



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA
TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL
(PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE
ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC
40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA
III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO

Presentado por:

- Br. Javier Alberto Malpartida Caparó
- Br. Juan Rodolfo Miranda Huamán

**Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil**

Asesor:

Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

CUSCO – PERÚ

2022



Dedicatoria

A Dios

Por guiar mi camino día a día y darme la fortaleza necesaria en los momentos más difíciles. Por ser la luz que ilumina el camino para alcanzar mis sueños.

A mis padres

Patricia Caparó Moscoso y Carlos Malpartida Mendoza

Por haberme brindado la vida, su apoyo incondicional y sacrificio durante toda mi vida, gracias a ellos conseguí convertirme en la persona que soy ahora.

A mi abuelo

Víctor Manuel Caparó Cano

Por ser mi más grande motivación y brindarme su apoyo incondicional.

A mi hermana y a mi novia

Marcela Urrutia Caparó y Fiorella Martínez Mora

Por ser las personas más fuertes que he conocido y enseñarme a vivir la vida con alegría a pesar de las dificultades. Por estar ahí presentes, dándome tranquilidad, alegría y amor en los momentos de preocupación y estrés y ser fuente de motivación para perseguir mis sueños.

Javier Alberto Malpartida Caparó



Dedicatoria

A la Virgen del Carmen

Por ser quien guío, protegió y me ayudo en mi camino en esta vida, lleno de fe le dedico este trabajo de investigación.

A mis padres y hermana

Rodolfo Miranda García, Gladis Huaman Salas y Nayeli Miranda Huaman

A mis padres por darme el regalo de la vida, por ser las personas más importantes en toda mi vida por mostrarme el camino hacia la superación; a mi hermana por ser mi compañera y un apoyo para poder afrontar el desarrollo de la investigación.

A mi compañero de investigación

Javier Alberto Malpartida Caparó

Por ser más que un amigo, por apoyarme en los momentos de dificultad y frustración, por ser una gran persona y un ejemplo de profesional.

Juan Rodolfo Miranda Huamán



Agradecimientos

A nuestra casa de estudios Universidad Andina del Cusco por la formación profesional brindada a lo largo de estos años y por aquellos docentes que despertaron la pasión por la ingeniería civil e inculcaron en nosotros las ganas de seguir explorando ésta maravillosa y tan amplia profesión.

A nuestra asesora Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas por su constante apoyo a la investigación, porque gracias a enorme compromiso y a la exigencia necesaria fue posible culminar satisfactoriamente ésta investigación.

A nuestros dictaminantes Ing. Heiner Soto Flórez junto con Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas por el tiempo y los conocimientos compartidos en el desarrollo de esta investigación.

Al grupo humano perteneciente a la constructora Damantium S.A.C ejecutores del proyecto denominado “Residencial Amauta III”, quienes nos otorgaron las facilidades necesarias para contar con información fundamental del expediente técnico y permitirnos el ingreso a las instalaciones a pesar de la coyuntura actual para poder desarrollar la presente investigación.

A los amigos y todas las personas que de alguna manera brindaron su apoyo para hacer posible ésta investigación.



Resumen

En la presente tesis de investigación se desarrolla la explicación teórica y aplicación de la evaluación del desempeño sismo resistente de la estructura de concreto armado “Residencial Amauta III” de 08 niveles, ubicada en Ca. Fortunato L. Herrera 109 de la Urb. Magisterial del distrito de Cusco, provincia de Cusco y departamento de Cusco; mediante la aplicación del Análisis Estático No lineal incremental Pushover y el uso de tres esquemas mecánicos de modelamiento para los muros de corte, de los cuales se obtiene un análisis comparativo de los resultados obtenidos.

Los esquemas mecánicos utilizados para la idealización de muros de corte (placas) son: “Muros tipo Shell”, “Viga con brazo rígido” y “Muros tipo Layer” de acuerdo a las posibilidades que ofrece el software CSI ETABS v.18, el cual fue elegido para realizar el trabajo de la presente investigación, en sus herramientas de modelado.

A continuación, se procedió a realizar un análisis estático no lineal – pushover siguiendo las recomendaciones dadas por la normativa ATC-40 y FEMA 440. Del análisis Pushover obtenemos las curvas de capacidad para cada esquema mecánico y en cada dirección de análisis, así como el mecanismo de formación de rótulas plásticas de la estructura hasta el momento de simular el colapso de la misma. El punto de desempeño de las estructuras se determina mediante la aplicación del método establecido en la normativa internacional: Método gráfico (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13) resultado que nos permite evaluar el punto de desempeño en función de un desplazamiento y una fuerza cortante en la base para tres sismos distintos.

En la estructura estudiada para la condición más crítica (colapso) en la dirección de análisis X-X y para los esquemas mecánicos de “Muros tipo Shell” y “Muros tipo Layer” se encuentra un nivel de desempeño de Prevención del colapso PC y para el esquema mecánico de “Viga con brazo rígido” para la condición crítica (sismo máximo) esta estructura se encuentra en Prevención del colapso PC y Colapso C.

Palabras clave: Análisis Estático no Lineal, Muros tipo Shell, Viga con brazo rígido, Muros tipo Layer, Desplazamientos máximos, Fuerzas cortantes en la base, Punto de desempeño y Nivel de desempeño Sísmico.



Abstract

In this research thesis, the theoretical explanation and application of the evaluation of the earthquake resistant performance of the reinforced concrete structure "Residencial Amauta III" of 08 levels, located in Ca. Fortunato L. Herrera 109 of the Magisterial Urb. district of Cusco, province of Cusco and department of Cusco; through the application of the incremental Pushover Nonlinear Static Analysis and the use of three mechanical modeling schemes for the shear walls, from which a comparative analysis of the results obtained is obtained.

The mechanical schemes used for the idealization of shear walls (plates) are: "Shell-type walls", "Beam with rigid arm" and "Layer-type walls" according to the possibilities offered by the CSI ETABS v.18 software, the which was chosen to carry out the work of the present investigation, in its modeling tools.

Next, a nonlinear static analysis - pushover was carried out following the recommendations given by the ATC-40 and FEMA 440 regulations. From the pushover analysis we obtain the capacity curves for each mechanical scheme and in each direction of analysis, as well as the mechanism for the formation of plastic hinges of the structure until the moment of simulating its collapse. The performance point of the structures is determined by applying the method established in international regulations: Graphic method (FEMA 440, ASCE / SEI 41 -13) result that allows us to evaluate the performance point based on a displacement and a shear force at the base for three different earthquakes.

In the structure studied for the most critical condition (collapse) in the analysis direction XX and for the mechanical schemes of "Shell-type walls" and "Layer-type walls" there is a performance level of Collapse Prevention PC and for the scheme mechanical "Beam with rigid arm" for the critical condition (maximum earthquake) this structure is found in Prevention of collapse PC and Collapse C.

Keywords: *Nonlinear Static Analysis, Shell type walls, Beam with rigid arm, Layer type walls, Maximum displacements, Shear forces at the base, Performance point and Seismic performance level.*



Introducción

La ubicación geográfica de nuestro país es una zona altamente sísmica, por ello se encuentra más expuesto a la presencia de terremotos. Además, la experiencia de los eventos sísmicos suscitados ha puesto en evidencia fundamentalmente la limitación del enfoque implícito en referencia a los códigos de diseño sísmico empleados actualmente. En nuestro departamento del Cusco el último sismo registrado data de fecha 09/10/2021 con una magnitud de 5.4 en la provincia de Paucartambo; en nuestro país Perú el movimiento telúrico de intensidad regular registrado más reciente con fecha 30/07/2021 del presente año fue de magnitud 6.1 registrado en la localidad de Sullana; teniendo en consideración que en los últimos años se viene registrando constantes movimientos sísmicos en todo el país. Según los especialistas del IGP, se avecinaría un sismo de gran magnitud, como el ocurrido el año 1868, de magnitud 9.0 en el sur del país. Los edificios diseñados actualmente cumplen lo establecido en las normativas vigentes: E.060 (Concreto Armado) y la E.030 (Diseño Sismorresistente). Sin embargo, se desconoce el verdadero comportamiento de los elementos estructurales en vista que estos necesitan de un estudio minucioso para entender su conducta real en un movimiento sísmico.

La Norma peruana, así como la mayoría de códigos de diseño sísmico, consideran solamente un nivel de amenaza sísmica con cual la edificación no debería colapsar (sismo severo), sin contemplar una verificación del comportamiento sísmico de las edificaciones para sismos frecuentes y moderados (que son más recurrentes).

Si se emplea únicamente el análisis lineal no es posible cuantificar el probable comportamiento de la estructura, por ello es que se busca metodologías que permitan analizar dicho comportamiento cuando sea sometida a acciones sísmicas; ya que el análisis lineal simplemente permite limitar el desplazamiento lateral de la edificación, en función de una deriva inelástica.

Con el fin de predecir cómo las estructuras responderán a las cargas hasta el punto de falla, ha surgido la necesidad para que los diseñadores comiencen a innovar con metodologías nuevas gracias al desarrollo de la ingeniería estructural basada en el desempeño, con el análisis del desempeño se puede obtener la deformación no lineal de la estructura después de su primer punto de fluencia, la cual se puede definir como la ductilidad al desplazamiento de la estructura.

La razón de esta investigación es observar cual es el comportamiento del modelo de la estructura de concreto armado denominada “Residencial Amauta III” aplicando un análisis no lineal mediante el análisis PUSH OVER que tiene como fundamento un empuje lateral aumentativo hasta que se logre llegar hasta el colapso de dicha infraestructura. La capacidad de



la estructura se puede evidenciar a través de curvas de capacidad, en otras palabras, aplicar cargas laterales que se irán incrementando durante el tiempo hasta poder hallar las zonas “débiles” a través de las rótulas plásticas de una estructura y determinar el nivel de desempeño de la estructura.

Para observar dicho comportamiento es necesario idealizar y/o modelar la estructura con ayuda de un software computacional, en el caso de esta investigación se hace uso del programa CSI ETABS en su versión 18, en el cual existe una limitación al momento de hallar el comportamiento no lineal en muros, y es que este comportamiento está limitado únicamente a elementos que conforman un pórtico (elementos “frame”).

Es así que nace la necesidad de evaluar alternativas de idealización para los muros de corte y poder realizar un análisis Pushover que otorgue resultados confiables de la estructura “Residencial Amauta III”, por ello, en ésta investigación se evaluará modelados de tres esquemas mecánicos rescatados de antecedentes de la investigación y con las cuáles podremos realizar un análisis comparativo de los resultados en el nivel de desempeño de la estructura y poder exponer los resultados y así puedan ser aplicados en futuras investigaciones de éste tipo.

El objetivo de la presente investigación es comparar el nivel de desempeño del modelo de la Residencial “Amauta III” utilizando tres esquemas mecánicos de idealización de la no linealidad de los muros de corte (placas). Para ello, se realizará el modelado siguiendo el diseño estructural presentado en los planos de la edificación que fue diseñada basada en la Norma E060, para finalmente realizar el Análisis Estático No Lineal incremental (Pushover) basado en el código “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” de la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA).



Índice general

Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1 Identificación del problema	1
1.1.1 Descripción del problema	1
1.1.2 Formulación del problema	5
1.2 Justificación de la investigación	6
1.2.1 Justificación técnica	6
1.2.2 Justificación social	7
1.2.3 Justificación por viabilidad	7
1.2.4 Justificación por relevancia.....	8
1.3 Limitaciones de la Investigación	9
1.3.1 Limitaciones en los materiales de construcción.....	9
1.3.2 Limitaciones por el tipo de estudio	10
1.4 Objetivos.....	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivos Específicos.....	11
Capitulo II: Marco Teórico	12
2.1 Antecedentes de la Tesis.....	12
2.1.1 Antecedentes a Nivel Local	12
2.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional.....	15
2.1.3 Antecedentes a Nivel Internacional	20
2.2. Bases Teórico-Científicas.....	21
2.2.1 Ingeniería Sismorresistente	21
2.2.2 Filosofía y Concepción Estructural Sismorresistente	24
2.2.3 Efecto de los sismos en las estructuras	25
2.2.4 Respuesta la Estructura	32
2.2.5 Comportamiento de estructuras de concreto armado ante acciones laterales	34



2.2.6 Comportamiento no Lineal	44
2.2.7 Métodos de Análisis Sísmico	48
2.2.8 Análisis Estático No Lineal Incremental (Pushover)	50
2.2.9 Ductilidad al desplazamiento	64
2.2.10 Demandas sísmicas	65
2.2.11 Nivel de desempeño	66
2.2.12 Demanda Sísmica de la Norma Técnica Peruana E030	74
2.2.13 Consideraciones especiales para la idealización de la estructura en ETABS V.1876	
2.3. Hipótesis	98
2.3.1. Hipótesis General	98
2.3.2. Sub Hipótesis	99
2.4. Definición de variables	100
2.4.1. Variables Independientes	100
2.4.2. Variable Dependiente	100
2.5. Cuadro de operacionalización de variables	101
Capitulo III: Metodología	102
3.1 Metodología de la Investigación	102
3.1.1 Enfoque de la Investigación	102
3.1.2 Nivel o alcance de la investigación	102
3.1.3 Método de investigación	103
3.2 Diseño de la investigación	103
3.2.1 Diseño metodológico	103
3.2.2 Diseño de Ingeniería	104
3.3 Población y Muestra	106
3.3.1 Población	106
3.3.2 Muestra	106
3.3.3 Criterios de inclusión	120



3.4 Instrumentos	120
3.4.1 Instrumentos de Ingeniería.....	120
3.5 Procedimientos de recolección de datos	135
3.5.1 Verificación de dimensiones en elementos estructurales y distribución en planta	135
3.5.2 Determinación de las coordenadas del centro de masa.....	140
3.5.3 Planteamiento de evaluación.....	141
3.5.8 Verificación de sistema estructural	177
3.5.9 Análisis estático no lineal	179
3.6 Procedimientos de Análisis de datos	192
3.6.1 Obtención de la curva de capacidad.....	192
3.6.2 Representación bilineal de la curva de capacidad.....	195
3.6.3 Análisis Push over.....	202
3.6.4 Evaluación del nivel de desempeño sísmico.....	212
3.6.5 Límites de desempeño.....	219
Capítulo IV: Resultados	230
4.1 Curvas de capacidad	230
4.2 Aparición de la primera rótula plástica.....	238
4.3 Ductilidad al desplazamiento.....	240
4.4 Puntos de desempeño.....	242
4.5 Niveles de desempeño sísmico	245
Capítulo V: Discusión	246
5.1 Contraste de los resultados referente del marco teórico	246
5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	249
5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis	250
5.4 Aportes de la investigación.....	252
Glosario	253
Conclusiones	255



