



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO
COMERCIAL DE LA CIUDAD DE CARHUAZ, ANCASH, 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR:

LUIS AARON, COLONIA VITORIO

ASESOR:

ING. DANIEL ALBERTH, DIAZ BETETA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

HUARAZ - PERU

2017

PÁGINA DEL JURADO

Los miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo damos conformidad para la sustentación de la Tesis titulada “ANÁLISIS POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE CARHUAZ, ANCASH, 2017”, la misma que debe ser sustentada por el tesista aspirante a obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Huaraz 15 de Diciembre de 2017



Mgtr. Rojas Silva Víctor Rolando

PRESIDENTE



Ing. Díaz Beteta Daniel Albert

SECRETARIO



Ing. Escudero Escudero Rafael

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por darme su bendición para poder afrontar las adversidades y no desmayar en los momentos difíciles, por brindarme de conocimientos y habilidades para la culminación de la presente investigación.

Le dedico a mis padres, por su amor incondicional, por su paciencia en los momentos complicados, por brindarme el apoyo económico y por confiar en mí desde un inicio.

Le dedico a mis hermanas por brindarme momentos alegres cuando creía que podía estar perdido, por su empatía y su amor que me regalaron momentos felices.

Al Ing. Daniel Albert Díaz Beteta, por su importante guía y asesoramiento, demostrarme su disponibilidad en todo momento, en el transcurso del desarrollo de esta investigación.

A mi docente y metodólogo Dr. Vega Fernando Huincho, que compartió su conocimiento para guiarnos en esta investigación, su desarrollo y culminación de esta tesis.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por no desampararme a lo largo de toda mi vida, y por bendecirme rodeándome de personas maravillosas y llenándome de alegría, paz y gozo.

A ti mi padre, por ser mi ejemplo a seguir, por demostrarme que se logran las cosas con sacrificio y dedicación, tus enseñanzas las llevo conmigo; a ti madre por ser tan amorosa y atenta para conmigo, gracias por cuidarme y apoyarme en mis decisiones.

A ustedes mis hermanas, por nunca dudar de mis capacidades, y confiar en que puedo dar lo mejor de mí, gracias hermana menor por permitirme ser tu ejemplo a seguir.

Al Ing. Daniel Albert Díaz Beteta que me ha acompañado durante en el camino de la culminación de la tesis, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como profesional.

Por ultimo quiero agradecer a todas aquellas personas que me apoyaron con sus momentos, palabras y conocimientos.

EL AUTOR

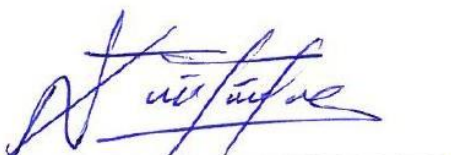
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Luis Aaron Colonia Vitorio con DNI N° 70891843, a afecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que presento es veraz y autentica.

Del mismo modo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como información aportada por la cual me someto a lo dispuesto de las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Huaraz, 15 de Diciembre de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Aaron Colonia Vitorio', written over a horizontal line.

COLONIA VITORIO LUIS AARON

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “ANÁLISIS POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE CARHUAZ, ANCASH, 2017”, la misma que está conformada por VII capítulos dispuestas por el reglamento de la Universidad César Vallejo. En el Capítulo I se encuentra la introducción con los antecedentes, marco teórico, justificación y objetivos de la tesis, en el Capítulo II se encuentra la metodología de la investigación, en el Capítulo III se detallan el tratamiento de resultados, resultados según los objetivos y los resultados descriptivos de la investigación, el Capítulo IV comprende la discusión de los resultados, en el Capítulo V se establecen las conclusiones, asimismo en el Capítulo VI se mencionan las recomendaciones, y por último el Capítulo VII dispuesto para las referencias bibliográficas. La misma que presento a vuestro juicio y esperando que cumpla con los lineamientos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

EL AUTOR

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Trabajos Previos.....	15
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	18
1.5. Justificación	25
1.6. Objetivos.....	26
1.6.1. Objetivo General	26
1.6.2. Objetivos Específicos.....	26
II. MÉTODO	27
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	27
2.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN:	27
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	29
2.4. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	30
2.6. ASPECTOS ÉTICOS	30
III. RESULTADOS.....	31
3.1. Tratamiento de los Resultados.	31
3.2. Resultados según los objetivos.	32
3.3. Resultados Descriptivos.	64
IV. DISCUSIÓN.....	89
V. CONCLUSIONES	92
VI. RECOMENDACIONES.....	94
VII. REFERENCIAS	95
ANEXO 01: INSTRUMENTO DE RECOPIACIÓN DE DATOS	97
ANEXO 02: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	100
ANEXO 03: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	101
ANEXO 04: PLANOS ESTRUCTURALES.....	103
ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO.....	104
ANEXO 06: GUÍA ETABS DE ANÁLISIS NO LINEAL – PUSH-OVER	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de Variables	28
Tabla 2: Matriz de Desempeño para sismos en X	32
Tabla 3: Matriz de Desempeño para sismos en Y	32
Tabla 4: Los parámetros Sismoresistentes.....	41
Tabla 5: obtención de la fuerza sísmica	41
Tabla 6: Aceleración espectral	42
Tabla 7: Deriva Inelástica en X.....	45
Tabla 8: Deriva Inelástica en Y	46
Tabla 9: Desplazamientos del Modo 1 en la dirección X	47
Tabla 10: Desplazamientos del Modo 1 en la dirección Y	48
Tabla 11: Peso total de la edificación	65
Tabla 12: relación de derivas en la dirección X	66
Tabla 13: relación de derivas en la dirección Y	66
Tabla 14: irregularidad de Peso.....	66
Tabla 15: irregularidad torsional	67
Tabla 16: Irregularidad por esquina entrante.....	68
Tabla 17: irregularidad por discontinuidad del Diafragma.....	68
Tabla 18: Resumen de Factores I_a y I_p	68
Tabla 19: Parámetros de sitio.....	70
Tabla 20: Zona Sísmica.....	71
Tabla 21: Factor de suelo.....	71
Tabla 22: Factor de uso.....	71
Tabla 23: Factor de reducción sísmica	72
Tabla 24: obtención de la fuerza sísmica	72
Tabla 25: Deriva Inelástica en X.....	74
Tabla 25: Deriva Inelástica en Y	74
Tabla 27: Espectros de demanda.....	75
Tabla 28: Desplazamiento vs cortante	79
Tabla 29: Desplazamiento vs cortante	79
Tabla 30: Conversión de la curva de capacidad a aceleración vs. Desplazamiento Espectral en X.....	81

Tabla 31: Conversión de la curva de capacidad a aceleración vs. Desplazamiento Espectral en Y	82
Tabla 32: Valores de espectro de capacidad en X	83
Tabla 33: Valores de espectro de capacidad en Y	83
Tabla 34: Parámetros para el Seccionamiento del Espectro de Capacidad	84

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Ficha técnica de inspección rápida.....	34
Figura 2. Ubicación del edificio.....	35
Figura 3. Arquitectura en elevación del Edificio GEOAGRO S.A.C	36
Figura 4. Arquitectura en Planta del Edificio GEOAGRO S.A.C	36
Figura 5. Configuración estructural en planta.....	37
Figura 6. Modelo Tridimensional del edificio de 4 niveles.....	39
Figura 7. Estructuración en planta del Edificio.....	40
Figura 8. Distribución de Cargas en altura	42
Figura 9. Aceleración inelástica.....	43
Figura 10. Desplazamientos máximos Sismo en X	44
Figura 11. Desplazamientos máximos Sismo en Y	45
Figura 12. Desplazamientos máximos en X	46
Figura 13. Desplazamientos máximos en Y	47
Figura 14: Espectro de Demanda Servicio	49
Figura 15. Espectro de Demanda Diseño.....	49
Figura 16. Espectro de Demanda Máximo	50
Figura 17. Espectros de Demanda según nivel de daño	50
Figura 18. Detalle de Rotulas Plásticas en ETABS v.16.2.0.....	52
Figura 19. Vista de rotulas generadas ETABS v.16.2.0.....	52
Figura 20. Vista de rotulas generadas ETABS v.16.2.0.....	53
Figura 21. Formación de Rotulas Plásticas ETABS v.16.2.0.....	53
Figura 22. Curva de Capacidad – Dirección X	55
Figura 23. Curva de Capacidad – Dirección Y	56
Figura 24. Espectro de Capacidad– Dirección X.....	57
Figura 25. Espectro de Capacidad– Dirección Y.....	57
Figura 26. Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en X.....	58
Figura 27. Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en Y.....	58
Figura 28. Seccionamiento del Espectro de Capacidad en X.....	59
Figura 29. Seccionamiento del Espectro de Capacidad en Y.....	60
Figura 30. Ubicación del punto desempeño en la dirección X.....	61
Figura 31. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y.....	62

Figura 32. Ficha técnica de inspección rápida.....	63
Figura 33. Ficha técnica de inspección rápida	64
Figura 34. Aceleración inelástica.....	73
Figura 35. Rotula tipo flexión M3 en vigas... ..	76
Figura 36. Rotula fuerza axial y momento acoplado P-M2-M3 en Columnas.....	77
Figura 37. Asignación de las Rotulas Plásticas... ..	78
Figura 38. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y para sismo de Servicio.....	85
Figura 39. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y para sismo de Diseño	85
Figura 40. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y para sismo Máximo.....	86

RESUMEN

La presente investigación tuvo por enfoque la filosofía de Diseño por Desempeño de un edificio destinada a comercio-vivienda en la ciudad de Carhuaz, Ancash, empleando el análisis no lineal Push-Over, que permitió describir la incursión inelástica de la estructura. Se tuvo como objetivo general de Analizar el desempeño sísmico de un edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz en el año 2017. La metodología de la investigación es de tipo no experimental por que no se manipulan las variables adrede, de carácter descriptivo debido a que los datos fueron tomados a través de la observación directa tal como se presentan en la realidad, la técnica consistió en el empleo de una ficha de inspección rápida para la recolección de datos y el empleo del programa ETABS v.16.2.0 para la obtención de resultados, la población y la muestra fue el mismo edificio en estudio.

Como resultados se obtuvo que la edificación presenta un desempeño aceptable, que se encuentra dentro de los parámetros básicos de la filosofía del no colapso para edificios convencionales, también cumple con la filosofía y principios sismorresistentes de la norma E.030, al aplicar el Push-Over el edificio en la dirección X obtuvo un desplazamiento máximo de 7.56 cm con una cortante basal de 405 tn, y en la dirección Y, la estructura alcanzo su capacidad máxima con un desplazamiento de 4.91 cm con una cortante basal de 280 tn, teniendo comportamientos para el sismo de servicio de ocupación inmediata, para el sismo de diseño un desempeño de seguridad de vida y para el sismo máximo un desempeño de prevención al colapso.

Palabras claves: Desempeño sísmico, análisis no lineal, curva de capacidad y espectro de capacidad, demanda sísmica.

ABSTRACT

The present investigation was focused on the Performance Design philosophy of a building destined to trade-housing in the city of Carhuaz, Ancash, using the non-linear Push-Over analysis, which allowed describing the inelastic incursion of the structure. The general objective was to analyze the seismic performance of a commercial building located in the city of Carhuaz in the year 2017. The research methodology is of a non-experimental type because the variables are not deliberately manipulated, because they are descriptive. The data were taken through direct observation as they are presented in reality, the technique consisted of the use of a quick inspection form for data collection and the use of the ETABS program v.16.2.0 to obtain results, the population and the sample was the same building under study.

As a result, it was obtained that the building presents an acceptable performance, which is within the basic parameters of the philosophy of non-collapse for conventional buildings, also complies with the philosophy and seismic principles of the E.030 standard, when applying the Push- Over the building in the X direction it obtained a maximum displacement of 7.56 cm with a basal shear of 405 tn, and in the Y direction, the structure reached its maximum capacity with a displacement of 4.91 cm with a basal shear of 280 tn, having behaviors for the immediate occupation service earthquake, for the design earthquake a life safety performance and for the maximum earthquake a performance of prevention to collapse.

Keywords: Seismic performance, non-linear analysis, capacity curve and capacity spectrum, seismic demand.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La tendencia de diseñar edificaciones con niveles de daños predecibles a diferentes tipos de acciones sísmicas que pueda experimentar durante toda su vida útil no es nueva, a inicio de los años 60 en Nueva Zelanda aparece una estrategia de diseño denominada “Diseño por Capacidad” esta estrategia estaba dirigida a prevenir el colapso ante sismos severos controlando las fallas frágiles que pudieran presentarse y propiciando mecanismos más dúctiles, en un rango de desplazamiento que superen la condición elástica. Esta estrategia se extendió posteriormente a los estados unidos, no hasta el terremoto de Loma Prieta en 1989 (magnitud 7.1) que se le dio más importancia al tema causando más de 8,000 millones de dólares en pérdidas económicas, el terremoto de Northridge en 1994 (magnitud 6.7) causando 20,000 millones de dólares en daños directos y en Kobe, Japón en 1995 (magnitud 6.9) causando pérdidas de 200,000 millones de dólares, quedando en evidencia la baja fiabilidad de los parámetros de diseño sísmico de las estructuras, lo que motivo a replantear las metodologías de diseño.

Por tal sentido en 1992 la SEAOC (Structural Engineers Association of California) establece el comité Visión 2000 para desarrollar un marco de trabajo que hiciera factible la creación de códigos modernos que estuviesen basados en el concepto de Diseño por Desempeño, en años posteriores se desarrollaron metodologías por parte del Applied Technology Council ATC y Federal Emergency Management Agency FEMA, como lo son el ATC 40 (1996), FEMA 273 (1997) y FEMA 356 (2000).

Es en año 2000 la normativa japonesa entra en revisión para la incorporación de la Filosofía de Diseño por desempeño producto del sismo de Kobe y en Europa, el proyecto sismo resistente basado en Desempeño queda recogido en el Eurocodigo 8 (2004).

En nuestra realidad sudamericana estas normativas son parte de análisis para su incorporación a las normativas de cada país, por nuestra parte el Perú es un

país altamente sísmico y lo demuestran los sismos registrados en nuestro territorio siendo el más reciente ocurrida el 15 de agosto del 2007 teniendo como magnitud de 7 grados en la escala de Richter, siendo el epicentro ubicado al oeste de Pisco, todos ellos dejando atrás la muerte de muchas personas y dañando severamente a las infraestructuras debido a que las estructuras eran muy vulnerables, por lo que los diseños actuales de edificaciones requieren un diseño más detallado en sismoresistencia.

Para el desarrollo de la tesis se analizó un edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz, Ancash, siendo una ciudad en crecimiento económico, se están construyendo edificios que albergan gran cantidad de personas, por lo que el análisis por desempeño nos permitió saber el daño final de la estructura ante un sismo.

1.2. Trabajos Previos

A nivel internacional. Según (Guevara, Nicolas; Osorio Rodriguez y Arturo, Eduardo, 2006) en su tesis “Evaluación de la Capacidad Estructural del Edificio de la Biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura, Utilizando Análisis Estático no Lineal (Pushover), tuvieron como objetivo evaluar la capacidad estructural del edificio aplicando las metodologías por ATC 40, FEMA 356 y Eurocódigo 8, demostrando la nueva filosofía de diseño, la que se basa en la calificación estructural para diferentes demandas sísmicas, y describir los criterios primordiales que son empleadas a nivel internacional según su normativa. Concluyeron que el edificio presenta un comportamiento aceptable para el estado límite de colapso por la siguiente situaciones: para el desplazamiento lateral que resulta de la intersección del espectro de capacidad con el espectro de respuesta elástico, considerado en este estudio, que corresponde a la resistencia máxima lateral del edificio, para la cual la estructura no presenta mecanismos de colapso significativos, por lo que continuara desplazándose lateralmente con un adecuada capacidad estructural”.

Según (Sanchez, Marco, 2010) en su tesis “Diseño Sísmico Basado en Desempeño para una Edificación Esencial de Concreto Reforzado, Teniendo como objetivo evaluar el comportamiento sísmico de una edificación esencial aplicando los criterios del diseño sísmico basado en desempeño, permitiendo el

manejo de los principales factores que influyen en la deducción del riesgo sísmico de estructuras de vulnerabilidad conocida, señalando la necesidad de cambiar las técnicas de análisis y diseño actual en función de los resultados obtenidos del desempeño estructural dado que son análisis más reales. Teniendo como conclusión que del diseño por desempeño resultaron ser más exactos que la metodología por resistencia, la curva de capacidad proporciona información exacta de la rigidez inicial, a la primera fluencia y posteriores, para cada nivel de desempeño seleccionado y demanda sísmica solicitada, permitiendo conocer la concentración de los esfuerzos en la edificación y contrastar con la evolución de los daños que se presenta hasta el punto en que inicia el colapso de la estructura”.

Según (Pérez, José; 2013). En su tesis “Diseño Sismo Resistente por Desempeño y sus Efectos en el Comportamiento Estructural, Teniendo como objetivo estudiar y comparar el método sismorresistente por desempeño y el método sismorresistente basado en fuerzas, proponiendo una guía para diseño sismo resistente de acuerdo a los niveles de seguridad según a las excitaciones sísmicas para las que se debe diseñar es decir los sismos frecuente, ocasional, raro y muy raro, por lo que la estructura deberá comportarse de acuerdo a los niveles de desempeño esperados. Concluyo que, debido a los cambios recientes de los reglamentos de diseño sísmico, y por experiencias en países con características sísmicas parecidas al Ecuador se pudo demostrar que por medio de los procedimientos tradicionales no es posible estimar adecuadamente el comportamiento de la estructura frente a nuevas demandas sísmicas, ya que estos se fundamentan en la utilización de factores a partir de los cuales se estima el comportamiento inelástico de la estructura. En la mayoría de los casos, estos procedimientos son bastante conservadores”.

A nivel nacional, Según (Vergara, Victoria y Zevallos, Mario; 2014) en su tesis “Análisis Sísmico por Desempeño Estático no Lineal de un edificio de 6 Niveles en la Ciudad de Trujillo, La Libertad, tuvieron como objetivo realizar el diseño por desempeño y análisis sísmico no-lineal estático de un edificio de la localidad de Trujillo de tal manera que establezcan parámetros de calidad a diferencia con un

diseño estructural tradicional. La metodología empleada mediante un esquema de trabajo de acuerdo a los métodos de análisis FEMA 356 y ATC 40. Llegando a la conclusión que el Análisis No- Lineal Estático Pushover, es un procedimiento a través de la cual se comprende el comportamiento de la estructura ante un movimiento sísmico, mostrándonos una serie de apariciones de rotulas plásticas que a medida finalizan con el colapso de edificio, empleando la NTP E-030 se obtuvo el grado de daño que provoco”.

Según (Alcantara, Kelly y Nalvarte, Carlos; 2016). En su tesis “Desempeño Estructural Aplicando la Norma ATC 40 para el Reforzamiento del Pabellón MONOBLOCK del Instituto Nacional de Salud del Niño, Breña, Lima, tuvieron como objetivo general determinar cuál es la contribución de la norma ATC 40, en el mejoramiento del nivel de desempeño estructural, para implementar un reforzamiento adecuado en el pabellón “Monoblock” del Instituto Nacional de Salud del Niño. La metodóloga consistió en la aplicación de un 9 por ciento de los procedimientos de la Norma ATC 40, con el cual se puede mejorar el nivel de desempeño estructural empleando los objetivos de rendimiento, identificando las deficiencias y métodos de rediseño en la evaluación estructural. En la que concluyeron que se pueden mejorar el nivel de desempeño esperado de la edificación y los diferentes niveles sísmicos, del planteamiento de la propuesta de reforzamiento se optó por emplear disipadores de energía de tipo viscoso para el primer bloque del Instituto, para que presente un moderado grado de desempeño ante un sismo severo”.

Para (Paredes, Miguel, 2016). En su tesis “Evaluación del Desempeño Sismorresistente de un Edificio Destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el Análisis Estático no Lineal Pushover, se tuvo como objetivo comparar el grado de desempeño de una vivienda de la ciudad de Lima ante diferentes demandas sísmicas con las características indicados en la norma sismorresistente, realizando el diseño sísmico siguiendo los parámetros de la NTP E-030 y posteriormente el diseño estructural aplicando la NTP E-060, para finalmente desarrollar el Diseño por Desempeño empleando el análisis Pushover basado en el código FEMA. Concluyendo que el desempeño sismorresistente de

un edificio dual tipo vivienda de la ciudad de Lima por los sismos severos cumple con lo mencionado en la NTP E-030 con respecto al objetivo del no colapso, pues se obtuvo un nivel de desempeño de Seguridad de Vida y Prevención del Colapso respectivamente. De igual modo se obtuvo una respuesta elástica con un nivel de desempeño Operacional para un sismo frecuente y para un sismo Ocasional se obtuvo un grado de desempeño de Ocupación Inmediata, llegando a cumplir con las solicitaciones de la NTP E-030 de que el edificio debería de soportar movimientos sísmicos moderados, experimentando únicamente daño no estructural”.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

“El **diseño basado en el desempeño** de la estructura ante la acción del sismo consiste en la selección de esquemas de análisis y evaluación apropiados que permitan el dimensionado y detalle de los componentes estructurales y no estructurales, de manera que, para los distintos niveles de demanda sísmica determinados y con ciertos niveles de confiabilidad, los daños en la estructura no deberán superar ciertos estados límite” (Bertero, 1997).

“La **Ingeniería basada en el desempeño sísmico** es un proceso que inicia con el planteamiento inicial del proyecto y termina cuando la estructura deja de existir. Este proceso incluye: la selección de los objetivos de desempeño, la determinación de las características de la zona, el diseño conceptual, el desempeño preliminar, el desempeño final, los chequeos de aceptabilidad durante el diseño, la revisión del diseño, control de calidad de la construcción, el mantenimiento durante la vida útil de la estructura. Cada paso es crítico para el proceso y el éxito del diseño y debe ser dirigido hacia niveles aceptables con el objetivo de desempeño seleccionado” (Bonnett, R. 2003, p 49).

Considerando lo anterior, está claro que un análisis por desempeño sísmico es un proceso que inicia con el planteamiento del proyecto y va a terminar cuando la estructura deja de existir.

“El **desempeño** se cuantifica en términos de la cantidad de daño en un edificio afectado por un movimiento sísmico y el impacto que tienen estos daños en las

actividades posteriores al evento. Este concepto no sólo es aplicable a edificios, sino que puede ser extendido a todo tipo de estructuras e incluso a sus componentes no estructurales y contenidos”.

“Es importante conocer su desempeño en términos de índices de daño a nivel local y global de la edificación, cuantificar las pérdidas económicas que se van a producir a nivel estructural como no estructural y ver si son aceptables. En definitiva, se pretende optimizar el diseño estructural, se pretende conocer más sobre el comportamiento de la estructura ante diferentes acciones sísmicas, lo que no determina de forma clara la variable que determina el grado de desempeño, como el desplazamiento lateral mínimo en el edificio, su ductilidad, la deriva de entre piso, la energía disipada por los elementos estructurales y los índices de daño” (BONNETT. 2003, p.49).

Los antecedentes del análisis por desempeño sísmico se describen de una manera breve:

Visión 2000, “Fue iniciado en 1992 por la Structural Engineers Association of California SEAOC, en la que se establecen nivel de objetivos de desempeño y niveles de peligrosidad sísmica, su aplicabilidad es la rehabilitación de estructuras existentes y el diseño de nuevas” (VLACEV, 2011, p.6)

FEMA 356, “En paralelo con Visión 2000, la U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA), inicio un proyecto para la rehabilitación de edificios. De este proyecto resultaron los reportes FEMA 273 (1996) y el FEMA 274 (1996), los que fueron reevaluados y modificados, para posteriormente ser publicados como un estándar del ASCE, el FEMA 356 fue estandarizado como ASCE/SEI 41-06, 2007. El marco conceptual es parecido al de Visión 2000, asocia niveles de desempeño con niveles de peligro; pero los niveles de peligrosidad sísmica son distintos y define los niveles de desempeño como operacional, ocupación inmediata, seguridad de vida, y prevención del colapso”. (VLACEV, 2011 p.7)

ATC 40, “En paralelo con el FEMA, el estado de California comisionó el desarrollo de guías para la evaluación sísmica para estructuras de concreto armado. Este proyecto resultó ser el ATC 40 (1996). En el marco conceptual presentado para el diseño por desempeño es similar al de Visión 2000, y por lo

que su implementación depende de la capacidad de predecir demandas sísmicas, como son las derivas de los pisos y rotación de rótulas. La predicción del objetivo de desplazamiento se basa en el método del espectro de capacidad; en este método la curva del pushover, se convierte en una curva de capacidad similar a un sistema de un grado de libertad, y de la intersección de esta nueva curva con un espectro de respuesta modificado, se obtiene un punto de desempeño. El espectro de respuesta modificado, se obtiene a partir de un espectro de diseño con un amortiguamiento” (VLACEV, 2011 p.8).

Definición de Niveles de desempeño.

“El **nivel de desempeño** describe un estado máximo de daño. Muestra una situación máxima o admisible establecida en base de los posibles daños físicos sobre la estructura, el riesgo sobre la seguridad de los ocupantes de la edificación incitados por estos daños y la continuidad operacional de la edificación luego del evento sísmico. Expresa la máxima extensión del daño, considerando condiciones de elementos estructurales y elementos no estructurales, su contenido y los ocupantes. Dependiendo de los deseos del propietario de la edificación, existe un amplio rango de requerimientos de desempeño estructural los cuales pueden ser adaptados según los objetivos de rehabilitación requeridos” (SÁNCHEZ. 2010, p. 23).

Durante mucho tiempo se buscó desarrollar de una mejor manera el diseño por desempeño, presentado diferentes niveles y objetivos de comportamiento, las más representativas son las del SEAOC Visión 2000 y ATC 40. Ambas se describen a continuación.

Niveles de Desempeño de Acuerdo a Visión 2000, “La propuesta de Structural Engineers Association of California (SEAOC) emitida por el comité VISION 2000 (1995) da cuatro niveles de desempeño establecidos a través de los siguientes parámetros”. (BONNET, 2003, p.50)

- Totalmente Operacional.
- Operacional.
- Seguridad.
- Próximo al Colapso.

Niveles de Desempeño de acuerdo a ATC 40, “Entre el FEMA y el ATC existe una similitud en las propuestas de nivel de desempeño. Por lo que las guías ATC-40 y el FEMA-356, pueden ser enunciadas de forma conjunta; sin embargo, no en términos de sus límites de daño. Estas propuestas definen el nivel de desempeño con un valor alfanumérico de forma separada para la estructura y para los elementos no estructurales de manera que forman una matriz que conduce al diseñador a la definición del nivel de desempeño global de la edificación” (SÁNCHEZ, M. 2010, p.25).

Niveles de Daño para Elementos Estructurales. “Estos daños describen el posible daño sobre los elementos estructurales del edificio, son cinco los estados de daños, tres principales: ocupación inmediata, seguridad y estabilidad estructural y dos categorías intermedias: daño controlado y seguridad limitada. Los tres estados de daño principales son utilizados de forma directa para definir criterios técnicos en los procesos de evaluación y rehabilitación de las estructuras, mientras que las categorías intermedias permiten diferir, de una manera más adecuada y útil, el nivel de desempeño de la estructura” (Bonnett, R. 2003, p 53).

- SP1 Ocupación Inmediata
- SP2 Daño controlado
- SP3 Seguridad de vida
- SP4 Seguridad limitada
- SP5 Estabilidad estructural
- SP6 No considerado

Niveles de Daño para Elementos No Estructurales, “Estos describen el posible daño sobre los elementos no estructurales. Se consideran 4 niveles de desempeño para los elementos no estructurales. La abreviación NP significa: Nonstructural Performance – Desempeño no Estructural” (ATC 40, 1996)

- NP. A Operacional
- NP. B Ocupación Inmediata
- NP. C Seguridad
- NP. D Amenaza reducida
- NP. E No considerado

Niveles de Desempeño de la Edificación, Para definir el nivel de desempeño de la edificación, se realiza una matriz que combina los niveles estructurales y no estructurales descritos de tal forma que juntos definan los estados de daño de la edificación, es decir, mostrar el comportamiento global del edificio.

Los siguientes niveles de desempeño se relacionan con respecto a la funcionalidad de la edificación.

- 1A. Operacional
- 1B. Ocupación Inmediata
- 3C Seguridad
- 5E Estabilidad estructural

Los niveles de demanda sísmica del ATC 40, emplea tres niveles de movimientos sísmicos para el diseño de estructuras, sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo:

- Sismo de Servicio
- Sismo de Diseño
- Sismo Máximo

“El nivel de desempeño esperado de la edificación, se establece cuando se identifican los límites de daño tolerables en una edificación y los niveles de movimientos del terreno debido a sismos. Para el ATC-40 (1996), la decisión sobre el nivel de desempeño esperado para una edificación depende básicamente de consideraciones funcionales, políticas y económicas de preservación. Dado que las edificaciones se caracterizan de acuerdo a usos particulares según uso e importancia” (AGUIAR, 2003).

Objetivos del diseño por desempeño, La selección de los objetivos de desempeño sísmico es el primero de los pasos del proyecto de diseño por desempeño.

“Estos objetivos de desempeño corresponden a expresiones de relación entre los niveles de desempeño deseados para la estructura y el nivel de demanda sísmica esperado. Dependen entre otras variables del tipo de ocupación, importancia, costo estimado de reparación, el costo de la interrupción de las actividades realizadas en su interior, y consideraciones de la importancia de la estructura según su uso o fin” (BERTERO, 1997).

Propuesta Visión 2000, la SEAOC relaciona el movimiento de diseño sísmico con el nivel de desempeño de la estructura, en tres grupos principales:

- a) edificaciones críticas
- b) edificaciones esenciales
- c) edificaciones básicas.

El primer grupo concierne a cualquier tipo de instalación que pueda resultar en una amenaza inaceptable para la comunidad, como un depósito de gas; el segundo grupo se refiere a las instalaciones que ante una eventualidad sísmica deben seguir operables, tales como hospitales y estaciones de bomberos; y el tercer grupo refiere a cualquier instalación que no esté dentro de los dos grupos anteriores.

Propuesta de ATC 40, “Esta propuesta considera que existe una gran cantidad de objetivos de desempeño para una estructura, los cuales pueden definirse combinando los niveles de desempeño estructural con las demandas sísmicas. Estos objetivos son asignados a cualquier estructura partiendo de las consideraciones funcionales, legales, económicas y de preservación” (BONNET, 2003, p.59)

Calculo de la capacidad estructural, “toda estructura posee una capacidad estructural, la cual depende de la resistencia y deformación máxima de cada uno de sus elementos estructurales. Se puede describir la capacidad de una estructura de acuerdo al rango en que se quiera que esta trabaje, ya sea elástico o inelástico. La capacidad estructural es representada mediante una curva de capacidad, la cual relaciona las fuerzas de la cortante Basal y los desplazamientos en el ultimo nivel de la edificación” (SÁNCHEZ, 2010, p.23)

Análisis estático no lineal (Pushover), “El análisis estático no lineal es una técnica eficiente para estudiar la capacidad estructural, resistencia a la deformación, de una estructura bajo una distribución esperada de fuerzas inerciales. Este análisis se realiza sometiendo a la estructura a un conjunto de cargas laterales en una sola dirección que se incrementan monotónicamente hasta alcanzar la capacidad ultima de la estructura. Utilizando este procedimiento, es posible identificar la secuencia del agrietamiento, cedencia y fallo de los elementos estructurales, los estados límites de servicio y la historia

de deformaciones y cortantes en la estructura que corresponde a la curva de capacidad”. (BONNETT, 2003, p. 61).

Curva de capacidad, “La grafica de la carga lateral total V, en una estructura, en relación a la deflexión lateral D, del techo de la estructura y se refiere a la curva Pushover”. (ATC 40, 1996, p. 15).

Rotula Plástica, “Estas son obtenidas a través de un análisis no lineal, en efecto describen como se genera la fluencia de los elementos, una rotula se genera en el punto en la que la capacidad fue superada y está representada por diagrama momento-curvatura que tendrán las diferentes secciones de cada elemento y por tanto su gráfico de histéresis” (FLORES, 2003, p. 11).

Ver Anexo 7 – figuras 10e y 10i, parámetros del diagrama Momento - Curvatura de acuerdo a la recomendación del ASCE 41 – 13.

ASCE 41 – 13 “Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings”, es la normativa actual que rige en los EEUU, para el análisis sísmico y rehabilitación de estructuras existentes, en esta se consolidan las consideraciones actuales para determinar el desempeño para estructuras nuevas y existentes.

Punto de desempeño, “Una definición adecuada del punto de desempeño de una estructura es útil para el diseño de nuevas estructuras, para la rehabilitación de estructuras existentes y para el análisis de vulnerabilidad y daño sísmico. La identificación de este punto permite entender mejor el comportamiento de una estructura sometida a movimientos sísmicos de diferente intensidad y puede ser de gran ayuda para incrementar los niveles de seguridad a un bajo costo” (Bonnett, 2003, p. 67).

Espectro de capacidad, Según Villanueva (2009, p. 22) “el espectro de capacidad resulta de transformar la curva de capacidad a una que relacione el desplazamiento espectral, con la aceleración espectral que es capaz de resistir la estructura, y así poder comparar directamente la demanda con la capacidad de la estructura”

Espectro de Demanda Sísmica, “Es el espectro de respuesta reducido utilizado para representar el movimiento del suelo, este diagrama se grafica en el eje de las ordenadas las aceleraciones espectrales y en las abscisas el desplazamiento espectral”. (Bonnett, 2003, p. 65).

Estimación del punto de desempeño, Según BONNET (2003, p. 67) “El punto de desempeño en una edificación resulta de relacionar su espectro de capacidad estructural versus el espectro de demanda sísmica que la afecta. El punto de desempeño sirve como un parámetro de comparación contra el que se mide un objetivo de diseño. Este objetivo generalmente es relacionado al desplazamiento de un nodo de interés”.

Seguido a este procedimiento se ha desarrollado dos métodos para determinar el punto de desempeño tomando como base esta metodología de análisis estos son:

El Método del Espectro de Capacidad (MEC).

El Método del Coeficiente de Desplazamiento (MCD).

Todos estos fundamentados en los estudios del ATC 40 y FEMA 356 respectivamente.

1.4. Formulación del Problema

Por tal sentido, en base al estudio de la tesis, desempeño sísmico, se planteó el siguiente problema **¿Cuál será el desempeño sísmico del edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz?**

1.5. Justificación

Siendo el Perú un país altamente sísmico, surge la necesidad de diseñar nuestras edificaciones con normativas innovadoras basadas en el desempeño estructural, resultando en estructuras que tengan un mejor comportamiento sismorresistente controlable y predecible respondiendo adecuadamente a niveles definidos de sismo, dentro de niveles y objetivos de confiabilidad definidos permitiéndonos conocer el daño estructural repercutiendo en pérdidas económicas.

En un principio las respuestas que interesan estaban basadas en diseño por resistencia, estimado la demanda sísmica, pero este criterio ha cambiado y ahora interesan las que se encuentran basadas en los desplazamientos, es decir en la capacidad de las estructuras de disipar las energías incursionando en el rango inelástico o deformaciones plásticas, esto significa que las estructuras sean en gran medida tolerables a deformaciones impuestas.

Nuestra norma E030 considera un solo nivel de sismo para el cual no debe de colapsar la edificación (sismo de Diseño o sismo severo), pero no considera la verificación de la estructura en sismos menores que se van a repetir varias veces durante su vida útil, sismos moderados y sismos más fuertes, por lo que es necesario considerar un análisis por desempeño ante diferentes amenazas sísmicas, sin embargo, la E.030 dentro de filosofía y principios sismorresistentes nos indica que los edificios esenciales deben de seguir operativas luego de un sismo severo dando referencia a emplear las nuevas metodologías de diseño sismorresistente basadas en desempeño.

Por lo expuesto surgió la idea de desarrollar la tesis con la intención de analizar el desempeño sísmico de un edificio comercial diseñada con las NTP E-060 y la demanda sísmica dada por NTP. E-030. Lo que nos permitió evaluar los niveles de desempeño de la estructura de acuerdo a los objetivos de desempeño, determinado el comportamiento de los elementos estructurales ante un evento sísmico, determinado el estado último de daño. El edificio se ubica en la ciudad de Carhuaz, Departamento de Ancash.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Analizar el desempeño sísmico de un edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el estado situacional del edificio a nivel estructural mediante una ficha de inspección rápida y planos estructurales.
- Realizar el análisis sísmico con la NTP E.030-2016 y determinar los diferentes espectros de demandas sísmicas.
- Modelamiento estructural de la edificación incluyendo rotulas plásticas en el programa computacional ETABS v.16.2.0.
- Obtención del Punto de desempeño o comportamiento post sismo de la estructura.

II. MÉTODO

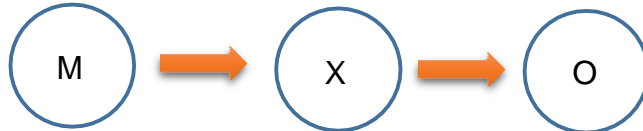
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental

Estudio Descriptivo

Describe las características de un conjunto de unidades de estudios.

Teniendo su muestra, variable y resultado.



Donde:

M: Muestra.

X: Variable.

O: Resultados.

2.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN:

Identificación de la variable:

- Análisis por desempeño sísmico.

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Análisis por desempeño sísmico	El análisis por desempeño sísmico de estructuras se basa en la premisa de que su comportamiento puede predecirse y evaluarse, con suficiente seguridad para el ingeniero estructural y el propietario, con el objetivo de tomar decisiones más acertadas, teniendo información sustentada en consideraciones con respecto al ciclo de vida del edificio en vez de solo costos de construcción.	Para el análisis por desempeño se partió de los datos técnicos, como planos estructurales y características del tipo de suelo, se realizó una inspección técnica al edificio que nos permitió replantear los planos, se realizó el análisis sísmico, se procedió a determinar los niveles de desempeño, niveles de peligro sísmico y los objetivos de desempeño, se realizaron cálculos para determinar el espectro de demanda sísmica, luego se idealizaron las rotulas plásticas en el programa ETABS, para luego obtener la curva de capacidad mediante el método push-over para determinar el comportamiento de la estructura dentro de un rango no lineal, se hizo la transformación de la curva de capacidad obtenida a un espectro de capacidad finalmente la intersección de los espectros de demanda y el espectro de capacidad permitió obtener el punto de desempeño, se verifico si está dentro los objetivos de desempeño.	Ficha Técnica de Inspección Rápida.	Capacidad Portante.	Nominal
				Dimensiones de Elementos estructurales	Nominal
			Análisis Sísmico.	Rigidez Esfuerzos Derivas	Nominal
			Desempeño Sísmico.	Demanda Sísmica	Nominal
				Rotulas Plásticas	
				Curva de Capacidad	
Espectro de Capacidad					
	Espectro de demanda Sísmica				
	Punto de desempeño				

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN Y MUESTRA

Para esta investigación la población y la muestra es el edificio comercial, ubicado en la ciudad de Carhuaz, para analizar el desempeño sísmico del mismo.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Se midió el desempeño final de la estructura ante diferentes sismos, del edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz.

CRITERIO DE INCLUSIÓN

El desempeño sísmico, como parte del estudio, para su medición y predicción ante una demanda sísmica.

2.4. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

TÉCNICA

La técnica consistió en la observación directa, a través de una inspección al edificio, se obtuvo datos técnicos del proyecto, como planos y datos de mecánica de suelos, se consultó normativas internacionales y nacionales para que por último el edificio sea modelado en el programa computacional ETABS V16.2.0 de análisis estructural.

INSTRUMENTO

El instrumento para la recolección de datos fue una ficha técnica de inspección rápida al edificio, con la misma se pudo replantear las secciones de los elementos descritas en el plano estructural.

Por otra parte, los datos técnicos del proyecto fueron proporcionados por el propietario como los planos estructurales.

El instrumento que se empleó para la obtención de resultados fue mediante el empleo de un programa computacional de análisis estructural, denominado ETABS en su versión 16.2.0 especializado en el análisis de edificaciones tridimensionales.

Se realizó una selección de la información existente y de literatura que se involucraran con la investigación para obtener datos necesarios y confiables.

2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

El análisis será descriptivo debido a que se representará el desempeño del edificio comercial ante demandas sísmicas, pudiendo controlar y predecir el daño final que presentará el edificio.

El análisis de los datos será cuantitativo, debido a que la obtención de datos y desarrollo de cálculos será mediante el programa computacional de análisis estructural.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

El desarrollo del proyecto de investigación se trabajó de manera transparente, buscando que los resultados sean obtenidos sean veraces y fiables.

