
Piso 3	Sismo estático	0.0107	Piso 3	Sismo estático	0.0178
Piso 2	Sismo estático	0.0116	Piso 2	Sismo estático	0.0193
Piso 1	Sismo estático	0.0099	Piso 1	Sismo estático	0.0168
Semisótano	Sismo estático	0.0048	Semisótano	Sismo estático	0.0074

De acuerdo con la Tabla N° 11 de la NTE E0.30 (2018), se considera que la distorsión permitida para sistemas estructurales de concreto armado, deberá ser menor igual a 0.007; sin embargo, la distorsión alcanzada por medio del análisis lineal estático es de 0.0116 en la dirección X-X y de 0.0193 en la dirección Y-Y.

Determinación de los desplazamientos laterales en edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico modal dinámico.

Tabla 4.33. Desplazamiento lateral por análisis sísmico dinámico en las direcciones x-y

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	Caso	Desplazamiento (cm)	Piso	Caso	Desplazamiento (cm)
Piso 6	Sismo modal dinámico	2.406	Piso 6	Sismo modal dinámico	3.361
Piso 5	Sismo modal dinámico	2.147	Piso 5	Sismo modal dinámico	3.041
Piso 4	Sismo modal dinámico	1.842	Piso 4	Sismo modal dinámico	2.646
Piso 3	Sismo modal dinámico	1.481	Piso 3	Sismo modal dinámico	2.153
Piso 2	Sismo modal dinámico	1.054	Piso 2	Sismo modal dinámico	1.548
Piso 1	Sismo modal dinámico	0.594	Piso 1	Sismo modal dinámico	0.879
Semisótano	Sismo modal dinámico	0.193	Semisótano	Sismo modal dinámico	0.287

Tabla 4.34. Deriva inelástica por análisis sísmico modal dinámico en las direcciones x-y

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	Caso	Drift Inelástico	Piso	Caso	Drift Inelástico
Piso 6	Sismo Modal dinámico	0.005	Piso 6	Sismo Modal dinámico	0.004
Piso 5	Sismo Modal dinámico	0.006	Piso 5	Sismo Modal dinámico	0.005
Piso 4	Sismo Modal dinámico	0.006	Piso 4	Sismo Modal dinámico	0.006
Piso 3	Sismo Modal dinámico	0.008	Piso 3	Sismo Modal dinámico	0.007
Piso 2	Sismo Modal dinámico	0.008	Piso 2	Sismo Modal dinámico	0.008
Piso 1	Sismo Modal dinámico	0.007	Piso 1	Sismo Modal dinámico	0.007
Semisótano	Sismo Modal dinámico	0.003	Semisótano	Sismo Modal dinámico	0.004

De acuerdo con la Tabla N° 11 de la NTE E0.30 (2018), se considera que la distorsión permitida para sistemas estructurales de concreto armado, deberá ser menor igual a 0.007; sin embargo, la distorsión alcanzada por medio del análisis lineal modal dinámico es de 0.008 en la dirección X-X y de forma similar de 0.008 en la dirección Y-Y.

Determinación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares analizados mediante métodos convencionales.

El comportamiento sísmico de una edificación puede ser establecido mediante niveles de desempeño, asociados a una demanda sísmica, cuyos resultados podrán ser comprobados utilizando los criterios de aceptación. Para alcanzar estos criterios se debe considerar el comportamiento de los materiales, más allá de su estado elástico lineal.

Comportamiento No Lineal del Concreto

Mediante el ensayo in situ del esclerómetro (ASTM C805), se determinó la dureza superficial del concreto, con el propósito de estimar y corroborar la resistencia del concreto especificada en los planos estructurales de $f_c:210\text{kgf/cm}^2$, resultados del ensayo en el Anexo 2.



Figura 4.10. *Ensayo de Esclerómetro (elaboración propia)*

Para el posterior análisis se consideró el comportamiento no lineal del concreto, para ello se utilizó el modelo propuesto por Mander et al. (1988), el cual considera de manera real el comportamiento concreto confinado y no confinado.

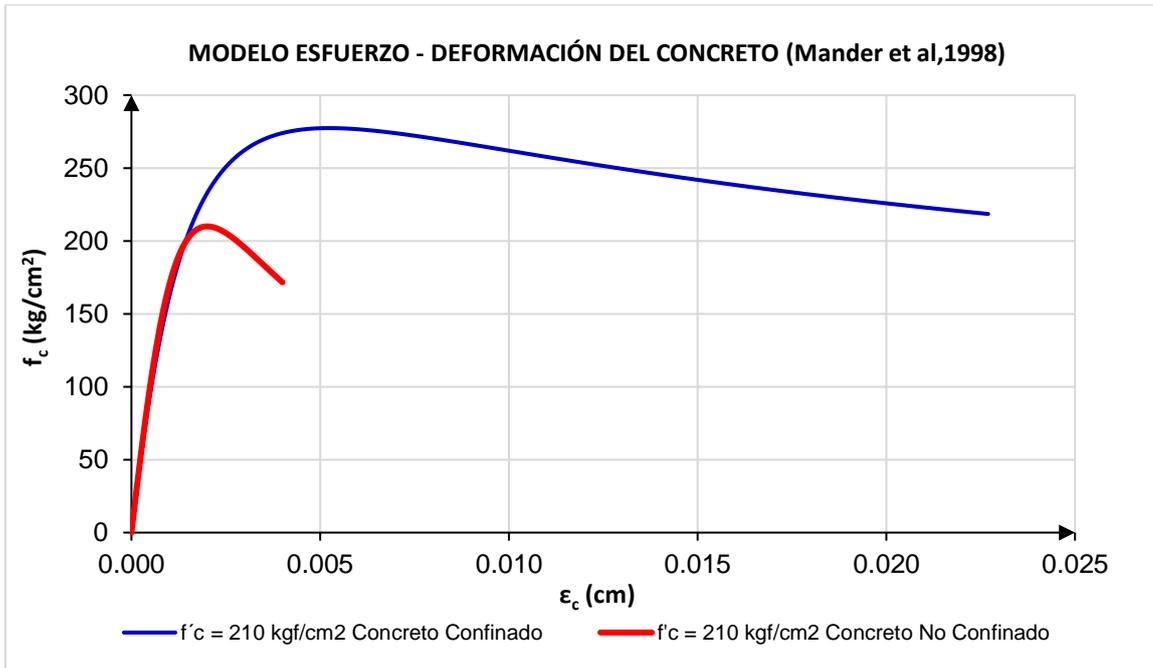


Figura 4.11. Modelo de Mander para el concreto confinado y no confinado (f'_c :210 kgf/cm²)

Comportamiento No Lineal del Acero de Refuerzo

Para considerar el comportamiento no lineal del acero de refuerzo se tomó el modelo propuesto por Park y Paulay (1975) para el acero, el cual se considera tres zonas notables (elástico, fluencia y endurecimiento).

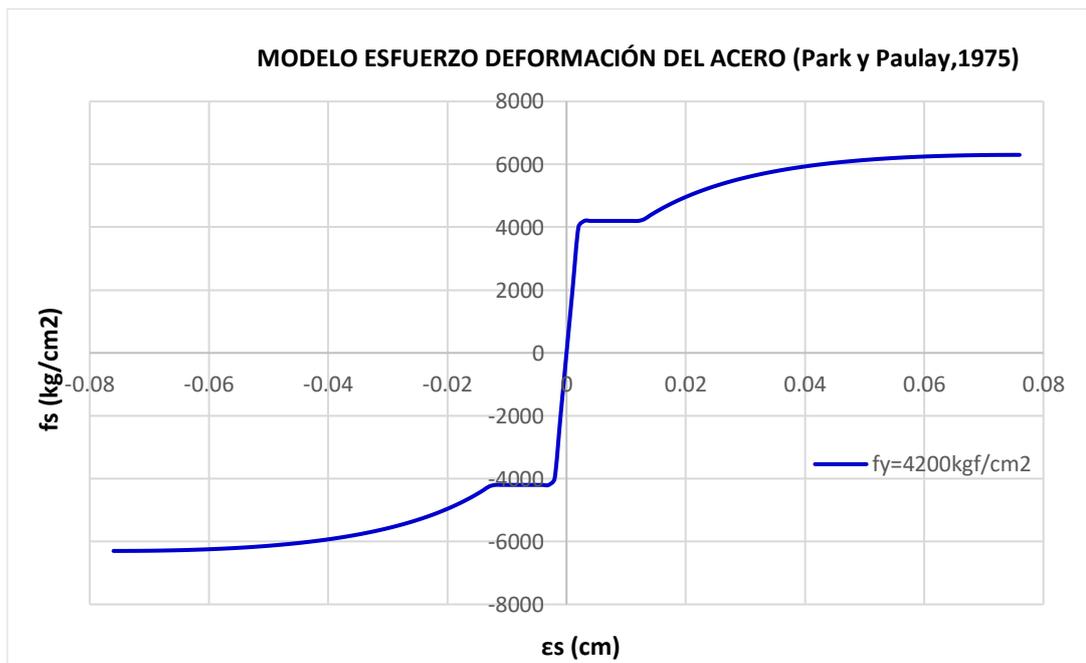


Figura 4.12. Modelo del acero de refuerzo (f_y :4200 kgf/cm²) (Park y Paulay,1975)

Rigidez efectiva para el análisis no lineal estático

El ítem 10.3.1.2 del ASCE/SEI 41-17 establece que la determinación de la rigidez debe ser calculado considerando los esfuerzos de corte, flexión y carga axial. Como también del estado de tensiones, la extensión de las fisuras causadas por cambios volumétricos de temperatura y de servicio, y niveles de deformación bajo cargas de gravedad y fuerzas sísmicas.

Como recomendación para la aplicación de un análisis no lineal estático, el ASCE/SEI 41-17, permite utilizar los valores de la rigidez efectiva en su Tabla 10-5.

Tabla 4.35. Valores de Rigidez Efectiva TABLA 10-5 DEL ASCE/SEI 41-17

Componente	Rigidez a la Flexión	Rigidez a la Corte	Rigidez Axial
Vigas no pretensadas	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cE_{Aw}$	-----
Vigas pretensadas	E_cI_g	$0.4E_cE_{Aw}$	-----
Columnas con compresión causada por la gravedad del diseño cargas $\geq 0.5A_gf_cE$	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cE_{Aw}$	E_cE_{Ag}
Columnas con compresión causada por la gravedad del diseño cargas $\leq 0.1A_gf_cE$ o con tensión	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cE_{Aw}$	E_cE_{Ag} (compresión) E_sE_{As} (tensión)
Uniones viga -- columna	Consultar la sección 10.4.2.2.1		E_cE_{Ag}
Losas planas---no pretensadas	Consultar la sección 10.4.4.2	$0.4E_cE_{Ag}$	-----
Losas planas--- pretensadas	Consultar la sección 10.4.4.2	$0.4E_cE_{Ag}$	-----
Muros -- fisurados	$0.35E_cE_{Ag}$	$0.4E_cE_{Aw}$	E_cE_{Ag} (compresión) E_sE_{As} (tensión)

