

**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS  
LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO  
ARMADO DE 8 NIVELES**

---

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA SÍSMICA  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**TESISTAS:**

ALBORNOZ IRRIBARREN, RUSVEL KENNIN

ALVINO LIVIA, NILO

**ASESOR:**

ABAL GARCIA, BLADIMIR

**HUÁNUCO-PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Con gratitud en nuestros corazones y un profundo sentido de logro, dedicamos este trabajo a quienes nos inspiraron a alcanzar nuestras metas académicas. A nuestros seres queridos, cuyo amor incondicional y apoyo constante nos han sostenido a lo largo de este viaje. A nuestros profesores y mentores, cuya sabiduría y orientación han iluminado nuestro camino hacia el conocimiento. A nuestros amigos, cuya amistad nos ha dado fuerza y alegría en los momentos más desafiantes. A cada persona que ha cruzado nuestro camino y nos ha enseñado lecciones valiosas, este logro es también suyo. Que esta tesis sea un testimonio de nuestra gratitud y aprecio eterno por su presencia en nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestra profunda gratitud a nuestros profesores y mentores, cuya dedicación y sabiduría nos han guiado y enriquecido cada paso del camino.

Agradecemos también a nuestros compañeros de clase, quienes han sido una fuente inestimable de apoyo, colaboración y amistad. Juntos, hemos compartido alegrías, desafíos y triunfos, creando recuerdos que atesoraremos para siempre.

Finalmente, queremos expresar nuestro amor y gratitud a nuestras familias y seres queridos, cuyo amor incondicional y apoyo emocional nos han sostenido a lo largo de este viaje. Sus sacrificios y aliento constante nos han permitido llegar a este momento culminante en nuestras vidas.

## RESUMEN

Para la presente tesis se plantea como objetivo principal es realizar el análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles, la estructura tendrá un sistema porticado que será empelado para un uso de oficinas, se realizó el análisis lineal, en donde se tuvo que recolectar datos del lugar para definir los parámetros sísmicos según el RNE, para posteriormente realizar el análisis lineal según la norma E030, en donde se realizó el análisis estático y dinámico, en donde se obtuvo como derivas de entrepiso máximo de 0.00674 en la dirección XX y 0.00664 en la dirección YY siendo menor a 0.007 cumpliendo con la norma E030, posterior a ello se realizó el diseño de los elementos estructurales siguiendo la norma E060. Se llevó a cabo un análisis estático no lineal Pushover de acuerdo con las recomendaciones de ASCE/SEI 41-13. En ETABS se han creado modelos y análisis para obtener las curvas de potencia del sistema estructural, así como el mecanismo de aparición de rótulas flexibles en sus partes constituyentes. Se utilizarán los siguientes métodos para evaluar el rendimiento del diseño: el método de ancho de banda espectral (ATC-40, FEMA 440); y el Método de indexación (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13). Si se determina que la clasificación sísmica de un edificio tiene un buen desempeño sísmico para terremotos activos, terremotos de diseño y terremotos máximos, los dos últimos están dentro del rango seguro para servicio sísmico, estará dentro del rango operativo; pero no funcionará correctamente para terremotos frecuentes porque es un poco no lineal.

**Palabras clave:** Análisis lineal, análisis no lineal, Sismo, deriva, E030.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to perform the comparative analysis between the linear and nonlinear analysis methodologies in a reinforced concrete building of 8 levels, the structure will have an arcade system that will be used for office use, the linear analysis was performed, where data had to be collected to define the seismic parameters according to the RNE, to subsequently perform the linear analysis according to the E030 standard, where the static and dynamic analysis was performed, where the maximum drifts of 0.00674 in the XX direction and 0.00664 in the YY direction were obtained, complying with the E030 standard. 0.00674 in the XX direction and 0.00664 in the YY direction being less than 0.007 complying with the E030 standard, after which the design of the structural elements was carried out following the E060 standard. A Pushover nonlinear static analysis was carried out according to ASCE/SEI 41-13 recommendations. Models and analyses were created in ETABS to obtain the power curves of the structural system, as well as the mechanism of occurrence of flexible hinges in its constituent parts. The following methods will be used to evaluate the design performance: the Spectral Bandwidth Method (ATC-40, FEMA 440); and the Indexing Method (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13). If the seismic rating of a building is determined to have good seismic performance for active earthquakes, design earthquakes, and maximum earthquakes, the latter two being within the safe range for seismic service, it will be within the operational range; but it will not perform properly for frequent earthquakes because it is somewhat nonlinear.

**Keywords:** Linear analysis, nonlinear analysis, earthquake, drift, E030.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
CAPÍTULO I.....	15
ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1    Fundamentación o situación del problema de investigación.....	15
1.2    Formulación del problema de investigación general y específicos .	16
1.2.1    Problema General .....	16
1.2.2    Problemas Específicos.....	16
1.3    Formulación del objetivo general y específicos .....	17
1.3.1    Objetivo General .....	17
1.3.2    Objetivos Específicos .....	17
1.4    Justificación .....	17
1.4.1    Justificación práctica .....	17
1.4.2    Justificación teórica.....	18
1.4.3    Justificación metodológica .....	18
1.5    Limitaciones.....	18
1.6    Formulación de hipótesis general y específica .....	19
1.6.1    Hipótesis General.....	19
1.6.2    Hipótesis Especifico .....	19
1.7    Variables.....	19

1.7.1	Variable independiente.....	19
1.7.2	Variable dependiente .....	19
1.8	Definición teórica y operacionalización de variables.....	20
CAPÍTULO II.....		21
MARCO TEÓRICO .....		21
2.1	Antecedentes.....	21
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	21
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	23
2.2	Bases teóricas .....	26
2.2.1	Mecánica de suelos.....	26
2.2.2	Estructuración y conceptos .....	27
2.2.3	Norma técnica de diseño sismorresistente.....	31
2.2.4	Diseño sismorresistente .....	36
2.2.5	Criterios de estructuración .....	44
2.3	Bases conceptuales o definición de términos básicos.....	85
CAPÍTULO III.....		87
METODOLOGÍA .....		87
3.1	Población y selección de la muestra.....	87
3.1.1	Población .....	87
3.1.2	Muestra .....	87
3.2	Nivel, tipos y diseño de investigación .....	87

3.2.1	Enfoque.....	87
3.2.2	Alcance o nivel.....	87
3.3.3	Diseño.....	88
3.3	Métodos, técnicas e instrumentos.....	88
3.3.1	Para la recolección de datos.....	88
3.3.2	Para la presentación de datos.....	89
3.4	Procedimiento.....	90
3.5	Consideraciones éticas.....	91
CAPÍTULO IV.....		92
RESULTADOS.....		92
4.1	Análisis sismorresistente lineal.....	92
4.2	Diseño sismorresistente.....	97
4.3	Análisis no lineal.....	98
4.4	Desempeño sísmico.....	111
CAPÍTULO V.....		118
DISCUSIÓN.....		118
5.1	Presentar la contrastación de los resultados del trabajo de investigación.....	118
CONCLUSIONES.....		121
RECOMENDACIONES.....		122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		123



ANEXOS:.....	132
ANEXO N°1: Consentimiento informado.....	133
ANEXO N°2: Instrumentos de recolección de datos.....	134
ANEXO N°3: Validación de instrumentos.....	136
ANEXO N°4: Matriz de consistencia.....	139
ANEXO N°5: Diseño estructural y planos del proyecto.....	140
ANEXO N°6: Nota bibliográfica.....	160

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Losa aligerado tradicional .....	30
<b>Figura 2</b> Método de los coeficientes del ACI .....	38
<b>Figura 3</b> Método de los coeficientes del ACI .....	39
<b>Figura 4</b> Método de los coeficientes del ACI .....	39
<b>Figura 5</b> Método de los coeficientes del ACI .....	40
<b>Figura 6</b> Para la presentación de datos.....	90
<b>Figura 7</b> Modelos de planta y 3D de la estructura en ETABS.....	92
<b>Figura 8</b> Espectro de diseño E030 .....	94
<b>Figura 9</b> Modos de vibración en la dirección X e Y .....	95
<b>Figura 10</b> Concreto confinado y no confinado para columnas y vigas.....	98
<b>Figura 11</b> Acero de refuerzo para columnas y vigas.....	99
<b>Figura 12</b> Definición de rótula plástica para las vigas .....	100
<b>Figura 13</b> Diagrama momento-rotación de las vigas .....	100
<b>Figura 14</b> Diagrama Momento-Rotación de la columna en la dirección X con carga axial 170.10.....	102
<b>Figura 15</b> Diagrama Momento-Rotación de la Columna con carga axial 680.40..	103
<b>Figura 16</b> Condición inicial de cargas.....	104
<b>Figura 17</b> Caso de Carga para el Análisis Pushover .....	105
<b>Figura 18</b> Punto de control para la dirección X-X.....	106
<b>Figura 19</b> Formación de la primera rótula en X-X .....	106
<b>Figura 20</b> Formación de rótulas para el desplazamiento de diseño en X-X .....	107
<b>Figura 21</b> Mecanismo de colapso en X-X.....	107
<b>Figura 22</b> Formación de la primera rótula en Y-Y .....	108
<b>Figura 23</b> Formación de rótulas para el desplazamiento de diseño en Y-Y .....	108
<b>Figura 24</b> Mecanismo de colapso en Y-Y.....	109
<b>Figura 25</b> Curva de Capacidad en la dirección X-X .....	110
<b>Figura 26</b> Curva de Capacidad en la dirección Y-Y .....	110
<b>Figura 27</b> Objetivos Básicos de Desempeño .....	112
<b>Figura 28</b> Espectros elásticos de pseudoaceleraciones por cada caso de sismo ....	113
<b>Figura 29</b> Espectros elásticos en formato ADRS para cada nivel de sismo .....	113
<b>Figura 30</b> Desempeño Sísmico en X-X según FEMA 440 .....	114

<b>Figura 31</b> Desempeño Sísmico en Y-Y según FEMA 440 .....	114
<b>Figura 32</b> Desempeño Sísmico en X-X según ASCE .....	116
<b>Figura 33</b> Desempeño Sísmico en Y-Y según ASCE .....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Sistema de variables-dimensiones e indicadores. ....	20
<b>Tabla 2</b> Pesos unitarios de los materiales.....	29
<b>Tabla 3</b> Sobrecargas .....	29
<b>Tabla 4</b> Peralte de Losas Aligeradas .....	29
<b>Tabla 5</b> Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción .....	32
<b>Tabla 6</b> Factor de Irregularidad estructural en altura. ....	33
<b>Tabla 7</b> Factor de Irregularidad estructural en planta. ....	34
<b>Tabla 8</b> Valores máximos de la distorsión del entrepiso.....	35
<b>Tabla 9</b> Límites Para la Distorsión de Entrepiso.....	44
<b>Tabla 10</b> Modos de vibración.....	93
<b>Tabla 11</b> Fuerza cortante según análisis estático .....	94
<b>Tabla 12</b> Modos de vibración para la estructura según ETABS .....	95
<b>Tabla 13</b> Fuerza cortante según análisis dinámico.....	96
<b>Tabla 14</b> Derivas máximas de entrepiso .....	96
<b>Tabla 15</b> Factores de escala para cargas de sismo en X e Y .....	97
<b>Tabla 16</b> Distancias relativas para rótulas plásticas.....	101
<b>Tabla 17</b> Parámetros de modelación y Criterios de la columna.....	102
<b>Tabla 18</b> Influencia de los modos superiores .....	104
<b>Tabla 19</b> Patrón de carga lateral en función de los modos.....	105
<b>Tabla 20</b> Puntos de interés de la Curva de Capacidad .....	110
<b>Tabla 21</b> Factores de Conversión .....	112
<b>Tabla 22</b> Evaluación del Desempeño Sísmico según FEMA 440.....	115
<b>Tabla 23</b> Evaluación del Desempeño Sísmico según ASCE/SEI 41-13 .....	117
<b>Tabla 24</b> Derivas máximas de entrepiso de análisis lineal.....	118
<b>Tabla 25</b> Evaluación del Desempeño Sísmico según FEMA 440.....	118
<b>Tabla 26</b> Evaluación del Desempeño Sísmico según ASCE/SEI 41-13 .....	119
<b>Tabla 27</b> Matriz de consistencia.....	139

## INTRODUCCIÓN

Debido a nuestra ubicación geográfica en una región de actividad sísmica activa, nuestra nación se encuentra entre las más susceptibles a los terremotos. La experiencia de los terremotos recientes ha revelado importantes limitaciones del enfoque contenido en las normas de diseño sísmico utilizadas hasta la fecha. Esta disposición obliga al uso de un tipo diferente de filosofía de diseño para probar el desempeño del diseño; porque no es posible cuantificar el comportamiento probable de una estructura bajo acción sísmica utilizando únicamente análisis lineal; porque el análisis lineal simplemente restringe el desplazamiento lateral del edificio basado en la deriva inelástica, esta tesis se ha dividido en dos partes principales. El primero es la estructura y el diseño estructural se realiza mediante análisis lineal controlado por deriva inelástica. La segunda parte es el un análisis estático no lineal – Pushover siguiendo las recomendaciones dadas por el ASCE/SEI 41-13 y se determinará el desempeño de la estructura mediante los métodos: el método del espectro de capacidad (ATC-40, FEMA 440); y el método de coeficientes (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13). La tesis presenta 5 capítulos: el primer capítulo abarca sobre el planteamiento de los problemas y los objetivos, también se justificará la realización de la investigación, las limitaciones y la viabilidad. El capítulo dos contiene los antecedentes, las bases teóricas, la hipótesis y las variables. El tercer capítulo contiene el enfoque, alcance y diseño de la investigación así también como las técnicas e instrumentos de recolección de datos. El cuarto capítulo se enfocará el predimensionamiento, definir los parámetros

sismorresistentes, modelamiento y análisis lineal y no lineal en ETABS. El capítulo cinco abarca lo que es las conclusiones y las recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Fundamentación o situación del problema de investigación

Según (Magno, 2013), El diseño estructural en todos los países del mundo ha sido considerado de gran influencia por ingenieros desde las construcciones de los primeros grandes rascacielos o edificaciones complejas en altura. En la actualidad el diseño estructural radica la importancia, por la seguridad de las estructuras que alberga habitantes y recursos de valor económico significativo. El análisis estructural se acoge de principios matemáticos y físicos para describir el comportamiento de las estructuras de concreto armado, a partir del análisis estructural se desarrolla los diseños estructurales de todos los elementos estructurales según el sistema estructural de las edificaciones.

Según (Palomino, 2014) los métodos de análisis sísmico citados en la NTE E.030 (Análisis Lineal Estático y Lineal Dinámico) no pueden validar la filosofía de diseño allí establecida. Esto se debe a que la exposición repetida a estos terremotos puede dañar la estructura de los edificios. Los métodos tradicionales de diseño estructural son aproximaciones y no consideran los efectos de las cargas externas que experimentan los edificios a lo largo del tiempo. Además, no se considera si esta estructura supera el rango elástico (por ejemplo, diseñar un valor único para la sección y el material). Sin embargo, cuando se analiza en el régimen no lineal, cada elemento debe modelar su comportamiento más allá del régimen elástico dependiendo de la magnitud del esfuerzo. También es necesario conocer el comportamiento de cada material cuando se somete a ciclos de carga-descarga como los terremotos.

Considerando las limitaciones del análisis y diseño estructural por métodos convencionales, los nuevos edificios deben diseñarse investigando su capacidad sísmica e identificando y corrigiendo posibles deficiencias en el diseño preliminar.

## **1.2 Formulación del problema de investigación general y específicos**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo se realizará el análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo se realizará el análisis lineal empleando la normativa E030 de diseño sismorresistente para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?
- ¿Cómo se realizará el análisis no lineal empleando la normativa ASCE/SEI 41-13 de Evaluación sísmica para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?
- ¿Cómo se calculará el desempeño sísmico empleando la metodología del análisis no lineal pushover en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?



### **1.3 Formulación del objetivo general y específicos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar el análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el análisis lineal empleando la normativa E030 de diseño sismorresistente para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.
- Realizar el análisis no lineal empleando la normativa ASCE/SEI 41-13 de Evaluación sísmica para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.
- Calcular el desempeño sísmico empleando la metodología del análisis no lineal pushover en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.

### **1.4 Justificación**

#### **1.4.1 Justificación práctica**

La presente investigación aportará un conocimiento científico acerca del análisis lineal y no lineal, Y que la norma E030 nos brinda un análisis lineal estático y dinámico y con la implementación o comparación de la presente investigación se plantea realizar un análisis comparativo entre el análisis lineal y no lineal.

### **1.4.2 Justificación teórica**

La presente investigación estará validada o justificada por la norma vigente de reglamento nacional de edificaciones, ya que emplearemos los parámetros según la norma E030 para poder calcular los periodos de vibración las derivas y los desplazamientos así también como la norma E060 para el diseño sismo resistente y las comprobaciones de diseño el software ETABS que tiene consigo integrado la norma ACI 318-14.

### **1.4.3 Justificación metodológica**

Con el presente trabajo de investigación se pretende consolidar lo aprendido en clases, para de esta forma poder comprender de forma práctica y llevar a cabo toda la parte teórica abordada en los diferentes cursos involucrados en el campo de la ingeniería estructural. Conocer el comportamiento sísmico entre el análisis línea y no lineal según la normativa vigente.

## **1.5 Limitaciones**

El presente proyecto de investigación tendrá como principal limitación de la investigación el factor económico ya que los distintos estudios realizados para el correcto análisis lo efectuarán el autor otro factor limitante será el tiempo ya que el autor se encuentra trabajando fuera de la ciudad de Huánuco.

## **1.6 Formulación de hipótesis general y específica**

### **1.6.1 Hipótesis General**

El análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con los estándares de la norma E030 y ASCE/SEI 41-13, Huánuco - Huánuco -2023.

### **1.6.2 Hipótesis Especifico**

- La edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con todos los parámetros sismorresistente que indica la norma E030 empleando el análisis lineal, Huánuco - Huánuco -2023.
- La edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con todos los parámetros de vulnerabilidad sísmica que indica la norma ASCE/SEI 41-13 empleando el análisis no lineal, Huánuco - Huánuco -2023.
- La edificación de concreto armado de 8 niveles tiene un buen desempeño sísmico empleando la metodología del análisis no lineal pushover, Huánuco - Huánuco -2023.

## **1.7 Variables**

### **1.7.1 Variable independiente**

Análisis lineal y no lineal

### **1.7.2 Variable dependiente**

Edificación de concreto armado

## 1.8 Definición teórica y operacionalización de variables

**Tabla**  
Sistema de variables-dimensiones e indicadores.

1

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. independiente</b> <b>Análisis lineal y no lineal</b>	Análisis lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema estructural</li> <li>• Análisis dinámico</li> <li>• Análisis estático</li> <li>• Parámetros de sitio</li> </ul>	Cuantitativa.	Discreta
	Análisis no lineal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación sísmica</li> <li>• Desempeño sísmico</li> </ul>		
<b>V. dependientes</b> <b>Edificación de concreto armado</b>	Elementos estructurales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Losas de entrepiso</li> <li>• Columnas</li> <li>• Vigas</li> <li>• Zapatas</li> <li>• cimentaciones</li> </ul>	Cuantitativa.	Discreta.
	Estudio de suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• capacidad pórtate</li> <li>• tipo de suelo</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

(Garcia & Suárez, 2020) en su trabajo titulado: “Propuesta de diseño estructural de un edificio de estacionamientos de cinco niveles para la Universidad Santo Tomas sede Aguas Claras en Villavicencio, Meta”; presentada a la Universidad Santo Tomas sede Aguas Claras en Villavicencio; el trabajo de estudio tendrá como principal objetivo realizar el diseño típico de este sitio, pertenece a las siguientes áreas de alto riesgo sísmico, se deben considerar todas las pruebas de riesgo sísmico necesarias NSR-10 para la categoría de capacidad especial de dispersión de energía (DES) como requisito ya que se encuentra dentro de la zona de riesgo sísmico mencionada anteriormente. El método de análisis utilizado es la fuerza horizontal equivalente permitiendo que sea diseñado para su uso en sistemas de marcos resistentes a momentos porque la altura del edificio no supera la altura máxima permitida de 18 metros. Área útil de la propiedad se determinó de acuerdo con las restricciones establecidas en los planos de construcción. Impacto apoyado por el Plan de Ordenación del Territorio 2015 Especifique los parámetros requeridos relacionados con la ubicación del atributo y Parámetros mínimos y máximos para la implementación de la propuesta. Ya Considerando la situación antes mencionada, los cálculos del modelo se realizaron en el software ETABS y SAFE. Edificaciones que permiten la observación y análisis del comportamiento estructural. Elementos estructurales utilizando SAFE para

obtener reacciones existentes. Carga del suelo y capacidad de carga en relación con la estructura. El motivo del diseño de los cimientos portantes del edificio.

Guerrero (2021) en su tesis titulado: “*Diseño de vivienda multifamiliar sostenible en Cumbayá, Quito, 2020*”; presentada a la Universidad Tecnológica Indoamérica; La ciudad de Quito inició un proceso de rápido crecimiento a principios del siglo XX, este crecimiento comenzó a ser el principal impulsor de cambios en la ciudad, dando lugar a nuevas clases sociales, políticas y económicas. La parroquia de Cumbayá ha sufrido una serie de cambios debido a los fenómenos urbanísticos producto del crecimiento y expansión urbana de Quito, el barrio de Santa Inés en particular ha sido víctima de discriminación debido al proceso de avance producido por la aparición de nuevos vecinos, provocando el cierre de las clases bajas La segregación urbana fue una de las consecuencias del aislamiento por la proliferación de comunidades cerradas, se dio a lo largo de varios años en la parroquia de Cumbayá, y comenzó con la dispersión espacial de los grupos sociales con diferencias en etnicidad, ingreso económico, religión, etc. En este trabajo se alcanzó las próximas conclusiones: después de analizar los distintos casos que se contempla en la tesis se concluye que la ciudad de Quito ha tenido un alto crecimiento urbano en las últimas décadas, es por ello que se necesita viviendas que puedan albergar más número de familia que en este caso viene hacer las edificaciones multifamiliares.

(Moreira, 2019) en su tesis titulado: “*Diseño estructural sismo resistente de un edificio, para catecismo en la iglesia Encarnación, ubicado en el Cantón Jipijapa*”; presentada a la Universidad Estatal del Sur de Manabí; el presente trabajo tuvo como objetivo principal Diseño estructural sismo resistente de un edificio, para catecismo en la iglesia Encarnación, ubicado en el Cantón Jipijapa. Asimismo, en su tesis se llegó a las siguientes conclusiones: Una vez realizados los análisis de períodos y participación modal, los desplazamientos del sistema de aislación, las derivas inelásticas de la superestructura, la aceleración absoluta y finalmente el cortante basal, los resultados en todos los análisis se puede concluir que el sistema de aislación con núcleo de plomo LRB, garantiza un mejor comportamiento de la estructura, debido a que se observó una disminución considerable de los daños que puedan sufrir los elementos estructurales y no estructurales. Se determinó que la edificación aumenta en un 33% del valor referencial al utilizar aisladores sísmicos.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Nina (2019) en su tesis titulado: “*Diseño estructural en concreto armado de un edificio de ocho niveles y un semisótano*”; presentada a la Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa; Este trabajo considera procedimientos y criterios desde el análisis estructural hasta el diseño de todos los elementos estructurales de hormigón armado con base en la normativa vigente del Código Nacional de Edificación. El anteproyecto presentado nos muestra un edificio de ocho plantas y medio sótano destinado a viviendas plurifamiliares (edificio plurifamiliar), la compatibilidad de los requisitos estructurales para las diferentes modalidades de construcción, se realizará proyecto de arquitectura

para conocer el resultado final. Solución para el proyecto Cumplir con la normativa vigente. Este proyecto estará ubicado en la Provincia de Arequipa, Provincia de Arequipa. En este trabajo se extraen las siguientes conclusiones: La estructura de un edificio depende en gran medida de la distribución arquitectónica que exhibe, ya que tiene un edificio contenedor de estacionamiento en la parte inferior, no es posible dotar de muros de cortante en la parte inferior, por lo que elegimos una estructura donde todos los muros de cortante estén en el perímetro de la estructura, esta distribución de placas es lo que le da gran rigidez a nuestra estructura. Para elegir la losa de entrepiso más óptima, se realizó una comparación del costo y el peso de dos losas de 25 cm de profundidad. Se concluyó que la losa aligerada Viga cero es la más óptima para este proyecto, ya que reduce el costo en un 12% y el peso de la losa en un 50% en comparación con la losa aligerada tradicional.

(Delgado, 2020) en tesis titulado: *“Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción entre el sistema de albañilería confinada y el sistema de muros de ductilidad limitada aplicados a un edificio multifamiliar de 5 niveles”*; presentada a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; El propósito de la tesis es compara estática y económicamente dos sistemas conocidos. Sistema de mampostería limitado y sistema de pared dúctil limitado. Esta comparación busca definir un sistema estructural adecuado para lograr los costos de construcción más bajos sin comprometer la seguridad estructural. Entendemos que los costos de construcción más bajos se traducirán en precios



de venta más bajos para los clientes finales, lo que satisfará la creciente demanda de nuestras unidades de vivienda pública en todo el país. Como el stock disponible de vivienda social solo puede cubrir el 6,5% de la demanda efectiva actual del país, hay muchos factores, pero se espera que la creciente demanda de vivienda social aumente las ventas de este tipo de vivienda. Estoy creando una situación. En esta tesis se llegaron a las siguientes conclusiones: El costo del material para construir un bloque de viviendas hasta un casco gris en una pared con ductilidad limitada es el 76,08% del mismo costo para una estructura de mampostería cerrada. En un sistema de muros de ductilidad limitada, el costo del equipo para construcción de bloques es superior a la misma estructura en S/113,192.96 de mampostería limitada. En cuanto a la construcción de todo el proyecto, incluyendo dos bloques de departamentos, la diferencia es de S/226,385.92. El coste del equipamiento para la construcción de bloques de viviendas en el muro de ductilidad limitada hasta el casco gris es de 519,60 €, mismo coste que para la estructura de mampostería limitada.

Velayarce (2019) en su tesis titulado: “*Análisis y diseño estructural de un edificio de vivienda multifamiliar de cuatro pisos más azotea de albañilería confinada ubicado en el Jr. Santa Rosa S/N, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín*”; presentada a la Universidad Nacional de San Martín; En este trabajo se resolverá el problema aplicando la mejor manera de realizar el análisis y diseño estructural de una construcción cerrada para que sea óptima y económica de acuerdo a los lineamientos de la norma técnica de construcción E.070 con los códigos de edificación aplicables.

Para el análisis de la edificación diseñada se siguió una metodología partiendo de la estructura que buscaba una distribución que asegurara la rigidez adecuada en ambas direcciones para controlar los desplazamientos laterales y evitar problemas de torsión, así como el uso de hilos y vigas en la zona correspondiente a la escalera. En este trabajo se extraen las siguientes conclusiones: El edificio está diseñado para cumplir con las condiciones de rigidez y resistencia exigidas por las normas técnicas vigentes. Del análisis sísmico estático realizado se obtienen los siguientes resultados: El desplazamiento relativo máximo en el rango inelástico de la estructura diseñada para un evento sísmico alcanza un valor de deformación de 0.000359 y 0.000171 en las direcciones “X” e “Y”, respectivamente. esto es menor que la deriva máxima permitida indicada por la norma E.030, el valor máximo es 0.005 para construcciones.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Mecánica de suelos**

#### **2.2.1.1 Normativa**

Para establecer las propiedades del suelo donde se ubicará el proyecto se considerará la Regla E-050 de Suelos y Cimentaciones, así como además la Regla E-030 de Diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de edificaciones (RNE).

#### **2.2.1.2 Topografía**

La topografía del área de plan muestra una topografía plana en 90 % y el 10% restante con una topografía accidentada. No obstante, el lote

posibilita plasmar las infraestructuras que necesita el plan, comúnmente este podría ser hasta 5% máxima de inclinación de acuerdo al RNE.

### **2.2.1.3 Diseño de cimentación**

Para el diseño de las cimentaciones de la estructura se tiene que tomar que esta soportara las cargas de la edificación luego serán transferidas al suelo del terreno, para ello debemos tener en cuenta la capacidad admisible del terreno para evitar asentamientos considerables.

El diseño de las cimentaciones de la edificación debería de tenerse los resultados de un análisis de suelos donde se indiquen cada una de sus características. Las zapatas se dimensionaron haciendo un trabajo con cargas de gravedad, y aplicando el software SAFE para verificar que la presión ejercida sobre el lote sea menor a la admisible. Para calcular la presión sobre el lote se asumió una repartición lineal de presiones, por consiguiente, el esfuerzo va a ser definido por: 
$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M*Y}{I}$$

## **2.2.2 Estructuración y conceptos**

### **Criterios de Estructuración**

Para que el presente proyecto tenga un buen comportamiento sísmico se buscara una estructura simétrica tanto en planta como en altura, de modo que sea lo más simple, pero teniendo en cuenta los criterios que dicta la norma E030 diseño sismorresistente los cuales son: Simetría, Resistencia, Ductilidad, Simplicidad, hiperestaticidad y monolitismo, uniformidad y continuidad, etc.

Cabe mencionar, que en todo el tiempo se demostró que las construcciones básicas (Estructuras simétricas) reaccionan mucho mejor frente a los sismos.

La simetría de la composición en 2 direcciones es deseable, por lo cual la carencia de esta genera efectos torsionales que son difíciles de evaluar y tienen la posibilidad de ser bastante destructivos.

La construcción debería tener resistencia sísmica correcta en cada una de las direcciones. El sistema de resistencia sísmica debería existir al menos en 2 direcciones ortogonales o alrededor de ortogonales, de tal forma que se garantice la igualdad tanto de la composición como un todo, como todos sus recursos.

Para que la construcción logre resistir fuerzas horizontales sin llegar a tener deformaciones relevantes, va a ser primordial proveerla de recursos estructurales que aporten rigidez lateral en sus direcciones primordiales.

Primeramente, partiremos de los planos de arquitectura, elaboraremos tales planos de modo que cumplan con los criterios que nos dicta la E030 para luego ubicar las columnas en puntos donde no afecten la distribución arquitectónica de igual forma las vigas, como observación solo consideraremos el peso de la tabiquería en el análisis.

### **Predimensionamiento de Elementos Estructurales**

Para el predimensionamiento se tomará dimensiones las cuales son tentativas para los elementos estructurales algunas veces las cuales coinciden con las dimensiones finales de los elementos, para el predimensionamiento del presente proyecto se tomará en cuenta distintos criterios tanto como los criterios de la norma E060 y de distintos autores como el Ing. Blanco en su libro “Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado”

## A. Cargas De Diseño

Las sobrecargas empleadas para el análisis fueron obtenidas de la norma E020 de cargas como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla** 2  
*Pesos unitarios de los materiales*

Material	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
Unidades de albañilería de arcilla cocida solidas	1800
Concreto Armado	2400
Agua	1000

Fuente: adaptado de RNE (2019).

**Tabla** 3  
*Sobrecargas*

Ocupación o Uso	S/C (kg/m <sup>2</sup> )
Oficinas	250
Azotea - Techo	100

Fuente: adaptado de RNE (2019).

## B. Losas Aligeradas

Para el predimensionamiento de la losa aligera se tomará en cuenta la luz libre de modo que el Ing. Blanco nos brinda la siguiente tabla para el predimensionamiento:

**Tabla** 4  
*Peralte de Losas Aligeradas*

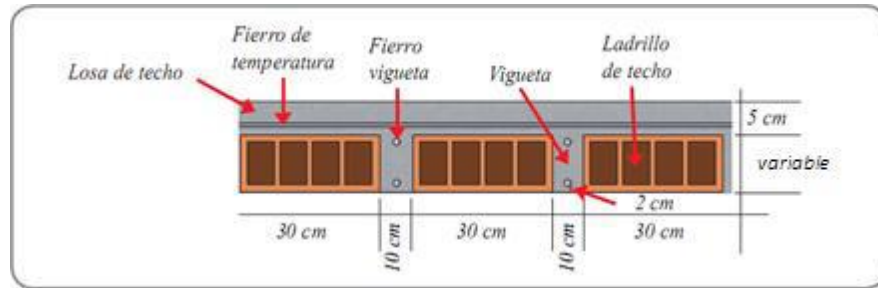
Espesor del Aligerado (cm)	Espesor del Ladrillo (cm)	Para luces (L) de:
17	12	Menores a 4 m
20	15	entre 4 y 5.5 m
25	20	ente 5 y 6.5 m
30	25	entre 6 y 7.5 m

Fuente: Blasco (2016).

Estos espesores que nos brinda el Ing. Blanco serán exclusivos para aligerados en una dirección.

Figura  
Losa aligerado tradicional

1



Fuente: Blasco (2016).

Para el predimensionamiento de las losas macizas lo que emplea es la utilización de la tabla 4 se toma el peralte de la losa aligerada y se le reduce 5 centímetros, este valor puede varias dependiendo del ingeniero.

### C. Acabados y coberturas

Según Norma E020 (2019), Para la cobertura se considerará una teja andina con un peso total de 83 Kg/m<sup>2</sup> y para los acabados se considerar un peso total de 100 kg/m<sup>2</sup>.

### D. Vigas

Según Norma E020 (2019), Para predimensionar las vigas se debe tener en cuenta la categoría de la edificación según ello se podremos hallar el peralte tentativo. Para el ancho se tomará la mitad del peralte además como criterio sismorresistente este peralte no debe ser menor de 25cm.

### E. Columnas

Según Norma E020 (2019), Para predimensionar las columnas se debe tomar en cuenta la carga axial presente en cada una de ellas y también el área tributaria de cada uno.

### 2.2.3 Norma técnica de diseño sismorresistente

Todos los elementos de hormigón que formen un sistema sismorresistente deberán cumplir con la normativa.

- Pórticos: al menos el 80% del esfuerzo cortante en la base actúa sobre cada columna del pórtico. Cuando hay paredes, se clasifican para resistencia sísmica en función de la rigidez.

- Muros de carga: la resistencia sísmica la proporcionan los muros de la composición, donde el 70% del esfuerzo cortante actúa sobre la base principal.

- Doble: los efectos sísmicos son resistidos por la combinación de pórticos y muros de la composición. El esfuerzo cortante de cada muro alcanza el 20%, pero no supera el 70% del esfuerzo cortante en los cimientos de la estructura.

- Estructuras de muros de baja ductilidad: se caracterizan por la presencia de un sistema constructivo en el que el sismo y sus cargas gravitacionales son compensados por muros de hormigón armado de espesor reducido, independientemente de los extremos limitados y columnas verticales estructuradas por la capa. Al construir con este sistema, llegas a 8 niveles.

C. Coeficientes básicos de reducción para fuerzas sísmicas ( $R_0$ ) en sistemas estructurales.

Al contarse con el análisis y la dirección, el sistema presente tiene un coeficiente menor  $R_0$  respectivo.

**Tabla**  
Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción

5

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Amada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: adaptado de RNE (2019).