Recomendaciones.....	260
Referencias.....	262
Anexos.....	265



Índice de tablas

Tabla 1 Factores de zona sísmica en el Perú	24
Tabla 2 Diámetros de varillas de acero corrugado	39
Tabla 3 Niveles de probabilidad de ocurrencia sísmica según FEMA 440	67
Tabla 4 Niveles de desempeño según FEMA 356	69
Tabla 5 Niveles de desempeño – ATC 40.....	72
Tabla 6 Niveles de Desempeño según ATC-40	73
Tabla 7 Cuadro de operacionalización de variables.....	101
Tabla 8 Características Generales de la Residencial "Amauta III"	106
Tabla 9 Distribución de los ejes en planta.....	107
Tabla 10 Propiedades del concreto armado.....	112
Tabla 11 Resistencia a compresión de los elementos estructurales	112
Tabla 12 Características del Acero de Refuerzo	113
Tabla 13 Propiedades del acero de refuerzo G-60	113
Tabla 14 Recubrimiento libres de concreto.....	114
Tabla 15 Dimensiones y distribución de acero en columnas	115
Tabla 16 Dimensiones y distribución de acero en placas.....	116
Tabla 17 Dimensión y distribución de acero en vigas	118
Tabla 18 Documentos necesarios para la investigación.....	120
Tabla 19 Contraste de dimensiones en columnas y placas.....	139
Tabla 20 Contraste de dimensiones en vigas	140
Tabla 21 Posición del centro de gravedad.....	141
Tabla 22.....	143
Tabla 23 Área de Varillas de Acero de Refuerzo Comercial.....	151
Tabla 24 Criterios utilizados para el comportamiento de los esquemas mecánicos	173
Tabla 25 Verificación de sistema estructural	179
Tabla 26 Criterios para la asignación de rótulas plásticas en muros de corte controlados por flexión.....	188
Tabla 27 Desplazamientos y cortantes en la base máximos -Esquema mecánico "A"	193
Tabla 28 Desplazamientos y cortantes en la base máximos -Esquema mecánico "B"	194
Tabla 29 Desplazamientos y cortantes en la base máximos -Esquema mecánico "C"	195
Tabla 30 Desplazamientos obtenidos mediante la curva bilineal-Esquema mecánico "A" ..	197
Tabla 31 Ductilidades - Esquema mecánico "A"	197



Tabla 32	Desplazamientos obtenidos mediante la curva bilineal)-Esquema mecánico "B".	199
Tabla 33	Ductilidades - Esquema mecánico "B"	199
Tabla 34	Desplazamientos obtenidos mediante la curva bilineal -Esquema mecánico "C" .	201
Tabla 35	Ductilidades para un Sismo Raro(Diseño) - Esquema mecánico "C"	201
Tabla 36	Aparición de la primera rótula plástica-Esquema mecánico "A"	203
Tabla 37	Aparición de la primera rótula plástica-Esquema mecánico "B"	207
Tabla 38	Aparición de la primera rótula plástica-Esquema mecánico "C"	210
Tabla 39	Puntos de desempeño Esquema mecánico A	213
Tabla 40	Puntos de desempeño Esquema mecánico B	215
Tabla 41	Puntos de desempeño Esquema mecánico C	218
Tabla 42	Niveles de desempeño según el rango de desplazamiento	220
Tabla 43	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX+	221
Tabla 44	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX-	222
Tabla 45	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY+	222
Tabla 46	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY-	223
Tabla 47	Niveles de desempeño-Esquema mecánico A.....	223
Tabla 48	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX+.....	224
Tabla 49	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX-	225
Tabla 50	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY+.....	225
Tabla 51	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY-	226
Tabla 52	Niveles de desempeño-Esquema mecánico B	226
Tabla 53	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido XX+.....	227
Tabla 54	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C- Sentido XX-	228
Tabla 55	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY+.....	228
Tabla 56	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY-	229
Tabla 57	Niveles de desempeño-Esquema mecánico C.....	229
Tabla 58	Resultados Pushover XX+	231
Tabla 59	Resultados Pushover XX-	231
Tabla 60	Resultados Pushover YY+	232
Tabla 61	Resultados Pushover YY-	233
Tabla 62	Resultados Pushover-Desplazamientos máximos	237
Tabla 63	Resultados Pushover-Cortantes en la base máximas	237
Tabla 64	Resultados Pushover-Desplazamientos primera rótula plástica.....	239
Tabla 65	Resultados Pushover-Cortantes en la base primera rótula plástica.....	240



Tabla 66 Resultados Pushover-Ductilidad al desplazamiento	242
Tabla 67 Resultados Pushover-Desplazamientos en el punto de desempeño	244
Tabla 68 Resultados Pushover-Cortantes en la base en el punto de desempeño	245
Tabla 69 Resultados Pushover-Niveles de desempeño sísmico.....	245



Índice de figuras

Figura 1 Ubicación Geográfica de la Residencial "Amauta III"	3
Figura 2 Fachada Frontal de la Residencial "Amauta III"	4
Figura 3 Fenómeno de Subducción entre la plaza de Nazca y la placa Sudamericana	23
Figura 4 Mapa que muestra la relación entre las principales placas tectónicas y la localización de los epicentros de terremotos y de los volcanes	23
Figura 5 Zonificación Sísmica en el Perú	24
Figura 6 Colapso debido a la falla de columnas.....	26
Figura 7 Falla en columnas por cortante	27
Figura 8 Falla en columnas por flexión.....	27
Figura 9 Fallas en columnas por compresión y flexocompresión.....	28
Figura 10 Daños de una estructura causados por un sismo.....	28
Figura 11 Colapso de estructura a causa de un terremoto.....	29
Figura 12 Conversión de espectro de respuesta a formato ADRS	31
Figura 13 Gráfico indicativo del método de determinación del espectro de respuesta.....	31
Figura 14	33
Figura 15 Espectro de respuesta inelástica de la estructura	33
Figura 16 Ciclo Histerético de cargas	34
Figura 17 Curva de resistencia concreto simple.....	37
Figura 18 Modelo de Mander para concreto confinado	38
Figura 19 Varillas de refuerzo.....	39
Figura 20 Curvas típicas de esfuerzo-deformación para varillas de acero.....	40
Figura 21 Curvas típicas de esfuerzo-deformación del acero peruano	41
Figura 22 Modelo elasto-plástico del acero	42
Figura 23 Diagrama momento-curvatura típica	44
Figura 24 Idealización de nudos rígidos y rótulas.....	44
Figura 25 Formación de rótula plástica en los extremos de vigas	45
Figura 26 Mecanismo ideal de formación de rótulas plásticas en un pórtico	46
Figura 27	47
Figura 28 Representación del Análisis estático no lineal con carga triangular distribuida.....	49
Figura 29 Representación gráfica de los tipos de análisis sísmicos	50
Figura 30 Ilustración del análisis estático no lineal Pushover	51
Figura 31 Ejemplo de análisis monotónico y curva capacidad	51



Figura 32 Curva de capacidad idealizada.....	52
Figura 33 Ejemplo de Análisis Pushover	53
Figura 34 Caso de carga lateral proporcional a la forma de modo fundamental	54
Figura 35 Caso de carga lateral proporcional a la masa de entrepiso	54
Figura 36 Representación de la curva de capacidad	55
Figura 37 Espectro de capacidad - demanda	57
Figura 38 Transformación de la Curva Capacidad a un Espectro Capacidad.....	60
Figura 39	61
Figura 40 Representación bilineal del espectro de capacidad.....	62
Figura 52 Definición de la fluencia efectiva o deformación de fluencia	63
Figura 42 Criterio de las áreas iguales	63
Figura 43 Representación Bilineal del Espectro de Capacidad.....	64
Figura 44 Niveles de desempeño esperados-FEMA 356	70
Figura 45 Representación gráfica de los niveles de desempeño FEMA 356.....	71
Figura 46 Sectorización por niveles de desempeño de modelo bilineal de la curva capacidad	74
Figura 47 Interacción del Factor de Amplificación Sísmica (C) según el periodo	75
Figura 48 Aplicación de la Aceleración Espectral según el tipo de suelo	75
Figura 49 Forma del Espectro de Aceleración Norma E-030	76
Figura 50 Diagrama Generalizado Momento - Curvatura dado por FEMA	78
Figura 51 Parámetros numéricos aceptables para modelar el comportamiento No Lineal de vigas	79
Figura 52 Parámetros numéricos aceptables para modelar el comportamiento No Lineal de Columnas.....	79
Figura 53 Fuerzas en un Muro Estructural.....	80
Figura 54 Definición de caras y conectividades de puntos en Elementos Área.....	82
Figura 55 Fuerzas resultantes en Elemento Finito reportados por SAP2000 y ETABS.....	82
Figura 56 Lectura de resultados en Elemento Finito.....	83
Figura 57 Resultados por Elemento Finito en SAP2000 & ETABS.....	83
Figura 58 Formulación del Elemento Shell (Tomado de Wilson, 1995)	84
Figura 59 Elemento Placa sometido a Flexión.....	86
Figura 60 Vistas y discretización del muro en investigación.....	86
Figura 61 Modelamiento de muros de tipo Shell(cáscara).....	87
Figura 62 Asignación automática de Rótulas plásticas a muros de tipo Shell(cáscara)	88



Figura 63 Rótulas plásticas asignadas a elementos tipo Shell(cáscara)	88
Figura 64 Comparación entre resultados de los métodos de elementos finitos y columna ancha.....	89
Figura 65 Sistema marco muro con columnas anchas	91
Figura 66 Modelado de muros como columna ancha.	92
Figura 67 Modelo de muros Shell y columna ancha.	92
Figura 68 Modelo de muros Shell y columna ancha para demostración	93
Figura 69 Grados de libertad para columnas y vigas en el método de la columna ancha.....	93
Figura 70 Matriz de solución del método de columna ancha.....	94
Figura 71 Ejemplo de Esquema Mecánico de vigas con brazo rígido para muros de corte....	94
Figura 72 Resultados para elementos Layered -Shell	95
Figura 73 Creación de propiedades para muros	96
Figura 74 Layered para el muro 0.5% de refuerzo.....	97
Figura 75 Definición data del armado y la no linealidad para el muro con 0.5% de refuerzo	97
Figura 76 Ejemplo Esquema mecánico C : Muros de corte tipo LAYER	98
Figura 77 Modelo Arquitectónico de la Residencial "Amauta III"	107
Figura 78 Planta Semisótano-Residencial "Amauta III"	108
Figura 79 Muros de ladrillo de la Residencial "Amauta III"	114
Figura 80 Estribos en elementos	116
Figura 81	134
Figura 82 Visita a campo para la toma de datos en la residencial Amauta III.....	136
Figura 83 Medición de las distancias entre los ejes estructurales	136
Figura 84 Medición de la dimensión de columnas y muros.....	137
Figura 85 Medición de la dimensión de vigas.....	137
Figura 86	141
Figura 87 Grillas en Planta y Elevación.....	142
Figura 88 Alturas de entrepiso-Residencial Amauta III.....	142
Figura 89 Definición del Material Concreto 210 kg/cm ²	143
Figura 90 Definición del Material Concreto 245 kg/cm ²	144
Figura 91 Definición del Acero de Refuerzo Grado 60	144
Figura 92 Asignación de la no-linealidad para el concreto.....	145
Figura 93 Asignación de la no-linealidad para el acero	145
Figura 94 Definición de Elementos Tipo Frame - Vigas y Columnas	146
Figura 95 Definición de Columna de 30x60cm hasta 4to piso con f'c 210kg/cm ²	147



Figura 96 Definición de Columna de 30x60cm 4to piso hasta azotea con $f'c$ 210kg/cm ² ...	147
Figura 97 Definición de Viga de 25x25cm con $f'c$ 210kg/cm ²	148
Figura 98 Definición de Viga de 25x40cm con $f'c$ 210kg/cm ²	148
Figura 99 Definición de Viga de 25x50cm con $f'c$ 210kg/cm ²	149
Figura 100 Definición de Viga de 30x50cm con $f'c$ 210kg/cm ²	149
Figura 101 Definición de Viga de 30x60cm con $f'c$ 210kg/cm ²	150
Figura 102 Definición de Viga de 40x25cm con $f'c$ 210kg/cm ²	150
Figura 103 Definición de Viga de 60x25cm con $f'c$ 210kg/cm ²	151
Figura 104 Asignación de Áreas de Acero en Software ETABS.....	152
Figura 105 Asignación de Área de Acero en Vigas 25 x 25 cm	153
Figura 106 Asignación de Área de Acero en Vigas 25 x 40 cm	153
Figura 107 Asignación de Área de Acero en Vigas 25 x 50 cm	154
Figura 108 Asignación de Área de Acero en Vigas 30 x 50 cm	154
Figura 109 Asignación de Área de Acero en Vigas 30 x 60 cm	155
Figura 110 Asignación de Área de Acero en Vigas 40 x 25 cm	155
Figura 111 Asignación de Área de Acero en Vigas 60 x 25 cm	156
Figura 112 Asignación de Área de Acero en Columnas 30 x 60 cm hasta 4to piso	156
Figura 113 Asignación de Área de Acero en Columnas 30 x 60 cm 5to piso hasta azotea ..	157
Figura 114 Definición de Secciones Tipo Wall - Muros de Corte del tipo SHELL	157
Figura 115 Definición de areas de acero en Muros e=20cm (260 x 20) - Muros de Corte del tipo SHELL	158
Figura 116 Definición de areas de acero en Muros e=20cm (210 x 20) - Muros de Corte del tipo SHELL	159
Figura 117 Definición de areas de acero en Muros e=20cm (160 x 20) - Muros de Corte del tipo SHELL	159
Figura 118 Definición de areas de acero en Muros e=20cm (160 x 20) 20 varillas - Muros de Corte del tipo SHELL	160
Figura 119 Definición de areas de acero en Muros e=30cm (245 x 30) - Muros de Corte del tipo SHELL	160
Figura 120 Detalle de Losa Aligerada.....	161
Figura 121 Detalle Losa Maciza	161
Figura 122 Definición de Losas	162
Figura 123 Definición de Losa Aligerada e=25 cm	162
Figura 124 Definición de Losa Maciza e=20 cm	163



Figura 125 Modelado en Planta de las Losas de Entrepiso.....	163
Figura 126 Modelo de Edificación en 3D	164
Figura 127 Patrones de Carga	164
Figura 128 Unidades de Albañilería Huecas o Tubulares.....	165
Figura 129 Definición de Cargas Distribuidas	166
Figura 130 Definición de Cargas Vivas	166
Figura 131 Definición de Diafragma Rígido.....	167
Figura 132 Asignación de Diafragmas Rígidos	167
Figura 133 Asignación de Empotramientos en la Base.....	168
Figura 134 Creación de sección tipo frame para la creación del modelo de viga con brazo rígido	169
Figura 135 Definición de la no linealidad del material	169
Figura 136 Definición de muros de corte bajo el esquema mecánico "vigas con brazo rígido"	170
Figura 137 Vista en planta del esquema mecánico "B" de viga con brazo rígido	170
Figura 138 Vista 3D del esquema mecánico "B" de viga con brazo rígido	171
Figura 139 Definición de concreto $f'c=210$ kg/cm ² para elementos estructurales del esquema mecánico "C"	172
Figura 140 Creación de placas del tipo "layer"	172
Figura 141 Definición de tipo layer para placa $e=0.20$ m.....	173
Figura 142 Espectro de demanda para X y Y, con Valor de $R = 1$, (No se reduce el espectro para un AENL).....	175
Figura 143 Espectros de Demanda.....	175
Figura 144 Definición de Casos de Carga.....	176
Figura 145 Definición de Modos de Vibración de la Estructura.....	176
Figura 146 Definición de Masa participativa.....	177
Figura 147 Obtención de fuerzas cortantes aplicadas en la base de la estructura.....	178
Figura 148 Magnitud de fuerzas cortantes que asumen columnas y placas.....	178
Figura 149	180
Figura 150	181
Figura 151 Condición Inicial de Cargas de Gravedad no Lineal	181
Figura 152 Asignación de caso de carga Pushover en el sentido x.....	182
Figura 153 Asignación de caso de carga Pushover en el sentido y.....	183
Figura 154 Definición de Punto de Control	184