III. RESULTADOS

3.1. Tratamiento de los Resultados

Para el desarrollo de la presente tesis se partió de la obtención de datos técnicos proporcionados por el propietario del edificio, planos estructurales y características del suelo, se realizó la inspección al edificio empleando la ficha técnica de inspección rápida (instrumento de recopilación de datos) que permitió obtener datos generales de la edificación en análisis, y replantear el plano estructural debido a los cambios en los elementos estructurales durante la construcción.

Posteriormente se procedió a determinar los niveles de desempeño, niveles de peligro sísmico, los objetivos de desempeño esperados de una manera conceptual, se realizó el análisis sísmico estático y dinámico del edificio cumpliendo con los parámetros de la Norma Técnica Peruana E.030-2016, luego se realizaron los cálculos correspondientes para determinar los espectros de demanda sísmica en diferentes niveles.

Se aplicó el programa computacional de análisis estructural ETABS v.16.2.0, se idealizaron las rótulas plásticas a elementos de columnas, vigas y muros de acuerdo a las recomendaciones ASCE 41-13 (Diseño por desempeño Sísmico) haciendo un análisis local de la edificación.

Como pasos finales se obtuvo la curva de capacidad mediante el método push-over para determinar el comportamiento de la estructura cuando entra en un rango no lineal, superponiendo la curva de espectro de capacidad y los espectros de demanda sísmica nos permitió obtener el punto de desempeño del edificio, finalmente se verificó si se encuentra dentro de un rango considerable.

3.2. Resultados según los objetivos

3.2.1. Resultados del objetivo general

El análisis del desempeño sísmico de la edificación en estudio queda resumido en la siguiente matriz de desempeño:

Para la dirección en X:

Tabla 2: Matriz de Desempeño para sismos en X

Movimiento Sísmico	Matriz de Desempeño - Sismo en "X"			
	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de Vida	Estabilidad Estructural
Sismo de Servicio, (SE)				
Sismo de Diseño, (SD)				
Sismo Máximo, (SM)				

Fuente: Adaptación del ATC-40.

En la dirección X, para un sismo de servicio se obtuvo un comportamiento Operacional, para un sismo de diseño un desempeño de Ocupación Inmediata y para un sismo máximo un desempeño de Seguridad de Vida.

En conclusión, la edificación presenta un comportamiento adecuado en esta dirección, según lo estipulado por la filosofía del no colapso ante sismos máximos y asegurando la vida de los ocupantes.

Para la dirección en Y:

Tabla 3: Matriz de Desempeño para sismos en Y

Movimiento Sísmico	Matriz de Desempeño - Sismo en "Y"			
	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad de Vida	Prevención al Colapso
Sismo de Servicio, (SE)				
Sismo de Diseño, (SD)				
Sismo Máximo, (SM)				

Fuente: Adaptación del ATC-40.

En la dirección en Y, para un Sismo de Servicio obtuvo un comportamiento de Ocupación Inmediata, para un Sismo de Diseño describe un comportamiento de Seguridad de Vida y finalmente para un Sismo Máximo presenta un comportamiento de Prevención al Colapso.

En conclusión, la edificación cumple con los objetivos básicos para edificaciones comunes, para un sismo de diseño el edificio presenta un comportamiento de resguardo de vida y para un sismo máximo un comportamiento de previa a colapsar representando un comportamiento suficiente para este tipo de edificaciones.

3.2.2. Resultados respecto a los objetivos específicos.

3.2.2.1. Evaluación del estado situacional del edificio a nivel estructural mediante una ficha de inspección rápida y planos estructurales.

A continuación, se describe la aplicación de la ficha técnica de inspección, elaborada con la finalidad de obtener características generales del edificio, en ubicación, años de operación, áreas construida, usos de niveles, sistema estructural, características respecto a la NTP E.030, dimensiones de las secciones de elementos predominantes e irregularidades estructurales, y realizar el replanteo de los planos estructurales según los cambios de sección y distribución que se pudieron observar, de tal manera de realizar un análisis real de la edificación.

D. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL			
VISTA EN PLANTA			
ESTRUCTURA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> otros	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Irregularidad en planta <input checked="" type="checkbox"/> Asimétrico (efectos de tensión) <input type="checkbox"/> Aberturas en planta > 20% (área o longitud) <input checked="" type="checkbox"/> Longitud entrantes/salientes > 20 % <input type="checkbox"/> En "L" u otra geometría irregular <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores			
SI ES ESTRUCTURA IRREGULAR TIENIRREGULAR	<input checked="" type="checkbox"/> X		REGULAR
JUNTA DE SEPARACION SISMICA	NO	<input type="checkbox"/> SI	
VISTA EN ELEVACION			
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Irregularidad en elevación <input type="checkbox"/> Planta baja flexible <input type="checkbox"/> Marcos o muros no llegan a la cimentación <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Reducción de planta en pisos superiores <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores			
ESTRUCTURA	IRREGULAR		REGULAR
Otras fuentes de vulnerabilidad Conexión excéntrica trabe-columna <input type="checkbox"/> Columna débil-viga fuerte <input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas <input type="checkbox"/> Un elemento resiste más del 35% del sismo <input type="checkbox"/>			
Edificio vecina crítico No. De pisos: <u>03</u> Separación: <u>5.0</u> cm Uso no: _____			
Marcos <input type="checkbox"/> Sin daño Muros <input type="checkbox"/> Daño medio Otro <input type="checkbox"/> Daño severo Pisos a diferente altura <input type="checkbox"/>			
OBSERVACIONES			
EL AISLAMIENTO DEL SISTEMA DE MUROS DEL ASCENSOR NO FUE CONSTRUIDA TAL COMO SE INDICA EN EL PLANO ESTRUCTURAL, ESTE SE ENCUENTRA UNIDO AL SISTEMA GENERAL DE LA ESTRUCTURA. EL AISLAMIENTO DE LOS PORTICOS POSTERIORES QUE FIGURAN EN EL PLANO ESTRUCTURAL NO FUERON CONSIDERADAS, ESTAS SE ENCUENTRAN UNIDO AL SISTEMA GENERAL DE LA ESTRUCTURA.			

Figura 1. Ficha técnica de inspección rápida.

Interpretación de la ficha de inspección:

De la inspección realizada se caracterizó a la edificación como un sistema de pórticos con presencia de muros portantes para sistema de ascensor, de la configuración estructural se determinó que presenta irregularidad en planta, debido a las longitudes salientes, no presenta irregularidad en altura.

Descripción del caso de estudio:

El edificio de la presente investigación tiene por nombre “Edificio GEOAGRO S.AC”

a) Ubicación:

El edificio GEOAGRO S.A.C, se encuentra ubicada en la Av. Progreso N° 389, Sector San Martín, distrito y provincia de Carhuaz, Ancash.

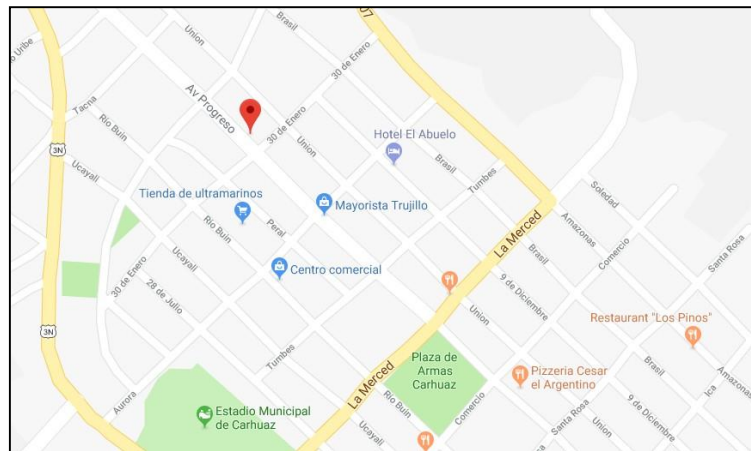


Figura 2. Ubicación del edificio.

Fuente: Google Maps.

b) Descripción arquitectónica:

La arquitectura del edificio está compuesta de cuatro pisos, cada una de ellas con un uso particular, el primer y segundo piso destinados para uso comercial-tienda, el tercer un salón de usos múltiples y el

cuarto piso uso departamento; contando con un área construida por nivel de 157.67 m².

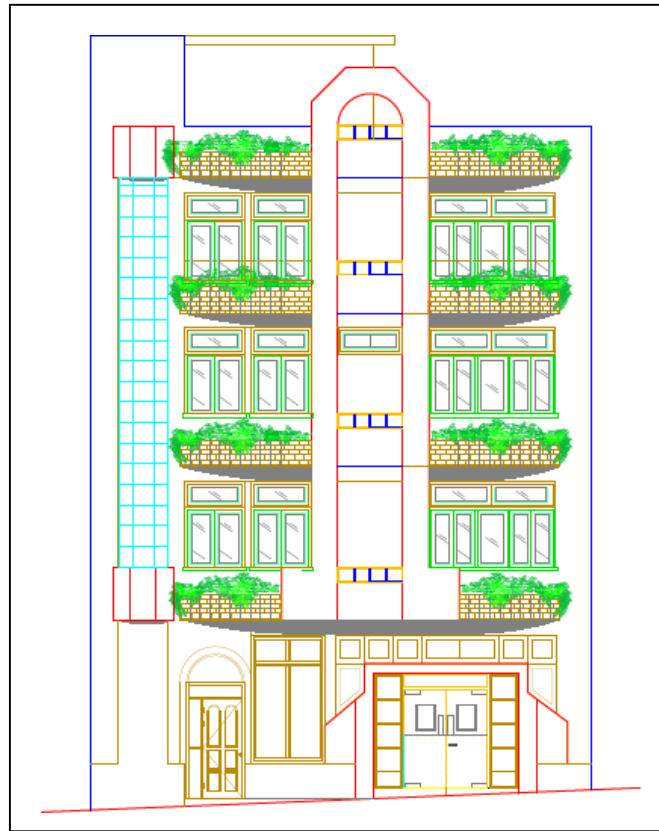


Figura 3. Arquitectura en elevación del Edificio GEOAGRO S.A.C.
Fuente: AutoCAD 2014.

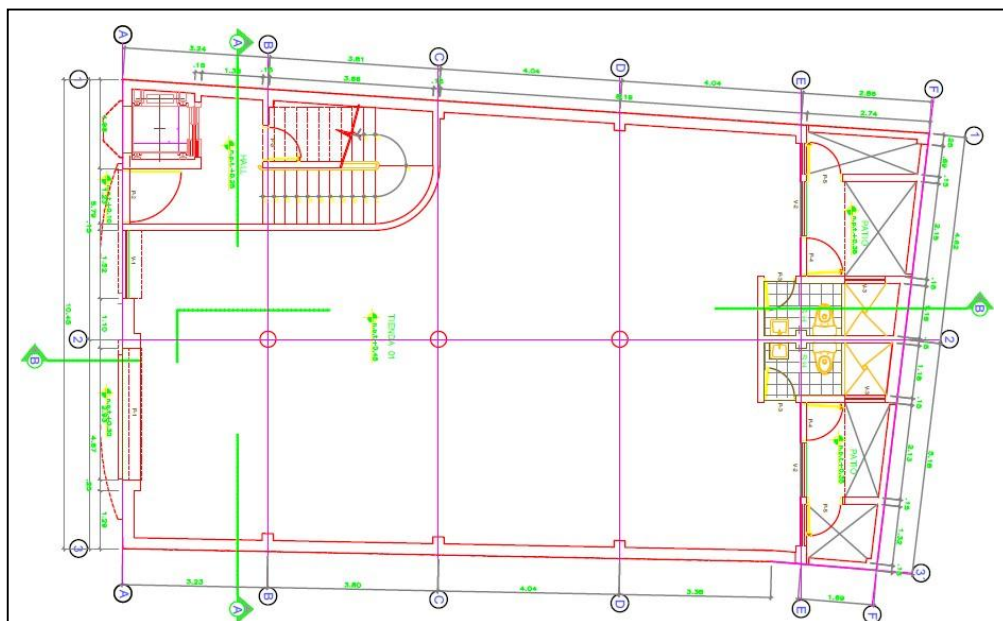


Figura 4. Arquitectura en Planta del Edificio GEOAGRO S.A.C.

Fuente: AutoCAD 2014.

3.2.2.2. Realizar el análisis sísmico con la NTP E.030-2016 y determinar los diferentes espectros de demandas sísmicas.

Se detalla a continuación en tres secciones correspondientes a la determinación de los niveles de desempeño de manera conceptual de acuerdo a la filosofía de diseño de la misma, el análisis estático y dinámico del edificio y la determinación de los diferentes espectros demandas sísmicas.

a) Selección del nivel de desempeño:

Elección del nivel de desempeño:

El nivel de desempeño que se estimo es de Seguridad de Vida (SV), que corresponde a un estado donde pueden ocurrir daños significativos en los elementos estructurales y no estructurales, garantizando la vida de todos los habitantes del edificio.

Elección del nivel sísmico:

El nivel de sismo que se estimó para el caso de estudio, para la evaluación estructural es de un Sismo Máximo (SM), que respecta a un movimiento que es considerado severo o muy severo, siendo raras de suceder, asociado en gran manera de tener una probabilidad de excedencia en 50 años de un 5%, y con la posibilidad de volver a suceder de un estimado de 975 años.

b) Análisis Sísmico:

En el proceso de esta tesis, se ha dispuesto un edificio de estructura irregular destinada a uso comercial-vivienda, la cual consta de 4 niveles, con un área total de 174.72 m².

El material predominante de la construcción es el concreto, según planos con una resistencia característica a la compresión de 210kg/cm² y una capacidad portante del suelo de 1.2 kg/cm². La distribución en altura, el primer nivel tiene una altura de 3.50 mts, el segundo y tercer nivel tiene una altura de 3.20 mts y el cuarto nivel una altura de 2.80 mts.

La estructuración del edificio está constituida por columnas y vigas que es el principal sistema de resistencia lateral, y en el extremo izquierdo de la construcción se encuentra ubicado el ascensor y escalera.

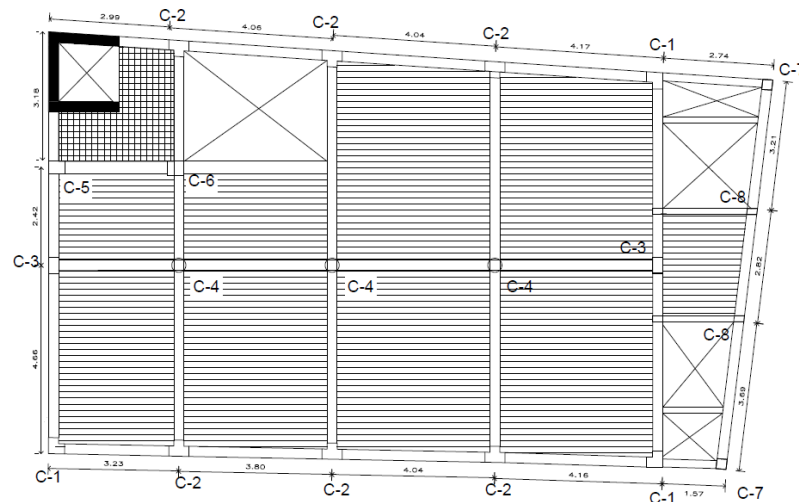


Figura 5. Configuración estructural en planta.

Fuente: AutoCAD 2014.

Los pórticos principales de la estructura son los ejes A, B, C, D y E, estas son paralelas a la dirección Y, estando espaciado en un valor promedio de 5.0 m aproximadamente, mientras que los pórticos secundarios son los ejes 1, 2 y 3 ligeramente paralelas al eje X y están espaciadas en un valor promedio de 3.80 m aproximadamente.

Antes de realizar el análisis por desempeño sísmico, fue ineludible aplicar en primera instancia los procedimientos de análisis descritos en la NTP E.030-2016, para el cálculo de las fuerzas laterales en altura del edificio en análisis.

El análisis sísmico de la edificación fue desarrollado en el programa computacional ETABS v.16.2.0, en la que se procesaron el análisis estático y el análisis dinámico modal, a continuación, se ve el modelo tridimensional del edificio.

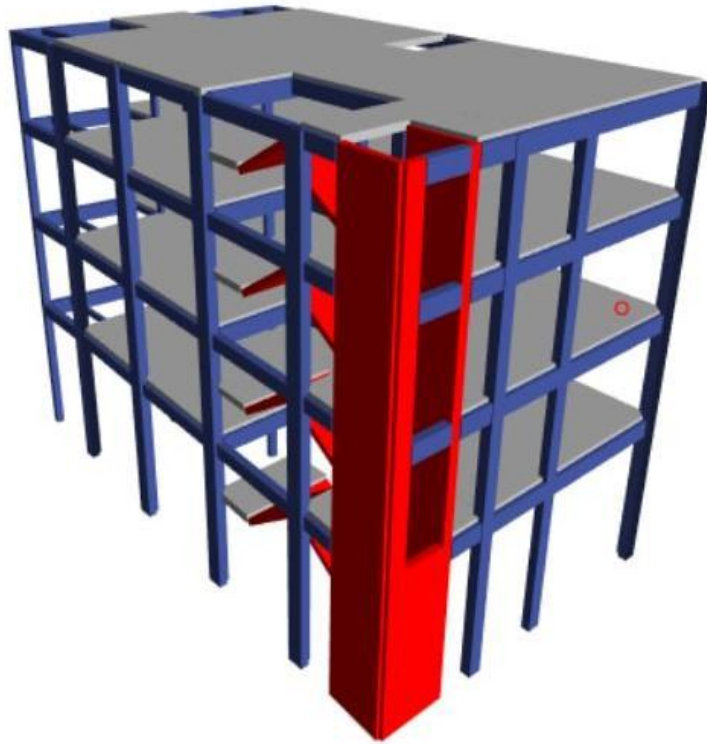


Figura 6. Modelo Tridimensional del edificio de 4 niveles.

Fuente: Elaboración Propia.

Fuerzas sísmicas laterales de análisis-Método Estático NTP E.030-2016:

Para llevar a cabo el análisis sísmico, fue necesario definir la estructuración del edificio en planta, para tener en cuenta los elementos de análisis, la figura siguiente muestra la estructuración en planta en el programa ETABS v.16.2.0:



Figura 7. Estructuración en planta del Edificio.

Fuente: Elaboración Propia.

Fuerza cortante en la base:

La fuerza cortante en la base se entiende como el comportamiento que presenta el edificio inducidos por las vibraciones del sismo, el sentido en la que se presenten estas vibraciones sísmicas es variada y dependiente de múltiples factores, en tal sentido la NTP E.030 presenta un mecanismo para determinarla denominada cortante basal que es la siguiente:

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

Dónde:

Z: Factor de zonificación sísmica.

U: Factor de uso.

C: Coeficiente de amplificación.

S: Factor de Suelo.

R: Factor de Reducción Sísmico.

P: Peso de la edificación.

Tabla 4: Los parámetros Sismoresistentes son los siguientes:

Factor	Descripción	Valor
Factor de zona, Z	Edificio ubicado en la ciudad de Carhuaz, Ancash corresponde a la zona 3.	0.35
Factor de suelo, S	Perfil de suelo S2.	1.15
Periodo Tp	Periodo en que inicia a caer el espectro de aceleración.	0.60
Periodo TI	Periodo máximo del espectro de aceleración.	2.00
Factor de uso, U	Edificio de uso para tienda comercial, salón de uso múltiple y departamento, categoría C.	1.00
Factor de amplificación sísmica, C	Según Periodo T=0.656 s.	2.29
Factor de reducción de fuerzas, R	Irregular de concreto armado Pórtico.	4.50

Fuente: Elaboración Propia.

Sustituyendo los valores de los factores en la fórmula:

$$V = \frac{P \cdot C \cdot U}{R}$$

$$V = 114.120 \text{ tn}$$

Fuerza sísmica:

La fuerza en cada nivel es igual al producto de la relación de masas y el cortante basal, considerando similar para ambas direcciones de análisis.

Tabla 5: obtención de la fuerza sísmica.

PISO	P(tn)	HI	P.HI k	P.HI k (Acum)	α	Fi(tn)
4	89.6912	13.9	1530.8047	1530.805	0.262	29.908
3	150.9249	11.1	2021.2455	3552.050	0.346	39.490
2	152.33048	7.9	1413.9329	4965.983	0.242	27.624
1	165.03863	4.7	875.1996	5841.183	0.150	17.099
TOTAL	557.9852	$\Sigma P \cdot (HI) k =$	5841.1827			

Fuente: Elaboración propia.

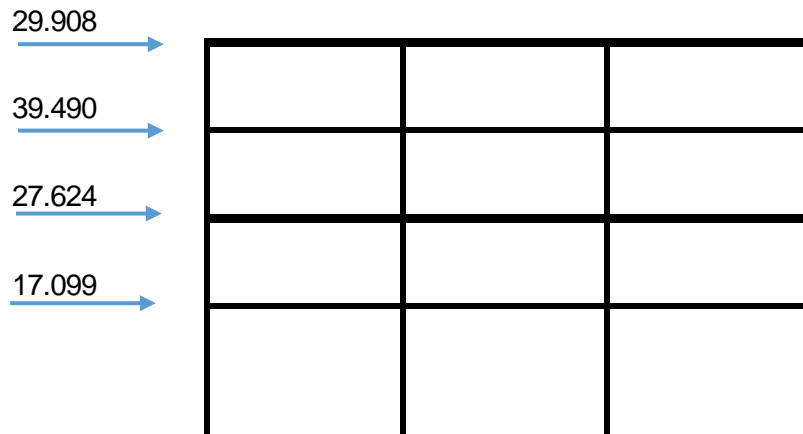


Figura 8. Distribución de Cargas en altura.

Aceleración espectral según método dinámico modal espectral NTP E.030-2016:

Para la dirección a analizar del edificio se utilizó un espectro inelástico de pseudoaceleración descrito por la NTP E.030-2016.

$$\frac{a_g}{g} = \frac{a_{g,inel}}{a_{g,el}}$$

La aceleración espectral de 9.81 m/s² y un suelo intermedio con T_p= 0.60, se consideró:

$$a_{g,inel} < a_{g,el} < a_{g,inel} \quad a_{g,inel} = 2.5 \cdot \left(\frac{a_{g,el}}{a_{g,el}} \right)$$

Tabla 6: Aceleración espectral.

T (s)	ZUCS/R
0	0.22361111
0.02	0.22361111
0.04	0.22361111
0.06	0.22361111
0.08	0.22361111
0.1	0.22361111
0.12	0.22361111
0.14	0.22361111
0.16	0.22361111
0.18	0.22361111
0.2	0.22361111
0.25	0.22361111
0.3	0.22361111
0.35	0.22361111

0.4	0.22361111
0.45	0.22361111
0.5	0.22361111
0.6	0.22361111
0.7	0.19166667
0.8	0.16770833
0.9	0.14907407
1	0.13416667
2	0.06708333
3	0.02981481
4	0.01677083
<u>5</u>	<u>0.01073333</u>

Fuente: Elaboración propia.

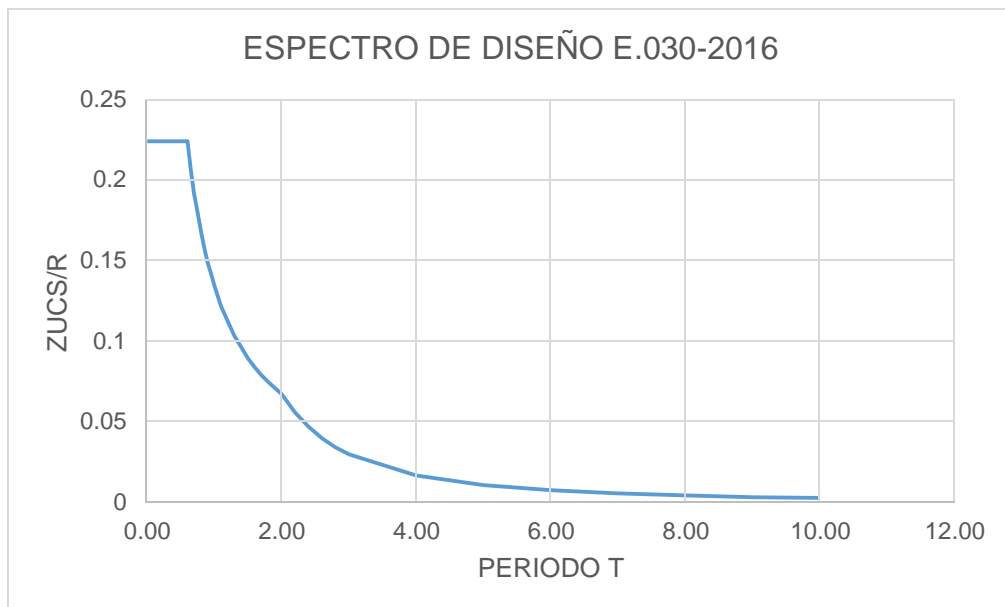


Figura 9. Aceleración inelástica.

Modelamiento de la estructura el programa computacional:

El análisis dinámico de la edificación, se realizó mediante la elaboración de un modelo matemático con el programa computacional ETABS v.16.2.0, en la que nos permite analizar vigas y columnas como elementos tipo sección, y a las losas en una y dos direcciones como elementos tipo área.

El objetivo del modelamiento empleando el software ETABS v.16.2.0 es conseguir los desplazamientos máximos y derivas de entrepiso para ser evaluados con los límites máximos indicados en la NTP E030 - 2016.

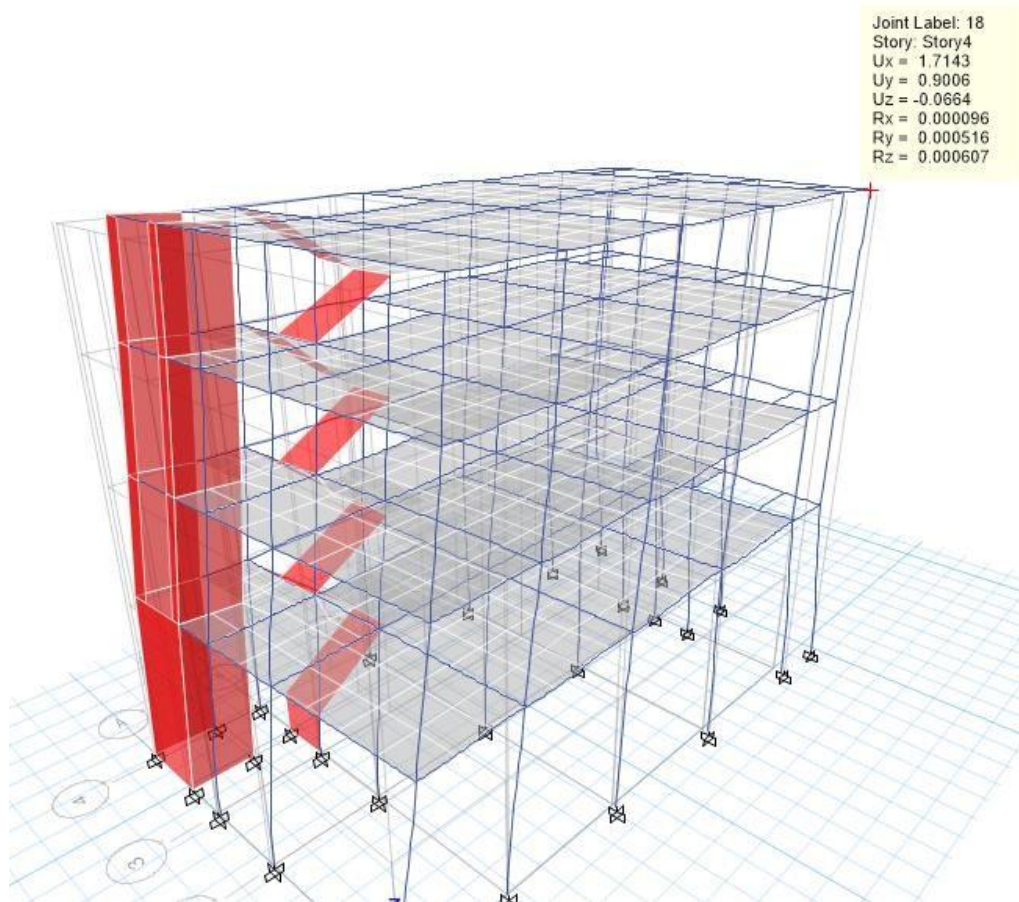


Figura 10. Desplazamientos máximos Sismo en X.

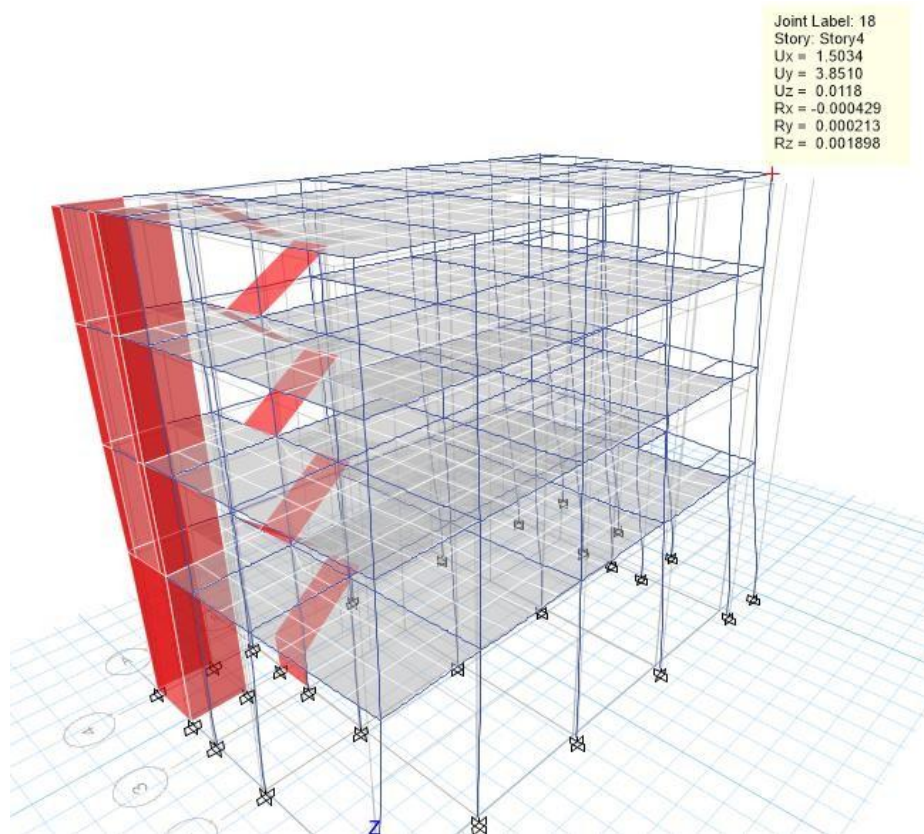


Figura 11. Desplazamientos máximos Sismo en Y.

El desplazamiento máximo para el sismo en la dirección X es 1.71 cm y 3.85 cm para el desplazamiento máximo en la dirección Y, por lo que el cálculo de los desplazamientos relativos – derivas se calculan a continuación:

Para el Sismo en la dirección X:

Tabla 7: Deriva Inelástica en X.

Piso	X-X		Y-Y		
	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Deriva Δ limite
Piso 4	0.000653	0.0029385	0.00059	0.002655	0.007
Piso 3	0.000933	0.0041985	0.001053	0.0047385	0.007
Piso 2	0.001159	0.0052155	0.001529	0.0068805	0.007
Piso 1	0.001213	0.0054585	0.002103	0.0094635	0.007
Base	-	0			

Fuente: Elaboración propia.

Representación de las derivas de manera gráfica.

Derivas Inelásticas - Sismo X

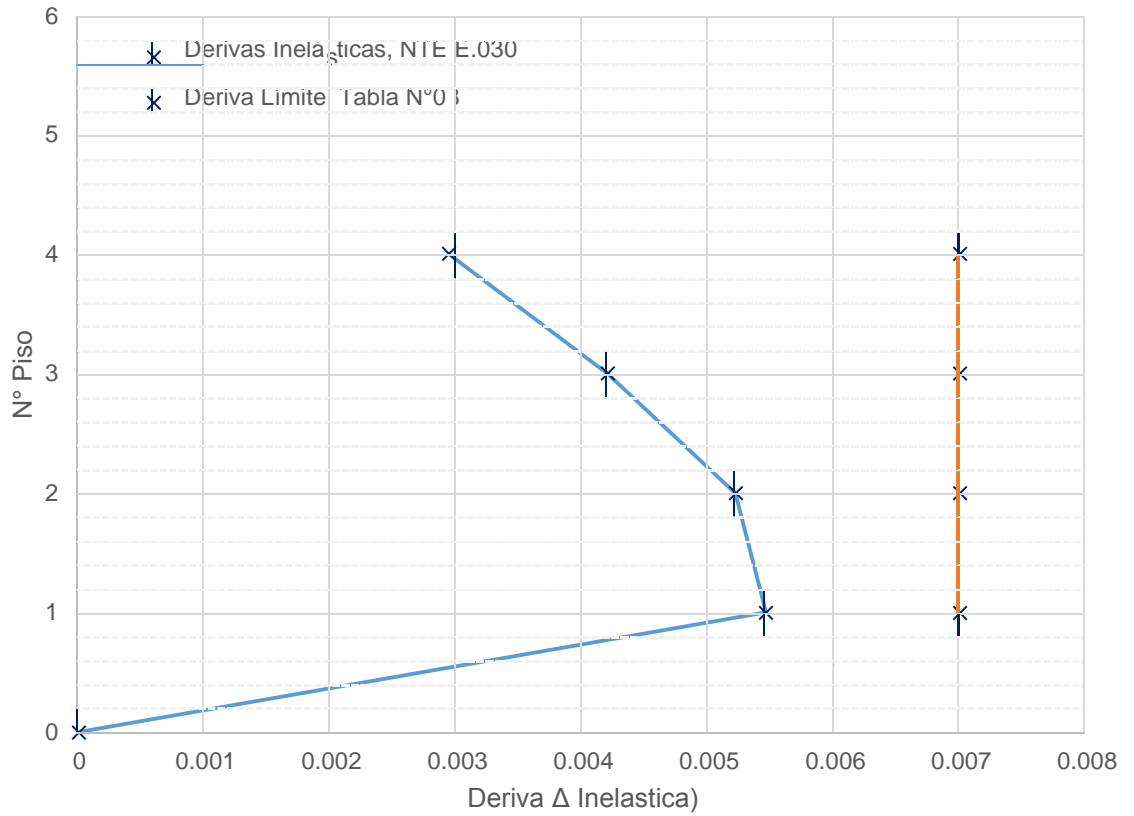


Figura 12. Desplazamientos máximos en X.

Para el Sismo en la dirección en Y:

Tabla 8: Deriva Inelástica en Y.

Piso	X-X		Y-Y		
	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Deriva Δ limite
Piso 4	0.00047	0.002115	0.000836	0.003762	0.007
Piso 3	0.000989	0.0044505	0.001794	0.008073	0.007
Piso 2	0.001466	0.006597	0.002743	0.0123435	0.007
Piso 1	0.002069	0.0093105	0.003952	0.017784	0.007
Base	-	0			

Fuente: Elaboración propia.

Representación de las derivas de manera gráfica.

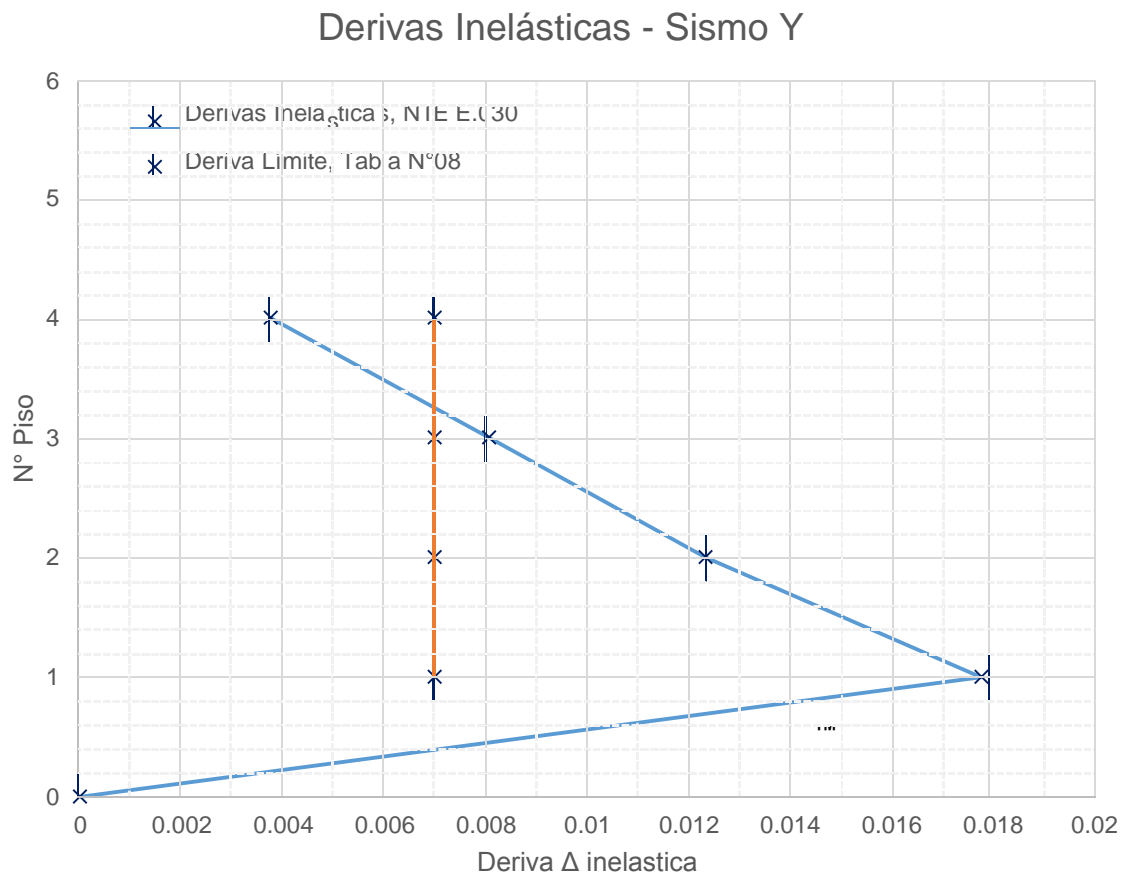


Figura 13. Desplazamientos máximos en Y.

Es importante obtener los desplazamientos del primero modo de la estructura en las dos direcciones:

Tabla 9: Desplazamientos del Modo 1 en la dirección X.

Piso	Peso W(Kg)	Desplazamiento Modo 1 Ø(cm)
4	89691.2	1.0357
3	150924.9	0.8868
2	152330.48	0.6341
1	165038.63	0.3408
Σ=	557985.21	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Desplazamientos del Modo 1 en la dirección Y.

Piso	Peso W(Kg)	Desplazamiento Modo 1Ø(cm)
4	89691.2	0.9465
3	150924.9	0.8766
2	152330.48	0.7078
1	165038.63	0.4613
$\Sigma=$	557985.21	

Fuente: Elaboración propia.

c) Espectros de Demanda Sísmica:

El espectro de demanda se obtuvo con los parámetros dispuestos en la NTP E.030, detallados en la tabla 6 de esta sección de resultados, en conjunto según las recomendaciones de ATC-40, sirvió para realizar la conversión del espectro base en un espectro de sismo de servicio, diseño y máximo.