## Factores de irregularidad ( $I\alpha, I_p$ )

**Tabla**  
Factor de Irregularidad estructural en altura.

6

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I\alpha$
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0,75
<p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez</b> Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0.5
<p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos</p>	0.9
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.9

Fuente: adaptado de RNE (2019).

**Tabla**  
Factor de Irregularidad estructural en planta.

7

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad Torsional</b></p> <p>Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (<math>\Delta m_{\max}</math>), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta CM</math>). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible</p>	0.75
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad Torsional Extrema</b></p> <p>Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (<math>\Delta m_{\max}</math>), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta CM</math>). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible</p>	0.6
<p style="text-align: center;"><b>Esquinas Entrantes</b></p> <p>La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0.9
<p style="text-align: center;"><b>Discontinuidad del Diafragma</b></p> <p>La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0.85
<p style="text-align: center;"><b>Sistemas no Paralelos</b></p> <p>Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0.9

Fuente: adaptado de RNE (2019).

- Laterales admisibles relativos

El valor mayor del movimiento del entrepiso identificado, no debe superar la fracción de la altura de distorsión visto en la tabla siguiente:

**Tabla**  
Valores máximos de la distorsión del entrepiso.

8

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: adaptado de RNE (2019).

- Separación entre edificios

Debe de separarse toda estructura de las cercanas, desde el nivel terrenal, debe de contarse con mínimas distancias para evitar contactarse en algún sismo.

La distancia debe de ser mayor a los  $2/3$  del total de desplazamientos máximos de las edificaciones cercanas y menor a:  $s=0.006 h \geq 0.03 m$

La variable  $h$  es la altura tomada desde el terreno natural hasta el rango considerado para la evaluación.

Si no se cuenta con una junta sísmica por reglamento, la estructura debe de ser separada de la estructura que ya existe, el valor de  $s/2$  el cual corresponde más el valor  $s/2$  de la estructura aledaña.

- Redundancia

Si un solo componente del edificio, pórtico o muro, actúa un 30% de fuerza o más de la totalidad de la fuerza cortante horizontal en todos los pisos, este elemento está diseñado para el 125% de la fuerza mencionada

#### **2.2.4 Diseño sismorresistente**

Este estudio dejará conocer la conducta de la composición bajo sollicitaciones sísmicas, ver si existe irregularidad torsional, comprobar que las derivas máximas cumplan con la Norma E.030 diseño sismorresistente, además se obtendrán fuerzas internas de los diferentes recursos que componen el sistema sismorresistente, dichas fuerzas van a ser consideradas al instante del diseño.

##### **MODELO ESTRUCTURAL**

Hay varios procedimientos y modelos para la investigación de los recursos estructurales tanto individualmente como en grupo.

Análisis de Losas Aligeradas: Las losas sencillamente apoyadas son construcciones isostáticas y no muestran problemas para la decisión de sus fuerzas internas puesto que estas se evalúan por medio de las fuerzas de equilibrio. No obstante, las losas sucesivas en su calidad de construcciones hiperestáticas, necesitan de criterios extras de equilibrio para la decisión de sus fuerzas internas.

La exploración de esta clase de construcciones se efectúa por medio de alguno de los próximos métodos: el procedimiento flexible, procedimiento plástico y el procedimiento aproximado planteado por el código del ACI.

En la presente tesis, para la exploración de losas aligeradas emplearemos el procedimiento aproximado postulado por el código del ACI.

### Método de los Coeficientes del ACI

El código del ACI recomienda un procedimiento aproximado para la decisión de las fuerzas internas en construcciones de concreto armado. Este método es válido para vigas y losas armadas en una dirección.

#### - Restricciones

El procedimiento aproximado del ACI, denominado además procedimiento de los coeficientes, podría ser usado continuamente que se cubran las próximas restricciones:

1. La viga o losa debería disponer de 2 o más tramos.
2. Los tramos tienen que tener longitudes casi equivalentes. La longitud del más grande de 2 tramos adyacentes no tendrá que diferir de la del menor en bastante más de 20%.
3. Las cargas tienen que ser uniformemente distribuidas.
4. La carga viva no debería ser más grande que el triple de la carga muerta.
5. Los recursos analizados tienen que ser prismáticos.

#### - Coeficientes de Diseño

Los instantes flectores y fuerzas cortantes son funcionalidad de la carga última aplicada, de la luz independiente entre los tramos y de las condiciones de apoyo. El código sugiere las próximas expresiones para determinarlos:

Momento positivo

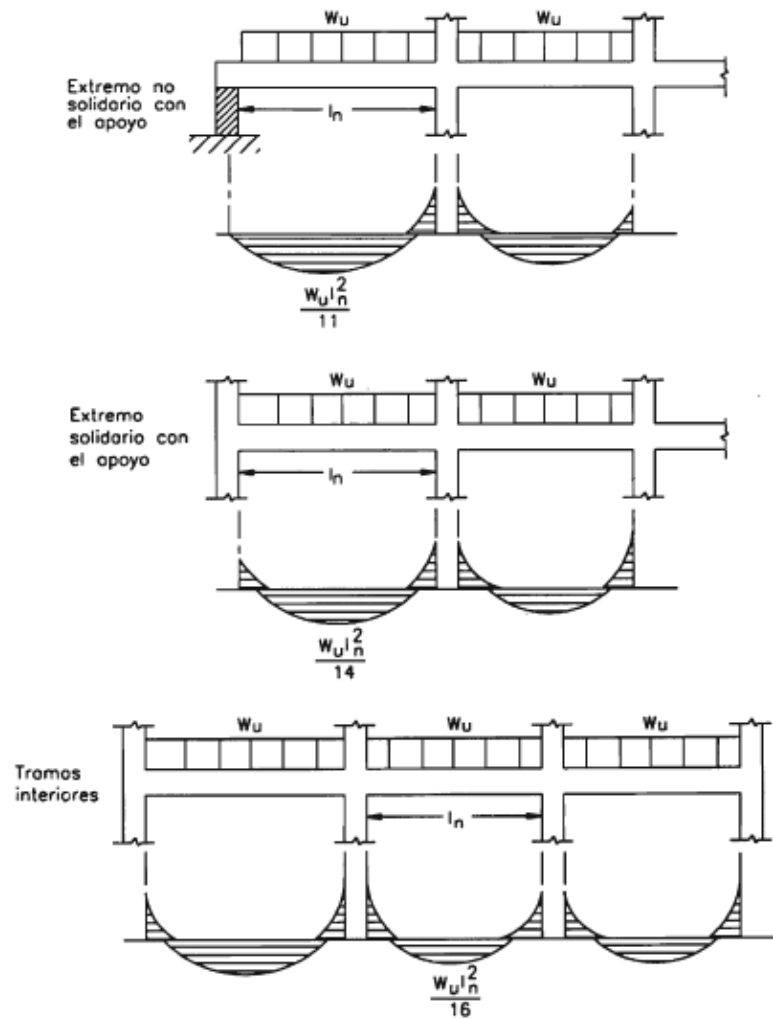
Tramo exterior

Extremo discontinuo no solidario con el apoyo  $wu1n^2/11$

Extremo solidario con el apoyo  $wu1n^2/14$

Tramos interiores  $wu1n^2/16$

**Figura**  
Método de los coeficientes del ACI



Fuente: Harmsen (2015)

Momento negativo en la cara exterior del primer apoyo interior

Dos tramos  $w_u l_n^2 / 9$

Más de dos tramos  $w_u l_n^2 / 10$

Momento negativo en las otras caras de los apoyos:  $w_u l_n^2 / 11$

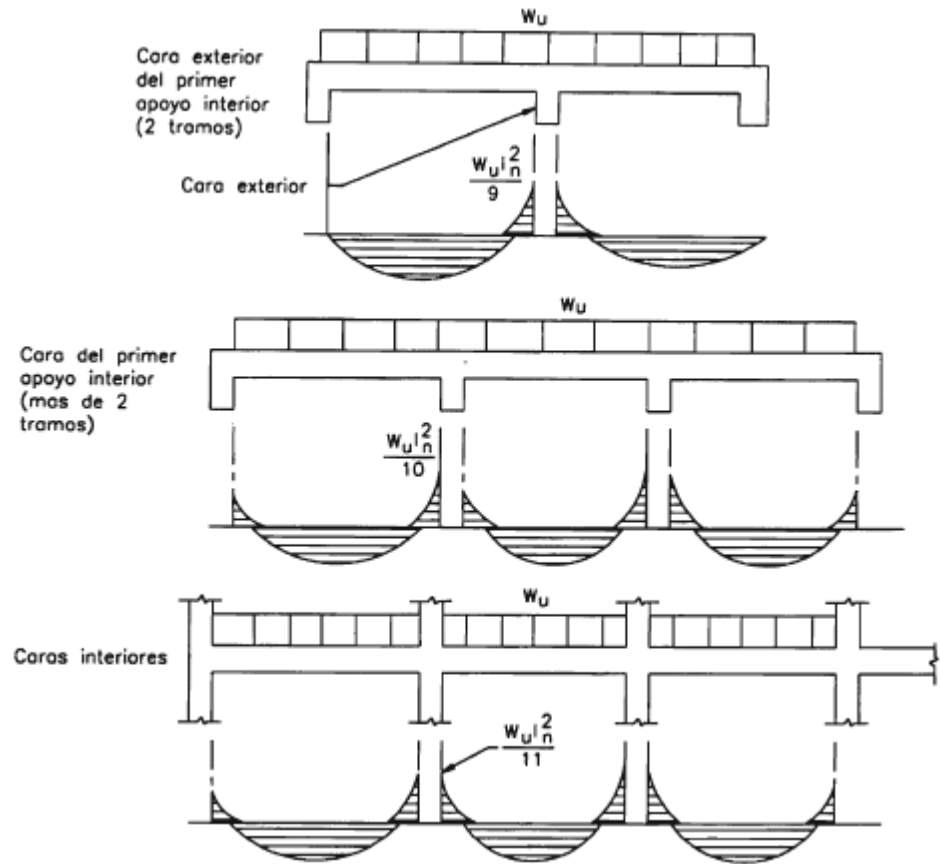
Momento negativo en la cara interior del apoyo exterior con el apoyo

Si el apoyo es una viga de borde  $w_u l_n^2 / 24$

Si el apoyo es una columna  $w_u l_n^2 / 16$

**Figura**  
Método de los coeficientes del ACI

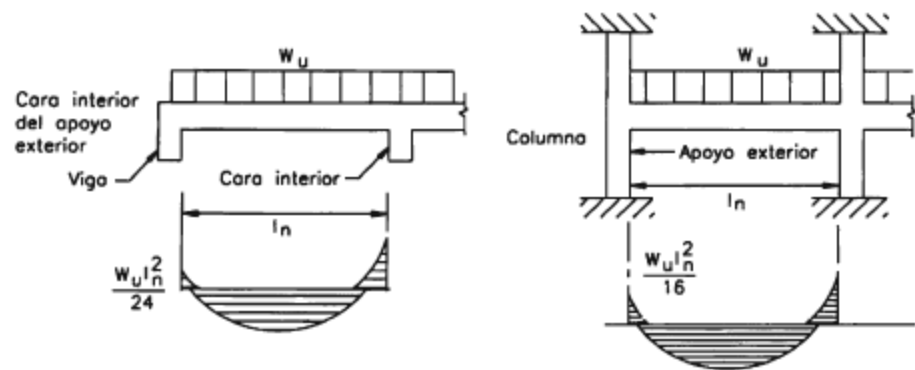
3



Fuente: Harmsen (2015)

**Figura**  
Método de los coeficientes del ACI

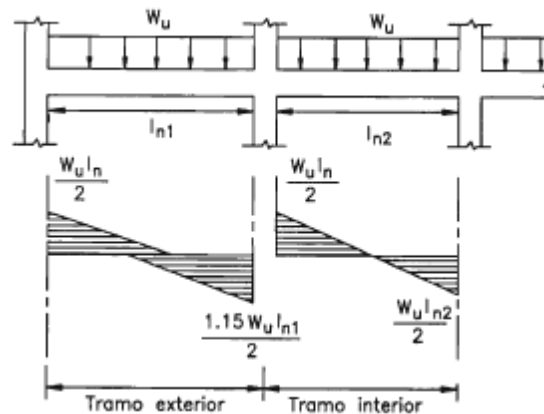
4



Fuente: Harmsen (2015)

**Figura**  
Método de los coeficientes del ACI

5



Fuente: Harmsen (2015)

En cada una de las ecuaciones anteriores  $W_u$  es la carga de diseño por unidad de longitud del factor,  $l_n$  es la longitud de las luces libres de los paños adyacentes.

El procedimiento de los coeficientes del ACI tiene restricciones ya mencionadas antes, en caso de que no se cumplan ciertos de aquellos puntos de vista se empleara otro procedimiento para el cálculo de los instantes y fuerzas cortantes.

Estudio de Vigas y Columnas: Para la exploración de los recursos estructurales (vigas y columnas) se va a hacer la utilización del software ETABS, lo que se desarrollará un modelo tridimensional de los bloques propuestos para el centro educativo, donde todos los recursos aceptan deformaciones por flexión, fuerza cortante y carga axial.

Las vigas van a ser representadas por recursos unidimensionales con rigidez torsional nula, en lo que las columnas van a ser representadas como recursos



bidimensionales. El programa ETABS posibilita desarrollar un diseño de cualquier infraestructura, así como de sus recursos como las vigas y columnas.

### **ANÁLISIS ESTÁTICO**

Este procedimiento representa las solicitaciones sísmicas por medio de un grupo de fuerzas actuando en el interior de masas de cada grado de la construcción.

Van a poder analizarse por medio de este método cada una de las construcciones regulares o irregulares ubicadas en el sector sísmica 1, las construcciones clasificadas como regulares, de no bastante más de 30 metros de elevación y las construcciones de muros portantes de concreto armado y albañilería armada sin exceder los 15 metros de elevación, aunque sean irregulares.

#### **Fuerza Cortante en la Base**

Para calcular la fuerza cortante total que actúa en la base de la estructura se deberá tener en cuenta la siguiente expresión que nos brinda la norma E030:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P$$

Donde el valor de C/R no deberá ser menor que 0.125.

#### **Excentricidad Accidental**

La norma E030 nos indica que para cuyas estructuras que posean un diafragma rígido se debe considerar lo siguiente: “la fuerza en cada entrepiso actúa en el centro de masa del respectivo entrepiso adicional a ello se debe considerar la excentricidad propia de la estructura como se indica a continuación”:

Se aplicará un momento torsor accidental en el centro de masa de cada entrespacio de modo que se calcula con la siguiente expresión:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Según la norma E030 Para cada dirección de estudio, la excentricidad accidental en cada grado ( $e_i$ ), se considerará como 0,05 veces la magnitud del inmueble en la dirección perpendicular a la dirección de estudio

Se puede dar por sentado que las condiciones más desfavorables se obtienen tomando en cuenta las excentricidades accidentales con el mismo símbolo en todos los niveles. Se considerarán sólo el incremento de las fuerzas horizontales no de esta forma las disminuciones

### **Fuerzas Sísmicas Verticales**

Muchos autores nos recomiendan emplear  $2/3 Z \times U \times S$  para hallar la fuerza sísmica vertical aplicada a la edificación.

### **ANÁLISIS DINÁMICO**

Cualquier construcción podría ser diseñada utilizando los resultados de los exámenes dinámicos por mezcla modal espectral según lo detallado en esta parte de la presente tesis.

### **Modos de Vibración**

Los métodos de vibración van a poder determinarse por un método de estudio que considere apropiadamente las propiedades de rigidez y el reparto de las masas.

En cada dirección se considerarán esos métodos de vibración cuya suma de masas efectivas sea al menos el 90 % de la masa total, sin embargo, tendrá que

tomarse presente al menos los 3 primeros métodos que predominan en la dirección de estudio.

### **Aceleración Espectral**

La RNE norma E030 menciona lo próximo:

Para todas las direcciones horizontales analizadas se usará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones determinado por:

$$S_a = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g$$

### **Fuerza Cortante Mínima**

Para todas las direcciones consideradas en el estudio, la fuerza cortante en el primer entrepiso del inmueble no va a poder ser menor que el 80 por ciento del valor hallado según el análisis estático para construcciones regulares, ni menor que el 90 por ciento para construcciones irregulares.

Según la norma E030 Si fuera primordial aumentar el cortante para llevar a cabo los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los demás resultados conseguidos, excepto los desplazamientos.

## **REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD**

### **Determinación de Desplazamientos Laterales**

La norma E030 diseño sismorresistente nos recomienda que para las estructuras regulares se hallaran los desplazamientos laterales multiplicando 0.75 R los resultados obtenidos en el análisis dinámico y para estructuras irregulares estos desplazamientos se calcularan multiplicando por R los resultados obtenidos en el análisis dinámico.

### Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El mayor movimiento relativo de entrepiso, calculado de acuerdo con la decisión de desplazamientos laterales, no tendrá que exceder la parte de la elevación de entrepiso (distorsión) que se sugiere en la siguiente tabla.

**Tabla**  
*Limites Para la Distorsión de Entrepiso*

9

Material Predominante	( $\Delta l/h_{ei}$ )
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: adaptado de RNE (2019).

#### 2.2.5 Criterios de estructuración

##### Concepto de mecánica de suelos:

Dependiendo de dónde provengan, los suelos tienen una variedad de características diferentes, que incluyen textura, estructura y consistencia. La uniformidad, finura y distribución de cada tamaño de grano en el suelo se conocen como textura. Por otro lado, la estructura tiene que ver con la disposición general de las partículas del suelo y está directamente relacionada con las características físicas y la textura del suelo. La fuerza cohesiva, por otro lado, mide qué tan bien se adhieren las partículas del suelo, así como la resistencia a las fuerzas externas que podrían separar o deformar las masas de suelo. La consolidación en la mecánica de suelos se refiere a la capacidad del suelo para resistir el corte y es crucial al diseñar estructuras cohesivas basadas en suelos como cimientos, terraplenes o muros de contención (Reategui, 2013).

Las características capilares de la estructura del suelo. Los poros más grandes entre los aglomerados pueden moverse rápidamente debido a las capacidades de agua específicas que existen en ellos (Kruse, 2016). La gravedad y la gravedad molecular son las dos fuerzas principales que gobiernan el movimiento del agua dentro del suelo y la roca. El agua se filtra en el suelo, se profundiza, se extiende horizontalmente y luego vuelve a emerger como arroyos, pantanos o ríos debido a la fuerza de la gravedad.

Pero se podría sugerir usar una barrera para el cabello. Para romper la red capilar en la transición del suelo a los elementos estructurales, esta operación consiste en insertar una capa de material entre la cimentación y el suelo. Puede ser hormigón o grava de baja calidad (Fernández, 2008)

Según Ryzkowski (2015), un material es elástico si puede comprimirse o estirarse antes de volver a su forma y tamaño original. Esto es cierto a menos que el material se deforme permanentemente por la aplicación o el impacto. Casi todos los materiales tienen cierto grado de flexibilidad y las formas geométricas agregan flexibilidad adicional, lo que contribuye a la versatilidad del objeto. Por otro lado, la relación entre tensión y deformación está representada por el módulo de elasticidad, que se puede calcular para cualquier material sólido. A la luz de esto, los coeficientes de compresión y elasticidad en mecánica de tierras cumplen con los requisitos que se indican a continuación.

Las cargas de compresión que actúan sobre la superficie del suelo pueden provocar deformaciones plásticas, elásticas y de compresión. Con un pequeño

cambio en la porosidad, la deformación elástica provoca el pandeo lateral, lo que permite que el material se recupere cuando se elimina la tensión.

La cantidad a la que se reduce el volumen de un trozo de suelo cuando se aplica una carga se conoce como capacidad de compresión. En suelos gruesos, donde hay pocas interacciones entre las partículas, este fenómeno es mínimo; sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de partículas finas, también aumenta su prevalencia. Los suelos de grano fino que contienen materia orgánica son los más fáciles de compactar. Por ejemplo, la grava y la arena son virtualmente incompresibles, mientras que la arcilla húmeda es altamente compresible y puede encogerse dramáticamente cuando se compacta, permitiendo que la humedad y el aire escapen. Según la clasificación de la compactación del suelo, se puede categorizar como baja compresibilidad (LL menor a 30), mediana compactación (LL 30 a 50), o alta compactación (LL mayor a 50) dependiendo del punto de fusión.

Se dice que un material es transparente si contiene huecos y hendiduras a lo largo de toda su longitud. Por supuesto, tales vacíos ocurren no solo en roca granular saludable, incluido el concreto, sino también en todos los suelos. Todos estos materiales tienen propiedades de permeabilidad al agua, por lo que el flujo de agua a través de arena u hormigón puro depende de la extensión (Garibai, 2006).

Los estudios prácticos y operativos han revelado que una variedad de variables, incluidas las fracciones, el tamaño y la distribución de las partículas, la saturación y la estructura, pueden tener un impacto en la permeabilidad del suelo, la capacidad de mover el agua bajo presión, y las propiedades

capilares. Es obvio que la cantidad de compactación afecta la permeabilidad del suelo. Esto es para que el tamaño de los poros del suelo pueda verse directamente afectado (Garibay, 2006). Cada uno de estos tres suelos se puede dividir en dos grupos según sus características. Si es menos del 50%, eso es una hora. Para suelos de baja o media compactación, se agrega L (baja compactación) al símbolo general.

Los estudios de clasificación y caracterización de suelos son útiles para obtener información sobre las propiedades generales del suelo, así como para evaluar su vulnerabilidad mediante tratamientos de recuperación y propiedades aptas para el relleno (Capote, 2010). En pocas palabras, los suelos de grano fino pueden estar en diferentes estados dependiendo de su contenido de humedad. Cuando se agrega agua al suelo seco, se absorben las partículas individuales cubiertas por una capa de agua. A medida que se agrega más agua, las moléculas de agua se acumularán y harán que las partículas del suelo se adhieran más fácilmente. Si continúa agregando agua hasta que la tierra y el agua se mezclen, la tierra fluirá como un líquido. (Capote, 2010) El suelo ha pasado así por una serie de estados distintos comenzando por el estado sólido, incluyendo sólido, semiplástico, plástico, líquido viscoso y suspendido en líquido.

El índice de rendimiento, que se determina restando el punto de rendimiento del punto de rendimiento, es una medida de la capacidad de un suelo para cambiar de forma bajo carga. Puede contener mucha agua antes de pasar de un estado semisólido a un estado líquido cuando el suelo tiene un alto índice de plasticidad. Pero los suelos con mucho polvo y arcilla, o aquellos con un índice

de plasticidad superior al 20%, son muy sensibles a los cambios de humedad. Cada letra tiene una descripción correspondiente (excepto Pt). Antes de clasificar el suelo, se debe determinar el tamaño de las partículas de suelo mediante tamizado u otras técnicas comparables. Este sistema también se conoce como la clasificación de Casagrande modificada. Proyecto de plataforma:

Las combinaciones de carga recomendadas para el análisis de mantenimiento, para verificar las fuerzas admisibles y para analizar las vigas de cimentación y el refuerzo, se realiza mediante el análisis de resistencia. Es la parte de un edificio o estructura que está en contacto directo con el suelo y transmite la carga de la estructura al suelo. Las columnas que soportan cargas (están frecuentemente soportadas por zapatas independientes). Por otro lado, “se utilizan cimentaciones fuertes para muros de carga y columnas, de modo que las cimentaciones aislantes quedan tan juntas que casi se tocan” (Pacompiá, 2016).

La capa de suelo que soporta carga experimenta una variedad de tensiones y deformaciones relacionadas como resultado de las cargas transferidas desde la cimentación hacia ella. Estas deformaciones ocurren continuamente y juntas conducen al hundimiento del contacto suelo-cimentación” (Capote, 2010). Las características del suelo sobre el que se construye una casa o apartamento tienen un impacto significativo en el tamaño y tipo de cimiento que se debe usar debido a la interacción entre el suelo y el cimiento. Afectan significativamente los costos operativos, así como el tiempo que lleva construir edificios y superestructuras. En resumen, el conocimiento de cimentaciones y



geomecánica es esencial para construir hogares y familias con bienes inmuebles seguros y asequibles.

Capote (2010) señala que los pasos generales en el diseño de cimentaciones son:

Multiplicar por el factor de seguridad para reducir la potencia computacional final. Para la confianza más baja en las condiciones del subsuelo, se aplica el factor de confianza más alto. Evaluar el asentamiento que ocurrirá para cimientos con cargas estáticas esperadas y capacidad portante reducida. Si la liquidación es estadísticamente razonable, se calcularán comparativamente los distintos costes de forma satisfactoria. Costo por metro cuadrado de área de construcción, precio por tonelada de bienes por columna. Si existe una solución insatisfactoria para el tipo de cimentación que se ensaya, se deben buscar otras propuestas o alternativas. Aliviar la presión o las cargas sobre los soportes, mover edificios, mejorar el suelo, cambiar la profundidad de inspección y soportar la superestructura. Cimentación plana Incluyendo cimentación simple, cimentación en tira, cimentación anclada y cimentación compensada. Los cimientos profundos incluyen pozos excavados (pilotes de fondo) y varios tipos de pilotes hincados o hincados. cambio de altitud cambiar altura es la distancia desde el suelo hasta el fondo de la cimentación. Sin embargo, se excluyen los edificios con sótanos. Según la norma E-050, la rugosidad debe ser de al menos 0,80m. plataforma sobre plataforma. Si es posible, no construya en vertederos. Los rellenos sanitarios se pueden dividir en rellenos sanitarios limpios y manejables y rellenos sanitarios con contaminantes orgánicos (Quispe, 2018).

- Relleno sanitario limpio: puede incluir suelo libre que contenga una mezcla de grava, escombros, lodo, arena, escombros de hormigón, escombros, etc., excluyendo la materia orgánica. Estos rellenos se pueden procesar presionando en diferentes capas y controlando efectivamente el proceso de compresión de acuerdo con los estándares actuales.

- Hay vertedero y materia orgánica contaminada: este tipo de material es contraproducente y no debe tomarse como excusa. Como regla general, incluyen desechos y desechos orgánicos con propiedades nocivas, que se pudren con el tiempo y dejan grandes agujeros y vacíos. Por tanto, es necesario eliminar todos los vertederos contaminados con materia orgánica antes de construir una vivienda unifamiliar o un edificio de apartamentos. Si no es demasiado profundo, es mejor no construir una casa. Las consecuencias son dañinas e incluso fatales (Curotto, 2008).

Los principales efectos del aumento de la humedad del suelo provocado por la acción capilar son visibles en la superficie. Esto está asociado a altos costos, ya que la mayor parte del dinero de una vivienda se invierte en bienes inmuebles, el daño también es visible a nivel (Curotto, 2008).

El agua subterránea se puede definir como el nivel superior del agua de un acuífero donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica. Los pozos perforados en el intestino, conocidos como manómetros abiertos, se pueden usar para medir los niveles de agua subterránea. Son necesarios para perforar por debajo del nivel freático a fin de determinar la degradación y la presión negativa del suelo y el estado de los cimientos. Los niveles de agua subterránea se pueden medir con un transductor piezoeléctrico, que es una cinta métrica

con un sensor en el extremo que indica el contacto con el agua. Además de medir la profundidad del agua subterránea, el instrumento también mide la piezoelectricidad y la presión intersticial en suelos saturados de agua, que son muy valiosos en ingeniería geotécnica. También se pueden utilizar otros instrumentos como líneas vibratorias, casas grandes, manómetros y transductores para medir los niveles de agua subterránea.

### **Características de los suelos**

Los suelos presentan propiedades distintas como la textura, estructura y consistencia, las cuales varían dependiendo de su origen. La textura se refiere a la uniformidad y finura del suelo, así como a la proporción de cada tamaño de partícula presente en él. La estructura, por otro lado, se relaciona con la organización de las partículas del suelo en su conjunto y está directamente ligada a la textura y a las propiedades físicas del suelo. La consistencia, por su parte, mide la adherencia entre las partículas del suelo y su resistencia a fuerzas externas que puedan deformar o separar los agregados del suelo. La cohesión, en mecánica de suelos, se refiere a la capacidad del suelo para resistir fuerzas de corte y es especialmente importante al diseñar estructuras como cimientos, terraplenes o muros de contención en terrenos pegajosos (Reategui, 2013).

### **Fenómenos Capilares**

La estructura del suelo "tiene las propiedades de acción capilar. H. Una capacidad específica de retención de agua que existe dentro de los agregados y permite la existencia de una migración rápida a través de los poros más grandes entre ellos" (Cruz, 2016, pág. 54).

Los dos poderes principales que controlan el suelo y el agua de las rocas son la gravedad y la gravitación molecular. La gravedad es la fuerza con la que el agua penetra en el suelo, se profundiza, se extiende en dirección horizontal y reaparece en forma de manantial, pantano o río. La gravitación molecular consiste en que las moléculas de agua se atraen entre paredes adyacentes en pequeños espacios en las rocas y el suelo, y que las moléculas de agua adyacentes se atraen entre sí. “Este signo de agua que sube por huecos y desniveles se llama tubo capilar y representa los fenómenos capilares y capilares del tubo” (Braja, 2001)

No obstante, se puede recomendar la colocación de una barrera anti capilar. Esta actuación “consiste en intercalar una capa de material entre la cimentación y el suelo con el fin de interrumpir la red capilar en la transición del suelo a los elementos constructivos. Esta puede ser grava o un posible hormigón de baja calidad” (Fernández, 2008, pág. 54).

### **Elasticidad**

Un material es elástico si vuelve a su forma y tamaño original después de la compresión o el estiramiento (a menos que la aplicación o el impacto deformen permanentemente el material) (Ryckowsky, 2015). Casi todos los materiales tienen algún grado de elasticidad y la elasticidad adicional de las formas geométricas es parte de la flexibilidad del objeto. El módulo elástico, por otro lado, se puede calcular para cualquier material sólido y representa la relación entre la tensión y la deformación. Por lo tanto, en mecánica de tierras, la compresibilidad y el módulo elástico siguen los criterios:

- a. Las cargas de compresión aplicadas a la superficie del suelo pueden resultar en deformaciones plásticas, elásticas y de compresión.
- b. La deformación elástica causa pandeo lateral con poco cambio en la porosidad, lo que permite que el material se recupere cuando se elimina la tensión.

### **Compresibilidad**

La compresibilidad se refiere al grado de reducción en volumen de un terrón de suelo cuando se somete a carga. Este fenómeno es mínimo en suelos con textura gruesa, los cuales tienen poca interacción entre partículas, mientras que aumenta en proporción a la cantidad de partículas pequeñas presentes. Los suelos de grano fino, que contienen materia orgánica, tienen la compresibilidad más alta. Por ejemplo, la grava y la arena son virtualmente incompresibles, mientras que los suelos arcillosos húmedos son altamente compresibles y pueden reducir su volumen significativamente al compactarse, permitiendo la liberación de humedad y aire. En cuanto a la clasificación de la compresibilidad, los suelos se dividen en tres clases en función de su punto de fluencia: baja compresibilidad (LL inferior a 30), media compresibilidad (LL de 30 a 50) y alta compresibilidad (LL superior a 50).

### ***Permeabilidad***

Se dice que un material es transparente si contiene vacíos e intersticios por todas partes. Por supuesto, no solo las rocas granulares saludables, incluido el concreto, sino todos los tipos de suelos tienen tales vacíos. Todos estos materiales tienen propiedades permeables, por lo que el flujo de agua a través de arena u hormigón limpio es una cuestión de grado (Garibay, 2006). Ensayos

prácticos y operativos han demostrado que la permeabilidad del suelo (entendida como la capacidad de mover el agua bajo presión) y la capilaridad (entendida como la atracción o retención del agua por encima del nivel freático) pueden verse afectadas por una variedad de factores tales como: se ha demostrado que varía según el factor. Fracciones, tamaño y distribución de partículas, saturación y estructura. Claramente, la permeabilidad de un suelo en particular depende del grado de compactación. Esto se debe a que afecta directamente el tamaño de poro del suelo (Garibay, 2006).

Cada uno de estos tres tipos de suelo se puede dividir en dos grupos según sus puntos de rendimiento. Si es menor al 50%, i. H. Para suelos de baja o moderada compresibilidad, se agrega L (baja compresibilidad) al símbolo general.

Las pruebas de clasificación y caracterización de suelos son útiles para obtener información sobre las propiedades generales del suelo, así como para evaluar su capacidad para ser modificado mediante técnicas de enmienda del suelo y su adecuación como material de relleno (Capote, 2010, pág. 21). En términos simples, los suelos de grano fino pueden existir en diferentes estados dependiendo de su contenido de agua. Cuando se agrega agua a un suelo seco, las partículas individuales se cubren con una película de agua que se absorbe. A medida que se agrega más agua, las partículas de agua se acumulan y hacen que las partículas del suelo se junten más fácilmente. Si se sigue agregando agua hasta que la tierra y el agua se mezclen, el suelo fluirá como un líquido. (Capote, 2010)

El índice de plasticidad se puede definir como la medida de la capacidad del suelo para cambiar de forma cuando se le aplica una carga, y se calcula restando el límite de plasticidad del límite elástico. Cuando un suelo tiene un alto índice de plasticidad, significa que puede retener una gran cantidad de agua antes de pasar de un estado semisólido a un estado líquido. Sin embargo, los suelos con altos contenidos de limo y arcilla, es decir, aquellos con un índice de plasticidad superior al 20%, son muy susceptibles a cambios en el contenido de humedad.

Cada letra tiene una descripción correspondiente (a excepción de Pt). Antes de clasificar el suelo, se debe medir el tamaño de las partículas del suelo mediante el tamizado u otros métodos similares. Este sistema también se conoce como la clasificación modificada de Casagrande.

### **Diseño de cimentación:**

Se plantea las combinaciones de carga para el Diseño por servicio, para comprobar los esfuerzos admisibles, pero para el diseño de acero de refuerzo y el peralte de la cimentación se realiza con el Diseño por resistencia.

Es esa parte del edificio o estructura que está en contacto directo con el suelo y transfiere la carga de la estructura al suelo. Las zapatas independientes basadas en cimientos se usan comúnmente para soportar columnas estructurales. “Pueden consistir en cuadrados simples, rectángulos o círculos, formas escalonadas o piramidales, y espesor uniforme para distribuir la carga de columnas pesadas” (Pacompía, 2016, p. 26).

Por otro lado, “los cimientos a base de cimientos corridos se utilizan para muros de carga y filas de columnas, de manera que los cimientos con cimientos aislados están tan cerca que casi se tocan” (Pacomía, 2016, p. 26).

Las cargas transferidas desde la cimentación a la capa de suelo provocan diversas tensiones y las consiguientes deformaciones en la capa de suelo de apoyo. “La deformación depende de las propiedades de tensión y de las propiedades más importantes del sustrato de soporte. Estas deformaciones ocurren todo el tiempo y juntas conducen al hundimiento de la interfaz entre la fundación y el subsuelo” (Capote, 2010).

Debido a la interacción del suelo y los cimientos, las propiedades del suelo sobre el que se construye una casa familiar o un apartamento tienen una influencia decisiva en la elección del tamaño y el tipo de cimiento utilizado. Estos tienen un impacto significativo en el tiempo de construcción de los edificios y el diseño de la superestructura, es decir, los costos operativos. En resumen, el conocimiento de cimentaciones y geomecánica es fundamental para construir viviendas y viviendas con propiedades seguras y económicas.