Figura 155	Asignación automática de rótulas plásticas para elementos tipo frame.....	185
Figura 156	Asignación de rótulas plásticas en vigas.....	186
Figura 157	Asignación de rótulas plásticas en columnas.....	186
Figura 158	Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 260 x 20 cm	188
Figura 159	Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 260 x 20 cm 90 ton	189
Figura 160	Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 210 x 20 cm 90 ton	189
Figura 161	Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 210 x 20 cm 95 ton	190
Figura 162	Vista de la asignación de rótulas plásticas en pórtico "A"	190
Figura 163	Asignación de rótulas plásticas en el modelo general	191
Figura 164	Espectro de demanda Sismo Ocasional(Servicio)	191
Figura 165	Espectro de demanda Sismo Raro(Diseño)	192
Figura 166	Espectro de demanda Sismo muy Raro(Máximo)	192
Figura 167	Curvas de capacidad Esquema mecánico "A"	193
Figura 168	Curvas de capacidad Esquema mecánico "B"	194
Figura 169	Curvas de capacidad Esquema mecánico "C"	195
Figura 170	Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido XX –Esquema mecánico "A"	196
Figura 171	Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido YY –Esquema mecánico "A"	196
Figura 172	Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido XX -Esquema mecánico "B"	198
Figura 173	Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido YY –Esquema mecánico "B"	198
Figura 174	Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido XX -Esquema mecánico "C"	200
Figura 175	Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido YY -Esquema mecánico "C"	200
Figura 176	Comportamiento del edificio en la aparición de primera rótula plástica-Sentido X y Y+ Esquema mecánico "A"	202
Figura 177	Primera rótula plástica sentido X y Y+ vista en el eje 4 y el eje E respectivamente	203
Figura 178	Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "A" para el sentido de análisis X y Y +.....	204



Figura 179 Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "A" para el sentido de análisis X y Y+ Vista en elevación del Eje 4 y Eje A respectivamente	205
Figura 180 Vista frontal y posterior del comportamiento del edificio en la aparición de primera rótula plástica-Sentido XX+ Esquema mecánico "B"	205
Figura 181 Primera rótula plástica sentido X y Y+ Esquema mecánico "B"	206
Figura 182 Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "B" para el sentido de análisis X y Y +	207
Figura 183 Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "B" para el sentido de análisis X y Y+ Vista en elevación del Eje 4 y Eje A respectivamente	208
Figura 184 Comportamiento del edificio en la aparición de primera rótula plástica-Sentido X y Y+ Esquema mecánico "C"	209
Figura 185 Primera rótula plástica sentido X y Y+ en el Esquema mecánico "C"	209
Figura 186 Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "C" para el sentido de análisis X y Y +	211
Figura 187 Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "C" para el sentido de análisis X y Y+ Vista en elevación del Eje 4 y Eje E respectivamente	211
Figura 188 Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido XX -Esquema mecánico A	212
Figura 189 Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido YY -Esquema mecánico A	212
Figura 190 Puntos de desempeño -Sismo Ocasional-Esquema Mecánico A.....	213
Figura 191 Puntos de desempeño -Sismo Raro-Esquema Mecánico A.....	213
Figura 192 Puntos de desempeño -Sismo muy Raro-Esquema Mecánico A	214
Figura 193 Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido XX -Esquema mecánico B	214
Figura 194 Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido YY -Esquema mecánico B	215
Figura 195 Puntos de desempeño -Sismo Ocasional-Esquema Mecánico B.....	216
Figura 196 Puntos de desempeño -Sismo Raro-Esquema Mecánico B	216
Figura 197 Puntos de desempeño -Sismo muy Raro-Esquema Mecánico B	216
Figura 198 Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido XX -Esquema mecánico C	217
Figura 199 Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido YY -Esquema mecánico C	217



Figura 200	Puntos de desempeño -Sismo Ocasional-Esquema Mecánico C	218
Figura 201	Puntos de desempeño -Sismo Raro-Esquema Mecánico C	218
Figura 202	Puntos de desempeño –Sismo muy Raro-Esquema Mecánico C	219
Figura 203	Sectorización de la curva de capacidad	220
Figura 204	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX+	221
Figura 205	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX-	221
Figura 206	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY+	222
Figura 207	Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY-	223
Figura 208	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX+	224
Figura 209	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX-	224
Figura 210	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY+	225
Figura 211	Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY-	226
Figura 212	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido XX+	227
Figura 213	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C- Sentido XX-	227
Figura 214	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY+	228
Figura 215	Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY-	229
Figura 216	Curvas de capacidad Sentido XX+	230
Figura 217	Curvas de capacidad Sentido XX-	231
Figura 218	Curvas de capacidad Sentido YY+	232
Figura 219	Curvas de capacidad Sentido YY-	233
Figura 220	Comparación de desplazamientos Sentido XX+	234
Figura 221	Comparación de desplazamientos Sentido XX-	234
Figura 222	Comparación de desplazamientos Sentido YY+	235
Figura 223	Comparación de desplazamientos Sentido YY-	235
Figura 224	Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido XX+	236
Figura 225	Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido XX-	236
Figura 226	Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido YY+	236
Figura 227	Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido YY-	237
Figura 228	Aparición de la primera rótula plástica Sentido XX+.....	238
Figura 229	Aparición de la primera rótula plástica Sentido XX-	238
Figura 230	Aparición de la primera rótula plástica Sentido YY+.....	239
Figura 231	Aparición de la primera rótula plástica Sentido YY-	239
Figura 232	Ductilidad al desplazamiento Sentido XX+.....	240
Figura 233	Ductilidad al desplazamiento Sentido XX-	240



Figura 234 Ductilidad al desplazamiento Sentido YY+.....	241
Figura 235 Ductilidad al desplazamiento Sentido YY-	241
Figura 236 Puntos de desempeño-Sentido XX+	242
Figura 237 Puntos de desempeño-Sentido XX-	243
Figura 238 Puntos de desempeño-Sentido YY+	243
Figura 239 Puntos de desempeño-Sentido YY-	244



Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

Según Norman Fuentes:

En el Perú las edificaciones usualmente se diseñan utilizando análisis elásticos a pesar de que la mayoría experimentarían deformaciones inelásticas durante sismos severos. Los diseños modernos basados en desempeño requieren procedimientos para predecir el comportamiento real de estructuras en tales condiciones. Los análisis No Lineales, junto con el avance de computación e información obtenida de ensayos, nos dan los medios para calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico, incluyendo el deterioro de la resistencia y de la rigidez asociado con el comportamiento inelástico de los materiales y grandes desplazamientos. Es por ello que el análisis No Lineal juega un papel importante en los diseños de nuevas estructuras y verificación de las existentes. (Fuentes, Norman, 2018)

Mientras que Choque & Luque rescatan que:

Los procedimientos de análisis sísmico citados en la NTE E.030 (análisis estático lineal y análisis dinámico lineal) no permiten verificar la filosofía de diseño que establece, además que no permiten saber cómo será el comportamiento de las edificaciones frente a sismos de mayor escala, ya que frente a una acción repetitiva de estos sismos se pueden presentar daños en la estructura de los edificios.

La Filosofía del diseño estructural con base en la resistencia sísmica radica en que las estructuras sean capaces de resistir sismos de baja intensidad sin sufrir daños estructurales significativos, sismos moderados con daños reparables y sismos de mayor intensidad sin que llegue a un colapso. Cuando se vieron sometidas a movimientos sísmicos de diferente intensidad se han observado deficiencias su nivel de desempeño, todo este argumento ha generado una tendencia clara a cambiar la filosofía de diseño del concepto de resistencia física



al concepto más versátil de desempeño estructural. Conceptos que son considerados erróneamente como sinónimos, es así que nace el método de análisis estático no lineal el cuál ayuda a entender de mejor manera el comportamiento las estructuras cuando son sometidas a fuerzas sísmicas y su capacidad elástica es sobrepasada.

Cuando actúan primero las cargas gravitacionales en las estructuras se producen los primeros esfuerzos, fuerzas de tensión, compresión, momentos actuantes en los elementos estructurales, inmediatamente entran en acción las cargas laterales que se incrementan de manera secuencial, en una dirección donde se generan rótulas plásticas y se muestra una repartición de rigidez de la edificación, éste proceso es constante hasta que la estructura llegue al colapso total.

Por todo lo expuesto, la presente investigación pretende estudiar el comportamiento de una estructura frente a acciones laterales y observar el comportamiento en su rango no lineal, evaluando el mecanismo de formulación de rótulas plásticas, mecanismos de falla, desplazamientos y fuerzas cortantes máximas que se generan ante un hipotético colapso. Dicha evaluación se realiza mediante un Análisis estático no lineal el cual no está aún implementando en nuestro medio y por ende las edificaciones diseñadas hasta la actualidad obedecen a comportamientos conservadores de acuerdo a los lineamientos de la normativa peruana, la finalidad de realizar el análisis es observar la importancia de realizar un correcto análisis del comportamiento de las estructuras para posteriormente poder implementar un diseño por desempeño en las edificaciones de nuestro país, el cual nos permitirá conocer a mayor profundidad el comportamiento de nuestras estructuras y mejorar con el paso del tiempo las técnicas de diseño estructural a fin de obtener como producto edificaciones de mayor sismoresistencia.

A su vez para poder estudiar el comportamiento de una estructura es necesario conocer criterios de modelamiento que se adoptan para el uso de softwares computacionales utilizados como herramienta hoy en día en la ingeniería para acelerar el proceso de análisis y diseño, como lo son los programas estructurales SAP 2000 y ETABS, hablando específicamente de la esquematización utilizada para modelar muros de corte (placas) e idealizar el comportamiento no lineal de éstos elementos, es que se observa la existencia de diferentes metodologías y/o tipos de modelado que quedan sujetos a criterio y conocimiento o dominio del usuario y es por ello que se desea estudiar mediante un análisis comparativo las diferentes alternativas de modelado a fin de otorgar confiabilidad a los mismos observando los resultados obtenidos.

Con el objetivo de conocer el desempeño sismorresistente del modelo del edificio de concreto armado de la Residencial “Amauta III” ante sismos reales se desarrolla en esta tesis la evaluación del desempeño sismorresistente del edificio de concreto armado de 8 niveles obteniendo su curva de capacidad utilizando el método de análisis estático no lineal incremental “Pushover” evaluando el uso de tres diferentes esquemas mecánicos para el modelado de los muros de corte(placas) dentro del software computacional CSI ETABS v.18 y poder idealizar la no linealidad de los mismos para que el software utilizado pueda procesar el análisis.

1.1.1.1 Ubicación Geográfica

El objeto de investigación es el modelo de la Residencial “Amauta III” que está ubicada en Ca. Fortunato L. Herrera 109 Urb.Magisterio-Departamento de Cusco-Provincia de Cusco-Distrito de Cusco.

El terreno objeto del presente proyecto es de naturaleza urbano, conformado por un polígono de forma rectangular, de 300.00 m², ubicado en la Urb. Magisterial de la ciudad del Cusco con una fachada hacia la calle Fortunato L. Herrera de 12.00 ml.

Figura 1

Ubicación Geográfica de la Residencial "Amauta III"



Obtenido de Google Earth (<https://earth.google.com/web/>)



Figura 2

Fachada Frontal de la Residencial "Amauta III"



Y presenta los siguientes linderos:

Limites:

- Norte : Con el lote N° 05 (25 ml.)
- Sur : Con el lote N° 07 (25 ml.)
- Este : Con la Calle Fortunato L. Herrera. (12 ml.)
- Oeste : Con el Colegio San Antonio Abad del Cusco. (12 ml.)

Superficie:

- El Área del terreno es de: 300.00 m² (12 ml x 25 ml)
- El Perímetro del terreno es de: 74.00 ml

En su entorno urbanístico se encuentran edificaciones residenciales, edificios financieros, centros educativos, centros comerciales, las dos principales avenidas de la ciudad del Cusco que definitivamente ayudan al fácil acceso y circulación, por otro lado, se aprecia que el lote de terreno es casi colindante con el parque Amauta (Parque principal de la Urb. Magisterio).



1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del Problema General

¿Cuál es el nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" evaluado comparativamente a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", ante diferentes solicitaciones sísmicas, de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover)?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los Problemas Específicos

PE1: ¿Cuáles son los valores de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" cuando se produce la aparición de la primera rotula plástica; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40?

PE2: ¿Cuáles son los valores de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" cuando se encuentre en su máximo desempeño (colapso) luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40?

PE3: ¿Cuáles son los valores de fuerza cortante en la base que producen la aparición de la primera rotula plástica en el modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40?

PE4: ¿Cuáles son los valores de fuerza cortante en la base que generan el máximo desempeño (colapso) del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40?

PE5: ¿Cuál es el punto de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) frente a diferentes solicitaciones sísmicas y a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40?



PE6: ¿Cuál es el valor de la ductilidad en el modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C"?

1.2 Justificación de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

Analizar el comportamiento que se podría esperar de las estructuras existentes ante diversos niveles de solicitación sísmica es de mucha importancia, dado que el Perú se encuentra en una zona sísmicamente activa, donde se producen sismos frecuentes, y la ciudad del Cusco no es la excepción, es por ello que en la norma de diseño sismorresistente E-030 adapta el procedimiento de análisis sísmico lineal elástico el análisis de fuerzas estáticas equivalentes y el análisis dinámico modal espectral para poder evaluar y predecir la capacidad elástica de una estructura.

La norma E-030 describe la incursión inelástica de la estructura pero considera un factor de reducción R el cuál asume que la estructura tiene una buena capacidad de ductilidad superando su rango elástico y que la energía será disipada de forma estable, pero los mecanismos de falla de la estructura no pueden ser evaluados mediante éste procedimiento; a su vez han surgido diversos procedimientos de análisis no lineal con los cuales los mecanismos de falla de la estructura pueden ser predecidos y analizados, se puede visualizar la posible secuencial de formación de rótulas plásticas las cuales definen las posibles fallas y la redistribución interna de momentos en los elementos estructurales.

Por otro lado, existe una limitación al momento de hallar el comportamiento no lineal en muros utilizando el programa ETABS, y es que este comportamiento está limitado únicamente a elementos que conforman un pórtico (elementos "frame").

Es así que nace la necesidad de evaluar alternativas de idealización para los muros de corte y poder realizar un análisis Pushover que otorgue resultados próximos a la respuesta real de la estructura "Residencial Amauta III", por ello, en ésta investigación se evaluará tres tipos de esquemas mecánicos de modelado rescatadas de antecedentes de la investigación y con las cuáles podremos realizar un análisis comparativo de los resultados en el nivel de desempeño de la estructura.

La investigación se justifica técnicamente debido a la necesidad de estudiar el comportamiento no lineal de las estructuras cuando están sometidas a acciones sísmicas, al no estar presente el



estudio de éste comportamiento en nuestra normativa peruana y ser de gran importancia para futuros diseños de nuestras estructuras utilizando la metodología pushover , la cual evalúa a mayor profundidad el comportamiento no lineal de las estructuras y nos otorga un mecanismo de falla y formulación de rótulas plásticas en la estructura ante un hipotético colapso.