En los espectros de demanda se ha obviado el empleo del factor “R” obteniendo la reducción de esta a través de valores de un 0.5 del ZUCS para sismo de servicio, 1.0 del ZUCS para sismo de diseño y 1.25 del ZUCS para sismo máximo.

$$\frac{S_a}{g} = 0.5 * S_d^{-0.5}$$

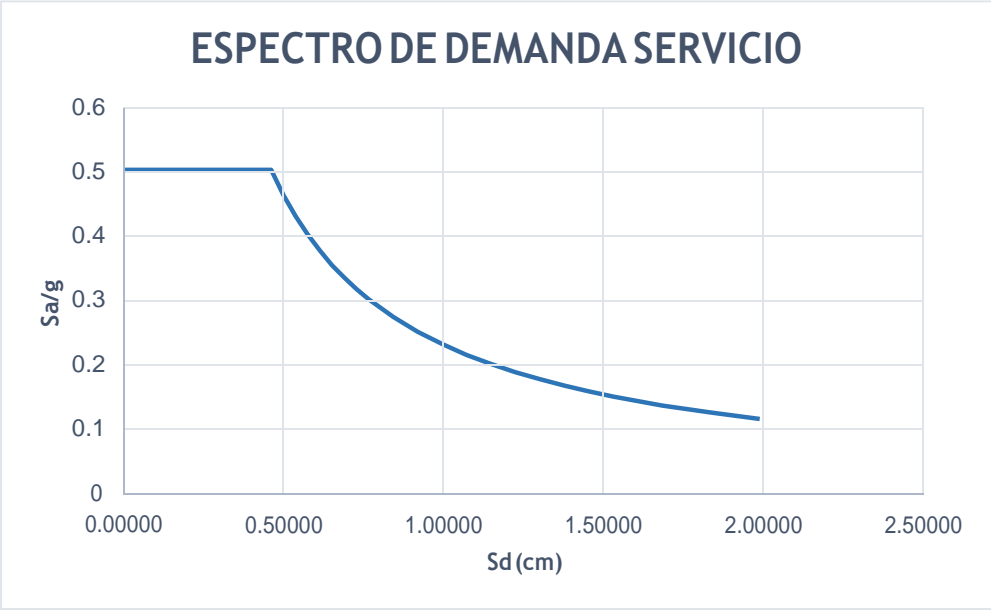


Figura 14: Espectro de Demanda Servicio.

$$\frac{S_a}{g} = S_d^{-0.5}$$

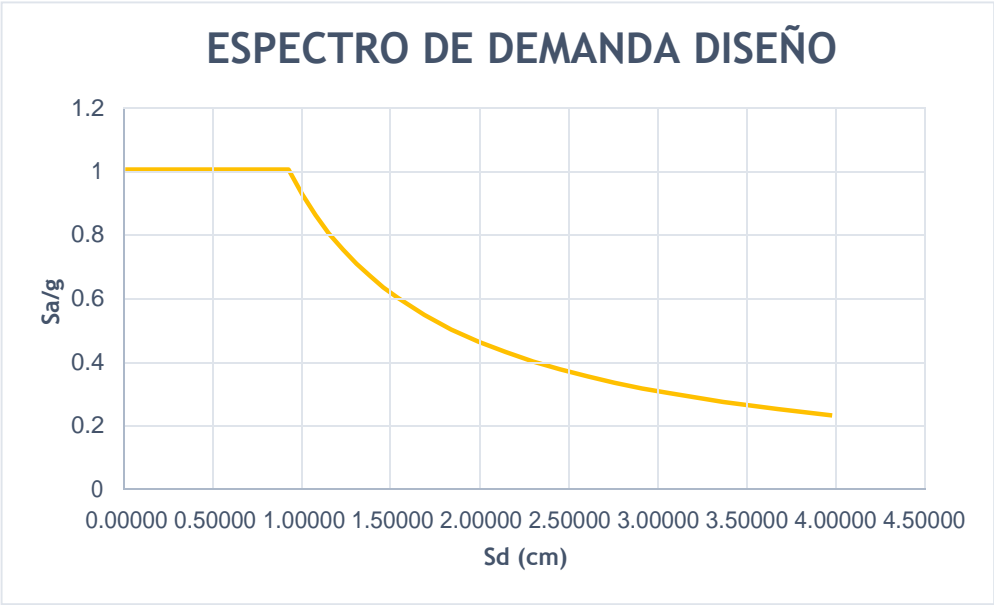


Figura 15. Espectro de Demanda Diseño.

$$\frac{S_d}{g} = 1.25 * S_d^2$$



Figura 16. Espectro de Demanda Máximo.

Graficando los datos de las figuras anteriores, se obtiene lo siguiente:

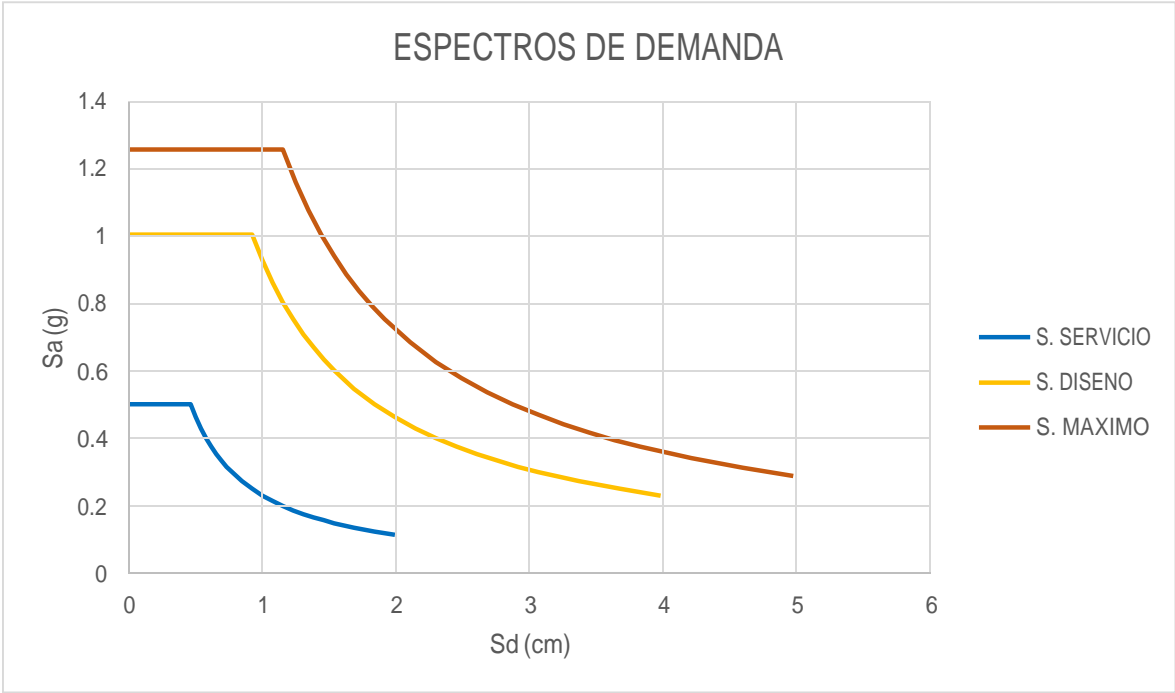


Figura 17. Espectros de Demanda según nivel de daño.

3.2.2.3. Modelamiento estructural de la edificación incluyendo rotulas plásticas en el programa computacional ETABS v.16.2.0.

Análisis por desempeño sísmico:

A través de un modelo matemático elaborado, se buscó presentar los análisis de la edificación, empleando el programa computacional ETABS v.16.2.0 en la que nos permite analizar vigas y columnas como elementos tipo sección, y a las losas en una y dos direcciones como elementos tipo área, de igual manera el programa toma en cuenta el área del acero de los diferentes elementos a modelar.

Mecanismos de Rotulas Plásticas

Para la incorporación de rotulas en las vigas y columnas se realizaron de acuerdo a las tablas del ASCE 41-13, para vigas se empleó la tabla 10-7 –Concrete Beams – Flexure asignándole los valores de la rótula tipo flexión (M3), y en el caso de las columnas se empleó la tabla 10-8 – Concrete Columns asignándole la rótula de tipo fuerza axial y momento acoplado (P-M2-M3).

Las rotulas son modeladas como puntos específicos, de tal modo que la deformación plástica, sea desplazamiento o rotaciones ocurren donde se le fue asignada la articulación.

La distancia limitada en la que se asignaron las rotulas plásticas, para este caso fueron a un 15 % y 85% de la distancia de las vigas y columnas tanto en las direcciones X e Y.

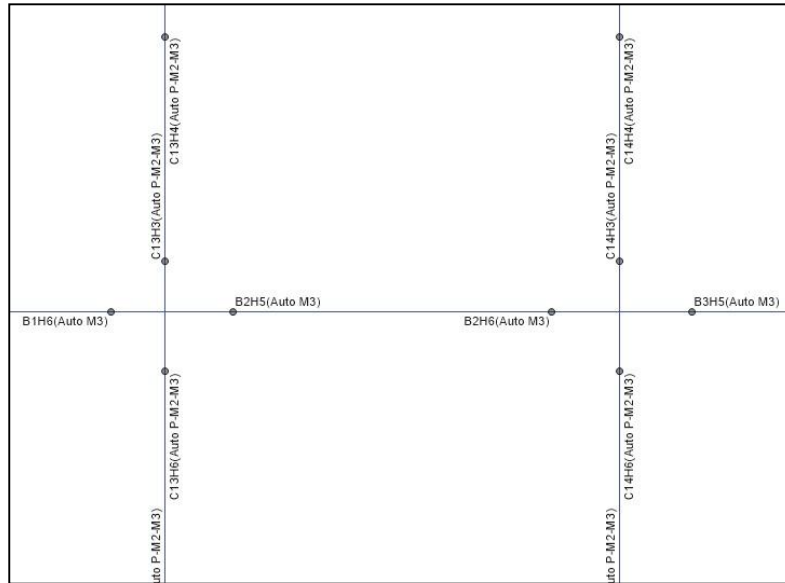


Figura 18. Detalle de Rotulas Plásticas en ETABS v.16.2.0.

Como se observa en la siguiente figura, el software genera automáticamente las rotulas plásticas, tan solamente seleccionado los elementos correspondientes y asignándoles el cuadro correspondiente de acuerdo al ASCE 41-13.

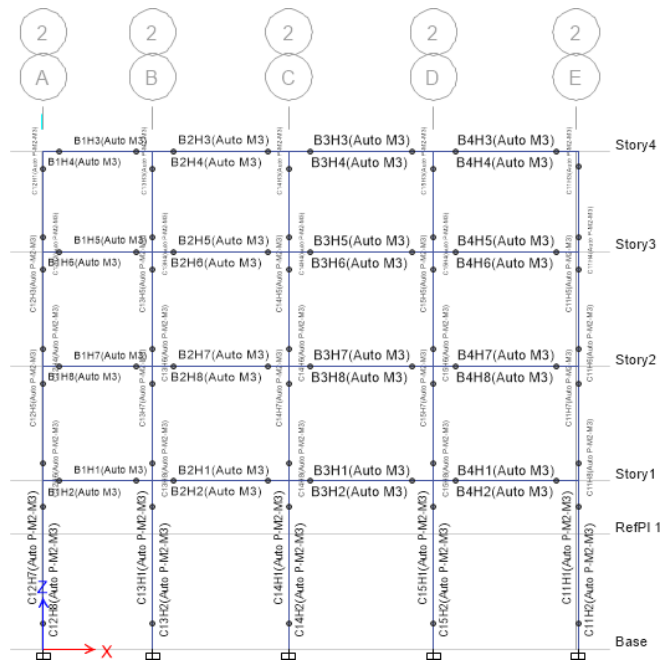


Figura 19. Vista de rotulas generadas ETABS v.16.2.0.

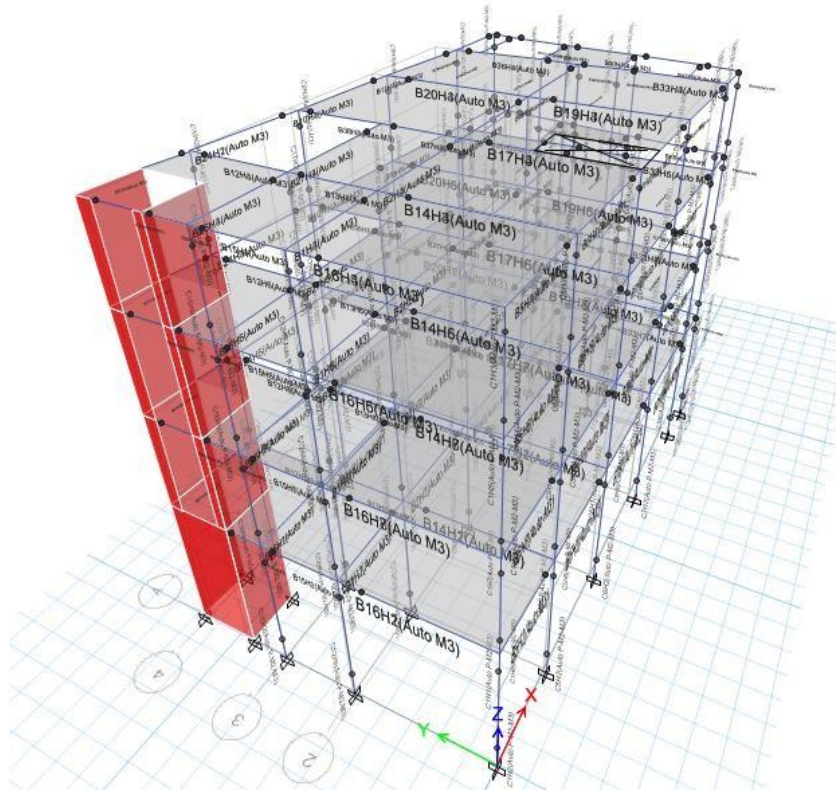


Figura 20. Vista de rotulas generadas ETABS v.16.2.0.

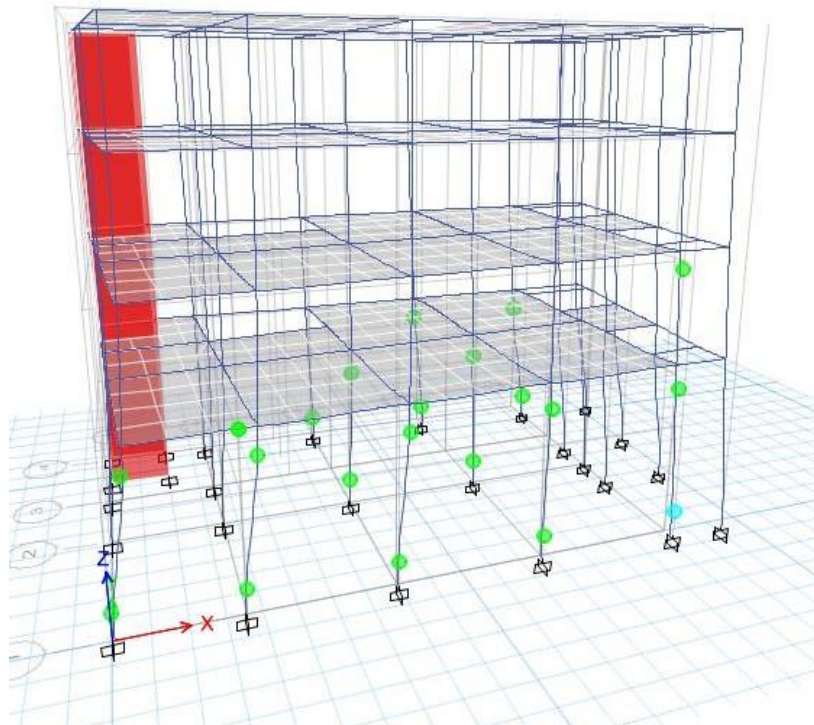


Figura 21. Formación de Rotulas Plásticas ETABS v.16.2.0.

En la dirección X, hace la aparición un rotula en la viga del segundo nivel que se encuentra en el eje 4, desplazándose un total de 2.09 cm en piso superior, a paso que en el piso superior continúa desplazándose se producen rotulas en las columnas llevándola finalmente al colapso.

En el caso de la dirección Y no difiere en gran magnitud de la dirección X, la primera aparición de la rotula ocurre en el segundo nivel encontrada en el eje 2, desplazándose un total de 4.69 cm en el piso superior, a paso que en el piso superior continúa desplazándose se producen rotulas en las columnas llevándola finalmente al colapso.

3.2.2.4. Obtención del Punto de desempeño o comportamiento post sismo de la estructura

Curva de Capacidad

Producto de aplicar las cargas incrementales calculadas en el análisis estático (distribución de fuerzas en altura) mediante el push-over en cada dirección de la estructura hasta el colapso, y la obtención final de las rotulas plásticas en los elementos de la estructura, viene a ser la curva de capacidad en ambos sentidos de la estructura, que nos brindó información valiosa de comportamiento de la estructura en un rango inelástico, la curva presenta en las abscisas el desplazamiento y en las ordenadas la cortante basal, como en la figura siguiente:

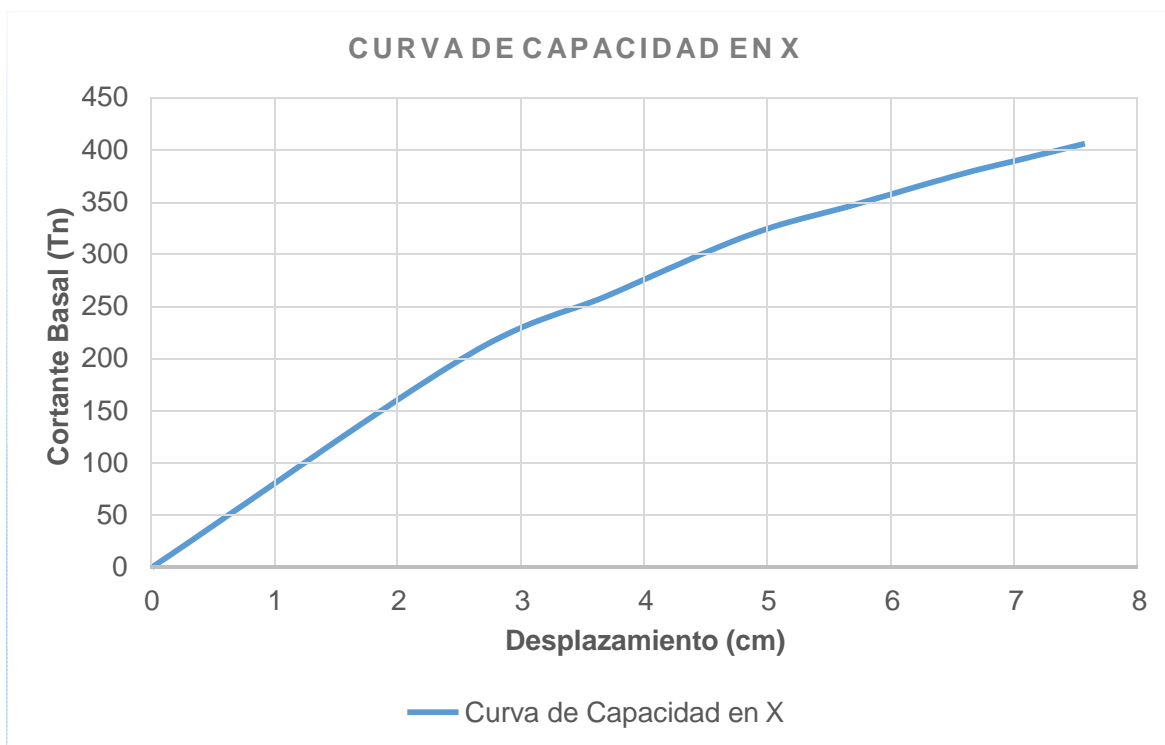


Figura 22. Curva de Capacidad – Dirección X.

Con respecto a la aplicación del método Push-over se obtuvo en el sentido X una linealidad en la curva de capacidad, este comportamiento presentó una cortante basal de un valor relativo a 202 tn y se desplazó aproximadamente 2.55 cm en el piso superior. De este punto en adelante mostró desplazarse en gran manera por una cortante basal ligeramente incrementada, indicándonos que en ese punto se muestra una reducción de rigidez y los elementos estructurales entran en una zona inelástica, a nivel global de la estructura se alcanza una capacidad última cuando se desplazó un total de 7.56 cm con una cortante basal igual a 405 tn, en conclusión cuando se alcanza un desplazamiento máximo de 7.56 en el sentido X la estructura consigue su máxima capacidad y posteriormente colapsa.

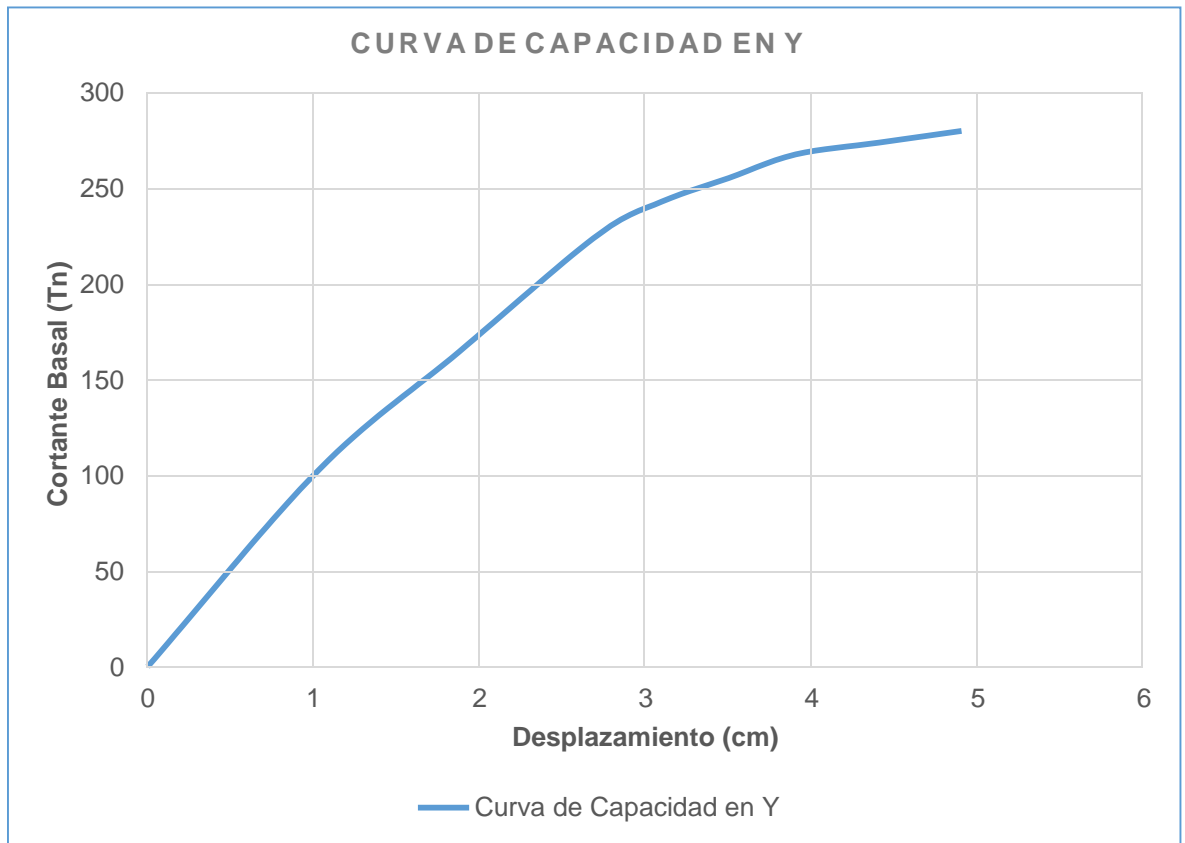


Figura 23. Curva de Capacidad – Dirección Y.

En el sentido Y muestra una linealidad en la curva de capacidad, este comportamiento presenta una cortante basal de un valor relativo a 164 tn y se desplazó aproximadamente 1.87 cm en el piso superior, a nivel global de la estructura se alcanza una capacidad última cuando se desplazó un total de 4.91 cm con una cortante basal igual a 280 tn, en conclusión, cuando se obtuvo 4.91 cm que es el límite máximo de desplazamiento en el sentido Y la estructura consigue su máxima capacidad y posteriormente colapsa.

Espectro Capacidad

Las curvas de espectros de capacidad que se muestran en las siguientes figuras, se obtuvieron empleando pautas del método “espectro-capacidad” para ambos sentidos de análisis.

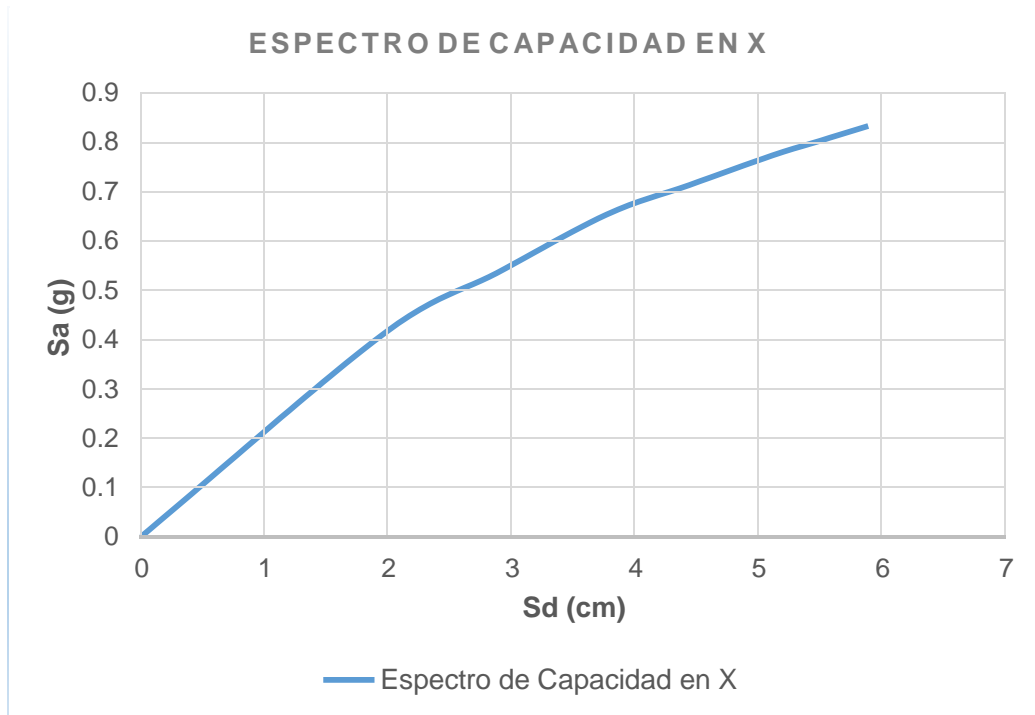


Figura 24. Espectro de Capacidad– Dirección X.

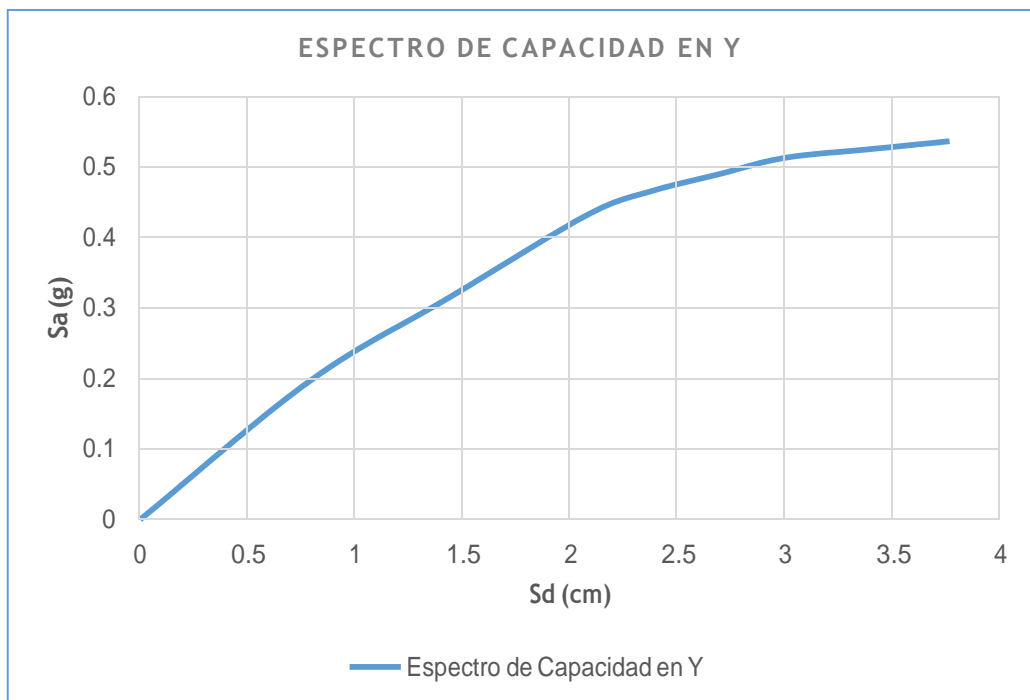


Figura 25. Espectro de Capacidad– Dirección Y.

Representación Bi-Lineal del espectro de capacidad

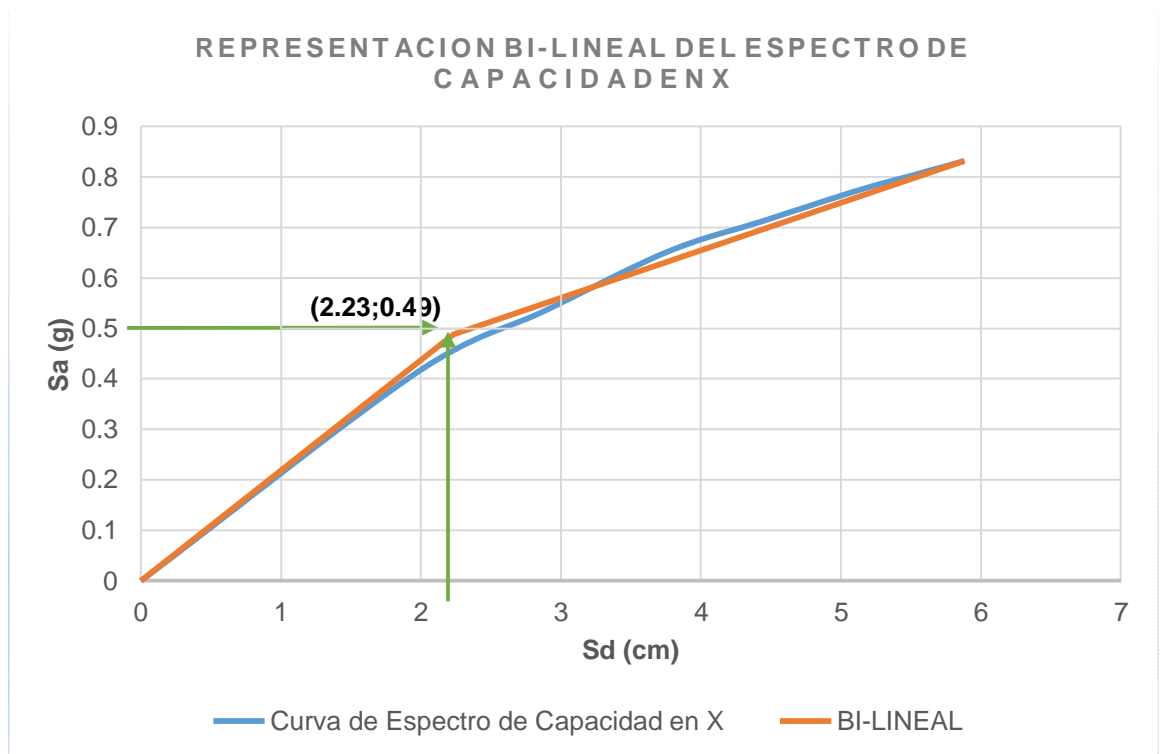


Figura 26. Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en X. De la figura anterior se puede obtener el punto de fluencia efectiva $D_y = 2.23$ cm y $A_y = 0.49$ g.

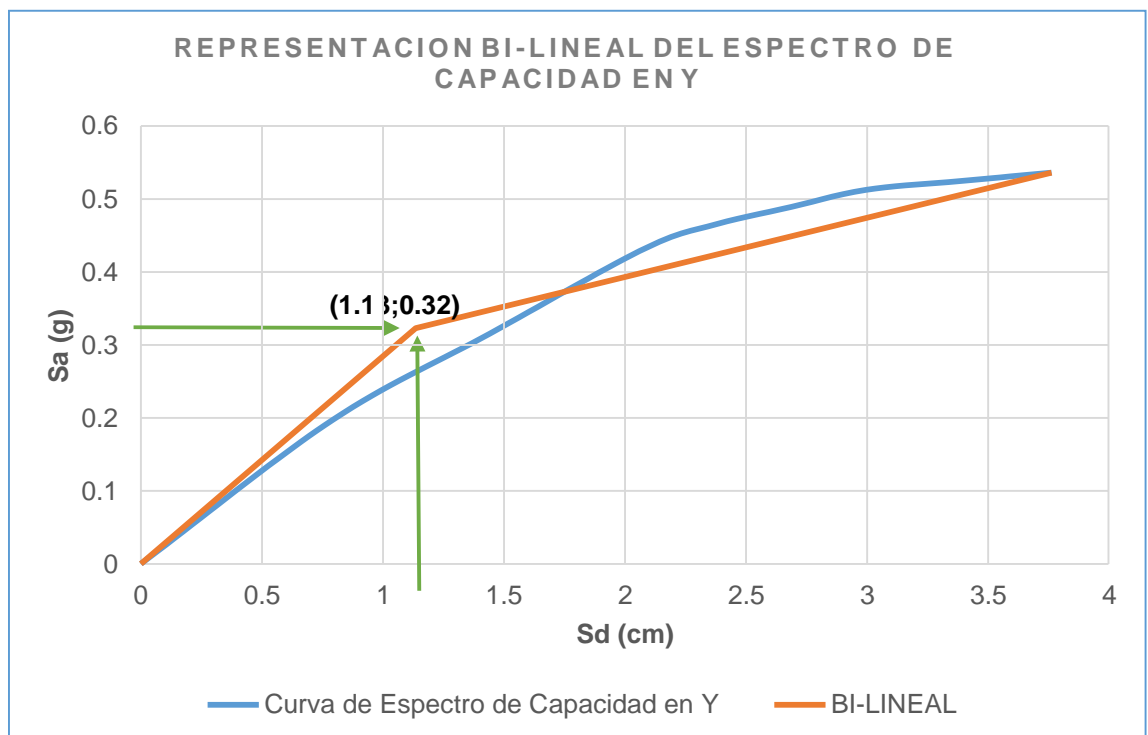


Figura 27. Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en Y.

De la figura anterior se puede obtener el punto de fluencia efectiva $D_y = 1.13$ cm y $A_y = 0.32g$.

Seccionamiento del Espectro de Capacidad.

Los niveles de desempeño son definidos de acuerdo a FEMA y Visión 2000 en Operacional, Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención del Colapso.

En tal sentido se realizó la división según los parámetros presentados por Visión 2000.

Para la dirección en X, de la curva Bi-lineal el desplazamiento de fluencia D_y es igual a 2.23 cm y el desplazamiento máximo D_u es 5.88, por lo tanto, los deslizamientos para los niveles de desempeños son los siguientes:

Operacional: $D = 1.56$ cm.

Ocupación Inmediata: $D = 2.23$ cm.

Seguridad de Vida: $D = 4.26$ cm.

Prevención al Colapso: $D = 5.88$ cm.

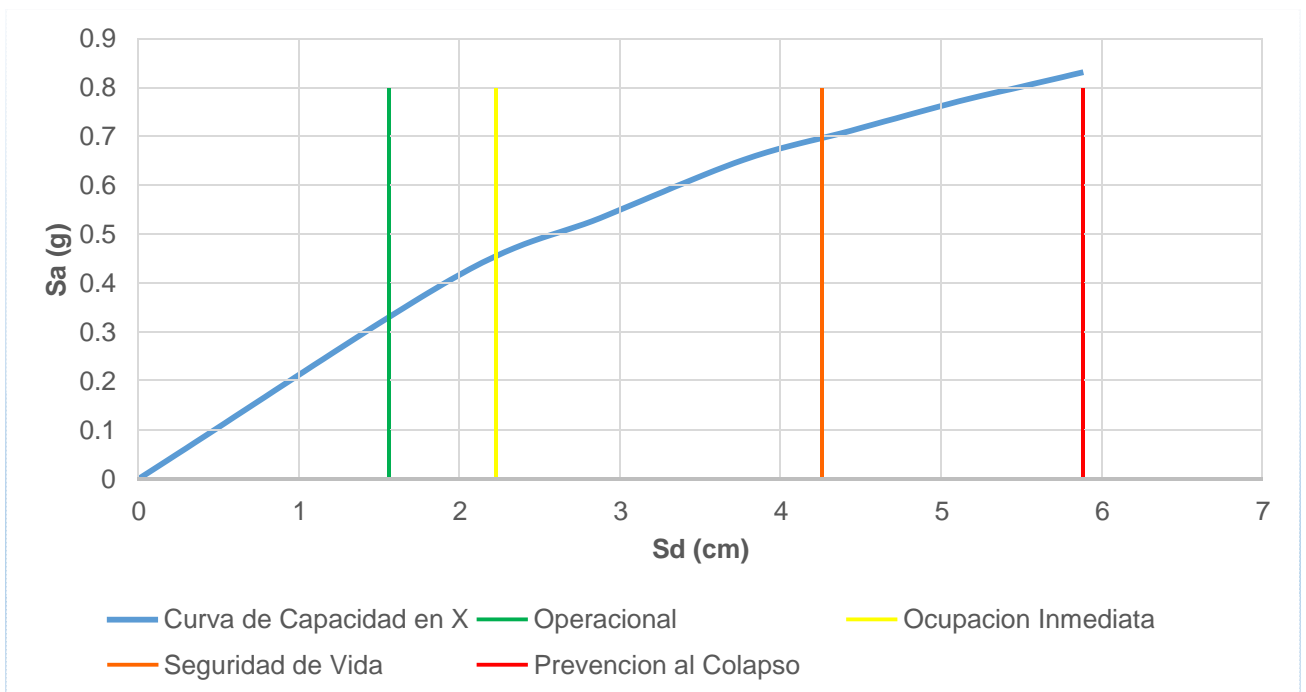


Figura 28. Seccionamiento del Espectro de Capacidad en X.

Para la dirección en Y, de la curva Bi-lineal el desplazamiento de fluencia D_y es igual a 1.14 cm y el desplazamiento máximo D_u es 3.76 cm, por lo tanto, los deslizamientos para los niveles de desempeños son los siguientes:

Operacional: $D= 0.79$ cm.

Ocupación Inmediata: $D= 1.14$ cm.

Seguridad de Vida: $D=2.36$ cm.

Prevención al Colapso: $D= 3.76$ cm.

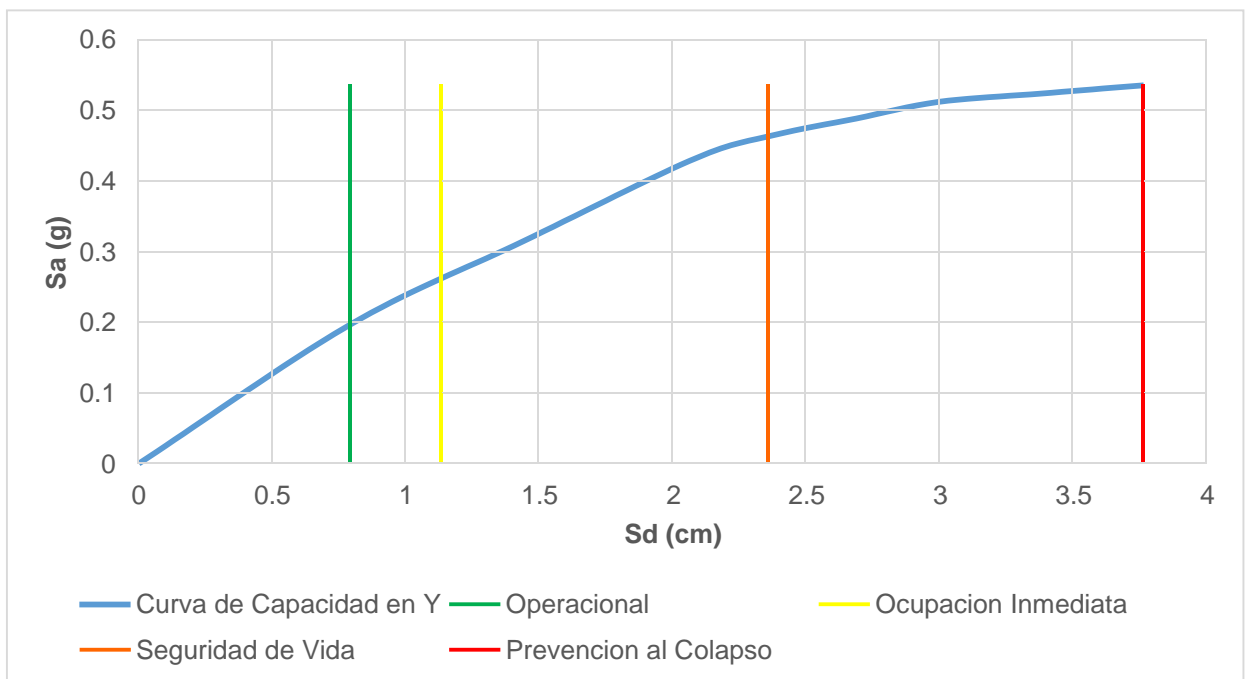


Figura 29. Seccionamiento del Espectro de Capacidad en Y.

Punto de Desempeño.