### **Diseño de cimentaciones**

Capote (2010) señala que los pasos generales para el diseño de una cimentación son:

A) Multiplicar por el factor de seguridad para reducir la última capacidad de carga calculada. Dada la certeza más baja sobre las condiciones del subsuelo, se utiliza el índice de seguridad más alto.

B) Estimar el asentamiento que ocurrirá en cimentaciones con cargas estáticas esperadas y capacidad portante reducida.



C) Si la liquidación está estáticamente justificada, los diversos costos de una clase base satisfactoria deben calcularse sobre una base de comparación. Costo por metro cuadrado de área de construcción, precio por tonelada de carga de columna.

D) Si existe una solución insatisfactoria para el tipo de fundación investigada, se deben buscar otras propuestas o alternativas. B. Reducir presiones o soportar cargas, reubicar edificios, mejorar suelos, variar profundidades de inspección y soportes de superestructuras.

### **Tipos de cimentaciones**

a) Cimentaciones planas Se componen de cimentaciones individuales, cimentaciones en faja, cimentaciones de anclaje y cimentaciones flotantes compensatorias.

b) Los cimientos profundos consisten en cajones excavados (pozos de bajada) y muchos tipos de pilotes hincados o colados en el lugar. Desplazamiento de altura

### **El Desplazamiento de altura**

es la distancia desde el nivel del suelo hasta la base de los cimientos. Sin embargo, se excluyen los edificios con sótanos. Según la RNE E-050, el grado de descortesía no debe ser inferior a 0,80 m.

### **Cimentaciones sobre rellenos**

Si es posible, se recomienda no construir sobre vertederos. Los rellenos sanitarios se pueden clasificar como rellenos sanitarios limpios y tratables y rellenos sanitarios contaminados orgánicamente (Quispe, 2018).

- **Rellenos Sanitarios Limpios:** Pueden consistir en terrenos baldíos que contengan mezclas de grava, escombros de ladrillo, limo, arena, escombros de hormigón, escombros de hormigón, etc., excluida la materia orgánica. Estos rellenos se pueden manejar comprimiendo en diferentes capas y controlando de manera eficiente la compresión de acuerdo con los estándares existentes.
- **Presencia de vertederos y materia orgánica contaminada:** Este tipo de material es contraproducente y no debe ser considerado como una justificación. Generalmente se componen de desechos y residuos orgánicos con propiedades nocivas que se pudren con el tiempo, dejando grandes huecos y vacíos. Por esta razón, antes de construir un edificio familiar o apartamento, es necesario eliminar todos los vertederos contaminados con materia orgánica. Si no es tan profundo, es mejor no construir un apartamento. Las consecuencias son dañinas e incluso fatales (Curotto, 2008).

#### **Daños provocados por la humedad proveniente del suelo**

El principal daño causado por el aumento de la humedad del suelo debido a la acción capilar se puede ver a nivel de la superficie. Esto tiene un alto costo, dado que la mayor parte del dinero de una vivienda se invierte en el bien, el daño también se ve a nivel de (Curotto, 2008, p. 39).

#### **Nivel freático**

Para medir el nivel de agua subterránea, se pueden utilizar pozos perforados en el subsuelo, llamados piezómetros abiertos. Estos son esenciales en los estudios de suelo para determinar el estado de los cimientos, la presión negativa y la degradación durante la perforación por debajo del nivel freático. La medición del nivel freático se puede hacer mediante el uso de una sonda piezoeléctrica, que es una cinta métrica con un sensor en la punta que indica cuando entra en contacto con el agua. Además de la profundidad del agua

subterránea, los dispositivos de medición también miden el nivel piezoeléctrico y la presión intersticial en suelos saturados, lo que es valioso en la ingeniería geotécnica. Otros instrumentos como cuerdas vibrantes, Casagrande, piezómetros y transductores también se pueden utilizar para medir el nivel freático.

### **Concepto de mecánica de suelos según autores**

El suelo tiene una variedad de propiedades, que incluyen textura, estructura y consistencia, dependiendo de dónde se encuentre. La textura de un suelo se define como la uniformidad, finura y distribución de todos sus tamaños de partículas. Por otro lado, la estructura tiene que ver con cómo están dispuestas generalmente las partículas del suelo y está directamente relacionada con las características físicas y la textura del suelo. La fuerza cohesiva del suelo, por otro lado, mide qué tan estrechamente se mantienen juntas las partículas del suelo y qué tan bien resisten las fuerzas externas que podrían romper o deformar la masa del suelo. La capacidad del suelo para resistir el desplazamiento se conoce como consolidación en la mecánica de suelos y es crucial para el diseño de estructuras cohesivas basadas en tierra como cimientos, terraplenes y muros de contención (Reategui, 2013). Características de la estructura capilar del suelo. Debido a la particular capacidad hídrica de los agregados, los poros más grandes entre ellos pueden moverse rápidamente (Kruse, 2016). Las dos fuerzas principales que gobiernan el movimiento del agua a través del suelo y las rocas son la gravedad y la gravedad molecular.

Pero podría recomendarse el uso de una barrera capilar. Esta operación consiste en insertar una capa de material entre la cimentación y el suelo para

romper la red capilar en la transición entre el suelo y los elementos estructurales. Puede consistir en grava u hormigón de mala calidad (Fernández, 2008).

Ryczkowsky (2015) considera que un material es elástico si puede comprimirse o estirarse antes de volver a su tamaño y forma originales. A menos que la aplicación o el impacto deformen permanentemente el material, esto es cierto. Casi todos los materiales son algo flexibles y las formas geométricas añaden más flexibilidad, aumentando la versatilidad del objeto. El módulo de elasticidad, por otro lado, se puede utilizar para calcular la relación entre tensión y deformación en cualquier material sólido. Debido a esto, los coeficientes de compresión y elasticidad en mecánica de tierras satisfacen los criterios que se enumeran a continuación.

La superficie del suelo puede deformarse de manera plástica, elástica o compresiva como resultado de cargas de compresión. La deformación elástica da como resultado el pandeo lateral con un pequeño cambio en la porosidad, lo que permite que el material se recupere cuando se elimina la tensión.

La capacidad de compresión de un trozo de suelo se refiere a cuánto se reduce el volumen cuando se aplica una carga. Este fenómeno es mínimo en suelos gruesos donde existen pocas interacciones entre las partículas; sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de partículas finas, también aumenta su prevalencia. Los suelos más sencillos de compactar son aquellos que tienen materia orgánica de grano fino. Por ejemplo, mientras que la arcilla húmeda es altamente comprimible y puede encogerse significativamente cuando se compacta, permitiendo que la humedad y el aire escapen, la grava y

la arena son prácticamente incompresibles. Según la clasificación de la compactación del suelo, se puede dividir en tres categorías según el punto de fusión: baja compresibilidad (LL menor que 30), compactación media (LL 30 a 50) y alta compactación (LL mayor que 50).

Si hay agujeros y hendiduras que recorren toda la longitud de una sustancia, se la denomina transparente. Por supuesto, estos huecos existen en todos los suelos, así como en rocas granulares sanas, incluido el hormigón. Debido a la permeabilidad al agua de todos estos materiales, la extensión determina si el agua pasará por arena pura o por hormigón (Garibai, 2006).

Según estudios prácticos y operativos, varios factores, incluidas las fracciones, el tamaño y la distribución de las partículas, la saturación y la estructura, pueden afectar la permeabilidad del suelo o la capacidad de mover agua bajo presión. Está claro que la permeabilidad del suelo está influenciada por el grado de compactación que se ha producido. De manera que se puede impactar directamente el tamaño de los poros del suelo (Garibay, 2006). Dependiendo de sus características, cada uno de estos tres tipos de suelo se puede dividir en dos grupos. Tardará una hora si es inferior al 50%. Al símbolo general se le añade L (baja compactación) para indicar suelos de baja o media compactación.

Para conocer las características generales del suelo, así como para determinar su vulnerabilidad a los tratamientos de recuperación y su idoneidad para el vertido, son de gran ayuda los estudios de clasificación y caracterización de suelos (Capote, 2010). Es decir, dependiendo de su contenido de humedad, los suelos de grano fino pueden encontrarse en varios

estados. Los gránulos de suelo específicos que están recubiertos por una capa de agua se absorben cuando se agrega agua al suelo seco. Las moléculas de agua se acumulan a medida que se agrega más agua, lo que hace que las partículas del suelo se vuelvan más pegajosas con mayor facilidad.

Si hay agujeros y hendiduras que recorren toda la longitud de una sustancia, se la denomina transparente. No hace falta decir que estos huecos se pueden encontrar en todos los suelos, así como en rocas granulares sanas, incluido el hormigón. El flujo de agua a través de arena pura u hormigón depende de la extensión porque todos estos materiales tienen características de permeabilidad al agua (Garibai, 2006).

Según estudios prácticos y operativos, varios factores, incluidas las fracciones, el tamaño y la distribución de las partículas, la saturación y la estructura, pueden afectar la permeabilidad del suelo o la capacidad de mover agua bajo presión. Está claro que la permeabilidad del suelo está influenciada por el grado de compactación que se ha producido. De modo que el tamaño de los poros del suelo puede verse impactado directamente (Garibay, 2006). Según sus características, cada uno de estos tres suelos se puede dividir en dos grupos. Una hora si el porcentaje es inferior al 50%. El símbolo general se complementa con L (baja compactación) para suelos de baja o media compactación.

Para conocer las características generales del suelo, así como determinar su vulnerabilidad a los tratamientos de recuperación y su idoneidad para el depósito en vertedero, son de ayuda los estudios de clasificación y caracterización del suelo (Capote, 2010). Es decir, dependiendo de su

contenido de humedad, los suelos de grano fino pueden encontrarse en varios estados. Los gránulos de suelo específicos que están recubiertos por una capa de agua se absorben cuando se agrega agua al suelo seco. Las moléculas de agua se acumulan a medida que se agrega más agua, lo que hace que las partículas del suelo se vuelvan más pegajosas con mayor facilidad. La tierra fluirá como un líquido si sigues agregando agua hasta que la tierra y el agua se hayan combinado. (Capote, 2010) Como resultado, el suelo ha pasado por una variedad de estados, comenzando con el estado sólido y progresando hacia el sólido, semiplástico, plástico, líquido viscoso y suspendido en líquido.

Una medida de la capacidad de un suelo para cambiar de forma bajo carga se llama índice de rendimiento, que se crea restando el límite de rendimiento del punto de rendimiento. Cuando el suelo tiene un alto índice de plasticidad, puede retener mucha agua antes de pasar de un estado semisólido a uno líquido. Sin embargo, los suelos que contienen mucho polvo y arcilla o tienen un índice de plasticidad superior al 20% son particularmente sensibles a los cambios de humedad. A excepción de Pt, cada letra tiene una descripción correspondiente. Antes de dividir el suelo en diferentes categorías, se debe evaluar el tamaño de las partículas del suelo mediante tamizado u otros métodos similares. Un nombre diferente para esta clasificación es clasificación de Casagrande modificada. emprendimiento de plataforma:

El análisis de resistencia se utiliza para determinar las combinaciones de carga sugeridas para el análisis de mantenimiento, para confirmar las fuerzas permitidas y para examinar las vigas de refuerzo y cimentación. Transfiere la carga de la estructura al suelo y es la parte de un edificio o estructura que está

directamente en contacto con el suelo. Las columnas portantes suelen estar sostenidas por zapatas separadas. Por el contrario, “se utilizan cimentaciones fuertes para muros de carga y columnas, de modo que las cimentaciones aislantes quedan tan cerca unas de otras que casi se tocan” (Pacompa, 2016).

Las cargas que se transfieren desde los cimientos a la capa de suelo que soporta la carga la someten a una variedad de tensiones y deformaciones relacionadas. Según Capote (2010), estas deformaciones continuas resultan en el hundimiento del contacto suelo-cimiento. Debido a la interacción entre el suelo y los cimientos, las características del suelo sobre el que se construye una casa o apartamento tienen una influencia significativa en el tamaño y tipo de cimientos que se deben utilizar. Tanto el tiempo que lleva construir edificios y superestructuras como los costes operativos se ven afectados significativamente por ellos. Para construir hogares y familias con bienes inmuebles seguros y a precios razonables, es fundamental comprender los cimientos y la geomecánica.

Según Capote (2010), generalmente existen tres pasos involucrados en el diseño de una cimentación.

La potencia computacional final se puede disminuir multiplicando por el factor de seguridad. El factor de confianza más alto se utiliza para las condiciones del subsuelo donde existe la menor cantidad de confianza. Cuando los cimientos están sujetos a cargas estáticas esperadas y tienen una capacidad de carga reducida, evalúe el asentamiento que resultará. Los distintos costes se calcularán satisfactoriamente en comparación si la liquidación es estadísticamente razonable. Precio por tonelada de mercancía por columna y



costo por metro cuadrado de espacio de construcción. Se deben buscar otras sugerencias o alternativas si hay una solución insatisfactoria para el tipo de cimentación que se está probando. Alivie la presión o las cargas sobre los soportes, mueva edificios, mejore el suelo, cambie la profundidad de inspección y soporte la superestructura. Se incluyen en la categoría de cimientos planos los cimientos simples, los cimientos en tiras, los cimientos anclados y los cimientos desplazados. Los pozos excavados (pilotes de fondo) y varios tipos de pilotes hincados o hincados son ejemplos de cimentaciones profundas. La distancia entre el suelo y el fondo de los cimientos se conoce como cambio de altitud o altura. Sin embargo, las estructuras que contienen sótanos no están incluidas. La rugosidad debe ser de al menos 0,80m, según la norma E-050. Según la Agencia de Defensa (2005), existen dos tipos de vertederos: vertederos limpios y manejables y vertederos con contaminantes orgánicos.

- Vertedero limpio: esta clasificación puede incluir tierra suelta que contiene una mezcla de grava, barro, arena, virutas de concreto y otros desechos. Estas cargas se pueden procesar de acuerdo con los estándares actuales comprimiéndolas en varias capas y controlando eficientemente el proceso de compresión.

- La materia orgánica que ha sido contaminada y arrojada a un vertedero es contraproducente y no debe usarse como excusa. Por lo general, consisten en desechos nocivos y desechos orgánicos que se pudren con el tiempo, dejando grandes agujeros y huecos. Como resultado, antes de construir una vivienda unifamiliar o un complejo de apartamentos, se deben eliminar todos los

vertederos que se hayan contaminado con material orgánico. Es mejor no construir una casa si el terreno no es demasiado profundo. Los resultados pueden ser perjudiciales e incluso fatales (Curotto, 2008).

La superficie exhibe los resultados principales del aumento de la humedad del suelo inducido por la acción capilar. Dado que los bienes raíces constituyen la mayor parte del costo de una vivienda, esto se asocia con costos elevados, y el daño también es evidente a nivel del suelo (Curotto, 2008).

El agua del acuífero en su nivel más alto, donde la presión del agua es igual a la de la atmósfera, se denomina agua subterránea. Los niveles de agua subterránea se pueden medir utilizando manómetros abiertos, que son pozos excavados en el intestino. Para evaluar el deterioro del suelo y la presión negativa, así como el estado de los cimientos, se deben perforar por debajo del nivel freático. Para medir los niveles de agua subterránea se puede utilizar un instrumento llamado transductor piezoeléctrico (una cinta métrica con un sensor que detecta el contacto con la humedad). El dispositivo mide la piezoelectricidad y la presión intersticial en suelos saturados de agua además de la profundidad del agua subterránea; estas mediciones son extremadamente valiosas en el campo de la ingeniería geotécnica. Los niveles de agua subterránea también se pueden medir utilizando herramientas adicionales como transductores, manómetros, casas grandes, líneas vibratorias y líneas vibratorias.

## **Conceptos previos para la estructuración del edificio**

### **Predimensionamiento de Elementos Estructurales**

Según Norma E030 (2019), Para el predimensionamiento se tomará dimensiones las cuales son tentativas para los elementos estructurales algunas veces las cuales coinciden con las dimensiones finales de los elementos, para el predimensionamiento del presente proyecto se tomará en cuenta distintos criterios tanto como los criterios de la norma E060 y de distintos autores como el Ing. Blanco en su libro “Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado”

De acuerdo con la Norma E030 (2019), para el predimensionamiento de este proyecto se tendrán en cuenta diversos criterios además de los criterios de la norma E060 y de diferentes autores como el Ing. En ocasiones, estas dimensiones tentativas de los elementos estructurales coinciden con las dimensiones finales de los elementos

### **Condiciones Geotécnicas: Factor S, TP y TL**

Según Norma E030 (2019), Para decidir el factor de ampliación del suelo, se empleará los parámetros dados por la RNE E 030 diseño sismorresistente, en el que se establece el factor de amplificación del suelo (S), según sus condiciones locales (zonas), así como lo muestra la siguiente tabla. Y para establecer los periodos  $T_p$  y  $T_l$  se estima en la siguiente tabla. Los cuales usaremos más adelante para conceptualizar la plataforma de la componente C.

De acuerdo con la Norma E030 (2019), para determinar el factor de amplificación del suelo se utilizarán los parámetros proporcionados por el diseño sismorresistente de la RNE E 030, en el cual el factor de amplificación

del suelo (S) se establece de acuerdo con sus condiciones locales (áreas)., como se muestra en la siguiente tabla. Además, se estima en la siguiente tabla para determinar los tiempos  $T_p$  y  $T_l$ . que se utilizará más adelante para conceptualizar la plataforma para el componente C.

De acuerdo con Morrison (2012), el diseño estructural implica encontrar un equilibrio favorable entre las funciones realizadas por un material, sus propiedades naturales específicas, sus capacidades mecánicas y un costo mínimo. Siempre se busca alcanzar el precio más bajo posible, pero los estudios estructurales previos ofrecen los mejores resultados. Encontrar un buen equilibrio entre las capacidades mecánicas de un material, sus propiedades naturales únicas y su costo mínimo es el objetivo del diseño estructural. Los mejores resultados provienen de estudios estructurales anteriores, pero siempre se busca el precio más bajo.

Es fundamental que el diseño estructural logre un rendimiento equilibrado entre las partes rígidas y plásticas del recurso, ya que exceder cualquiera de estos dos aspectos puede resultar en una configuración defectuosa. Morrison (2012) señala la importancia de mantener este equilibrio en diversas situaciones.

Para evitar una configuración defectuosa, es crucial que el diseño estructural logre un desempeño uniforme entre los componentes rígidos y flexibles del recurso. Morrison (2012) enfatiza la importancia de preservar este equilibrio en diversas circunstancias.

Los requisitos sísmicos para los edificios varían de un terremoto a otro, y los requisitos máximos esperados varían de una región a otra. Para edificios ubicados en áreas sísmicas, la vibración máxima esperada puede producir desplazamientos laterales de varias pulgadas, y las fuerzas laterales deben igualar o exceder el peso del edificio en un sistema lineal. Excepto para diseños muy específicos, no es económicamente factible diseñar edificios que respondan linealmente a vibraciones tan grandes utilizando sistemas estructurales convencionales. Es posible que deba aceptar algunas respuestas no lineales. Morrison (2012)

Con la discusión anterior en mente, la mayoría de los códigos de construcción, implícita o explícitamente, permiten respuestas no lineales de los edificios a grandes movimientos. Como mínimo, la estructura debe diseñarse de manera que la respuesta inelástica esperada pueda ocurrir sin una pérdida significativa de resistencia. Para edificios con objetivos de desempeño más altos, las estructuras pueden diseñarse para reducir las respuestas inelásticas.

El análisis no lineal de estructuras de hormigón armado con elementos de fijación requiere la definición de un modelo constitutivo que se utilice para determinar las relaciones tensión-deformación del hormigón y el acero. Para fines de diseño, se utilizan bloques Whitney rectangulares sin restricciones (1942) para hormigón. Para el acero, el modelo elasto-plástico se usa de manera similar por simplicidad.

Sin embargo, el uso de estos modelos como base para el desarrollo de sujetadores da como resultado valores de fuerza y desplazamiento más bajos. Por esta razón, modelos más complejos como este modelo propuesto por

Mander tanto para hormigón constreñido como sin constreñimiento, y el modelo de acero considerando el endurecimiento post-fluencia donde se encuentran valores más altos de fuerza y desplazamiento, se debe utilizar un modelo para este propósito más cerca de la realidad

La deflexión máxima del hormigón constreñido puede estar limitada por las cargas de la falla del estribo o el pandeo longitudinal. Los elementos de hormigón armado sujetos a deformaciones inelásticas y de compresión máxima suelen estar restringidos por el pandeo (y la subsiguiente falla bajo tensión cíclica) de la barra de refuerzo. Para el refuerzo de columnas bajo carga monótona, la deformación máxima por carga axial está limitada por la falla de los estribos

### **Microzonificación y estudio de sitio**

Los estudios de microzonificación y de sitio son estudios realizados para investigar cambios potenciales en eventos sísmicos en ubicaciones específicas en un área de interés. En las zonas de expansión de las ciudades, se organizan zonas más pequeñas (por ejemplo, distritos, distritos) con características similares (micro zonas) de manera que se pueda estimar posibles cambios para cada una de estas micro zonas en caso de un impacto de terremoto. Se realizará una investigación para identifica el

"Debido a que penetra a través de la capa de suelo hasta llegar a la superficie, modifica el movimiento del macizo rocoso. El propósito de la microzonificación y los estudios de campo es estimar este cambio e identificar la presencia de fenómenos relacionados como deslizamientos, licuefacción y tsunamis".

### **Centro de Masa y Centro de Rigidez**

El punto donde se concentra la masa de una estructura se llama centro de masa. Las fuerzas que actúan en este punto no generan torsión. Por otro lado, el centro de rigidez es el punto central que resiste las fuerzas laterales que actúan en los elementos verticales de un sistema estructural. Es importante tener en cuenta que, para verificar si la estructura es adecuada, la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez debe ser lo más pequeña posible en cada dirección para evitar problemas de torsión. En el caso que se está analizando, la forma del terreno y la arquitectura son irregulares, por lo que se intentó dotar a la estructura de simetría estructural para evitar problemas de torsión en las zonas extremas de la planta.

El centro de masa de una estructura es el lugar donde se concentra su masa. El par no es producido por las fuerzas en juego en este momento. El punto central de un sistema estructural que resiste fuerzas laterales que actúan sobre sus elementos verticales se conoce como centro de rigidez. La distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez debe ser lo más pequeña posible en cada dirección para evitar problemas de torsión a la hora de determinar si la estructura es adecuada. En el caso analizado, la forma del terreno y la arquitectura son irregulares, por lo que se intentó dotar a la estructura de simetría estructural para evitar problemas de torsión en las zonas extremas de la planta. (RNE, NORMA E.030, 2019)

### **Modos de Vibración de la Estructura**

Un modo de vibración es la forma distintiva en que una estructura vibrará. El estudio modal dinámico utiliza un método que calcula tres modos por cada diafragma rígido predeterminado. La vibración general de la estructura se obtiene mediante la combinación de estos modos y la masa participativa en cada uno de ellos. La regla establece que, para cada dirección, es esencial utilizar al menos el 90% de la masa participativa acumulada. Un modo de vibración puede definirse como una forma de vibrar, o un patrón de vibración, cuando se aplica a un sistema o estructura que tiene varios puntos con diferentes amplitudes de deflexión. Un modo de vibración comprende dos elementos distintos: en primer lugar, una variación temporal de la vibración y, en segundo lugar, una variación espacial de la amplitud del movimiento en la estructura. La variación temporal define la frecuencia de las oscilaciones junto con la tasa de decaimiento o crecimiento asociada. Un modo de vibración es la forma distintiva en que una estructura vibrará. Para cada diafragma rígido predeterminado, se calculan tres modos utilizando un método conocido como estudio modal dinámico. La combinación de estos modos y la masa participante en cada uno de ellos da como resultado la vibración general de la estructura. Según la norma, es obligatorio utilizar al menos el 90% de la masa total participante para cada dirección. Cuando se aplica a un sistema o estructura que tiene múltiples puntos con diversas amplitudes de deflexión, un modo de vibración se puede definir como una forma de vibrar o un patrón de vibración. Un modo de vibración consta de dos componentes distintos: primero, una variación en la sincronización de la vibración; y segundo, una variación en la



ubicación espacial de la amplitud del movimiento de la estructura. La frecuencia de las oscilaciones, junto con su correspondiente tasa de decrecimiento o crecimiento, está definida por la variación temporal. (RNE, NORMA E.030, 2019).

### **Diagramas de Fuerzas**

El objetivo del estudio estructural de las cargas de gravedad y las cargas sísmicas es obtener el diagrama de fuerzas, que se utiliza para iniciar la fase de diseño. En esta fase, se determina la cantidad y distribución de la armadura de acero elemental en cada componente estructural de concreto armado. Actualmente, el método de diseño más utilizado en la industria es el de la resistencia última. Este método utiliza componentes de amplificación de carga para combinarlos en un diagrama envolvente. Este proceso permite que la viga sea capaz de tolerar las cargas sin colapsar, incluso en un rango inelástico.

El diagrama de fuerzas, con el que se inicia la fase de diseño, se obtiene mediante el estudio estructural de cargas gravitacionales y cargas sísmicas. Durante esta etapa se determina en qué medida y dónde exactamente cada componente estructural de hormigón armado utiliza refuerzo de acero elemental. El método de resistencia última es actualmente el enfoque de diseño que más utiliza la industria. En este proceso, los componentes se combinan en un diagrama envolvente utilizando componentes de amplificación de carga. Mediante este proceso, la viga es capaz de soportar cargas incluso en un rango inelástico sin colapsar. (RNE, NORMA E.030, 2019)

### **Fuerza Cortante Mínima**

Para realizar el cálculo de las fuerzas cortante mínimas o corrección de escala la mayor fuerza cortante dinámica de la casa no será menos de 80% que el impulso cortante para el cortante estático esto en estructura de tipo regular, y para las estructuras cuyas configuraciones en planta y elevación sean irregulares no deberán ser menos del 90%. (RNE, 2019)

Para muros de carga, la naturaleza y magnitud de la respuesta inelástica depende del espesor y la composición del muro. Un buen diseño anticipa mecanismos inelásticos y les da a las paredes proporción y detalle para permitirles responder según lo previsto. La siguiente sección resume los principios fundamentales del diseño de edificios con muros de carga.

### **Determinación de Deslizamientos Laterales**

Para estructuras convencionales, el deslizamiento lateral se calculará multiplicando por  $0,75R$  el resultado obtenido del estudio lineal y flexible con esfuerzo sísmico reducido. Para construcciones irregulares, el deslizamiento horizontal se calculará multiplicando por  $R$  el resultado obtenido del estudio lineal flexible. (RNE, 2019).

### **Junta de Separación Sísmica**

Para prevenir el contacto entre edificios durante un terremoto, se requiere que las construcciones estén separadas por una distancia mínima de acuerdo con una regla que establece la distancia de separación ( $s_j$ ) en función de la altura de la construcción ( $h$ ), que en este caso es de 19.9 metros. De acuerdo con la regla,  $s_j = 0.006 h$ , siempre y cuando  $s_j$  sea mayor o igual a 0.03 metros.

Para edificios adyacentes que cuenten con una junta sísmica, la construcción debe estar alejada de los límites de propiedad adyacentes por una distancia que no sea menor a  $2/3$  del movimiento sísmico más alto ni menor a  $s/2$ . En el caso de la construcción en cuestión, se recomienda una distancia de separación de 7 centímetros con respecto a los límites de propiedad de las construcciones adyacentes en ambas direcciones.

La composición debe tolerar movimientos del suelo calificados como moderados para el sitio del plan, logrando experimentar perjuicios reparables en parámetros aceptables. (NORMA E.030, 2019)

Para los edificios esenciales, según se identifican en la tabla n°5 de la NTE, E.030, se harán consideraciones especiales para garantizar que se mantengan operativos después de un terremoto severo. (NORMA E.030, 2019) Los terremotos no matan personas. Los edificios pueden causar la muerte de personas si no están diseñados para soportar daños. (NORMA E.030, 2019)

Es decir, de acuerdo con la filosofía y los principios de diseño sísmico de nuestra estructura, el daño es aceptable, para evitarlo En términos de vida humana, es el objetivo principal de la construcción resistente a terremotos diseño. (NORMA E.030, 2019)

Con base en los principios de las normas sísmicas peruanas y muchas regulaciones alrededor del mundo, los edificios deben sufrir daños para evitar que esta energía se transmita a los ocupantes o al equipo que tiene, para proteger todo lo que sucede en su interior de la obra diseñada o protegida. o salvaguarde. (NORMA E.030, 2019)

Según Morales (2016), las losas de hormigón armado son superficies de construcción planas, normalmente situadas en entresijos o tejados. Consiste en una rejilla o malla de barras de acero conectadas mediante alambre calefactor. Las varillas se mueven en dos direcciones y varían en tamaño desde varillas de 3/8" hasta barras de mayor diámetro, según las características de carga y las consideraciones de costo. A veces, las varillas se pueden doblar 45° para aumentar la fuerza. barrera. Los tramos intermedios pueden reforzarse con vigas horizontales de hormigón armado o cadenas castillo, también pueden incluir barras y soportes, dependiendo de cálculos previos de las características de la estancia requerida. Una losa de hormigón armado es un elemento estructural bidimensional cuya tercera dimensión es relativamente pequeña en comparación con las otras dos dimensiones principales. Su funcionamiento se ve afectado principalmente por la curvatura debido a su posición perpendicular al plano principal de las placas. (Morales, 2016) Su comportamiento está influenciado principalmente por la curvatura debido a su posición perpendicular al plano principal de las placas. (Morales, 2016) Su comportamiento está influenciado principalmente por la curvatura debido a su posición perpendicular al plano principal de las placas. (Ética, 2016)

Theo (Morales, 2016). El piso es un recurso estructural y el tamaño del piso es particularmente grande en comparación con el peralte. Los paneles se ven afectados principalmente por cargas en el plano que normalmente se aplican para soportar áreas de servicio horizontales, como techos y tramos de puentes. Además de las cargas gravitacionales, se pueden aplicar cargas planas, por ejemplo, en el caso de placas inclinadas con elementos paralelos a la placa,

donde se aplican cargas normales. (Serrano, 2014). Cuando hablamos de paneles de entrepiso nos referimos a elementos muy importantes porque el comportamiento de este elemento afecta directamente a otros elementos como vigas y columnas, por lo que el modelado y diseño es una parte sumamente importante a partir de la cual se aplicarán diferentes métodos para poder analizar dos. matrices de vías, una losa de hormigón armado es una superficie plana de una edificación, generalmente ubicada en entrepisos o cubiertas. Está compuesta por una rejilla o malla de barras de acero unidas entre sí mediante hilo calefactor. Las barras se colocan en dos direcciones, y su tamaño varía desde barras de 3/8" hasta barras de mayor diámetro, dependiendo de las especificaciones de carga y las consideraciones de costo. En ocasiones, las barras pueden ser dobladas a 45° para aumentar la resistencia. areas intermedias pueden ser reforzadas con vigas horizontales de hormigon armado o cadenas estilo castillo, que también pueden incluir barras y ménsulas en función de los cálculos previos de las características del espacio requerido. La losa de hormigón armado es un elemento estructural bidimensional, donde la tercera dimensión es relativamente pequeña en comparación con las otras dos dimensiones principales. Su comportamiento está principalmente influenciado por la curvatura debido a su posición perpendicular al plano principal de las placas. (Morales, 2016) Su comportamiento está principalmente influenciado por la curvatura debido a su posición perpendicular al plano principal de las placas. (Morales, 2016) Su comportamiento está principalmente influenciado por la curvatura debido a su posición perpendicular al plano principal de las placas. (Morales, 2016)

Según (Morales, 2016). Una losa es un recurso de tipo estructural y el tamaño de la planta es especialmente grande en comparación con el peralte. El principal impacto en las losas son las cargas convencionales en el plano que se aplican para soportar áreas de servicio horizontales, como pisos de edificios y tableros de puentes. Las cargas en el plano pueden actuar además de las cargas de gravedad, como la situación de una losa inclinada con elementos paralelos a la losa donde se aplica la carga normal. (Serrano,2014).

Cuando nos referimos a losas de entrepiso nos referimos a elementos muy importantes ya que el comportamiento de este elemento afecta directamente a los demás elementos como las vigas y columnas, por tal motivo el modelamiento y diseño son parte de suma importancia en base a estos se empleará diferentes métodos para poder analizar las losas bidireccionales.

Los suelos presentan propiedades distintas como la textura, estructura y consistencia, las cuales varían dependiendo de su origen. La textura se refiere a la uniformidad y finura del suelo, así como a la proporción de cada tamaño de partícula presente en él. La estructura, por otro lado, se relaciona con la organización de las partículas del suelo en su conjunto y está directamente ligada a la textura y a las propiedades físicas del suelo. La consistencia, por su parte, mide la adherencia entre las partículas del suelo y su resistencia a fuerzas externas que puedan deformar o separar los agregados del suelo. La cohesión, en mecánica de suelos, se refiere a la capacidad del suelo para resistir fuerzas de corte y es especialmente importante al diseñar estructuras como cimientos, terraplenes o muros de contención en terrenos pegajosos (Reategui, 2013).

### **Fenómenos Capilares**

La estructura del suelo "tiene las propiedades de acción capilar. H. Una capacidad específica de retención de agua que existe dentro de los agregados y permite la existencia de una migración rápida a través de los poros más grandes entre ellos" (Cruz, 2016, pág. 54).

Los dos poderes principales que controlan el suelo y el agua de las rocas son la gravedad y la gravitación molecular. La gravedad es la fuerza con la que el agua penetra en el suelo, se profundiza, se extiende en dirección horizontal y reaparece en forma de manantial, pantano o río. La gravitación molecular consiste en que las moléculas de agua se atraen entre paredes adyacentes en pequeños espacios en las rocas y el suelo, y que las moléculas de agua adyacentes se atraen entre sí. "Este signo de agua que sube por huecos y desniveles se llama tubo capilar y representa los fenómenos capilares y capilares del tubo" (Braja, 2001, pág. 121)

No obstante, se puede recomendar la colocación de una barrera anti capilar. Esta actuación "consiste en intercalar una capa de material entre la cimentación y el suelo con el fin de interrumpir la red capilar en la transición del suelo a los elementos constructivos. Esta puede ser grava o un posible hormigón de baja calidad" (Fernández, 2008, pág. 54).

### **Elasticidad**

Un material es elástico si vuelve a su forma y tamaño original después de la compresión o el estiramiento (a menos que la aplicación o el impacto deformen permanentemente el material) (Ryzkowsky, 2015). Casi todos los materiales tienen algún grado de elasticidad y la elasticidad adicional de las formas

geométricas es parte de la flexibilidad del objeto. El módulo elástico, por otro lado, se puede calcular para cualquier material sólido y representa la relación entre la tensión y la deformación. Por lo tanto, en mecánica de tierras, la compresibilidad y el módulo elástico siguen los criterios:

- c. Las cargas de compresión aplicadas a la superficie del suelo pueden resultar en deformaciones plásticas, elásticas y de compresión.
- d. La deformación elástica causa pandeo lateral con poco cambio en la porosidad, lo que permite que el material se recupere cuando se elimina la tensión.