1.2.2 Justificación social

La presente investigación se justifica socialmente al utilizar y exponer la metodología de análisis y diseño por desempeño, la cual otorga resultados favorables acercándose a el verdadero comportamiento de una estructura frente a cargas sísmicas. Gracias a ésta metodología el diseño de una estructura puede presentar un comportamiento esperado al estimado, generando para la sociedad la mejora en el diseño de futuras estructuras dónde se pueda tener la certeza que éstas presentarán niveles de desempeño de ocupación inmediata (es decir presente daños aceptables) luego de estar sometida a acciones sísmicas, es decir que la sociedad pueda estar sentirse segura con las futuras edificaciones que se diseñen y construyan en nuestro país.

De la misma manera estudiantes de la Universidad Andina del Cusco y de todo el país y del mundo podrán analizar y eventualmente considerar esta investigación como un antecedente a sus futuras investigaciones. Además, se podrá aportar con la investigación los resultados del modelado de estructuras que contengan muros de corte a las cuáles se les requiere aplicar un análisis tipo Pushover y que se pueda elegir ya teniendo una base conocida el tipo de idealización de los muros que se usará, teniendo como precedente a la investigación.

Los ingenieros estructurales que evalúan los niveles de desempeño sísmico de diversas estructuras a través de los resultados obtenidos en la investigación podrán utilizar los procedimientos y técnicas de la misma para profundizar y reforzar sus conocimientos.

Adicionalmente la investigación fomenta el uso de softwares sofisticados de análisis estructural como el CSI ETABS v.18, para que más los especialistas pueden estar involucrados en temas relacionados a la determinación de niveles de desempeño sísmico aplicando un análisis de tipo Pushover.

1.2.3 Justificación por viabilidad

Se reúne las características y condiciones técnicas para el desarrollo de la investigación, por lo cual la presente investigación es factible, dichas características son:



- Se cuenta con los recursos necesarios por parte de los investigadores como son: los recursos humanos y la asesoría adecuada, el tiempo y equipos de medición para la realización de la investigación.
- Se cuenta con la autorización de la empresa “DAMANTIUM S.A.C” dueña de la edificación denominada “Residencial Amauta III” poder realizar el estudio de la estructura, así como la obtención de los planos y detalles de la misma que sean de utilidad para la investigación.

Las normativas técnicas peruanas dispuestas:

- NTP-E-020 Metrado de cargas para la estimación de las cargas gravitacionales de la estructura
- NTP-E-030 Diseño Sismorresistente para definir los parámetros sísmicos de diseño
- NTP-E-060 Concreto Armado para las consideraciones de propiedades mecánicas de los elementos de concreto armado.

Se dispuso de las normativas extranjeras para la evaluación por desempeño:

- “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” de la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA 440)
- “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” del Consejo de Tecnología Aplicada (ATC-40).

La información necesaria para el desarrollo de la investigación procede de libros, documentos digitales y físicos e investigaciones de tesis precedentes a esta. Se considera la investigación como técnicamente viable por todo lo expuesto anteriormente.

1.2.4 Justificación por relevancia

La aplicación de la metodología para el desarrollo de un análisis no lineal incremental (Pushover) que se ha planteado en esta investigación no está considerada en la normativa peruana de Diseño Sismorresistente E-030 en la actualidad, por lo que la presente investigación es de gran importancia para la especialidad de ingeniería estructural. Hoy en día se tiene conocimiento que se obtienen los mejores resultados al realizar un análisis sísmico por su asemejo con la realidad, en comparación al análisis y diseño estructural sismorresistente por resistencia.



Es por ello que nace la necesidad de investigar la aplicación de esta metodología a estructuras ubicadas en el departamento del Cusco, así como realizar la evaluación de qué esquema mecánico de modelación para los muros de corte (placas) sería el más adecuado al momento de utilizar un software de cálculo para la determinación del punto de desempeño realizando un análisis estático no lineal incremental (Pushover).

Anteriores investigaciones a ésta, rescatan que el análisis estático no lineal aplicado a una estructura ayuda a determinar la capacidad resistente de la misma y ser comparada con la posible demanda de evento sísmico real, la demanda depende de la amenaza sísmica y del sitio de ubicación de la estructura, así como las características globales (resistencia, rigidez y deformación de cada uno de los elementos estructurales). Por ello, la estructura podría tener un bajo comportamiento ante amenazas sísmicas si no se obtiene los niveles de diseño adecuados (ductilidad, rigidez), es por ello la importancia de realizar estudios con la aplicación de esta metodología así como el estudio del correcto modelado que pueda asemejarse a la realidad de cada estructura para poder ser evaluada, como en este caso se realizará el análisis sísmico no lineal incremental Pushover aplicada en el modelo de la Residencial “Amauta III” – Cusco.

1.3 Limitaciones de la Investigación

1.3.1 Limitaciones en los materiales de construcción

1. La resistencia a la compresión para los elementos de concreto armado es de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ corroborando la resistencia mediante los informes de controles de calidad de concreto elaborados al momento de la ejecución de la obra. Se hace uso de un valor $f'c$ de 210 kg/cm^2 en el modelo estructural.
2. El acero de refuerzo tiene un límite de fluencia $f_y = 4280 \text{ kg/cm}^2$, un módulo de elasticidad de 2000000 Kg/cm^2 , y las áreas transversales de las varillas de refuerzo según el diámetro fueron tomadas de la ficha técnica “Fierro corrugado ASTM A615 – GRADO 60/NTP 341.031.-GRADO 60”.
3. A partir de los planos estructurales del expediente técnico fueron definidas las cuantías de acero de refuerzo en los elementos estructurales.
4. Están presentes en toda la estructura columnetas de confinamiento haciendo que los muros de tabiquería se comporten de forma aislada, se han considerado a los muros solamente como aporte de masas sin tomar en cuenta los efectos de la interacción del pórtico-tabique.



1.3.2 Limitaciones por el tipo de estudio

1. La determinación del nivel de desempeño y cálculo del punto de desempeño son limitados solamente al uso de los lineamientos de los documentos FEMA 440 Y ATC-40 y las consideraciones de análisis sísmico lineal de la Norma de Diseño Sismorresistente E-030, del modelo de la Residencial “Amauta III” la cual está destinada a viviendas.
2. La ubicación geográfica de la Residencial Amauta III pertenece al distrito de Cusco en la cual se ubica esta edificación corresponde a la zona 02 según la norma E-030, con una categoría C de uso común, el suelo sobre el cual se ubica la edificación es de tipo S2 (Suelo intermedio), según el plano de estructuras de la edificación.
3. La edificación de análisis es de 08 niveles con un sistema estructural dual con vigas rectangulares, columnas rectangulares, placas o muros de corte rectangulares y una placa de tipo t. Esta edificación posee losa aligerada en una dirección en todos los niveles al igual que losa maciza en una dirección en ubicaciones específicas.
4. Se considera 01 patrón de carga lateral para la evaluación no lineal de la estructura la cual es: patrón de carga en base al modo fundamental de vibración en la dirección de análisis de acuerdo al máximo porcentaje de masa participativa acumulada.
5. La rigidez de entrepiso de la edificación considerada para el análisis lineal proviene de la rigidez lateral de los pórticos de concreto armado, la masa de entrepiso y la masa del techo que se obtienen mediante los lineamientos de la norma técnica peruana de metrados de carga E-020 para el metrado de cargas por gravedad.
6. Para FEMA 440 se evalúa el nivel de desempeño para tres distintas solicitaciones sísmicas (servicio, diseño y máximo) mientras que para ATC-40 se utiliza el método espectro capacidad y se determina el nivel de desempeño ubicándolos dentro de la sectorización de la curva de capacidad.
7. Los resultados extraídos del análisis Pushover realizado en ésta investigación fueron obtenidos en base a la metodología de desplazamientos monitoreados en el “nodo de control” que se ubica en el último nivel ya que es ahí donde se producirán los mayores desplazamientos con el incremento de las cargas laterales aplicadas en el centro de masa, los análisis son desarrollados mediante la asistencia del software estructural CSI ETABS v.18, los datos necesarios son extraídos y procesados según los formatos de cálculo presentados en el capítulo III instrumentos metodológicos.



8. Se ha considerado el efecto en el centro de masas para la aplicación de las cargas sísmicas y patrones de carga lateral, de forma manual ingresados en el modelo estructural tridimensional elaborado en el software CSI ETABS v.18.
9. La determinación de los diagramas momento- curvatura para vigas y columnas son determinados a partir de los datos extraídos de la aplicación “Section Designer” del software ETABS v.18. Utilizando el método simplificado es que se realizó los diagramas de momento - rotación con un valor de longitud plástica de 0.5 del peralte de la sección con el fin de asignar rotulas plásticas en el modelo tridimensional del modelo de la Residencial “Amauta III” en el software ETABS v.18.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III "evaluado comparativamente a partir de los esquemas mecánicos "A","B" y "C", ante diferentes sollicitaciones sísmicas, de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover).

1.4.2 Objetivos Específicos

OE1: Determinar los valores de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" cuando se produce la aparición de la primera rotula plástica; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A","B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.

OE2: Establecer los valores de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" cuando se encuentre en su máximo desempeño (colapso) luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A","B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.

OE3: Determinar los valores de fuerza cortante en la base que producen la aparición de la primera rotula plástica en el modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III "; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los



esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.

OE4: Establecer los valores de fuerza cortante en la base que generan el máximo desempeño (colapso) del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.

OE5: Determinar el punto de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) frente a diferentes solicitaciones sísmicas y a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.

OE6: Encontrar el valor de la ductilidad del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III" luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C".

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Tesis

2.1.1 Antecedentes a Nivel Local

2.1.1.1 Antecedente Local N° 01

(Cumpa & Quispe, 2019) presentan la tesis "Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa. N°50217 de la comunidad Umachurco-San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover)" cuyo objetivo principal fue determinar el nivel de desempeño estructural del bloque 01 de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad campesina de Umachurco, la edificación es de concreto armado y está estructurada en base a sistemas estructurales aporticados.

Realizaron el modelamiento de la estructura a través de un modelo 3D con asistencia del Software estructural CSI SAP 2000, donde se realizó el análisis sísmico, iniciando con el análisis estático lineal y a su vez obteniendo la información necesaria para realizar el análisis estático no lineal según los lineamientos de las normativas americanas FEMA 356 y ATC 40, considerando en el modelo representativo la degradación de rigidez en los componentes estructurales con responsabilidad sismorresistente.



Obtuvieron como resultados los valores en los cuales se genera la primera rotula plástica con una fuerza cortante de 122.93 Ton y desplazamiento de 1.11cm lo cual indica que a partir de este punto la estructura incursiona en el rango inelástico. El máximo desplazamiento se generó con una fuerza cortante de 282.06 Ton y 7.40cm de desplazamiento lateral.

Llegan a la conclusión que la estructura en estudio para un sismo de servicio posee un nivel de desempeño funcional, para sismo de diseño la estructura se encuentra en seguridad de vida y finalmente para la condición crítica (sismo máximo) esta estructura se encuentra en el colapso.

La tesis mencionada anteriormente es considerada como antecedente para la presente investigación debido a que se pudo observar la aplicación del análisis estático no lineal (pushover) y su comportamiento en la estructura ubicada en la región del Cusco y siendo ésta de categoría esencial (A) al ser una institución educativa. Se rescata de la tesis la metodología de trabajo aplicada para realizar dicho análisis y la interpretación de los resultados.

2.1.1.2 Antecedente Local N° 02

(Mendoza & Rivera, 2020) presentan la tesis: “Evaluación del desempeño sismorresistente de la edificación de aulas generales de la Universidad Andina del Cusco, aplicando el método de Análisis Estático No Lineal (pushover)” cuyo objetivo fue realizar el análisis no lineal aplicando el push over para determinar los niveles de desempeño de una edificación de 13 niveles ubicada dentro del campus universitario de la Universidad Andina del Cusco mediante el uso del software computacional ETABS.

En el capítulo I se menciona los aspectos generales del proyecto, en el capítulo II se describe el marco teórico del análisis por desempeño y las diferentes metodologías para su obtención, en el capítulo III se desarrolla los procedimientos para la obtención de los resultados del análisis lineal y posteriormente aplicar el análisis no lineal para poder evaluar el desempeño sísmico de la estructura, estos comprenden la aplicación del ATC40, ASCE 41-13, FEMA 356 y 440 para la determinación del desempeño sísmico; en el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos de la investigación, en el capítulo V se describen las conclusiones y las recomendaciones.

Se determinó que el sistema estructural es de MUROS ESTRUCTURALES en ambas direcciones de análisis, de acuerdo a la normativa peruana NTP E. 030, mientras que el expediente técnico, el ingeniero estructuralista lo asume como un sistema estructural DUAL, que conlleva a una variación en el valor del coeficiente de reducción sísmica R_o . Se realizó un procedimiento de verificación de irregularidades estructurales en planta y en altura de la edificación, partiendo de la información del expediente técnico, donde se menciona que la



estructura es regular. En el cálculo realizado se demuestra que la edificación presenta una irregularidad TORSIONAL en planta en la dirección de análisis Y, esto se debe a la presencia de una conglomeración de muros estructurales ubicados en la caja de escaleras de emergencia, solamente al lado izquierdo de la edificación. Se determinó en el análisis estático lineal, que la deriva máxima de entre piso para ambas direcciones de análisis son: DIRECCION X: 0.0046 DIRECCION Y: 0.0101

En dirección de análisis X, se determinó una cortante máxima de 4407 toneladas con un desplazamiento de 43 cm en el punto más alto de la edificación, además se determinó que la estructura se comporta de una manera lineal hasta una cortante de 2058 toneladas con un desplazamiento de 3.7 cm. En dirección de análisis Y se determinó una cortante máxima de 3760 toneladas con un desplazamiento de 74 cm en el punto más alto de la edificación, además se determinó que la estructura se comporta de una manera lineal hasta una cortante de 917 toneladas con un desplazamiento de 6 cm.

Se determinó a través de la curva de capacidad, que los factores de ductilidad para ambas direcciones de análisis son: DIRECCION X: 6.67 DIRECCION Y: 3.93

En la dirección de análisis X, se muestra que la estructura para un sismo frecuente y de servicio se encuentra en un nivel de Ocupación Inmediata, para el sismo de diseño, máximo y extremadamente raro se encuentra en un nivel de Seguridad de vida y para un sismo catastrófico se encuentra en un nivel de prevención del colapso. En la dirección de análisis Y debido a que presenta una irregularidad en planta, se muestra que la estructura para un sismo frecuente y de servicio se encuentra en un nivel de Ocupación Inmediata, para el sismo de diseño en un nivel de Seguridad de vida y para un sismo máximo y extremadamente raro se encuentra en un nivel de prevención del colapso, mientras que para el sismo catastrófico la estructura colapsa. Estos valores se tendrán que comparar con los objetivos de diseño de las normativas utilizadas, además, para la normativa peruana una edificación de la categoría A2 no debe colapsar ante el sismo diseño y debe de servir como refugio en caso de siniestro.

- Para la dirección de análisis X, el sismo de servicio se encuentra en un nivel de Ocupación Inmediata IO, por lo que, no cumple con el objetivo de desempeño propuesto; el sismo máximo se encuentra en un nivel de Seguridad de Vida LS, por lo que, si cumple con el objetivo de desempeño propuesto.



- Para la dirección de análisis Y, el sismo de servicio se encuentra en un nivel de Ocupación Inmediata IO y el sismo máximo en un nivel de Prevención del Colapso CP, por lo que, en ningún caso se cumple con los objetivos de desempeños propuestos.