El resultado que se obtiene que aplicar las pautas del método “espectro-capacidad” es el punto de desempeño del edificio, esta es obtenida al intersecar las dos curvas de espectro, la de capacidad y demanda, las figuras siguientes muestran el punto de desempeño en ambos sentidos:

En la dirección en X, se muestra a continuación:

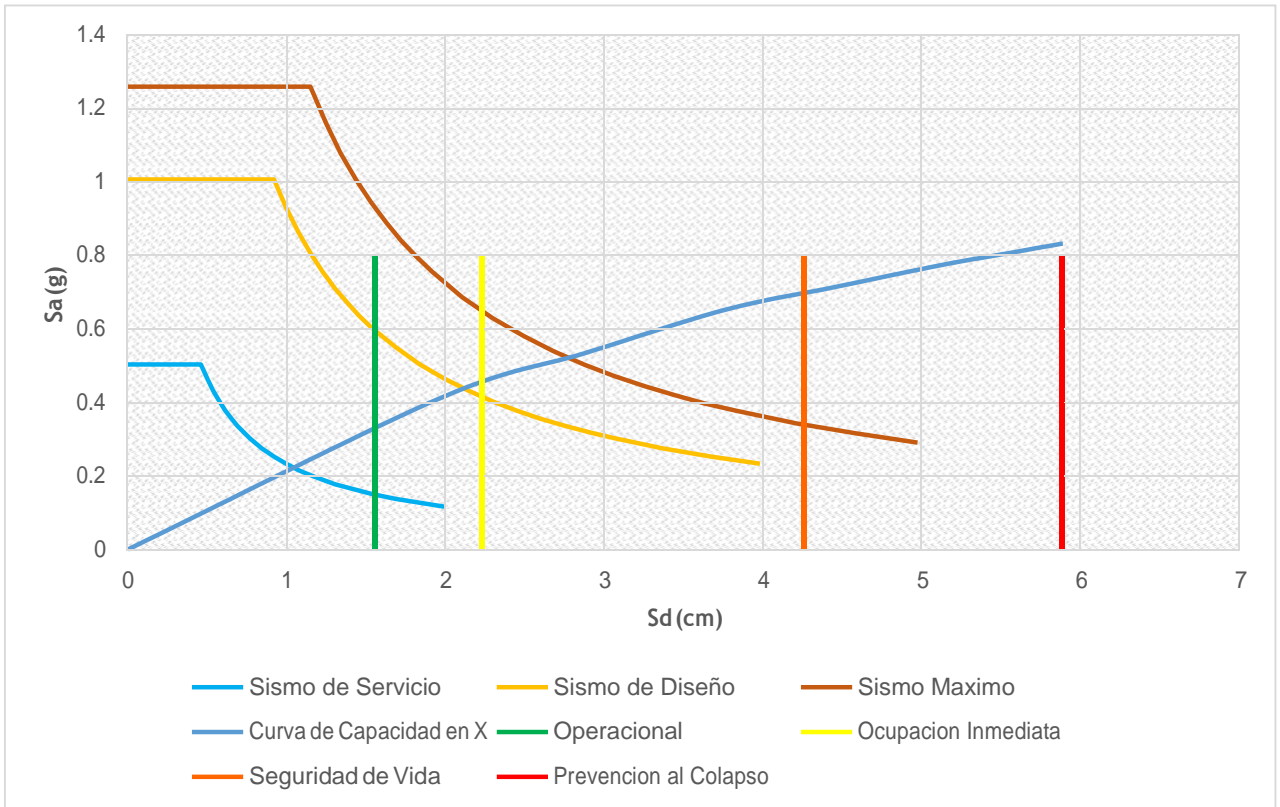


Figura 30. Ubicación del punto desempeño en la dirección X.

En la figura 30 se puede observar un nivel de desempeño o comportamiento ante un nivel de demanda sísmica, como para un sismo máximo presenta un desempeño de seguridad de vida, en un sismo de diseño de ocupación inmediata y para sismo de servicio de operacional.

En la dirección en Y, se muestra a continuación:

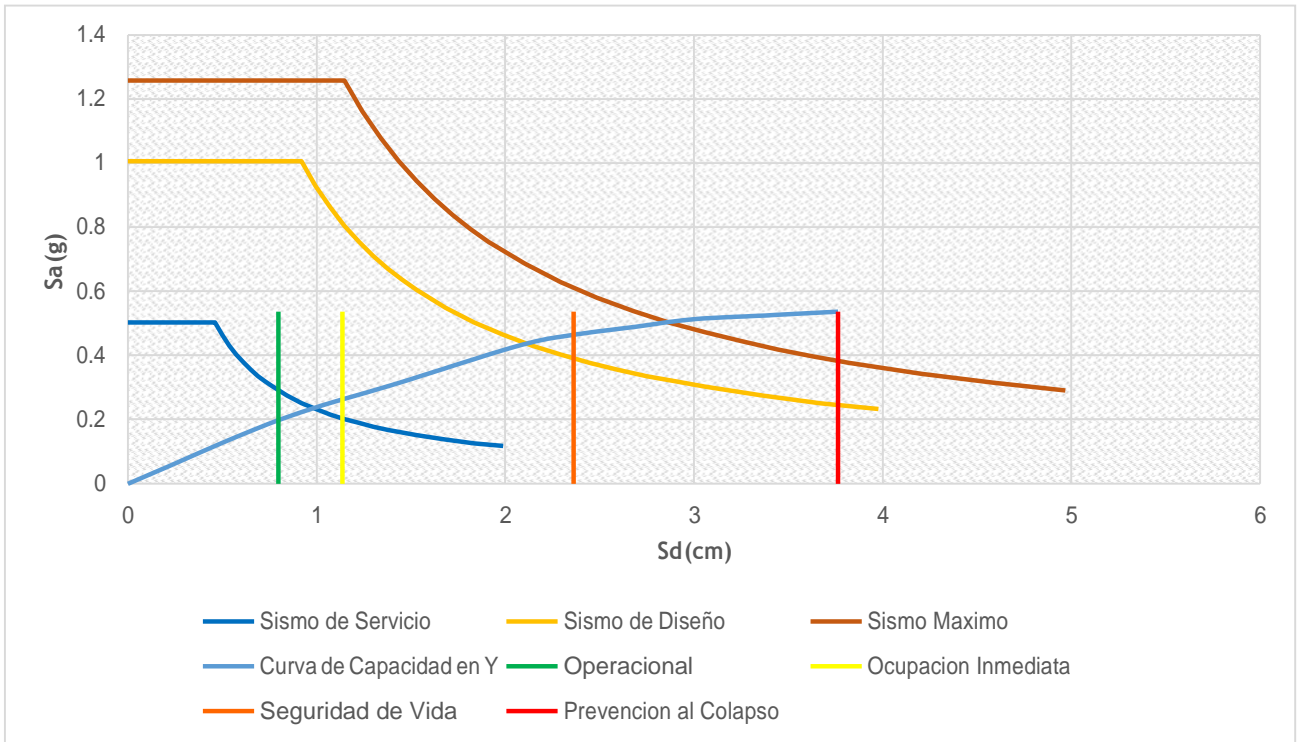


Figura 31. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y

En la figura 31 se puede observar un nivel de desempeño o comportamiento ante un nivel de demanda sísmica, como para un sismo máximo presenta un comportamiento de Prevención al Colapso, en un sismo de diseño de Seguridad de Vida y para sismo de servicio de ocupación inmediata.

3.3. Resultados Descriptivos.

3.3.1. Evaluación del estado situacional del edificio a nivel estructural mediante una ficha de inspección y planos estructurales.

FICHA TECNICA DE INSPECCIÓN RAPIDA			
FECHA	<input type="text" value="09-sep-17"/>	DURACION DE VISI	<input type="text" value="1:00 HORAS"/>
HORA	<input type="text" value="10:00 a.m."/>	NUMERO DE FICHA	<input type="text" value="1"/>
I. INFORMACIÓN GENERAL			
A. UBICACIÓN			
1. Nombre de la Edificio	<input type="text" value="TIENDA - GEOAGRO S.A.C"/>		
4. Departamento:	<input type="text" value="ANCASH"/>		
5. Provincia:	<input type="text" value="CARHUAZ"/>		
6. Distrito:	<input type="text" value="CARHUAZ"/>		
Marca el área donde se ubica el establecimiento			
URBANO	<input checked="" type="checkbox"/>	URBANO-MARGINAL	<input type="checkbox"/>
RURAL	<input type="checkbox"/>		
7. Dirección del Establecimiento:			
Nombre de la calle, Av, Jr, Carretera, etc.	Nº	Mz	Lote
<input type="text" value="AV. PROGRESO"/>	<input type="text" value="389"/>	<input type="text" value="E"/>	<input type="text" value="11"/>
Sector/Barrio			
<input type="text" value="SAN MARTIN"/>			
B. INFORMACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO			
Características principales			
Año de inicio de Operación	<input type="text" value="1"/>	años	
Año de Funcionamiento	<input type="text" value="1"/>	años	
Área Total del Terreno	<input type="text" value="174.72"/>	2	Área Libre <input type="text" value="12"/> ^2
Área construida Primer piso	<input type="text" value="157.67"/>	2	Área Total Construida <input type="text" value="1,685.28"/> ^2
Nº de Sótanos	<input type="text"/>		Área destinada a Come <input type="text" value="318.73"/> ^2
Posición e <input type="checkbox"/> Esquina <input checked="" type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Aislado			
C. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA			
Existe información de planos			
Ubicación y/o LocalizacNo	<input type="text"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Arquitectura No	<input type="text"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Estructura No	<input type="text"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Inst. Electricas No	<input type="text"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Inst. Sanitarias No	<input type="text"/>	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Inst. de Aire Acondicio No	<input checked="" type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>
Diseño inicial			
fue diseñado para hospNo y departamentos	<input checked="" type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>

Figura 32. Ficha técnica de inspección rápida.

III. COMPONENTE ESTRUCTURAL																																																																																					
INFRAESTRUCTURA FÍSICA																																																																																					
NOMBRE DEL AREA A EVALUAR:																																																																																					
ÁREA	<input type="text" value="174.72"/>	m2																																																																																			
Nº de piso	<input type="text" value="4"/>	Altura de primer piso	<input type="text" value="3.50"/> m																																																																																		
		Altura total	<input type="text" value="16.00"/> m																																																																																		
El establecimiento esta ubicado según zonificación sísmica del NTP E.030-2016.																																																																																					
	ZONA 1 <input type="text"/>	ZONA 2 <input type="text"/>	ZONA 3 <input checked="" type="text" value="X"/>																																																																																		
	ZONA 4 <input type="text"/>																																																																																				
AÑO DE ANTIGÜEDA Antes del 2011	<input type="text"/>	2011 - 2016	<input type="text"/>																																																																																		
DEL EDIFICIO A EVALUAR		A partir del 2016	<input type="text"/>																																																																																		
Escribir el año en números	<input type="text" value="1.0"/>	años																																																																																			
A. INFORMACION DEL SUELO																																																																																					
SOLO MARCAR SI EXISTE INFORMACION REFERIDA AL TIPO DE SUELO SEGÚN LA NORMA SISMORESISTENTE E-030 EN CASO NO EXIS																																																																																					
TIPO DE SS ₀ : Roca Dura	<input type="text"/>	S1 : Roca o Suelos Muy Rígidos	<input type="text"/>																																																																																		
		S2 : Suelos Intermedios	<input type="text"/>																																																																																		
		S3 : Suelos Blandos	<input checked="" type="text" value="X"/>																																																																																		
		S4 : Condiciones Excepcionales	<input type="text"/>																																																																																		
NO SE INDICA <input type="text"/>																																																																																					
Categoría del Establecimiento del acuerdo a la NTP E.030 -2016																																																																																					
<input type="radio"/> A1 <input type="radio"/> A2 <input type="radio"/> B <input checked="" type="radio"/> C <input type="radio"/> D																																																																																					
USO DE LA EDIFICACION	<input type="text" value="1ER NIVEL: COMERCIAL-TIENDA"/> <input type="text" value="2DO NIVEL: COMERCIAL - TIENDA"/> <input type="text" value="3ER NIVEL: OFICINA"/> <input type="text" value="4TO NIVEL: VIVIENDA"/>																																																																																				
B. SISTEMA ESTRUCTURAL																																																																																					
El sistema estructural se identificara en ambas direcciones "X","Y"																																																																																					
SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN "X"		SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN "Y"																																																																																			
ALBAÑILERIA	<input type="text"/>	ALBAÑILERIA	<input type="text"/>																																																																																		
PORTICO DE CONCRETO ARMADO	<input type="text"/>	PORTICO DE CONCRETO ARMADO	<input type="text"/>																																																																																		
SISTEMA DUAL: DE PORTICO + PLACAS DE CONCRETO	<input checked="" type="text" value="X"/>	SISTEMA DUAL: DE PORTICO + PLACAS DE CONCRETO	<input checked="" type="text" value="X"/>																																																																																		
ADOBE	<input type="text"/>	ADOBE	<input type="text"/>																																																																																		
Sección de elementos predominantes																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ejempl o de seccion es</th> <th colspan="8">Formas</th> <th colspan="4">Material</th> <th rowspan="2">Sección</th> </tr> <tr> <th>Rectangular</th> <th>Circular</th> <th>Tubo circular</th> <th>Secc H//T</th> <th>Cajón</th> <th>Secc L</th> <th>Armadura</th> <th>No hay</th> <th>Concreto</th> <th>Acero</th> <th>Prefabricado</th> <th>Madera</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Columnas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vigas principales</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Vigas secundarias</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Diagonales</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>				Ejempl o de seccion es	Formas								Material				Sección	Rectangular	Circular	Tubo circular	Secc H//T	Cajón	Secc L	Armadura	No hay	Concreto	Acero	Prefabricado	Madera	Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vigas principales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vigas secundarias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Diagonales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ejempl o de seccion es	Formas								Material				Sección																																																																								
	Rectangular	Circular	Tubo circular	Secc H//T	Cajón	Secc L	Armadura	No hay	Concreto	Acero	Prefabricado	Madera																																																																									
Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																								
Vigas principales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																								
Vigas secundarias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																								
Diagonales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																								
ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL Concreto direcciones X e Y Manpostería en X e Y		SISTEMA DE PISO / TECHO PISO / TECHO: LOSAS ALIGERADAS																																																																																			

Figura 33. Ficha técnica de inspección rápida.

Interpretación de la ficha de inspección:

De la inspección realizada se caracterizó a la edificación en ubicación, áreas por nivel y dimensiones de secciones predominantes, presenta un sistema de pórticos con presencia de muros portantes para sistema de ascensor, de la configuración estructural se determinó que presenta irregularidad en planta, debido a las longitudes salientes, no presenta irregularidad en altura.

3.3.2. Realizar el análisis sísmico con la NTP E.030-2016, determinado la demanda sísmica de diseño.

Peso sísmico de la Edificación:

Para los cálculos de la determinación del peso por niveles y peso total de la edificación se procedió según lo indicado en la NTP-E030-2016, según el uso e importancia de la edificación, en la que a los tres primeros niveles se le asignó el total de la carga muerta más un 0.25 de la carga viva, en el último nivel o azotea se ha estimado el total de la carga muerta más el 0.25 de la carga viva en techo.

- sobre carga considerada del 1er al 3er nivel:
S/C= 370 kg/m².
- Sobre carga considerada en el 4to nivel:
S/C= 100 kg/m²

Tabla 11: Peso total de la edificación

	P(tn)
CUATRO NIVEL	89.6912
TERCER NIVEL	150.9249
SEGUNDO NIVEL	152.33048
PRIMER NIVEL	165.03863
TOTAL	557.9852

Fuente: elaboración propia.

Configuración estructural y Regularidad:

Irregularidad Estructural en Altura:

Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

La condición de irregularidad se da en la ocasión en que la relación entre la deriva de un piso con del inmediato superior es mayor a 1.4 o es mayor a 1.25 respecto al promedio de los tres inmediatos superiores.

Tabla 12: relación de derivas en la dirección X

Piso	Derivas		
	Δ inelástica	Drift i+1/ Drift i	Drift i+3/ Drift i
Piso 4	0.002203875		
Piso 3	0.003148875	1.428790199	
Piso 2	0.003911625	1.242229368	
Piso 1	0.004093875	1.04659189	1.32568306
Base	0		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13: relación de derivas en la dirección Y.

Piso	Derivas		
	Δ inelástica	Drift i+1/ Drift i	Drift i+3/ Drift i
Piso 4	0.0028215		
Piso 3	0.00605475	1.65897858	
Piso 2	0.009257625	1.23046252	
Piso 1	0.013338	0.335061568	0.45318825
Base	0		

Fuente: elaboración propia.

De la evaluación en ambas direcciones se concluye que el edificio presenta irregularidad de piso blando, asignándole un valor de factor de irregularidad de $I_a = 0.75$.

Irregularidad de Resistencia – Piso Débil

Irregularidad de Masa o Peso

Comprende en el momento en que el peso de un piso es mayor a 1.5 veces el peso de piso siguiente, no son consideradas las azoteas.

Tabla 14: irregularidad de Peso.

	$P(t_n)$	$> 1.5 P(t_n) + i$
CUATRO NIVEL	89.6912	
TERCER NIVEL	150.9249	
SEGUNDO NIVEL	152.33048	1.009313109
PRIMER NIVEL	165.03863	1.083424867

Fuente: elaboración propia.

Se concluye de la evaluación que la edificación no presenta irregularidad de peso, por lo que se le asigna un valor de factor de irregularidad de $I_a = 1.00$.

Irregularidad Geométrica Vertical

Esta condición cumple en el momento en que las medidas en planta de la estructura que soporta las cargas laterales es mayor a 1.3 veces correspondiente al piso siguiente.

Se concluye que el edificio no presenta esta irregularidad, por lo que se le asigna un valor de factor de irregularidad de $I_a=1.00$.

Irregularidad por Discontinuidad en los sistemas Resistentes

Se considera como irregular en el momento en que el sistema resistente a fuerza cortante, pierde continuidad por cambio de orientación o por deslizamiento de magnitud del elemento.

Se concluye que el edificio no presenta esta irregularidad, por lo que se le asigna un valor de factor de irregularidad de $I_a=1.00$.

Irregularidad Estructural en Planta:

Irregularidad Torsional

Existe irregularidad cuando el mayor desplazamiento respecto del entrepiso calculado es mayor a 1.2 veces el desplazamiento respecto del centro de masas.

A continuación, se muestra el cálculo para desplazamientos en el 4to y 3er nivel

Tabla 15: irregularidad torsional.

Piso	Puntos	Drift en X (1) cm	Piso	Puntos	Drift en X (2) cm	(2) - (1) = (3)	(3) / CM *
Nivel 4	1	9.2128	Nivel 3	1	7.9134	1.2994	1.2294446
Nivel 4	26	5.6936	Nivel 3	26	4.5715	1.1221	1.0616898
Nivel 4	18	9.453	Nivel 3	18	8.128	1.325	1.2536663
Nivel 4	42	5.8805	Nivel 3	42	4.6908	1.1897	1.1256504
Nivel 4	58	6.6332	Nivel 3	58	5.5763	1.0569 *	C.M

Fuente: elaboración propia.

De la evaluación en ambos pisos se concluye que el edificio presenta irregularidad torsional, asignándole un valor de factor de irregularidad de $I_p = 0.75$.

Irregularidad por Esquina Entrante

Es considerado irregular en el momento en que se tiene esquinas entrantes y que tales medidas para ambos sentidos sean superiores al 20% del sentido completo en planta.

Tabla 16: Irregularidad por esquina entrante.

ESQUINA Y	3.01 m	29.31%
LONGITUD Y	10.27 m	
ESQUINA X	3.16 m	20.75%
LONGITUD X	15.23 m	

Fuente: elaboración propia.

De la evaluación en ambas direcciones se concluye que el edificio presenta irregularidad por esquina entrante, asignándole un valor de factor de irregularidad de $I_p = 0.90$.

Irregularidad por Discontinuidad del Diafragma

Es considerado irregular en el momento en que los diafragmas tienen interrupción quebrada o variaciones significativas de rigidez, superiores al 50% del área bruta del diafragma.

Tabla 17: irregularidad por discontinuidad del Diafragma.

DIRECCION X	14.93 m	
	16.53 m	90.32%
DIRECCION Y	6.91 m	
	9.41 m	73.43%

Fuente: elaboración propia.

Se concluye que el edificio no presenta esta irregularidad, por lo que se le asigna un valor de factor de irregularidad de $I_p = 1.00$.

Irregularidad por Sistemas no Paralelos

Se considera irregular en el momento en que sin importar en sentido los elementos que soportan las fuerzas laterales no resultan ser parecidos, formando ángulos de variación superiores a 30°.

Se concluye que el edificio no presenta esta irregularidad, por lo que se le asigna un valor de factor de irregularidad de $I_p = 1.00$.

Resumen de Factores de Irregularidades I_a y I_p

Los factores de irregularidad calculadas con anterioridad se resumen en el siguiente cuadro, tomando como valores finales el menor de cada uno, según el ítem 3.6 de la NTP E.030.

Tabla 18: Resumen de Factores I_a y I_p .

IRREGULARIDAD EN ALTURA	I_a	IRREGULARIDAD EN PLANTA	I_p
Piso blando		Torsional	0.75
Piso débil	0.75	Torsional extrema	1
Extrema rigidez		Esquina entrante	0.9
Extrema resistencia	1	Discontinuidad de diafragma	1
Masa o peso	1	Sistemas no paralelos	1
Geometría vertical	1		
Sistemas resistentes	1		
Sistema resistente extrema	1		
$I_a =$	0.75	$I_p =$	0.75

Fuente: elaboración propia.

Los valores finales que se les asigno para realizar el análisis sísmico son $I_a = 0.75$ y $I_p = 0.75$, calificando como una estructura irregular.

Selección de los parámetros sismorresistentes de acuerdo a la NTP E.030-2016

Fuerza cortante en la base:

La fuerza cortante en la base se entiende como el comportamiento que presenta el edificio inducidos por las vibraciones del sismo, el sentido en la que se presenten estas vibraciones sísmicas es variada y dependiente de múltiples factores, en tal sentido la NTP E.030 presenta un mecanismo para determinarla denominada cortante basal que es la siguiente:

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

Dónde:

Z: Factor de zonificación sísmica.

U: Factor de uso.

C: Coeficiente de amplificación.

S: Factor de Suelo.

R: Factor de Reducción Sísmico.

P: Peso de la edificación.

Parámetros de Sitio (S, Tp y TI):

El edificio en análisis se ubica en una zona que corresponde a un tipo de suelo según los parámetros de sitio a un S2 (suelos intermedios), en tal sentido se tomó valores “Tp” y “TI” que se señalan en la siguiente tabla:

Tabla 19: Parámetros de sitio.

Periodo “Tp” y “Ti”					
	Perfil de suelo				
	So (Roca Dura)	S1 (Suelos Rígidos)	Muy	S2 (Suelos Intermedios)	S3 (Suelos Blandos)
Tp	0.3 s	0.4 s		0.6 s	1.0 s
TI	3.0 s	2.5 s		2.0 s	1.6 s

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030-2016.

Factor de zonificación sísmica (z):

El edificio en análisis se ubica en la ciudad de Carhuaz, departamento de Ancash, se encuentra localizada en la zona 3, de acuerdo a la siguiente tabla de la Norma Técnica de Edificaciones E.030.

Este factor es $Z=0.35$

Tabla 20: Zona Sísmica.

Z	0.45	Zona 4
Z	0.35	Zona 3
Z	0.25	Zona 2
Z	0.10	Zona 1

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030-2016.

Factor de suelo (s):

El distrito de Carhuaz presenta un suelo de tipo S2 (Suelo intermedio) que representa a un suelo medianamente rígida, de acuerdo a la siguiente tabla de la NTE - E.030, el valor del factor es $S= 1.05$.

Tabla 21: Factor de suelo.

SUELO ZONA	S0 (Roca Dura)	S1 (Suelos Muy Rígidos)	S2 (Suelos Intermedios)	S2 (Suelos Blandos)
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030-2016.

Factor de uso:

De acuerdo a la siguiente tabla de la NTP – E.030, los edificios empleados a locales comerciales, oficinas y vivienda se hallan en la clasificación de edificaciones convencionales o comunes, el valor del factor es $U=1.00$.

Tabla 22: Factor de uso.

U	1.00	C-Edificaciones comunes
U	1.30	B-Edificaciones Importantes
U	1.50	A-Edificaciones Esenciales

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030-2016.

Factor de reducción sísmica (R):

Tabla 23: Factor de reducción sísmica.

R	8.00	Aporticado CA (>80%absorve pórticos)
R	1.30	Dual CA (<80%absorve muros)
R	1.50	Muros estructurales CA (>80%absorve muros)

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.030-2016.

$$R = 0.2 \cdot R_0 \cdot R_1 \cdot R_2$$

$$R = 4.50$$

Análisis sísmico Estático

Sustituyendo los valores obtenidos en la fórmula de la cortante basal:

El periodo fundamental es igual a $T = 0.656$ s. por lo que el valor para el coeficiente de amplificación será igual a $C = 2.29$.

$$C = \frac{2.5}{T} = 2.29$$

$$\frac{2.5}{2.29} = 0.204$$

$$F = 114.120 \text{ tn}$$

Fuerza sísmica en altura:

La obtención de la fuerza sobre cada nivel está dada por la relación de masas (masa de cada nivel sobre la masa total del edificio) y el cortante basal.

K , el exponente relacionado al periodo fundamental es igual a 1.078.

Tabla 24: obtención de la fuerza sísmica.

PISO	P(tn)	HI	$P \cdot HI^k$	$P \cdot HI^k$ (Acum)	α	Fi(tn)
4	89.6912	13.9	1530.8047	1530.805	0.262	29.908
3	150.9249	11.1	2021.2455	3552.050	0.346	39.490
2	152.33048	7.9	1413.9329	4965.983	0.242	27.624
1	165.03863	4.7	875.1996	5841.183	0.150	17.099
TOTAL	557.9852	$\sum P^*(HI)^k =$	5841.1827			

Fuente: Elaboración propia.

La distribución obtenida en altura se empleara para realizar el análisis no lineal, como cargas de usuario.

Análisis Dinámico

Para la dirección a analizar del edificio se empleará un espectro inelástico de pseudoaceleración determinado por la NTP - E.030-2016.

$$\frac{a_g}{g} = \frac{a_g}{g}$$

La aceleración espectral de 9.81 m/s² con suelo intermedio de T_p= 0.60, se consideró:

$$T_p < T < T_m \quad a_g = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right)^{2.5}$$

Fuente: Elaboración propia.

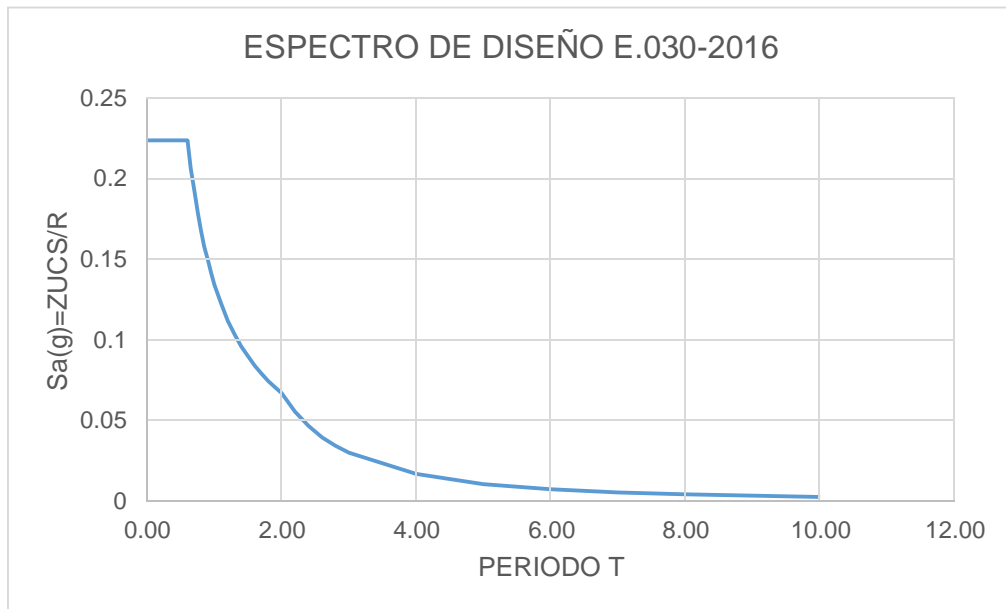


Figura 34. Aceleración inelástica.

Del artículo 15 de la NTP - E.030, en la que se considera el valor de 0.007 como desplazamiento máximo tolerable lateral de entrepiso, por tratarse de un edificio de concreto armado.

Según el artículo 16.4 de la NTP – E.030, luego de desarrollar el análisis estático y modelado la estructura se obtienen las derivas de pisos con sus desplazamientos máximos, que serán multiplicadas por el factor de 0.75R cuando es regular y por R si es irregular, los datos que se obtuvieron se muestran a continuación:

Para el Sismo en la dirección X:

Tabla 25: Deriva Inelástica en X.

Piso	X-X		Y-Y		
	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Deriva Δ limite
Piso 4	0.000653	0.0029385	0.00059	0.002655	0.007
Piso 3	0.000933	0.0041985	0.001053	0.0047385	0.007
Piso 2	0.001159	0.0052155	0.001529	0.0068805	0.007
Piso 1	0.001213	0.0054585	0.002103	0.0094635	0.007
Base	-	0			

Fuente: Elaboración propia.

Para el Sismo en la dirección en Y:

Tabla 26: Deriva Inelástica en Y.

Piso	X-X		Y-Y		
	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Derivas Δ elástica	Derivas Δ inelástica	Deriva Δ limite
Piso 4	0.00047	0.002115	0.000836	0.003762	0.007
Piso 3	0.000989	0.0044505	0.001794	0.008073	0.007
Piso 2	0.001466	0.006597	0.002743	0.0123435	0.007
Piso 1	0.002069	0.0093105	0.003952	0.017784	0.007
Base	-	0			

Fuente: Elaboración propia.

Espectros de Demanda Sísmica

Para el cálculo de los espectros de demanda no se ha tomado en cuenta el factor "R" motivo por el que el mecanismo de reducción sísmica se basó en porcentajes del ZUCS, calculado a un 50% del ZUCS para sismo de servicio, 100% del ZUCS para sismo de diseño y 125% del ZUCS para sismo máximo.

Los datos para cada espectro se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 27: Espectros de demanda.

SISMO DE SERVICIO		SISMO DE DISEÑO		SISMO MÁXIMO	
Sa(g)	Sd(cm)	Sa(g)	Sd(cm)	Sa(g)	Sd(cm)
0.5031	0.0000	1.0063	0.0000	1.2578	0.0000
0.5031	0.0005	1.0063	0.0010	1.2578	0.0013
0.5031	0.0020	1.0063	0.0041	1.2578	0.0051
0.5031	0.0046	1.0063	0.0092	1.2578	0.0115
0.5031	0.0082	1.0063	0.0163	1.2578	0.0204
0.5031	0.0413	1.0063	0.0826	1.2578	0.1032
0.5031	0.0510	1.0063	0.1020	1.2578	0.1274
0.5031	0.0797	1.0063	0.1593	1.2578	0.1991
0.5031	0.1147	1.0063	0.2294	1.2578	0.2867
0.5031	0.2039	1.0063	0.4078	1.2578	0.5098
0.5031	0.2581	1.0063	0.5161	1.2578	0.6452
0.5031	0.3186	1.0063	0.6372	1.2578	0.7965
0.5031	0.3855	1.0063	0.7710	1.2578	0.9638
0.5031	0.4588	1.0063	0.9176	1.2578	1.1470
0.4644	0.4970	0.9288	0.9941	1.1611	1.2426
0.4025	0.5735	0.8050	1.1470	1.0063	1.4337
0.3773	0.6117	0.7547	1.2235	0.9434	1.5293
0.3551	0.6500	0.7103	1.2999	0.8879	1.6249
0.3178	0.7264	0.6355	1.4529	0.7944	1.8161
0.3019	0.7647	0.6038	1.5293	0.7547	1.9116
0.2744	0.8411	0.5489	1.6822	0.6861	2.1028
0.2516	0.9176	0.5031	1.8352	0.6289	2.2940
0.2156	1.0705	0.4313	2.1410	0.5391	2.6763
0.2013	1.1470	0.4025	2.2940	0.5031	2.8675
0.1776	1.2999	0.3551	2.5998	0.4439	3.2498
0.1677	1.3764	0.3354	2.7528	0.4193	3.4410
0.1509	1.5293	0.3019	3.0586	0.3773	3.8233
0.1258	1.8352	0.2516	3.6704	0.3145	4.5879
0.1161	1.9881	0.2322	3.9762	0.2903	4.9703

Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas de estos espectros se pueden observar en la Figura 17.

3.3.3. Modelamiento estructural de la edificación incluyendo rotulas plásticas en el programa computacional ETABS-2016.

Mecanismos de Rotulas Plásticas

Para la asignación de rotulas en las vigas y columnas se realizaron de acuerdo a las tablas del ASCE 41-13, para vigas se empleó la tabla 10-7 –Concrete Beams – Flexure asignándole el valor de la rótula del tipo flexión (M3), y en el caso de las columnas se empleó la tabla 10-8 – Concrete Columns asignándole la rótula de fuerza axial y momento acoplado (P-M2-M3).

A continuación, se muestran la asignación de las rotulas plásticas según las tablas de ASCE 41-13, para vigas y columnas en el programa de análisis estructural ETABS-2016.

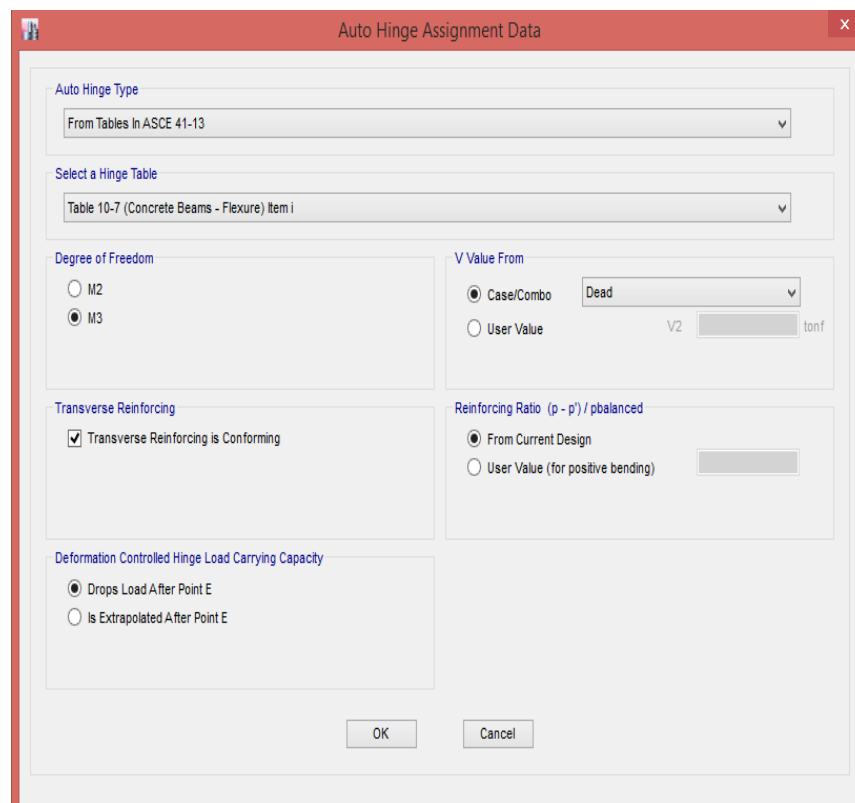


Figura 35. Rotula tipo flexión M3 en vigas.

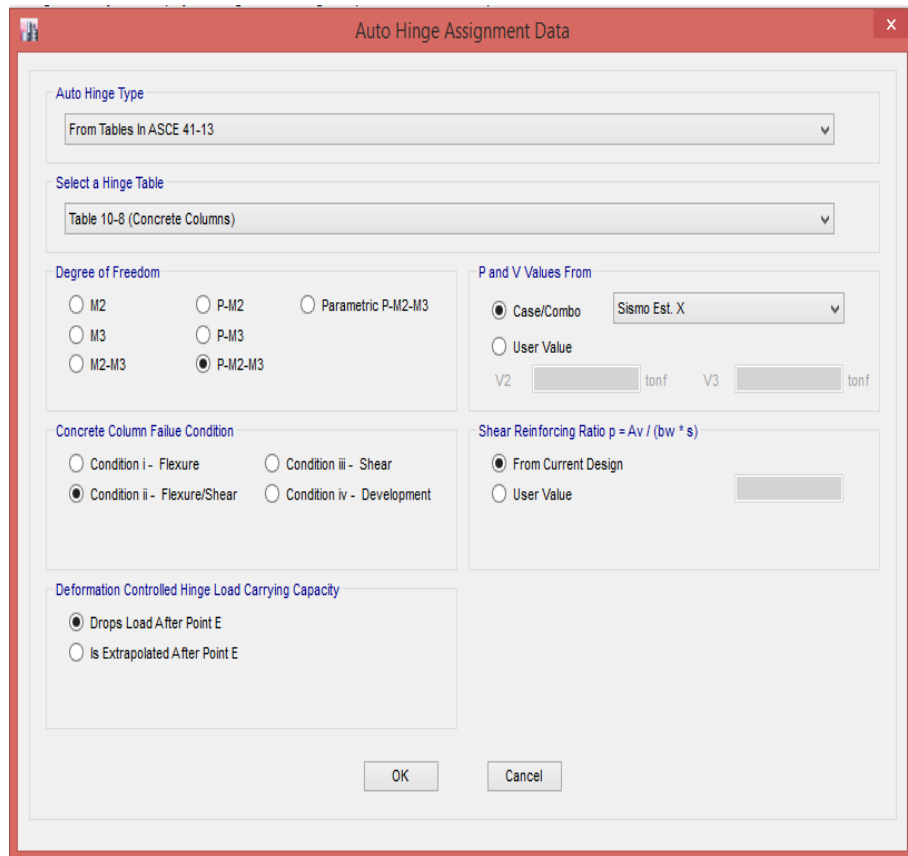


Figura 36. Rotula fuerza axial y momento acoplado P-M2-M3 en Columnas.

Las rotulas son modeladas como puntos discretos, es decir la deformación plástica, sea desplazamiento o rotaciones ocurren donde se le es asignada la articulación.

La distancia relativa donde se asignaron las rotulas plásticas, para este caso fueron a un 15 % y 85% de la distancia de las vigas y columnas tanto en las direcciones X e Y, tal como se observa en la siguiente figura.

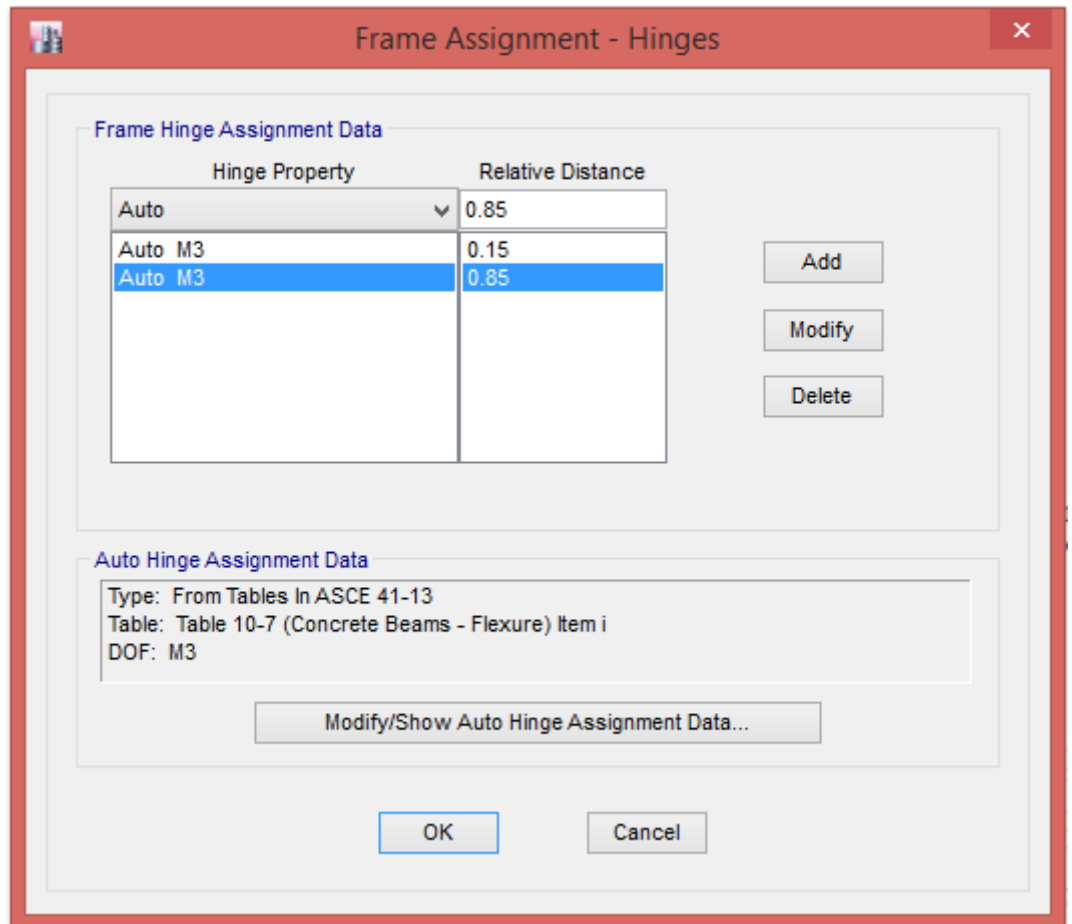


Figura 37. Asignación de las Rotulas Plásticas.