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del concreto

I_g : inercia gruesa de la sección

A_w : área transversal a corte de la sección

A_g : área gruesa de la sección

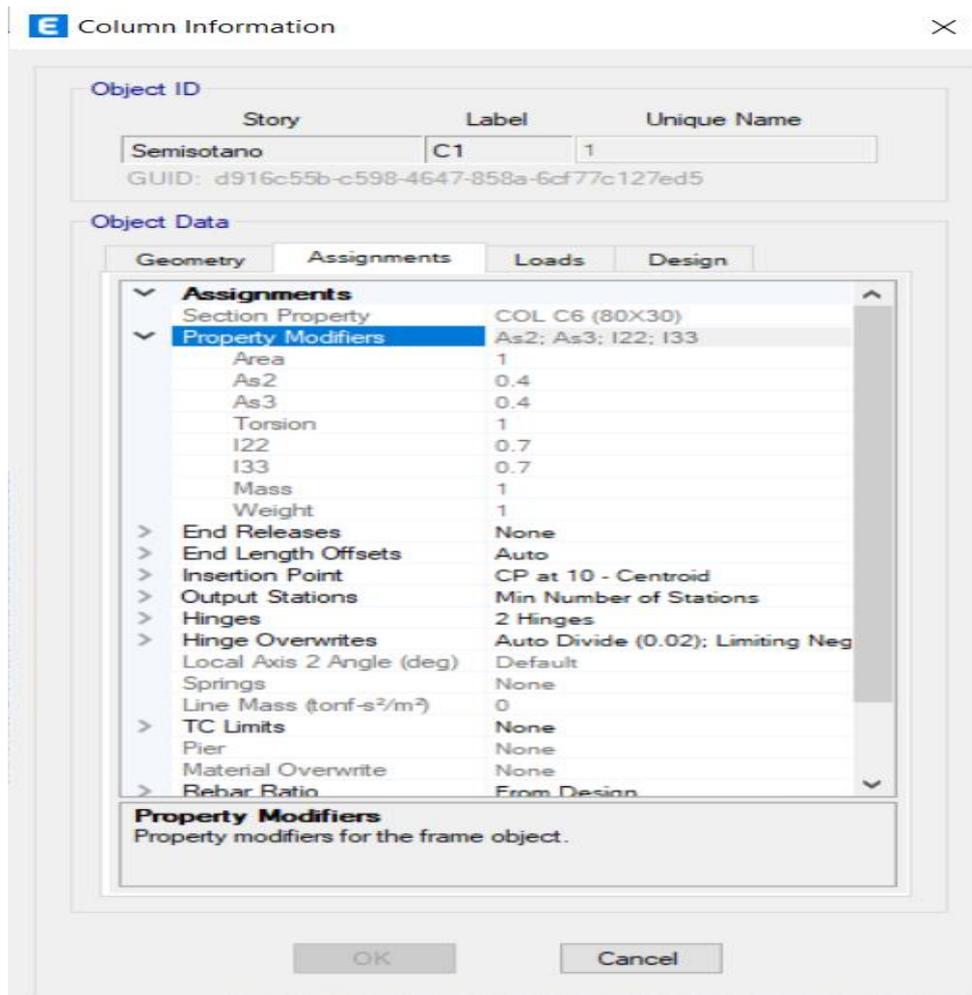


Figura 4.13. Asignación de valores de inercia efectiva según TABLA 10-5 DEL ASCE/SEI 41-17 (elaboración propia)

Obtención de la curva de capacidad por el método pushover

La carga lateral horizontal estará en función del MODO 1 en la dirección horizontal X-X y en la dirección Y-Y en función del MODO 2, su efecto será seguido después de un primer estado de carga gravitacional (CGNL), considerando la combinación de carga estipulado en el ASCE/SEI 41-17 artículo 7.2.1 mediante la siguiente ecuación:

$$Q_G = 1.1 (Q_D + Q_L)$$

Donde:

Carga Muerta: $Q_D = D$

Carga Viva: $Q_L = 0.50L + 0.25L_r$

Tabla 4.36. Patrón de fuerza lateral para el análisis pushover en las direcciones x-y

Piso	h acumulado (m)	Amplitud del Modo 1 X-X	Amplitud del Modo Y-Y	Fuerza Lateral X-X	Fuerza Lateral Y-Y
Piso 6	16.8	0.048	0.027	0.264	0.281
Piso 5	14.4	0.042	0.023	0.231	0.240
Piso 4	12.0	0.035	0.018	0.192	0.188
Piso 3	7.2	0.026	0.013	0.143	0.135
Piso 2	7.2	0.018	0.009	0.099	0.094
Piso 1	4.8	0.010	0.005	0.055	0.052
Semisótano	2.4	0.003	0.001	0.016	0.010
Σ		0.182	0.096		

Representación gráfica de la capacidad por el método pushover – Dirección X-X & Y-Y

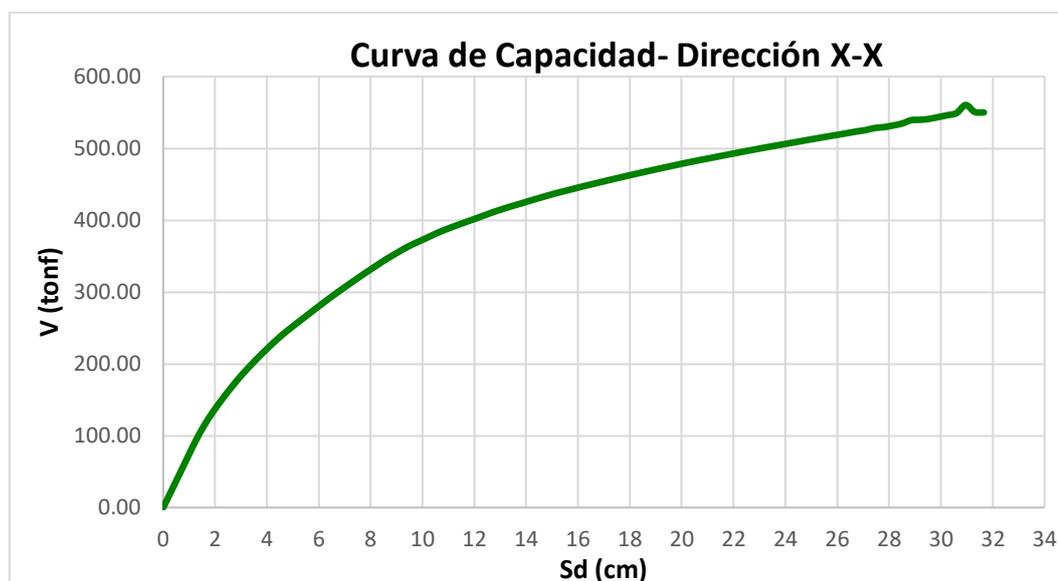


Figura 4.14. Curva de capacidad de la estructura en la dirección x-x (elaboración propia)

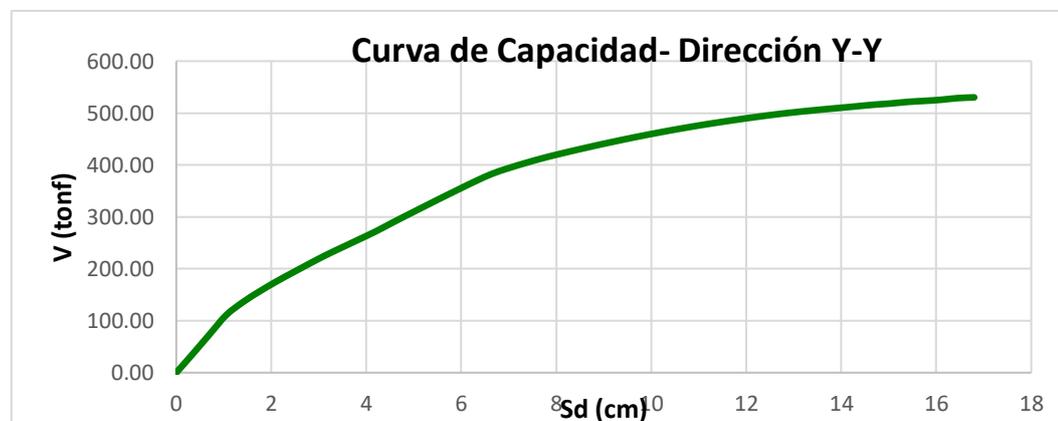


Figura 4.15. Curva de capacidad de la estructura en la dirección y-y (elaboración propia)

Aplicación de los espectros de demanda sísmica

Tabla 4.37. Valores de los espectros de pseudoaceleraciones de demanda sísmico propuestos por el comité VISION 2000 (elaboración propia)

T (s)	SISMO FRECUENTE Sa (g)	T (s)	SISMO SERVICIO Sa (g)	T (s)	SISMO DISEÑO Sa (g)	T (s)	SISMO MÁXIMO Sa (g)
0.00	0.382	0.00	0.503	0.00	1.006	0.00	1.308
0.05	0.382	0.05	0.503	0.05	1.006	0.05	1.308
0.10	0.382	0.10	0.503	0.10	1.006	0.10	1.308
0.15	0.382	0.15	0.503	0.15	1.006	0.15	1.308
0.20	0.382	0.20	0.503	0.20	1.006	0.20	1.308
0.25	0.382	0.25	0.503	0.25	1.006	0.25	1.308
0.30	0.382	0.30	0.503	0.30	1.006	0.30	1.308
0.35	0.382	0.35	0.503	0.35	1.006	0.35	1.308
0.40	0.382	0.40	0.503	0.40	1.006	0.40	1.308
0.45	0.382	0.45	0.503	0.45	1.006	0.45	1.308
0.60	0.382	0.60	0.503	0.60	1.006	0.60	1.308
0.65	0.353	0.65	0.464	0.65	0.929	0.65	1.208
0.70	0.328	0.70	0.431	0.70	0.863	0.70	1.121
0.80	0.287	0.80	0.377	0.80	0.755	0.80	0.981
0.85	0.270	0.85	0.355	0.85	0.710	0.85	0.923
0.95	0.242	0.95	0.318	0.95	0.636	0.95	0.826
1.05	0.219	1.05	0.288	1.05	0.575	1.05	0.748
1.15	0.200	1.15	0.263	1.15	0.525	1.15	0.683
1.35	0.170	1.35	0.224	1.35	0.447	1.35	0.581
2.00	0.115	2.00	0.151	2.00	0.302	2.00	0.392
2.05	0.109	2.05	0.144	2.05	0.287	2.05	0.374
2.10	0.104	2.10	0.137	2.10	0.274	2.10	0.356
2.15	0.099	2.15	0.131	2.15	0.261	2.15	0.340
2.20	0.095	2.20	0.125	2.20	0.249	2.20	0.324
2.25	0.091	2.25	0.119	2.25	0.239	2.25	0.310
8.00	0.007	8.00	0.009	8.00	0.019	8.00	0.025
9.00	0.006	9.00	0.007	9.00	0.015	9.00	0.019
10.00	0.005	10.00	0.006	10.00	0.012	10.00	0.016

Representación gráfica de los espectros de demanda– Dirección X-X & Y-Y

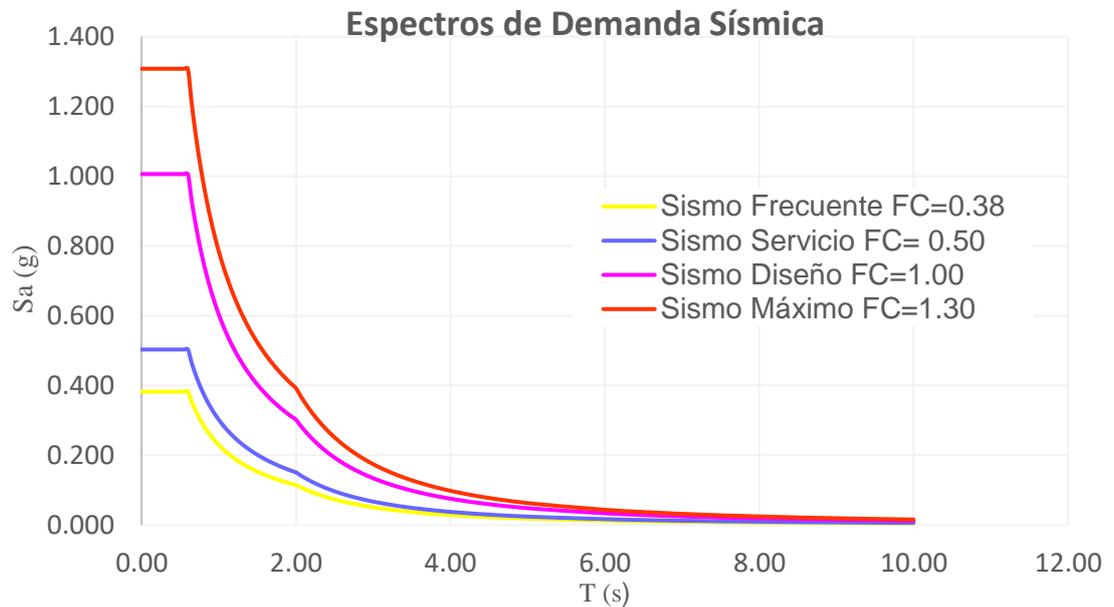


Figura 4.16. Espectros de demanda sísmica propuesta por el comité VISION 2000 (elaboración propia)

Obtención de punto de desempeño – Método del Espectro de Capacidad

- Punto de desempeño – sismo frecuente (dirección X-X)