La tesis en mención es considerada como antecedente para la presente investigación debido a que se observa la aplicación del análisis estático no lineal (pushover) en la estructura de Aulas Generales de la Universidad Andina del Cusco siendo ésta de categoría esencial (A) y de gran importancia para la institución, por lo cual es de gran aporte observar la metodología utilizada para evaluar mediante éste tipo de análisis una estructura de gran envergadura e importancia para los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Andina y más aún los interesados en la especialidad de ingeniería sismorresistente al ser una edificación que requiere de un exhaustivo análisis debido al tamaño y configuración de la misma . Se rescata de la tesis la metodología de trabajo aplicada para realizar dicho análisis y la interpretación de los resultados.

2.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional

2.1.2.1 Antecedente Nacional N° 01

(Paredes, 2016) presenta la tesis: “Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover” cuyo objetivo fue abordar el diseño por desempeño de un edificio en Lima aplicando el análisis estático no lineal “Pushover”. Por ello, la hipótesis plantea que el Diseño por Desempeño de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima debido a un sismo moderado y severo, cumple con lo indicado en la Norma Peruana Sismorresistente E-030 respecto a sus objetivos del no daño estructural y el no colapso respectivamente, si los puntos de desempeño obtenidos al comparar el Espectro de Capacidad con el Espectro de Demanda de la Norma E-030 se encuentran dentro del rango de desempeño establecido según el código de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) .

La investigación está dividida en 5 capítulos. En el primero, se presenta la descripción de la estructura a analizar, que abarca sus características arquitectónicas y estructurales. En el segundo, se expone una serie de conceptos fundamentales plasmados en el marco teórico, para entender el diseño por desempeño y todo lo relacionado con este análisis. En el tercero, se analiza la estructura aplicando el análisis sísmico estático y dinámico de la Norma Peruana Sismorresistente E-030. En el cuarto, se diseña estructuralmente el edificio aplicando los criterios brindados por la Norma Peruana E-060 de Concreto Armado, analizando cada elemento estructural necesario para el posterior análisis. En el quinto, se realiza el Diseño por



Desempeño aplicando el análisis estático no lineal Pushover. Finalmente, se concluye que el desempeño sismorresistente de un edificio en la ciudad de Lima cumple con los objetivos de la Norma Peruana Sismorresistente E-030.

El desempeño sismorresistente de un edificio dual destinado a vivienda en la ciudad de Lima debido a los sismos severos (sismo raro, 10% de probabilidad de ocurrencia en 50 años y sismo muy raro, 2% de probabilidad de ocurrencia en 50 años) cumple con lo indicado en la Norma E-030 con respecto a su objetivo del no colapso, pues se obtuvo un nivel de desempeño de Seguridad de Vida y Prevención del Colapso respectivamente. Lo que indica que se protege la seguridad de la vida humana, sin embargo, existirán grandes pérdidas económicas.

La estructura alcanza su punto de fluencia cuando se obtiene un cortante en la base de 600 Ton y se alcanza un desplazamiento de 2 cm en el sentido X. Asimismo, se llega al punto de fluencia en el sentido Y cuando se obtiene un cortante en la base de 539 Ton y un desplazamiento de 2.2 cm.

Se concluye que según el límite de deriva de entrepiso de nuestra norma E-030, tanto el sentido X como el sentido Y alcanzan valores de 0.0066 y 0.0062 respectivamente en el nivel de Seguridad de Vida. Por tanto, se puede concluir que el nivel de desempeño alcanzado en nuestra norma E-030 es el de Seguridad de Vida.

Debido a la fuerza sísmica en el sentido X, la estructura alcanza su máxima capacidad (colapso) al alcanzar un desplazamiento máximo de 13.12cm y un cortante basal de 1831 Ton. Asimismo, en la dirección Y, la estructura alcanza su capacidad última cuando se ha obtenido un cortante basal de 1270 Ton y un desplazamiento de 16 cm. Por tanto, el sentido X presenta un mejor comportamiento sísmico, y esto es debido a la distribución de placas que le han dado mayor rigidez.

El costo de reparación del edificio en estudio para un sismo Ocasional es \$ 44'683.17, para un sismo Raro es de \$ 84'715.36 y para un sismo Muy Raro \$ 94'461.05.

La tesis mencionada anteriormente es considerada como antecedente para la presente investigación debido a que se pudo observar la aplicación del análisis estático no lineal (pushover) y su comportamiento en la estructura destinada a vivienda. Se rescata de la tesis la metodología de trabajo aplicada para realizar dicho análisis y la interpretación de los resultados y además que en éste documento se modeló al muro de corte como columna alargada, para poder realizar el modelo en el programa SAP 2000, pues el programa tiene la limitación de no



poder asignar rótulas plásticas a elementos “Shell”. Las guías para el modelado de estos muros se presentaron en el capítulo 5 de dicha investigación, ésta alternativa de modelación de muros de corte es de gran aporte para la realización de ésta investigación.

2.1.2.2 Antecedente Nacional N° 02

(Fuentes, 2018) presenta la tesis denominada: “Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal “pushover”. En esta tesis se busca evaluar el desempeño sísmico empleando un análisis estático no lineal “Pushover” de un edificio de concreto armado de cinco pisos de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030, se plantea que el desempeño de un edificio destinado a departamento en la ciudad de Lima debido a un sismo de diseño y máximo, cumple con lo indicado en la Norma Peruana Sismorresistente E-030 respecto a sus objetivos y el no colapso respectivamente, si los puntos de desempeño obtenidos al comparar el Espectro de Capacidad con el Espectro de Demanda de la Norma E-030 se encuentran dentro del rango de desempeño establecido según el código (FEMA).

La tesis contiene 5 Capítulos. En el primero, se hace referencia al planteamiento de la investigación. En el segundo, se plantea la metodología de la investigación. En el tercero, se expone una serie de conceptos fundamentales plasmados en el marco teórico, para entender el desempeño sísmico y todo lo relacionado con el análisis estático no lineal NSP. En el cuarto se estructura, analiza el edificio aplicando el análisis sísmico estático y dinámico de la Norma Peruana Sismorresistente E-030 (2016) y se diseña utilizando el ACI318-11. En el quinto, se evalúa el Desempeño sísmico de la estructura aplicando el análisis estático no lineal Pushover para obtener la capacidad de la estructura y el método demanda capacidad por FEMA 440, para obtener el punto de desempeño. Finalmente, se concluye que el desempeño sismorresistente esperado del edificio en la ciudad de Lima cumple con los objetivos propuestos del código ATC-40.

Del análisis pushover en la dirección x-y, la curva de capacidad presenta una linealidad en el comportamiento, hasta obtener una fuerza cortante en la base de 505tn aproximadamente y un desplazamiento de alrededor de 1cm en el último nivel. De este punto en adelante se muestra un gran aumento en el desplazamiento con poco incremento de cortante en la base, esto se debe a que es en esa zona donde se presenta la pérdida de rigidez y la incursión en el rango inelástico o zona plástica de los elementos.



La estructura alcanza su capacidad máxima cuando se ha alcanzado un desplazamiento de 15.62cm y un cortante en la base de 1406tn aproximadamente. En conclusión, se detiene el análisis cuando se logra un desplazamiento máximo de 15.62cm el cual es considerado un valor el cual la estructura en estudio alcanza su capacidad máxima. El desempeño sismorresistente de la estructura con un sistema estructural dual, destinado para departamentos en la ciudad de lima, debido a un sismo severo o sismo de diseño (sismo con 10% de probabilidad de ocurrencia en 50 años) y un sismo máximo esperado en la vida útil de la estructura (sismo con 5% de probabilidad de ocurrencia en 50 años), se obtuvo un nivel de desempeño de seguridad de vida y estabilidad estructural, el cual cumple con la propuesta del código ATC 40 (1996), lo que indica que se protege la seguridad de la vida humana, sin embargo existirán grandes pérdidas económicas.

La tesis mencionada anteriormente es considerada como antecedente para la presente investigación debido a que se pudo observar la aplicación del análisis estático no lineal (pushover) y su comportamiento en la estructura de 5 pisos de sistema dual. En éste documento la no linealidad del muro de corte(placa) lo encontramos en el material y la sección, para este caso se usó la no linealidad en LAYER., para poder realizar el modelo en el programa SAP 2000, pues el programa tiene la limitación de no poder asignar rótulas plásticas a elementos “Shell”. Ésta otra alternativa de modelado nos resulta de significativo aporte hacia nuestra investigación para así simplificar dicha carencia en el software y poder elegir la mejor opción de modelado en nuestra investigación.

2.1.2.3 Antecedente Nacional N° 03

(Choque & Luque, 2019) presentan la tesis “Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la Norma e.030 donde se desarrolla la teoría y la aplicación del diseño basado en el desempeño sísmico de un edificio de ocho niveles en la ciudad de Arequipa. Se plantean dos modelos de estudio basados en dos sistemas estructurales en concreto armado, el primero de pórticos y el segundo de muros estructurales (muros de corte), con el objeto de estudiar su comportamiento frente a diferentes niveles de amenaza sísmica.

Los modelos estructurales se establecieron en función de los criterios y requerimientos establecidos en la normativa vigente, el análisis estructural para cargas de gravedad y de sismo se desarrolló en el programa ETABS, adicionalmente los modelos se validaron mediante un



cálculo manual correspondiente al análisis sísmico modal-espectral utilizando el método de rigideces.

Realizado el análisis estructural se procedió a diseñar todos los elementos estructurales, básicamente vigas, columnas y muros de corte, los resultados del diseño se reflejan en los planos de estructuras. Posteriormente se realiza un Análisis Estático No Lineal – Pushover siguiendo las recomendaciones dadas por el ASCE/SEI 41-13. Los modelos y el análisis se desarrollaron en el programa ETABS, obteniéndose las curvas de capacidad de los sistemas estructurales de estudio, así como los mecanismos de formación de rótulas plásticas en sus elementos.

El punto de desempeño de las estructuras se determina mediante la aplicación de dos métodos: el Método del Espectro de Capacidad (ATC-40, FEMA 440); y el Método de Coeficientes (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13). La demanda sísmica se define a partir del espectro de diseño de la norma NTE E.030 (2018). Finalmente se presenta la evaluación del desempeño sísmico según los objetivos de desempeño recomendados por el Comité Visión 2000 y el ATC-40.

El mecanismo de colapso del edificio aporticado es como se esperaba, un mecanismo de falla dúctil con formación de rótulas plásticas en las vigas y en menor medida en la base de las columnas. El principal aporte de rigidez lateral es proporcionado por las columnas, siendo el desplazamiento último antes del colapso en la dirección X de 39.43 cm y en la dirección Y de 33.79 cm.

El aporte de rigidez de los muros de corte es significativo en el desarrollo de la capacidad global de la estructura limitando también los desplazamientos laterales, el desplazamiento último antes del colapso en la dirección X es 26.03 cm, en la dirección Y es 21.72 cm.

La rigidez lateral efectiva para el edificio aporticado es $Ke = 12827.636 \text{ tonf/m}$ en la dirección X, y $Ke = 15219.166 \text{ tonf/m}$ en la dirección Y. La rigidez lateral efectiva para el edificio de muros estructurales es $Ke = 12514.71 \text{ tonf/m}$ en la dirección X, y $Ke = 11555.266 \text{ tonf/m}$ en la dirección Y. El edificio aporticado es más rígido que el edificio de muros estructurales en ambas direcciones.

La ductilidad en X es mayor a 8, la ductilidad en Y es un poco menor a 8; la estructura tiene una alta ductilidad, lo que es compatible con el tipo de sistema estructural de pórticos. Estos valores son cercanos al factor de reducción de resistencia ($R=8$) que fue asumido en la etapa de Análisis y Diseño; lo que comprueba que las suposiciones en dichas etapas son correctas.



El edificio aporricado no cumple con el desempeño esperado para el sismo frecuente ya que incursiona en el rango no lineal, aunque levemente, en el rango Operacional. Presenta un desempeño adecuado para el sismo de servicio, estando en el rango Operacional, así como para el sismo de diseño, estando en el rango de Seguridad de Vida; y un mejor desempeño que el esperado para el sismo máximo estando también en el rango de Seguridad de Vida, este comportamiento es el mismo en las dos direcciones.

El edificio de muros estructurales no cumple con el desempeño esperado para el sismo frecuente ya que incursiona en el rango no lineal, aunque levemente, en el rango Operacional. Presenta un desempeño adecuado para el sismo de servicio, estando en el rango Operacional, así como para el sismo de diseño, estando en el rango de Seguridad de Vida, este comportamiento es el mismo en las dos direcciones; para el sismo máximo se tiene un mejor desempeño que el esperado en la dirección X estando en el rango de seguridad de vida; en la dirección Y se cumple con el objetivo mínimo de desempeño, dentro del rango de prevención de colapso, sin embargo el margen respecto del punto de colapso no es muy amplio.

La tesis mencionada anteriormente es considerada como antecedente para la presente investigación debido a que se pudo observar la aplicación del análisis estático no lineal (pushover) y su comportamiento en la estructura de 8 pisos de sistema aporricado y posteriormente verificar el comportamiento de la estructura al introducir muros de corte en la misma, luego de realizar un análisis no lineal pushover se verifica la importancia del uso de muros estructurales para aportar mayor rigidez a la estructura. Se obtienen de ésta investigación valores referenciales en cuanto a desplazamientos y fuerzas cortantes en la base para poder realizar la formulación de las hipótesis, puesto que la edificación en estudio cuenta también con 8 niveles y es de concreto armado.

2.1.3 Antecedentes a Nivel Internacional

2.1.3.1 Antecedente Internacional N° 01

(Federal Emergency Management Agency, 2005) presenta su artículo de investigación científica titulado: “Multi-hazard Loss Estimation Methodology (HAZUS MR4)” el cual ha sido elaborado para producir estimaciones de pérdidas para uso de agencias federales, gobiernos estatales, regionales y locales en la planificación para la mitigación del riesgo de terremotos, emergencias preparación, respuesta y recuperación. La metodología se ocupa de casi todos los aspectos de la construcción medio ambiente, y una amplia gama de diferentes tipos de pérdidas. Hay extensas bases de datos nacionales incrustado dentro de HAZUS-MH, que contiene



información como aspectos demográficos de la población en una región de estudio, pies cuadrados para diferentes ocupaciones de edificios y números y ubicaciones de puentes. Los parámetros incrustados se han incluido según sea necesario. Usando esta información, los usuarios pueden realizar estimaciones generales de pérdidas para una región. El HAZUS-MH la metodología y el software son lo suficientemente flexibles para que los inventarios desarrollados localmente y otros se pueden sustituir los datos que reflejan con mayor precisión el entorno local, lo que da como resultado un aumento exactitud. HAZUS-MH proporciona una estimación creíble de tales pérdidas agregadas como el costo total de los daños y el número de bajas

2.1.3.2 Antecedente Internacional N° 02

Los autores (Deierlein, Reinhorn, & Willford, 2010) elaboraron el artículo de investigación científica titulado “ Non Linear Structural Analysis for Seismic Design “ en donde se habla acerca de la importancia y el rol que cumple el estudio de las estructuras de forma no lineal. Ayuda a entender y comprender el modelamiento de las estructuras para obtener un comportamiento plástico y realizar un análisis por desempeño. A su vez otorga parámetros fundamentales para entender las plasticidades de los elementos utilizados por los softwares computacionales y así elegir el correcto modelado de las mismas. Se muestran en dicho artículo resultados de calibraciones realizadas en laboratorio para entender el comportamiento real de los elementos de concreto frente a cargas.