Como se muestra en la siguiente figura, el programa genera automáticamente las rotulas plásticas, tan solamente seleccionado los elementos correspondientes y asignándoles el cuadro correspondiente de acuerdo al ASCE 41-13.

3.3.4. Obtención del Punto de desempeño o comportamiento post sismo de la estructura.

Curva de Capacidad

En el programa computacional de análisis estructural ETABS v.2.0 -2016, se genera la curva de capacidad respecto al Push-over aplicado en el sentido X, los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 28: Desplazamiento vs cortante.

Desplazamientos	Cortante basal
cm	Kgf
0	0
2.5467	202098.82
3.69315	260066.54
4.8396	318034.26
5.7009	347219.25
6.5622	376404.24
7.0622	390996.735
7.5622	405589.23

Fuente: elaboración propia.

Se genera la curva de capacidad respecto al Push-over aplicado en el sentido Y, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 29: Desplazamiento vs cortante.

Desplazamientos	Cortante basal
cm	Kgf
0	0
1.0339	103129.46
1.8785	164788.31
2.7231	226447.16
3.1007	243269.11
3.50315	255575.1
3.9056	267881.09
4.4056	274034.085
4.9056	280187.08

Fuente: elaboración propia.

Las representaciones graficas de las dos tablas anteriores se pueden observar en las figuras 22 y 23 respectivamente.

Espectro Capacidad

Las curvas de espectros de capacidad que se muestran en las siguientes figuras, se obtuvieron empleando pautas del método “espectro-capacidad” para ambos sentidos de análisis.

Tabla 30: Conversión de la curva de capacidad a aceleración vs. Desplazamiento Espectral en X.

Piso	peso W (kg)	Desp. Modo 1 Ø (cm)	w*Ø	(w*Ø)/g	w*(Ø^2)	(w*(Ø^2))/g	w/g
	[1]	[2]					
4	89691.2	1.0357	92893.17584	94.69233011	96209.46222	98.0728463	91.42833843
3	150924.9	0.8868	133840.2013	136.4324172	118689.4905	120.9882676	153.8480122
2	152330.48	0.6341	96592.75737	98.4635651	61249.46745	62.43574663	155.2808155
1	165038.63	0.3408	56245.1651	57.334521	19168.35227	19.53960476	168.2350968
	557985.21			386.9228335		301.0364653	568.792263

Fuente: elaboración propia.

De la tabla, respecto a los desplazamientos del primer modo de vibración, se puede calcular el $PF1 = 386.922 / 301.036 = 1.285$ y $\alpha1 = (386.922^2) / (301.036 * 568.7922) = 0.874$

$$PF1 = \frac{w \cdot \delta}{w_1 \cdot \delta_1}$$

$$\alpha1 = \frac{w \cdot \delta^2}{w_1 \cdot \delta_1^2}$$

Tabla 31: Conversión de la curva de capacidad a aceleración vs. Desplazamiento Espectral en Y.

Piso	peso W (kg)	Desp. Modo 1 Ø (cm)	w*Ø	(w*Ø)/g	w*(Ø^2)	(w*(Ø^2)/g	w/g
	[1]	[2]					
4	89691.2	0.9465	84892.7208	86.53692232	80350.96024	81.90719698	91.42833843
3	150924.9	0.8766	132300.7673	134.8631675	115974.8527	118.2210527	153.8480122
2	152330.48	0.7078	107819.5137	109.9077612	76314.65183	77.79271338	155.2808155
1	165038.63	0.4613	76132.32002	77.60685017	35119.83922	35.80003998	168.2350968
	557985.21			408.9147012		313.721003	568.792263

Fuente: elaboración propia.

De la tabla, respecto a los desplazamientos del primer modo de vibración, se puede calcular el $PF1 = 408.914 / 313.721 = 1.303$ y $\alpha_1 = (408.914^2) / (313.721 * 568.7922) = 0.937$

$$PF1 = \frac{w \cdot \delta_1}{w/g}$$

$$\alpha_1 = \frac{w \cdot \delta_1^2}{w/g \cdot \delta_1^2}$$

En las figuras siguientes, se observan los resultados de los espectros de capacidad en ambas direcciones:

Aplicando las dos fórmulas que se describen para el cálculo del Sa y el Sd se obtiene lo siguientes para ambas direcciones:

Tabla 32: Valores de espectro de capacidad en X.

Sd	Sa
0	0
1.981401716	0.414252518
2.87337093	0.533071985
3.765340144	0.651891452
4.435454919	0.711713452
5.105569694	0.771535452
5.494583264	0.801446452
5.883596834	0.831357452

Fuente: elaboración propia.

Tabla 33: Valores de espectro de capacidad en Y.

Sd	Sa
0	0
0.793212237	0.197238587
1.441192753	0.315163227
2.089173269	0.433087867
2.378869508	0.465260416
2.687630766	0.488796039
2.996392024	0.512331662
3.379994035	0.524099473
3.763596045	0.535867285

Fuente: elaboración propia.

La representación gráfica de los espectros de capacidad se puede observar en las figuras 24 y 25 para ambas direcciones.

Seccionamiento del Espectro de Capacidad

El seccionamiento, no permitió identificar los niveles de comportamiento o desempeño que presenta la estructura a través de la curva de capacidad, para esta parte nos basamos según la recomendación de VISION 2000 y se describe a en la siguiente tabla:

Tabla 34: Parámetros para el Seccionamiento del Espectro de Capacidad

Grado de Daño	Definición	Desplazamiento Espectral Limite
0	Sin Daño	$D < 0.7Dy$
1	Operacional	$0.7Dy < D < 1.0Dy$
2	Ocupación Inmediata	$1.0Dy < D < Dy + Duy$
3	Seguridad de Vida	$Dy + Duy < D < Du$
4	Prevención al Colapso	$Du < D$ $Duy = 0.25*(Du+Dy)$

Fuente: Adaptación Visión 2000.

Para la dirección en X, de la curva Bi-lineal el desplazamiento de fluencia Dy es igual a 2.23 cm y el desplazamiento máximo Du es 5.88, por lo tanto, los deslizamientos para los niveles de desempeños son los siguientes:

Operacional: $D= 1.56$ cm.

Ocupación Inmediata: $D= 2.23$ cm.

Seguridad de Vida: $D=4.26$ cm.

Prevención al Colapso: $D= 5.88$ cm.

Para la dirección en Y, de la curva Bi-lineal el desplazamiento de fluencia Dy es igual a 1.14 cm y el desplazamiento máximo Du es 3.76 cm, por lo tanto, los deslizamientos para los niveles de desempeños son los siguientes:

Operacional: $D= 0.79$ cm.

Ocupación Inmediata: $D= 1.14$ cm.

Seguridad de Vida: $D=2.36$ cm.

Prevención al Colapso: $D= 3.76$ cm.

Punto de Desempeño

El resultado que se obtiene que aplicar las pautas del método “espectro-capacidad” es el punto de desempeño del edificio, esta es obtenida al intersecar las dos curvas de espectro, la de capacidad y demanda, en la siguiente, se observa el punto de desempeño, para dirección Y:

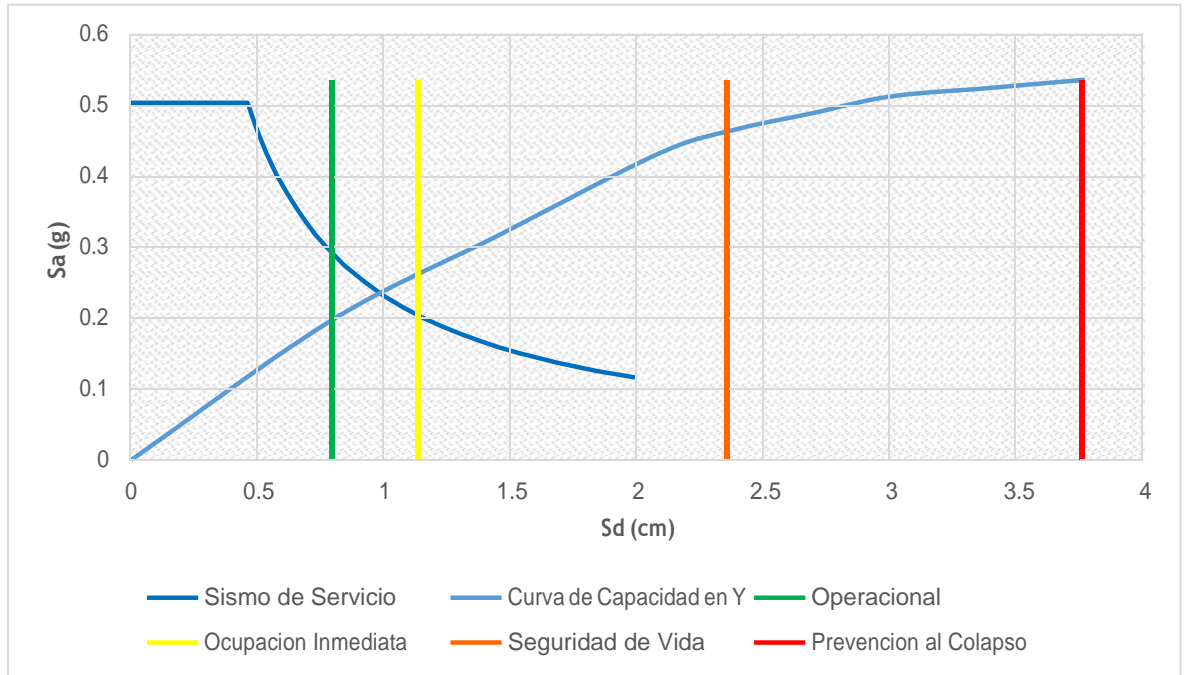


Figura 38. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y para sismo de Servicio.

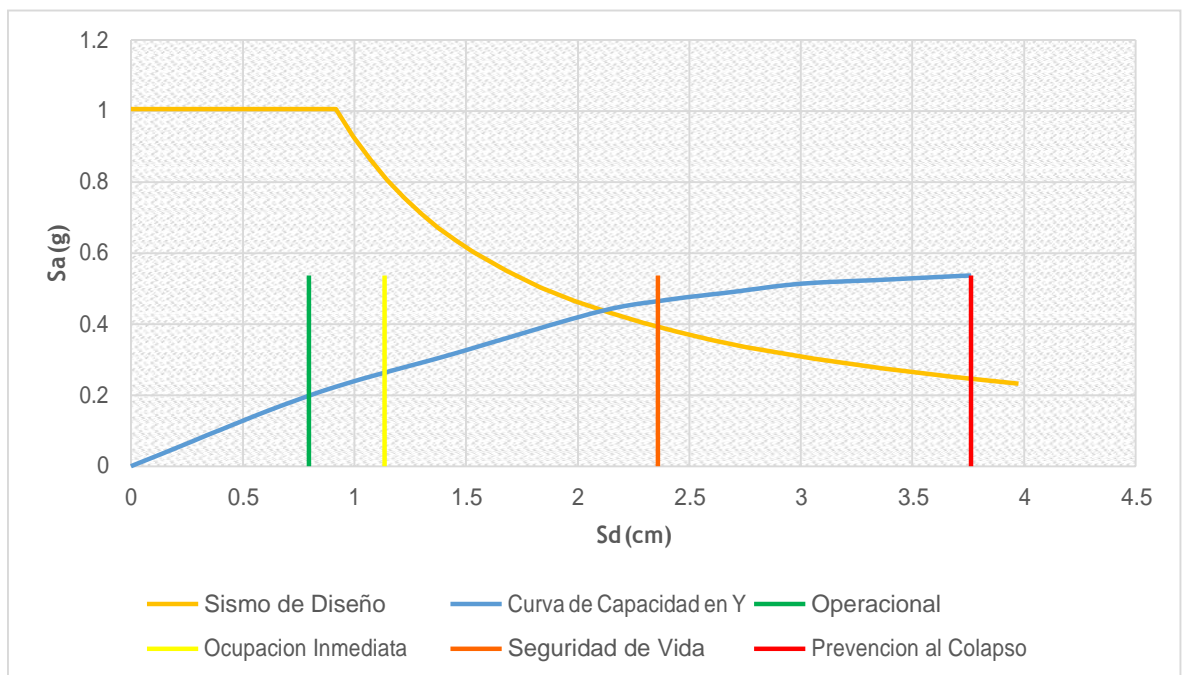


Figura 39. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y para sismo de Diseño.

Como se muestra en la Figura 38, para un sismo de servicio calificado como un sismo ocasional, el edificio muestra un comportamiento de Ocupación Inmediata, cumpliendo con la filosofía de NTP E.030, que la

estructural puede soportar movimientos moderados, pudiendo experimentar daños reparables.

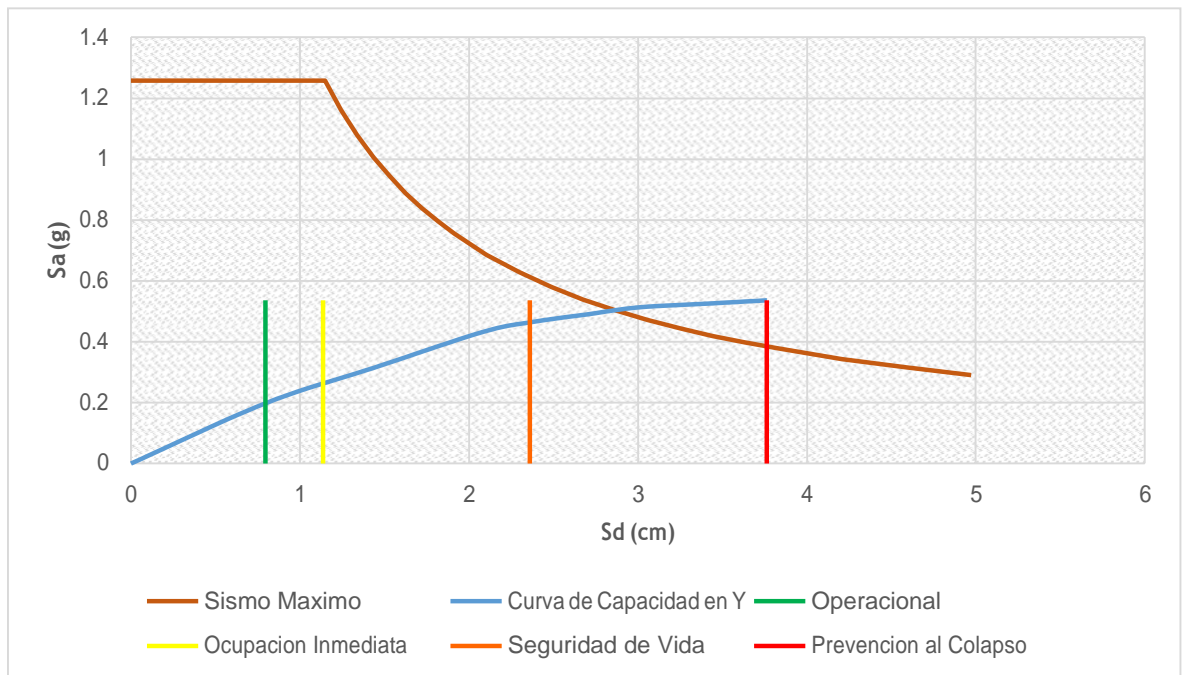


Figura 40. Ubicación del punto de desempeño en la dirección Y para sismo Máximo.

La Figura 39, muestra que para un sismo de diseño catalogada como un sismo raro el edificio presenta un comportamiento de seguridad de vida y en la Figura 40 para un sismo máximo catalogada como un sismo muy raro o severo el comportamiento es prevención al colapso, cumpliendo con la filosofía de la NTP E.030, que para movimientos de sismos catalogados como severos la estructura no debe de venirse abajo ni causar daños graves a los ocupantes.

En general el edificio presenta un buen comportamiento sísmico, cumpliendo con la filosofía del no colapso y mostrando un desempeño suficiente para la categoría de edificación básica.

IV. DISCUSION

La tesis tuvo como propósito determinar el desempeño sísmico de un edificio de 4 niveles, que a través de procesos descritos en esta investigación se determinó el desempeño sísmico ante diferentes demandas sísmicas, la que permitió comparar los datos obtenidos, con la teoría relacionadas al tema y las antecedentes a nivel nacional e internacional empleadas, permitiendo realizar una discusión de lo siguiente:

El edificio analizado fue diseñado con la actual NTP E.030, sin embargo, al revisar los factores de irregularidad mediante el análisis sísmico, los valores de irregularidad dieron $I_a=0.75$ y $I_p=0.75$, y mostrando una distorsión de piso fuera del rango en la dirección Y, considerando una dirección vulnerable.

La NTP E.030-2016, no define niveles de desempeño en demanda, solo considera un nivel de sismo de diseño, tampoco considera niveles de comportamiento, solo contempla como filosofía de diseño la seguridad de vida de los ocupantes, sin embargo, da una recomendación en el numeral 5.5. para la evaluación empleando el ASCE/SEI 41 (Rehabilitación sísmica para edificios existentes), del análisis por desempeño se obtuvo que el edificio si cumple con los parámetros establecidos en nuestra normativa sismorresistente.

El procedimiento para el cálculo del desempeño de la estructura se llevó acabo con la matriz de desempeño dada por el ATC-40, en la que se describen los comportamientos finales según el tipo de sismo que afecte a la estructura, dando una recomendación de desempeño para estructuras convencionales de seguridad de vida y prevención al colapso para sismo de diseño y sismo máximo respectivamente, el desempeño de la edificación cumplió con lo indicado en esta normativa.

Con la tesis desarrollada por Vergara, Victoria y Zevallos, Mario, en el 2014, aplicaron la metodología del FEMA 356 (método de coeficientes), dicho método de análisis no fue empleada en esta investigación, ya que se tomó con mayor prioridad realizar un análisis estático no lineal buscando obtener una curva de

capacidad que describa en comportamiento hasta el colapso de la edificación, de igual modo Vergara y Zevallos desarrollaron de manera comparativa el método de curva de capacidad por la norma del ATC 40.

Con la tesis desarrollada por Alcantara, Kelly y Nalvarte, Carlos, en el 2016, evaluaron el desempeño de un edificio destinado a hospital, obteniendo como desplazamientos máximos de 15.6 cm y 14.3 cm en las direcciones X e Y respectivamente para un bloque del hospital, aplicaron las pautas recomendadas de la norma ATC 40, en el caso de esta investigación se analizó un edificio destinada para comercio-vivienda presentado desplazamientos de 7.56 cm y 4.44 cm en las direcciones X e Y respectivamente y se consideró las sugerencias del ATC 40 para la determinación de los niveles de demanda.

La tesis presentada por Paredes, Miguel en el 2016, en la que evaluó el desempeño una vivienda, siguiendo las recomendaciones del FEMA para la obtención de la curva de capacidad y las recomendaciones de VISION 2000, en la representación bi-lineal de la curva de capacidad obtuvo un punto de fluencia de 2 cm de desplazamiento a una cortante basal de 600 tn en la dirección X, y en la dirección Y a un desplazamiento de 2.2 cm con una cortante basal de 539 tn. obteniendo un comportamiento elástico a un nivel de comportamiento Operacional ante un sismo frecuente y para un sismo Ocasional un nivel de comportamiento de Ocupación Inmediata, indicando que llega a satisfacer con los objetivos de la norma E.030, la matriz de desempeño fue desarrollada de acuerdo al cuadro dado por VISION 2000; en el caso de esta investigación se siguieron las recomendaciones del ATC 40 para la obtención de la curva de capacidad y para el seccionamiento de la curva de capacidad se siguió con la recomendación de VISION 2000 la que permite seccionar de acuerdo al punto de fluencia efectiva y el desplazamiento de colapso, en la curva bi-lineal se obtuvo un desplazamiento de 2.87 cm con una cortante de 238 tn en la dirección X, de igual manera en la dirección Y se da con un desplazamiento de 1.48 cm con una cortante de 168 tn obteniendo una respuesta elástica para un sismo de diseño un comportamiento de seguridad de vida y para un sismo

máximo un desempeño de prevención de colapso, la matriz de desempeño fue desarrollada de acuerdo al cuadro presentado por ATC 40.

V. CONCLUSIONES

El desempeño sísmico del edificio de configuración estructural aporticado destinado para comercio-vivienda, ante sismos de diseño y sismo máximo, presenta un comportamiento suficiente para estructuras convencionales, teniendo como desempeño asegurar la vida de sus ocupantes ante sismos raros y evitando colapsar ante sismos máximos, cumpliendo con lo descrito en la NTP E.030 – 2016 con el concepto del no colapso y resguardo de vida de las personas.

- De la aplicación de la ficha técnica de inspección, se concluye que el instrumento permitió recolectar información sobre la configuración y distribución estructural, permitiendo replantear los planos y determinar de manera general característica de acuerdo a la normativa sismorrestentes, presentado irregularidades tanto en planta como en elevación.

- Del análisis sísmico por la NTP E.030-2016, se llevó acabo con las pautas recomendadas para la obtención de las fuerzas sísmicas, obteniendo valores de irregularidades estructurales en altura $I_a = 0.75$ e irregularidad estructural en planta $I_p = 0.75$, en ninguno de los casos se llegó a irregularidades extremas, las derivas de entre piso en la dirección X e Y alcanzaron valores de 0.004 y 0.013 respectivamente, mostrando un desplazamiento fuera del rango de la norma para la dirección en Y.

- El modelamiento no lineal Push-over, se concluye que el programa Etabs es una herramienta que permitió incorporar las rotulas plásticas a los elementos vigas-columnas seleccionado un punto discreto de análisis de un 15% y 85% de la longitud, de igual manera para los elementos muro tipo Shell se asignaron rotulas plásticas.

- De la obtención del punto de desempeño, debido a las fuerzas sísmicas en la dirección X, el edificio logra su capacidad máxima con un desplazamiento de 7.56 cm con una cortante basal de 405 tn, y en la dirección Y, el edificio logra su capacidad máxima con un desplazamiento de 4.91 cm con una cortante basal de 280 tn, el punto de fluencia que

indica que la estructura entra a un rango inelástico, se da a un desplazamiento de 2.87 cm con una cortante de 238 tn en el sentido X, de igual manera el punto de fluencia en el sentido Y se da con desplazarse 1.48 cm contando con una cortante de 168 tn.

Finalmente se obtuvo el desempeño general de la estructura, para un sismo de servicio un comportamiento de ocupación inmediata, sismo de diseño un comportamiento de seguridad de vida y para un sismo máximo un comportamiento de prevención al colapso.

VI. RECOMENDACIONES

El análisis por desempeño presentado, es únicamente para una edificación ubicada en una zona sísmica discreta, por lo que se deben de realizar estudios para diferentes factores de zonas y consideraciones que amerite su sismicidad, obteniendo diferentes desempeños que pudieran llegar a tener.

Se debe tener en consideración seguir las pautas del Anexo N° 02 de la NTP E.030-2016, para realizar una adecuada validación de la estructura y de esta manera evitar irregularidades en planta y elevación, controlando los desplazamientos laterales y evitando distorsiones de piso que no se encuentren dentro de lo admisible.

Para ampliar el estudio y garantizar la funcionalidad de la edificación, se recomienda realizar la evaluación del comportamiento para elementos no estructurales, de esa manera determinar un comportamiento global de la edificación.

Se recomienda emplear el push-over, para la determinación de costos de reparación, a través de un análisis de daños (curvas de fragilidad) y análisis de pérdidas.

VII. REFERENCIAS

AGUIAR, Falconí – Analisis Sismico por Desempeño, primera edicion, Ecuador, 2003.

Applied Technology Council, ATC 40 - Seismic evaluation and retrofit of concrete building, California, 1996.

BERTERO, V. Reabilitacion sísmica de edificios existentes, Caracas, 1997.

BONETT, R. Tesis Doctoral: Vulnerabilidad y riesgos Sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Barcelona: ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 2003.

COMPUTER AND STRUCTURES, INC. [en línea]. España, 2017 [fecha de consulta: 12 de octubre del 2017] Información General Software ETABS.

Disponible en: <http://www.csiespana.com/software/5/etabs>

Federal Emergency Management Agency, FEMA 356 – Prestandard and Commentary for the seismic rehabilitation of buildings, Washington, D.C, 2000.

FLORES, Teodorico, “Estudio del Control de Rotulas Plasticas en Porticos de Concreto Armado”. Tesis (Magister en Ingenieria Civil), Lima, Pontifica Universidad Catolica del Perú, 2003.

GUEVARA, Nicolás; OSORIO, Sergio y ARTURO, Eduardo, Tesis, “Evaluación de la Capacidad Estructural del Edificio de la Biblioteca de las Ingenierías y Arquitectura, Utilizando Análisis Estático no Lineal (Pushover)”, tesis para optar el título de Ingeniero Civil, San Salvador: Universidad de El Salvador, 2006.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, N.T.P. E.030 – 2016, Diseño Sismorresistente, Lima. 2016, 36 pp.

PAREDES, Miguel. "Evaluación del Desempeño Sismorresistente de un Edificio Destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el Análisis Estático no Lineal Pushover", Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2016.

PÉREZ, José. "Diseño Sismo Resistente por Desempeño y sus Efectos en el Comportamiento Estructural", tesis, Universidad Técnica de Ambato, 2013.

SANCHEZ, Marco. "Diseño Sísmico Basado en Desempeño para una Edificación Esencial de Concreto Reforzado", tesis profesional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, 2010.

Structural Engineers Association of California Structural (SEAOC), Vision 2000-Report on performance based seismic engineering of buildings, California, 1995.

Universidad de Mendoza [en línea], Argentina [fecha de consulta: 29 de mayo de 2017] disponible en: <http://www.um.edu.ar/es/>

VERGARA, Victoria y ZEVALLOS, Mario. "Análisis Sísmico por Desempeño Estático no Lineal de un edificio de 6 niveles en la ciudad de Trujillo", tesis profesional, La Libertad, Universidad Privada Antenor Orrego, 2014.

VILLANUEVA, Guillermo. "Diseño Sísmico por Desempeño Aplicando a un Edificio de Hormigón Armado", Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 2009.

VLACEV, Toledo. Pushover - Análisis No Lineal Estático en Edificios de Concreto Armado con Sap2000 y Perform 3D. [en línea]. 1ra edición, agosto, 2011. Disponible: <http://www.cingcivil.com/?p=818>

ANEXO 01: INSTRUMENTO DE RECOPIACIÓN DE DATOS

FICHA TECNICA DE INSPECCIÓN RAPIDA			
FECHA	09-sep-17	DURACION DE VISI	1:00 HORAS
HORA	10:00 a.m.	NUMERO DE FICHA	1
I. INFORMACIÓN GENERAL			
A. UBICACIÓN			
1. Nombre de la Edific	TIENDA - GEOAGRO S.A.C		
4. Departamento:	ANCASH		
5. Provincia:	CARHUAZ		
6. Distrito:	CARHUAZ		
Marca el área donde se ubica el establecimiento			
	URBANO	<input checked="" type="checkbox"/>	URBANO-MARGINAL
			RURAL
7. Dirección del Establecimiento:	Nº Mz Lote		
Nombre de la calle, Av, Jr, Carretera, etc.	AV. PROGRESO	389	E 11
	Sector/Barrio		
	SAN MARTIN		
B. INFORMACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO			
Características principales			
Año de inicio de Operación	1	años	
Año de Funcionamiento	1	años	
Área Total del Terreno	174.72	²	Área Libre 12 ^{^2}
Área construida Primer piso	157.67	²	Área Total Construida 1,685.28 ^{^2}
Nº de Sótanos			Área destinada a Come 318.73 ^{^2}
Posición e	<input type="checkbox"/> Esquina <input checked="" type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Aislado		
C. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA			
Existe información de planos			
Ubicación y/o Localizac No		Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Arquitectura No		Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Estructura No		Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Inst. Electricas No		Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Inst. Sanitarias No		Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Inst. de Aire Acondicio No	<input checked="" type="checkbox"/>	Si	
Diseño inicial	fue diseñado para hospNo Si		
y departamentos	<input checked="" type="checkbox"/>		
III. COMPONENTE ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA FÍSICA			
NOMBRE DEL AREA A EVALUAR:			
ÁREA	174.72	m2	
Nº de piso	4	Altura de primer piso	3.50 m
		Altura total	16.00 m
El establecimiento esta ubicado según zonificación sísmica del NTP E.030-2016.			
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
			<input checked="" type="checkbox"/>
	ZONA 4		
AÑO DE ANTIGÜEDA Antes del 2011		2011 - 2016	A partir del 2016
DEL EDIFICIO A EVALUAR			
Escribir el año en números	1.0	años	
A. INFORMACION DEL SUELO			
SOLO MARCAR SI EXISTE INFORMACION REFERIDA AL TIPO DE SUELO SEGÚN LA NORMA SISMORESISTENTE E-030 EN CASO NO EXIS			
TIPO DE SS ₀ : Roca Dura	<input type="checkbox"/>	S1 : Roca o Suelos Muy Rigidos	<input type="checkbox"/>
		S2 : Suelos Intermedios	<input type="checkbox"/>
		S3 : Suelos Blandos	<input checked="" type="checkbox"/>
Capacidad Portante: 1.2 kg/cm2		S4 : Condiciones Excepcionales	<input type="checkbox"/>
	NO SE INDICA <input type="checkbox"/>		
Categoría del Establecimiento del acuerdo a la NTP E.030 -2016			
<input type="radio"/> A1	<input type="radio"/> A2	<input type="radio"/> B	<input checked="" type="radio"/> C
			<input type="radio"/> D
USO DE LA EDIFICA	<input type="checkbox"/> 1ER NIVEL: COMERCIAL-TIENDA <input type="checkbox"/> 2DO NIVEL: COMERCIAL - TIENDA <input type="checkbox"/> 3ER NIVEL: OFICINA <input type="checkbox"/> 4TO NIVEL: VIVIENDA		

Fuente: Elaboración Propia

B. SISTEMA ESTRUCTURAL		
El sistema estructural se identificara en ambas direcciones "X", "Y"		
SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN "X" ALBAÑILERIA <input type="checkbox"/> PORTICO DE CONCRETO ARMADO <input type="checkbox"/> SISTEMA DUAL: DE PORTICO + PLACAS DE CONCRET <input checked="" type="checkbox"/> X ADOBE <input type="checkbox"/>	SISTEMA ESTRUCTURAL EN DIRECCIÓN "Y" ALBAÑILERIA <input type="checkbox"/> PORTICO DE CONCRETO ARMADO <input type="checkbox"/> SISTEMA DUAL: DE PORTICO + PLACAS DE CONCRET <input checked="" type="checkbox"/> X ADOBE <input type="checkbox"/>	
Sección de elementos predominantes		
Formas Rectangular <input type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Tubo circular <input type="checkbox"/> Secc H / IT <input checked="" type="checkbox"/> X Cajón <input type="checkbox"/> Secc L <input type="checkbox"/> Armadura <input type="checkbox"/> No hay <input type="checkbox"/>	Material Concreto <input type="checkbox"/> Acero <input type="checkbox"/> Prefabricado <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/>	Sección 0.25x0.50 <input type="checkbox"/> 0.25x0.50 <input checked="" type="checkbox"/> X 0.25X0.40 <input type="checkbox"/>
Ejemplo de secciones Columnas <input type="checkbox"/> Vigas principales <input checked="" type="checkbox"/> X Vigas secundarias <input checked="" type="checkbox"/> X Diagonales <input type="checkbox"/>		
ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL Concreto direcciones X e Y Manpostería en X e Y	SISTEMA DE PISO / TECHO PISO / TECHO: LOSAS ALIGERADAS	
C. ELEMENTOS RESISTENTES		
DETERMINAR EL: Nº DE COLUMNAS <input type="text" value="22"/> AREA TOTAL DE CO <input type="text" value="4"/>		
AREA TOTAL DE MUROS DE ALBAÑILERIA DEL PRIMER PISO <input type="text" value="7.22"/> AREA TOTAL DE MUROS DE ALBAÑILERIA DEL PRIMER PISO <input type="text" value="3.62"/> AREA TOTAL DE MUROS DE PLACAS DEL PRIMER PISO DIRECCIÓN X AREA TOTAL DE MUROS DE PLACAS DEL PRIMER PISO DIRECCIÓN Y AREA TOTAL DE MUROS DE ADOBE DEL PRIMER PISO DIRECCIÓN X AREA TOTAL DE MUROS DE ADOBE DEL PRIMER PISO DIRECCIÓN Y		
D. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL		
VISTA EN PLANTA ESTRUCTURA <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> otros <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> otros <input type="checkbox"/>		
Irregularidad en planta <input checked="" type="checkbox"/> X Asimétrico (efectos de tensión) <input type="checkbox"/> Aberturas en planta > 20% (área o longitud) <input checked="" type="checkbox"/> X Longitud entrantes/salientes >20 % <input type="checkbox"/> En "L" u otra geometría irregular <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores		
SI ES ESTRUCTURA IRREGULAR TIENIRREGULAR <input checked="" type="checkbox"/> X REGULAR <input type="checkbox"/> JUNTA DE SEPARACION SISMICA NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> X		
VISTA EN ELEVACION ESTRUCTURA <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> X		
Irregularidad en elevación <input type="checkbox"/> Planta baja flexible <input type="checkbox"/> Marcos o muros no llegan a la cimentación <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Reducción de planta en pisos superiores <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores		
<input type="checkbox"/> Apoyos a diferente nivel (laderas) <input type="checkbox"/> Sistemas de entrepiso inclinados <input type="checkbox"/> Grandes masas en pisos superiores <input type="checkbox"/> Arreglo irregular de ventanas en fachada		
ESTRUCTURA IRREGULAR <input type="checkbox"/> REGULAR <input checked="" type="checkbox"/> X		
Otras fuentes de vulnerabilidad Conexión excéntrica trabe-columna <input type="checkbox"/> Columna débil-viga fuerte <input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas <input type="checkbox"/> Un elemento resiste más del 35% del sismo <input type="checkbox"/>		
Edificio vecina crítico No. De pisos: <input type="text" value="03"/> Separación: <input type="text" value="5.0"/> cm Uso no: <input type="checkbox"/>		
Marcos <input type="checkbox"/> Sin daño Muros <input type="checkbox"/> Daño medio Otro <input type="checkbox"/> Daño severo Pisos a diferente altura <input type="checkbox"/>		
OBSERVACIONES		
SE ENCONTRARON CAMBIO DE SECCIONES DE ELEMENTOS TIPO COLUMNAS. EL AISLAMIENTO DEL SISTEMA DE MUROS DEL ASCENSOR NO FUE CONSTRUIDA TAL COMO SE INDICA EN EL PLANO ESTRUCTURAL, ESTE SE ENCUENTRA UNIDO AL SISTEMA GENERAL DE LA ESTRUCTURA. EL AISLAMIENTO DE LOS PORTICOS POSTERIOES QUE FIGURAN EN EL PLANO ESTRUCTURAL NO FUERON CONSIDERADAS, ESTAS SE ENCUENTRAN UNIDO AL SISTEMA GENERAL DE LA ESTRUCTURA.		

Fuente: Elaboración propia.

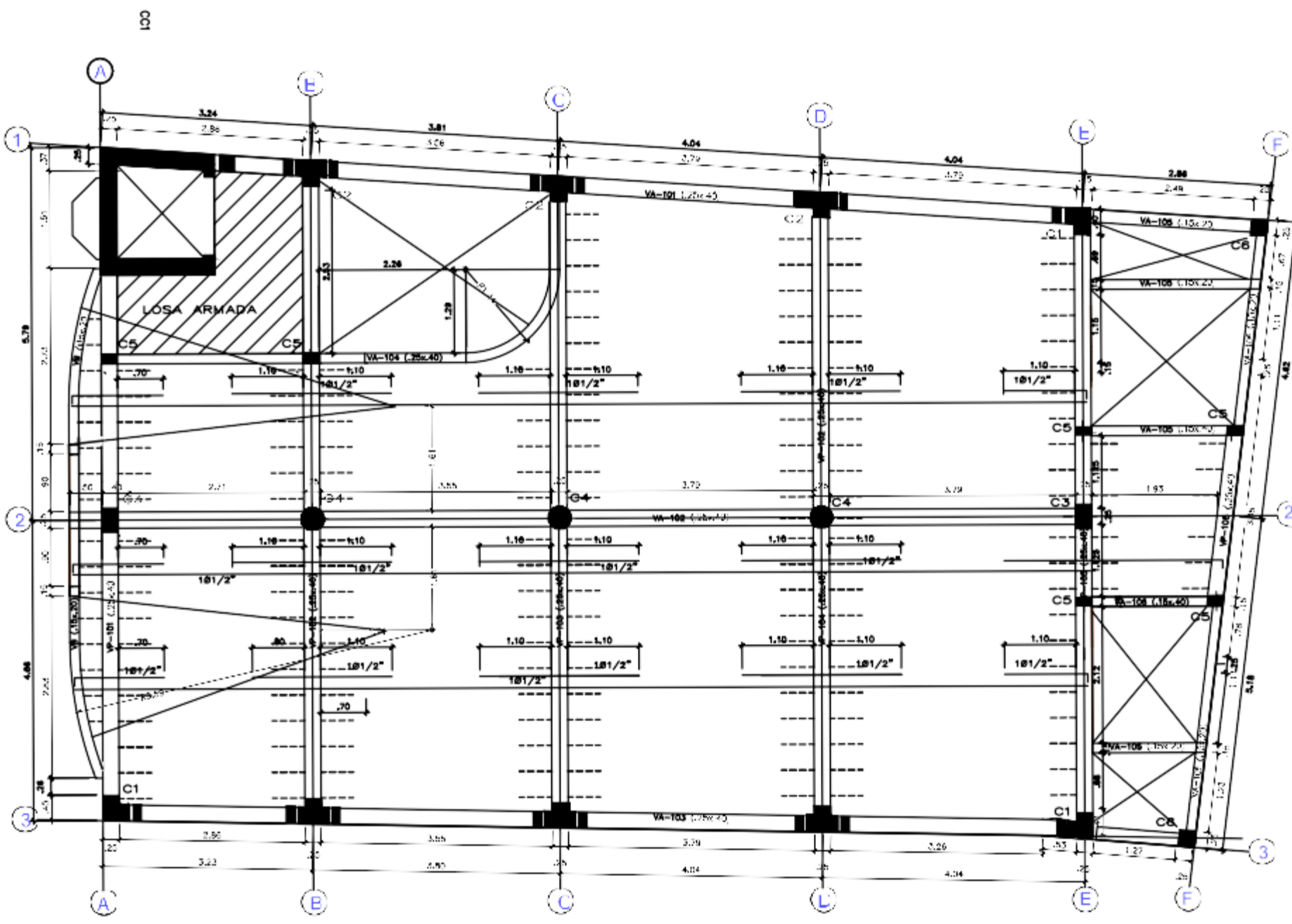
ANEXO 02: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

ANEXO 03: MATRIZ DE CONSISTENCIA

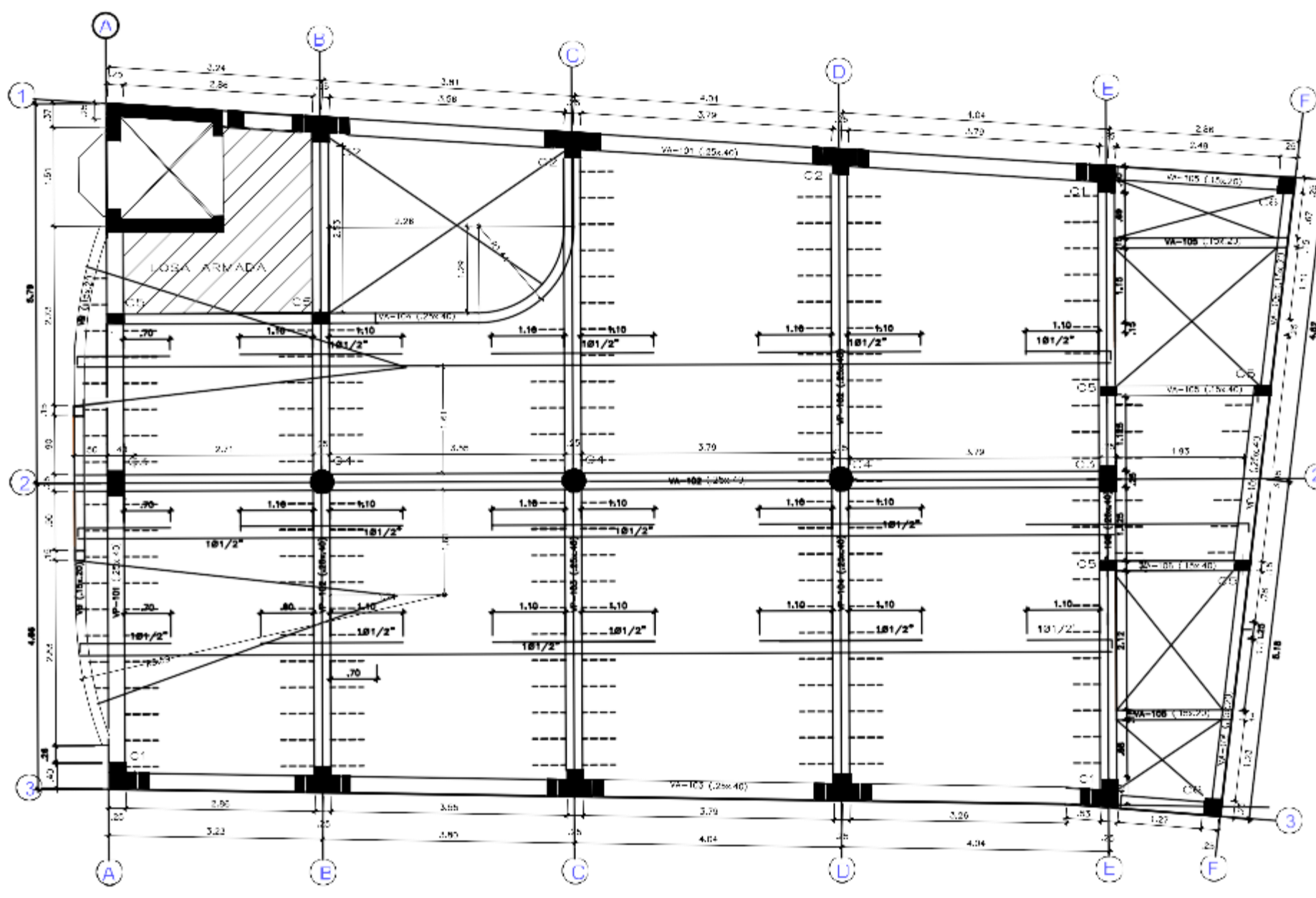
MATRIZ DE CONSISTENCIA.