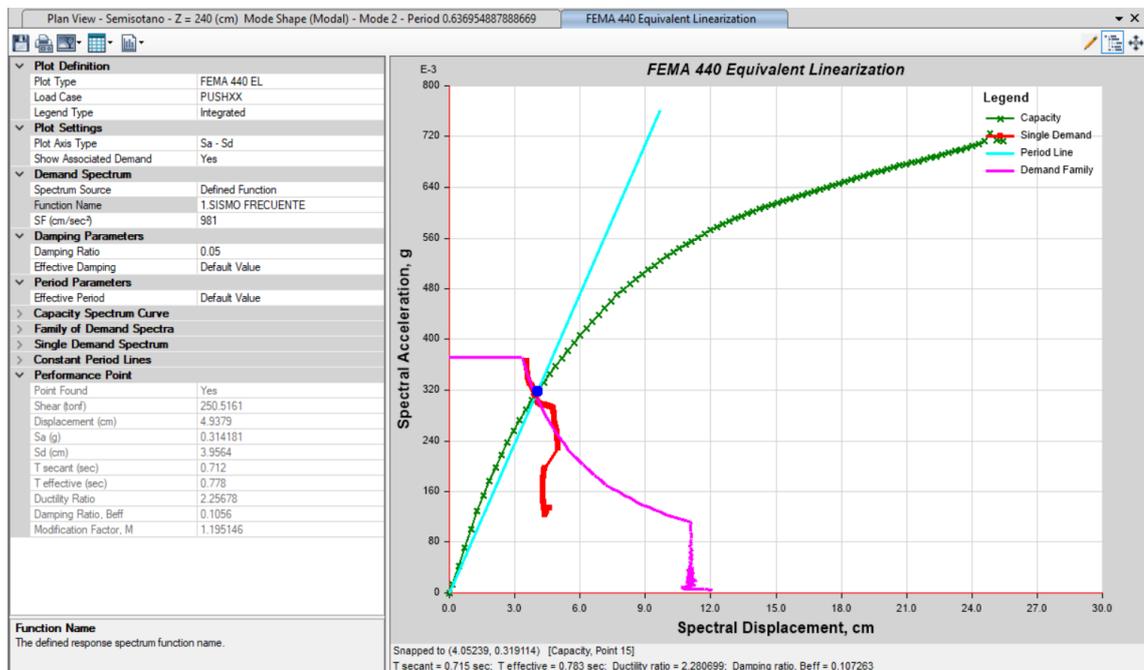


Figura 4.17. Punto de desempeño sísmico ante un sismo FRECUENTE en la dirección x-x (elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo ocasional (dirección X-X)

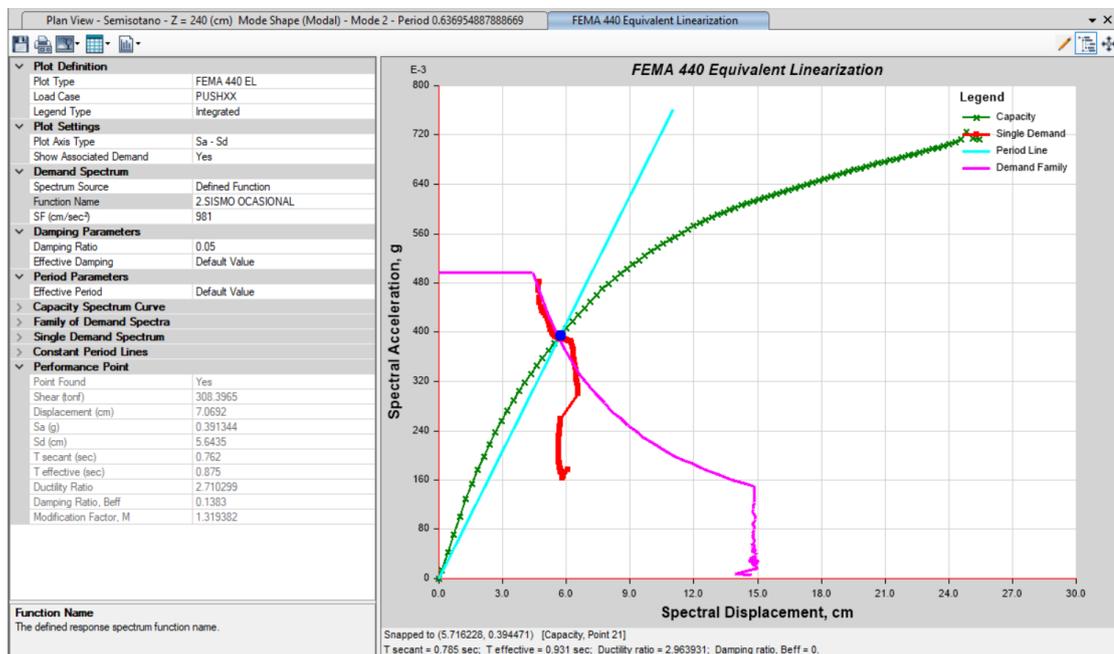


Figura 4.18. Punto de desempeño sísmico ante un sismo OCASIONAL en la dirección x-x
(elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo raro (dirección X-X)

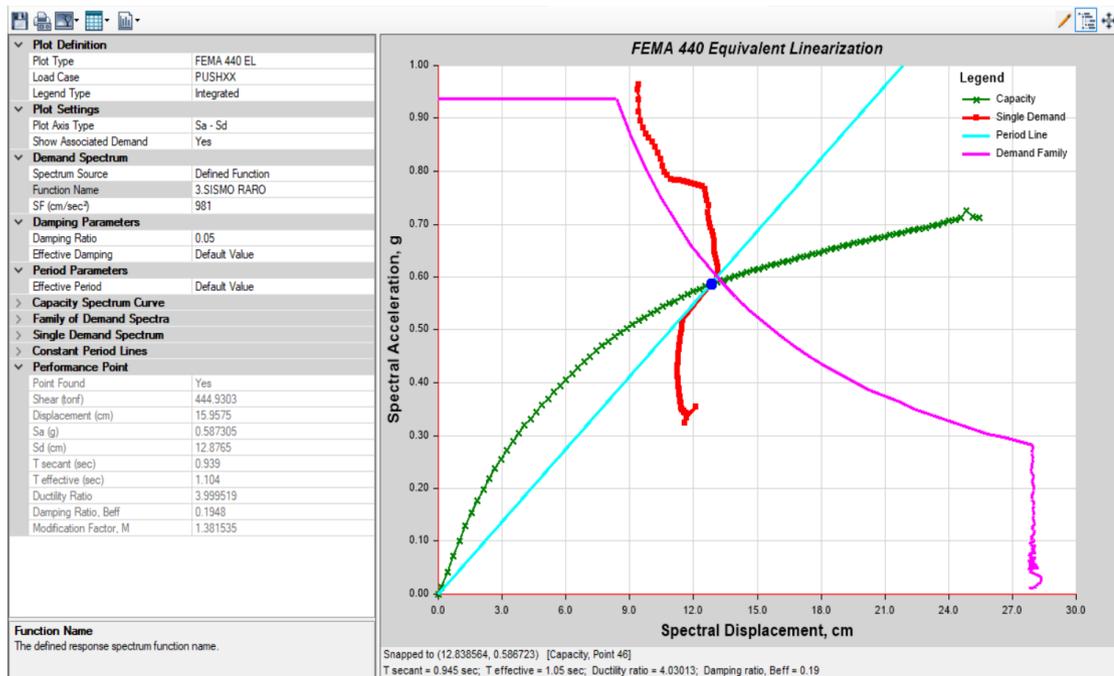


Figura 4.19. Punto de desempeño sísmico ante un sismo SEVERO en la dirección x-x
(elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo muy raro (dirección X-X)

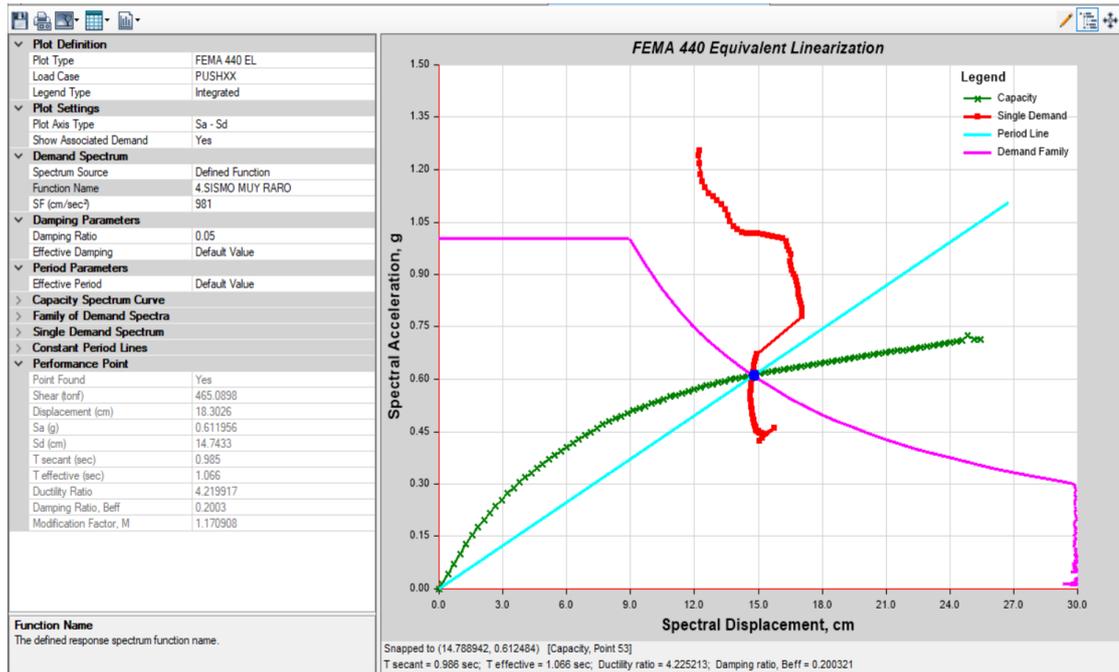


Figura 4.20. Punto de desempeño sísmico ante un sismo MÁXIMO en la dirección x-x
(elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo frecuente (dirección Y-Y)

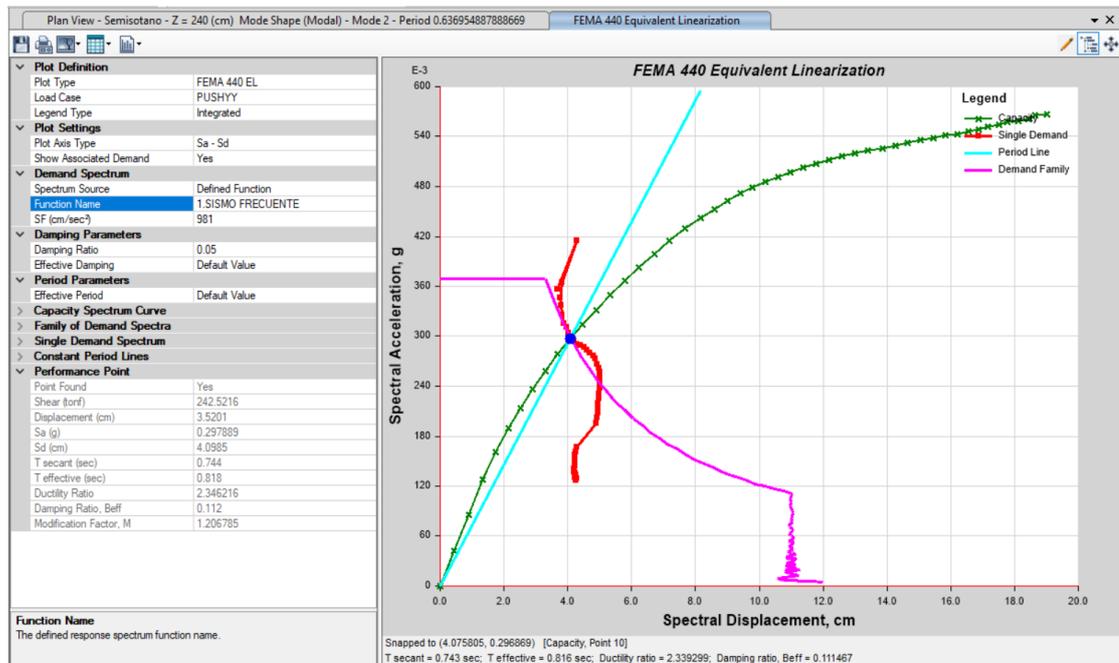


Figura 4.21. Punto de desempeño sísmico ante un sismo FRECUENTE en la dirección y-y
(elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo ocasional (dirección Y-Y)