2.1.3.3 Antecedente Internacional N° 03

Los autores (Chopra & Goel, 2001) presentan su artículo de investigación científica titulado “Modal Pushover Analysis of SAC Buildings” en donde realizan la evaluación de la precisión del análisis pushover modal en la estimación de las demandas sísmicas para seis edificios. Estos resultados se comparan con los obtenidos por análisis de historial de respuesta no lineal y tres distribuciones de fuerza en FEMA-273. Se observa en dicho artículo la metodología y fundamentos básicos para el correcto análisis no lineal de estructuras, cómo entender su funcionamiento y comportamiento y el análisis de resultados finales obtenidos.

2.2. Bases Teórico-Científicas

2.2.1 Ingeniería Sismorresistente

2.2.1.1 ¿Qué es un sismo?

El (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2011) define a los sismos como :



Los sismos son movimientos originados por la liberación de energía que se inicia en un punto de ruptura en el interior de la Tierra. Al originarse un sismo la energía sísmica se libera en forma de ondas sísmicas que se propagan por el interior de la Tierra, estas viajan por diversas trayectorias hacia el interior de tierra antes de llegar a superficie. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2011)

2.2.1.2 Sismicidad en el Perú

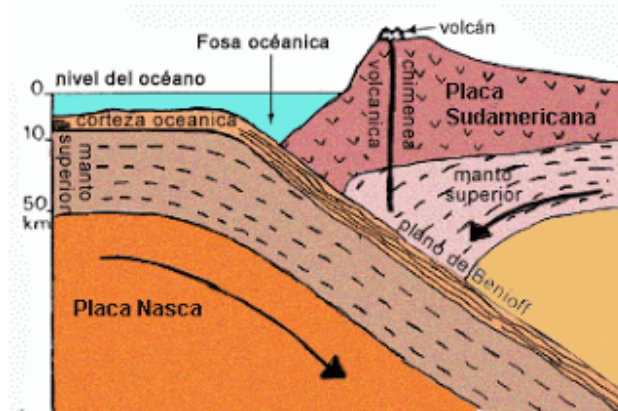
El Perú se encuentra ubicado en el margen occidental de Sudamérica donde se produce la interacción entre la placa de Nazca (oceánica) y la placa sudamericana (continental). En esta parte del planeta ocurre el proceso conocido como subducción ya que la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa sudamericana, esa interacción de placas ha dado lugar a la generación de fallas geológicas en la superficie continental, intensa actividad sísmica y volcánica y la formación de la Cordillera de los Andes.

Para el (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2011):

La subducción se produce debido a que la Placa de Nazca (placa oceánica) se desplaza hacia el Este introduciéndose por debajo de la Placa Sudamericana, que se desplaza hacia el oeste. Los esfuerzos tectónicos, a lo largo de millones de años, son los causantes del plegamiento de rocas sedimentarias, de la presencia y reactivación de fallas geológicas, actividad volcánica y alta sismicidad. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2011)

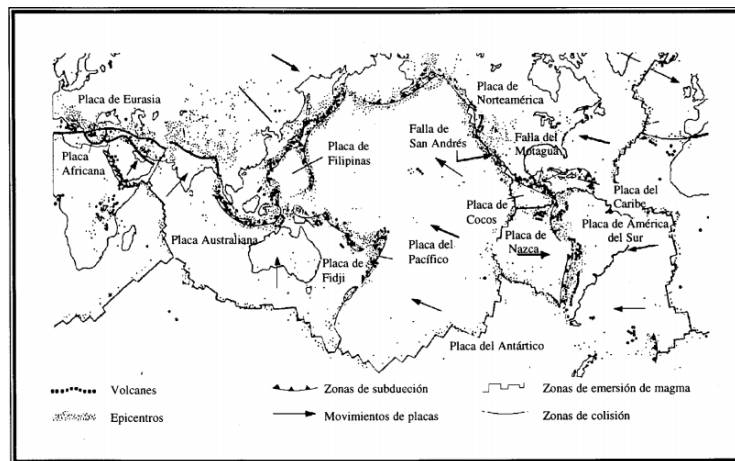


Figura 3 Fenómeno de Subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana



Obtenido de Blog de Cipa, por Centro de estudios y prevención de desastres, 2007, Blogspot (<http://iperezaguirre.blogspot.com/2007/08/el-per-tiene-una-larga-historia-de.html>)

Figura 4 Mapa que muestra la relación entre las principales placas tectónicas y la localización de los epicentros de terremotos y de los volcanes



Obtenido de Diseño sísmico de Edificios por Bazán & Meli (2014)

2.2.1.3 Zonificación Sísmica

La (RNE-NTP E030, 2019) nos dice que:

Para nuestro país, el territorio nacional ha sido dividido en cuatro zonas. La división por zonas realizada está basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. (RNE-NTP E030, 2019)




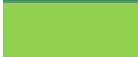
Figura 5
Zonificación Sísmica en el Perú



Obtenido de Reglamento Nacional de Edificaciones por Norma Técnica Peruana E030 "Diseño sismoresistente" (2019)

El valor "Z" asignado a cada zona se interpreta como la máxima aceleración horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Por eso la zonificación está expresada como una parte o fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 1
Factores de zona sísmica en el Perú

Factores de Zona "Z"		
	4	0.45
	3	0.35
	2	0.25
	1	0.10

Obtenido de Reglamento Nacional de Edificaciones por Norma Técnica Peruana E030 "Diseño sismoresistente" (2019)

2.2.2 Filosofía y Concepción Estructural Sismorresistente

Según (RNE-NTP E030, 2019) rescatando los puntos más importantes sobre la filosofía nos dice que :



- Las pérdidas de vidas humanas deben ser evitadas.
- Los servicios básicos deben mantenerse continuos.
- Intentar disminuir los daños a la propiedad.

Los siguientes aspectos son muy importantes:

- Debe existir simetría, en rigideces como en la distribución de las masas.
- Los materiales de construcción deben ser adecuados y de garantía.
- Los elementos deben tener una resistencia a cargas laterales adecuada.
- En planta como en elevación se debe tener continuidad estructural.
- Se debe contar con capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico, es decir, debe poseer buena ductilidad.
- Supervisión de la construcción y parte estructural.

(RNE-NTP E030, 2019)

2.2.3 Efecto de los sismos en las estructuras

(Bazán & Meli, 2014) mencionan:

El movimiento sísmico del suelo se transmite a los edificios que allí descansan. La base del edificio está predispuesta a seguir el movimiento del suelo, mientras que, por inercia, la masa del edificio se opone a ser desplazada dinámicamente y a seguir el movimiento de su base. Es ahí donde fuerzas de inercia surgen y ponen en peligro la seguridad de la estructura. Como fue mencionado anteriormente el suelo forma vibraciones verticales y horizontales de las cuales son consideradas como las más críticas a las vibraciones horizontales. El grado de amplificación depende de la propia amortiguación del edificio el periodo dominante del suelo y la relación entre el periodo de la estructura. Así, cuando los movimientos del terreno son bruscos con predominio de ondas de periodo corto, las construcciones rígidas y pesadas se ven más afectadas. Cuando el terreno se mueve de



forma lenta con periodos dominantes largos, se amplifican las vibraciones en las estructuras altas y flexibles y es ahí donde y se generan fuerzas de inercia mayores con aceleraciones más elevadas.

En sismos moderados las estructuras están en el intervalo de comportamiento elástico lineal y se puede calcular la respuesta con cierto alto grado de precisión utilizando los métodos de análisis dinámico de sistemas lineales. Cuando la intensidad de la carga aplicada al edificio aumenta se van produciendo cambios en las propiedades dinámicas del mismo, las que alteran su respuesta, el comportamiento ya no es de forma lineal, la rigidez disminuye y el amortiguamiento aumenta. (Bazán & Meli, 2014)

Figura 6

Colapso debido a la falla de columnas



*Obtenido de Dailey News, The 1989 Loma Prieta earthquake, a look back, 1989, DaileyNews
(<https://www.dailynews.com/2017/10/16/photos-the-1989-loma-prieta-earthquake-a-look-back/>)*



Figura 7

Falla en columnas por cortante



Obtenido de Principales fallas que comprometen una columna-Centro Nacional de Prevención de Desastres(México), 2017,(<https://obras.expansion.mx/construccion/2017/09/21/fallas-estructurales-en-columnas-que-debes-identificar#pid=slide-8>)

Figura 8

Falla en columnas por flexión



Obtenido de Principales fallas que comprometen una columna-Centro Nacional de Prevención de Desastres(México), 2017,(<https://obras.expansion.mx/construccion/2017/09/21/fallas-estructurales-en-columnas-que-debes-identificar#pid=slide-8>)

Figura 9

Fallas en columnas por compresión y flexocompresión



Obtenido de Principales fallas que comprometen una columna-Centro Nacional de Prevención de Desastres(México), 2017,(<https://obras.expansion.mx/construccion/2017/09/21/fallas-estructurales-en-columnas-que-debes-identificar#pid=slide-8>)

Figura 10

Daños de una estructura causados por un sismo



Obtenido de Cómo evaluar y revisar daños en casas y estructuras tras un sismo-OVACEN,2019,(<https://ovacen.com/evaluar-danos-casas-estructuras-sismo/>)



Figura 11

Colapso de estructura a causa de un terremoto



Obtenido de Terremoto del 07 de septiembre de 2017 en México por CNN Latinoamérica, 2017, CNN Español (<https://cnnespanol.cnn.com/2017/09/08/sismo-de-magnitud-80-sacude-costa-sur-de-mexico/>)

Para poder conocer la respuesta de una estructura bajo carga se requiere del conocimiento al detalle de las propiedades de sus elementos. Es por ello que, entre las mencionadas propiedades, se encuentran las relaciones esfuerzo-deformación del material con el cual se construye, en este caso concreto armado.

(Paredes, 2016) nos dice que:

Ante sollicitaciones sísmicas las estructuras de concreto armado presentan una respuesta inelástica de que está caracterizada por la disminución de la rigidez y permanentes deformaciones en los elementos involucrados. De igual manera, el uso del concepto de curvas de histéresis o comportamiento histerético es requerido para lograr esta respuesta, en dichas curvas la manera de comportarse de las secciones de concreto reforzado ante la aplicación de cargas repetitivas es definida, éstas cargas generan deformaciones en el rango plástico. Los daños originados por cargas cíclicas se producen mediante las fases de carga, descarga y recarga; es ahí donde los elementos fallan por tracción y compresión. (Paredes, 2016)

2.2.3.1 Espectro de respuesta (capacidad)

Para (Aguilar, 2008) Se define el espectro de respuesta como:



“La respuesta máxima de un conjunto de osciladores de 1 gdl que tienen el mismo amortiguamiento, sometidas a una historia de aceleraciones dadas” (Aguilar, 2008).

Rescatando lo establecido por (Crisafulli & Villafañe, 2002) :

“Un espectro sísmico es un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad”. En otras palabras, el espectro es una envolvente de los valores máximos (en valor absoluto) del máximo valor encontrado para parámetros de desplazamiento, velocidad o aceleración para diferentes estructuras o elementos oscilantes con su respectivo periodo de vibración para un movimiento sísmico dado” (Crisafulli & Villafañe, 2002).

(Choque & Luque, 2019)rescatan que:

A fin de realizar el diseño la NTE E.030 tiene definido un espectro inelástico de pseudoaceleraciones, que está dado por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g \quad (1)$$

Se han utilizado los espectros de respuesta en formato ADRS (“Acceleration-Displacement Response Spectrum”, S_a vs. S_d) para propósitos de la evaluación del desempeño sísmico, donde en el eje de las ordenadas se encuentra la aceleración espectral y en las abscisas el desplazamiento espectral, utilizado principalmente en el Método del Espectro de Capacidad.

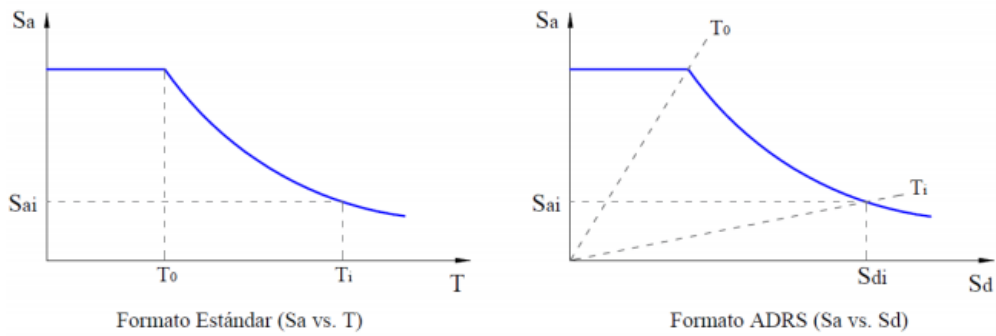
Para realizar la conversión del espectro de pseudoaceleraciones a formato ADRS se debe calcular el valor de S_{di} para cada punto de la curva S_{ai} , T_i mediante la siguiente ecuación:

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

(Choque & Luque, 2019)

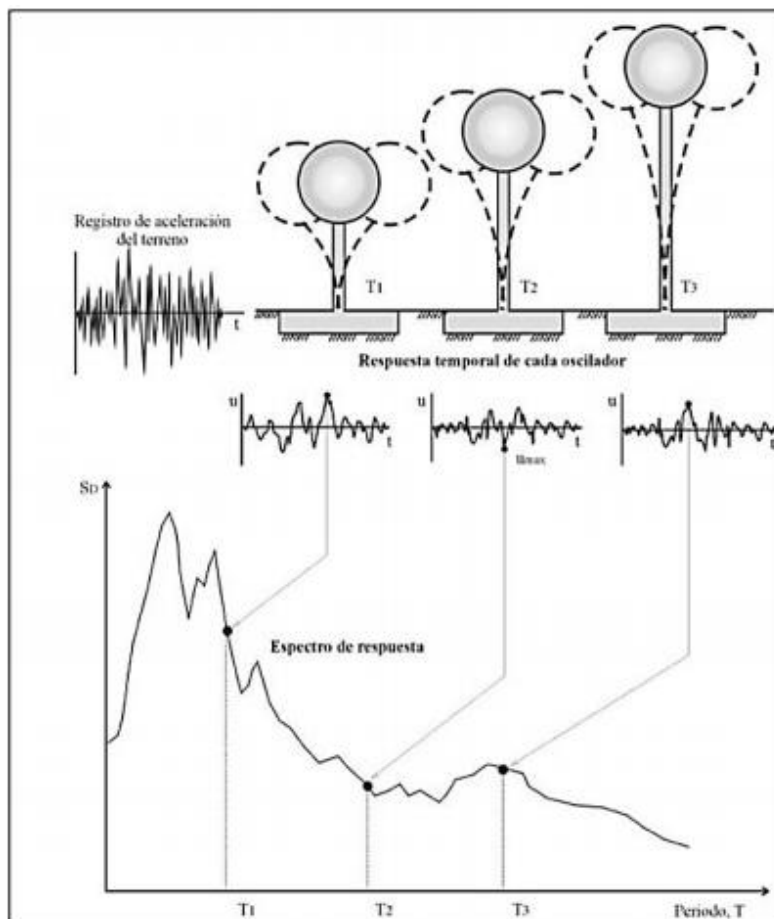


Figura 12
Conversión de espectro de respuesta a formato ADRS



Obtenido de *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings por Applied Technology Council (1996)*

Figura 13
Gráfico indicativo del método de determinación del espectro de respuesta



Obtenido de *Espectros de respuesta y diseño por (Crisafulli & Villafañe, 2002)*



2.2.4 Respuesta la Estructura

2.2.4.1 Respuesta inelástica de la estructura

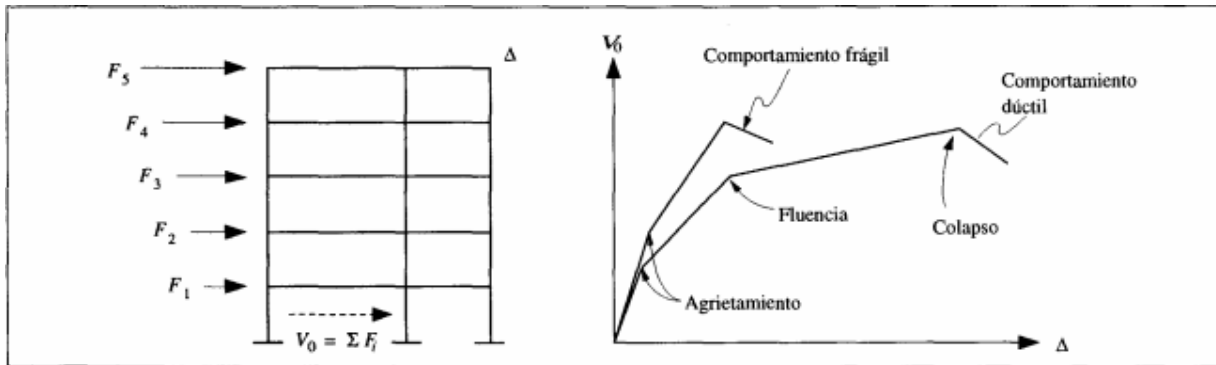
El comportamiento de una estructura de manera no lineal está asociado al daño, donde al inicio se presenta solo en elementos no estructurales y posteriormente en la misma estructura. Una muestra clara del inicio de la incursión en el rango plástico y signos de daño son los agrietamientos, desprendimientos, pandeos locales y las deformaciones residuales.