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLE
<p>Análisis por Desempeño Sísmico de un Edificio Comercial de la ciudad de Carhuaz, Ancash, 2017</p>	<p>¿Cuál será el desempeño sísmico del edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz?</p>	<p>GENERAL: Analizar el desempeño sísmico de un edificio comercial ubicado en la ciudad de Carhuaz.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo</p>	<p>V. I. Análisis por desempeño sísmico.</p>
		<p>ESPECIFICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Evaluación del estado situacional del edificio a nivel estructural mediante una ficha de inspección rápida y planos estructurales. -Realizar el análisis sísmico con la NTP E.030-2016 y determinar los diferentes espectros de demandas sísmicas. -Modelamiento estructural de la edificación incluyendo rotulas plásticas en el programa computacional ETABS v.16.2.0. -Obtención del Punto de desempeño o comportamiento post sismo de la estructura. 	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No Experimental Diseño Descriptivo</p>	

ANEXO 04: PLANOS ESTRUCTURALES

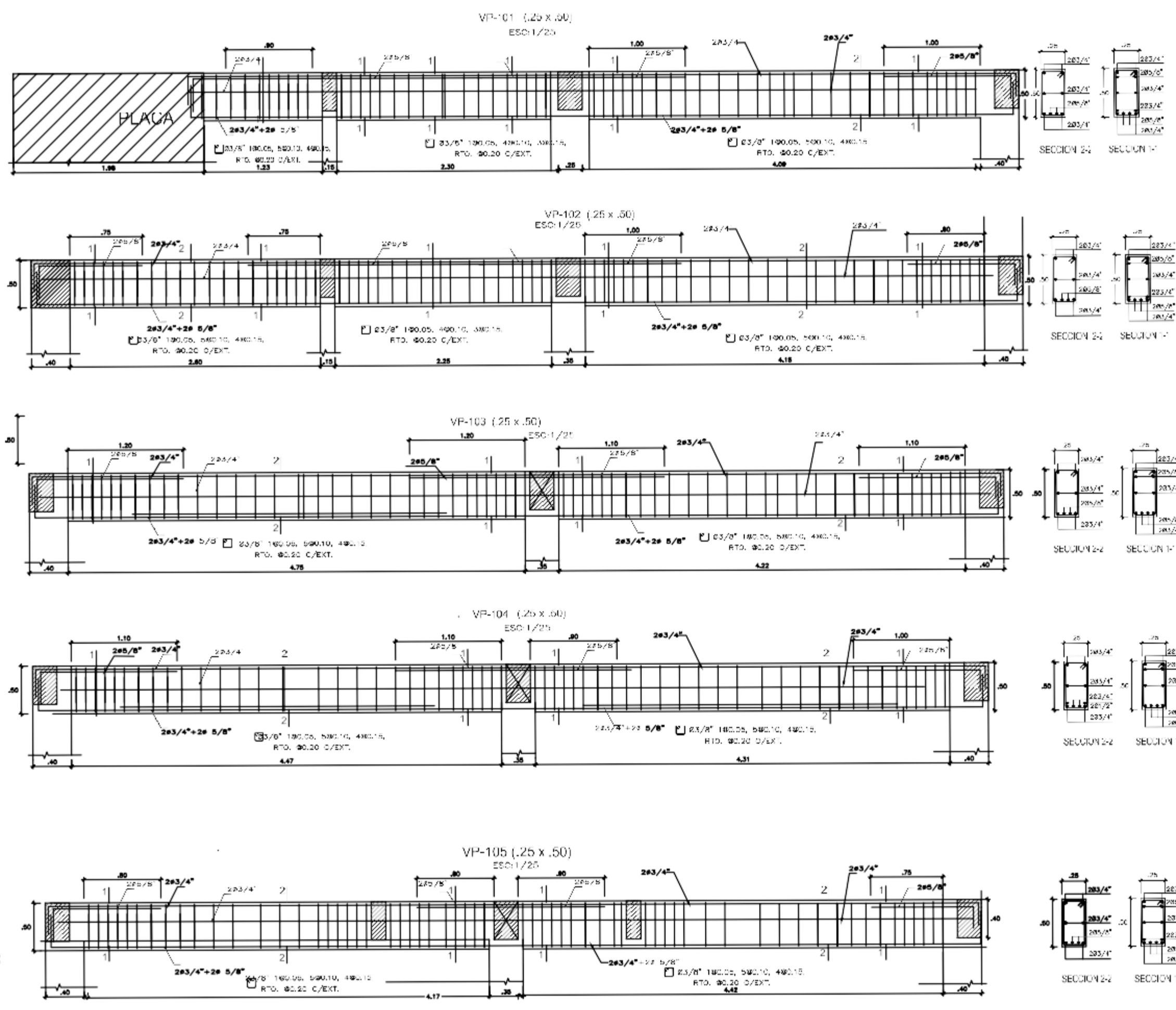


ALIGERADO: PRIMER PISO

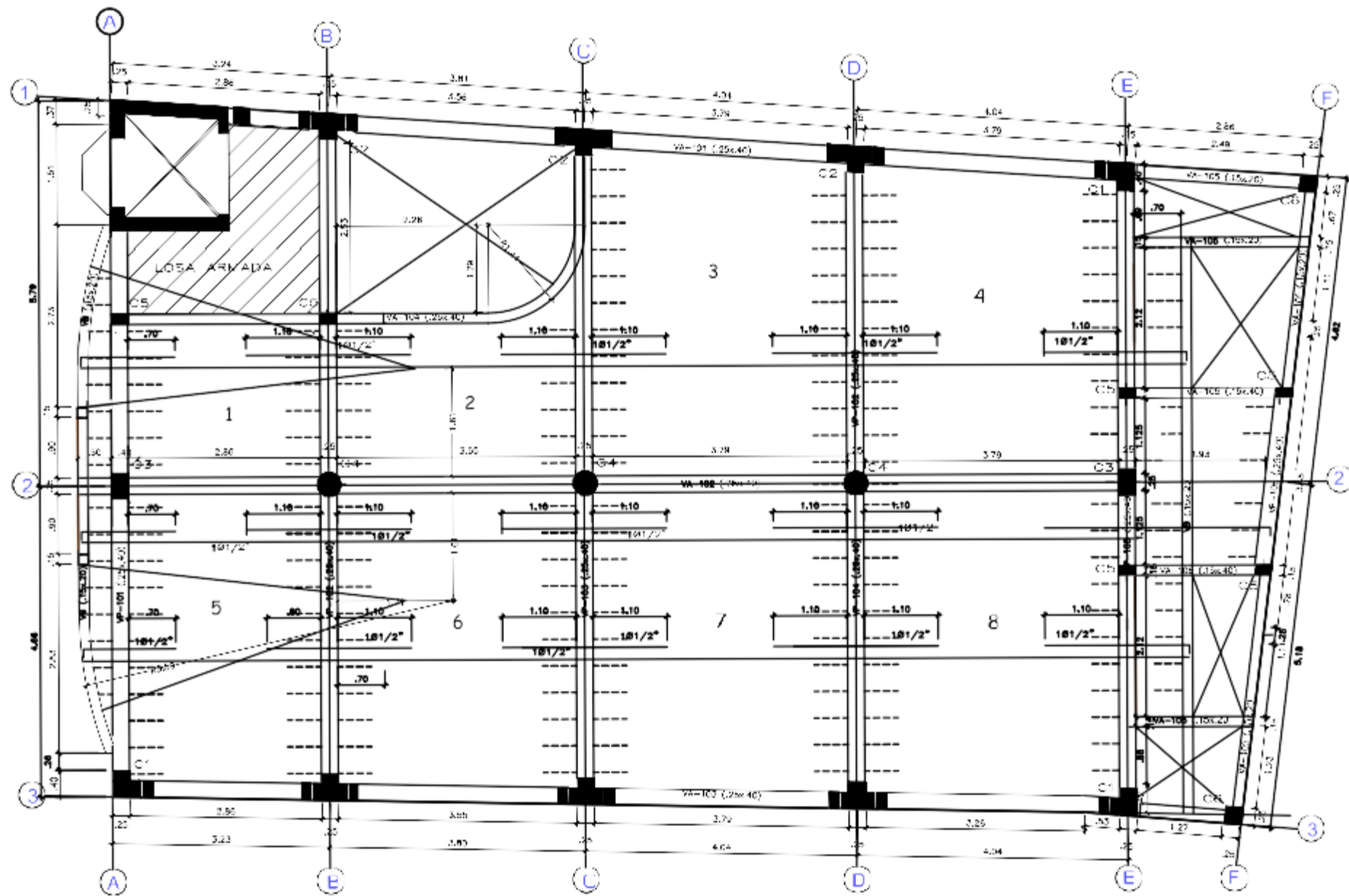


ALIGERADO: SEGUNDO PISO

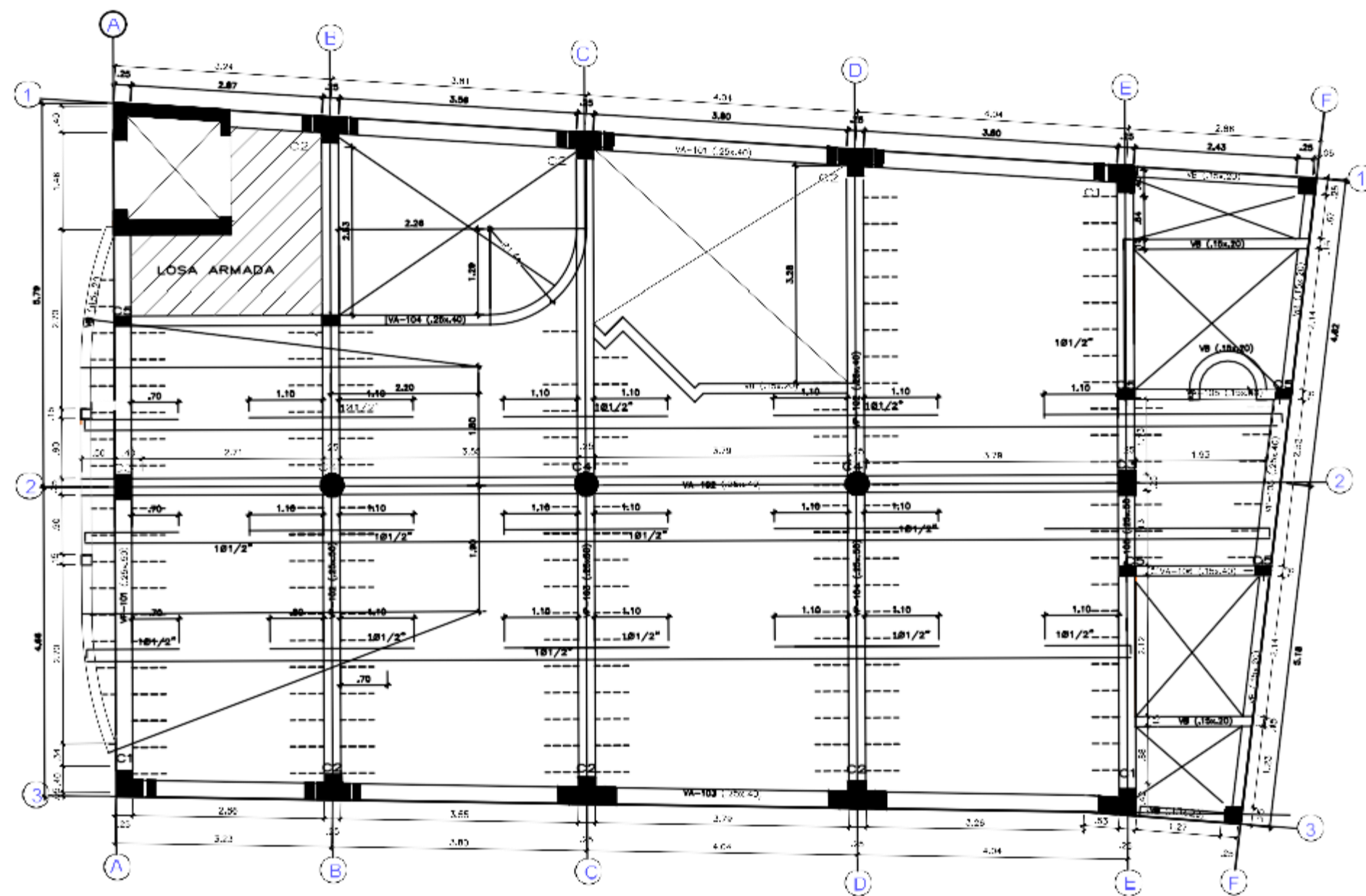
VIGAS PRINCIPALES



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
DESARROLLO DE TESIS :	
"ANÁLISIS POR DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE CARHUAZ, ANCASH, 2017"	
PLANO :	TÍTULO :
ESTRUCTURA-CIMENTACION	E-C
TESISTA :	FECHA :
EGLOWS VITORIO LUIS ARANGO	2017



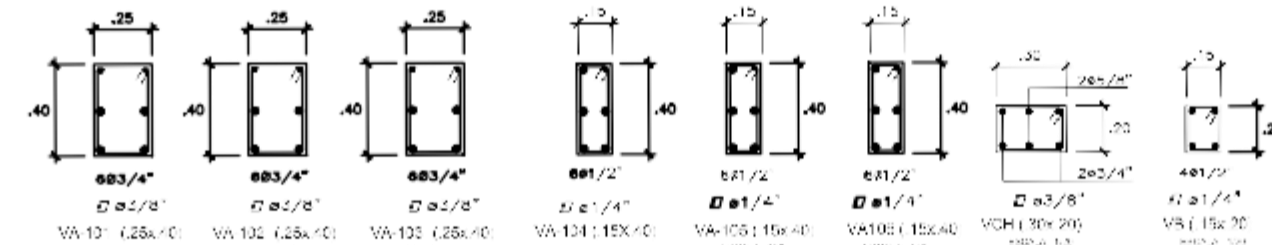
ALIGERADO: TERCER PISO



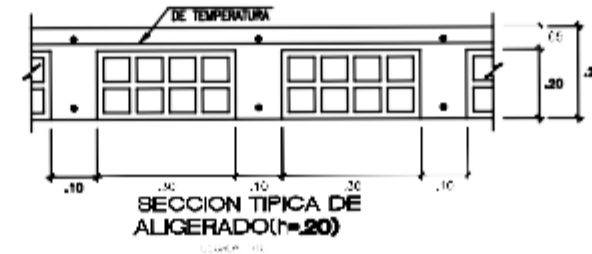
ALIGERADO: CUARTO PISO

ES. 1/10

VIGAS SECUNDARIAS



NOTA:
 A- NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION
 B- EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70% CONSULTAR AL PROYECTISTA.



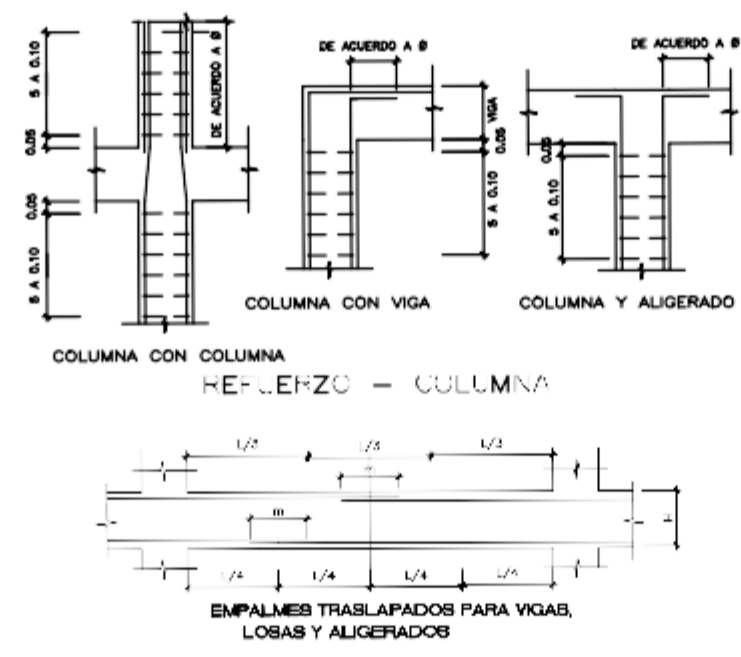
ESPECIFICACIONES HUELOS

CONCRETO ARMADO: $f_c = 25 \text{ kg/cm}^2$
 CONCRETO: $f_c = 20 \text{ kg/cm}^2$
 HUELO: $f_y = 400 \text{ kg/cm}^2$

ESPESORES:
 LOSA 0.150 m
 LOSA 0.130 m
 LOSA 0.100 m
 LOSA 0.080 m
 LOSA 0.070 m

TRABLAPE:
 0.4" = 10 mm
 0.5" = 13 mm
 0.6" = 16 mm

VALORES		DEL		m	
REFUERZO INFERIOR	REFUERZO SUPERIOR	h. MENOR DE	h. MAYOR DE	0.20	0.30
3/8"	0.40	0.43	0.46		
1/2"	0.40	0.43	0.46		
5/8"	0.50	0.45	0.50		
3/4"	0.60	0.50	0.70		



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

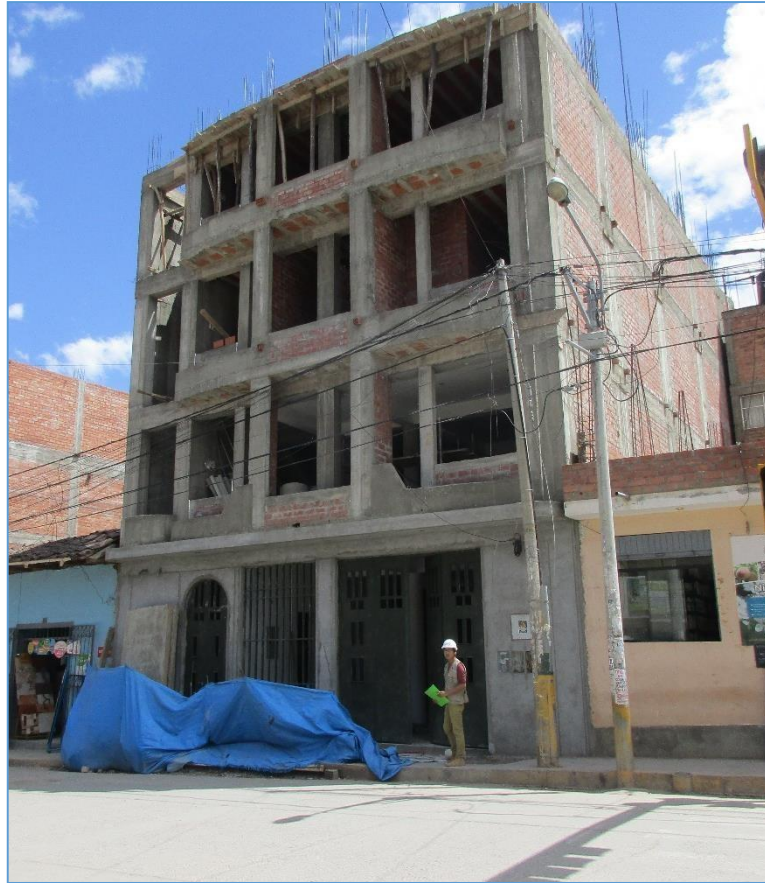
DESARROLLO DE TESIS:
 ANALISIS POR DESEMPEÑO SISMICO DE UN EDIFICIO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE CARHUAZ, ANCASH, 2017

PLANO: ESTRUCTURA-CIMENTACION

TESISTA: ELOY VICTOR LUIS JARRO | Fecha: DIC-2017 | Hoja: 10/10

ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Vista del edificio.



Fotografía 2. Inspección del primer nivel del edificio.



Fotografía 3. Medida de elementos predominantes.



Fotografía 4. Inspección a niveles superiores.



ANEXO 06: GUÍA ETABS DE ANÁLISIS NO LINEAL – PUSH-OVER

Guía de Análisis estático No Lineal en ETABS v.16.2.0

Descripción de ETABS v.16.2.0

“ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo, esta última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

Etabs es un software que ofrece un conjunto de herramientas para ingenieros estructurales que diseñan edificios, tanto si están trabajando en estructuras de un solo piso, así como los más altos rascacielos comerciales” (CSI SPAIN, 2017, p. 01).

Material Predominante:

Concreto Reforzado:

Nombre del material	: f´c=210 kg/cm ²
Peso específico	: γ _m = 2400 kg/m ³
Resistencia a la compresión	: f´c=210 kg/cm ²
Módulo de elasticidad	: E´c: 218819.7889 kg/cm ² .
Módulo al corte	: G _c = 91174.91204 kg/cm ²
Módulo de poisson	: ν=0.2

Calculo de elasticidad, E´c:

Según ACI 318-14:

$$E´C=15100\sqrt{f´c} = 218819.7889 \text{ kg/cm}^2.$$

Calculo de módulo de corte:

$$G_c = \frac{E´c}{2(\nu+1)} = \frac{218819.7889}{2(0.2+1)} = 91174.91204 \text{ kg/cm}^2$$

Guía básica de análisis no lineal:

Paso 1. Creación de un nuevo modelo:

Se inicia el programa, seleccionando el comando de New model, se seleccionará la tercera opción que nos permitirá crear un nuevo modelo y seleccionar características de las normativas a emplear y las unidades de medidas a trabajar como se muestra a continuación:

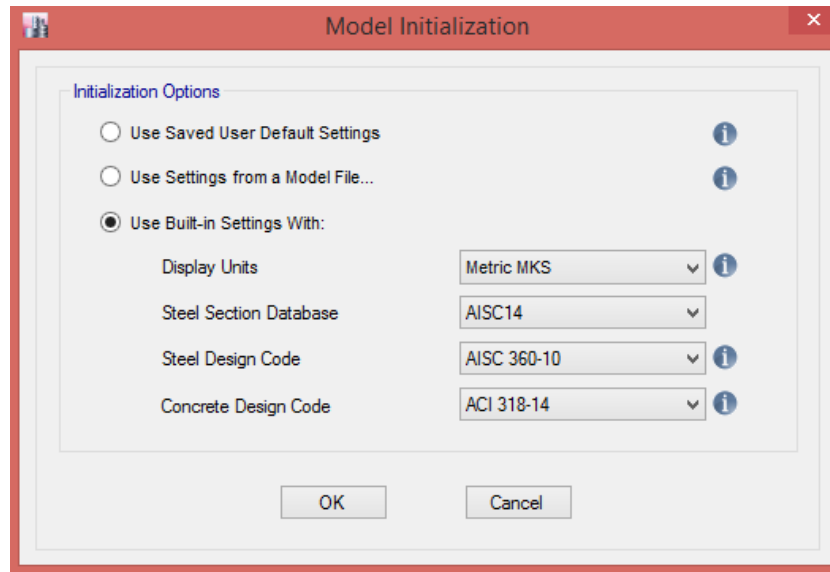


Figura 1a. Modelo de iniciación.

Se mostrará la siguiente figura, con modelos predeterminados, en la primera sección se muestran la asignación de características de la edificación en planta “Grid Dimensions (Plan)” y en la sección “Story Dimensions” se asignan dimensiones en elevación. Seleccionamos la opción “Grid Only” y damos a “Ok”

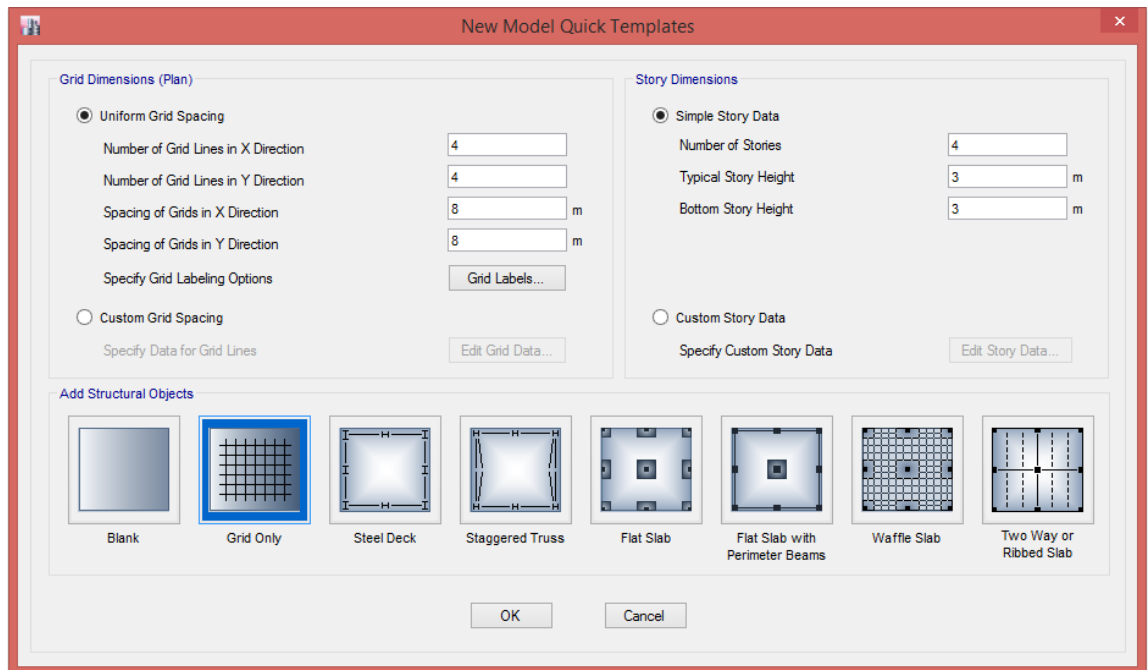


Figura 1b. Selección de “Solo Grillas”.

Paso 2. Determinación de las grillas:

La determinación de las dimensiones en las direcciones X, Y y Z de la edificación se realizarán en el “Menú Edit”.

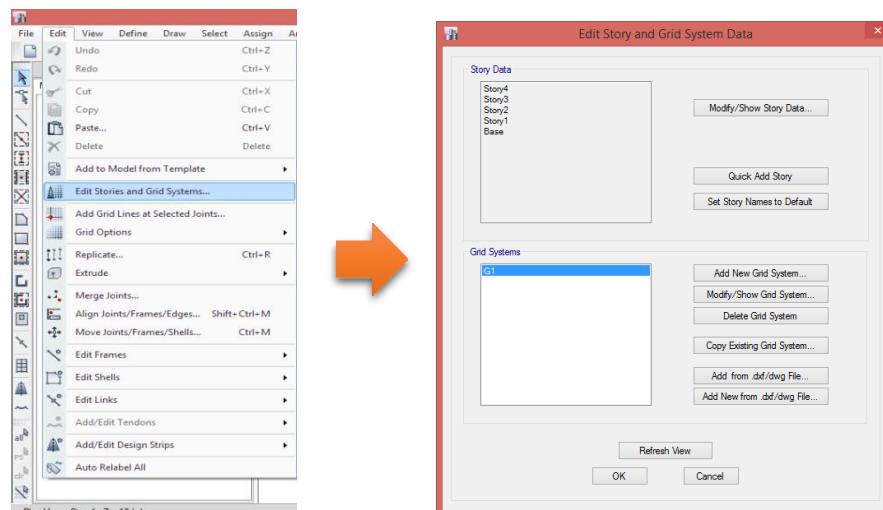


Figura 2a. Determinación de grillas.

Para la asignación de alturas por nivel del edificio nos dirigimos a la sección de “story data” seleccionamos “Modify/Show story data”.

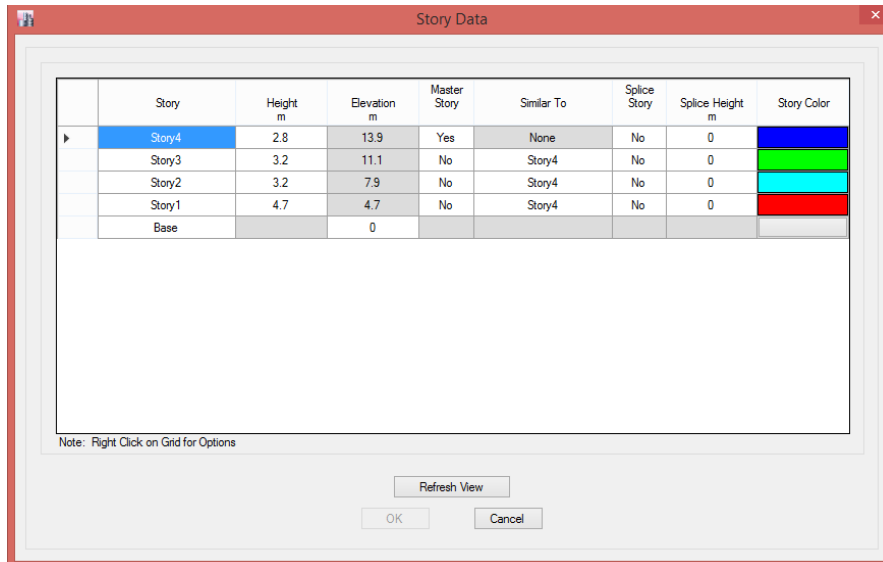


Figura 2b. Altura de la edificación.

Para la asignación de dimensiones en la dirección X e Y nos dirigimos a la sección de “Grid Systems” seleccionamos “Modify/Show story systems”.

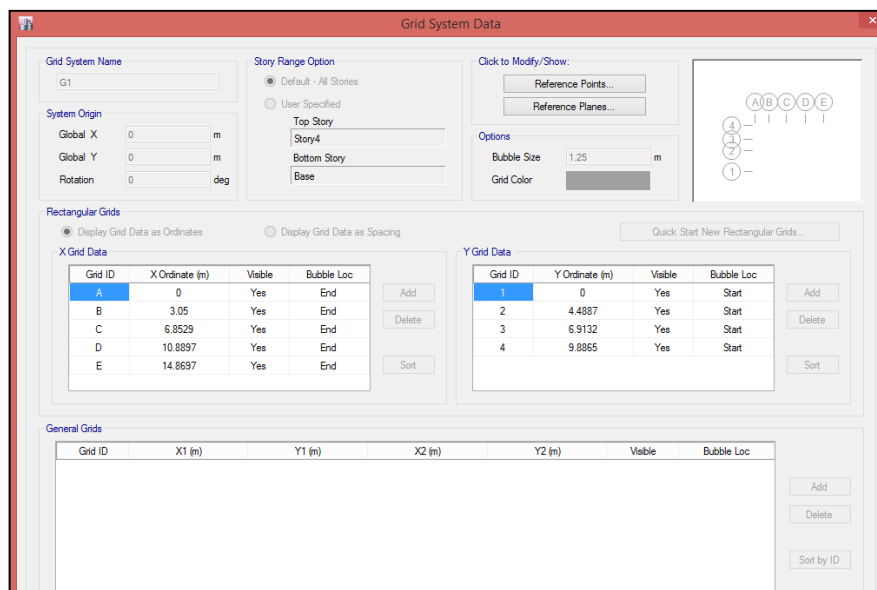


Figura 2c. dimensiones en la dirección X e Y.

Paso 3. Menú “Define”

El menú “define” es empleado para caracterizar los elementos de las cuales estará conformada la edificación, tanto en materiales, secciones de los elementos estructurales, diafragmas rígidos, combinaciones de cargas, funciones espectrales, etc.

a) Definición del material.

Se definirá con el tipo de material con el que se va a trabajar, en el caso de estudio se trabajó con un concreto 210 kg/cm², se creó el material y se asignó las características siguientes:

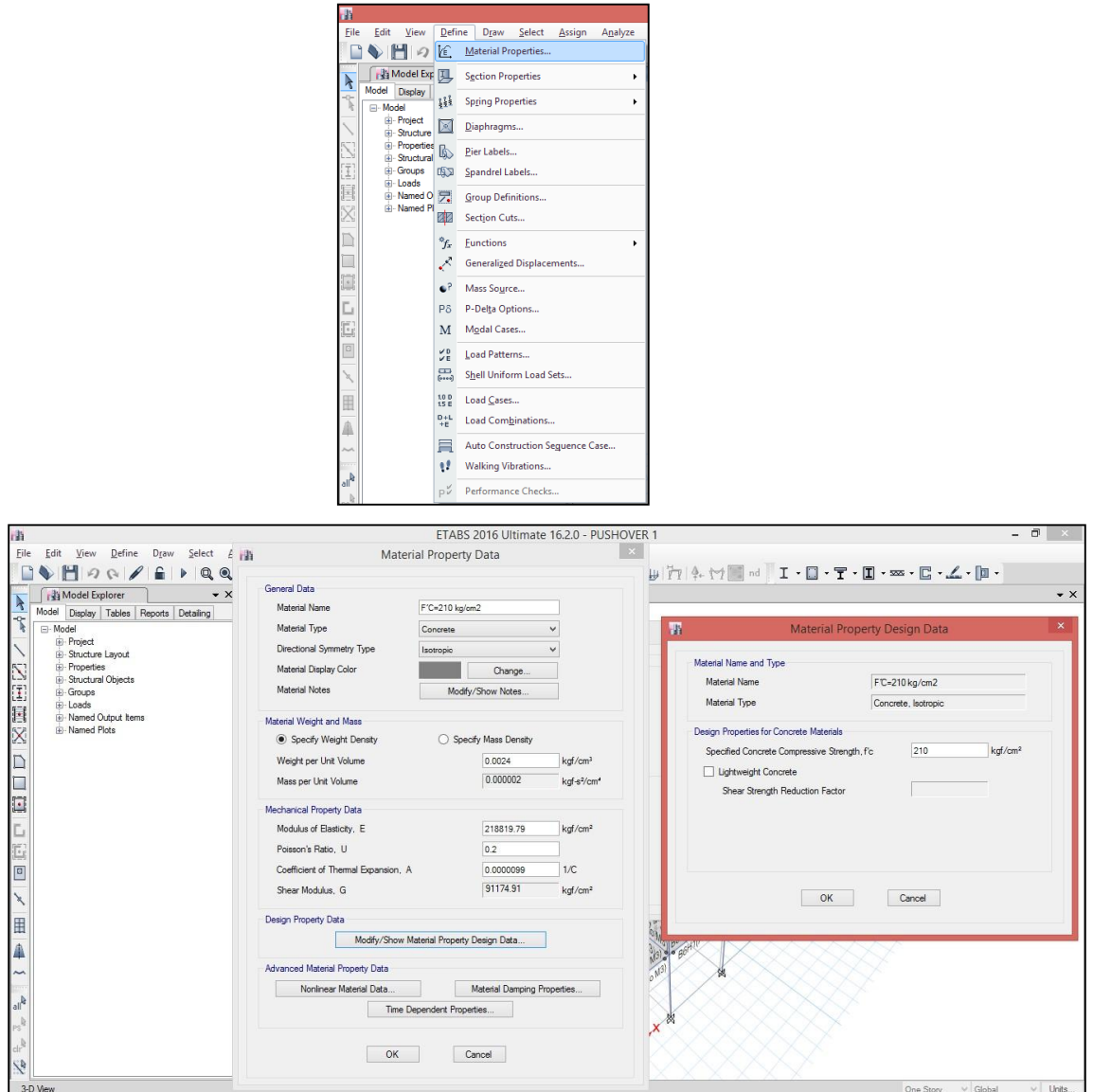


Figura 3a. Definición de material.

Para el análisis por desempeño sísmico se debe de asignar características no-lineales al material, por lo que en la sección de “Advanced material property data” damos click a “Nonlinear Material data” y definiremos lo siguiente:

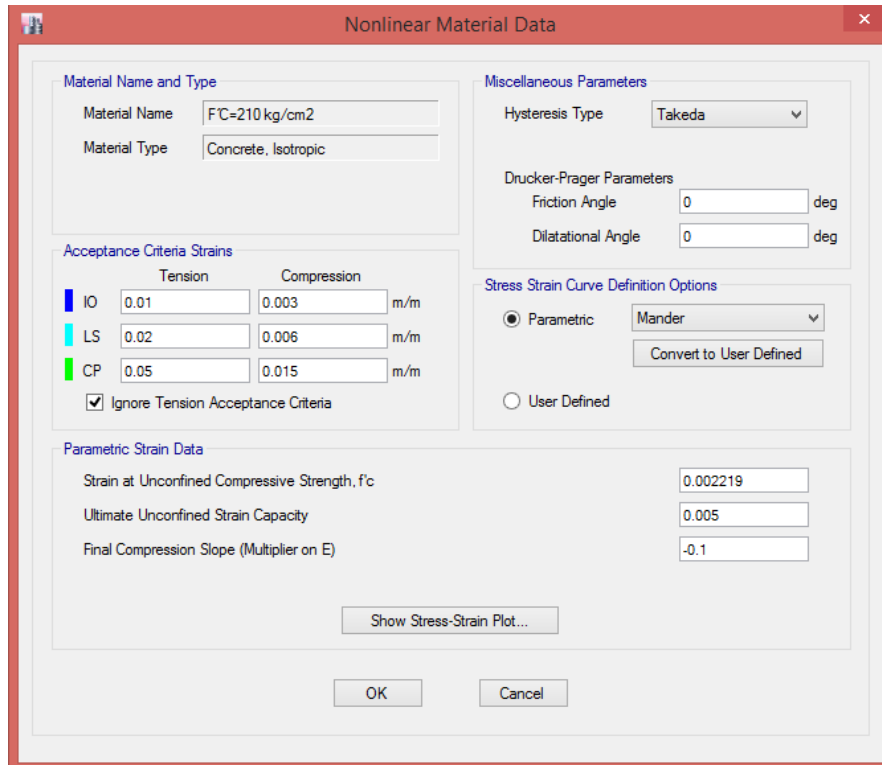


Figura 3b. características no lineales del material.