### **Compresibilidad**

La compresibilidad se refiere al grado de reducción en volumen de un terrón de suelo cuando se somete a carga. Este fenómeno es mínimo en suelos con textura gruesa, los cuales tienen poca interacción entre partículas, mientras que aumenta en proporción a la cantidad de partículas pequeñas presentes. Los suelos de grano fino, que contienen materia orgánica, tienen la compresibilidad más alta. Por ejemplo, la grava y la arena son virtualmente incompresibles, mientras que los suelos arcillosos húmedos son altamente compresibles y pueden reducir su volumen significativamente al compactarse, permitiendo la liberación de humedad y aire. En cuanto a la clasificación de la compresibilidad, los suelos se dividen en tres clases en función de su punto de fluencia: baja compresibilidad (LL inferior a 30), media compresibilidad (LL de 30 a 50) y alta compresibilidad (LL superior a 50).



### ***Permeabilidad***

Se dice que un material es transparente si contiene vacíos e intersticios por todas partes. Por supuesto, no solo las rocas granulares saludables, incluido el concreto, sino todos los tipos de suelos tienen tales vacíos. Todos estos materiales tienen propiedades permeables, por lo que el flujo de agua a través de arena u hormigón limpio es una cuestión de grado (Garibay, 2006). Ensayos prácticos y operativos han demostrado que la permeabilidad del suelo (entendida como la capacidad de mover el agua bajo presión) y la capilaridad (entendida como la atracción o retención del agua por encima del nivel freático) pueden verse afectadas por una variedad de factores tales como: se ha demostrado que varía según el factor. Fracciones, tamaño y distribución de partículas, saturación y estructura. Claramente, la permeabilidad de un suelo en particular depende del grado de compactación. Esto se debe a que afecta directamente el tamaño de poro del suelo (Garibay, 2006).

Cada uno de estos tres tipos de suelo se puede dividir en dos grupos según sus puntos de rendimiento. Si es menor al 50%, i. H. Para suelos de baja o moderada compresibilidad, se agrega L (baja compresibilidad) al símbolo general.

Las pruebas de clasificación y caracterización de suelos son útiles para obtener información sobre las propiedades generales del suelo, así como para evaluar su capacidad para ser modificado mediante técnicas de enmienda del suelo y su adecuación como material de relleno (Capote, 2010, pág. 21). En términos simples, los suelos de grano fino pueden existir en diferentes estados dependiendo de su contenido de agua. Cuando se agrega agua a un suelo seco,

las partículas individuales se cubren con una película de agua que se absorbe. A medida que se agrega más agua, las partículas de agua se acumulan y hacen que las partículas del suelo se junten más fácilmente. Si se sigue agregando agua hasta que la tierra y el agua se mezclen, el suelo fluirá como un líquido. (Capote, 2010)

Así, desde el estado sólido, los suelos han pasado por varias etapas definidas: sólido, semiplástico, plástico, líquido viscoso y suspensión en líquido.

El índice de plasticidad se puede definir como la medida de la capacidad del suelo para cambiar de forma cuando se le aplica una carga, y se calcula restando el límite de plasticidad del límite elástico. Cuando un suelo tiene un alto índice de plasticidad, significa que puede retener una gran cantidad de agua antes de pasar de un estado semisólido a un estado líquido. Sin embargo, los suelos con altos contenidos de limo y arcilla, es decir, aquellos con un índice de plasticidad superior al 20%, son muy susceptibles a cambios en el contenido de humedad.

Cada letra tiene una descripción correspondiente (a excepción de Pt). Antes de clasificar el suelo, se debe medir el tamaño de las partículas del suelo mediante el tamizado u otros métodos similares. Este sistema también se conoce como la clasificación modificada de Casagrande.

### **Simetría**

La simetría estructural ocurre cuando el centro de masa coincide con el centro de rigidez. El propósito de la simetría estructural es minimizar los costos de excentricidad y así evitar concentraciones de esfuerzo y torsión. Dado que

la construcción se inicia en el sótano, se decidió dejar una forma irregular para que los muros perimetrales del sótano cooperen y porque la arquitectura de los mejores pisos no era apta para tener conexión sísmica. (RNE, NORMA E.030, 2019)

### **Densidad de la estructura en planta**

La historia subyacente de la composición es la que debe llevar su carga lateral y el poder cortante de todas las mejores historias. Pero es en esta medida que los criterios arquitectónicos exigen la eliminación de la mayor cantidad de material posible. En la situación del inmueble analizado, se asumió que el estacionamiento corresponde al piso del sótano, y al estar rodeado de tierra en los costados, este piso no recibe cargas por movimientos sísmicos. Por lo tanto, se verificó que la planta del 1er piso tuviera un número suficiente de muros de corte, que le dan rigidez básica a la composición. (RNE, NORMA E.030, 2019)

### **Continuidad**

La elevación continua de la estructura controla la rigidez de cada piso, para evitar problemas de pisos blandos y concentraciones de esfuerzos. Para las estructuras estudiadas se ha intentado en la medida de lo posible ubicar los recursos estructurales verticales (columnas y muros de corte) en espacios donde se dé continuidad en todas las plantas. Para crear una estructura continua y simétrica, se deben realizar modificaciones menores a las propiedades arquitectónicas. (NORMA E.030, 2019)

### **Ductilidad**

La estructura debe ser flexible y maleable para que pueda disipar la energía sísmica a través de la deformación plástica. Estos no superan el grado de resistencia o destrucción. Este criterio es uno de los fundamentos de la etapa de diseño del hormigón armado. Por lo tanto, si se cambia la ductilidad en cualquier punto de la estructura, no funcionará según lo previsto por los cálculos estructurales. (RNE, NORMA E.030, 2019)

### **Deformaciones Limitadas**

Como se explicó en el punto anterior, la estructura debe ser capaz de deformarse y liberar la energía sísmica, pero estas deben ser controladas para no exceder el valor de falla del recurso estructural de hormigón armado. Es decir, la estructura debe ser dúctil y rígida. (RNE, NORMA E.030, 2019)

### **Inclusión de líneas sucesivas de resistencia**

Para optimizar la etapa de diseño, se ha demostrado que distribuye los recursos estructurales a un mayor grado de hiperestática. Por lo tanto, menos mano de obra tienen que soportar estos recursos, menos acero y, por lo tanto, menos costo. (RNE, Instrucción E.030, 2019)

Cuando se evalúan los criterios de estructuración antes mencionados, algunos autores recomiendan verificar también las siguientes propiedades dentro de la estructura:

- tener en cuenta las condiciones locales;
- Implantar un diafragma uniforme y firme
- buenas prácticas de construcción

### **2.3 Bases conceptuales o definición de términos básicos**

#### **Carga Muerta:**

Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo (RNE, 2019).

#### **Carga Viva:**

Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación (RNE, 2019).

#### **Edificios porticados:**

Son edificios en los cuales los elementos resistentes son vigas y columnas que se encuentran conectadas en nudos. (RNE, 2019).

#### **Efecto del amortiguamiento:**

En la gran mayoría de normas técnicas para el análisis sísmico consideran implícito 5% para el amortiguamiento crítico considerándolo invariable. (RNE, 2019).

#### **Análisis dinámico:**

Las estructuras, cuando están sujetas a cargas o desplazamientos en la base, en realidad actúan dinámicamente, es decir, desarrollan acciones opuestas al movimiento impuesto por tales cargas o desplazamientos. (Salinas, 2001)

#### **Centro de masa y centro de rigidez:**

El centro de masa (C.M.) es el centro de gravedad de las cargas verticales de un nivel, si están distribuidas uniformemente, el centro de masas, coincide con el centroide geométrico de la planta del piso. (Chaiña, 2016)

**Concreto armado o reforzado:**

Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, pre-esforzado o no. (RNE, 2019).

**Losa:**

Elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones. (RNE, 2019)

**Vigas**

Las vigas son los elementos de apoyo de la losa (aligerada o maciza) y se encuentran sujetas a las cargas que le transmiten la losa, así como a las cargas que directamente actúan sobre ella, tales como su peso propio, peso de tabiques, parapetos, etc. (San Bartolomé, 1998)

**Columnas:**

Son los elementos resistentes que reciben la fuerza cortante de las vigas que lo acumulan como fuerza axial. (San Bartolomé, 1998)

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Población y selección de la muestra

##### 3.1.1 Población

La población para el presente proyecto abarco el diseño estructural del edificio de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.

##### 3.1.2 Muestra

La Muestra para el presente proyecto abarco el diseño estructural del edificio de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.

#### 3.2 Nivel, tipos y diseño de investigación

##### 3.2.1 Enfoque

La presente investigación será de nivel **cuantitativo**, ya que todo el análisis realizado en la investigación se validará mediante fórmulas o ecuaciones las cuales ya están definidas en el reglamento nacional de edificaciones como la enorme 030 o también en normas internacionales como la ACI 318-14 de esta manera comprobando si la estructura cumple con las solicitudes requeridas.

##### 3.2.2 Alcance o nivel

La presente investigación será **explicativa** ya que se pretende explicar la diferencia entre el análisis lineal y el no lineal así también como ver las ventajas y desventajas que estos presentan al momento de realizar un análisis sismo resistente de una estructura de concreto armado.

### 3.3.3 Diseño

En el presente proyecto presentara un diseño a nivel **no experimental** ya que no se manipula la formulas y/o parámetros establecidos en la norma E050, E030, y E060 y la recolección de datos se obtiene luego de realizar el análisis y modelado en el software ETABS, siendo el estudio no experimental.

## 3.3 Métodos, técnicas e instrumentos

### 3.3.1 Para la recolección de datos

**Técnica:** Como principal técnica para la recolección de datos se empleará primeramente la observación ya que se observará el lugar en donde se planteará la edificación con el fin de conocer los parámetros sismo resistente según la norma E030, pero para ello primeramente se deberá realizar un análisis de suelo siguiendo la norma E050 para saber el ángulo de cohesión interna y la capacidad portante del suelo.

**Instrumentos:** Como instrumento se utilizó material bibliográfico, normas técnicas, softwares para procesamiento.

#### 1)Ficha de recolección de datos:

Se realizará fichas de recolección de datos para conocer la capacidad portante del suelo para de esta manera poder definir los parámetros sismo resistentes del lugar y puede realizar un correcto análisis y diseño estructural.

#### 2)Softwares:

Para esta investigación se utilizará software ETABS para conocer a detalle el análisis estructural sismo resistente lineal y no lineal, también para ver cuál de estos métodos nos dan resultados más confiables para nuestro diseño.



### **3)Material bibliográfico:**

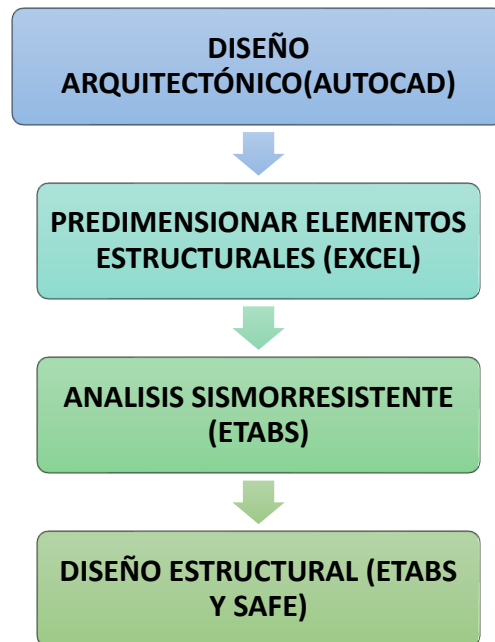
Se emplearán diferentes fuentes bibliográficas y documentos nacionales para la elaboración de la investigación.

- Norma E020 Cargas
- Norma E030 Diseño sismorresistente
- Norma E050 suelos y cimentaciones
- Norma E060 Concreto armado

#### **3.3.2 Para la presentación de datos**

A partir el inicio de proyecto primeramente se deberá realizar un levantamiento topográfico según estación total y de esta manera conocer los puntos geodésicos del lugar, se realizará una calicata para conocer la mecánica de suelos presente y también de esta manera poder definir los parámetros sismo resistentes según la norma E030 así como el tipo de suelo el factor sísmico el factor de reducción el coeficiente de reducción y otros parámetros sismo resistentes, se realizará el predimensionamiento estructural según el plano arquitectónico brindado y todo esto se lo llevará al software ETABS para su modelamiento en donde se incluirá cargas estructurales según la norma E020 y posteriormente se realizará el análisis sismo resistente según la norma E030.

Figura  
Para la presentación de datos



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Procedimiento

En primer lugar para la elaboración de la investigación emplearemos una estación total para ubicar los puntos geodésicos del lugar los cuales posteriormente se llevarán a un software llamado CIVIL 3D en la cual se procesará estos datos y nos brindará un plano de ubicación, se realizará el predimensionamiento en el software Excel y también algunas comprobaciones de análisis posteriormente, se realizará el modelamiento estructural de la edificación de concreto armado en el software ETABS en donde se ingresará los parámetros sismo resistentes que se obtendrán según el estudio de suelos y la norma E030 y finalmente se realizará el análisis sismo resistente estático y dinámico de la estructura según la norma E030.

### **3.5 Consideraciones éticas**

Esta investigación es netamente de autoridad de los tesistas, en esta investigación se revisó diversas fuentes de donde se obtuvo la información necesaria para desarrollar este trabajo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis sismorresistente lineal

Para iniciar con el análisis sismorresistente primeramente debemos tener el predimensionamiento de los elementos estructurales para ello se realizó este proceso con los siguientes resultados:

Se empleará una losa maciza de 15cm

Se empleará vigas X-X de 30x60 cm<sup>2</sup>

Se empleará vigas Y-Y de 30x60 cm<sup>2</sup>

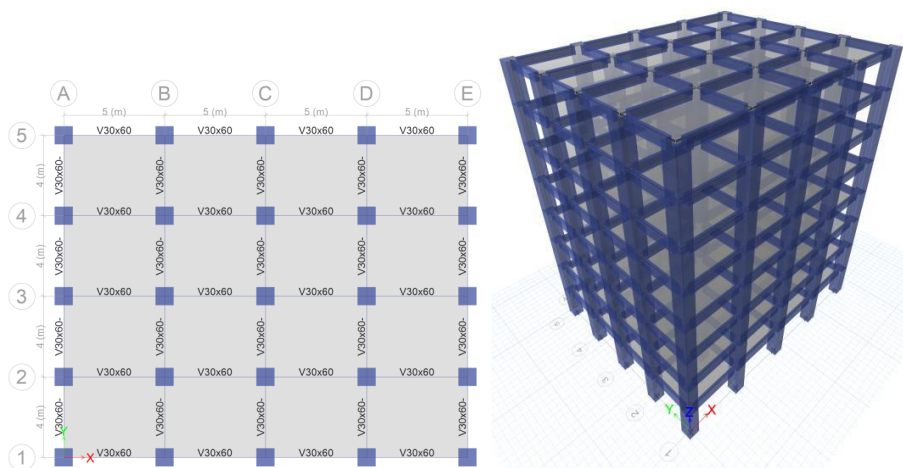
Se empleará columna C5 de 0.90x0.90 cm<sup>2</sup>

Ya que la edificación está destinada para el uso de oficinas se empleará una sobrecarga de 250 kg/cm<sup>2</sup>, una tabiquería de 100 kg/cm<sup>2</sup> y acabados de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura**

Modelos de planta y 3D de la estructura en ETABS

7



*Nota: En ETABS se proporciona un modelo de este sistema estructural. Se utilizaron los materiales especificados y la gravedad específica. Las secciones transversales de vigas, columnas y losas se determinan con base en dimensiones preliminares.*

Ya que la edificación consta de 8 pisos, se necesitará un análisis dinámico según la norma E030, pero para ello primeramente debemos realizar el análisis estático con el fin de obtener la cortante basal y de esta manera realizar la corrección de escala si fuera necesario. Para ello se tuvo los siguientes parámetros sísmicos según la normativa:

$$Z=0.25 \text{ (Zona 2 – Huánuco)}$$

$$U=1.0 \text{ (Categoría C – Oficinas)}$$

$$S=1.20 \text{ (Suelo Intermedio)}$$

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

### **Análisis Sísmico estático**

*Tabla  
Modos de vibración*

10

Modo	T (s)	Descripción
1	0.738	Traslación en X
2	0.689	Traslación en Y
3	0.614	Rotación alrededor de Z

*Fuente: elaboración propia*

Entonces según la norma se tendrá:

$$C_x=2.0325$$

$$C_y=2.1771$$

*Es un sistema de pórticos estructurales en la dirección X e Y, así:*

$$R_{0x}=R_{0y}=8$$

El edificio es regular y simétrico así que los factores de irregularidad son de:

$$Ia=Ip=1$$

Los coeficientes de reducción sísmica son:

$$Rx=Ry=8$$

**Tabla**  
Fuerza cortante según análisis estático

11

Dirección	V (tonf)	% Peso Sísmico
X-X	322.4054	10.23
Y-Y	345.3340	10.95

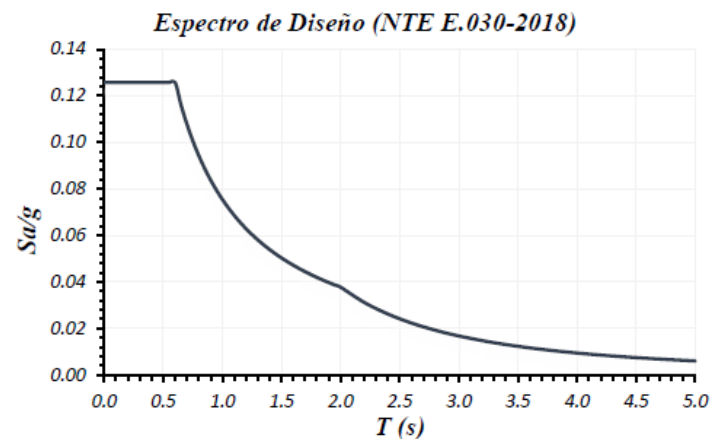
Nota: La anterior tabla nos muestra el cortante basal estático para las direcciones X e Y, a partir del peso sísmico del edificio es  $P=3152.76$  tonf.

### Análisis Sísmico Dinámico

Se utilizará una combinación aproximada de efectos modales y espectros de respuesta que representen el terremoto previsto en un análisis modal espectral, que se llevará a cabo.

Figura  
Espectro de diseño E030

8

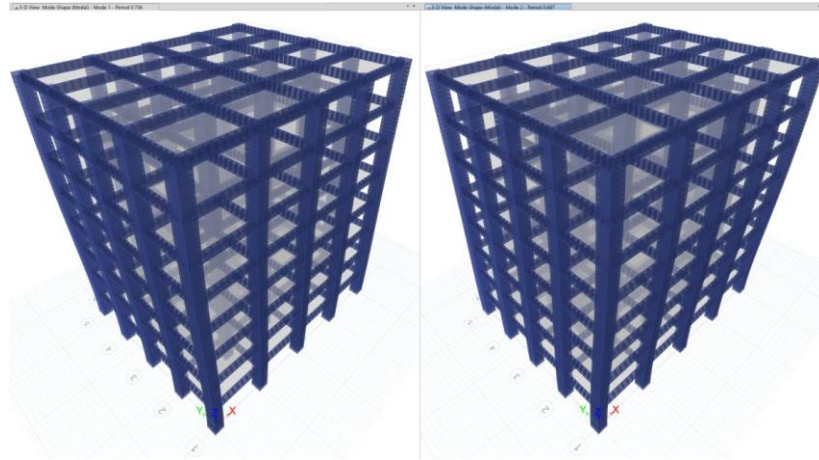


Nota: La anterior imagen nos muestra el espectro de diseño definido para este sistema estructural para el análisis sismorresistente.

El método de combinación modal para obtener las respuestas máximas que utiliza el programa es el CQC.

**Figura**  
Modos de vibración en la dirección X e Y

9



Nota: en la anterior figura se puede apreciar los modos de vibración para la dirección X y Y según los modos 1 y 2 respectivamente, estos resultados fueron obtenidos del software ETABS.

**Tabla**  
Modos de vibración para la estructura según ETABS

12

Modo	T (s)
1	0.738
2	0.689
3	0.614
4	0.215
5	0.204
6	0.183
7	0.106
8	0.102
9	0.093
10	0.062
11	0.061
12	0.056
13	0.041
14	0.041
15	0.037
16	0.03
17	0.03
18	0.027
19	0.024
20	0.024
21	0.022
22	0.021
23	0.021
24	0.019

Nota: en la anterior tabla se aprecia los modos de vibración de la estructura según la norma E030 y estos fueron obtenidos empleando el software ETABS.

**Tabla**  
Fuerza cortante según análisis dinámico

13

Load Case/Combo	VX (tonf)	VY (tonf)
<b>SX Max</b>	252.642	0
<b>SY Max</b>	0	271.3699

*Nota: en la anterior tabla se observa la fuerza cortante obtenido del análisis dinámico para la corrección de escala con la fuerza cortante por el análisis estático.*

Para comprobar el análisis dinámico se realizará un cálculo de manera manual, para verificar los datos obtenidos mediante este software los cuales se encuentra en la parte de anexos, donde la conclusión del modelo en ETABS es verdadera porque la confiabilidad de los resultados solo se puede verificar si el error obtenido de las fuerzas y desplazamientos obtenidos por ETABS es menor al 2%. Los resultados del modelo en ETABS se utilizarán para su posterior análisis y diseño.

### Derivas máximas de entrepiso

Para estructuras regulares los desplazamientos inelásticos se calculan multiplicando por  $0.75R$  los desplazamientos elásticos. El máximo desplazamiento relativo de entrepiso (deriva), calculado de esta manera, no debe exceder de 0.007.

**Tabla**  
Derivas máximas de entrepiso

14

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	Deriva elástico	Deriva inelástico	Piso	Deriva elástico	Deriva inelástico
<b>8</b>	0.00047	0.00283	8	0.00044	0.00262
<b>7</b>	0.00065	0.00387	7	0.00061	0.00367
<b>6</b>	0.00084	0.00504	6	0.00081	0.00484
<b>5</b>	0.00101	0.00606	5	0.00098	0.00586
<b>4</b>	0.00112	0.00672	4	0.00109	0.00655
<b>3</b>	0.00112	0.00674	3	0.00111	0.00664
<b>2</b>	0.00095	0.00568	2	0.00095	0.00568
<b>1</b>	0.00044	0.00266	1	0.00045	0.00272

*Nota: en la anterior tabla podemos apreciar que la estructura posee derivas cercanas al límite establecido por la norma E030, el caso de la dirección X-X es de 0.00674 y el caso de la dirección Y-Y es de 0.00664, dando como conclusión que la estructura cumple con la norma E030*



### Verificación de irregularidades estructurales

Se realizará las distintas verificaciones de las irregularidades estructurales según la norma E030, para la edificación de 8 niveles, estas irregularidades se encuentran detallada en la parte de anexos.

Como resultado de este análisis, según la NTE E.030, la estructura será "correcta" si su configuración, para soportar cargas laterales, está libre de las anormalidades especificadas.

$$I_a = I_p = 1$$

Entonces:

$$R = 8.$$

### Fuerza cortante mínima

Finalmente se realizará la verificación de la fuerza cortante mínima para ello la norma E030 nos indica que para estructuras cuya configuración sea regular la fuerza cortante del primer entrepiso no podrá ser menor que el 80% del valor calculado en el análisis estático. Por ello se deberá realizar la corrección de escala con los resultados obtenidos del análisis dinámico modal espectral.

**Tabla**  
Factores de escala para cargas de sismo en X e Y

15

Dirección	Cortante Basal Estático (tonf)	Cortante Basal Dinámico (tonf)	80% Cortante Estático (tonf)	Factor de Escala SX / SY
X-X	322.405	252.642	257.924	1.0209
Y-Y	345.334	271.370	276.267	1.0180

*Nota: en la anterior tabla podemos ver las fuerzas cortantes basal tanto del análisis estático y del análisis dinámico, en donde el factor de corrección escala para el sismo en X es de 1.0209 y para el sismo en Y es de 1.018, todo este factor deberá ser multiplicado por la gravedad de 9.81 m/s<sup>2</sup>.*

## 4.2 Diseño sismorresistente

Para el diseño de los elementos estructurales de la edificación se empleará la norma E060 de concreto armado y se empleara una tabla Excel con los

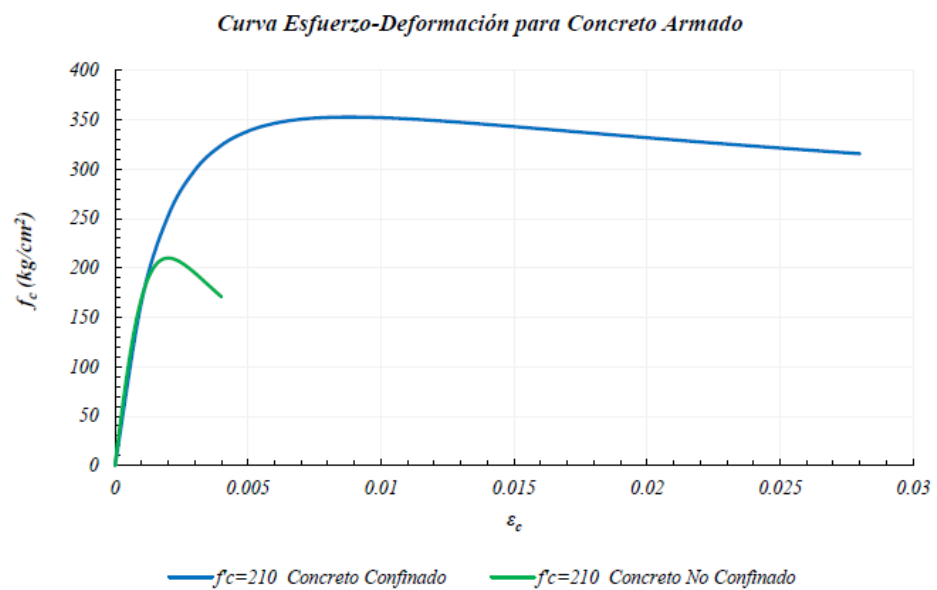
valores obtenidos de los análisis sísmicos de la norma E030 todo este proceso se realizó de manera manual y esta detallado en los anexos

### 4.3 Análisis no lineal

El modelo se creó utilizando el modelo del proyecto ETABS como base. Las vigas y columnas se modelarán como elementos de marco. Las secciones transversales de las barras incluirán acero estructural en la estructura. El punto de control de la curva de capacitancia corresponde al centro de masa del nivel final.

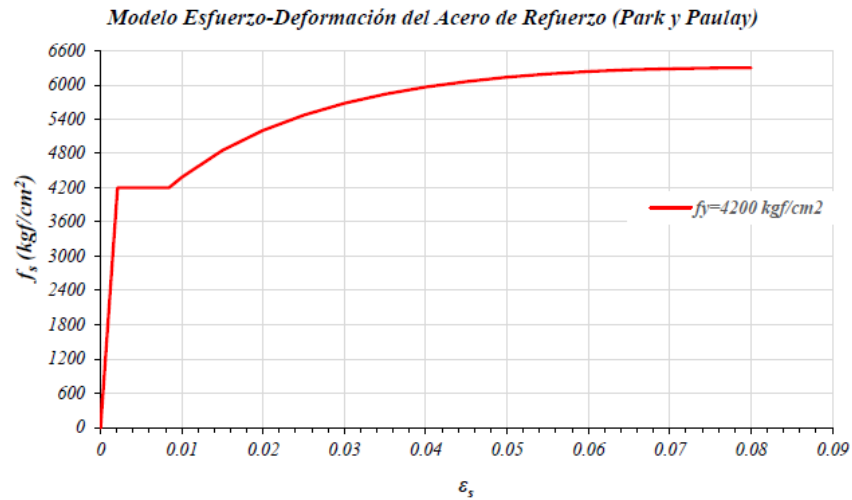
**Figura**  
Concreto confinado y no confinado para columnas y vigas

10



**Figura**  
Acero de refuerzo para columnas y vigas

11



### Modelos de comportamiento para vigas

Se definirán lo que son las rotulas plásticas para las vigas todo ello empleando la norma ASCE/SEI 41-13, en donde se verificará el acero transversal, la relación de cuantías se obtendrá del diseño

Cuantías:

$$\rho_{bal} = \frac{0.85\beta_1 f'_c \left( \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} \right)}{f_y} = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 210 \frac{kgf}{cm^2} \left( \frac{0.003}{0.003 + 0.0021} \right)}{4200 \frac{kgf}{cm^2}} = 0.0213$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5.70 \text{ cm}^2}{30 \text{ cm} \cdot 54 \text{ cm}} = 0.0035$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d} = \frac{7.68 \text{ cm}^2}{30 \text{ cm} \cdot 54 \text{ cm}} = 0.0047$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}} = \frac{0.0035 - 0.0047}{0.0213} = -0.0575 < 0$$

Refuerzo transversal:

$$s \leq \frac{d}{3} \wedge V_s > \frac{3}{4} V_{diseño} \rightarrow 12.5 \text{ cm} \leq 18 \text{ cm} \wedge 25.86 \text{ tonf} \geq 12.14 \text{ tonf} \rightarrow \text{Conforme}$$

Cortante:

$$\frac{V_{diseño}}{b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}} = 1.1926 \cdot \frac{16.19 \text{ tonf}}{0.30 \text{ m} \cdot 0.54 \text{ m} \sqrt{2100 \frac{tonf}{m^2}}} = 2.601$$

**Figura**  
Definición de rótula plástica para las vigas

12

*Nota: se definirá las rotulas plasticas de las vigas para el análisis no lineal en el software ETABS de la estructura*

**Figura**  
Diagrama momento-rotación de las vigas

13

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-0.0477
D	-0.2	-0.024425
C	-1.1	-0.024425
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

*Nota: Los parámetros para determinar la rótula flexible por flexión y controlar la deformación de la viga se muestran en la figura anterior, donde los valores 12.3925 tf-m corresponden al momento de fluencia positivo ( $A_s=5.70 \text{ cm}^2$ ) y 15.961 tf-m corresponden al punto de fluencia negativo ( $A_s=7.68 \text{ cm}^2$ ).*

Las distancias relativas de asignación para vigas y columnas se muestran en la Tabla:

**Tabla**  
Distancias relativas para rótulas plásticas

16

Dirección	Características	Vigas	Columnas
X-X	L (m)	5.00	3.00
	Rótula 1	0.09	0.00
	Rótula 2	0.91	0.80
Y-Y	L (m)	4.00	3.00
	Rótula 1	0.12	0.00
	Rótula 2	0.88	0.80

### Modelos de comportamiento para columnas

Cuando la carga colocada sobre una columna está en el área por debajo del punto de fractura de equilibrio, la flexión y la deformación controladas harán que se forme la rótula flexible.

Cuantía transversal:

$$\rho = \frac{A_v}{b \cdot s} = \frac{6.33 \text{ cm}^2}{90 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm}} = 0.00703$$

Refuerzo transversal:

$$s \leq \frac{d}{3} \wedge V_s > \frac{3}{4} V_{diseño} \rightarrow 10 \text{ cm} \leq 28 \text{ cm} \wedge 223.46 \text{ tonf} \geq 158.21 \text{ tonf} \rightarrow \text{Conforme}$$

Cortante en X-X y Y-Y:

$$V_2 = 210.85 \text{ tonf}$$

$$V_3 = 211.16 \text{ tonf}$$

En X-X:

$$\frac{V_{diseño}}{b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}} = 1.1926 \cdot \frac{210.85 \text{ tonf}}{0.90 \text{ m} \cdot 0.84 \text{ m} \sqrt{2100 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}}} = 7.258$$

En Y-Y:

$$\frac{V_{diseño}}{b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}} = 1.1926 \cdot \frac{211.16 \text{ tonf}}{0.90 \text{ m} \cdot 0.84 \text{ m} \sqrt{2100 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}}} = 7.273$$

La ductilidad de un elemento sometido a flexo compresión es función de la carga axial actuante, por lo tanto, los parámetros de modelación de modelación (a, b y c) y los criterios de aceptación (IO, LS y CP) se obtienen interpolando.

**Tabla**  
Parámetros de modelación y Criterios de la columna

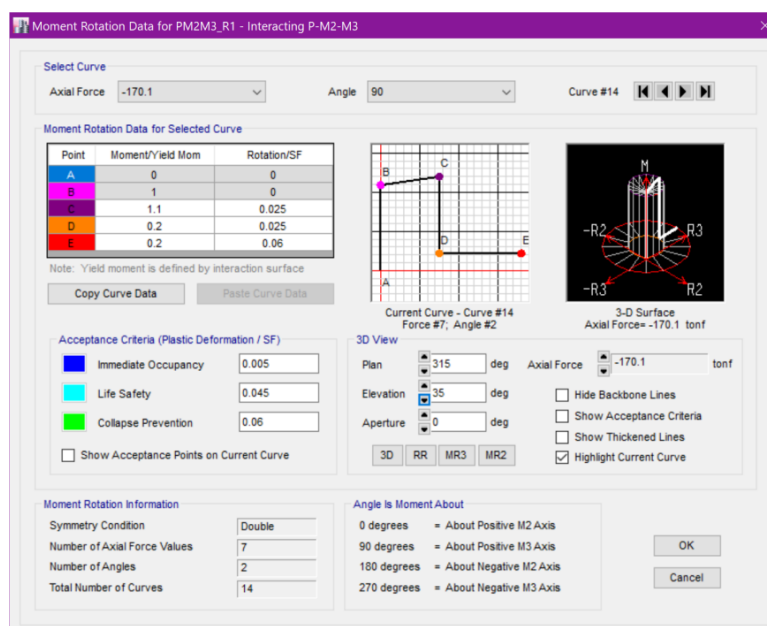
17

Dirección	Carga axial P (tonf)	Parámetros de modelación			Criterios de aceptación		
		a	b	c	IO	LS	CP
X-X	0.10Agf <sub>c</sub> =170.10	0.025	0.060	0.20	0.005	0.045	0.060
	0.15Agf <sub>c</sub> =255.15	0.023	0.055	0.18	0.005	0.041	0.055
	0.20Agf <sub>c</sub> =340.20	0.022	0.050	0.16	0.005	0.037	0.050
	0.25Agf <sub>c</sub> =425.25	0.020	0.044	0.14	0.004	0.034	0.039
	0.30Agf <sub>c</sub> =510.30	0.018	0.039	0.12	0.004	0.030	0.039
	0.35Agf <sub>c</sub> =595.35	0.017	0.034	0.10	0.004	0.026	0.034
	0.40Agf <sub>c</sub> =680.40	0.015	0.029	0.08	0.004	0.022	0.029
Y-Y	0.10Agf <sub>c</sub> =170.10	0.025	0.060	0.20	0.005	0.045	0.060
	0.15Agf <sub>c</sub> =255.15	0.023	0.055	0.18	0.005	0.041	0.055
	0.20Agf <sub>c</sub> =340.20	0.022	0.050	0.16	0.005	0.037	0.050
	0.25Agf <sub>c</sub> =425.25	0.020	0.044	0.14	0.004	0.034	0.039
	0.30Agf <sub>c</sub> =510.30	0.018	0.039	0.12	0.004	0.030	0.039
	0.35Agf <sub>c</sub> =595.35	0.017	0.034	0.10	0.004	0.026	0.034
	0.40Agf <sub>c</sub> =680.40	0.015	0.029	0.08	0.004	0.022	0.029

Nota: en la anterior tabla se aprecia los parámetros de modelación y Criterios de aceptación para el análisis no lineal de la estructura.