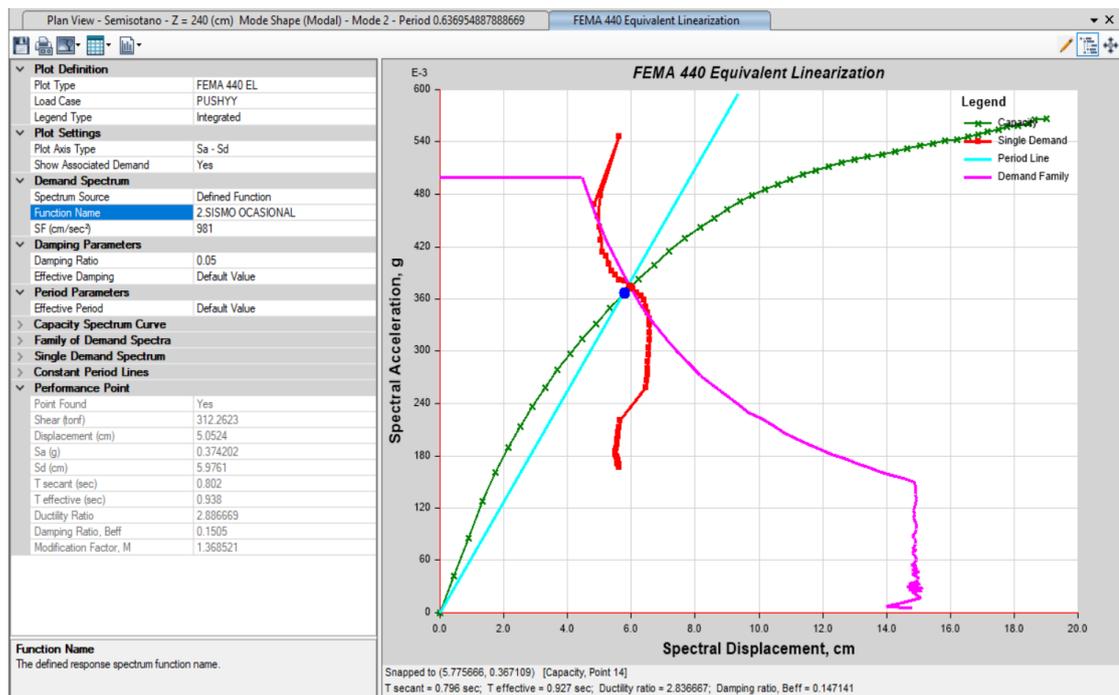


Figura 4.22. Punto de desempeño sísmico ante un sismo OCASIONAL en la dirección y-y (elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo raro (dirección Y-Y)

Figura 25 Punto de desempeño sísmico ante un sismo SEVERO en la dirección

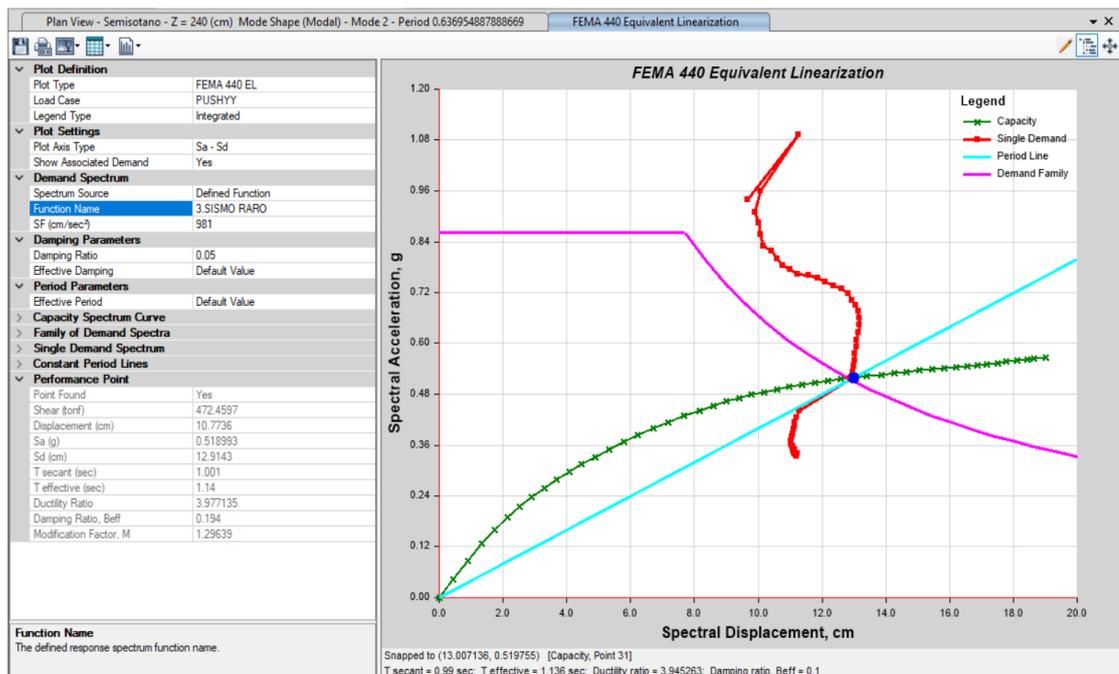


Figura 4.23. Punto de desempeño sísmico ante un sismo SEVERO en la dirección y-y (elaboración propia)

- Punto de desempeño – sismo muy raro (dirección Y-Y)

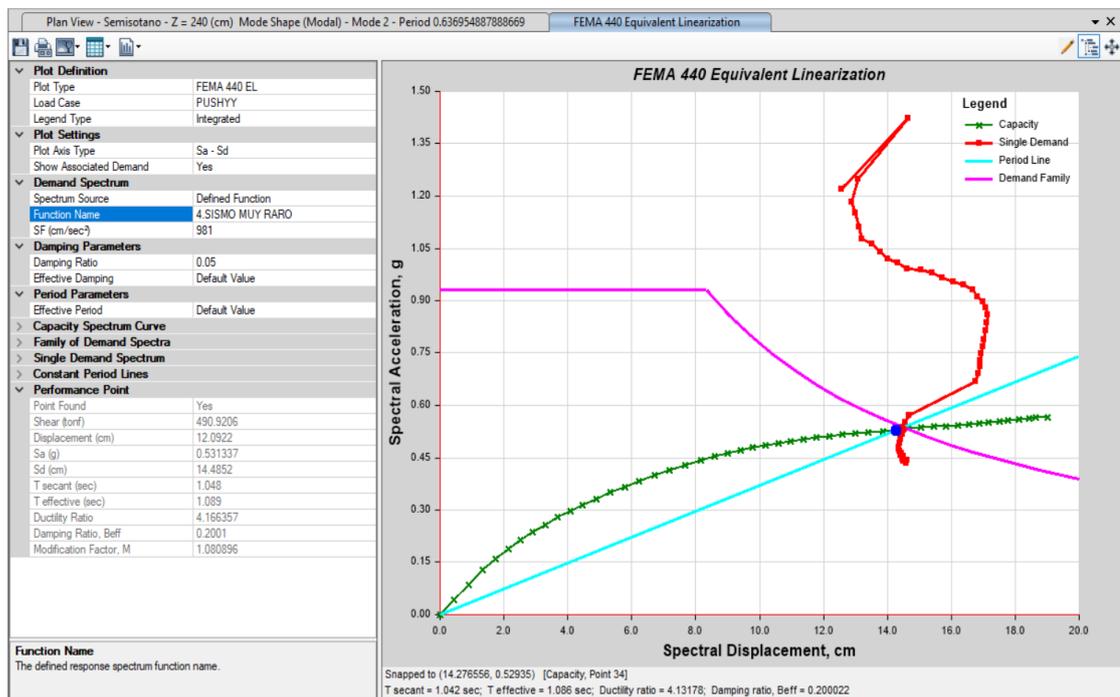


Figura 4.24. Punto de desempeño sísmico ante un sismo MÁXIMO en la dirección y-y (elaboración propia)

Resultados de la investigación.

Resultados de la cuantificación del cortante basal de edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico estático y modal dinámico.

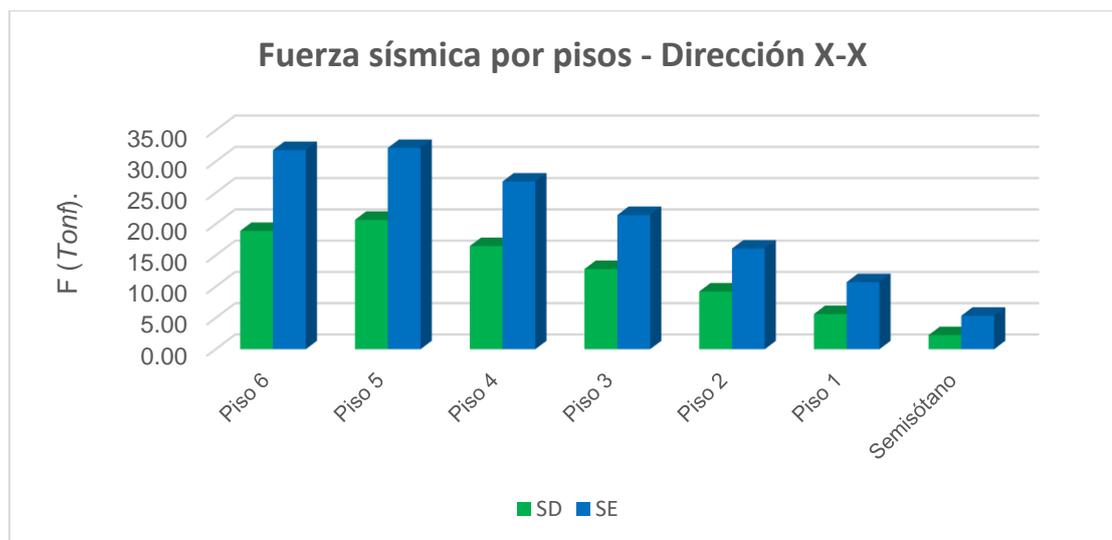


Figura 4.25. Comparativo entre la fuerza lateral estática y dinámica en la dirección x-x (elaboración propia)

Tabla 4.38. Cortante basal sísmico estático y modal dinámico en las direcciones x-y (elaboración propia)

Tipo de análisis	Dirección X-X	Dirección Y-Y
Análisis sísmico estático (tonf.)	124.70	124.70
Análisis sísmico modal dinámico (tonf.)	71.95	59.21

Interpretación:

Para el análisis sísmico estático la cortante basal en la dirección X-X es 124.70tonf. y 124.70 tonf. en el sentido Y-Y; mientras que el análisis sísmico modal dinámico la cortante alcanza los valores de 71.95tonf. y 59.21tonf. en el sentido X-X y Y-Y respectivamente.

Esta variación entre la magnitud de la cortante dinámica y estática aumenta de manera significativa, cuando la edificación presenta irregularidades como la irregularidad torsional y la irregularidad por esquina entrante, obtenida en la presente investigación; provocando que la acción sísmica se magnifique debido a la excentricidad con respecto al centro de masa de cada piso.

Resultados de la estimación del estado de deformación en edificaciones multifamiliares por condiciones de servicio de carga muerta y viva.