Dejamos las opciones por defecto, teniendo en consideración emplear el tipo de histéresis del modelo "Takeda" y la curva Tensión - Deformación del modelo de Marder, que son los modelos más empleados, a continuación, dando click en "Show Stress-Strain Plot" se puede observar la gráfica del tipo Mander del material:

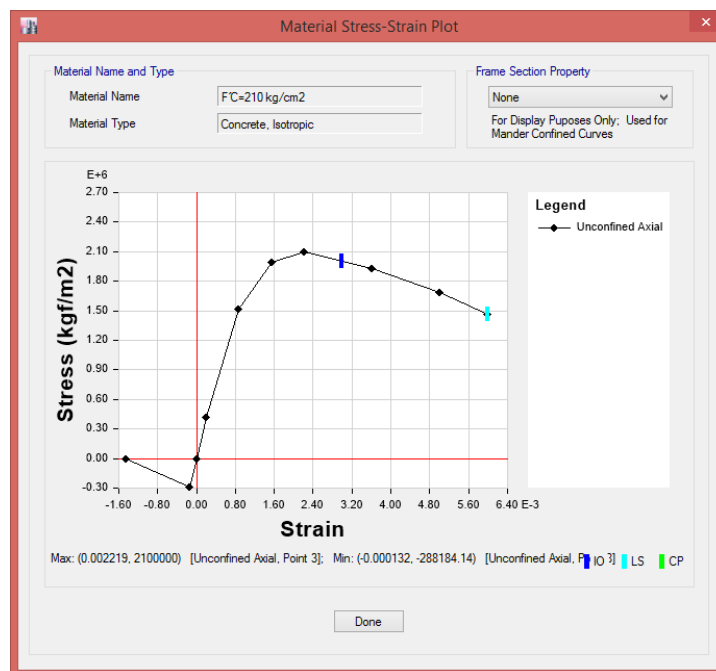


Figura 3c. Curva Tensión - deformación del material.

b) Definición de secciones

Los elementos vigas y columnas son elementos lineales denominados “frame” que permiten representar elementos tipo pórtico, la definición de estas lo hacemos dirigiéndonos a “Define/Section Properties/Frame Sections”

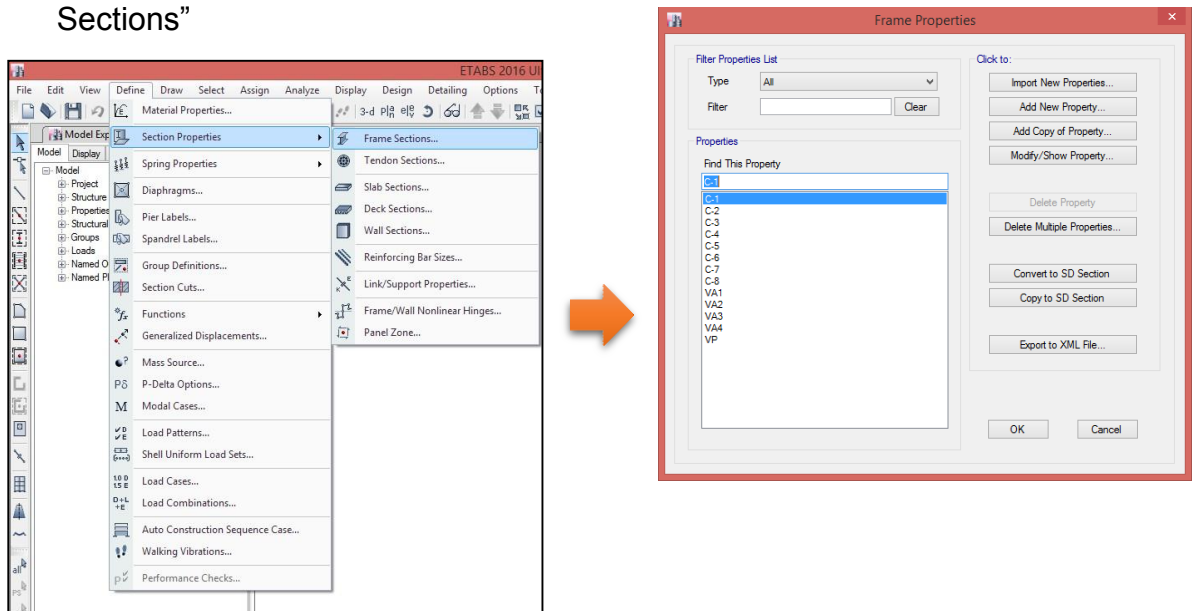


Figura 3d. Ruta para definición de secciones.

Dando click en el comando “Add New Property” asignaremos las secciones de elementos que sean necesarios.

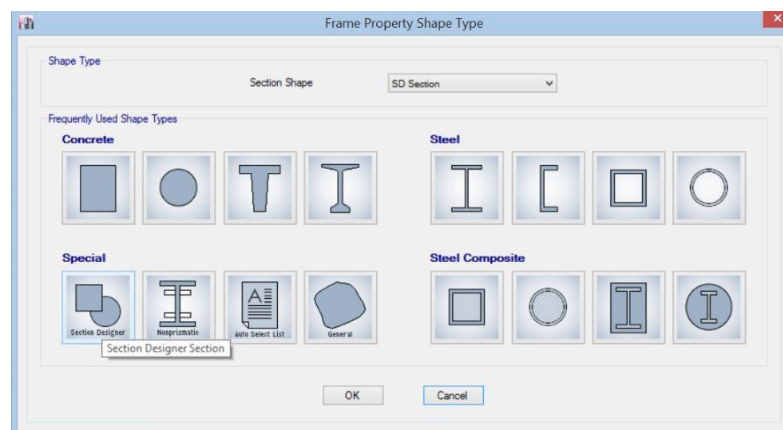


Figura 3e. Tipo de secciones.

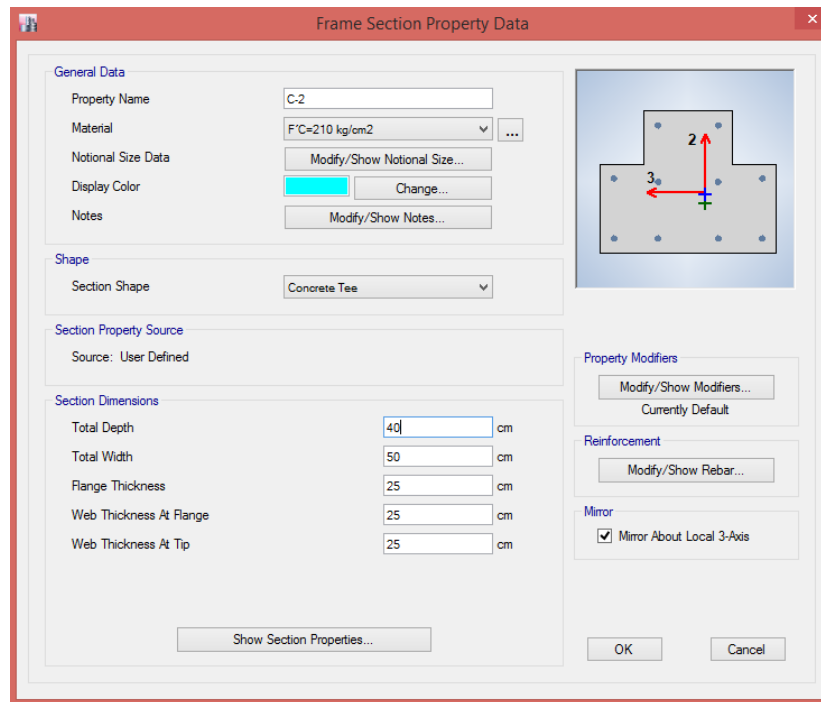


Figura 3f. Sección tipo columna.

para el análisis por desempeño se deben de asignar las varillas de acero por cada elemento tipo columna, para ello hacemos click en “Modify/Show Rebar” como se muestra a continuación:

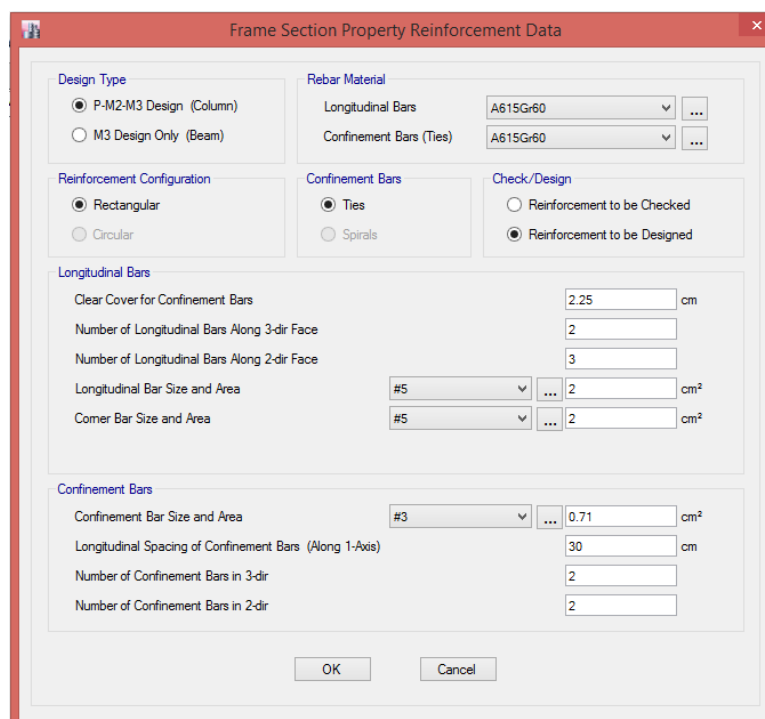


Figura 3h. Asignación de varillas de acero para columnas.

Para columnas se debe de usar el tipo de diseño P-M2-M3, que describe las características de comportamiento de este elemento.

Para los elementos tipo viga, se asignarán el tipo de diseño M3, y de definirá el área de acero tanto para la sección de acero en tracción y compresión, para los lados izquierdo y derecho de la sección.

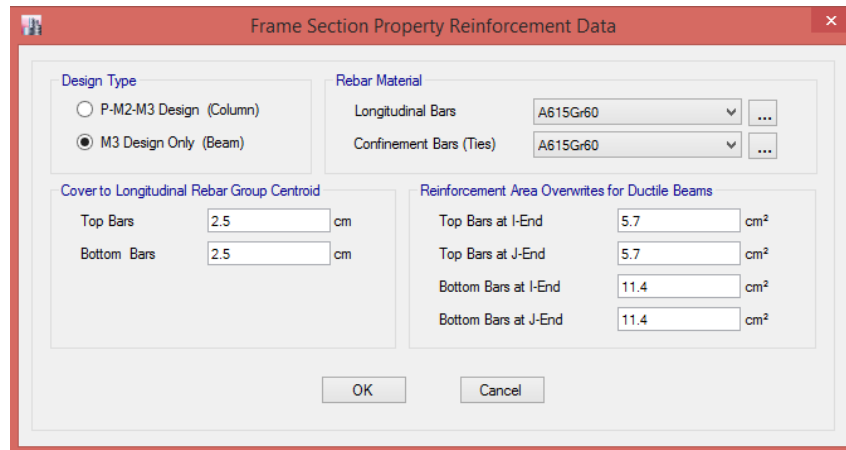


Figura 3i. Asignación de área de acero en vigas.

Para la definicion de elementos tipo losa en una y dos direcciones, la definicion de estas lo hacemos dirigiéndonos a “Define/Section Properties/Slab Sections”

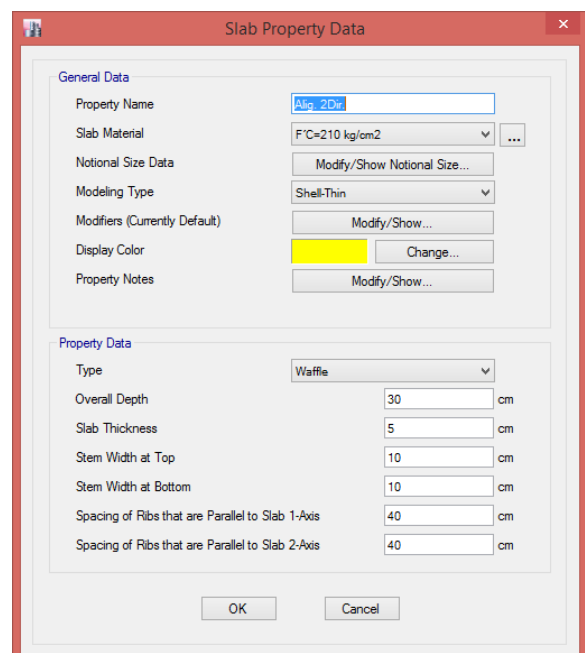
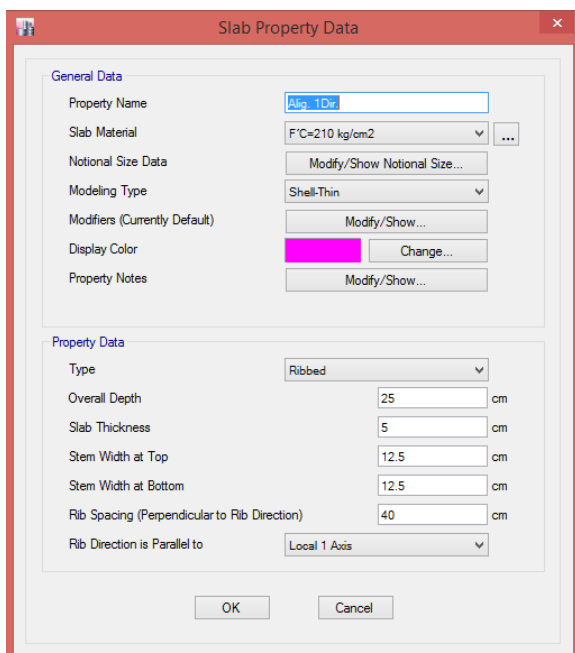


Figura 3j. Creación de losa en una y dos direcciones.

Para la asignación de elementos de muros portantes, la definición de estas lo hacemos dirigiéndonos a “Define/Section Properties/Wall Properties”

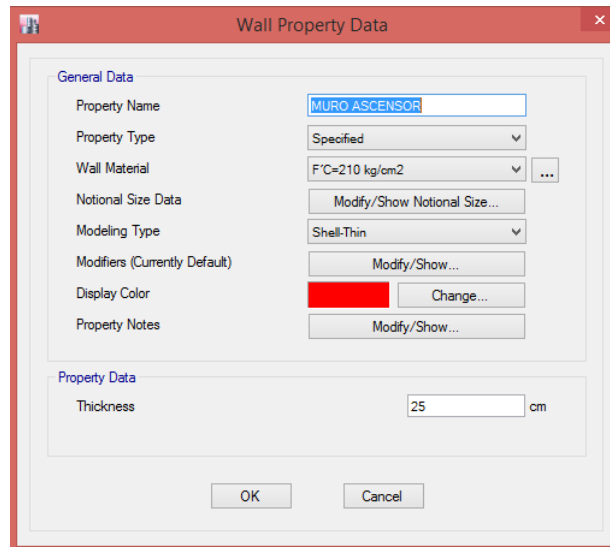


Figura 3k. Creación de muro para ascensor.

Paso 4. Asignación de elementos:

Luego de haber realizado las definiciones básicas de la edificación continua asignar los elementos definidos, para este paso nos apoyamos en la barra de herramientas de acceso rápido a comandos de dibujo, que se encuentran en la parte lateral de programa:

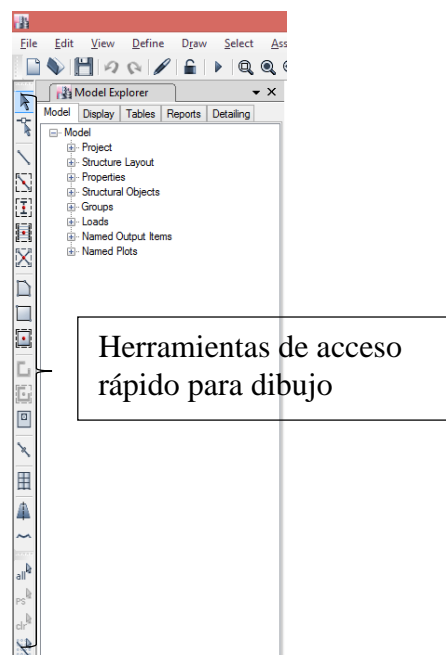


Figura 4a. Barra de acceso rápido.

a) Asignación de elementos tipo columna y viga:

Se empezará dibujando las columnas del edificio como se indica en la figura 4b, para que los elementos se dibujen en todos los niveles debemos de seleccionar la opción “Similar Story” que se encuentra en la parte inferior derecha del programa.

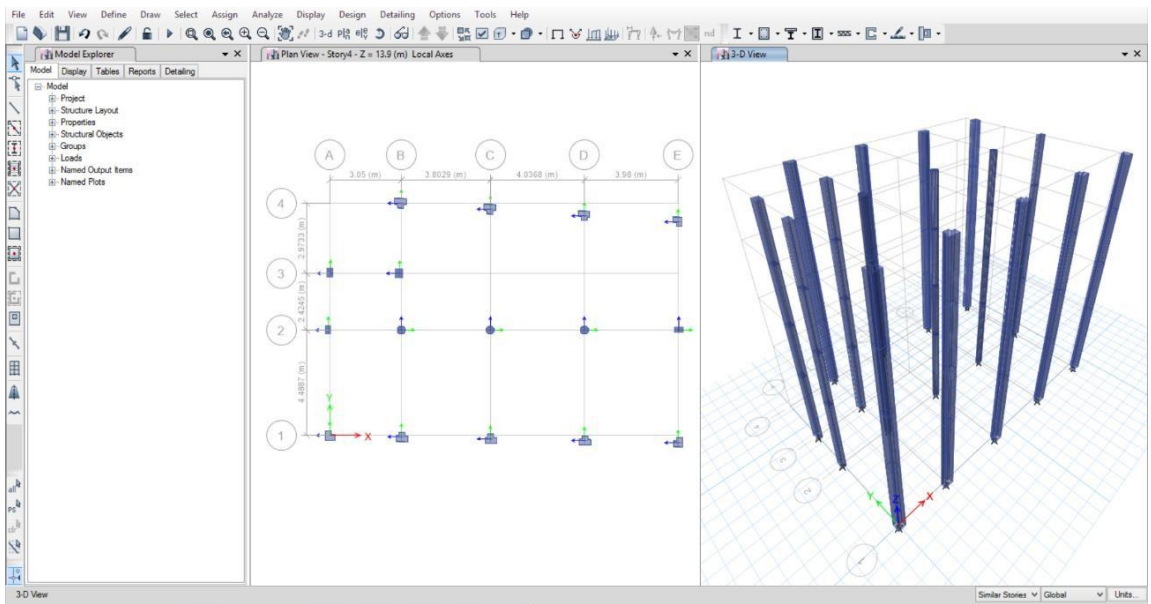


Figura 4b. Asignación de columnas.

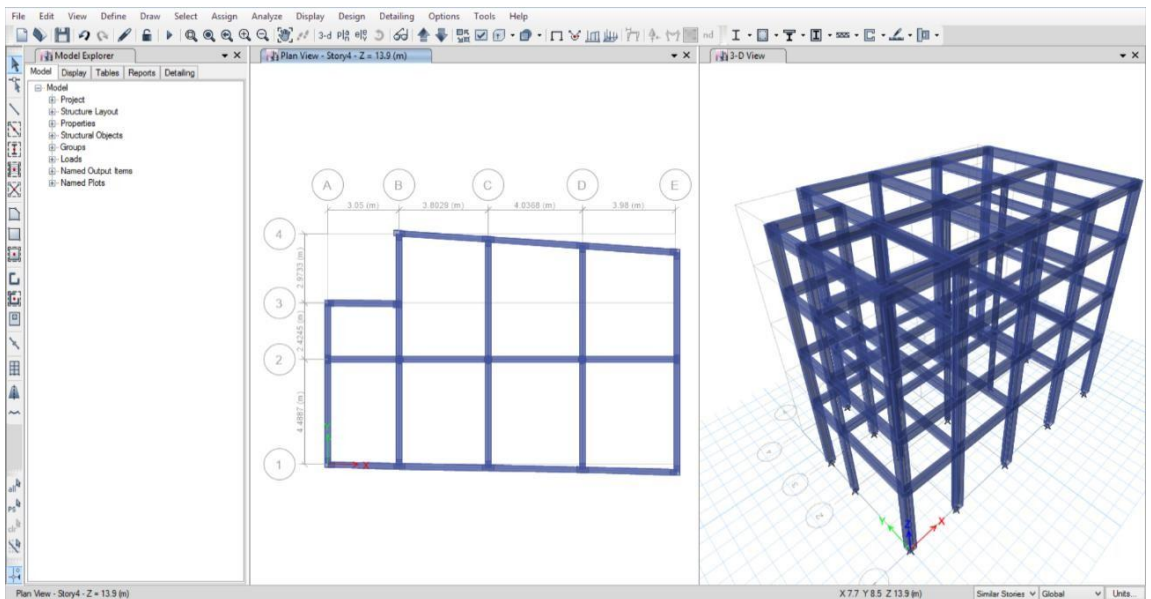


Figura 4c. Asignación de Vigas.

b) Asignación de elementos tipo Muro:

Para los muros, serán modelas con el comando “Draw Walls”:

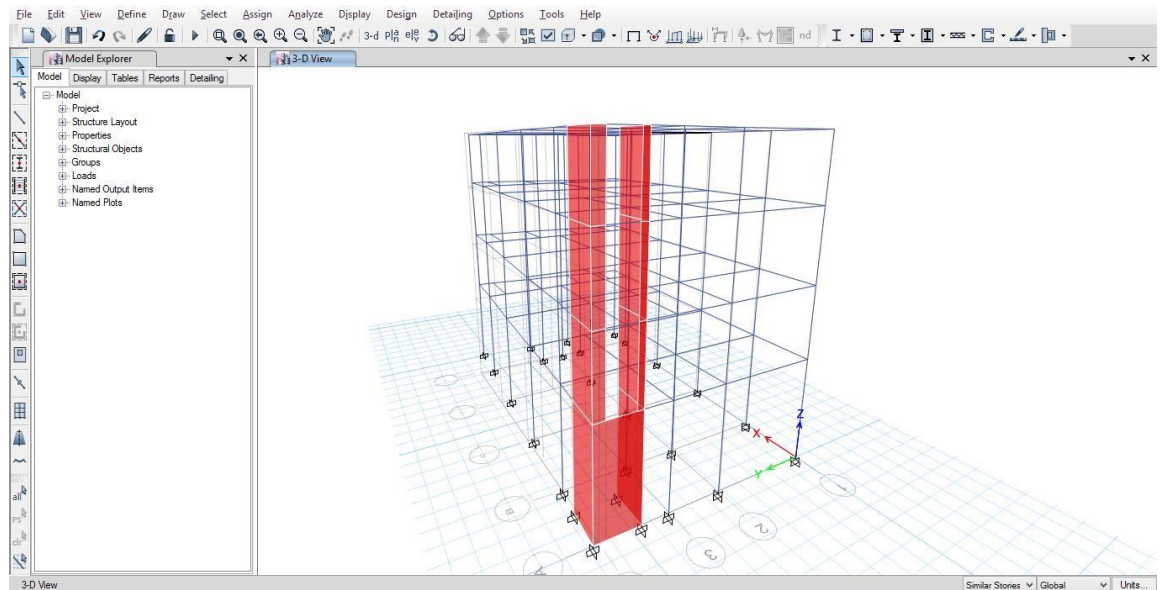


Figura 4d. Asignación de Muros.

c) Asignación de Losas:

Lo último que faltaría dibujar son los elementos tipo losa, las cuales son dibujadas mediante el comando “Draw Floor/Wall”, puesto a que nos permitirá dibujar mediante distintos puntos ya que las secciones de las losas son irregulares:

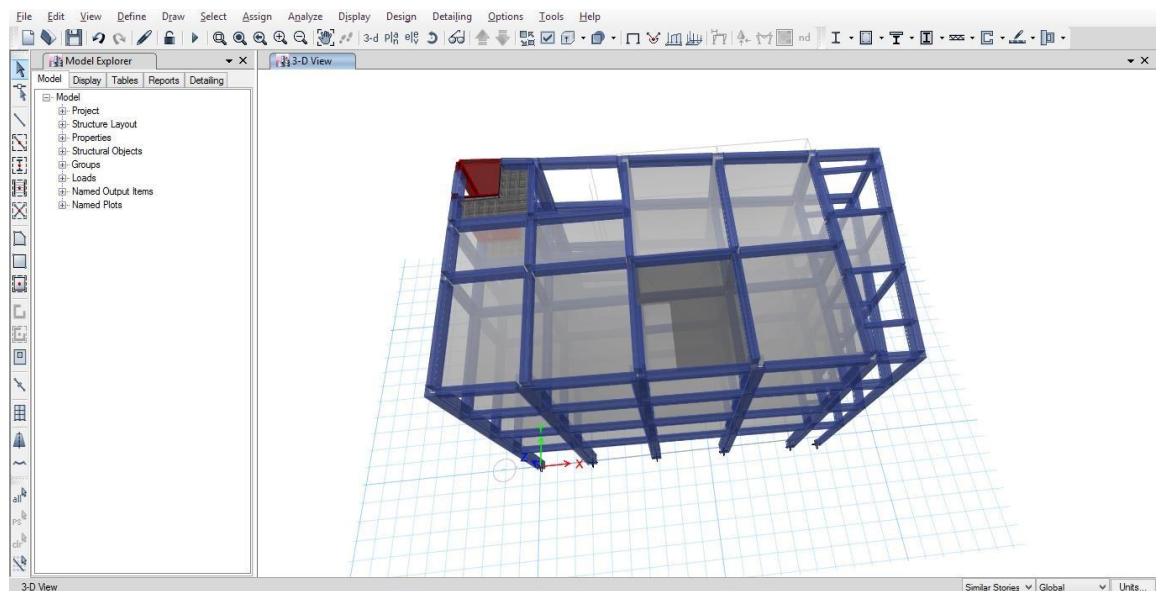


Figura 4e. Asignación de Losas en una y dos direcciones.

d) Restricciones en nudos de la base:

Debemos de dirigirnos a la vista de la base de la estructura para asignar una restricción de empotramiento, seleccionamos todos los nudos de la base:

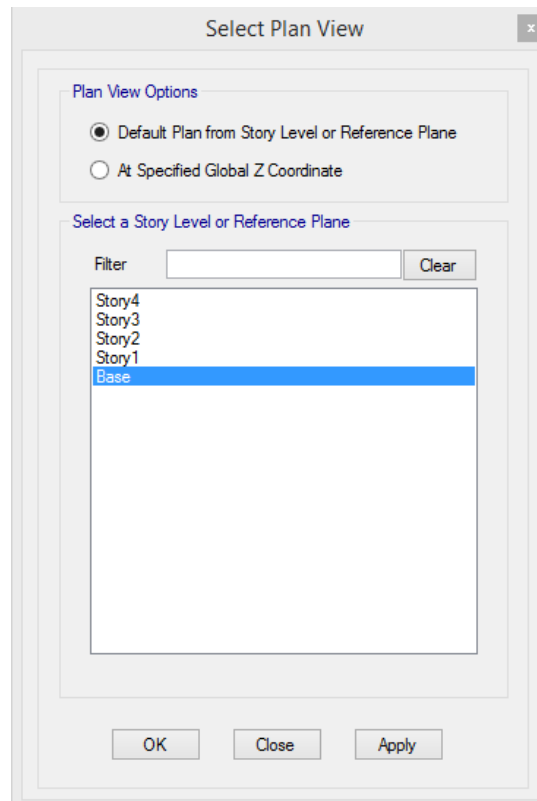


Figura 4f. selección de plano en la base.

Una vez en la base y seleccionada todos los nudos de esta, nos dirigimos a la siguiente ruta "Assing/Joint/Restrains/" como se muestra a continuación, seguidamente a la ventana "Joint Assignment – Restraints", y seleccionamos como se muestra:

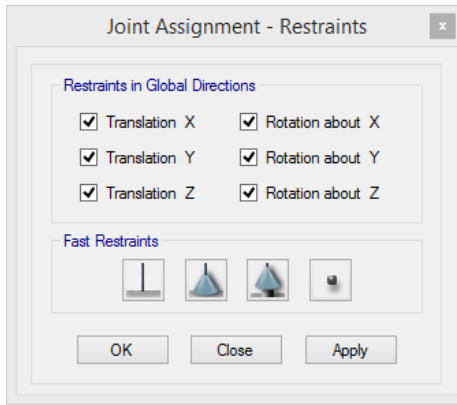


Figura 4g. asignación de empotramiento perfecto.

Paso 5. Asignación de patrones de carga.

Para ello nos dirigimos al al menu “Define/Load Patterns” y definimos los tipos de cargas que van a actuar sobre el edificio.

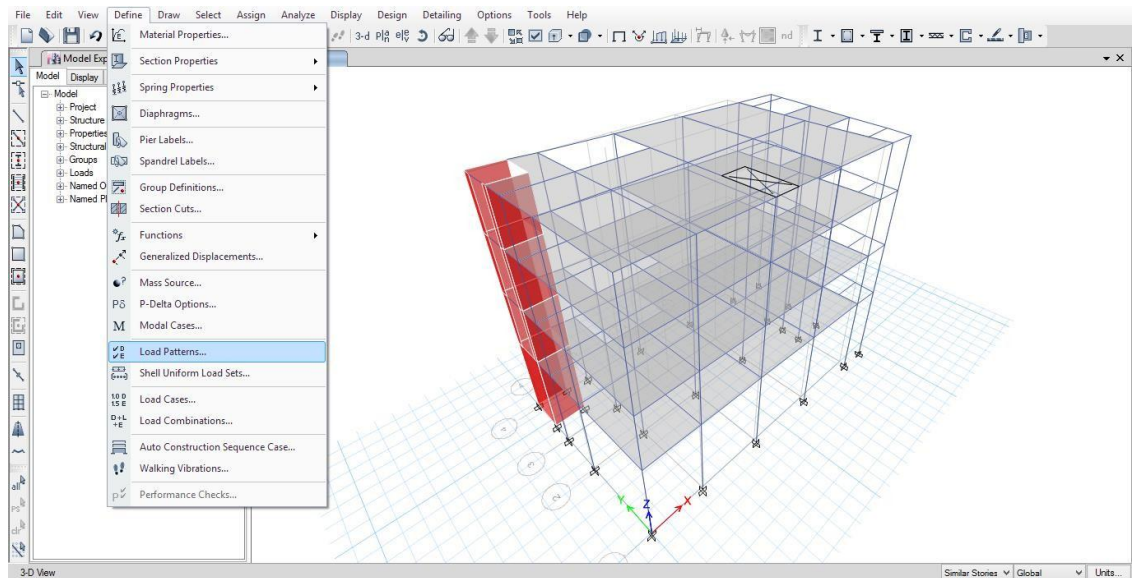


Figura 5a. Ruta par asignación de cargas.

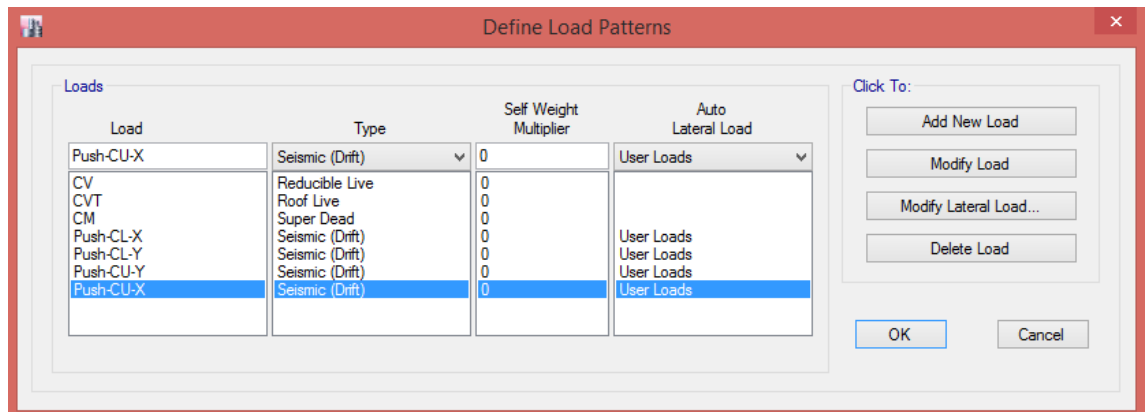


Figura 5b. Cargas asignadas.

Se asignaron:

CV: Carga vivía, por los componentes móviles de la edificación.

CVT: Carga vivía de techo.

CM: Carga muerta, por los elementos y materiales que forman parte del edificio como acabas.

Push-CL-X e Y: Corresponde a la Carga Lateral para el análisis no-lineal Push-over, son cargas calculadas en el análisis estático.

Push-CU-X e Y: Corresponde a la Carga Uniforme para el análisis no-lineal Push-over.

Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf-m
Story4	D4	89691.2	0	0
Story3	D3	150924.9	0	0
Story2	D2	152330.48	0	0
Story1	D1	165038.63	0	0

Figura 5c. asignación de la cortante basal.

Push-CL-X e Y: se le asignaron las cargas distribuidas en altura calculadas en el análisis sísmico de esta investigación, estas fueron asignadas en las dos direcciones.

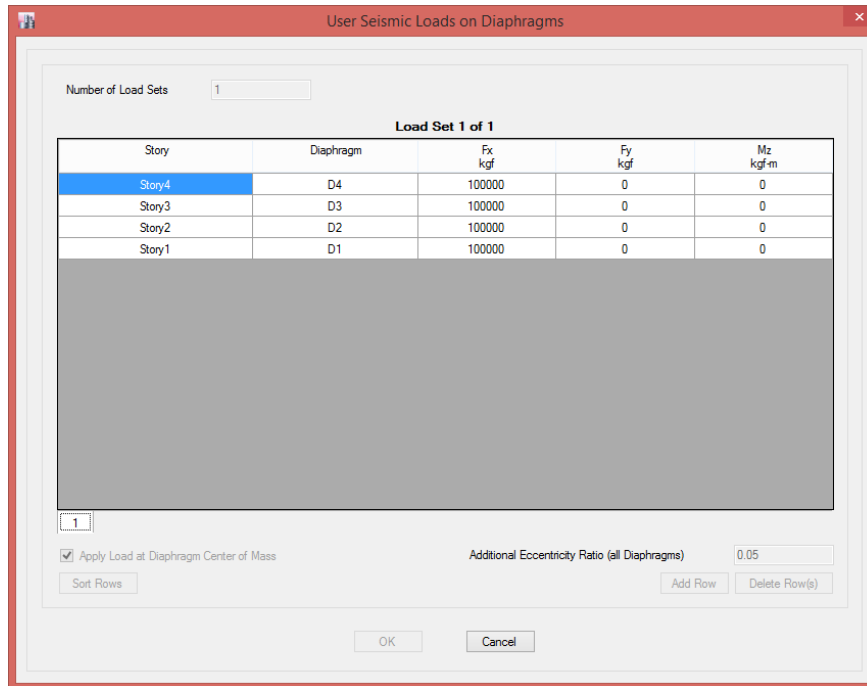


Figura 5d. asignación de Carga Uniforme.

Push-CU-X e Y: para el análisis por desempeño no se encuentra limitada los patrones de carga que se le pueda aplicar al edificio, para este caso se adicione una carga uniforme en altura para mantener un control respecto a la carga del cortante basal, de igual modo fue asignada en las dos direcciones.

Nota:

Se debe de entender que el programa interpreta las cargas asignadas respecto a las otras, es decir saca un factor de relación que las asocie. Sería lo mismo asignar una carga uniforme de 100,000 kg que asignar 10 kg, puesto que la relación calculada por el programa será igual a 1 para ambos casos.

Paso 6. Definición del Mass Source:

Para ello nos dirigimos al al menu “Define/Mass Source” y definimos los datos del peso efectivo que va a actuar sobre el edificio.

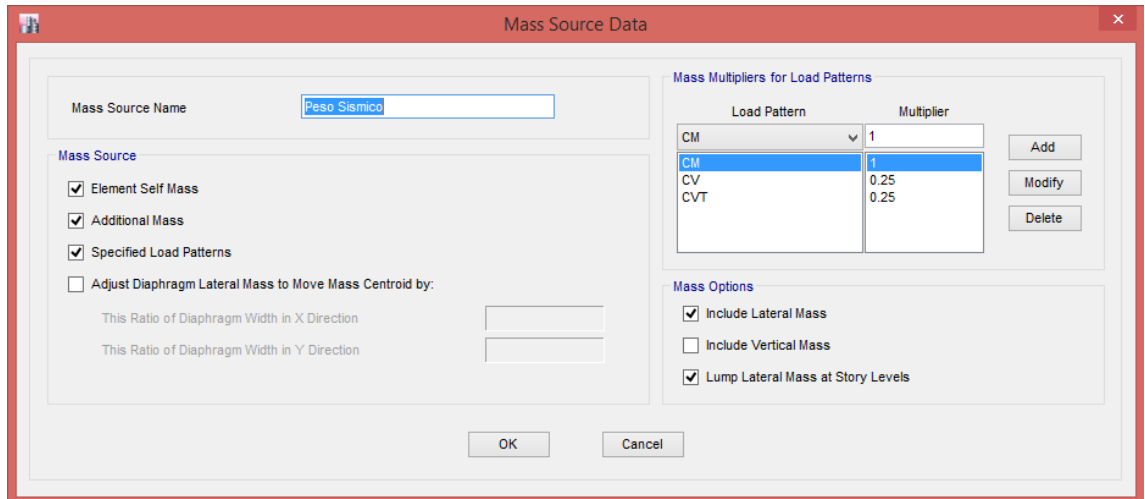


Figura 6a. Calculo de peso efectivo.

Se asigna de acuerdo a lo indicado en NTP E.030-2016, según el uso de la edificación, en este caso se aplicó un 100% de la carga muerta y un 25 % de la carga viva y carga viva en el techo.

Paso 7. Definición del Modal Cases:

Para ello nos dirigimos al al menu “Define/Modal Cases” y definimos los casos modales que van a actuar sobre el edificio.

Se asignaron dos casos modales en las direcciones X e Y:

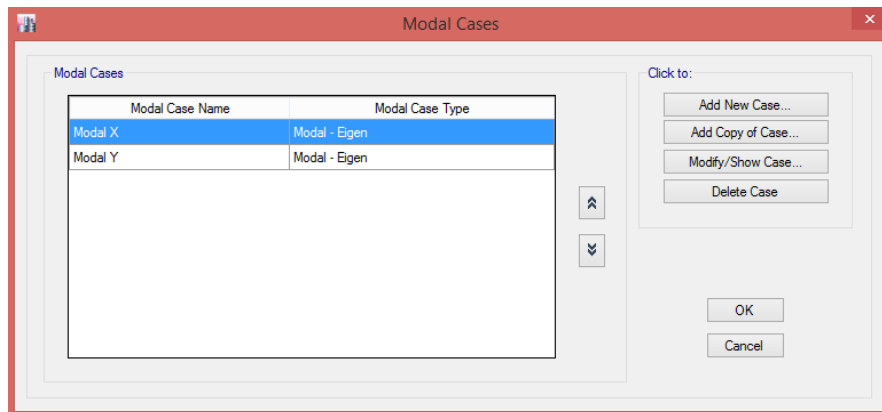


Figura 7a. Modal Cases.

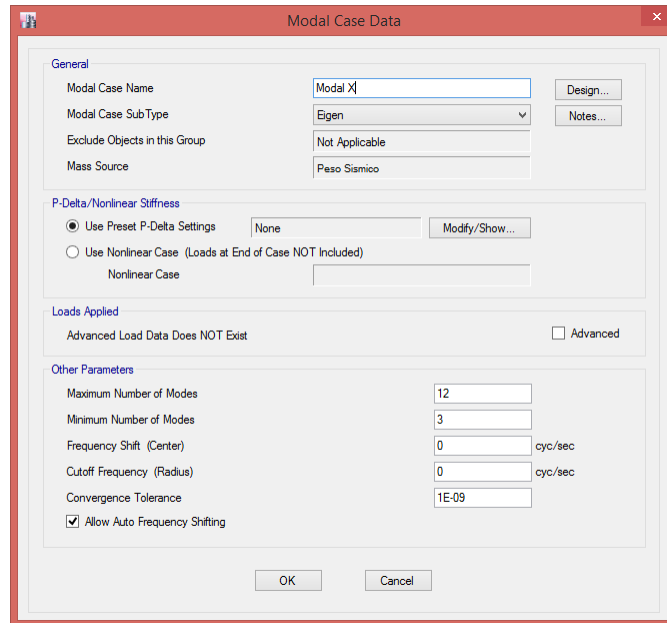


Figura 7b. Modal Cases Data en X.

Se asignó los mismos datos para la dirección en Y, considerando para ambos como número máximo de modos de 12, tres por cada nivel y como número mínimo de modos igual a 3.

Paso 8. Definición de Load Cases:

Los casos de carga que se asignaron corresponden al tipo no-lineal, en ambos sentidos para las masas intervinientes en la estructura (CM, CV y CVT), las cargas laterales (Pushover) y la carga uniforme en altura.

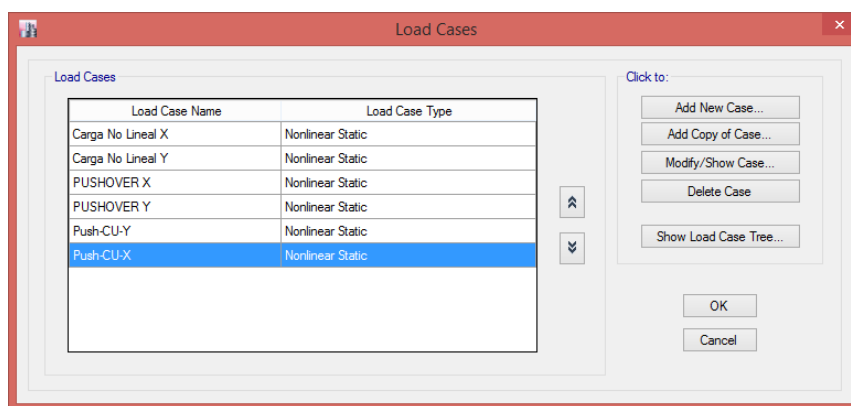


Figura 8a. Load Cases.