**Figura**  
Diagrama Momento-Rotación de la columna en la dirección X con carga axial 170.10

14

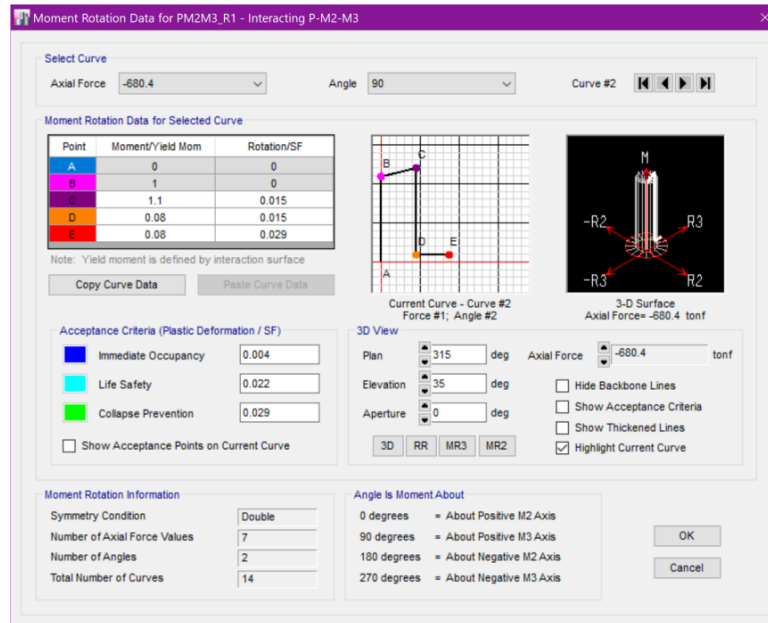


*Nota: en la anterior figura se muestra los parámetros de modelación del diagrama Momento-Rotación para la rótula plástica por flexo compresión y deformación controlada de la columna de la estructura.*

**Figura**

Diagrama Momento-Rotación de la Columna con carga axial 680.40

15



*Nota: en la anterior figura se muestra los parámetros de modelación del diagrama Momento-Rotación para la rótula plástica por flexo compresión y deformación controlada de la columna de la estructura.*

## Análisis Estático No Lineal Pushover

Para el patrón de carga lineal se deberá tener en cuenta la verificación de los modos superiores no sean influyentes en la respuesta, por ello la fuerza de corte en cada nivel para un análisis modal con un mínimo del 90% de masa participativa no debe ser mayor al 130% de la fuerza de corte en cada nivel para un análisis modal del 1er modo y 2do modo.

**Tabla**  
Influencia de los modos superiores

18

Nivel	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
	V (8) (tonf)	V (1°) (tonf)	V (8) / V (1°)	V (8) (tonf)	V (1°) (tonf)	V (8) / V (1°)
8	49.171	42.415	1.159	51.242	45.101	1.136
7	102.955	95.480	1.078	108.680	101.752	1.068
6	147.422	142.955	1.031	156.845	152.632	1.028
5	184.928	183.119	1.010	197.587	195.862	1.009
4	215.036	214.479	1.003	230.308	229.803	1.002
3	237.497	236.106	1.006	254.582	253.387	1.005
2	251.985	248.018	1.016	270.041	266.517	1.013
1	257.372	251.802	1.022	275.763	270.755	1.018
			< 1.30			< 1.30

Fuente: Elaboración Propia

El estado inicial de las cargas de campo no lineales (CGNL) estará determinado por la carga sísmica (carga regular más 25% de carga dinámica), que partirá del estado de no respuesta. El análisis de empuje comenzará desde este estado inicial.

**Figura**  
Condición inicial de cargas

16



Nota: en la anterior figura se muestra cómo se define el patrón de carga lateral en función de los modos fundamentales, que comenzará desde el estado de cargas de gravedad no lineal (CGNL).

**Tabla**  
Patrón de carga lateral en función de los modos

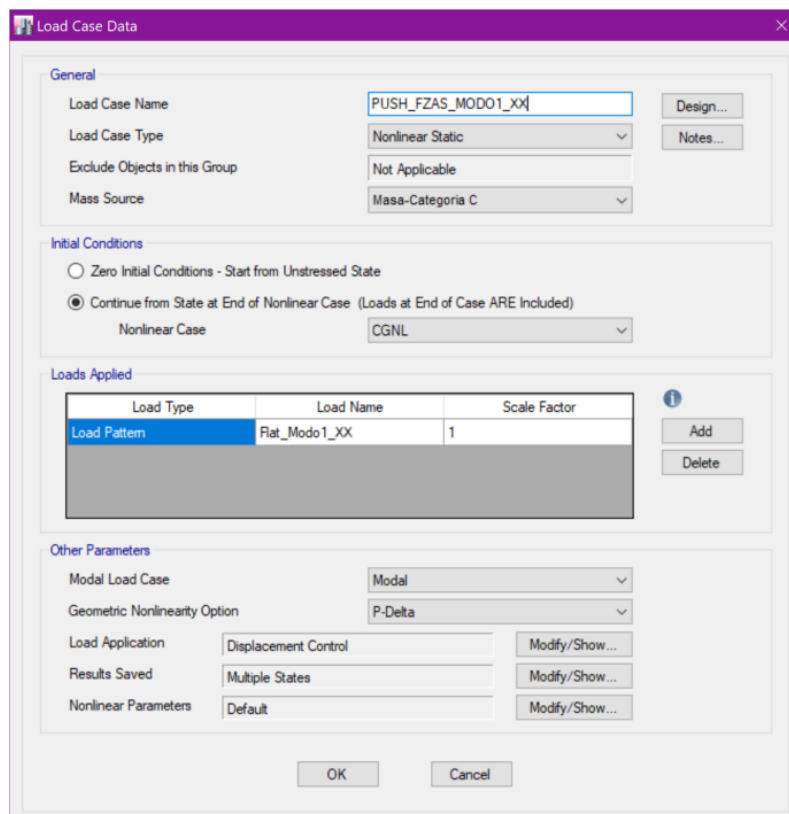
19

Nivel	hi (m)	Amplitud X-X	Amplitud Y-Y	FLAT X-X	FLAT Y-Y
8	24	0.0000272876	0.0000270749	0.21	0.21
7	21	0.0000253607	0.0000252627	0.20	0.20
6	18	0.0000227041	0.0000227029	0.18	0.18
5	15	0.0000192218	0.0000193033	0.15	0.15
4	12	0.0000150219	0.0000151689	0.12	0.12
3	9	0.0000103719	0.0000105534	0.08	0.08
2	6	0.0000057228	0.0000058865	0.04	0.05
1	3	0.0000018234	0.0000019062	0.01	0.01
$\Sigma$		0.0001275142	0.0001278588		

Fuente: Elaboración Propia

**Figura**  
Caso de Carga para el Análisis Pushover

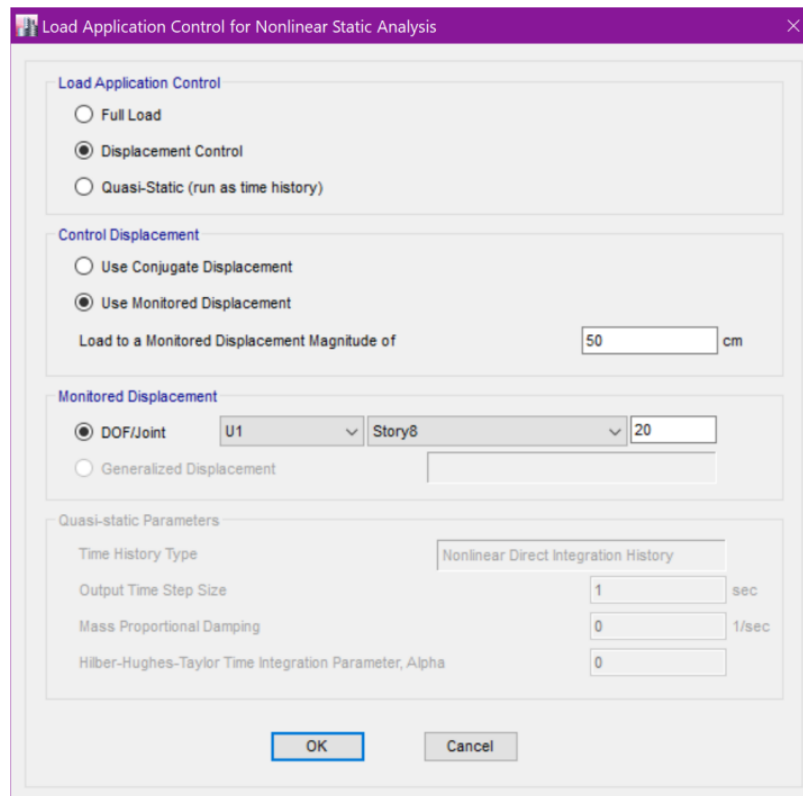
17



Nota: La definición del caso de carga de empuje se muestra en la figura anterior para la dirección X según el modo 1, mientras que la dirección Y dependerá del modo 2.

**Figura**  
Punto de control para la dirección X-X

18

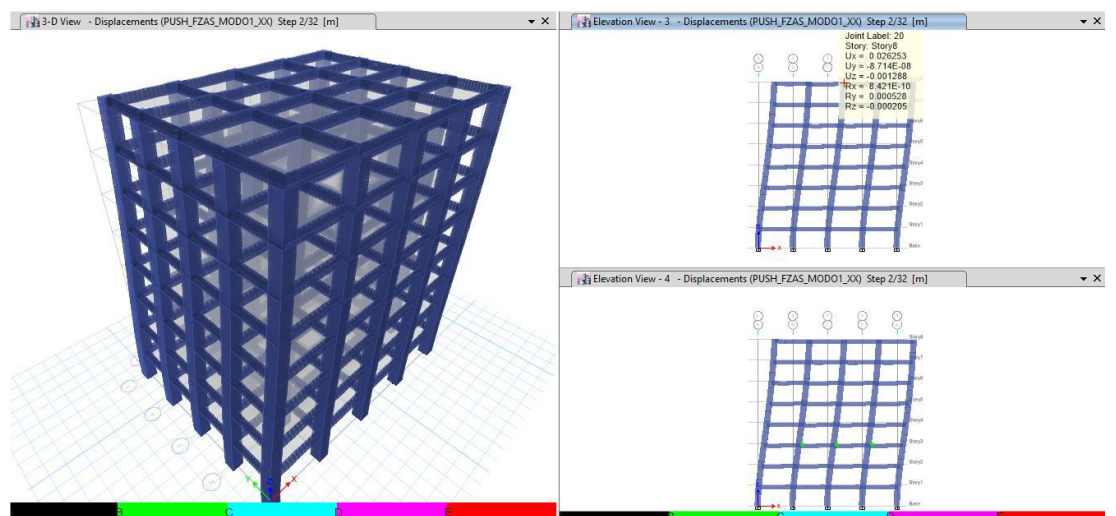


*Nota: La ilustración anterior designa un punto de referencia donde se registrará el desplazamiento junto con el desplazamiento original en esa ubicación. El centroide de octavo grado para las direcciones X e Y es este punto.*

## Resultados del Análisis Pushover dirección X-X

**Figura**  
Formación de la primera rótula en X-X

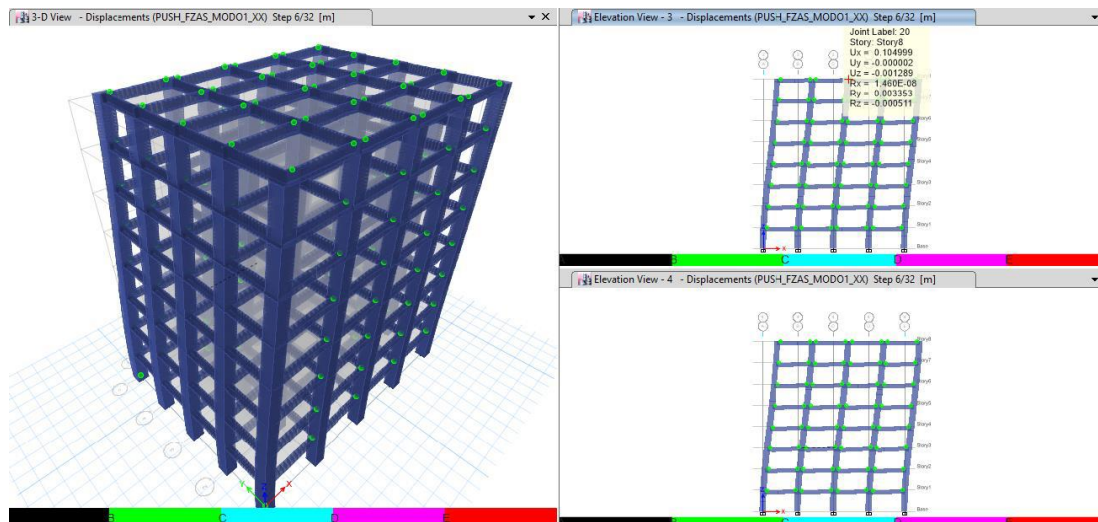
19



Nota: La primera bisagra, que tiene un desplazamiento de 0,0263 m, es visible en la imagen anterior. En las vigas B-302-2, 3 y 4 del marco 4 (extremo izquierdo) se generan otras tres articulaciones, todas por debajo de la implementación del nivel IO (listo para usar) del esquema M especificado.

**Figura**  
Formación de rótulas para el desplazamiento de diseño en X-X

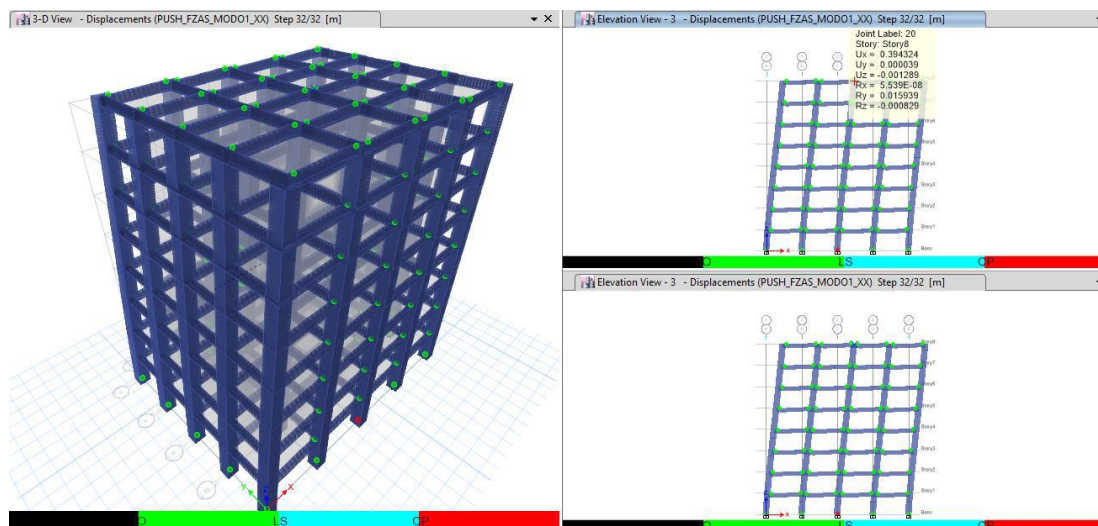
20



Nota: Como se ve en la figura anterior, todas las vigas en la dirección X y en la base de las columnas C-1 de los marcos 1 y 5 (más a la izquierda) desarrollan rótulas flexibles con un desplazamiento de 0.1188 m (desplazamiento de diseño). Punto, estas bisagras (vigas y columnas) caen bajo el nivel de rendimiento IO (completo) y están en el rango B-C del diagrama M proporcionado (se ajusta al rango no lineal).

**Figura**  
Mecanismo de colapso en X-X

21



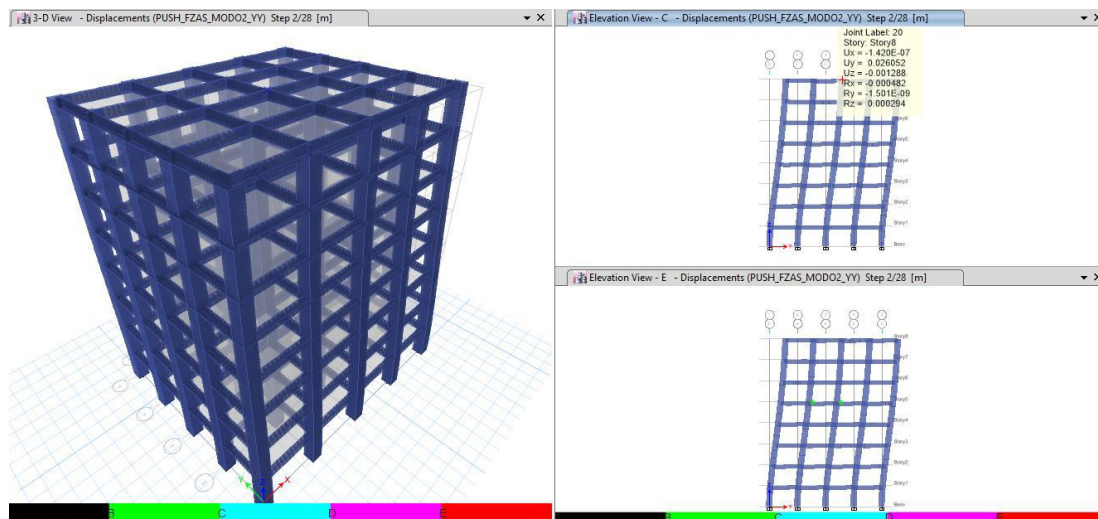
Nota: La mayoría de las bisagras en vigas y columnas son del sistema IO-LS (descanso instantáneo - seguridad de vida); sin embargo, seis juntas plásticas en las vigas B-501-2, B-501-35 (postes izquierdo y derecho), B-402-2 y B-402-3 (poste izquierdo) superan el momento resistente, lo que

indica agotamiento de la textura. La figura anterior muestra el desplazamiento final antes del colapso de 0,3943 mdot.

## Resultados del Análisis Pushover dirección Y-Y

**Figura**  
Formación de la primera rótula en Y-Y

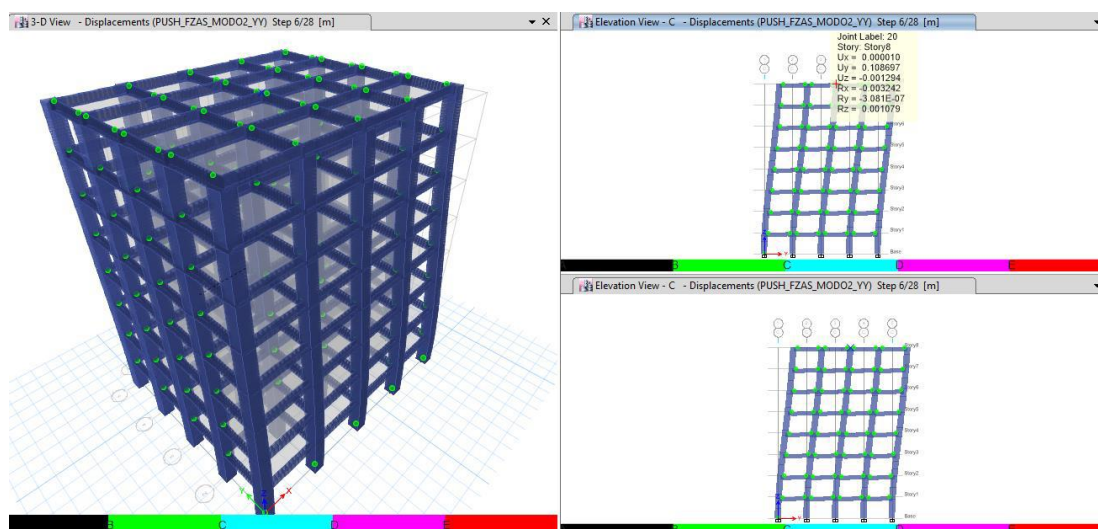
22



*Nota:* La primera rótula se forma con un desplazamiento de 0.0261 m, como se muestra en la figura anterior. Las dos patelas formadas están por debajo del nivel de desempeño IO (ocupación inmediata), apenas ingresando al rango de plasticidad, y dentro del rango B-C del gráfico M-indicado.

**Figura**  
Formación de rótulas para el desplazamiento de diseño en Y-Y

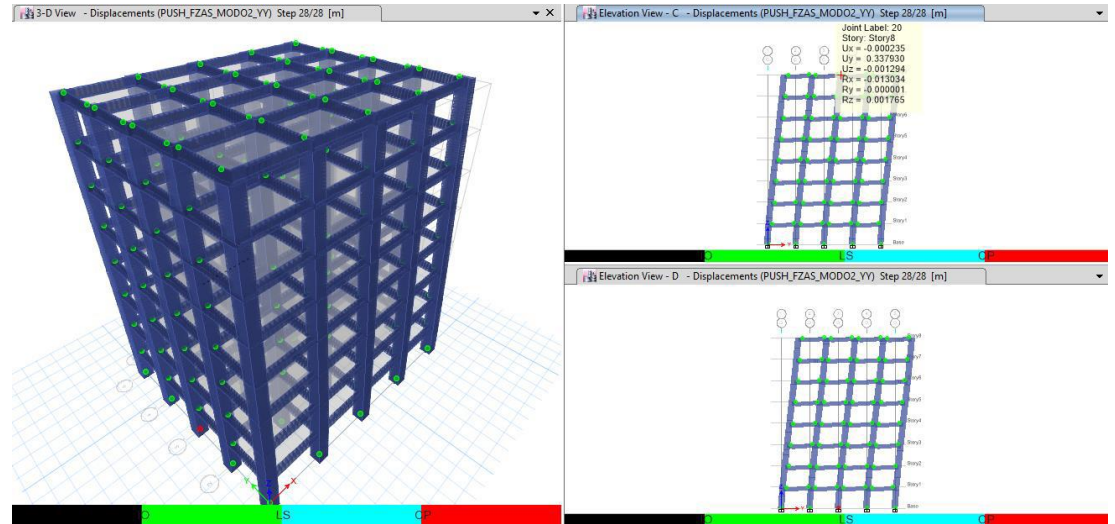
23



*Nota: Esto se muestra en la figura anterior con un desplazamiento de 0,1157 m (desplazamiento de diseño); todas las vigas en la dirección Y son bisagras flexibles, y todas están por debajo del rendimiento IO (ocupación inmediata) y en el rango B-C de la mesa M (apenas en el rango plástico).*

**Figura**  
**Mecanismo de colapso en Y-Y**

24



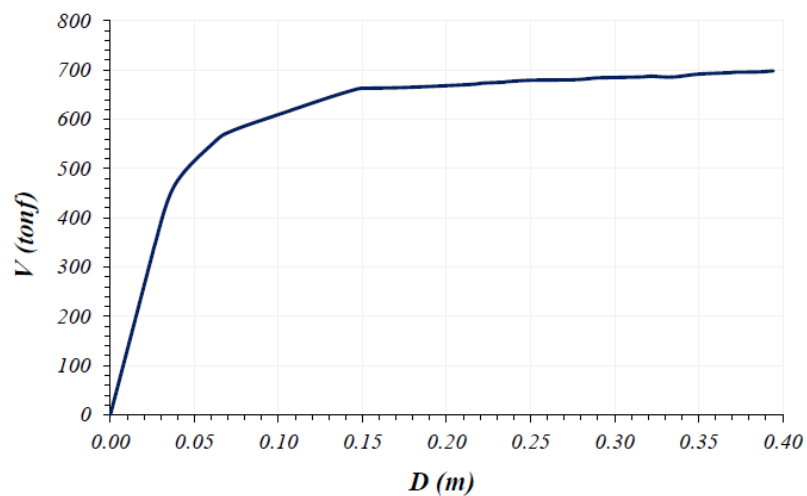
*Nota: El desplazamiento final de 0,3379 m antes del colapso se muestra en la imagen de arriba. Para garantizar la ocupación inmediata y la seguridad de la vida, se forman bisagras de plástico en todas las vigas en la dirección Y (ambos extremos). Dos anillos en cada viga, B-504-2 y B-504-3 (más a la izquierda), están dentro del rango C-D del patrón M, alcanzando el punto de ruptura, lo que denota agotamiento estructural. Se aprecia escalonamiento local en el extremo inferior de las columnas intermedias de los pórticos A, G y E, así como en el extremo inferior de todas las columnas base (extremo inferior) y el extremo superior de la columna C-1 del pórtico 1.*

## Curva de Capacidad y Puntos de interés

Después de interpretar y definir todos los parámetros en el modelo de textura en ETABS, se obtiene una curva de rendimiento de la textura en las direcciones X e Y.

**Figura**  
Curva de Capacidad en la dirección X-X

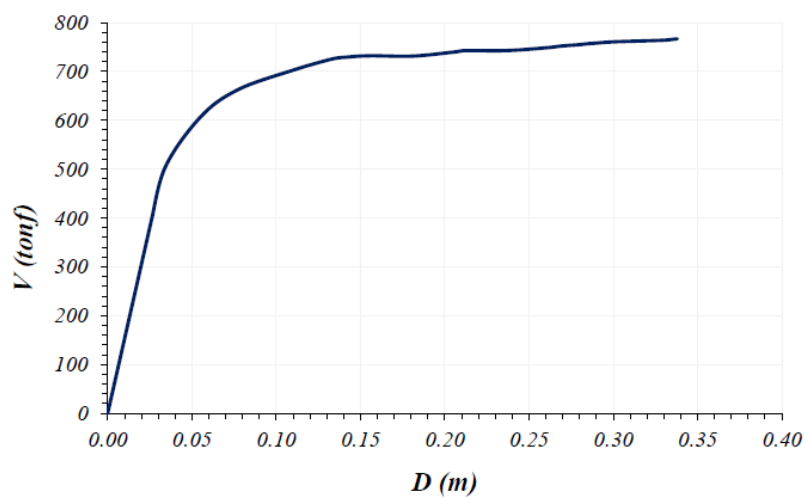
25



Nota: Elaboración propia

**Figura**  
Curva de Capacidad en la dirección Y-Y

26



Nota: Elaboración propia

**Tabla**  
Puntos de interés de la Curva de Capacidad

20

Dirección	Puntos de interés	V (tonf)	D (m)
X-X	1ra rótula	342.966	0.0263
	Colapso	698.287	0.3943
Y-Y	1ra rótula	397.423	0.0261
	Colapso	766.796	0.3379

Fuente: Elaboración Propia

Con los puntos de la anterior tabla se puede obtener la ductilidad y sobre resistencia con respecto a la primera rótula.

Dirección X-X:

$$\mu_{xx} = \frac{D_u}{D_{1rot}} = \frac{0.3943 \text{ m}}{0.0263 \text{ m}} = 14.992$$

$$SR_{xx} = \frac{V_u}{V_{1rot}} = \frac{698.287 \text{ tonf}}{342.966 \text{ tonf}} = 2.04$$

Dirección Y-Y:

$$\mu_{yy} = \frac{D_u}{D_{1rot}} = \frac{0.3379 \text{ m}}{0.0261 \text{ m}} = 12.946$$

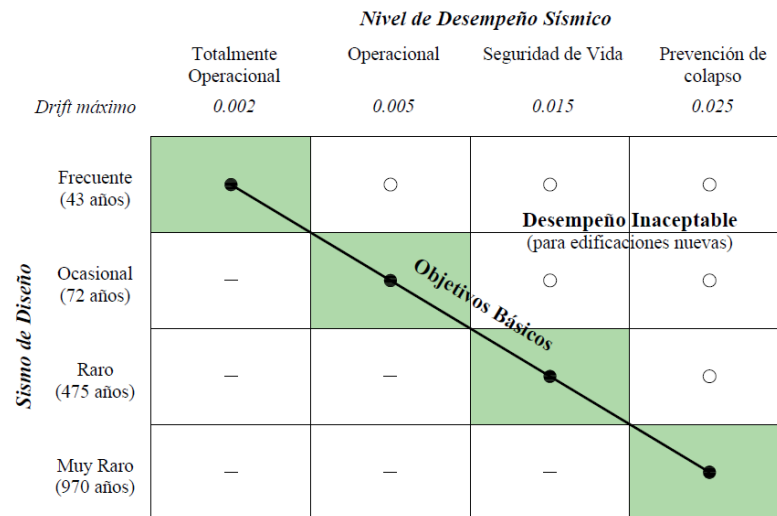
$$SR_{yy} = \frac{V_u}{V_{1rot}} = \frac{766.796 \text{ tonf}}{397.423 \text{ tonf}} = 1.93$$

#### 4.4 Desempeño sísmico

La NTE E.030 establece lo siguiente: la estructura no debe derrumbarse ni causar daños graves a las personas, aunque pueda causar daños significativos por sismos de gran magnitud; La estructura debe resistir terremotos moderados y estar sujeta a daños reparables. Estos principios de diseño sísmico se pueden aplicar a los objetivos principales establecidos por el Comité Visión 2000 para que sean aceptables para edificios convencionales como el que se estudia en esta tesis.

Figura  
Objetivos Básicos de Desempeño

27



Fuente: Elaboración Propia

Los cuatro niveles sísmicos definidos por el comité Visión 2000, determinados a partir del espectro calculado (elasticidad) determinado por los parámetros NTE E.030, deben ser tomados en cuenta al momento de evaluar las características de desempeño seleccionadas.

Tabla  
Factores de Conversión

21

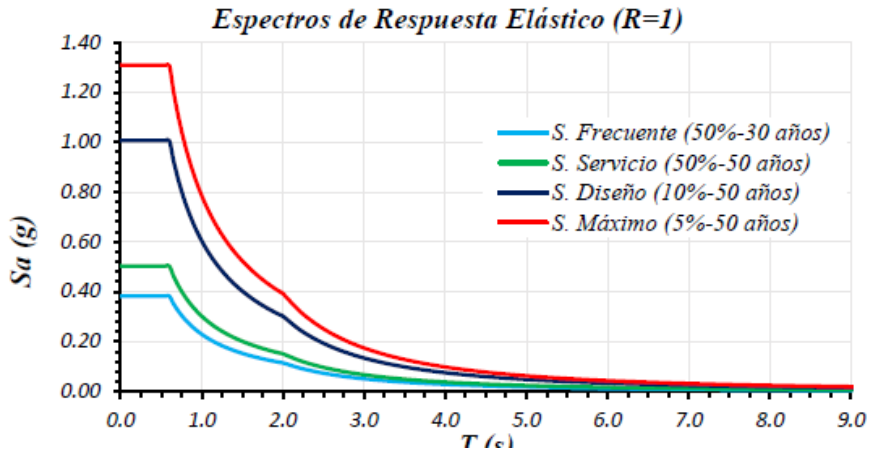
Sismo	Probabilidad de excedencia	Periodo de Retorno	FC
<b>Frecuente</b>	50% en 30 años	43 años	0.38
<b>Servicio (Ocasional)</b>	50% en 50 años	72 años	0.50
<b>Diseño (Raro)</b>	10% en 50 años	475 años	1.00
<b>Máximo (Muy Raro)</b>	10% en 100 años	970 años	1.30

Fuente: Elaboración Propia



**Figura**  
Espectros elásticos de pseudoaceleraciones por cada caso de sismo

28



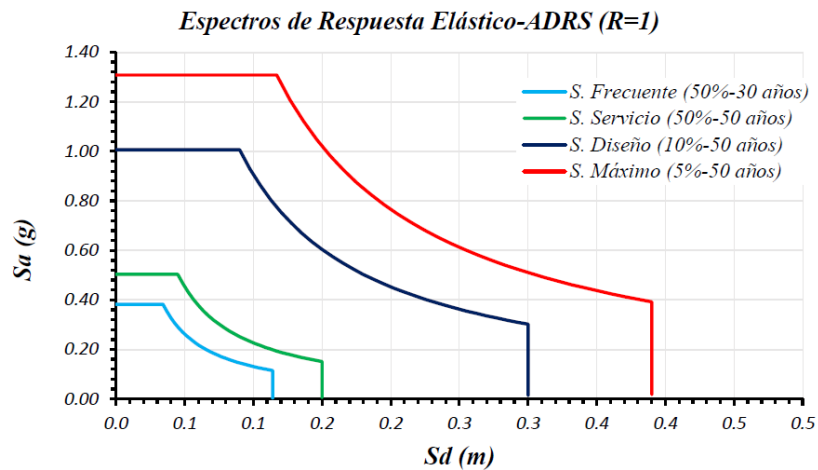
Fuente: Elaboración Propia

El cambio espectral se deriva de la ecuación porque el espectro de aceleración pseudoelástica se puede convertir al formato espectral ADRS.:

$$S_{di} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} \cdot S_{ai} \cdot g$$

**Figura**  
Espectros elásticos en formato ADRS para cada nivel de sismo

29



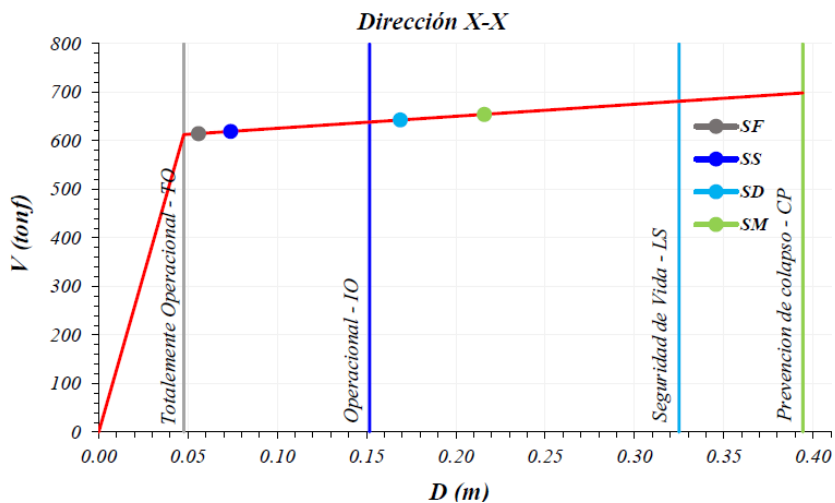
Fuente: Elaboración Propia

## Evaluación del Desempeño Sísmico por el Método del Espectro de Capacidad

Respuesta del edificio ante los diferentes niveles de amenaza sísmica.