Deformación en Vigas

Tabla 4.39. Deformación permisible por condiciones de servicio de carga viva (elaboración propia)

Descripción	L_n (m)	Δ'_{ID} (cm)	Δ'_{ID+L} (cm)	Δ'_{IL} (cm)	$\Delta'_{m\acute{a}x.}$ (cm)	Estado de la deformación
VA-1	3.70	0.0518	0.0736	0.0218	1.028	CONFORME

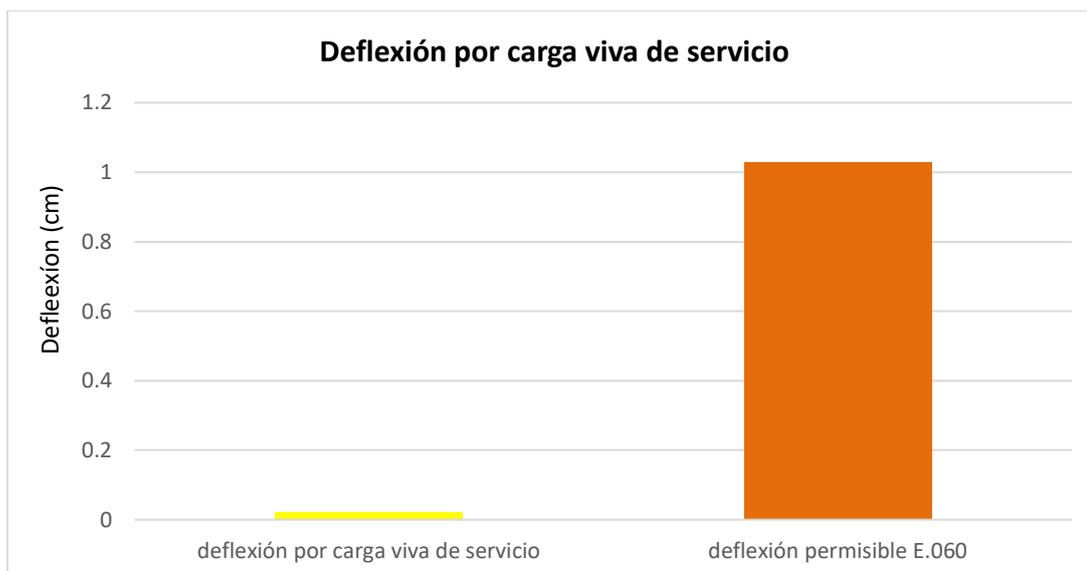


Figura 4.26. Comparativo entre la deflexión del análisis y la deflexión permisible (elaboración propia)

Interpretación:

Tomando en consideración la Tabla 9.2 de deflexiones máximas permisibles de la norma E.060 de concreto armado, la deflexión inmediata permisible por carga viva deberá ser inferior a $L_n/360$. Por lo tanto, indica que el elemento estructural presenta una adecuada rigidez que no comprometerá adversamente el funcionamiento de la estructura.

Resultados de la determinación de los desplazamientos laterales de edificaciones multifamiliares mediante el análisis sísmico estático y modal dinámico.

Tabla 4.40. Desplazamiento lateral por análisis sísmico estático y modal dinámico en las direcciones x-y (elaboración propia)

Tipo de análisis	Desplazamiento lateral máximo (cm)	
	Dirección XX	Dirección YY
Análisis estático	2.04	3.32
Análisis modal dinámico	1.45	2.28

Tabla 4.41. Deriva inelástica por análisis sísmico estático y modal dinámico en las direcciones x-y (elaboración propia)

Tipo de análisis	Deriva inelástica máxima	
	Dirección XX	Dirección YY
Análisis estático	0.011	0.018
Análisis modal dinámico	0.008	0.013

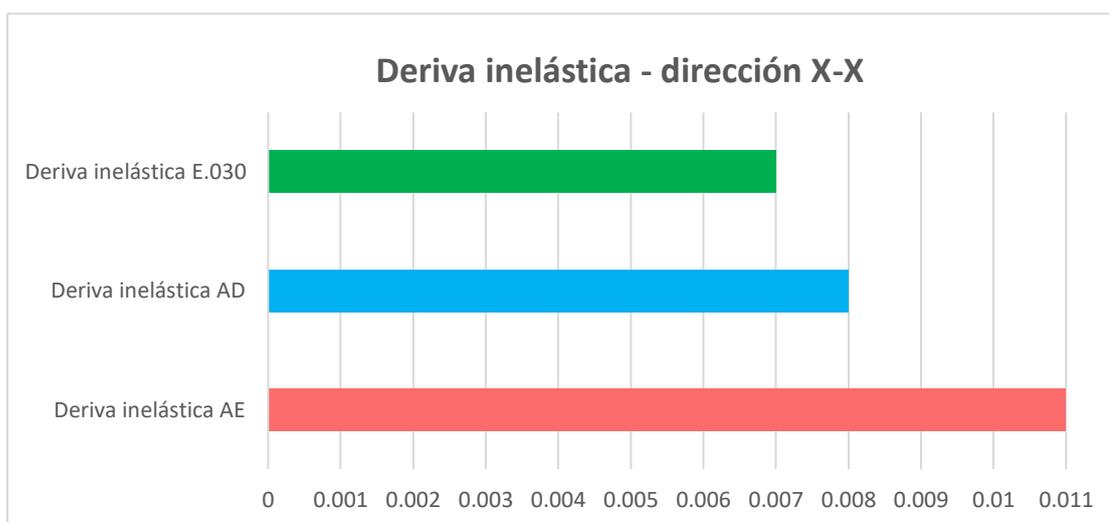


Figura 4.27. Comparativo entre la deriva inelástica estática, dinámica y la permitida según la norma E.060 de concreto armado en la dirección x-x (elaboración propia)

Interpretación:

Mediante la aplicación del análisis estático y modal dinámico se obtuvieron desplazamientos laterales máximos de 2.04cm y 3.32cm en la dirección X-X, mientras que en la dirección Y-Y se obtuvieron valores de 1.45cm y 2.28cm indicando que la edificación presenta mayor rigidez, frente a la acción sísmica.

Resultados de la determinación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante el análisis no lineal estático.

Tabla 4.42. Valores de desplazamiento lateral y fuerza cortante para cada nivel de amenaza sísmica en las direcciones x-y (elaboración propia)

Dirección	Nivel de Sismo	Dp (cm)	V (tonf)	Sa (g)	Sd (cm)	T _{eff} (s)	β _{eff} (%)
X-X	Frecuente	4.94	250.52	0.31	3.96	0.78	10.56
	Ocasional	7.07	308.40	0.39	5.64	0.88	13.83
	Diseño	15.96	444.93	0.59	12.88	1.10	19.48
	Máximo	18.30	465.09	0.61	14.74	1.07	20.03
Y-Y	Frecuente	3.52	242.52	0.30	4.09	0.81	11.20
	Ocasional	5.05	312.26	0.37	5.97	0.94	15.05
	Diseño	10.77	472.46	0.52	12.91	1.14	19.40
	Máximo	12.09	490.92	0.53	14.49	1.09	20.01

Sectorización de la curva de capacidad para la clasificación del estado de desempeño sísmico de la edificación:

Para ubicar el punto de desempeño se requiere que la curva de capacidad sea representada mediante una gráfica bilineal equivalente de 1 grado de libertad, de tal manera ambas disipen la misma cantidad de energía. Para después ser sectorizada por el procedimiento del FEMA 356 en los siguientes sectores: Totalmente Operacional; Operacional; Seguridad ante la vida y Prevención al Colapso.

Sectorización y clasificación del desempeño sísmico – Dirección X-X & Y-Y

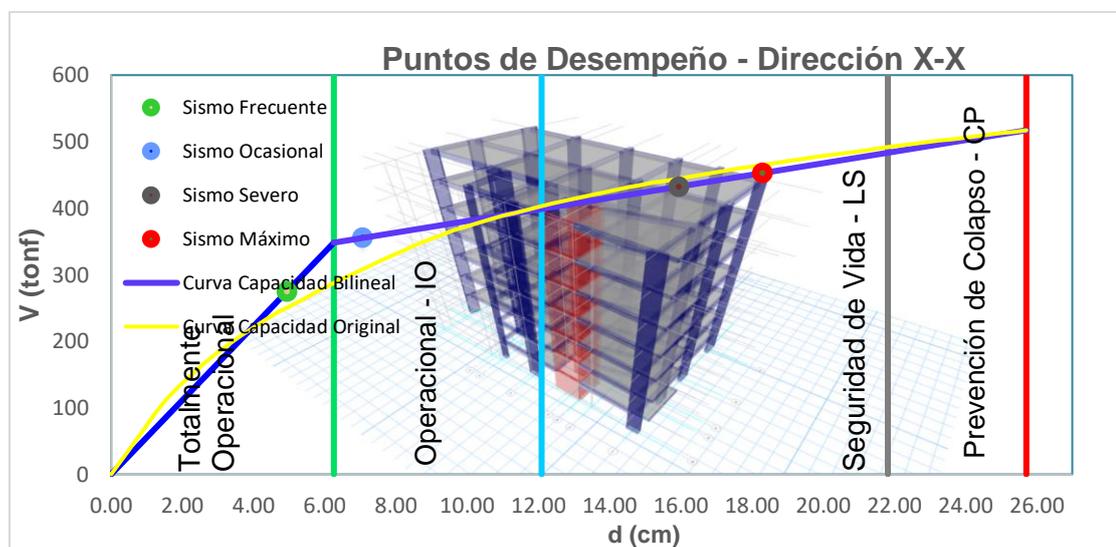


Figura 4.28. Sectorización y clasificación del punto de desempeño en la dirección x-x (elaboración propia)

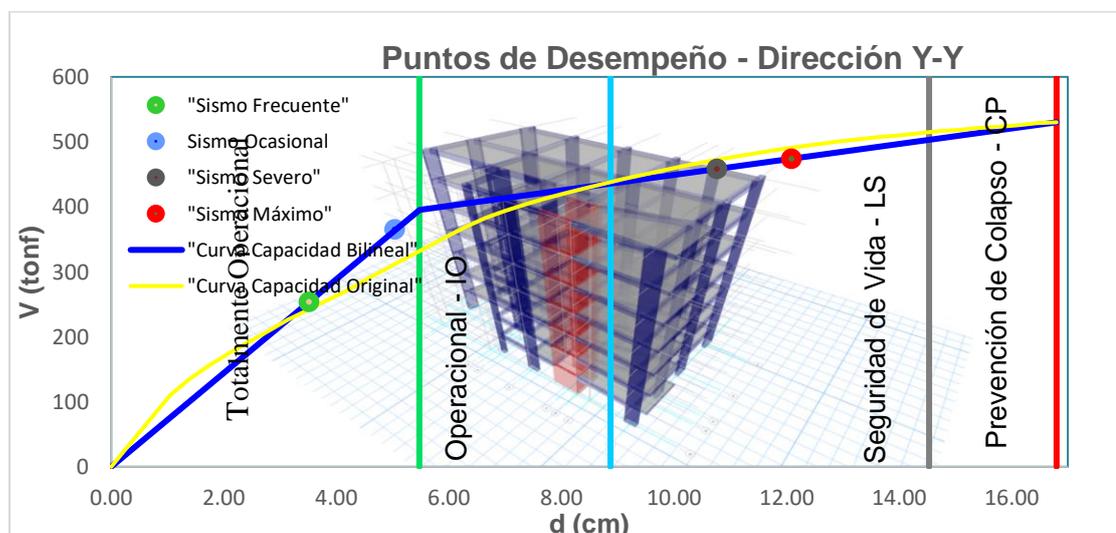


Figura 4.29. Sectorización y clasificación del punto de desempeño en la dirección y-y (elaboración propia)

Tabla 4.43. Clasificación del punto de desempeño sísmico según VISION 2000 (elaboración propia)

Dirección	Nivel de Sismo	Dp (cm)	Desempeño - Sectorización	Desempeño según VISION 2000
X-X	Frecuente	4.94	Totalmente operacional	CUMPLE
	Ocasional	7.07	Operacional (IO)	CUMPLE
	Diseño	15.96	Seguridad de vida (LS)	CUMPLE
	Máximo	18.30	Prevención al colapso (PC)	CUMPLE
Y-Y	Frecuente	3.52	Totalmente operacional	CUMPLE
	Ocasional	5.05	Operacional (IO)	CUMPLE
	Diseño	10.77	Seguridad de vida (LS)	CUMPLE
	Máximo	12.09	Prevención al colapso (PC)	CUMPLE

Interpretación:

Mediante la gráfica de la sectorización se obtiene el estado de desempeño explícito de la edificación ante determinado nivel de peligro sísmico, como se puede observar en las gráficas anteriores, obteniendo en la dirección X-X un desplazamiento de 13.36 cm en el último nivel en caso de la ocurrencia de un sismo severo y de 13.13 cm en la dirección Y-Y.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

Discusión 1:

Para el análisis sísmico estático la cortante basal en la dirección X-X es 168.97 *tonf.* y 144.83 *tonf.* en el sentido Y-Y; mientras que según el análisis sísmico modal dinámico las cortante alcanzan los valores de 90.91 *tonf.* y 70.80 *tonf.* en el sentido X-X y Y-Y respectivamente.