(Bazán & Meli, 2014) mencionan que:

El comportamiento no lineal de una estructura se puede describir de manera simple con la relación que existe entre la carga lateral total aplicada (fuerza cortante en la base) y el desplazamiento de la punta del edificio. La figura 14 muestra típicas formas de esta relación para una estructura simple. Una corresponde a una estructura de considerable ductilidad y la otra a de frágil comportamiento. Se pueden diferenciar en las curvas los puntos en donde cambiaría de manera drástica la rigidez y que representan cambios importantes de comportamiento, como el comienzo del agrietamiento de la estructura, la pérdida de capacidad de carga que marca el inicio del colapso y la primera fluencia de un elemento estructural. Estos puntos pueden asociarse a estados límite del comportamiento estructural. En el primero puede considerarse que se rebasan las condiciones deseables de servicio de la construcción, en el segundo se llega a daño estructural significativo y en el tercero ocurre el colapso. (Bazán & Meli, 2014)

Figura 14

Respuesta inelástica de una estructura

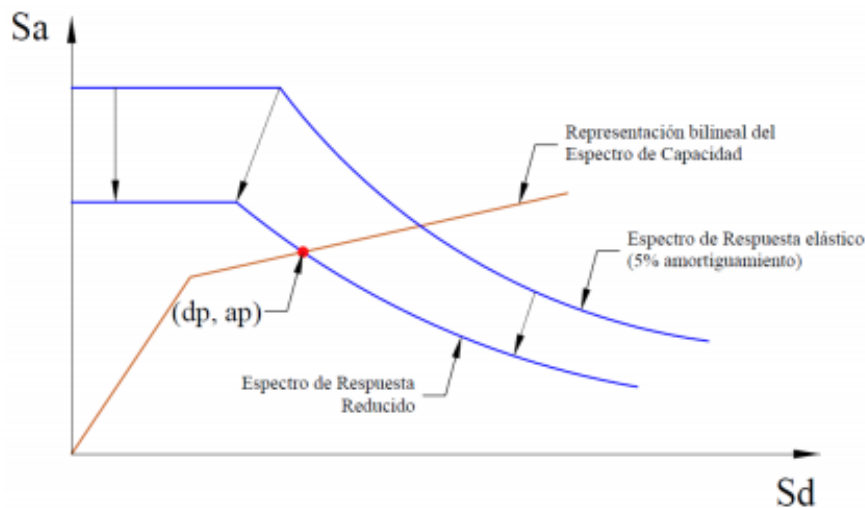


Obtenido de *Diseño sísmico de Edificios* por Bazán & Meli (2014)

Para un sismo de mayor intensidad se espera que la estructura ingrese en el rango inelástico, se produce la formación de rótulas plásticas por donde se libera energía. Las características del edificio como su masa, rigidez y amortiguamiento son las que definen la demanda sísmica que se va a presentar, al producirse el ingreso en el rango inelástico la rigidez cambia. Se denominan espectros de respuesta elástico puesto que son elaborados sobre estructuras cuyo comportamiento es de este tipo.

Figura 15

Espectro de respuesta inelástica de la estructura



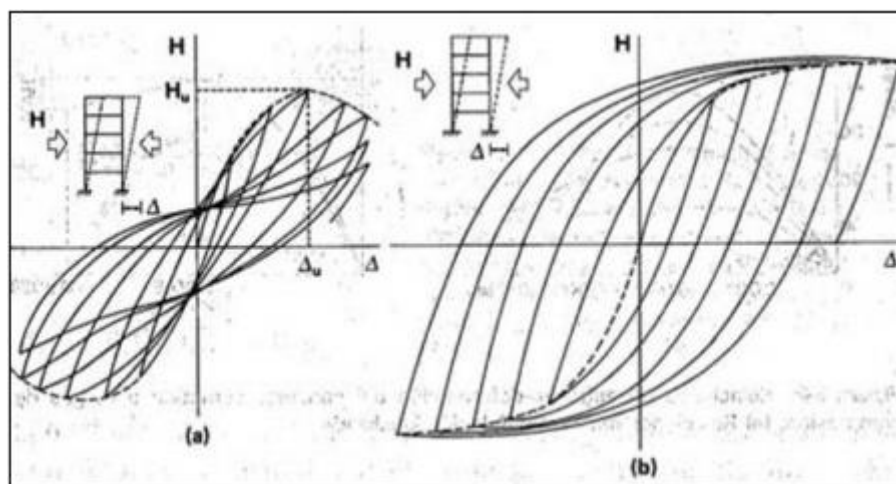
Obtenido de *Análisis Estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E030* por Choque & Luque (2019)

2.2.5 Comportamiento de estructuras de concreto armado ante acciones laterales

(Calcina, 2017) menciona que:

Se requiere el conocimiento detallado de las propiedades de los elementos que conforman una estructura para conocer el comportamiento de la misma bajo la acción de cargas. Por eso, entre las mencionadas propiedades, se encuentran las relaciones esfuerzo-deformación del material con el cual se construye. La respuesta inelástica de las estructuras de concreto armado bajo cargas sísmicas es caracterizada mediante la disminución de la rigidez y deformaciones permanentes en los elementos involucrados. Asimismo, para lograr esta respuesta se requiere el empleo del concepto de curvas de histéresis o comportamiento histerético. Las cargas cíclicas son capaces de originar daños, mediante las fases de carga, descarga y recarga; lo que provoca generalmente que los componentes fallen por tracción y compresión. (Calcina, 2017)

Figura 16
Ciclo Histerético de cargas



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover) por Cumpa & Quispe (2019)

El ciclo histerético de cargas (cargas horizontales repetidas) presentado en la Figura N°17 muestra para la sección (a) el comportamiento deficiente de la estructura ante cargas horizontales y en la sección (b) un buen comportamiento. Ésta gráfica es presentada por Wakabayashi & Martínez en el año 1998.



2.2.5.1 Comportamiento de los materiales

2.2.5.1.1 Comportamiento del Concreto Armado

(Fuentes, Norman, 2018) nos dice que:

El conocimiento de las propiedades y comportamiento de los materiales predominantes en las estructuras de concreto armado (concreto y acero de refuerzo) resulta sumamente importante, para ello existen diversos modelos que surgieron de varias investigaciones que representan una idealización del comportamiento de estos materiales.

Se emplean relaciones esfuerzo-deformación idealizado o simplificado para obtener un análisis y evaluación de estructuras de concreto armado, tanto para el concreto como para el acero, las cuales fueron desarrolladas a partir de los resultados experimentales.

(Fuentes, 2018)

2.2.5.1.2 Modelo Esfuerzo-Deformación para el Concreto

Conocer los ensayos de compresión y tracción de los elementos es necesario para poder estudiar la curva de esfuerzo-deformación.

Comportamiento del esfuerzo de compresión:

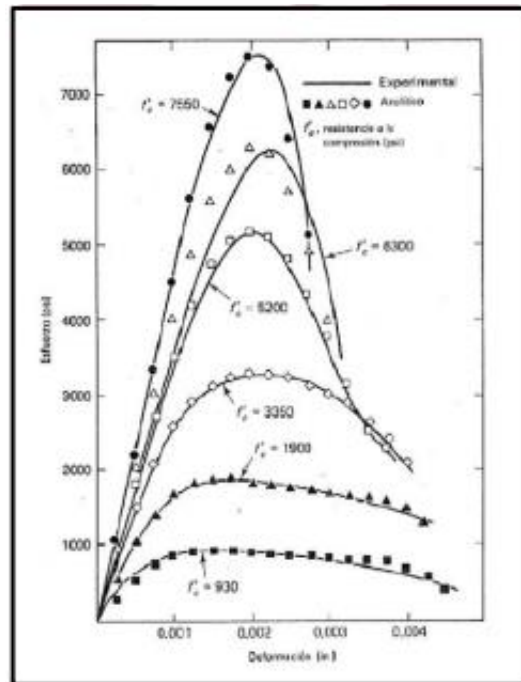
(Otazzi, 2011) menciona respecto a las curvas esfuerzo deformación lo siguiente:

- a) Cuando se presente un concreto simple que no posee armaduras de refuerzo se vuelve un material frágil que no posee capacidad de deformación y no tiene punto de fluencia ni tampoco un rango de deformación plástica ni endurecimiento como el acero de refuerzo.
- b) Se deduce que se tiene menor capacidad de deformación cuando se presenta mayor resistencia (f_c). La máxima deformación que el concreto en compresión podría alcanzar - ϵ_{cu} - disminuye al aumentar (f_c).



- c) La deformación ϵ_0 - correspondiente al valor de $f'c$, varía entre 0.0015 y 0.003. El valor de ϵ_0 se incrementa al aumentar $f'c$. Concretos cuya resistencia es de hasta 350 kg/cm² el valor de $f'c$ se obtienen valores de deformación aproximados a 0.002.
- d) La rama descendente empieza cuando el concreto alcanza su $f'c$ producto de una fisuración interna. Las grietas internas se propagan de manera inestable por encima del esfuerzo crítico.
- e) Las condiciones del ensayo van a influir en la longitud de la rama descendente ya sea por ejemplo: control de carga o deformaciones y por el equipo utilizado ya sea rígido o flexible, cuando los equipos son flexibles originan fallas frágiles de las probetas
- f) Hasta valores de 0.4 ,0.5 de $f'c$ la curva será lineal aproximadamente.
- g) El gráfico se puede asemejar a una parábola. Cuando se analizan elementos reales como vigas, la rama descendente de su curva de esfuerzo-deformación estará siempre presente, donde las fibras menos esforzadas estabilizan a las más esforzadas creando la presencia de gradientes.

Figura 17
Curva de resistencia concreto simple



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

a) Modelo de Mander

Para el autor (Otazzi, 2011) :

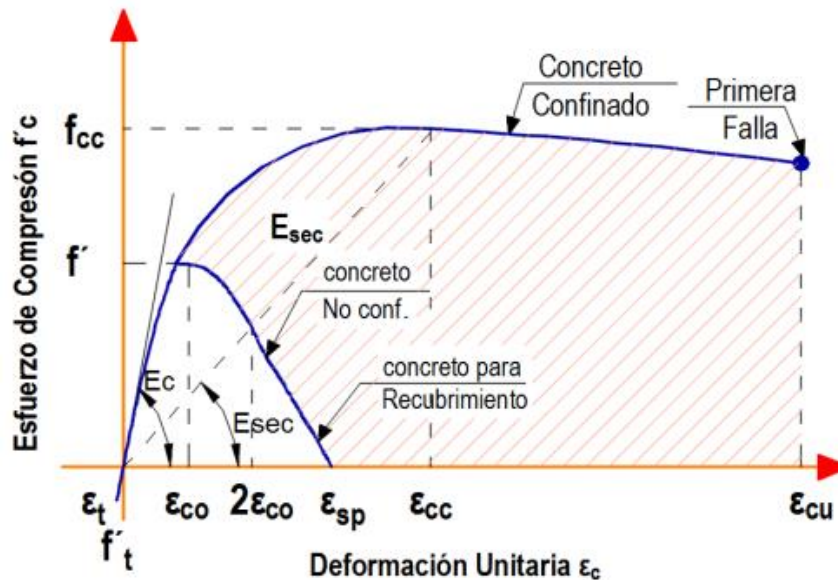
En la actualidad uno de los modelos más utilizados para analizar el comportamiento de secciones de concreto en flexión y flexo-compresión es el Modelo de Mander. Se hace posible modificar la curva al concreto no confinado, para poder añadir el efecto del confinamiento (estribos) tanto en el valor de f'_c como en la deformación máxima.

Este modelo contiene una curva parabólica que considera el efecto positivo del confinamiento y lo hace mediante el incremento de la resistencia a compresión y la deformación del concreto. Este modelo nos muestra el comportamiento del concreto confinado y se puede aplicar a secciones cuadradas y circulares, es un modelo bastante aceptado hoy en día y es utilizado en las rutinas de cálculo de varios softwares. La falla se inicia cuando el refuerzo transversal colapsa y ya no tiene capacidad de otorgar

confinamiento al núcleo, provocando así deformaciones mayores que las admitidas por otros modelos. (Otazzi, 2011).

Figura 18

Modelo de Mander para concreto confinado



Obtenido de Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no lineal, por Calcina, (2017)

2.2.5.1.3 Modelo Esfuerzo-Deformación para el Acero

Para la construcción de estructuras de concreto armado en nuestro país el acero utilizado es el que tiene por denominación Fierro corrugado ASTM A615 de Grado 60. En esta investigación se considera dicho acero de refuerzo de acuerdo a la ficha técnica presentada por la corporación de Aceros Arequipa S.A. Las varillas encontradas en el mercado peruano corresponden a varillas de 9 m de longitud y sección circular con presencia de corrugaciones para mejorar su adherencia con el concreto.