**Figura**  
Desempeño Sísmico en X-X según FEMA 440

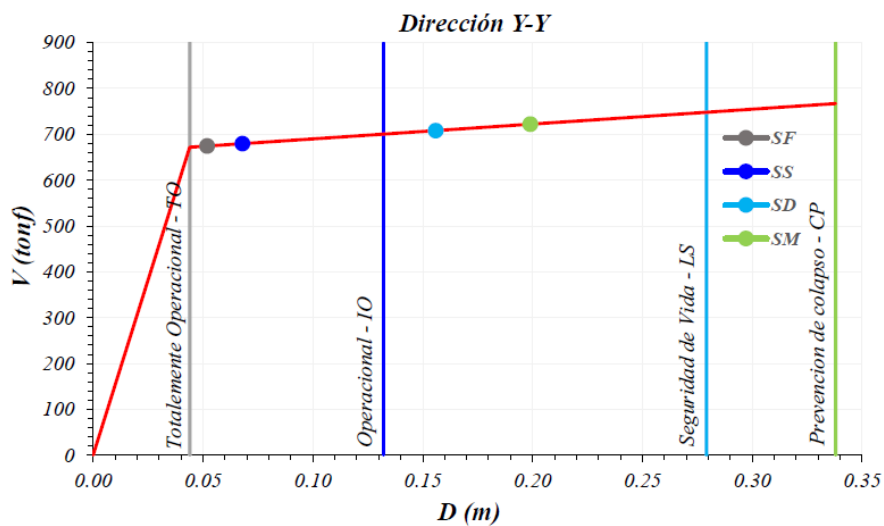
30



Fuente: Elaboración Propia

**Figura**  
Desempeño Sísmico en Y-Y según FEMA 440

31



Fuente: Elaboración Propia

En la dirección XX se presenta los mayores desplazamientos con respecto a la dirección YY, esto está en concordancia con la rigidez lateral de la estructura, en X es más flexible por lo tanto mayores desplazamientos y en Y más rígido así menores desplazamientos para cada nivel de sismo.

Evaluación del desempeño del Edificio para los diferentes niveles de amenaza sísmica.

**Tabla**  
*Evaluación del Desempeño Sísmico según FEMA 440*

22

Dirección	Sismo	Totalmente operacional (TO)	Operacional (IO)	Seguridad de vida (LS)	Prevención de colapso (PC)	¿Cumple objetivo de Desempeño?
X-X	Frecuente		■			NO
	Servicio		■			SI
	Diseño			■		SI
Y-Y	Máximo			■		SI
	Frecuente		■			NO
	Servicio		■			SI
	Diseño			■		SI
	Máximo			■		SI

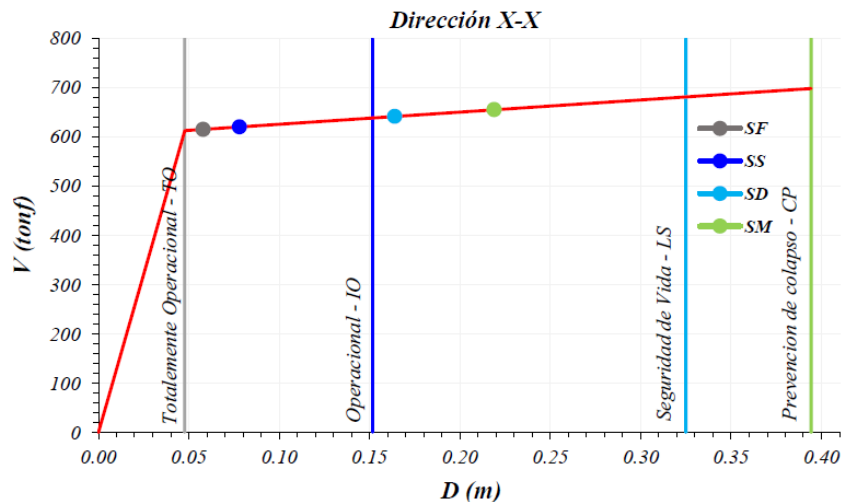
*Nota: de la anterior tabla se puede concluir que la evaluación sísmica para el edificio tiene un buen comportamiento sísmico para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, estos dos últimos están en el rango de Seguridad de vida (LS); para un sismo de servicio estará en el rango operacional; pero tendrá un comportamiento no adecuado para sismo frecuente incurriendo levemente en el rango no lineal*

### **Evaluación del Desempeño Sísmico por el Método de Coeficientes**

Respuesta del Edificio ante los diferentes niveles de amenaza sísmica.

**Figura**  
Desempeño Sísmico en X-X según ASCE

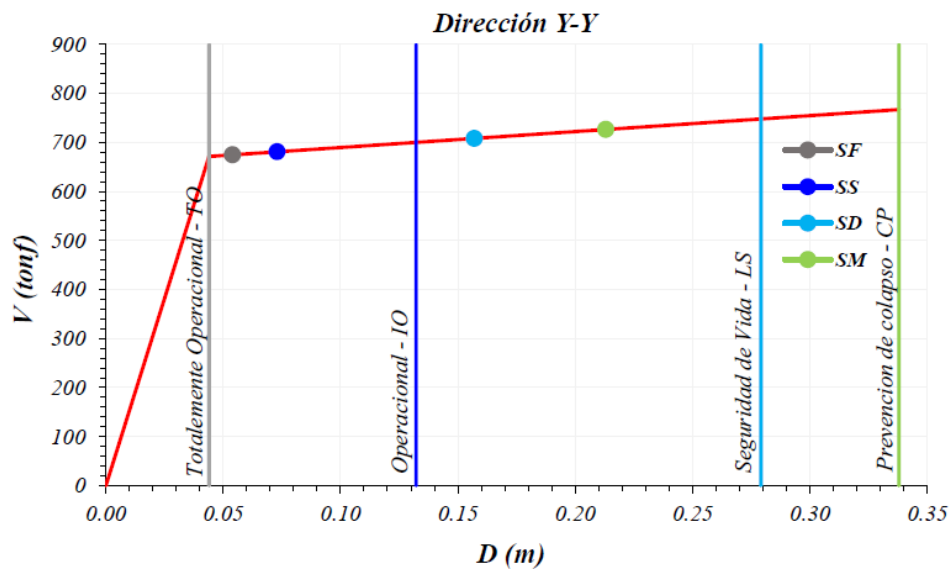
32



Fuente: Elaboración Propia

**Figura**  
Desempeño Sísmico en Y-Y según ASCE

33



Fuente: Elaboración Propia

En la dirección XX se presenta los mayores desplazamientos con respecto a la dirección YY, esto está en concordancia con la rigidez lateral de la

estructura, en X es más flexible por lo tanto mayores desplazamientos y en Y más rígido así menores desplazamientos para cada nivel de sismo.

Se evalúa el desempeño del Edificio para los diferentes niveles de amenaza sísmica.

**Tabla**  
*Evaluación del Desempeño Sísmico según ASCE/SEI 41-13*

23

Dirección	Sismo	Totalmente operacional (TO)	Operacional (IO)	Seguridad de vida (LS)	Prevención de colapso (PC)	¿Cumple objetivo de Desempeño?
X-X	Frecuente		■			NO
	Servicio		■			SI
	Diseño			■		SI
Y-Y	Máximo			■		SI
	Frecuente		■			NO
	Servicio		■			SI
	Diseño			■		SI
	Máximo			■		SI

*Nota: de la anterior tabla se puede concluir que la evaluación sísmica para el edificio tiene un buen comportamiento sísmico para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, estos dos últimos están en el rango de Seguridad de vida (LS); para un sismo de servicio estará en el rango operacional; pero tendrá un comportamiento no adecuado para sismo frecuente incurriendo levemente en el rango no lineal*

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Presentar la contrastación de los resultados del trabajo de investigación

La presente tesis tiene como hipótesis general “El análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con los estándares de la norma E030 y ASCE/SEI 41-13, Huánuco - Huánuco -2023.”, la cual de demostrado en el transcurso de toda la tesis ya que se partió de un análisis lineal, análisis estático y un análisis dinámico según la norma E030 y posterior a ello también se realizó el análisis no lineal pushover en donde se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla**  
Derivas máximas de entrepiso de análisis lineal








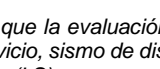
24

DIRECCIÓN X-X			DIRECCIÓN Y-Y		
Piso	Deriva elástico	Deriva inelástico	Piso	Deriva elástico	Deriva inelástico
8	0.00047	0.00283	8	0.00044	0.00262
7	0.00065	0.00387	7	0.00061	0.00367
6	0.00084	0.00504	6	0.00081	0.00484
5	0.00101	0.00606	5	0.00098	0.00586
4	0.00112	0.00672	4	0.00109	0.00655
3	0.00112	0.00674	3	0.00111	0.00664
2	0.00095	0.00568	2	0.00095	0.00568
1	0.00044	0.00266	1	0.00045	0.00272

*Nota: en la anterior tabla podemos apreciar que la estructura posee derivas cercanas al límite establecido por la norma E030, el caso de la dirección X-X es de 0.00674 y el caso de la dirección Y-Y es de 0.00664, dando como conclusión que la estructura cumple con la norma E030*

**Tabla**  
Evaluación del Desempeño Sísmico según FEMA 440

25

Dirección	Sismo	Totalmente operacional (TO)	Operacional (IO)	Seguridad de vida (LS)	Prevención de colapso (PC)	¿Cumple objetivo de Desempeño?
X-X	Frecuente					NO
	Servicio					SI
	Diseño					SI
Y-Y	Máximo					SI
	Frecuente					NO
	Servicio					SI
	Diseño					SI
	Máximo					SI

*Nota: de la anterior tabla se puede concluir que la evaluación sísmica para el edificio tiene un buen comportamiento sísmico para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, estos dos últimos están en el rango de Seguridad de vida (LS); para un sismo de servicio estará en el rango*

*operacional; pero tendrá un comportamiento no adecuado para sismo frecuente incursionando levemente en el rango no lineal*

**Tabla**  
*Evaluación del Desempeño Sísmico según ASCE/SEI 41-13*

26

Dirección	Sismo	Totalmente operacional (TO)	Operacional (IO)	Seguridad de vida (LS)	Prevención de colapso (PC)	¿Cumple objetivo de Desempeño?
X-X	Frecuente					NO
	Servicio					SI
	Diseño					SI
Y-Y	Máximo					SI
	Frecuente					NO
	Servicio					SI
	Diseño					SI
	Máximo					SI

*Nota: de la anterior tabla se puede concluir que la evaluación sísmica para el edificio tiene un buen comportamiento sísmico para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, estos dos últimos están en el rango de Seguridad de vida (LS); para un sismo de servicio estará en el rango operacional; pero tendrá un comportamiento no adecuado para sismo frecuente incursionando levemente en el rango no lineal*

En donde se puede apreciar en las tablas de los resultados que el análisis no lineal pushover, complementa el análisis lineal tradicional que nos indica la norma, dándonos un mejor análisis de la estructura, no solo de manera lineal con las derivas o desplazamiento, sino también para los casos de sismo y su periodo de diseño, mejorando el diseño sismorresistente de una de 8 pisos edificación de concreto armado.

La presente tesis titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES”, tiene como principal finalidad evaluar el análisis lineal y no lineal en el diseño sismorresistente de una edificación de concreto armado.

Según Fuentes (2018), en su tesis se realizó el análisis pushover para una edificación de 4 niveles en donde se empleó un sistema porticado siendo este el más óptimo para la estructuración y el análisis, posterior ello se realizó los análisis estático y dinámico, cumpliendo con la norma E030 siendo la derivas

menores a 0.007, una vez realizado todo ello la investigación realizó el análisis no lineal pushover dando como resultados que el nivel de desempeño de la estructura de 4 niveles ubicado en la ciudad de Lima para el caso de un sismo de diseño se obtuvo un valor de 44.5% dando como resultado que la edificio cumple con los criterios de seguridad para la vida, y para el caso de sismo máximo, que un 48.9 % alcanzo el límite permitido relacionado con la seguridad de la vida.

Los resultados obtenidos en la presente tesis para una edificio de 8 niveles de concreto armado con un sistema porticado que será empelado para un uso de oficinas, se obtuvo que las revisar están cumpliendo con la norma E030, pero esta derivas se encuentran al límite con valores cercanos a 0.007, por lo que si la edificación desea rigidizarse se recomienda el uso de placas estructurales, referente a la evaluación sísmica según el análisis no lineal pushover se pude concluir que la evaluación sísmica para el edificio tiene un buen comportamiento sísmico para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, estos dos últimos están en el rango de Seguridad de vida (LS); para un sismo de servicio estará en el rango operacional; pero tendrá un comportamiento no adecuado para sismo frecuente incursionando levemente en el rango no lineal.



## CONCLUSIONES

- Se concluye que la evacuación entre el análisis lineal y no lineal pushover en el diseño sismorresistente de una de 8 niveles edificación de concreto armado es óptima y cumple con los requisitos de ambos análisis.
- Se concluye que la estructura cumple con los parámetros del análisis sismorresistente de la norma E030 en el análisis lineal de una de 8 pisos edificación de concreto armado siendo las derivas menores a 0.007.
- Se concluye que la estructura cumple con un buen comportamiento sísmico para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo en el análisis no lineal pushover de una de 8 pisos edificación de concreto armado.
- Se concluye que realizar el análisis lineal y no lineal pushover mejora el diseño sismorresistente de una edificación de concreto armado de concreto armado.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda contar con una estructura que no se deforme plásticamente al ser sometida a un movimiento sísmico en el rango inelástico donde las secciones estructurales sean capaces de disipar energía sin romperse.
- Se recomienda que, al cambiar al rango inelástico no lineal, la plastificación de la bisagra puede ajustar la estructura del edificio, teniendo en cuenta que los elementos de gran tamaño pueden ser despojados del refuerzo y para esos elementos de refuerzo de refuerzo no pueden lograr una fuerza de corte básica más alta.
- Se recomienda que el desempeño sísmico de la estructura ensayada no solo se enfoca en predecir si la estructura fallará cuando se someta a terremotos relativamente fuertes; sino al proporcionar al diseñador o ingeniero estructural y al cliente límites aceptables para cada nivel de riesgo que una estructura pueda presentar durante su vida útil. Pero, sobre todo, es para proteger la vida de las personas y controlar los posibles perjuicios económicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary*. EEUU: American Concrete Institute.
- Aguilar Falconi, R. (2007). *Análisis matricial de estructuras*. Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- ALEXANDRA, V. C. (2020). *Edificios de baja altura con sistemas estructurales de ductilidad limitada, tipo paredes portantes ante acciones sísmicas altas*. Machala-Ecuador: Universidad tecnica de Machala.
- Analuca Avila, R. P. (2021). *Vulnerabilidad Sísmica De Las Edificaciones De Concreto Armado Del Barrio “El Triunfo” Norte De Quito, Parroquia De Cochapamba, Cantón Quito – Ecuador*. Quito- Ecuador: Universidad Intenacional SEK.
- Aranda Garay, L. V. (2019). *Evaluación De Las Patologías En Los Muros De Albañilería Armada Y Su Influencia En La Vulnerabilidad De Los Módulos Construidos Por El Programa Nacional De Vivienda Rural En El Distrito Santa Rosa De Alto Yanajanca – Marañón – Huánuco, 2019*. Huánuco – Perú: Universidad De Huánuco.
- Archundia Aranda, H. (2013). *Recomendaciones de Diseño a Cortante para Trabes Acarteladas de Concreto Reforzado*. Universidad Nacional Autónoma de México: México.
- Arias Alban, G. (1984). *Análisis Sísmico Estático De Edificios*. Caracas: Ediciones Vega.
- Arteaga Espinoza, I. D. (2018). *Análisis Comparativo De Costos En Una Vivienda Familiar Usando El Sistema Constructivo Emmedue Y El*

*Sistema De Albañilería En La Ciudad De Huanuco,2018.* Huánuco – Perú: Universidad De Huánuco.

Asto Garcia, O. K. (2020). *Comportamiento Estructural De Losas Macizas De Concreto Reforzadas Con Varillas De Basalto.* Lima – Perú: Universidad San Ignacio De Loyola.

Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación.* Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.

Berduo Alvarez, K. J. (2020). *Reforzamiento a flexión en vigas de concreto utilizando el sistema FRCCM.* Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Blanco Blasco, A. (1996). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.* Lima-Perú.

Blanco Blasco, A. (1996). *structuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.* Lima-Perú.

Boroschek, R. (2009). *Dinamica avanzada de estructural.* Santiago-Chile: Universidad de Chile.

Caceres Sánchez, D. S. (2020). *MAXIBODEGAS-PAITA” ubicado Jr. Paita N° 227, distrito; provincia de Paita departamento Piura.* LIMA – PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.

Canchig Cola, M. V. (2016). *Análisis comparativo del diseño estructural de un proyecto de vivienda en hormigón armado aplicando las Normas del Código Ecuatoriano de Construcción (CEC 2002) y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015).* Quito-Ecuador: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.

- Carlos, G. U. (2020). *Diseño del complejo deportivo municipal San José, distrito San José, provincia Pacasmayo – La Libertad*. La Libertad: Universidad Cesar Vallejo.
- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Retrieved from <https://concepto.de/>
- Cuayla Vizcarra, K. V. (2021). *Diseño De Una Losa De Concreto Armado Para Mejorar La Funcionalidad De Una Edificación De Grandes Luces Con El Sistema Waffle*. Tacna – Perú: Universidad Privada De Tacna.
- Cuevas Rosero, E. A. (2021). *Evaluación Numérica Del Comportamiento Sísmico De Edificaciones De Muros Delgados De Concreto Reforzado Representativas Del Diseño Y Construcción En Colombia*. Colombia: Universidad Del Valle.
- Cueva Quispe, W. J. (2019). *Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en el distrito El Porvenir, Provincia Trujillo, 2019*. TRUJILLO - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo; .
- Delgado Cuellar, J. J. (2020). *Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción entre el sistema de albañilería confinada y el sistema de muros de ductilidad limitada aplicados a un edificio multifamiliar de 5 niveles*. Arequipa, Perú.
- DePerú. (2020). *DePerú*. Retrieved from <https://www.deperu.com/centros-poblados/matibamba-56220>
- Falcon Pardave, S. (2018). *Coefficientes de corrección de la resistencia en comprensión de prismas de albañilería por efectos de Esbeltez, de unidades de albañilería semi industrial y artesanal, en la ciudad de Huánuco*. Huánuco – Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Figueroa Chávez, L. V. (2019). *Estudio comparativo de diseños estructurales de viviendas de concreto reforzado mediante el método LRFD (load and resistance factor design) usando la norma ecuatoriana nec-se-*

*vivienda y normas americanas ASCE7-16 y ACI318-14*. Libertad, Ecuador: Universidad estatal Península de Santa Elena.

Flores Mena, E. A. (2021). *Modelación, Diseño Estructural Comparativo y Propuesta de Ampliación Vertical de la Edificación FLORES MENA, ubicada en la Ciudad de Quito-Ecuador, Sector Cofavi*. Quito- Ecuador: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.

Franco Jumbo, M. J. (2017). *Vivienda Multifamiliar y Oficinas*. Quito-Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

Ganancias Martinez, F. (2020). *Estudio comparativo, a nivel de pre factibilidad, de edificio multifamiliar en altura, proyectado con estructura metálica y con sistemas constructivos industrializados*. Córdoba, Argentina: Universidad Católica de Córdoba.

García Parrado, K. V., & Suárez Rojas, L. F. (2020). *Propuesta de diseño estructural de un edificio de estacionamientos de cinco niveles para la Universidad Santo Tomás sede Aguas Claras en Villavicencio, Meta*. Villavicencio, Colombia: Universidad Santo Tomás.

Guardado Acosta, J. (2021). *Determinación de la variación del valor comercial mediante tasaciones usando el factor de influencia en los inmuebles afectados por el desborde del río Piura de la Urbanización Cocos del Chipe del distrito de Piura, Piura-2021*. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.

Guerrero Proaño, K. P. (2020). *Diseño de vivienda multifamiliar sostenible en Cumbayá, Quito, 2020*. Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.

Guerrero Proaño, K. P. (2021). *Diseño de vivienda multifamiliar sostenible en Cumbayá, Quito, 2020*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.

- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Hernández, H. (2018). *Respuesta sísmica de tanques elevados tipo pendulo investido*. Morelia-México: Revista de Ingeniería Sísmica.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación. (6ta ed.)*. México D.F: McGraw-Hill.
- Herrera Sanabria, J. J. (2018). *Vigas de sección variable y su influencia en el comportamiento estructural en una vivienda multifamiliar de la ciudad de Huancayo 2018*. Huancayo – Perú: Universidad Peruana los Andes.
- Huallpa Vargas, E. J. (2021). *Diseño de albañilería confinada para una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince, 2021*. LIMA - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Retrieved from Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- Leyton Bradley, M. (2018). *Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú*. Lima – Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Llocle, A. (2021). *Evaluación de desempeño estructural utilizando Análisis Estático no lineal (Pushover) del bloque del nivel secundario del colegio Emblemático Ladislao Espinar ubicado en la ciudad de Espinar – Cusco*. Juliaca, Puno, Perú: Universida Peruana Unión.
- López Gomez, M. (2019). *Modelos Para La Detección De Desviaciones De Valor Sistemáticas En Las Tasaciones De Viviendas Y Sus Causas*. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia.

- Mauricio Bonifacio, D. (2019). *Propuesta Metodológica Para La Estimación De Valores Unitarios Comerciales De Edificaciones Emitidos Por El Ministerio De Vivienda Construcción Y Saneamiento Anualmente Para Lima Metropolitana*. Lima-Perú: Universidad Privada del Norte.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *Manual de operación y mantenimiento*. Retrieved from Sistema de agua potable:  
[http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos\\_SICA/modulos/FTA/S ECCION%20IV/4.14/529736846\\_MANUAL%20O&M%20AGUA%20P OTABLE.pdf](http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/S ECCION%20IV/4.14/529736846_MANUAL%20O&M%20AGUA%20P OTABLE.pdf)
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2021). *Reglamento Nacional de Tasaciones del Perú*. Lima-Perú: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, C. y., & SENCICO. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú.
- Moreira Andrade, J. J. (2019). *Diseño estructural sismo resistente de un edificio, para catecismo en la iglesia Encarnación, ubicado en el Cantón Jipijapa*. Manabí, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Munevar Badillo, O. (2018). *La Estadística En Valoración Inmobiliaria Y La Aplicación De Los Avalúos En La Gestión Del Suelo*. Bogotá-Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Nina Hañari, R. A. (2019). *Diseño Estructural En Concreto Armado De Un Edificio De Ocho Niveles Y Un Semisótano*. Arequipa – Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Olaechea Cunza, L. (2019). *Análisis Comparativo De Los Aspectos Influyentes En La Tasación De Inmuebles*. Piura-Perú: Universidad de Piura.



- Palomino Encinas, A. H. (2014). *Manual de Análisis Estático y Dinámico según la NTE E030*. Cajamarca, Perú.
- Perez Torres, C. R. (2020). *Diseño estructural de vigas con membrana inferior y su eficacia de espacios arquitectónicos*. Lima-Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Perúconstruye. (2020). *Concreto en obra: Material fundamental para la construcción*. Lima-Perú: Latam Construction.
- Quispe, H. I. (2018). *Análisis y Diseño estructural de un centro comercial en base a pórticos arriostrados de acero en la ciudad de Juliaca*. LIMA – PERÚ: Universidad Peruana Unión.
- Reyes Yubero, W. (2019). *Análisis comparativo de métodos multicriterio para la selección de productos alternativos en la UEB Productora-Comercializadora de LABIOFAM Villa Clara*. Santa Clara-Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- RNE. (2018). *NORMA E.050*. Lima-Perú.
- RNE. (2019). *NORMA E.020*. Retrieved from NORMA E.020:  
<https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.030*. Retrieved from NORMA E.030:  
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.060*. Retrieved from NORMA E.060:  
[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)

- RNE. (2019). *NORMA E.090*. Retrieved from NORMA E.090:  
<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E070*. Retrieved from NORMA E070:  
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- RUÍZ SALINAS, R. A. (2019). *Análisis y diseño estructural para la ejecución de edificios en el proyecto “clínica privada” del distrito de los Olivos, Lima*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Salinas, R. (2001). *curso de segunda especializacion de ingenieria sismorresistente*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- San Bartolome Ramos, A. F. (1998). *Analisis de edificios*. Lima: Pontifica Universidad Catolica del Perú.
- San Bartolomé, Á. (1998). *Análisis de Edificios*. Lima-Perú.
- Singer, F. L. (1987). *Resistencia de Materiales*. Mexico: Camara Nacional de la Industria Editorial.
- Soncco Sinchi, K. W. (2019). *Modelamiento no lineal geométrico de vigas utilizando la teoría mejorada de primer orden mediante el método de elementos finitos*. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- Tipacti Gomez, L. J. (2020). *Modelamiento y diseño estructural de una edificación de 8 niveles de concreto armado, urbanización San Luis, distrito y provincia Ica*. TRUJILLO - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.

Vargas Mori, J. S. (2019). *Relación entre la geometría de acartelamiento y su mecanismo de resistencia a flexión en vigas de grandes luces*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.

Velayarce Llano, S. (2019). *Análisis y diseño estructural de un edificio de vivienda multifamiliar de cuatro pisos más azotea de albañilería confinada ubicado en el Jr. Santa Rosa S/N, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín*. Tarapoto – Perú: Universidad Nacional de San Martín.

Zhapa, K. M. (2017). *Diseño Arquitectónico Del Centro Comercial Asociación De Comerciantes 24 De mayo “La Bahía” De La Ciudad De Catamayo Provincia De Loja Con Características Bioclimáticas*. LOJA – ECUADOR: Universidad Internacional Del Ecuador Loja.

**ANEXOS:**

## ANEXO N°1: Consentimiento informado



**NOVA PERÚ SAC**  
INGENIEROS CONSULTORES & CONTRATISTAS

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Huánuco, 13 de febrero del 2023

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN DE PROYECTO DE TESIS

La empresa NOVA PERÚ INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C. con RUC: 20609484692, con domicilio en con domicilio legal en Av. Santa Zefora Mz. B Lt.07, consiento que los Srs. **ALBORNOZ IRRIBARREN, RUSVEL KENNIN**, identificado con DNI. N.º 73881421 y **ALVINO LIVIA, NILO**, identificado con DNI. N.º 72269389 perteneciente al Programa de fortalecimiento en investigación de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, realizará su proyecto de investigación de tesis titulado **"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES"**, en mi representada.

Así mismo, se me ha explicado que, durante el desarrollo de su investigación, se le brindo los expedientes técnicos de proyectos estructurales referentes al tema de investigación y también se le brindo las pautas de apoyo al investigador.

Por tanto, en señal de conformidad a lo expuesto firmo el presente documento.

Huánuco, 13 de febrero del 2023.

Jhonatan Jaramillo Trinidad  
Nova PERÚ S.A.C.  
RUC: 20609484692

## ANEXO N°2: Instrumentos de recolección de datos

<b>TESISTA:</b>					
<b>UBICACIÓN:</b> HUÁNUCO					
<b>FECHA:</b>					
<b>ENSAYO:</b> ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO					
<b>CALICATA:</b>					
<b>NTP:</b> 339.128					
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO(gr)	RETENIDO PARCIAL(%)	RETENIDO ACUMULADO(%)	QUE PASA(%)
3"	76.2				
1 1/2"	38.1				
1"	25.4				
3/4"	19.05				
1/2"	12.7				
3/8"	9.525				
N°4	4.76				
N°10	2				
N°16	1.3				
N°30	0.59				
N°40	0.426				
N°50	0.297				
N°60	0.25				
N°100	0.149				
N°200	0.074				
<b>CAZOLETA</b>					
<b>TOTAL</b>					

<b>TESISTA:</b>						
<b>UBICACIÓN:</b> HUÁNUCO						
<b>FECHA:</b>						
<b>ENSAYO:</b> CONTENIDO DE HUMEDAD						
<b>CALICATA:</b>						
<b>NTP:</b> 339.127						
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05	PROMEDIO
Peso de Bandeja						
Peso natural húmedo + bandeja						
Peso natural seco + bandeja						
Peso natural húmedo						
Peso natural seco						
Contenido de Humedad						

<b>TESISTA:</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>HUÁNUCO</b>				
<b>FECHA:</b>					
<b>ENSAYO:</b>	<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
<b>CALICATA:</b>					
<b>NTP:</b>	<b>339.129</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>	<b>M-03</b>	<b>M-04</b>	<b>M-05</b>
Peso del tarro (gr)					
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)					
Peso del tarro + suelo seco (gr)					
Peso del suelo húmedo (gr)					
Número de golpes					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>					

<b>TESISTA:</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>HUÁNUCO</b>				
<b>FECHA:</b>					
<b>ENSAYO:</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
<b>CALICATA:</b>					
<b>NTP:</b>	<b>339.130</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>	<b>M-03</b>	<b>M-04</b>	<b>M-05</b>
Peso del tarro (gr)					
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)					
Peso del tarro + suelo seco (gr)					
Peso del suelo húmedo (gr)					
Peso del suelo seco (gr)					
<b>LÍMITE PLÁSTICO (%)</b>					

## ANEXO N°3: Validación de instrumentos

### 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	FRANCISCO CHURAMPI ARROYO
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	TITULADO
Tesistas:	Bach. Albornoz Iribarren, Rusvel Kennin y Alvino Livia, Nilo
Tesis:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES

### 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación				✘		
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos observables				✘		
3. Organización	El orden de los items y el area es adecuado				✘		
4. Claridad	El vocabulario es adecuado para los pobladores de la investigación					✘	
5. Suficiencia	El numero de items propuestos es suficiente para medir la variable				✘		
6. Consistencia	Tiene una base teorica y cientifica que la respalde					✘	
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipotesis existe coherencia				✘		
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación son sencillos					✘	

  
 Ing. Francisco Churampi Arroyo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 30831

ING. FRANCISCO CHURAMPI ARROYO



## 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	MAGISTER
Tesistas:	Bach. Albornoz Irribarren, Rusvel Kennin y Alvino Livia, Nilo
Tesis:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigacion				✗		
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos observables				✗		
3. Organización	El orden de los items y el area es adecuado					✗	
4. Claridad	El vocabulario es adecuado para los pobladores de la investigacion					✗	
5. Suficiencia	El numero de items propuestos es suficiente para medir la variable				✗		
6. Consistencia	Tiene una base teorica y cientifica que la respalde				✗		
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipotesis existe coherencia				✗		
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación son sencillos					✗	




---

 ING. ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA

## 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	MOISES GROBER GUERRA UTRILLA
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	TITULADO
Tesistas:	Bach. Albornoz Iribarren, Rusvel Kennin y Alvino Livia, Nilo
Tesis:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigacion				✗		
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos observables				✗		
3. Organización	El orden de los items y el area es adecuado				✗		
4. Claridad	El vocabulario es adecuado para los pobladores de la investigacion					✗	
5. Suficiencia	El numero de items propuestos es suficiente para medir la variable				✗		
6. Consistencia	Tiene una base teorica y cientifica que la respalde					✗	
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipotesis existe coherencia				✗		
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación son sencillos					✗	

  
 .....  
 Moises Grober Guerra Utrilla  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 77008

ING. MOISES GROBER GUERRA UTRILLA

## ANEXO N°4: Matriz de consistencia

Tabla  
Matriz de consistencia.

27

TÍTULO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología	
<b>Problema general:</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>			<b>Enfoque</b>	
¿Cómo se realizará el análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?	Realizar el análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.	El análisis comparativo entre las metodologías de análisis lineal y no lineal en una edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con los estándares de la norma E030 y ASCE/SEI 41-13, Huánuco - Huánuco -2023.	<b>Variable independiente:</b> Análisis lineal y no lineal	Análisis lineal	Será cuantitativo	
				Análisis no lineal	<b>Alcance o nivel</b>	
<b>Problema específico:</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específico</b>			<b>Alcance o nivel</b>	
¿Cómo se realizará el análisis lineal empleando la normativa E030 de diseño sismorresistente para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?	Realizar el análisis lineal empleando la normativa E030 de diseño sismorresistente para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.	La edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con todos los parámetros sismorresistente que indica la norma E030 empleando el análisis lineal, Huánuco - Huánuco -2023.	<b>Variable dependiente:</b> Edificación de concreto armado	Elementos estructurales	El alcance es explicativo	
¿Cómo se realizará el análisis no lineal empleando la normativa ASCE/SEI 41-13 de Evaluación sísmica para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?	Realizar el análisis no lineal empleando la normativa ASCE/SEI 41-13 de Evaluación sísmica para en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.	La edificación de concreto armado de 8 niveles cumple con todos los parámetros de vulnerabilidad sísmica que indica la norma ASCE/SEI 41-13 empleando el análisis no lineal, Huánuco - Huánuco -2023.		<b>Variable dependiente:</b> Edificación de concreto armado	Estudio de suelos	<b>Diseño</b>
¿Cómo se calculará el desempeño sísmico empleando la metodología del análisis no lineal pushover en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023?	Calcular el desempeño sísmico empleando la metodología del análisis no lineal pushover en una edificación de concreto armado de 8 niveles, Huánuco - Huánuco -2023.	La edificación de concreto armado de 8 niveles tiene un buen desempeño sísmico empleando la metodología del análisis no lineal pushover, Huánuco - Huánuco -2023.				Es no experimental

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N°5: Diseño estructural y planos del proyecto

### 4.1 Método de diseño

La NTE E.060 indica que para el diseño de estructuras de concreto armado se utilice el Diseño por Resistencia. Este método consiste en proporcionar a todas las secciones de los elementos estructurales Resistencias de Diseño ( $\phi R_n$ ) adecuadas, por lo menos iguales a las resistencias requeridas ( $R_u$ ), utilizando factores de carga (amplificación) y los factores de reducción de resistencia  $\phi$ .

$$\phi R_n \geq R_u \quad (4-1)$$

#### 4.1.1 Factores de reducción de resistencia

Los factores de reducción de resistencia  $\phi$  son:

- Flexión sin carga axial  $\phi = 0.90$
- Carga axial con y sin flexión
  - a. Tracción con y sin flexión  $\phi = 0.90$
  - b. Compresión con y sin flexión (estribos)  $\phi = 0.70$
  - c. Para elementos en flexocompresión  $\phi$  puede incrementarse linealmente hasta 0.90 en la medida que  $\phi P_n$  disminuye desde  $0.1f_c A_g$  ó  $\phi P_b$ , el que sea menor, hasta cero.
- Cortante y torsión  $\phi = 0.85$

#### 4.1.2 Combinaciones de cargas para el diseño

La NTE E.060 establece las siguientes combinaciones de diseño, como la resistencia mínima requerida, para cargas de gravedad y de sismo:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV \quad (4-2)$$

$$U = 1.25 (CM + CV) +/- CS \quad (4-3)$$

$$U = 0.9 CM +/- CS \quad (4-4)$$

En las Tablas 4-1 y 4-2 se muestran dichas combinaciones y los respectivos factores de escala de sismo para los dos sistemas estructurales en estudio.