Tanto en X como en Y se asignó una carga no lineal:

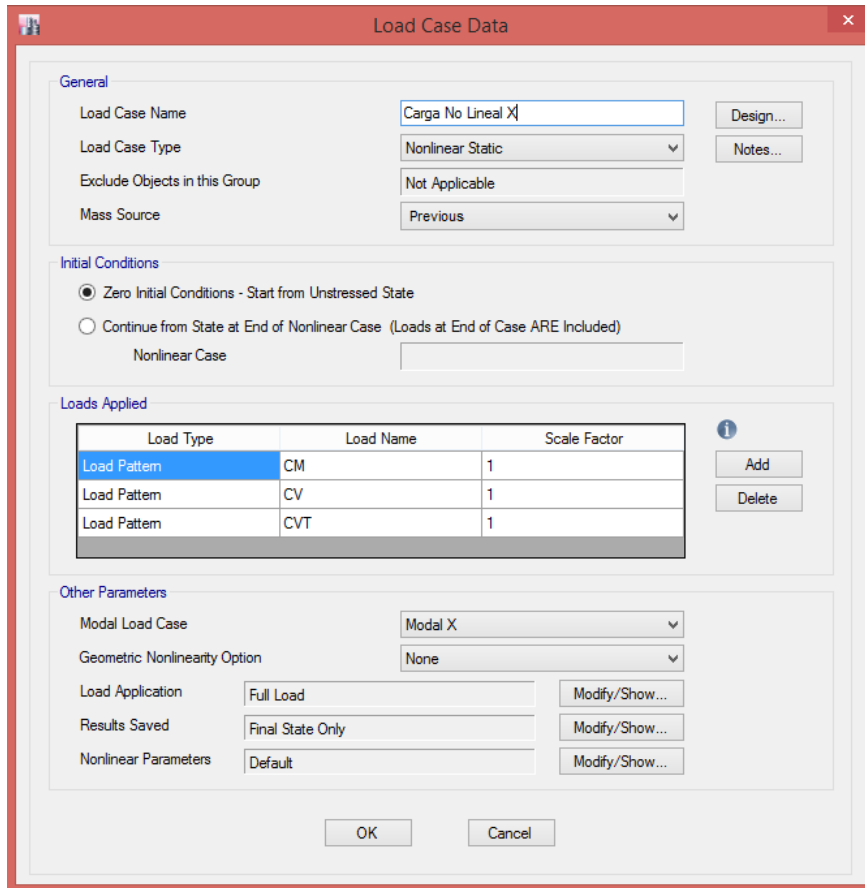


Figura 8b. carga no-lineal en X.

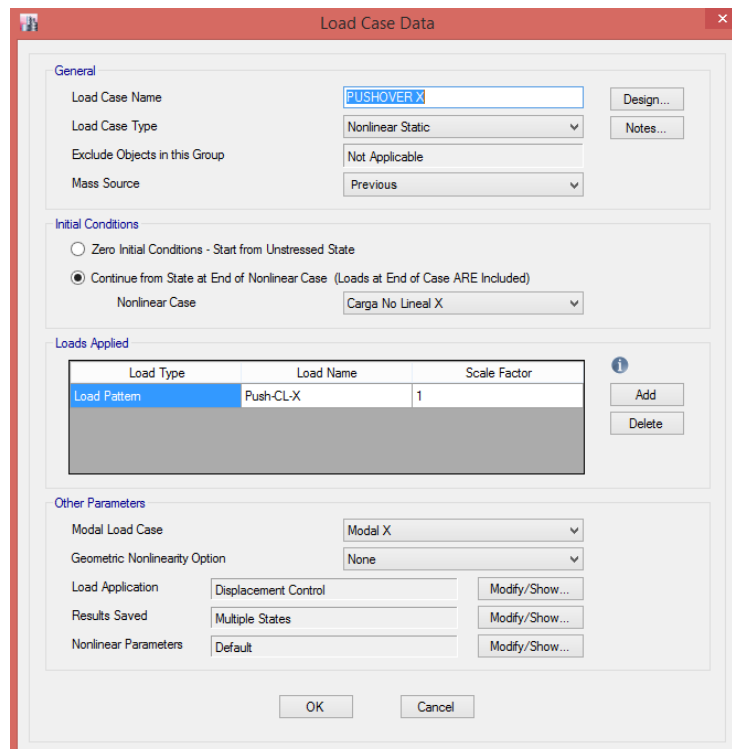


Figura 8c. Pushover en X.

El control de las cargas se dará por desplazamiento de 20 cm, teniendo como punto de control en ultimo nivel:

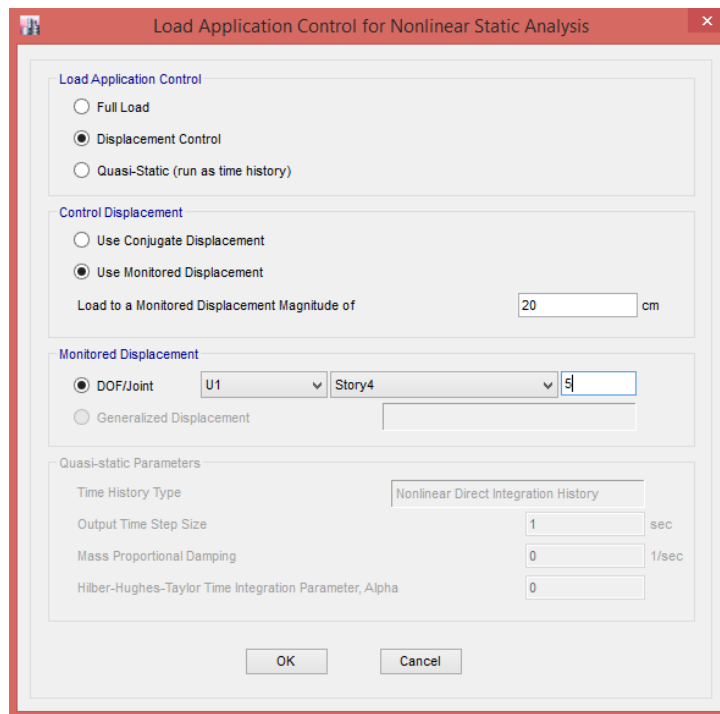


Figura 8c. control de carga.

Se seleccionará estado múltiple:

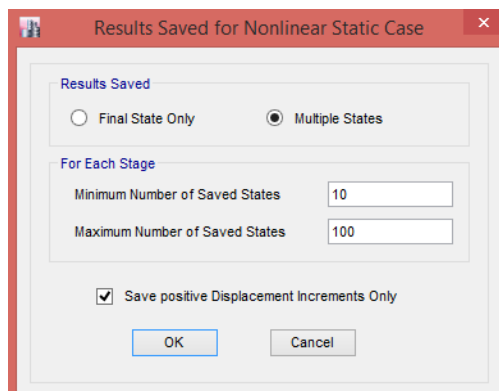


Figura 8d. Guardado de resultados.

Paso 9. Asignación de Diafragmas Rígidos:

Para la asignación de los diafragmas rígidos nos dirigimos al menú “Define/Diaphragms”

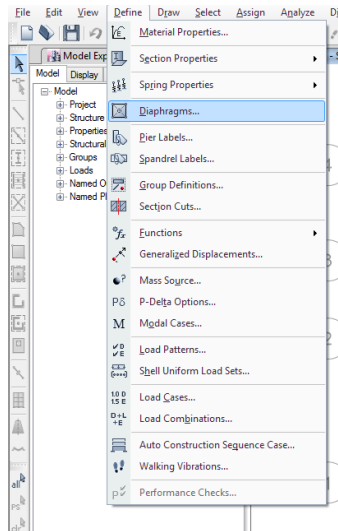


Figura 9a. Ruta Diafragma Rígidos.

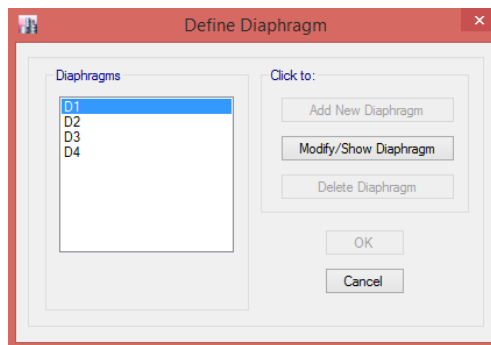


Figura 9b. definición Diafragma Rígidos.

Los diafragmas rígidos serán asignados por cada nivel, de esta manera se transferira las cargas a todos los elementos estructurales, la ruta de asignación es “Assing/Shell/ Diaphragms”

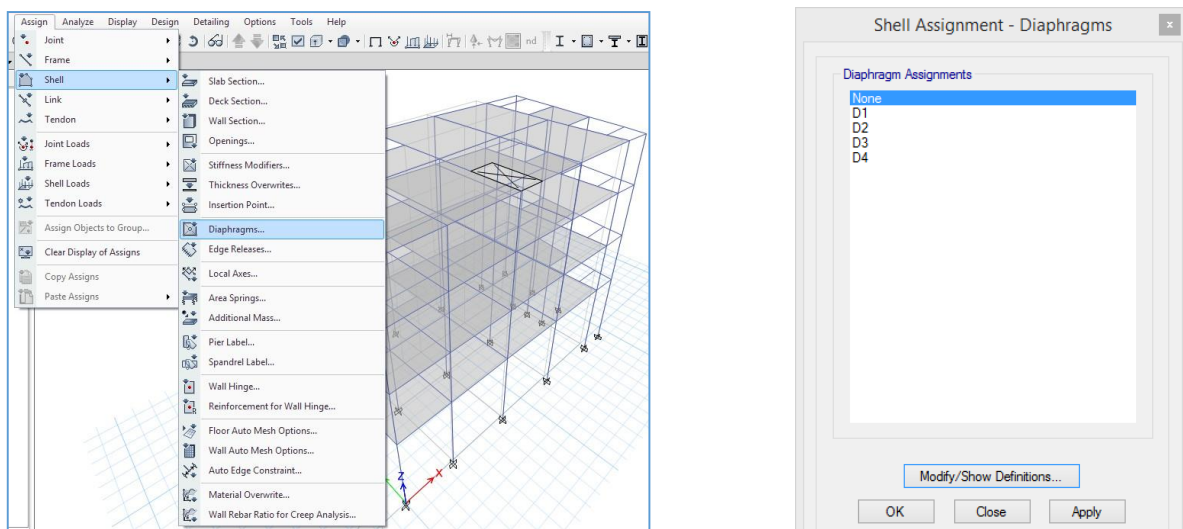


Figura 9c. Ruta de asignación.

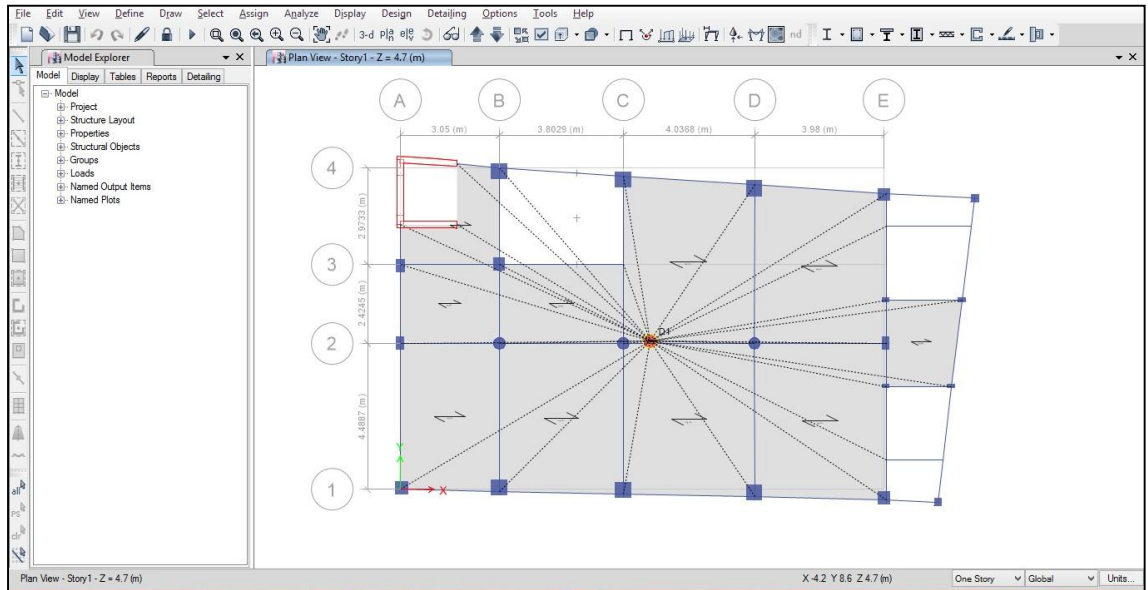


Figura 9c. asignación de Diafragma Rígidos por nivel.

Paso 10. asignación de Rotulas Plásticas:

a) Asignación en Vigas:

Para la asignación de rotulas plásticas en vigas se debe de seleccionar previamente a todas estas, para ello nos dirigimos a la siguiente ruta “Select/Properties/Frame Sections”

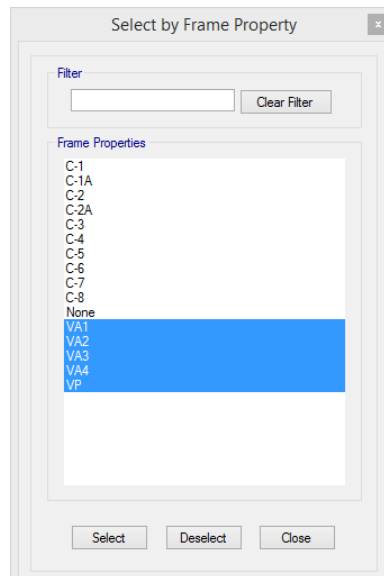


Figura 10a. Selección de Vigas.

Seleccionada todas las vigas no dirigimos a “Assing/Frame/Hinges”:

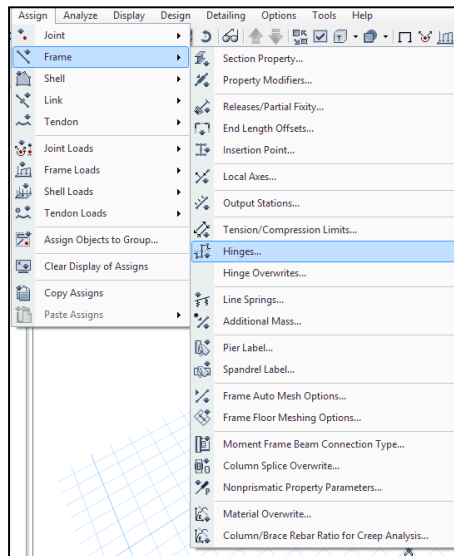


Figura 10b. Ruta para la asignación de Rotulas Plásticas.

Las rotulas plásticas son asignadas a un 15% de la longitud de la viga y a un 85%, y se selecciona la tabla 10-7 del ASCE 41-13:

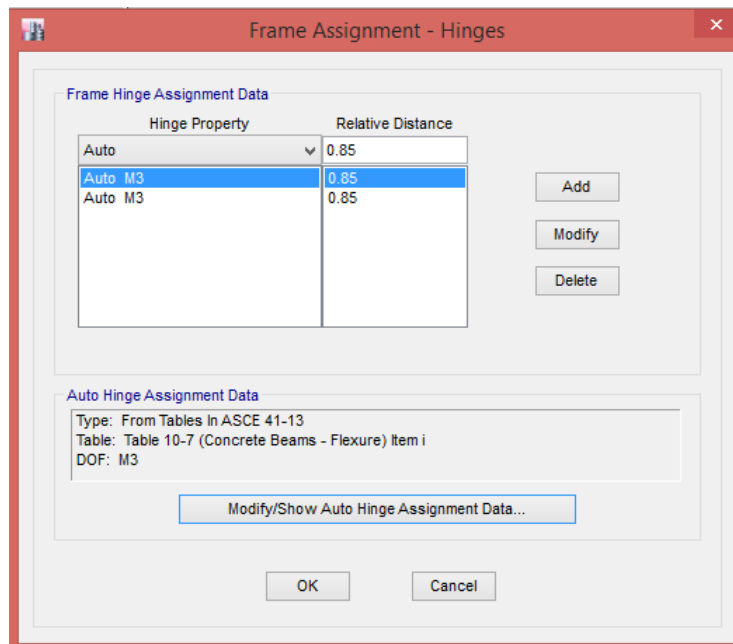


Figura 10c. asignación de Rotulas Plásticas en vigas.

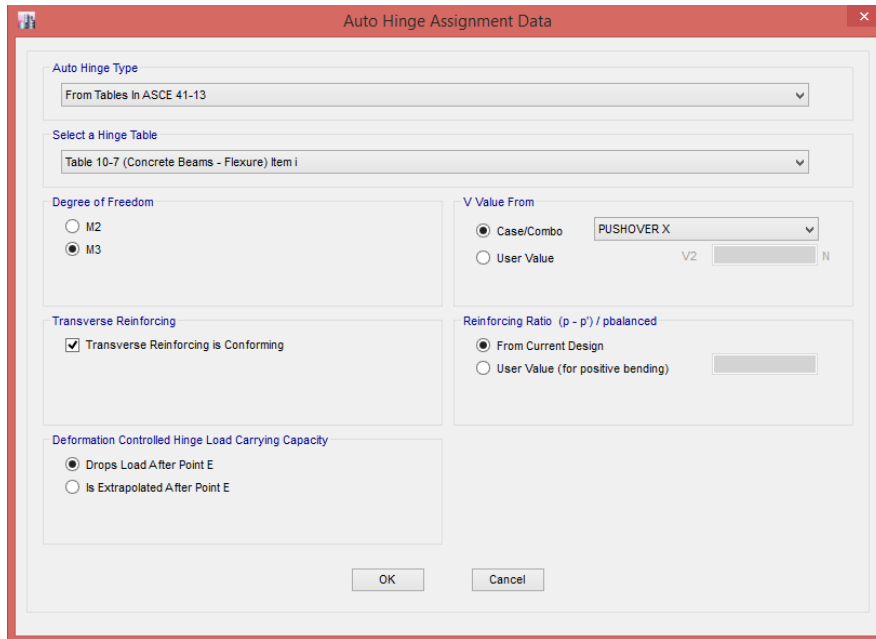


Figura 10d. Selección de la Tabla 10-7 para vigas.

Parámetros del diagrama Momento – Curvatura para vigas de acuerdo a la recomendación del ASCE 41 – 13:

Table 10-7. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams								
Conditions			Modeling Parameters ^a			Acceptance Criteria ^a		
			Plastic Rotations Angle (radians)		Residual Strength Ratio c	Plastic Rotations Angle (radians)		
		a	b			Performance Level		
					IO	LS	CP	
Condition i. Beams controlled by flexure ^b								
$p-p'$	Transverse reinforcement ^c	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$						
$\Phi_{hi} \leq 0.0$	C	$\leq 3 (0.25)$	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤ 0.0	C	$\geq 6 (0.5)$	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥ 0.5	C	$\leq 3 (0.25)$	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥ 0.5	C	$\geq 6 (0.5)$	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	$\leq 3 (0.25)$	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	$\geq 6 (0.5)$	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	$\leq 3 (0.25)$	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	$\geq 6 (0.5)$	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear ^b								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span ^b								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint ^b								
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03

Figura 10e. Tabla 10-7 para vigas de ASCE 41-13.

En la siguiente figura se muestra el momento curvatura en una sección de la viga, en la que se le fue asignada la rótula plástica que son descritas por puntos alfabéticos que describen la rotación:

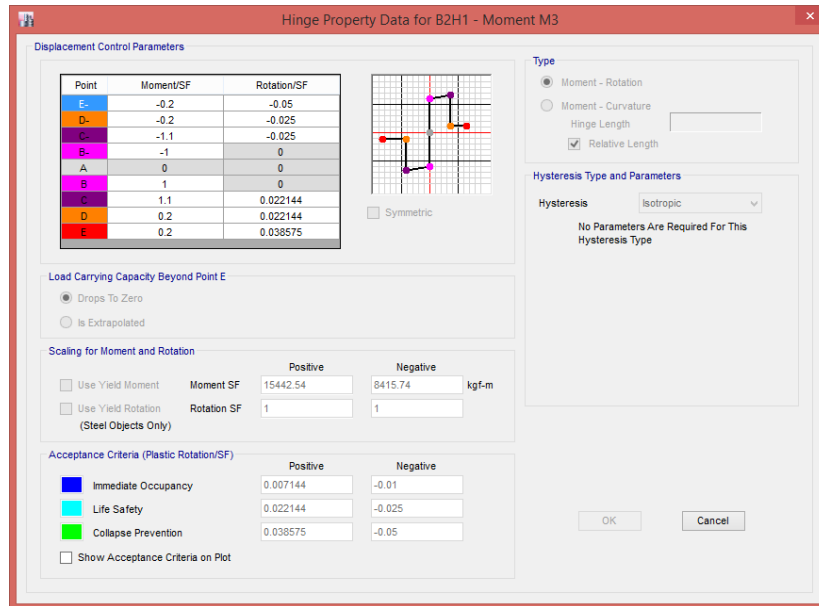


Figura 10f. momento curvatura para vigas.

b) Asignación en columnas:

Al igual que en las vigas, seleccionamos todas las columnas y los dirigimos a "Assing/Frame/Hinges".

Las rotulas plásticas son asignadas a un 15% de la longitud de la columna y a un 85%, y se selecciona la tabla 10-8 del ASCE 41-13:

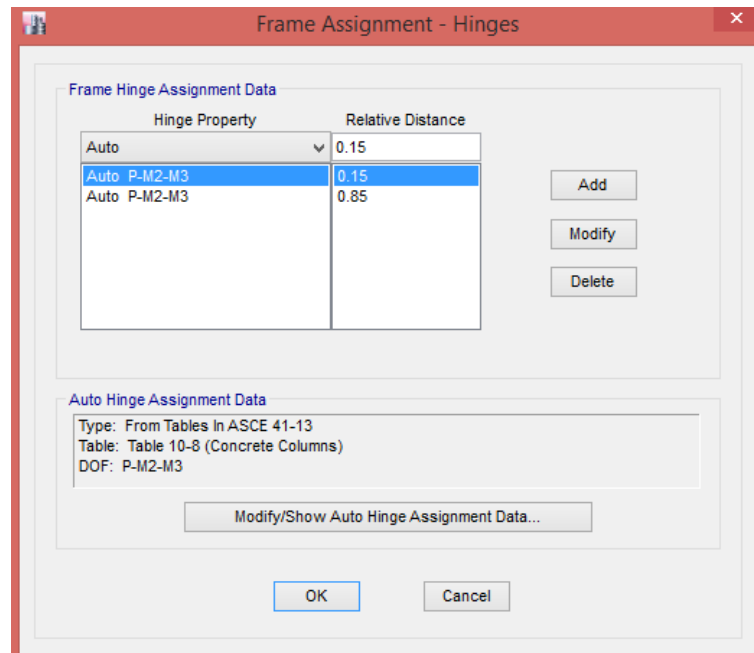


Figura 10g. asignación de Rotulas Plásticas en columnas.

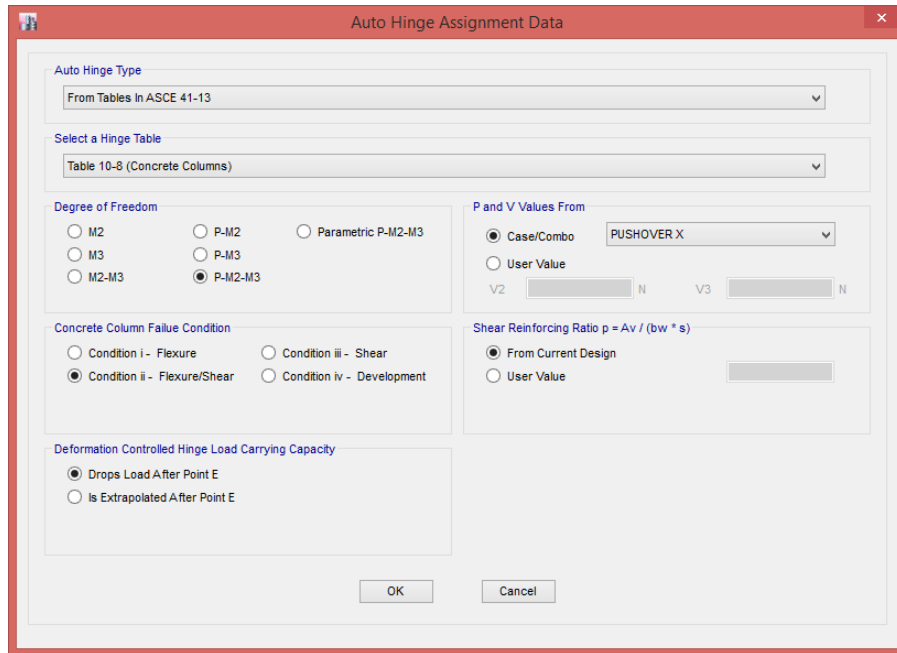


Figura 10h. Selección de la Tabla 10-8 para columnas.

Parámetros del diagrama Momento – Curvatura para columnas de acuerdo a la recomendación del ASCE 41 – 13:

Table 10-8. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Columns

Conditions	Modeling Parameters ^a			Acceptance Criteria ^a				
	Plastic Rotations Angle (radians)	Residual Strength Ratio		Plastic Rotations Angle (radians)				
				IO	LS	CP		
Condition i.^b								
$\frac{p}{A_g f_c'} \leq 0.1$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s} \geq 0.006$		0.035	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010
≤ 0.1	$= 0.002$		0.027	0.034	0.2	0.005	0.027	0.034
≥ 0.6	$= 0.002$		0.005	0.005	0.0	0.002	0.004	0.005
Condition ii.^b								
$\frac{p}{A_g f_c'} \leq 0.1$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s} \geq 0.006$	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f_c'}} \leq 3 (0.25)$	0.032	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006	$\geq 6 (0.5)$	0.025	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≤ 0.1	≥ 0.006	$\leq 3 (0.25)$	0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010
≥ 0.6	≥ 0.006	$\geq 6 (0.5)$	0.008	0.008	0.0	0.003	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005	$\leq 3 (0.25)$	0.012	0.012	0.2	0.005	0.010	0.012
≥ 0.6	≤ 0.0005	$\geq 6 (0.5)$	0.006	0.006	0.2	0.004	0.005	0.006
≤ 0.1	≤ 0.0005	$\leq 3 (0.25)$	0.004	0.004	0.0	0.002	0.003	0.004
≥ 0.6	≤ 0.0005	$\geq 6 (0.5)$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Condition iii.^b								
$\frac{p}{A_g f_c'} \leq 0.1$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s} \geq 0.006$		0.0	0.060	0.0	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.0	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.0	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Condition iv. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height^b								
$\frac{p}{A_g f_c'} \leq 0.1$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s} \geq 0.006$		0.0	0.060	0.4	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.4	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.2	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 10i. Tabla 10-8 para columnas de ASCE 41-13.

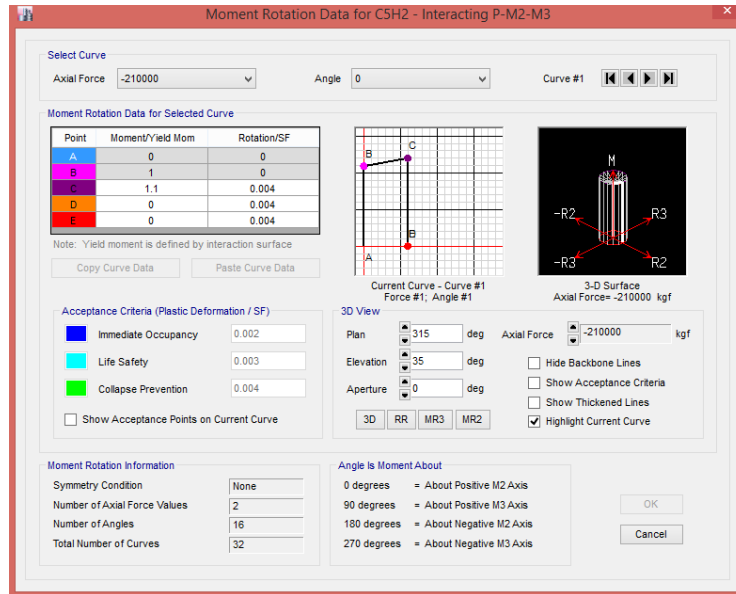


Figura 10j. momento rotacional de una columna.

c) Asignación en muros estructurales:

Para la asignación de rotulas plásticas en muros, seleccionamos todas estas y nos dirigimos a la siguiente ruta: "Assing/Shell/Wall Hinge...":

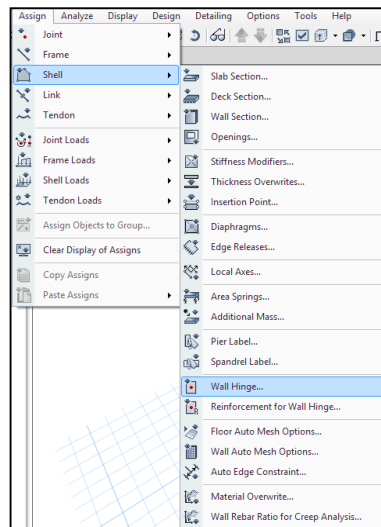


Figura 10k. Ruta para la asignación de rotulas plásticas en muros.

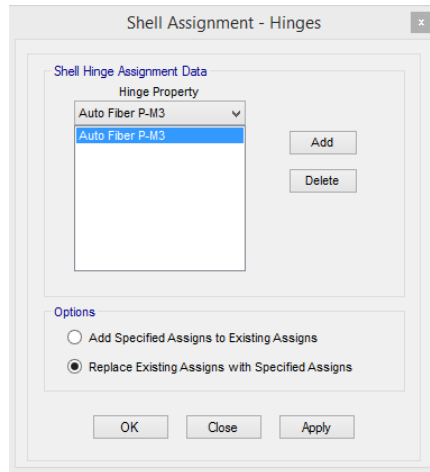


Figura 10l. asignación de manera automática la rótula en muros.

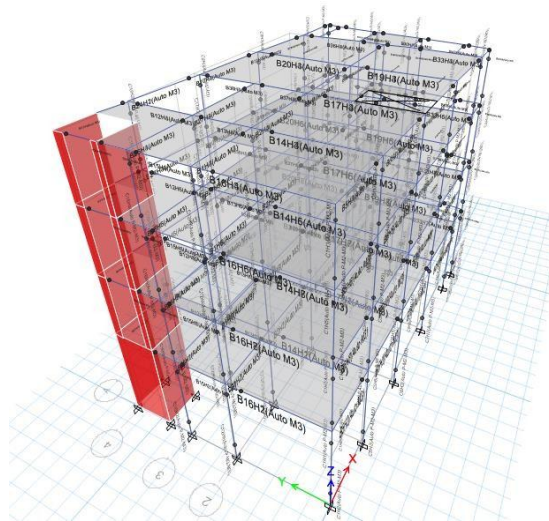


Figura 10m. Vista de rótulas asignadas.

Paso 11. Correr el análisis:

Para correr el análisis no-lineal Push-over nos dirigimos a “Analyze/Set Load Cases to Run”:

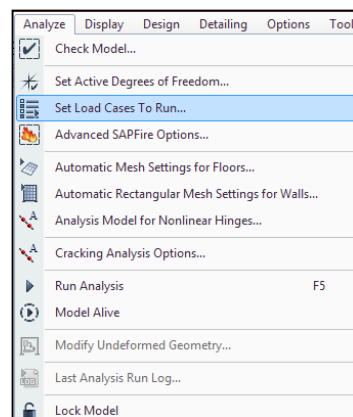


Figura 11a. Ruta para correr el análisis.

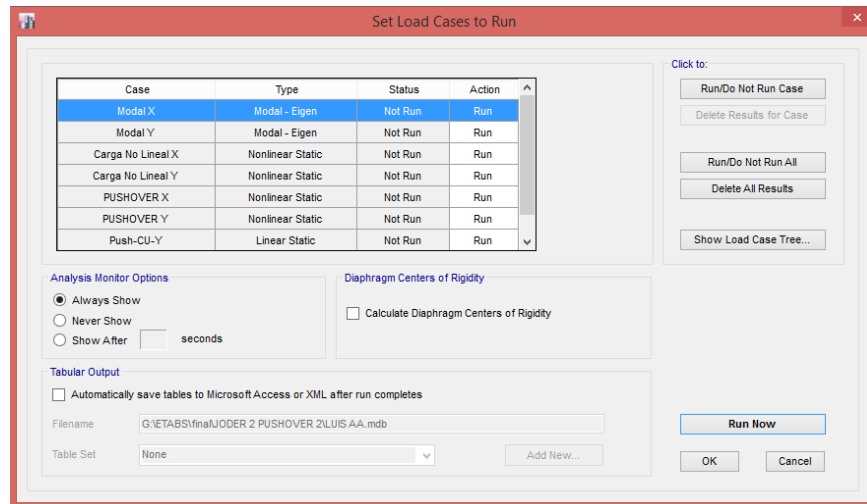


Figura 11b. Corremos el análisis.

Paso 12. Obtención de Rotulas plásticas:

Para la obtención de la aparición de rotulas plásticas nos dirigimos a la siguiente ruta: “Display/Deformed Shape”:

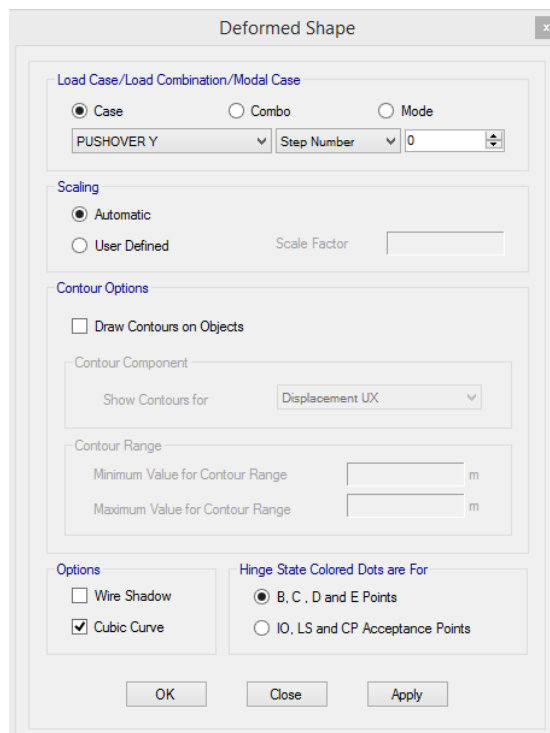


Figura 12a. Push-over en Y.

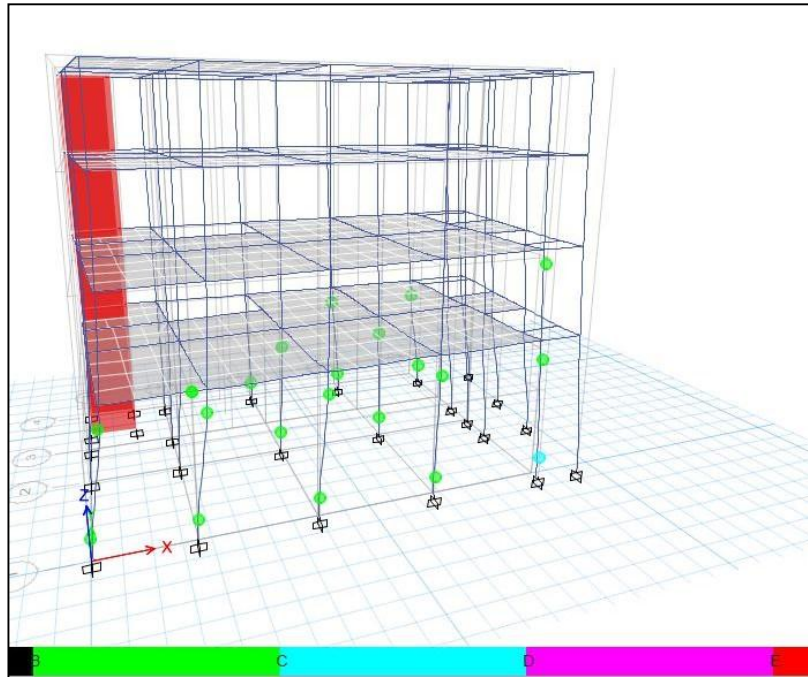


Figura 12b. Aparición de rotulas plásticas en Y.

Paso 13. Obtención de la Curva de Capacidad:

Como etapa final del análisis no-lineal es obtener la curva de capacidad, para la cual nos dirigiremos a la siguiente ruta: “Display/Static Pushover Curve...”:

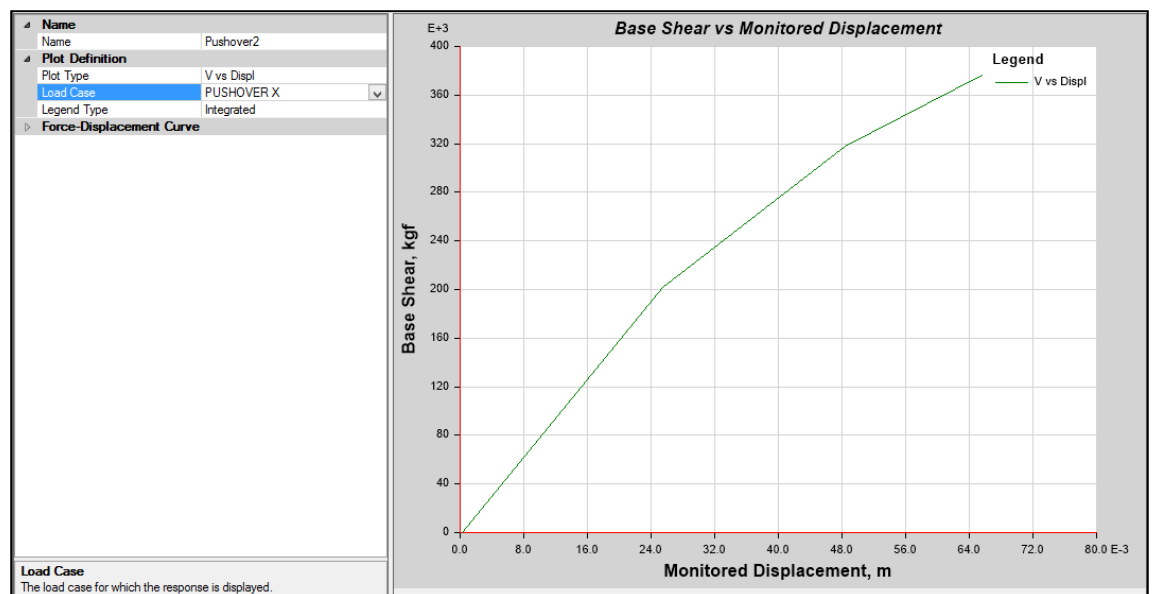


Figura 13a. Curva de capacidad en la dirección X.

En la figura siguiente se puede observar la rótula plástica de una columna del primer nivel, en la que incursiona un rango no lineal, sin embargo presenta un comportamiento de ocupación inmediata, mostrando un desempeño aceptable.

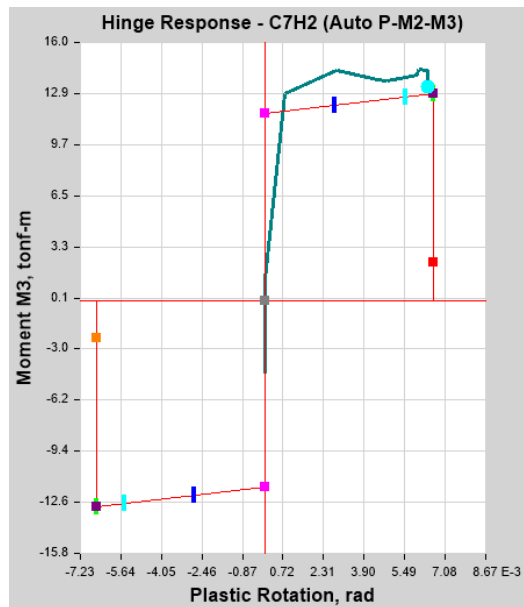


Figura 13a. Curva de capacidad en la dirección X.