Al respecto con Rivera (2018) citado como antecedente nacional en su tesis “Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y modal dinámico para nuestra estructura regular mayor de 30m de altura en la ciudad de Huancayo” determinó un cortante basal modal dinámico de 608.07 *tonf.* y una cortante estática de 773.90 *tonf.*, presentando una variación del 27%. Mientras que en la presente investigación la cortante basal dinámica es de 71.95 *tonf.*, y la cortante estática con un valor de 124.70 *tonf.* siendo un 73 % por el cual la irregularidad presentada en planta influyó en la magnitud del cortante modal dinámico.

Discusión 2:

Se obtiene una deformación de 0.0518 *cm* y 0.0218 *cm* por condiciones de servicio de carga muerta y viva respectivamente. De acuerdo con la Tabla 9.2 de deflexiones máximas permisibles de la norma E.060 de concreto armado, la deflexión inmediata permisible por servicio de carga viva en elementos reforzados de concreto armado debe ser menor a $L_n/360$ con el objetivo de mantener una adecuada rigidez del elemento estructural bajo esfuerzos de flexión. En la presente investigación se determinó que la deformación obtenida por los efectos de servicio por condiciones de carga viva con el

propósito de determinar si la estructura presenta una adecuada resistencia que asegure su funcionalidad.

Discusión 3:

Mediante la aplicación del análisis estático se obtuvo desplazamientos laterales con valor máximo de 3.10 *cm* en la dirección X-X y 5.34 *cm* en la dirección Y-Y, mientras que el desplazamiento obtenido mediante el análisis modal dinámico alcanzó los valores de 2.41 *cm* y 3.60 *cm* en las direcciones X-X & Y-Y respectivamente.

Las derivas inelásticas que se obtuvieron por la aplicación del análisis modal dinámico fueron de 0.008 y 0.013 en las direcciones X-X & Y-Y respectivamente. Estos resultados no cumplen con las derivas de entrepiso permitidas por la norma vigente sismorresistente E.030, el cual propone un valor máximo de deriva igual a 0.007 para edificaciones de concreto armado.

Discusión 4:

De acuerdo con las Figura 4.16 y Figura 4.17 de la sectorización y clasificación del estado de desempeño de la edificación se cumple la propuesta del comité VISION 2000, en el cual se obtiene una clasificación de Seguridad de vida (LS) ante la ocurrencia de un sismo severo con el que obtiene un desplazamiento de 15.96 *cm* y de 10.77 *cm* en la dirección X-X & Y-Y respectivamente.

Estos resultados a su vez poseen similitud con los obtenidos por parte de investigaciones de autores nacionales como (Zevallos & Vergara, 2014), (Paredes, 2016) y (Fuentes, 2018), este último obtuvo una clasificación de desempeño sísmico de Seguridad de vida (LS) ante la ocurrencia de un sismo severo de diseño estipulado en la norma peruana sismorresistente.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Las conclusiones se desarrollaron en el orden de los objetivos (específicos y general)

Conclusión 1:

Para el análisis sísmico estático la cortante basal en la dirección X-X es 168.97 *tonf.* y 144.83 *tonf.* en el sentido Y-Y; mientras que según el análisis sísmico modal dinámico las cortante alcanzan los valores de 90.91 *tonf.* y 70.80 *tonf.* en el sentido X-X y Y-Y respectivamente. Esta variación entre la magnitud de la cortante dinámica y estática aumenta de manera significativa, cuando la edificación presenta irregularidades como la irregularidad torsional y la irregularidad por esquinas entrantes obtenidas en la presente investigación, provocando que la acción sísmica se magnifique debido a la excentricidad con respecto al centro de masa de cada piso.

Conclusión 2:

La viga VA-1 presenta una deformación de 0.0518 cm y 0.0218 cm por condiciones de servicio de carga muerta y viva respectivamente. Estas deformaciones obtenidas por cargas de servicio fueron muy inferiores a las permitidas, de acuerdo con la norma E.060 de concreto armado, por lo que tienen un adecuado comportamiento respecto a este condicional.

Conclusión 3:

Mediante la aplicación del análisis estático se obtuvo desplazamientos laterales con valor máximo de 3.10 *cm* en la dirección X-X y 5.34 *cm* en la dirección Y-Y, mientras que el desplazamiento obtenido mediante el análisis modal dinámico alcanzó los

valores de 2.41 *cm* y 3.36 *cm* en las direcciones X-X & Y-Y respectivamente. Las derivas inelásticas que se obtuvieron por la aplicación del análisis modal dinámico fueron de 0.0116 y 0.0193 en las direcciones X-X & Y-Y respectivamente. Las derivas inelásticas obtenidas no cumplieron con lo estipulado en las distorsiones permitidas por la norma peruana sismorresistente (NTE E0.30 , 2018).

Conclusión 4:

De acuerdo con las Figura 4.16 y Figura 4.17 de la sectorización y clasificación del estado de desempeño de la edificación se cumple la propuesta del comité VISION 2000, en el cual se obtiene una clasificación de Seguridad de vida (LS) ante la ocurrencia de un sismo severo con el que obtiene un desplazamiento de 15.96 *cm* y de 10.77 *cm* en la dirección X-X & Y-Y respectivamente.

Estos resultados indican que la norma peruana sismorresistente proporciona una conservadora resistencia a las edificaciones de concreto armado, limitando la deriva de entrepiso al 7 por mil para edificaciones de concreto armado; por otra parte, de acuerdo el análisis no lineal la edificación contiene un adecuado porcentaje entre rigidez y ductilidad, hecho que se puede observar mediante la curva de capacidad y la gráfica de la sectorización para clasificar el estado de la edificación ante determinada amenaza sísmica.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se desarrollaron en el orden de las conclusiones (específicos y general)

Recomendación 1:

Para el análisis sísmico estático la cortante basal en la dirección X-X es 168.97 *tonf.* y 144.83 *tonf.* en el sentido Y-Y; mientras que el análisis sísmico modal dinámico la cortante alcanza los valores de 90.91 *tonf.* y 70.80 *tonf.* en el sentido X-X y Y-Y respectivamente. Esta variación entre la magnitud de la cortante dinámica y estática aumenta de manera significativa, cuando la edificación presenta irregularidades como la irregularidad torsional y la irregularidad por esquinas entrantes, obtenidas en la presente investigación, provocando que la acción sísmica se magnifique, debido a la excentricidad con respecto al centro de masa de cada piso.

Se recomienda realizar la verificación del sistema estructural de la edificación por medio del cortante basal, absorbida por los elementos estructurales del primer piso, con el objetivo de obtener el correspondiente factor de reducción sísmica, puesto que, de ello, dependerá la magnitud de la cortante sísmica estática y dinámica, considerando también los adecuados parámetros sismorresistentes.

Recomendación 2:

Se obtiene una deformación de 0.0518 *cm* y 0.0218 *cm* por condiciones de servicio de carga muerta y viva respectivamente.

Se recomienda seguir las sugerencias de las dimensiones mínimas de los elementos estructurales propuestas por la norma E.060 de concreto armado, para evitar

deformaciones superiores a las permisibles, de tal manera que la funcionalidad y resistencia de los elementos estructurales proporcionen rigidez a la edificación.

Recomendación 3:

Mediante la aplicación del análisis estático se obtuvo desplazamientos laterales con valor máximo de 3.10 *cm* en la dirección X-X y 5.34 *cm* en la dirección Y-Y, mientras que el desplazamiento obtenido mediante el análisis modal dinámico alcanzó los valores de 2.41 *cm* y 3.36 *cm* en las direcciones X-X & Y-Y respectivamente

Se recomienda aumentar la dimensión de las secciones estructurales, en especial en las columnas para limitar los desplazamientos laterales y cumplir con la deriva inelástica permisible para elementos de concreto armado.

Recomendación 4:

De acuerdo con la Figura 4.16 y Figura 4.17 de la sectorización y clasificación del estado de desempeño de la edificación, se cumple la propuesta del comité VISION 2000, en el cual se obtiene una clasificación de Seguridad de vida (LS) ante la ocurrencia de un sismo severo con el que obtiene un desplazamiento de 15.96 *cm* y de 10.77 *cm* en la dirección X-X & Y-Y respectivamente.

Se recomienda complementar el análisis lineal estipulado por la norma peruana sismorresistente con el análisis no lineal estático, para conocer de manera más precisa el comportamiento de las edificaciones ante distintos niveles de amenaza sísmica.

Referencias bibliográficas

- ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. American Concrete Institute.
- Aguiar, R. (2003). *Análisis Sísmico por Desempeño*. Obtenido de UDOCZ: <https://www.udocz.com/read/analisis-sismico-por-desempe-o-roberto-aguiar-falconi>
- Arias-Gómez, J., & Villasis-Keever, M. Á.-N. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63, 201-206. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>
- Arias-González, J. L. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. Arequipa: Enfoques Consulting. Obtenido de www.cienciaysociedad.org
- ASCE/SEI 41-13. (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*.
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, California: Applied Technology Council*. (Vols. ATC-40 Report, Volumes 1 and 2). (A. T. Council., Ed.) California.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom. Obtenido de <https://www.slideshare.net/ceferinacabrera/libro-metodologia-investigacion-behar-rivero-1>
- Bertero, V. (1992). *Lecciones Aprendidas de Terremotos Catastróficas Recientes y Otras Investigaciones*. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Bunge, M. (2017). El planteamiento científico. *Cubana de Salud Pública*, 43. Obtenido de <http://www.revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1001/906>
- Castro-Carreño, A., Parra-Vera, E., & Arango-Calderón, I. (Abril de 2020). Glosario para metodología de la investigación. *Working Paper*(No.8). doi: <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/5ANJB>
- FEMA 356. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, D.C: American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency.

- FEMA 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington, DC: Applied Technology Council (ATC-55 Project) for the Federal Emergency Management Agency.
- Fuentes, N. (2018). *Desempeño Sísmico de un Edificio de Cinco Niveles de Concreto Armado Mediante el Análisis Estático No Lineal "Pushover"*. Santiago Antúnez de Mayolo, Huaráz.
- Gallegos Ortiz, B. (2016). *Diseño Basado en Desempeño Performance Based Design*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/315487018_Disenio_Basado_en_Desempeno_Performance_Based_Design/citation/download
- Guillermo, B. (1995). *La investigación social y educativa*. (3, Ed.) Bogotá - Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mechanics of Materials*. Pearson Education.
- Hognestad, E. (1951). *Study of combined bending and axial load in reinforced concrete members*. ILLINOIS.
- Jiménez, R. (1998). *Metodología de la investigación*. La Habana: Ciencias Médicas. Obtenido de https://www.academia.edu/19260318/Metodologia_de_la_investigacion_ROS_A_JIM%C3%89NEZ_PANEQUE
- Kenneth, L. M., & Chia-Ming, U. (2005). *Fundamentos de análisis estructural*. McGraw-Hill.
- Luisa, V., Quizanga, D., & Andino, J. (2020). Análisis Estático No Lineal de Edificios Aporticados de Hormigón Armado Aplicando Normativa Ecuatoriana, Colombia y Peruana.
- Mander, J., Priestley, M., & Park, R. (1988). *Theoretical stress-strain model for confined concrete*.
- Martínez Miguélez, M. (2006). Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa. 5. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000200002

Moscoso, E., & Quiroz, L. (2019). Proposal for peruvian standard considering the effect of bidirectionality and the angle of incidence of an earthquake. *SciELO Analytics*, 29. doi:<http://dx.doi.org/10.21754/tecnica.v29i2.703>

NTE E0.20. (2006). *Norma E.020 Cargas*. Lima: Diario Oficial EL PERUANO.

NTE E0.30 . (2018). *R.M. N°355-2018-VIVIENDA que modifica la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NTE E0.60. (2006). *Norma E.060 Concreto Armado*. Lima: SENCICO.