**Tabla 4-1** *Combinaciones de cargas para el diseño – Sistema Estructural de Pórticos*

Combinación	CM	CV	(+/-) CS-X	(+/-) CS-Y
1	1.4	1.7	-	-
2	1.25	1.25	1.0209	-
3	0.9	-	1.0209	-
4	1.25	1.25	-	1.018
5	0.9	-	-	1.018

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4-2** *Combinaciones de cargas para el diseño – Sistema de Muros Estructurales*

Combinación	CM	CV	(+/-) CS-X	(+/-) CS-Y
1	1.4	1.7	-	-
2	1.25	1.25	1.0776	-
3	0.9	-	1.0776	-
4	1.25	1.25	-	1.0793
5	0.9	-	-	1.0793

Fuente: Elaboración Propia

## Diseño de Vigas

### 4.2.1.1 Diseño por flexión

El capítulo 21 de la NTE E.060 establece los requisitos mínimos para el diseño de vigas de un sistema de pórticos estructurales en zonas sísmicas, cuando en un elemento se cumpla que  $Pu < 0.1f'cAg$  se hará un diseño por flexión teniendo en cuenta:

- La cuantía mínima para refuerzo en tracción es igual a  $\frac{0.7\sqrt{f'c}}{fy}$
- La cuantía máxima para vigas simplemente reforzadas es igual a  $0.75\rho_b$

El valor del momento último  $M_u$  se obtiene de la envolvente de momentos para cada viga; la cuantía requerida  $\rho$  se calcula con la siguiente ecuación:

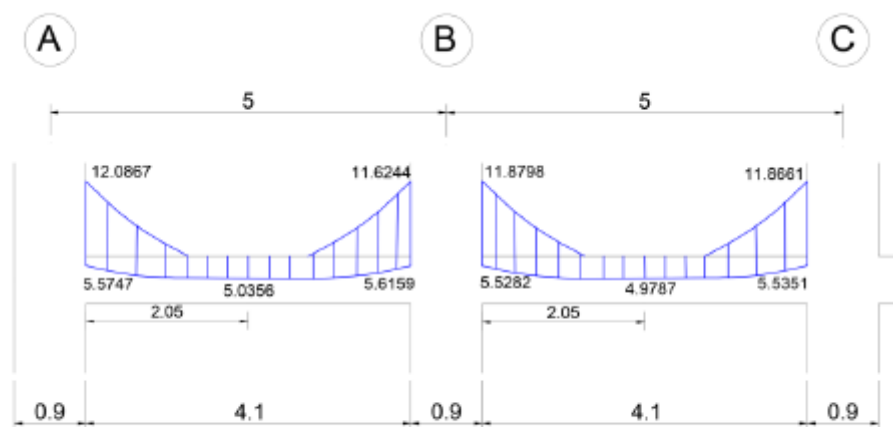
$$\rho = W \cdot \frac{f'c}{fy} = \left( 0.85 - \sqrt{0.7225 - \frac{1.7M_u}{\phi f'c \cdot b_w \cdot d}} \right) \cdot \frac{f'c}{fy} \quad (4-5)$$

El momento nominal  $M_n$ , considerando el acero en tracción para cada sección se calcula como:

$$M_n = 0.85f'c \cdot a \cdot b_w(d - a/2) \quad (4-6)$$

$$a = \frac{As fy}{0.85f'c b_w}$$

- En cualquier sección de un elemento estructural sometido a flexión, donde por análisis se requiera acero en tracción, el área de acero que se proporcione será la necesaria para que la resistencia de diseño de la sección sea por lo menos 1.2 veces el momento de agrietamiento de la sección bruta ( $\phi M_n \geq 1.2M_{cr}$ ).



**Figura 4-2** Envolvente de momentos de la Viga V-102 – Sistema Estructural de Pórticos (Elaboración Propia)

$$M_{cr} = \frac{fr I g}{Y_t} \quad (4-7)$$

$$fr = 2\sqrt{f'c}$$

- En cada extremo de la viga (cara de nudos), el momento nominal positivo no debe ser menor al 50% del momento nominal negativo en dicha cara.
- En cualquier sección del elemento, el momento nominal positivo y negativo no debe ser menor al 25% del momento nominal máximo en las caras de los nudos.

Se muestra el proceso de diseño de la viga V-102 que corresponde al primer nivel.

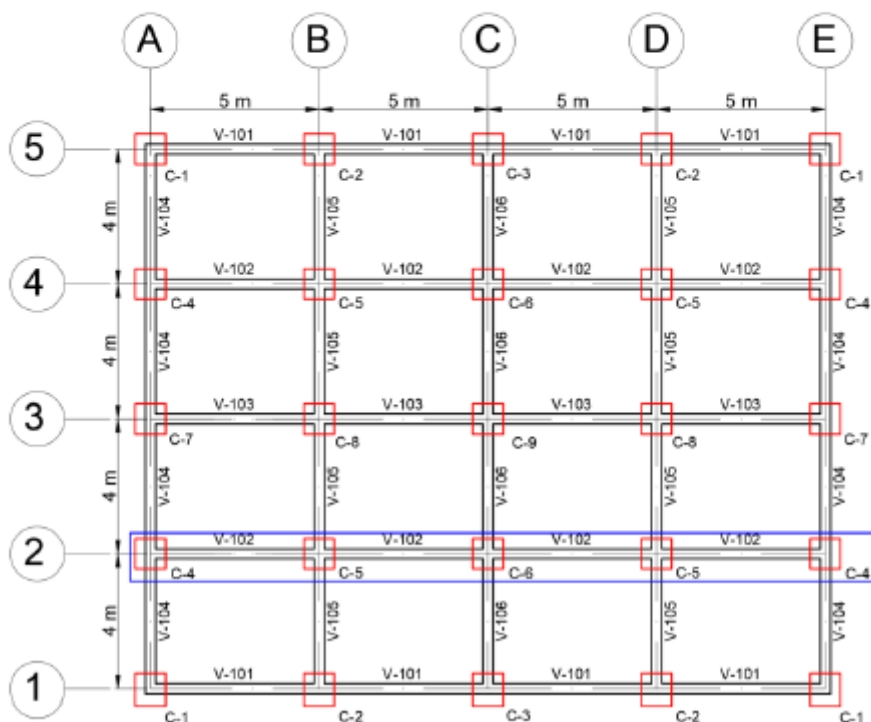


Figura 4-1 Planta típica – Sistema Estructural de Pórticos (Elaboración Propia)

**Tabla 4-3** *Diseño por flexión Viga V-102 – Sistema Estructural de Pórticos*

	V-102-1			V-102-2		
	Izq.	Centro	Der.	Izq.	Centro	Der.
b (cm)	30	30	30	30	30	30
h (cm)	60	60	60	60	60	60
r (cm)	6	6	6	6	6	6
d (cm)	54	54	54	54	54	54
<b>Mu (-) tonf-m</b>	<b>12.0867</b>	<b>0.0000</b>	<b>11.6244</b>	<b>11.8798</b>	<b>0.0000</b>	<b>11.8661</b>
W	0.0766	0.0000	0.0735	0.0752	0.0000	0.0751
$\rho$	0.0038	0.0000	0.0037	0.0038	0.0000	0.0038
$\rho_{\text{mín}}$	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
$\rho_{\text{máx}}$	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159
$\rho$ análisis	0.0038	0.0024	0.0037	0.0038	0.0024	0.0038
As análisis (-) cm <sup>2</sup>	6.20	3.91	5.95	6.09	3.91	6.08
As requerido (-) cm <sup>2</sup>		3.91			3.91	
Ø Usadas	3/4 5/8	3/4	3/4 5/8	3/4 5/8	3/4	3/4 5/8
<b>Ø colocado</b>	<b>2-3/4+1-5/8</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4+1-5/8</b>	<b>2-3/4+1-5/8</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4+1-5/8</b>
<b>As colocado (-) cm<sup>2</sup></b>	<b>7.68</b>	<b>5.70</b>	<b>7.68</b>	<b>7.68</b>	<b>5.70</b>	<b>7.68</b>
<b>Mu (+) tonf-m</b>	<b>5.5747</b>	<b>5.0356</b>	<b>5.6159</b>	<b>5.5282</b>	<b>4.9787</b>	<b>5.5351</b>
W	0.0344	0.0310	0.0347	0.0341	0.0307	0.0342
$\rho$	0.0017	0.0016	0.0017	0.0017	0.0015	0.0017
$\rho_{\text{mín}}$	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
$\rho_{\text{máx}}$	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159	0.0159
$\rho$ análisis	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
As análisis (-) cm <sup>2</sup>	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91
As requerido (-) cm <sup>2</sup>	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91
Ø Usadas	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
<b>Ø colocado</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4</b>	<b>2-3/4</b>
<b>As colocado (+) cm<sup>2</sup></b>	<b>5.70</b>	<b>5.70</b>	<b>5.70</b>	<b>5.70</b>	<b>5.70</b>	<b>5.70</b>

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, se debe verificar la relación de resistencias en las caras de los nudos y en la longitud del elemento.

**Tabla 4-4 Verificación de Resistencias Viga V-102 – Sistema Estructural de Pórticos**

	V-102-1			V-102-2		
	Izq.	Centro	Der.	Izq.	Centro	Der.
Mn (-) tonf-m	16.45		16.45	16.45		16.45
1/2 Mn (-)	8.23		8.23	8.23		8.23
Mn (+) tonf-m	12.39		12.39	12.39		12.39
	OK		OK	OK		OK
Mn (+/-) en la viga		12.39			12.39	
Mn (+/-) máx		16.45			16.45	
1/4 Mn (+/-) máx		4.11			4.11	
		OK			OK	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.1.2 Diseño por corte

La NTE E.060 establece los siguientes requisitos para elementos sujetos a flexión del sistema de estructural de pórticos:

- Deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en longitudes iguales a  $2h$ , medido desde la cara del apoyo hacia el centro de luz (zona de confinamiento)
- El primer estribo debe estar a no más de 5 cm desde la cara del apoyo.
- Los estribos serán como mínimo de 3/8" para barras de hasta 1" y de 1/2" para barras de mayor diámetro.
- El espaciamiento de estribos en la zona de confinamiento no debe exceder del menor de:
  - a.  $d/4$ .
  - b. 8 db (diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro)
  - c. 24 db (diámetro de la barra del estribo)
  - d. 30 cm
- Fuera de la zona de confinamiento los estribos deben estar espaciados a no más de  $0.5d$ , ni deberá ser mayor que el requerido por la fuerza de corte.

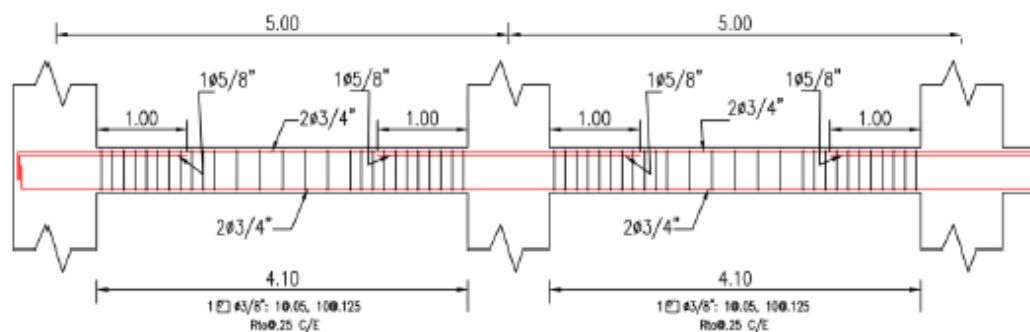


A continuación, se muestra el diseño por corte de la viga V-102 del tramo 1 y 2.

**Tabla 4-5** Diseño por corte Viga V-102 – Sistema Estructural de Pórticos

	V-102-1			V-102-2		
	Izq.	CL	Der.	Izq.	CL	Der.
Mn antihorario	16.45		12.39	16.45		12.39
Mn horario	12.39		16.45	12.39		16.45
ln (luz libre)	4.10		4.10	4.10		4.10
Vp antihorario	8.79		-8.79	8.79		-8.79
Vp horario	-8.79		8.79	-8.79		8.79
Vg	7.40		7.40	7.40		7.40
Ve antihorario	16.19		-1.39	16.19		-1.39
Ve horario	-1.39		16.19	-1.39		16.19
Ve	16.19		16.19	16.19		16.19
Vu (análisis)	10.8438		10.6809	10.7483		10.7417
Vdiseño (tonf)	16.19		16.19	16.19		16.19
Vc (tonf)	12.44		12.44	12.44		12.44
$\Phi V_c < V_{diseño}$	Estribos		Estribos	Estribos		Estribos
$\emptyset$ usado	3/8		3/8	3/8		3/8
# ramas	2		2	2		2
Av (cm <sup>2</sup> )	1.43		1.43	1.43		1.43
Vs	6.61		6.61	6.61		6.61
Vs < V <sub>smax</sub>	OK		OK	OK		OK
S <sub>max</sub> (cm)	12.5		12.5	12.5		12.5
Zona de confinamiento 2h(cm)	120		120	120		120
Primer estribo	1 @ 5		1 @ 5	1 @ 5		1 @ 5
Resto	10 @ 12.5		10 @ 12.5	10 @ 12.5		10 @ 12.5
Zona fuera de confinamiento	Resto @ 25			Resto @ 25		
Distribución (cm)	103/8": 1@5; 10@12.5; Rto@25 C/E			103/8": 1@5; 10@12.5; Rto@25 C/E		

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 4-3** Detalle de refuerzo Viga V-102 – Sistema Estructural de Pórticos (Elaboración Propia)

## Diseño de columnas

### 4.2.2.1 Diseño por flexocompresión

La NTE E.060 estipula que si la carga axial  $P_u \geq 0.1f'cAg$ , la columna será diseñada por flexocompresión, caso contrario será diseñado como un elemento a flexión. Para el diseño por flexocompresión se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cuantía de refuerzo longitudinal deberá estar en el rango:  $1\% \leq \rho \leq 6\%$ . Cuando la cuantía exceda de 4% los planos deberán incluir detalles constructivos de la armadura en la unión viga-columna.
- Se deberá corregir los momentos de primer orden obtenidos del análisis estructural debido a los efectos de esbeltez ( $M2 = \delta M1, \delta > 1$ ). El efecto de esbeltez se debe evaluar para dos casos: pórticos arriostrados y no arriostrados.

Se debe calcular el índice de estabilidad  $Q$ . Si  $Q \leq 0.006$  el pórtico será considerado arriostrado, caso contrario será no arriostrado.

$$Q = \frac{(\Sigma P_u)\Delta o}{V_{us} h e} \quad (4-12)$$

Se puede despreciar los efectos de esbeltez si se cumple que:

- Para columnas arriostradas

$$\frac{k l_u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) \leq 40 \quad (4-13)$$

- Para columnas no arriostradas

$$\frac{k l_u}{r} < 22 \quad (4-14)$$

Adicionalmente, se debe cumplir la condición de columna fuerte y viga débil:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nv} \quad (4-15)$$

Para cumplir los requisitos de irregularidad por piso blando ( $\Delta_{max} \leq 0.007$ ) se requirió columnas de dimensiones considerables (90cm x 90cm). Así, se requirió columnas con cuantía mínima (1%), en los últimos pisos, en función de la carga axial  $P_u$  el diseño es por flexión, pero aun así se requirió columnas con cuantía mínima.

Se muestra el proceso de diseño de la columna C-5 del Eje 2 y Eje B.

**Tabla 4-6** Fuerzas internas en la columna C-5 del eje 2 y B (1° y 2° nivel) – Sistema Estructural de Pórticos

Nivel	Carga	P (tonf)	V <sub>x-x</sub> (tonf)	V <sub>x-x</sub> (tonf)	M <sub>x-x</sub> (tonf-m)		M <sub>y-y</sub> (tonf-m)	
					M <sub>bottom</sub>	M <sub>top</sub>	M <sub>bottom</sub>	M <sub>top</sub>
1°	CM	154.356	-0.024	-0.042	-0.037	0.065	-0.020	0.036
	CV	38.053	-0.010	-0.018	-0.015	0.027	-0.008	0.015
	Sismo X-X	-0.743	11.378	0.525	1.892	0.632	44.628	17.424
	Sismo Y-Y	-2.101	0.532	12.522	45.566	15.602	2.000	0.723
2°	CM	134.363	-0.082	-0.130	-0.167	0.146	-0.101	0.096
	CV	33.115	-0.033	-0.054	-0.069	0.060	-0.041	0.038
	Sismo X-X	-0.755	11.999	0.544	1.233	0.072	29.456	2.332
	Sismo Y-Y	-2.088	0.515	13.279	30.362	2.529	1.224	0.012

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4-7 Índice de estabilidad de entrepiso, Q – Sistema Estructural de Pórticos**

Piso	he (m)	Σ PCM (tonf)	Σ PCV (tonf)	Σ Pu2 (*) (tonf)	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
					Δo m	Δo m	Vus (tonf)	Vus (tonf)	Q (Comb.2)	Q (Comb.2)
8	3	355.21	80.00	544.01	0.008178	0.007176	50.11	52.13	0.030	0.025
7	3	742.42	160.00	1128.02	0.011166	0.010050	103.11	108.82	0.041	0.035
6	3	1129.62	240.00	1712.03	0.014526	0.013254	147.78	157.17	0.056	0.048
5	3	1516.83	320.00	2296.04	0.017466	0.016074	185.10	197.75	0.072	0.062
4	3	1904.04	400.00	2880.05	0.019344	0.017946	215.21	230.46	0.086	0.075
3	3	2291.25	480.00	3464.06	0.019386	0.018180	237.74	254.80	0.094	0.082
2	3	2678.46	560.00	4048.07	0.016314	0.015552	252.06	270.11	0.087	0.078
1	3	3065.66	640.00	4632.08	0.007632	0.007440	257.92	276.25	0.046	0.042

(\*) Comb.2 = 1.25(PCM+PCV)

≤ 0.06 (E. Arriestrado)

Fuente: Elaboración Propia

### CORRECCIÓN POR ESBELTEZ

#### ▪ Dirección X-X

$$L_u = 2.4 \text{ m}$$

$$k = 1$$

$$r = 0.3 \times 0.90 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$$

$$M1 = -21.994 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$M2 = 43.826 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$\frac{k l_u}{r} = 8.889 \leq 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) = 40$$

Se cumple la condición así que se puede ignorar los efectos de esbeltez en la dirección X-X

#### ▪ Dirección Y-Y

$$L_u = 2.4 \text{ m}$$

$$k = 1$$

$$r = 0.3 \times 0.90 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$$

$$M1 = -20.513 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$M2 = 45.783 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$\frac{k l_u}{r} = 8.889 \leq 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) = 40$$

Se cumple la condición así que se puede ignorar los efectos de esbeltez en la dirección Y-Y.

A continuación, se muestra las combinaciones de diseño de la columna C-5 para el 1er y 2do nivel, para el caso del segundo nivel se amplificaron los momentos por efectos de esbeltez según indica la norma E.060.

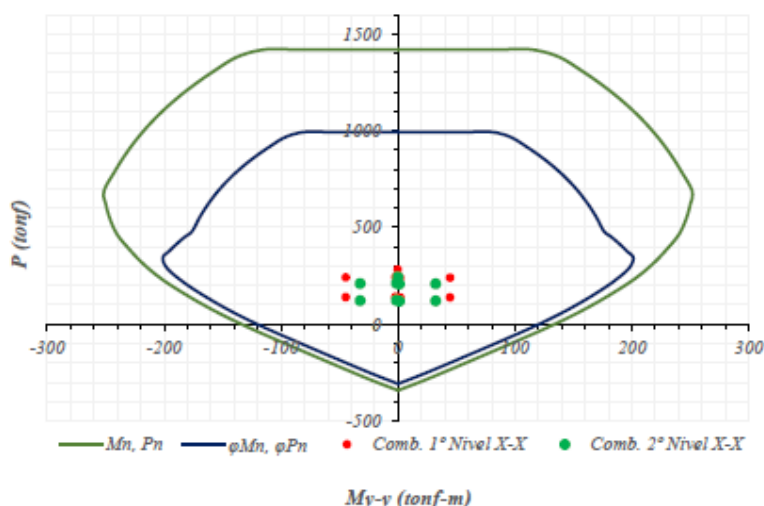
**Tabla 4-8** Combinaciones de diseño Columna C-5 (1° y 2° nivel) – Sistema Estructural de Pórticos

Nivel	Combinación	Pu	Vu x-x	Vu x-x	Mu x-x (tonf-m)		Mu y-y (tonf-m)	
		(tonf)	(tonf)	(tonf)	M <sub>bottom</sub>	M <sub>top</sub>	M <sub>bottom</sub>	M <sub>top</sub>
1°	1.4CM + 1.7CV	280.788	-0.049	-0.089	-0.078	0.137	-0.043	0.075
	1.25(CM+CV) + CSX	239.768	11.337	0.450	1.826	0.746	44.592	17.487
	1.25(CM+CV) - CSX	241.253	-11.420	-0.600	-1.957	-0.517	-44.664	-17.360
	0.9CM + CSX	138.178	11.357	0.487	1.858	0.690	44.610	17.456
	0.9CM - CSX	139.663	-11.399	-0.563	-1.925	-0.573	-44.646	-17.391
	1.25(CM+CV) + CSY	238.410	0.491	12.447	45.501	15.717	1.964	0.786
	1.25(CM+CV) - CSY	242.612	-0.574	-12.597	-45.631	-15.487	-2.036	-0.659
	0.9CM + CSY	136.819	0.511	12.484	45.533	15.660	1.982	0.755
	0.9CM - CSY	141.021	-0.553	-12.560	-45.599	-15.544	-2.018	-0.690
2°	1.4CM + 1.7CV	244.404	-0.170	-0.273	-0.350	0.306	-0.210	0.199
	1.25(CM+CV) + CSX	208.593	11.856	0.314	1.056	0.336	32.098	2.722
	1.25(CM+CV) - CSX	210.103	-12.142	-0.773	-1.645	0.178	-32.452	-2.388
	0.9CM + CSX	120.171	11.925	0.427	1.201	0.210	32.184	2.642
	0.9CM - CSX	121.682	-12.073	-0.661	-1.501	0.052	-32.366	-2.469
	1.25(CM+CV) + CSY	207.260	0.372	13.049	32.973	3.028	1.164	0.181
	1.25(CM+CV) - CSY	211.436	-0.658	-13.508	-33.562	-2.514	-1.518	0.154
	0.9CM + CSY	118.839	0.441	13.161	33.118	2.902	1.250	0.100
	0.9CM - CSY	123.015	-0.589	-13.396	-33.417	-2.639	-1.432	0.073

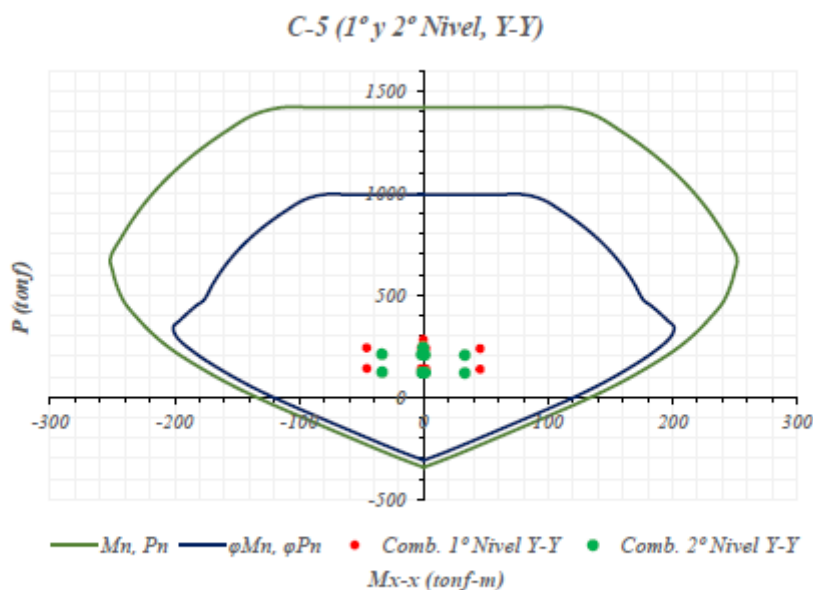
Fuente: Elaboración Propia

En las Figuras 4-4 y 4-5 se muestran los diagramas de interacción de la columna C-5 en las direcciones X e Y con refuerzo 16 Ø 1" ( $\rho=1.00\%$ ).

C-5 (1° y 2° Nivel, X-X)



**Figura 4-4** Diagrama de interacción Columna C-5 (X-X) – Sistema Estructural de Pórticos (Elaboración Propia)



**Figura 4-5** Diagrama de interacción Columna C-5 (Y-Y) – Sistema Estructural de Pórticos (Elaboración Propia)

#### 4.2.2.2 Flexión biaxial

Cuando las columnas flexión biaxial en sus dos ejes principales, por la acción de sismo o porque soportan losas bidireccionales, se deberá verificar que la resistencia de diseño a carga axial en flexión biaxial sea mayor que la carga axial actuante última ( $\phi P_n \geq P_u$ ). La normativa permite el uso de la ecuación de Bresler, válida para columnas cuadradas o rectangulares con armadura longitudinal simétrica y con valores de  $P_u \geq 0.1\phi P_{on}$ :

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{on}} \quad (4-16)$$

Donde:

$P_n$  : Resistencia nominal a carga en flexión biaxial

$P_{nx}$  : Resistencia nominal bajo la acción de momento únicamente en X ( $e_y=0$ )

$P_{ny}$  : Resistencia nominal bajo la acción de momento únicamente en Y ( $e_x=0$ )

$P_{on}$  : Resistencia nominal bajo la acción de carga axial únicamente ( $e_x=e_y=0$ ) que se calcula mediante:  $0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$

Para valores menores de la carga axial  $P_u$  (columnas diseñadas por flexión) se usará la siguiente ecuación:

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \leq 1.0 \quad (4-17)$$

Donde  $\phi M_{nx}$  y  $\phi M_{ny}$  son las resistencias de diseño de la sección con respecto a los ejes X e Y respectivamente.

Lo primero es evaluar la aplicabilidad de la ecuación de Bresler ( $P_u \geq 0.1\phi P_{on}$ ):

$$P_{on} = 0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$P_{on} = 0.85 \cdot 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot [90 \text{ cm} \cdot 90 \text{ cm} - (16 \cdot 5.07 \text{ cm}^2)] + 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot (16 \cdot 5.07 \text{ cm}^2)$$

$$P_{on} = 1771.886 \text{ tonf}$$

$$0.1\phi P_{on} = 0.1 \cdot 0.7 \cdot 1771.886 \text{ tonf} = 124.032 \text{ tonf}$$

Para el 1° nivel  $P_u = 280.788 \text{ tonf} > 0.1\phi P_{on}$ , para el 2° nivel  $P_u = 244.404 \text{ tonf} > 0.1\phi P_{on}$  por lo tanto se puede aplicar la ecuación de Bresler.

Se debe verificar que la resistencia de diseño calculada:  $\phi P_n \leq \phi P_{nmax}$

$$\phi P_{nmax} = 0.70 \cdot 0.80 \cdot 1771.886 \text{ tonf} = 992.256 \text{ tonf}$$

#### FLEXIÓN BIAXIAL – PRIMER NIVEL

- Cargas de Gravedad y Sismo en X-X

$$P_u = 1.25(\text{CM} + \text{CV}) - \text{CSX} = 241.253 \text{ tonf}$$

$$P_{nx} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$P_{ny} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{on}}$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{1419.037} + \frac{1}{1419.037} - \frac{1}{1771.886}$$

$$P_n = 1183.381 \text{ tonf}$$

$$\phi P_n = 828.367 \text{ tonf} < \phi P_{nmax} = 992.256 \text{ tonf}$$

Se verifica que  $P_u = 241.253 \text{ tonf} < \phi P_n = 828.367 \text{ tonf}$

- Cargas de Gravedad y Sismo en Y-Y

$$P_u = 1.25(\text{CM} + \text{CV}) - \text{CSY} = 242.612 \text{ tonf}$$

$$P_{nx} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$P_{ny} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{on}}$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{1419.037} + \frac{1}{1419.037} - \frac{1}{1771.886}$$

$$P_n = 1183.381 \text{ tonf}$$

$$\phi P_n = 828.367 \text{ tonf} < \phi P_{nmax} = 992.256 \text{ tonf}$$

Se verifica que  $P_u = 242.612 \text{ tonf} < \phi P_n = 828.367 \text{ tonf}$

#### FLEXIÓN BIAXIAL – SEGUNDO NIVEL

- Cargas de Gravedad en Y-Y y Sismo en X-X

$$P_u = 1.25(\text{CM} + \text{CV}) - \text{CSX} = 210.103 \text{ tonf}$$

$$P_{nx} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$P_{ny} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{on}}$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{1419.037} + \frac{1}{1419.037} - \frac{1}{1771.886}$$

$$P_n = 1183.381 \text{ tonf}$$

$$\emptyset P_n = 828.367 \text{ tonf} < \emptyset P_{nmax} = 992.256 \text{ tonf}$$

Se verifica que  $P_u = 210.103 \text{ tonf} < \emptyset P_n = 828.367 \text{ tonf}$

▪ **Cargas de Gravedad y Sismo en Y-Y**

$$P_u = 1.25(CM + CV) - CSY = 211.436 \text{ tonf}$$

$$P_{nx} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$P_{ny} = 1419.037 \text{ tonf} \quad (\text{Del diagrama de interacción})$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{on}}$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{1419.037} + \frac{1}{1419.037} - \frac{1}{1771.886}$$

$$P_n = 1183.381 \text{ tonf}$$

$$\emptyset P_n = 828.367 \text{ tonf} < \emptyset P_{nmax} = 992.256 \text{ tonf}$$

Se verifica que  $P_u = 211.712 \text{ tonf} < \emptyset P_n = 828.367 \text{ tonf}$

Así, la resistencia a flexión biaxial es adecuada.

Se verifica la resistencia mínima a flexión con la que se garantiza el criterio de columna fuerte y viga débil.

Del diseño de vigas (V-102) se obtiene los momentos nominales:

$$M_{nizq} = 12.39 \text{ tonf} \cdot m$$

$$M_{nder} = 16.45 \text{ tonf} \cdot m$$

$$\sum M_{nv} = 28.84 \text{ tonf} \cdot m$$

Del diagrama de interacción para un  $P_u$  sísmico que genera el menor momento nominal:

$$M_{nsup} = 172.236 \text{ tonf} \cdot m$$

$$M_{ninf} = 177.375 \text{ tonf} \cdot m$$

$$\sum M_{nc} = 356 \text{ tonf} \cdot m$$

$$\frac{\sum M_{nc}}{\sum M_{nv}} = \frac{356 \text{ tonf} \cdot m}{28.84 \text{ tonf} \cdot m} = 12.12 \geq 1.2$$

#### 4.2.2.2 Diseño por corte

La NTE E.060 establece los siguientes requisitos para elementos sujetos a flexocompresión para un sistema estructural de pórticos:

- En ambos extremos del elemento debe proporcionarse estribos de confinamiento con un espaciamiento  $S_o$  por una longitud  $L_o$  medida desde la cara del nudo (zona de confinamiento)
- Los estribos serán como mínimo de 8mm de diámetro para barras longitudinales de hasta 5/8", de 3/8" para barras de hasta 1" y de 1/2" para barras de mayor diámetro.
- La longitud  $L_o$  no debe ser menor que el mayor entre:

- a.  $L_n/6$  (1/6 de la luz libre del elemento)
- b.  $h$  (la mayor dimensión de la sección transversal del elemento)
- c. 50 cm
- El espaciamiento  $S_o$  no debe exceder del menor de:
  - a. 6 db (diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro)
  - b.  $b/3$  (la mitad de la menor dimensión de la sección transversal del elemento)
  - c. 10 cm
- Dentro de la longitud  $L_o$  se debe cumplir:

$$A_{sh} \geq 0.3 \cdot \frac{s b_c f'_c}{f_{yh}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \right] \quad (4-18)$$

$$A_{sh} \geq 0.09 \cdot \frac{s b_c f'_c}{f_{yh}} \quad (4-19)$$

Donde  $s$  es el espaciamiento,  $b_c$  es la dimensión del núcleo confinado,  $A_{sh}$  es el área de refuerzo,  $f_{yh}$  es el esfuerzo de fluencia,  $A_{ch}$  es el área del núcleo confinado y  $A_g$  el área bruta.

- En las zonas de confinamiento, la distancia horizontal entre las ramas del refuerzo transversal no deberá exceder de 35 cm.
- Fuera de la zona de confinamiento los estribos deben cumplir el requerido con el cortante actuante, pero no será mayor que 12 db (diámetro de la barra longitudinal) ni de 25 cm.

El cortante de diseño  $V_u$  no debe ser menor que el menor valor obtenido de a. y b.:

- a. La fuerza de corte obtenida considerando las máximas fuerzas que se pueden generar en los nudos, esto es usando las máximas resistencias probables en flexión ( $M_{pr} = 1.25 M_n$ ).
- b. El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño.

La resistencia nominal al cortante para una sección se calcula como:

$$V_n = V_c + V_s \quad (4-20)$$

La resistencia nominal proporcionada por el concreto, para elementos sometidos a compresión axial  $N_u$ , es igual a:

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} \left( 1 + \frac{N_u}{140 A_g} \right) b_w d \quad (4-21)$$

Cuando el cortante  $V_u$  exceda de  $\phi V_c$ :  $V_s = V_u / \phi - V_c$

El espaciamiento requerido se calculará como:  $s \leq \frac{A_v f_y d}{V_s}$

Se deberá cumplir que  $V_s \leq 2.1 \sqrt{f'_c} b_w d$

A continuación, se muestra el diseño por corte de la columna C-5.