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (septiembre de 2018). Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. *Ediciones de la U - Carrera*. Obtenido de <https://edicionesdelau.com/>

Ottazzi. (2011). *Concreto Armado I*. Lima: PUCP.

Paredes, M. (2016). Evaluación del Desempeño Sismorresistente de un Edificio destinado a Vivienda en la Ciudad de Lima aplicando el Análisis Estático No Lineal Pushover. (*Tesis de Título*). Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Park, R. ; Paulay T. (1988). *ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO*. México: LIMUSA.S.A de C.V.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2019). Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Repositorio de la UNV. (s.f.). *Niveles de Desempeño*. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/>

SEAOC Vision 2000 Committe. (1995). *Performance Based Seismic Engineering of Buildings*. California: Structural Engineers Association of California.

Structural Engineers Association of California (SEAOC). (1999). *Recommended Lateral Force Requirements and Comentary*.

Tavera, H., Salas, H., Jimenez, C., & Vilcapoma. (2001). *El terremoto de Arequipa del 23 de Junio de 2001: Informe preliminar*. Lima: CENTRO NACIONAL DE DATOS GEOFÍSICOS SISMOLOGÍA.

Villamil, K., & Tarquino, D. (2018). *Comparación del Método Lineal Elástico y Método Lineal Modal dinámico en Estructuras Aporticadas en Concreto Reforzado* . Bogotá.

Villanueva, M. (2018). Desempeño Sísmico del Edificio Dual de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNASAM, Huaraz-2014. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional San Antúnez de Mayolo, Huaraz, Ancash, Perú.

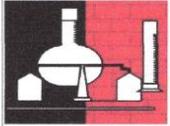
Whitney, C. (1937). *Design of Reinforced Concrete Members under Flexure or Combined Flexure and Direct*.

Zenón, A., & Hurtado, J. (1991). MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA CIUDAD DE AREQUIPA. *VI Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*. Lima. Obtenido de http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis19_a.pdf

Zevallos, A., & Vergara, M. (2014). *Análisis sísmico por desempeño estático no lineal de un edificio de 6 niveles en la ciudad de Trujillo, La libertad*. Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/585>

ANEXOS

Anexo2: Ensayo de Esclerometría para la determinación de la dureza del concreto endurecido ASTM C805

	FORMATO		Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DEL CONCRETO ENDURECIDO MEDIANTE ESCLEROMETRÍA ASTM C805		Versión	01
			Fecha	12-08-2021
			Página	1 de 1

PROYECTO : Vivienda multifamiliar Benjamín del Solar, Urb. Las Condes Lote C-15 - Dto de Sachaca - Arequipa
 SOLICITANTE : JORGINHO MARCO RAMOS CAHUAPAZA FECHA DE ENSAYO : 20/08/2021
 CÓDIGO DE PROYECTO : --- TURNO : Diurno
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Urb. Las Condes Lote C-15 - Dto de Sachaca - Arequipa
 FECHA DE EMISIÓN : 12/08/2021

DESCRIPCIÓN : Se realizaron ensayos de esclerometría en elementos verticales y horizontales
 ENSAYO : Se determinó lecturas de rebote en sentido horizontal en 10 lecturas por punto.
 ESCLERÓMETRO : El esclerómetro utilizado es marca A&A INSTRUMENTS, MODELO ZC3-A

ELEMENTO	LECTURAS				PROMEDIO	FACTOR C.	DUREZA (Kgf/cm ²)
COLUMNA 01	33	31	35	32	33	0.7	235
	31	33	32	33			
		34	35				

ELEMENTO	LECTURAS				PROMEDIO	FACTOR C.	DUREZA (Kgf/cm ²)
COLUMNA 02	33	31	33	31	32	0.7	225
	32	29	30	33			
		32	31				

ELEMENTO	LECTURAS				PROMEDIO	FACTOR C.	DUREZA (Kgf/cm ²)
VIGA 01	30	31	35	32	32	0.7	228
	30	29	32	33			
		32	35				

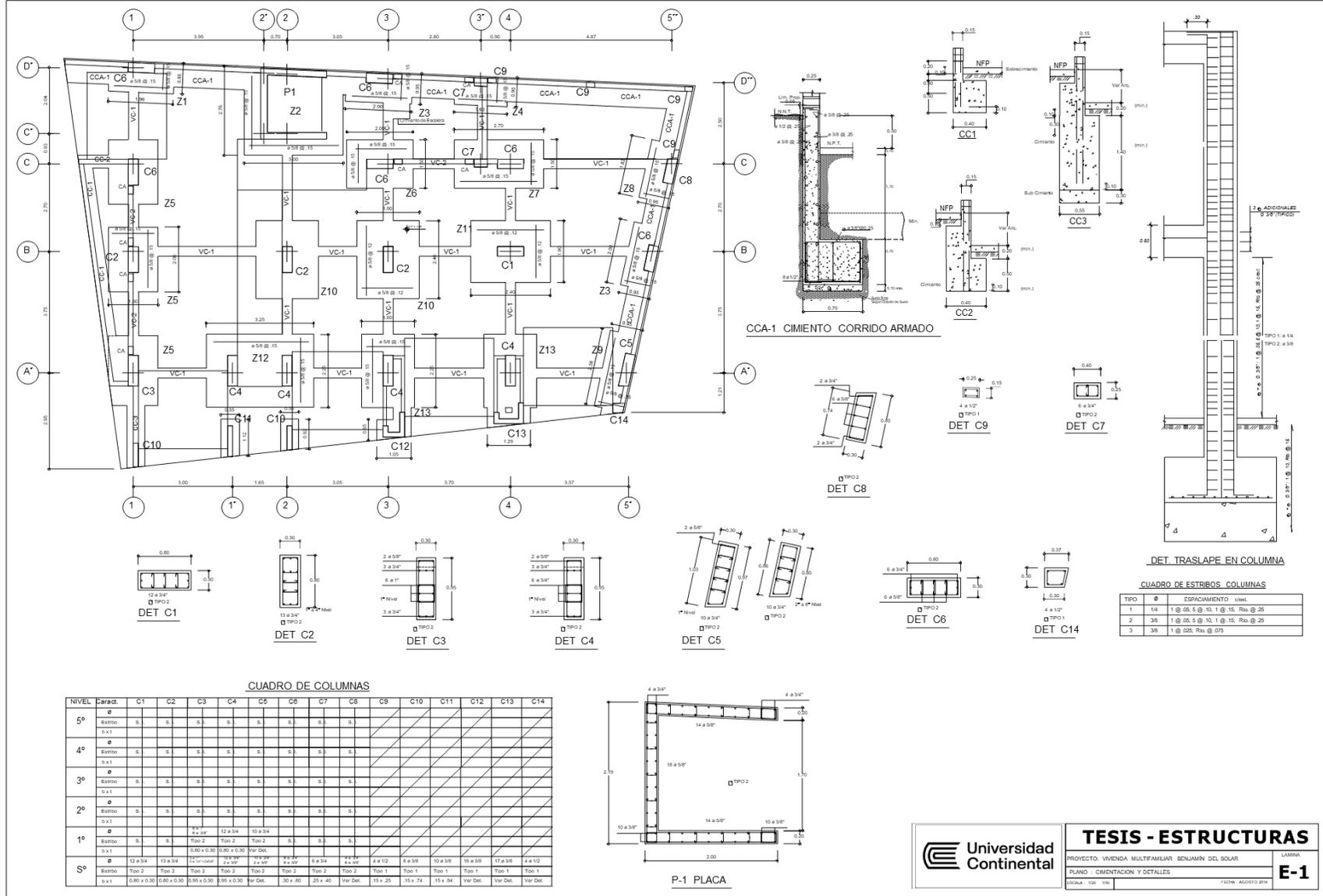
ELEMENTO	LECTURAS				PROMEDIO	FACTOR C.	DUREZA (Kgf/cm ²)
VIGA 02	33	31	35	32	33	0.7	233
	32	33	30	33			
		34	33				

OBSERVACIONES:
 * Para fines de cálculo promedio se eliminan las lecturas individuales de cada punto cuya diferencia con respecto al promedio es mayor en 6 unidades
 * Las lecturas descartadas para el cálculo del promedio fueron marcadas de color ROJO

GEOTECNIA AQP

VALIDACIÓN DE EXPERTO	
Nombre y firma:	D: 12
 Ing. Carlos Enrique Chávez Rodríguez	M: 08
Esp Geotecnia CIP 20474	A: 21

PLANOS



CUADRO DE COLUMNAS

NIVEL	Barra	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
5º	Estrubo	S	S	S	S	S	S	S	S	S					
	Ø	12 a 3/4"													
4º	Estrubo	S	S	S	S	S	S	S	S	S					
	Ø	12 a 3/4"													
3º	Estrubo	S	S	S	S	S	S	S	S	S					
	Ø	12 a 3/4"													
2º	Estrubo	S	S	S	S	S	S	S	S	S					
	Ø	12 a 3/4"													
1º	Estrubo	S	S	S	S	S	S	S	S	S					
	Ø	12 a 3/4"													
Sº	Estrubo	Tipo 2	Tipo 1												
	Ø	12 a 3/4"													

CUADRO DE ESTRIBOS COLUMNAS

TIPO	Ø	ESPACIAMIENTO	cmel.
1	1/4	1 @ .05, 5 @ .10, 1 @ .15, Rdb @ .25	
2	3/8	1 @ .05, 5 @ .10, 1 @ .15, Rdb @ .25	
3	3/8	1 @ .025, Rdb @ .075	

Universidad
Continental

TESIS - ESTRUCTURAS

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR BENJAMIN DEL SOLAR

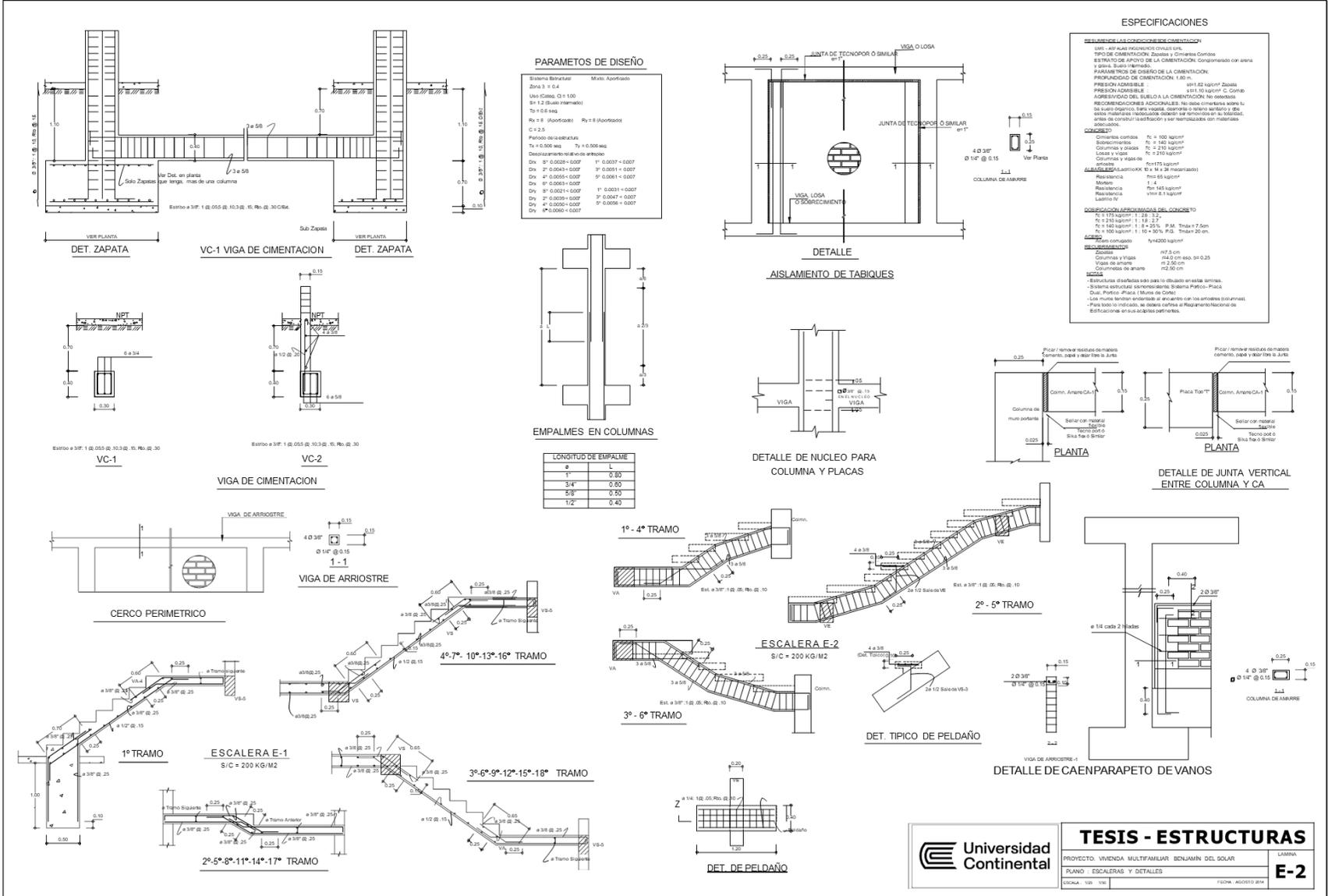
PLANO: CIMENTACION Y DETALLES

ESCALA: 1:50 1:100

LAMINA

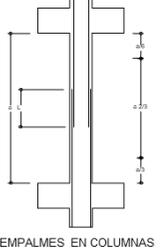
E-1

FECHA: AGOSTO 2014



PARAMETROS DE DISEÑO

Sistema Estructural: Mxlv. Apilado
 Zona 3 a 0.4
 Uso Habit. Q = 1.00
 S1 = 1.2 (Suelo Firme)
 T0 = 0.6 seg
 R_x = 8 (Apilado) R_y = 8 (Apilado)
 C = 2.5
 Período de las estructuras
 T_x = 0.599 seg T_y = 0.599 seg
 Desplazamiento de los pisos
 D_x 1° 0.0028 - 0.007 1° 0.0037 - 0.007
 D_x 2° 0.0043 - 0.007 2° 0.0051 - 0.007
 D_x 4° 0.0055 - 0.007 5° 0.0061 - 0.007
 D_x 6° 0.0063 - 0.007 1° 0.0031 - 0.007
 D_y 1° 0.0021 - 0.007 1° 0.0031 - 0.007
 D_y 2° 0.0039 - 0.007 3° 0.0047 - 0.007
 D_y 4° 0.0050 - 0.007 5° 0.0056 - 0.007
 D_y 6° 0.0060 - 0.007



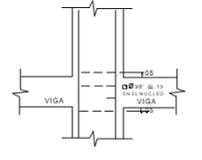
LONGITUD DE EMPALME

Ø	L
1"	0.80
3/4"	0.60
5/8"	0.50
1/2"	0.40

ESPECIFICACIONES

RESUMEN DE LAS ESPECIFICACIONES DE CIMENTACIÓN
 SER: ANÁLISIS RESUMIDO CIVILIZ S.R.L.
 TIPO DE CIMENTACIÓN: Zapatas y Columnas Concretas
 ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN: Conglomerado con arena y grava, Suave Vibrado.
 PARAMETROS DE DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN:
 PROPORCIÓN DE CIMENTACIÓN: 1:0.75
 PRESIÓN ADMISIBLE: 6511.82 kg/cm² Zapata
 PRESIÓN ADMISIBLE: 6511.82 kg/cm² Columna
 AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN: No detectada
 RECOMENDACIONES Y/O OBSERVACIONES: No debe cambiarse agua ni su calidad original, debe usarse agua potable o refino sanitario y debe estar descalcificada mediante el tratamiento de la filtración.
 Antes de cualquier modificación y ser verificados con materiales asociados.
CONCRETO
 Cementos conchas f_c = 100 kg/cm²
 Quilómetros f_c = 240 kg/cm²
 Columnas y vigas f_c = 210 kg/cm²
 Ladas y pisos f_c = 210 kg/cm²
ACEROS
 Columnas y vigas de f_y = 175 kg/cm²
 Ladas y pisos f_y = 14.28 (módulo elástico)
ACEROS PASIVOS
 Resistencia f_y = 65 kg/cm²
 Módulo E = 1.4
 Resistencia f_y = 145 kg/cm²
 Resistencia f_y = 8.1 kg/cm²
ESPECIFICACIONES RECOMENDADAS DEL CONCRETO
 F_c = 175 kg/cm² 1:0.75
 F_c = 210 kg/cm² 1:1.0 1:2.7
 F_c = 180 kg/cm² 1:1.0 2:1.0 P.M. T_{max} = 7.5cm
 F_c = 180 kg/cm² 1:1.0 2:1.0 P.M. T_{max} = 20 cm
ACEROS
 F_y = 175 kg/cm²
 F_y = 145 kg/cm²
 F_y = 8.1 kg/cm²
ACEROS PASIVOS
 Zonas: #2.5 cm
 Columnas y vigas: #2.5 cm esp. 0.25
 Vigas: #2.5 cm
 Ladas y pisos: #2.5 cm
REJILLAS
 - Estructuras estructurales solo para los edificios en etapas finales.
 - Sistema estructural sistémico: Sistema Pórtico-Placa.
 - Dual: Pórtico-Placa (Baja de Cero).
 - Las juntas deben estar en el encuentro con las columnas.
 - Para todo lo indicado, se debe contar al respectivo Nacional de Edificación en sus respectivas partes.

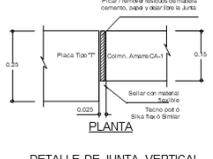
AISLAMIENTO DE TABIQUES



DETALLE DE NUCLEO PARA COLUMNA Y PLACAS

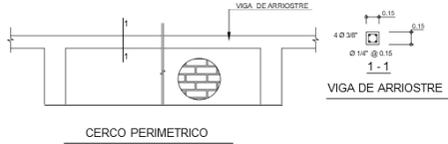


PLANTA



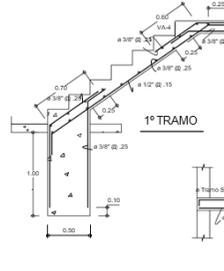
PLANTA

DETALLE DE JUNTA VERTICAL ENTRE COLUMNA Y CA



CERCO PERIMETRICO

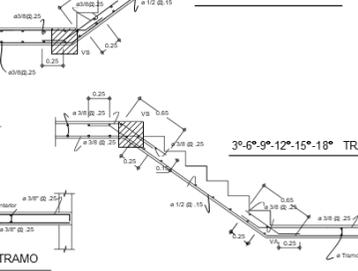
VIGA DE ARRIOSTRE



1° TRAMO

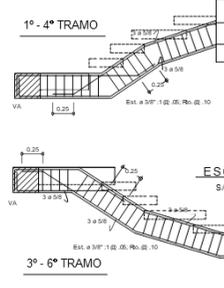
ESCALERA E-1 S/C = 200 KG/M2

2°-5°-8°-11°-14°-17° TRAMO



4°-7°-10°-13°-16° TRAMO

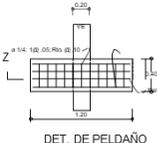
3°-6°-9°-12°-15°-18° TRAMO



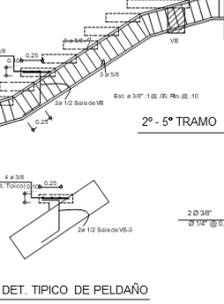
1°- 4° TRAMO

ESCALERA E-2 S/C = 200 KG/M2

3°- 6° TRAMO



DET. DE Peldaño

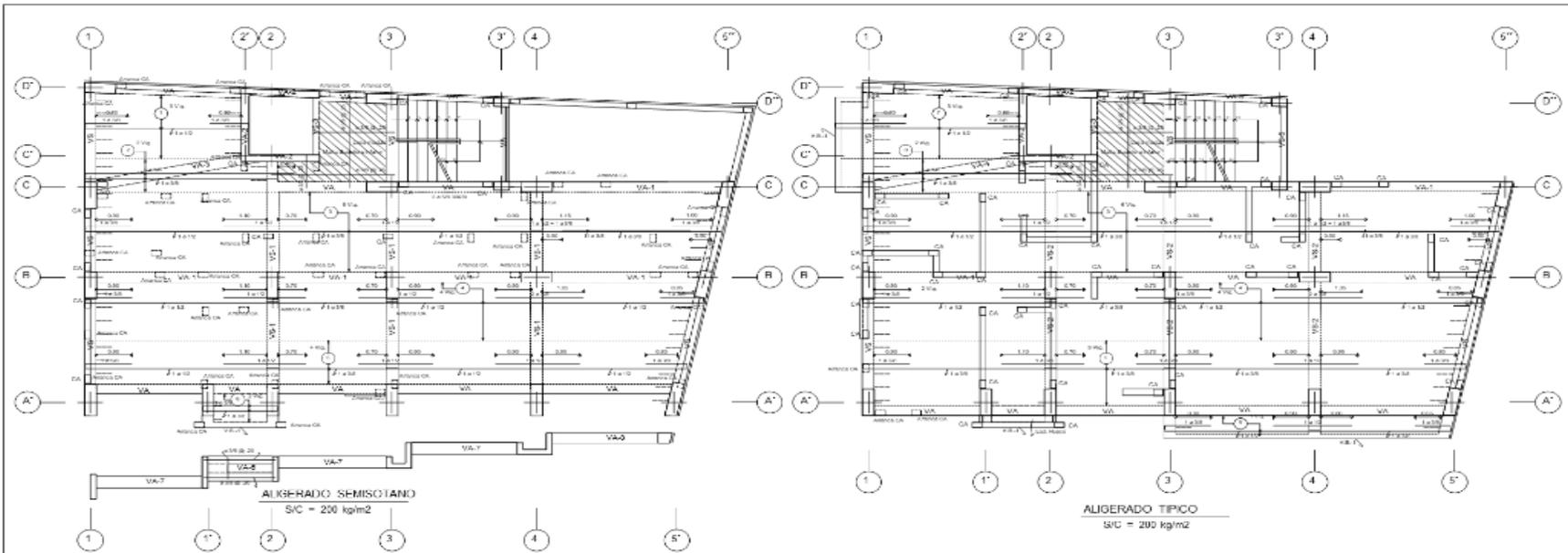


DET. TIPICO DE Peldaño

DETALLE DE CAENPARAPETO DE VANOS



TESIS - ESTRUCTURAS
 PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR BENJAMIN DEL SOLAR
 PLANO: ESCALERAS Y DETALLES
 LAMINA: E-2
 FECHA: AGOSTO 2014

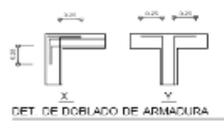
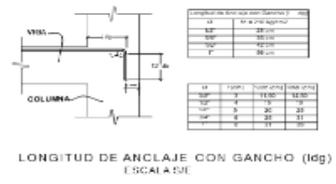
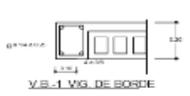
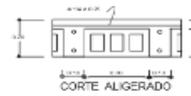
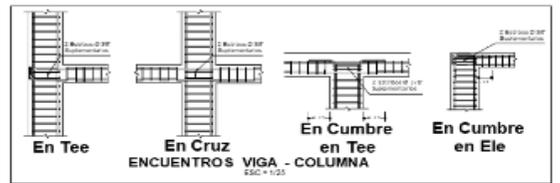


CUADRO DE VIGAS SECUNDARIAS

Tipo	g	h x a	Faltb.	Sección
VB	4 e 5/8	35 x 30	Tipo 2	
VB-1	2 e 2/3	35 x 30	Tipo 1	
VB-2	2 e 1/2	35 x 30	Tipo 2	
VB-3	4 e 5/8	15x 20	Tipo 2	
VA	4 e 5/8	35 x 30	Tipo 3	
VA-1	2 e 1/2	35 x 30	Tipo 3	
VA-2	4 e 5/8	20x 20	Tipo 3	
VA-3	4 e 5/8	15x 30	Tipo 3	

CUADRO DE ESTEROS

TIPO	Ø	ESPACIAMIENTO	USOS
1	10	1.00	1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00
2	10	1.50	1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00
3	10	1.00	1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00
4	10	1.50	1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00



Universidad Continental

TESIS - ESTRUCTURAS

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR BARRIO DEL SOLAR

PLANO: ALIGERADO SOLO SOF. Y PLANTA TRINCA

FECHA: 2023-08-08

E-3