**Tabla 4-9** *Diseño por corte Columna C-5 (1° y 2° nivel) – Sistema Estructural de Pórticos*

	1° Nivel		2° Nivel	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
$\phi$ (flexión) =	0.9	0.9	0.9	0.9
$\phi$ (corte) =	0.85	0.85	0.85	0.85
$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	210	210	210	210
$f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	4200	4200	4200	4200
$l_c$ (m) =	2.4	2.4	2.4	2.4
$b$ (cm) =	90	90	90	90
$h$ (cm) =	90	90	90	90
$r_{lata}$ (cm) =	4	4	4	4
$r_{alamb}$ (cm) =	6	6	6	6
$\phi$ mín long (m)	1	1	1	1
$d$ (cm) =	84	84	84	84
$A_g$ (cm <sup>2</sup> ) =	8100	8100	8100	8100
$h_c$ (cm) =	82	82	82	82
$b_c$ (cm) =	82	82	82	82
$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> ) =	6724	6724	6724	6724
$P_u$ inf (tonf)	241.23	242.61	210.10	211.44
$P_u$ sup (tonf)	235.42	236.78	204.27	205.60
$M_u$ sup (tonf-m)	201.78	202.08	194.61	194.93
$M_u$ inf (tonf-m)	203.05	203.34	196.00	196.32
$M_{pr}$ sup (tonf-m)	252.23	252.60	243.27	243.67
$M_{pr}$ inf (tonf-m)	253.81	254.18	245.00	245.40
$V_u$ (tonf)	22.93	22.93	24.45	24.45
$V_e$ (tonf)	210.85	211.16	203.45	203.78
$V_{diseño}$ (tonf)	210.85	211.16	203.45	203.78
$V_c$ (tonf)	70.42	70.49	68.82	68.89
$V_s$ (tonf)	177.64	177.93	170.53	170.85
$\phi$ estribo (cm)	1.27	1.27	1.27	1.27
# ramas	5	5	5	5
$A_v$ (cm <sup>2</sup> )	6.33	6.33	6.33	6.33
$s_{transv}$ (cm)	12.58	12.56	13.10	13.08
$s_{max}$ (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00
<b>Zona de confinamiento (<math>l_c</math> y <math>s_c</math>)</b>				
$l_c$ (cm)	90	90	90	90
$s_c$ (cm)	10	10	10	10
$A_{sh}/b_c s_c$ =	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077
$A_{sh}/b_c s$ (21-3)	0.0031	0.0031	OK	0.0031
$A_{sh}/b_c s$ (21-4)	0.0045	0.0045	OK	0.0045
<b>Refuerzo</b>				
colocado	9 @ 10	9 @ 10	9 @ 10	9 @ 10
<b>Zona fuera de confinamiento (<math>l</math> y <math>s</math>)</b>				
$s$ (cm)	25	25	25	25
<b>Refuerzo</b>				
colocado	Resto @ 20	Resto @ 20	Resto @ 20	Resto @ 20
<b>Refuerzo</b>				
colocado	5 @ 1/2" 1 @ 5 cm, 9 @ 10 cm y Resto @ 20 cm C/E			

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene la sección diseñada de la columna C-5 para el primer y segundo nivel:

TIPO NIVEL	C-5
1° - 8° NIVEL	
Refuerzo	16 Ø 1"
Estribos	3⊠ + 2⊠ 1/2"
	1⊠.05, 9⊠.10, Rto.⊠.20 C/E

Figura 4-6 Detalle de refuerzo Columna C-5 (1° y 2° nivel) – Sistema Estructural de Pórticos (Elaboración Propia)

#### 4.2.3 Diseño de nudos

La NTE E.060 establece que se tiene que verificar la resistencia nominal al corte de los nudos ( $V_j \leq \phi V_n$ ); teniendo en cuenta lo siguiente:

- Resistencia nominal al cortante:

- Nudos confinados en las 4 caras:  $V_n = 5.3A_j\sqrt{f'_c}$

- Nudos confinados en 3 caras o en 2 caras opuestas:  $V_n = 4.0A_j\sqrt{f'_c}$

- Otros casos:  $V_n = 3.2A_j\sqrt{f'_c}$

Donde  $A_j$  es el área de confinamiento efectivo del nudo. Se debe verificar el confinamiento del nudo comparando el ancho de viga con respecto al ancho de columna  $b_{viga} \geq 0.75 b_{columna}$  para cada cara, si se cumple será cara confinada.

- El corte último en las secciones del nudo obtenido con el refuerzo real.

$$V_j = 1.25f_y(A_{s1} + A_{s2}) - V_{col} \quad (4-22)$$

Se realiza la verificación para la columna C-5:

Confinamiento:

$$b_{viga} = 30 \text{ cm} \leq 0.75b_{columna} = 67.5 \text{ cm, no está confinado en ninguna cara.}$$

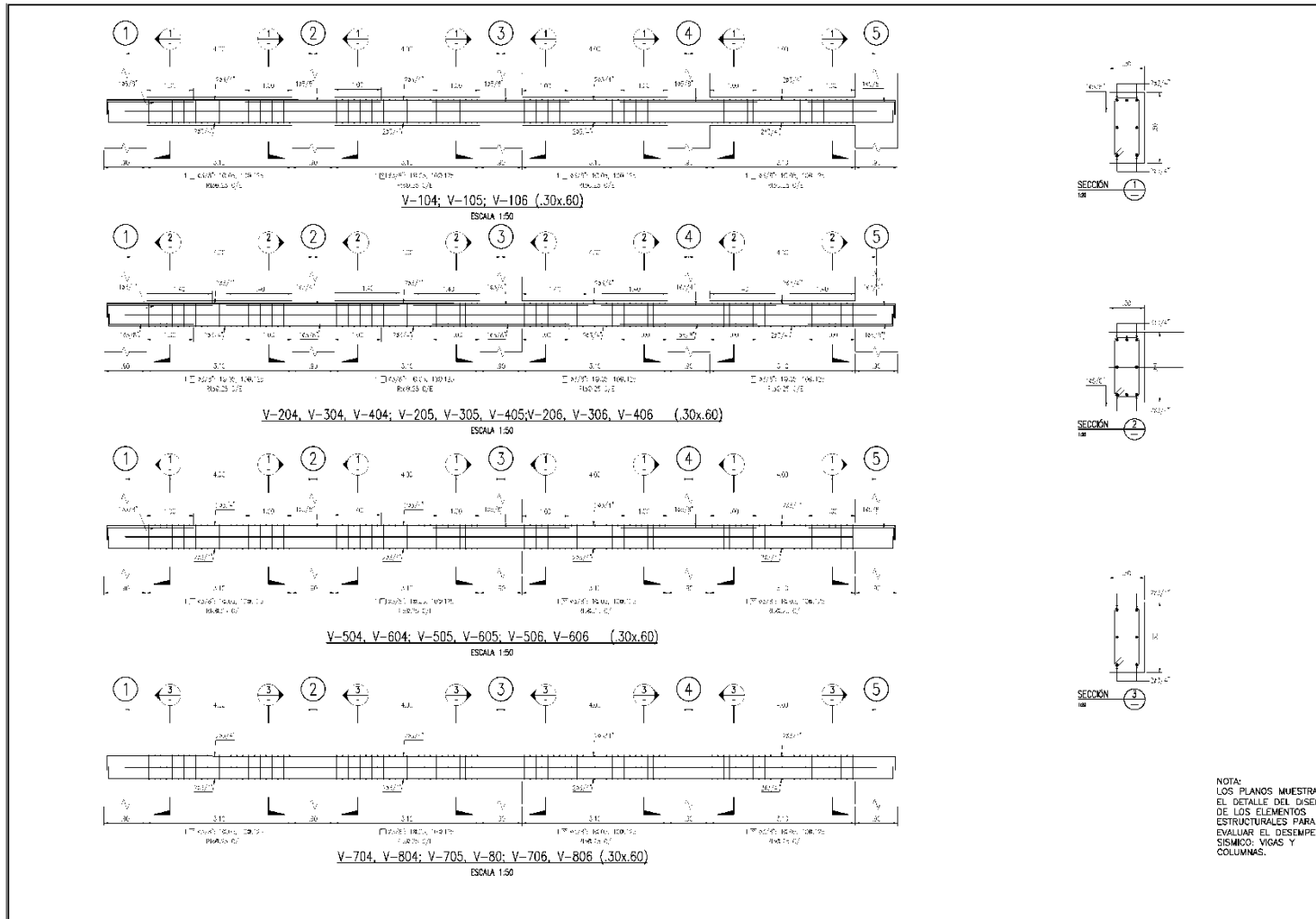
$$A_j = 90 \cdot 90 = 8100 \text{ cm}^2$$

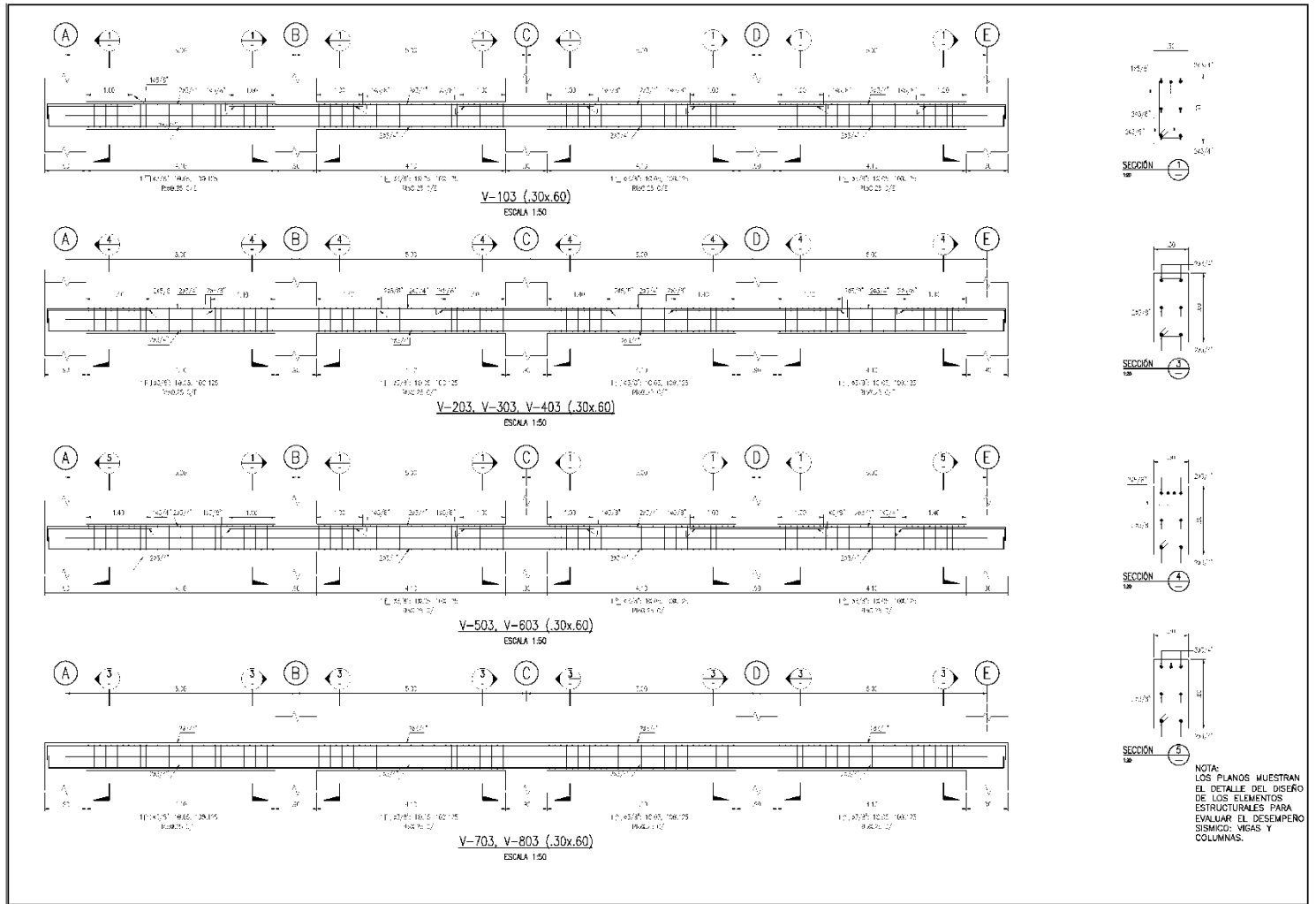
Se verifica la resistencia nominal al cortante:

$$V_n = 3.2A_j\sqrt{f'_c} = 3.2 \cdot 8100 \text{ cm}^2 \cdot \sqrt{210 \text{ kgf/cm}^2} = 375.62 \text{ tonf}$$

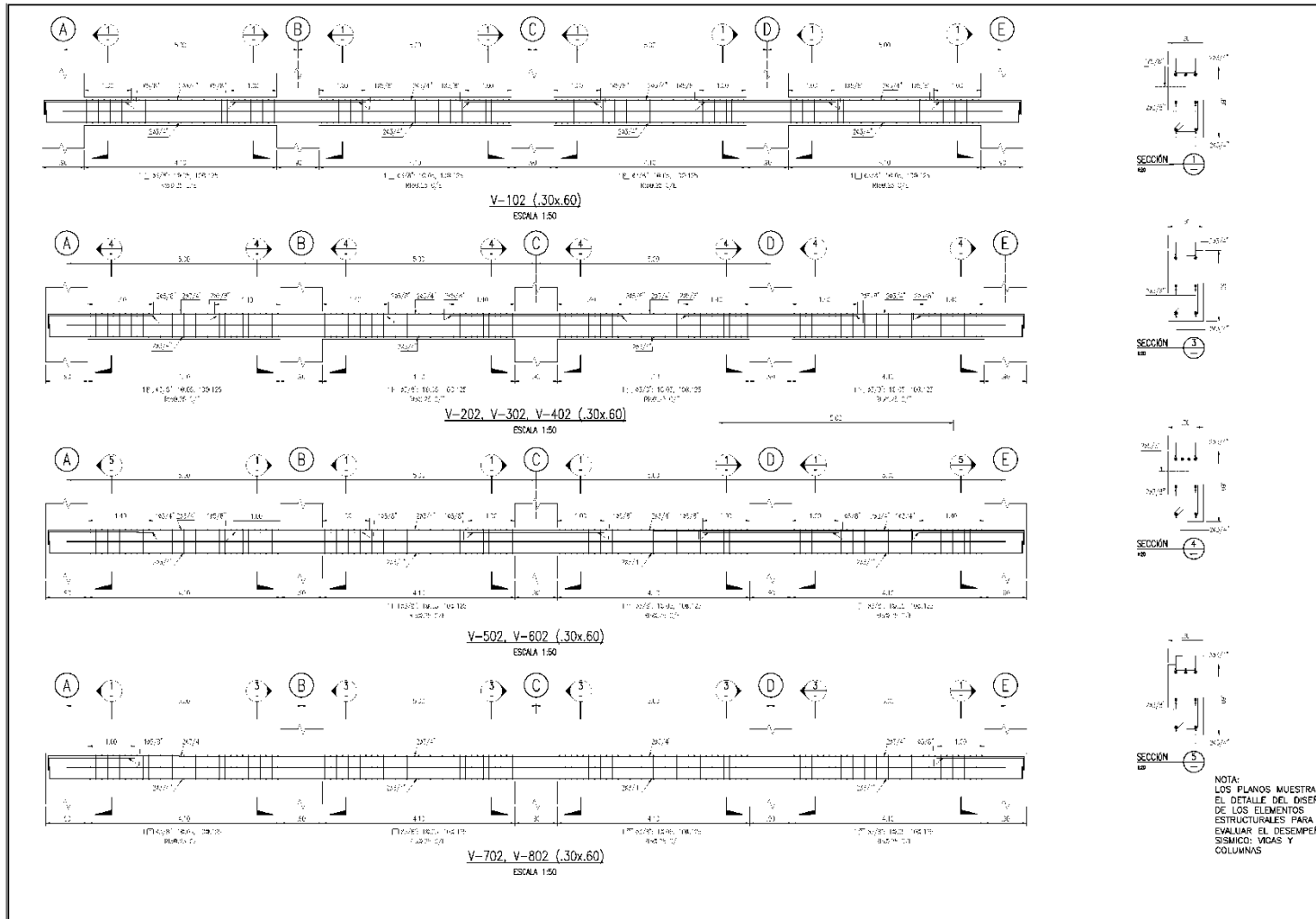
$$V_j = 1.25 \cdot 4200 \text{ kgf/cm}^2 \cdot (5.70 \text{ cm}^2 + 7.68 \text{ cm}^2) - 210850 \text{ kgf} = 140.605 \text{ tonf}$$

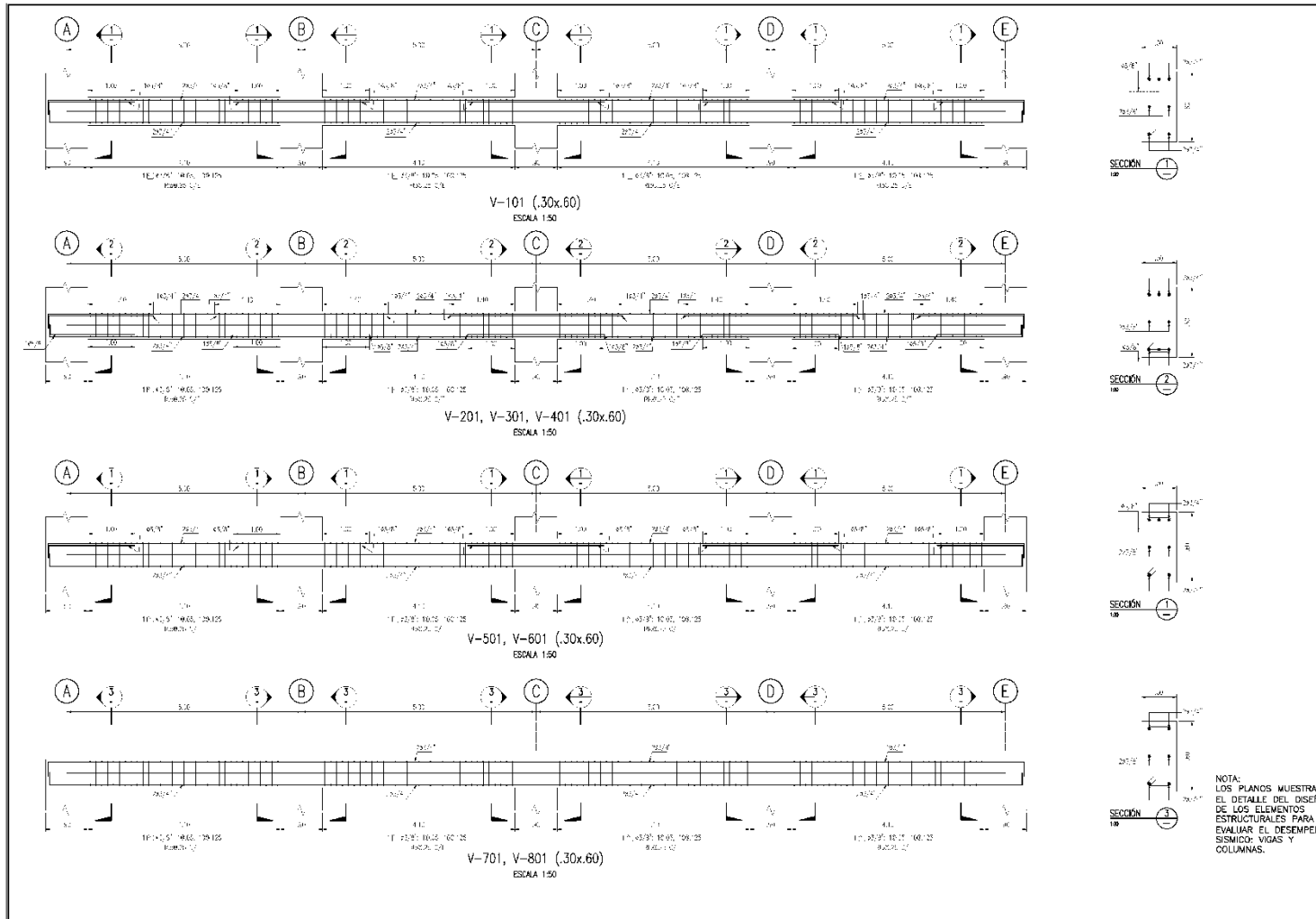
$$V_j = 140.605 \text{ tonf} \leq \phi V_n = 0.85 \cdot 375.62 \text{ tonf} = 319.28 \text{ tonf} \quad \text{OK}$$

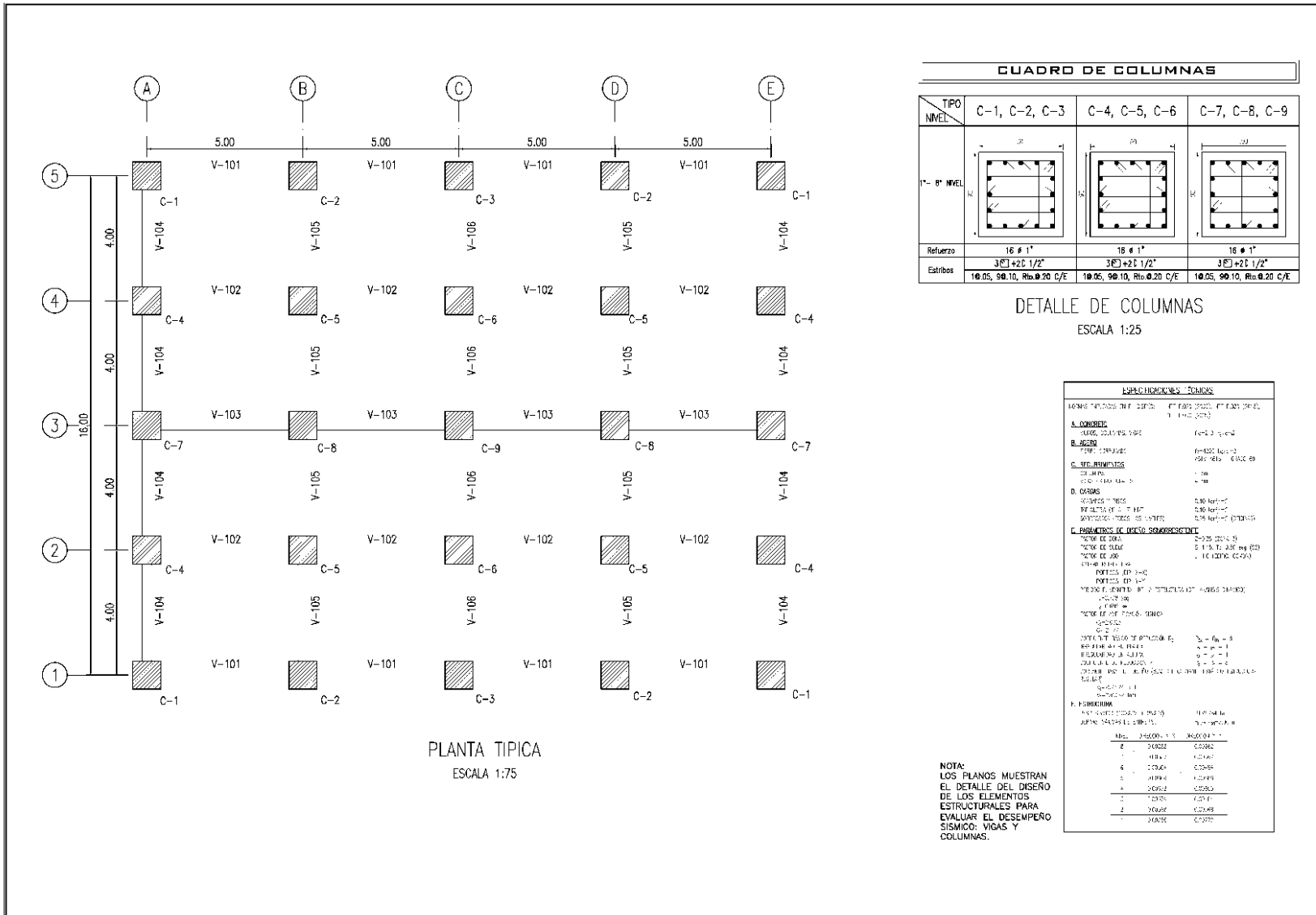




NOTA:  
LOS PLANOS MUESTRAN  
EL DETALLE DEL DISEÑO  
DE LOS ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES PARA  
EVALUAR EL DESEMPEÑO  
SISMICO, VIGAS Y  
COLUMNAS.







PLANTA TÍPICA  
ESCALA 1:75

CUADRO DE COLUMNAS			
TIPO	C-1, C-2, C-3	C-4, C-5, C-6	C-7, C-8, C-9
7º - 8º NIVEL			
Refuerzo	16 ø 1"	18 ø 1"	16 ø 1"
Estribos	3E) +2E 1/2"	3E) +2E 1/2"	3E) +2E 1/2"
	10.05, 90.10, Rta. 0.20 C/E	10.05, 90.10, Rta. 0.20 C/E	10.05, 90.10, Rta. 0.20 C/E

DETALLE DE COLUMNAS  
ESCALA 1:25

EXPLICACIONES TÉCNICAS	
A. CONCRETO	FORMA DE ACABADO DE SUPERFICIE: EN BRANCO (EXCEPTO EN EL CASO DE LAS PAREDES DE LOS MÓDULOS)
B. ACERO	TIPO: SERRAVALLE 4000 (400 MPa) Módulo de elasticidad: 21000 kg/cm²
C. SERVICIOS	CONDICIONES DE INSTALACIÓN: EN INTERIORES CONDICIONES DE MANTENIMIENTO: EN INTERIORES
D. OBRAS	PROTECCIÓN ANTI-RUIDO: 0.10 kg/m² PROTECCIÓN ANTI-FUEGO: 0.10 kg/m² PROTECCIÓN ANTI-ROBO: 0.10 kg/m² (EXCEPTO EN EL CASO DE LAS PAREDES DE LOS MÓDULOS)
E. PAVIMENTOS DE INTERIORES Y EXTERIORES	TIPO DE PAVIMENTO: EN BRANCO TIPO DE REJILLA: 15 x 15 cm (EXCEPTO EN EL CASO DE LAS PAREDES DE LOS MÓDULOS) TIPO DE REJILLA: 15 x 15 cm (EXCEPTO EN EL CASO DE LAS PAREDES DE LOS MÓDULOS)
F. ESTRUCTURAS	TIPO DE ESTRUCTURA: EN BRANCO TIPO DE ESTRUCTURA: EN BRANCO

NOTA:  
LOS PLANOS MUESTRAN EL DETALLE DEL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO SISMICO: VIGAS Y COLUMNAS.

## **ANEXO N°6: Nota bibliográfica**

**Rusvel Kennin Alborno Irribarren:** Nació el 11 de diciembre de 1994 en el distrito de San Francisco de Asís, provincia de Lauricocha y departamento de Huánuco, realizando estudios de nivel primario en la Institución Educativa Pedro Paulet Mostajo, el nivel secundario en la Institución Educativa Pedro Paulet Mostajo, en el año 2014 ingresa a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a la escuela académica profesional de Ingeniería Civil que cursó hasta el año 2020, posteriormente se dedicó a trabajar de manera independiente realizando proyectos de inversión en el sector público y Privado.

**Nilo Alvino Livia:** Nació el 26 de septiembre de 1991 en el distrito de Obas, provincia de Yarowilca y departamento de Huánuco, realizando estudios de nivel primario en la Institución Educativa N°32231 Hipólito Unanue, el nivel secundario en la Institución Educativa Inca Pachacútec, en el año 2014 ingresa a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a la escuela académica profesional de Ingeniería Civil que cursó hasta el año 2023, posteriormente se dedicó a trabajar de manera independiente realizando proyectos de inversión en el sector público.



**DECLARACIÓN JURADA**

Yo, Alvino Livia, Nilo, identificado con: 72269389, con domicilio en el AA.HH Señor de Burgos Mz-A, LT-11, distrito de: Pillco Marca, provincia de: Huánuco, departamento de: Huánuco; aspirante al: Título Profesional correspondiente al programa Carrera Profesional de Ingeniería Civil

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

La tesis titulada "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES", fue elaborada dentro del marco ético y legal en su redacción. Si en el futuro se detectara evidencias de vulnerabilidad en el sistema de antiplagio mediante actos que lindan con lo ético y legal, me someto a las sanciones a que hubiera lugar.

Huánuco, 20 de noviembre del 2023



Nilo Alvino Livia



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

### 1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

<b>Pregrado</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Segunda Especialidad</b>		<b>Posgrado:</b>	<b>Maestría</b>		<b>Doctorado</b>	
-----------------	-------------------------------------	-----------------------------	--	------------------	-----------------	--	------------------	--

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Facultad</b>	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
<b>Escuela Profesional</b>	INGENIERIA CIVIL
<b>Carrera Profesional</b>	INGENIERIA CIVIL
<b>Grado que otorga</b>	-----
<b>Título que otorga</b>	INGENIERO CIVIL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Facultad</b>	-----
<b>Nombre del programa</b>	-----
<b>Título que Otorga</b>	-----

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

<b>Nombre del Programa de estudio</b>	-----
<b>Grado que otorga</b>	-----

### 2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

<b>Apellidos y Nombres:</b>	ALBORNOZ IRRIBARREN, RUSVEL KENNIN							
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de Celular:</b>	925058481
<b>Nro. de Documento:</b>	73881421				<b>Correo Electrónico:</b>	rusvelkennin2014@gmail.com		

<b>Apellidos y Nombres:</b>	ALVINO LIVIA, NILO							
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de Celular:</b>	938754682
<b>Nro. de Documento:</b>	72269389				<b>Correo Electrónico:</b>	niloalvino2609@gmail.com		

<b>Apellidos y Nombres:</b>								
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de Celular:</b>	
<b>Nro. de Documento:</b>					<b>Correo Electrónico:</b>			

### 3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

<b>¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?:</b> (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)								<b>SI</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b>
<b>Apellidos y Nombres:</b>	ABAL GARCIA, BLADIMIR JHON					<b>ORCID ID:</b>	https://orcid.org/ 0000-0002-9301-2099			
<b>Tipo de Documento:</b>	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	<b>Nro. de documento:</b>	71509522		

### 4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

<b>Presidente:</b>	GOICOCHEA VARGAS, VÍCTOR MANUEL
<b>Secretario:</b>	MACHUCA GUARDIA, RISSEL
<b>Vocal:</b>	NARRO JARA, LUIS FERNANDO
<b>Accesitario</b>	QUINTANILLA HERRERA, ELISA RAQUEL


**5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)**

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

**6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)**





Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2023				
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo		Tesis Formato Patente de Invención		
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional		Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos		
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)				
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	ANÁLISIS		LINEAL		NO LINEAL		
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)				
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:				
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):					SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:							

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



### 7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	ALBORNOZ IRRIBARREN, RUSVEL KENNIN	Huella Digital
DNI:	73881421	
Firma: 		
Apellidos y Nombres:	ALVINO LIVIA, NJLO	Huella Digital
DNI:	72269389	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 20/11/2023		

### Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una **X** en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"  
**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 9 días del mes de noviembre de 2023, siendo las 18.30 pm, se dará cumplimiento a la Resolución de Decano N°841-2023-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°945-2023-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 03.NOV.2023 (Fijando fecha y hora de sustentación de tesis), en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL (Aprobando el procedimiento de la Sustentación de Tesis), los miembros del jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación en acto público de tesis titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de los Bachilleres de Ingeniería Civil **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN** y **NILO ALVINO LIVIA**, reuniéndose en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, el jurado examinador integrado por los docentes: Dr. Arq. Víctor Manuel Goicochea Vargas PRESIDENTE – Mg. Ing. Rissel Machuca Guardia, SECRETARIO – Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara, VOCAL y los bachilleres mencionados, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación de tesis y obtener el **Título Profesional de Ingeniero Civil** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Concluido el acto de defensa los miembros de jurado, procedió a la evaluación de los aspirantes al Título Profesional de Ingeniero Civil, obteniendo luego el resultado siguiente:

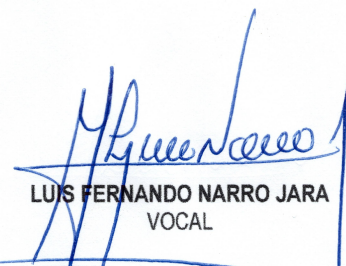
APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
ALBORNOZ IRRIBARREN RUSVEL KENNIN	APROBADO	15	BUENO
ALVINO LIVIA NILO	APROBADO	15	BUENO

Calificación que se realizó de acuerdo a la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL - Título VII – Capítulo VI Art.78 Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán

Dándose por finalizado dicho acto a las 20:12 PM del mismo día 9/11/2023 con lo que se dio por concluido y en fe de lo cual firmamos.

  
**VÍCTOR MANUEL GOICOCHEA VARGAS**  
 PRESIDENTE

  
**RISSEL MACHUCA GUARDIA**  
 SECRETARIO

  
**LUIS FERNANDO NARRO JARA**  
 VOCAL



"Año de la Unidad, la paz y al Desarrollo"  
**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**DECANATO**



**RESOLUCIÓN DE DECANO N°945-2023-UNHEVAL-FICA-D**

Cayhuayna, 03 noviembre 2023

**VISTO:** La solicitud virtual enviada por correo, de fecha 02.NOV.2023, de los Bachilleres en Ingeniería Civil **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN y NILO ALVINO LIVIA**, pidiendo fecha y hora para sustentación de tesis titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES;**

**CONSIDERANDO:**

Que, con solicitud virtual enviada por correo, de fecha 02.NOV.2023 de los Bachilleres en Ingeniería Civil **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN y NILO ALVINO LIVIA**, pidiendo fecha y hora para sustentación de tesis titulada: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES;**

Que, con Resolución Virtual N°841-2023-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 11.OCT.2023, se designo a la comisión de Revisar y Evaluar el Proyecto de tesis titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES**, a los docentes: Dr. Arq. Víctor Manuel Goicochea Vargas, Secretario: Mg. Ing. Rissel Machuca Guardia, Vocal: Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara, Accesitario: Mg. Ing. Elisa Raquel Quintanilla Herrera, como jurados revisores de Tesis de los Bachilleres en Ingeniería Civil **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN y NILO ALVINO LIVIA;**

Que, con CONFORMIDAD DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DE TESIS, de la Dr. Arq. Víctor Manuel Goicochea Vargas, INFORME N° 023-2023- EAPIC-UNHEVAL/RMG del Mg. Ing. Rissel Machuca Guardia, CARTA N° 084-2023/Mg.LFNJ del Mg. Ing. Luis Fernando Narro Jara, dan la conformidad a la tesis titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES**, de los Bachilleres en Ingeniería Civil **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN y NILO ALVINO LIVIA;**

Que, mediante Resolución Consejo Universitario N° 3412 – 2022 – UNHEVAL, de fecha 24 de octubre del 2022 en el Capitulo IV – Título III – Tesis – Art. 44° Una vez que los miembros de Jurado de Tesis informen al Decano acerca de la suficiencia del trabajo de tesis para su sustentación, el interesado presentará una solicitud dirigida al Decano pidiendo se fije lugar, fecha y hora para el acto de sustentación...;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano por Ley Universitaria N° 30220 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

**SE RESUELVE:**

- 1° **SEÑALAR** Fecha y hora para la sustentación Presencial de la tesis titulada **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES**, de los Bachilleres en Ingeniería Civil **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN y NILO ALVINO LIVIA**, para el día **jueves 9 noviembre 2023 a horas 18.30 am**, en modalidad Presencial, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura por los considerandos anotados.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
 Dr. Víctor Manuel Goicochea Vargas  
 DECANO



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

N°081-2023- DI/FICyA


El director de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco

**HACE CONSTAR** que:

EL Borrador de Tesis "**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES**" de los Bachilleres **RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBARREN** y **NILO ALVINO LIVIA**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Cuenta con un índice de similitud del 25 % verificable en el Reporte de Originalidad del software anti-plagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto el borrador de Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 16 de octubre 2023



  
Dr. JOSE LUIS VILLAVICENCIO GUARDIA  
Director de Investigación  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

DJLVG 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 8 NIVELES**

AUTOR

**RUSVEL KENNIN ALBORNOZ IRRIBAR - NILO ALVINO LIVIA**

RECUENTO DE PALABRAS

**32837 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**176457 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**206 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**11.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 16, 2023 2:56 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Oct 16, 2023 2:59 PM GMT-5**


● **25% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 24% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

  
-----  
Dr. Ing. Jose Luis Villavicencio Guardia  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DOCENTE DE LA FICA