Figura 19
Varillas de refuerzo



Fuente: Aceros Arequipa S.A

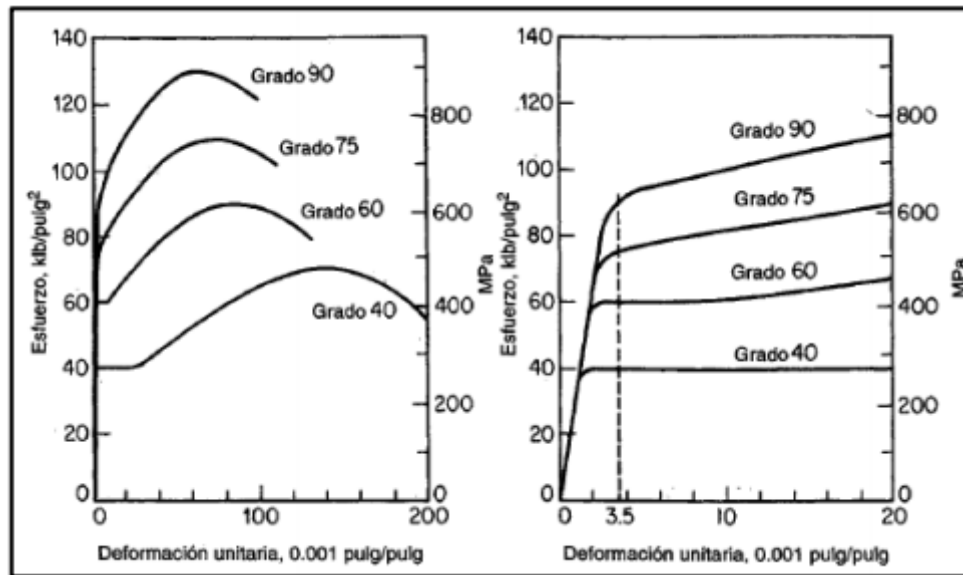
Tabla 2
Diámetros de varillas de acero corrugado

Diámetro de la Barra		Área	Peso Nominal
Pulg.	mm	cm ²	Kg/m
-	6	0.28	0.22
-	8	0.50	0.395
3/8	-	0.71	0.56
-	12	1.13	0.888
1/2	-	1.29	0.994
5/8	-	1.99	1.552
¾	-	2.84	2.235
1	-	5.10	3.973
1 3/8	-	1.01	7.907

Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

En elementos de concreto armado influye de manera significativa la forma de la curva de esfuerzo y deformación unitaria, en particular la de su tramo inicial. Las curvas completas se muestran en la parte izquierda de la figura N°20:

Figura 20
Curvas típicas de esfuerzo-deformación para varillas de acero



Obtenido de Material de apoyo para la enseñanza de cursos de diseño y comportamiento del concreto armado, por Otazzi, (2011)

Para el autor (Paredes, 2016):

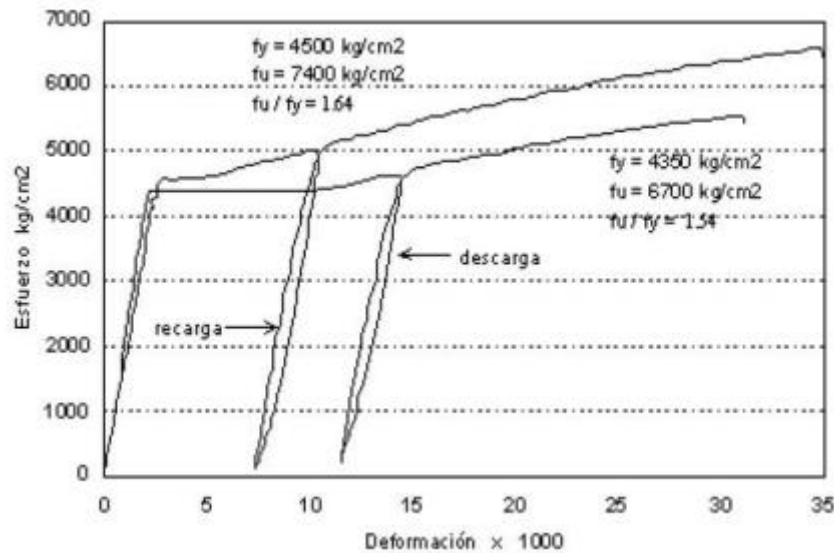
Se observa a la derecha de la figura N°20 los tramos iniciales de las curvas incrementados diez veces. Cuando el contenido de carbón presente en los aceros es bajo, como aquellos tipificados por la curva grado 40, evidencian una porción elástica seguida de una plataforma de fluencia, es decir, una sección horizontal de la curva donde la deformación unitaria aumenta continuamente bajo esfuerzo constante. Para dichos aceros, el esfuerzo de deformación donde una porción de la curva que presenta deformación unitaria que aumenta constantemente bajo un esfuerzo constante se conoce como el punto de fluencia. Para deformaciones unitarias mayores, los esfuerzos comienzan a aumentar nuevamente, pero en una cantidad menor, un proceso que se conoce como endurecimiento por deformación. Cuando se alcanza la resistencia a la tracción la curva tiene tendencia a hacerse horizontal y comienza a descender hasta llegar a la rotura. (Paredes, 2016)



(Otazzi, 2011) evidencia los resultados de ensayos a tracción en varillas peruanas de acero (aceros arequipa) de 5 / 8” grado 60(figura N°21). La gráfica se ha interrumpido mucho antes de la rotura de las barras por lo que solo se muestra un tramo de la misma.

Figura 21

Curvas típicas de esfuerzo-deformación del acero peruano



Obtenido de Material de apoyo para la enseñanza de cursos de diseño y comportamiento del concreto armado, por Otazzi, (2011)

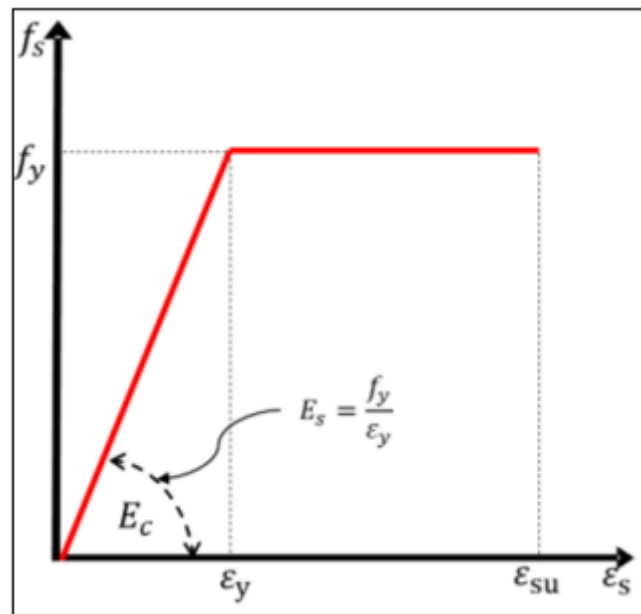
Es conocido que el concreto es un material débil a fuerzas de tracción, por ello es que se requiere del refuerzo con varillas de acero las cuáles otorgan la capacidad de resistir fuerzas de tracción y en algunos casos también de compresión, es por ello que se hace necesario el estudio de un modelo que represente el comportamiento del acero utilizado en elementos de concreto armado.

(Hernández & Mieles, 2017) mencionan acerca del modelo elastoplástico que:

“Para representar la aproximación al comportamiento real del acero es que se ha creado el modelo elastoplástico donde se obedece a la ley de Hooke en la primera parte de la curva mostrando un comportamiento elástico perfecto, la segunda parte de la curva representa el carácter plástico de este material una vez que se alcanza la fluencia (F_y) sin la necesidad de que intervenga un aumento de carga las deformaciones se van aumentando de manera progresiva.



Figura 22
Modelo elasto-plástico del acero



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

Los autores (Park & Paulay, 1983) mencionan que:

Esta curva no contempla la resistencia superior de cedencia y el incremento en el esfuerzo debido al endurecimiento por deformación, de igual forma esta curva es asumida para el acero en el diseño de estructuras por el código A.C.I. 318. La curva otorga buena exactitud si la deformación plástica que sucede con un esfuerzo casi constante una vez llegado a la cedencia es mucho mayor que la extensión elástica máxima. (Park & Paulay, 1983)

Por a la facilidad con la que se relaciona la fluencia y la deformación de fluencia del acero hasta llegar a la deformación de endurecimiento es que en ésta investigación se usará éste modelo para poder representar el comportamiento no lineal del acero de refuerzo.



2.2.5.2 Diagrama Momento-Curvatura

El autor (Otazzi, 2011) rescata que:

El diagrama de momento-curvatura se realiza para una sección de concreto armado en donde se muestra la capacidad a flexión y su deformación por curvatura (rotación por unidad de longitud) en el rango lineal y no lineal.

Para tener una idea clara de la máxima capacidad de deformación inelástica es que se utiliza el diagrama de Momento-Curvatura ($M - \phi$), donde se puede observar las características de disipación de energía y el comportamiento no lineal de la sección. Si una sección tiene mayor ductilidad mayor será su capacidad de disipar energía.

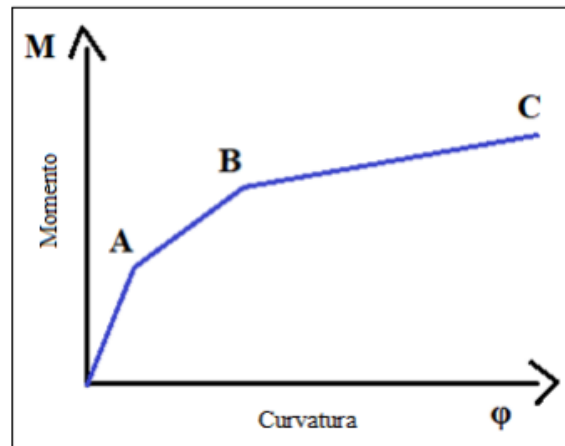
El diagrama Momento-Curvatura ($M - \phi$) está construido a partir de los modelos constitutivos del concreto y acero; y estudiando la sección en 3 estados:

- Estado de agrietamiento (ϕ_A, M_A) Punto A
- Estado de fluencia (ϕ_y, M_y) Punto B
- Estado de agotamiento o ultimo (ϕ_u, M_u) Punto C

La relación entre el momento y la curvatura en una sección de concreto armado será lineal siempre y cuando los momentos sean menores al momento de agrietamiento (M_A). Posterior al agrietamiento la relación continúa casi lineal, pero con distinta pendiente hasta que la fluencia del acero (M_y) o el agotamiento del concreto (M_u) se alcance. Si primeramente se produce la fluencia del acero, puede seguir deformándose la sección hasta que el concreto alcanza su máximo esfuerzo (M_u) y finalmente su máxima. (Otazzi, 2011)



Figura 23
Diagrama momento-curvatura típica



Obtenido de Material de apoyo para la enseñanza de cursos de diseño y comportamiento del concreto armado, por Otazzi, (2011)

2.2.6 Comportamiento no Lineal

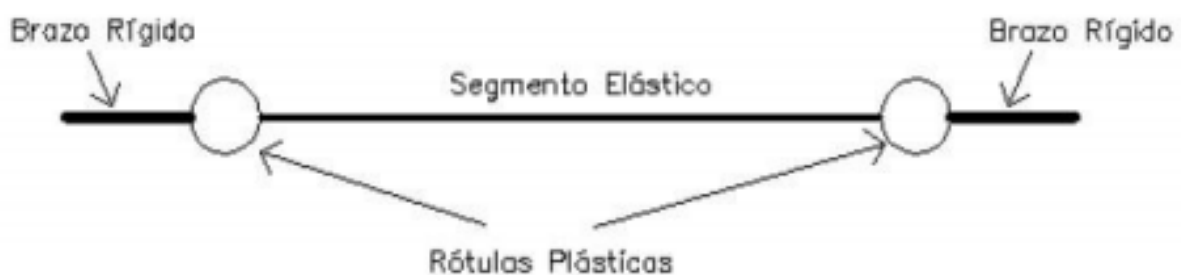
2.2.6.1 Rótulas plásticas

Para los autores (Choque & Luque, 2019):

Se conocen como dispositivos de disipación de energía los cuáles permiten la rotación plástica de una sección manteniendo casi constante el momento plástico. Para poder definir el modelo no lineal de la estructura éstas rótulas plásticas son necesarias.

(Choque & Luque, 2019)

Figura 24
Idealización de nudos rígidos y rótulas



Obtenido de Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal pushover, por Fuentes, (2018)



2.2.6.1.1 Vigas

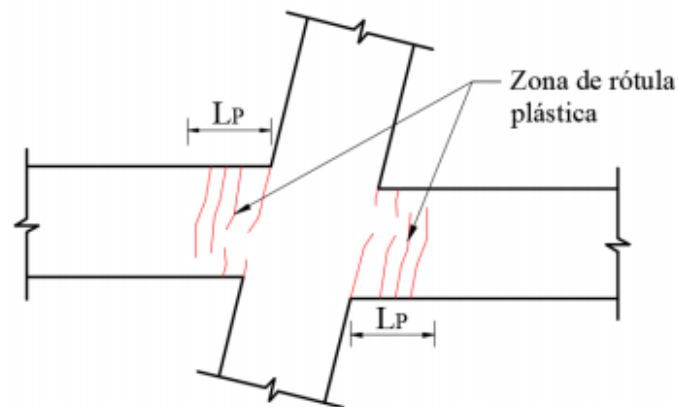
(Park & Paulay, 1983)mencionan:

Durante los efectos de un sismo el comportamiento no lineal en las vigas suele estar concentrado en las zonas cercanas a los nudos en una longitud determinada L , el daño no es uniforme sino más acumulado hacia los nudos. Para desarrollar el modelo analítico es habitual considerar una zona de daño equivalente en la cual se encuentre la totalidad de la deformación inelástica, esta zona se denomina “rótula plástica” y le corresponde una longitud “ L_p ” (Figura N°36). Una aproximación para la L_p es de 0.4 a 0.5 veces el peralte del elemento ($L_p = 0.4d$ ó $0.5d$). (Park & Paulay, 1983)

Es asumido que en esta longitud la curvatura es constante. Todas estas hipótesis son de gran utilidad ya que permiten pasar de la relación momento curvatura a la relación momento-rotación.

Figura 25

Formación de rótula plástica en los extremos de vigas



Obtenido de Análisis Estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E030, por Choque & Luque, (2019)

2.2.6.1.2 Columnas

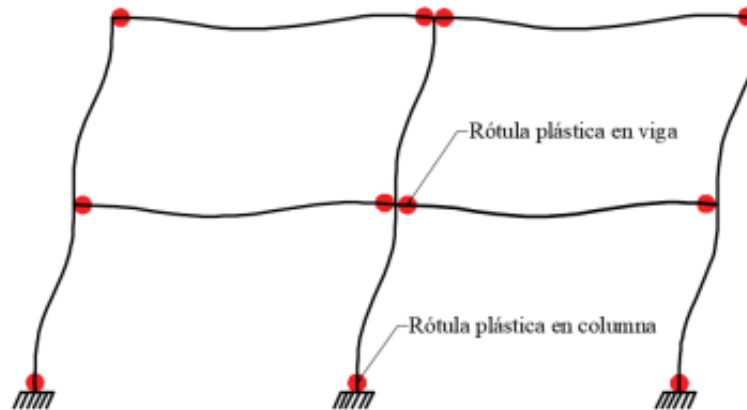
Para los autores (Choque & Luque, 2019):

En el caso de las columnas no solo se tiene una ductilidad (como en vigas), ya que para éste caso la ductilidad depende de la carga axial (P en compresión), así se debe asegurar

que la carga axial no sea superior a la carga axial balanceada (P_b) para que la sección tenga falla dúctil y pueda generarse una rótula plástica. Se entiende por lo anterior que se tendrá una ductilidad para cada carga axial que soporte la sección siempre y cuando se cumpla: $P < P_b$ (Choque & Luque, 2019).

Figura 26

Mecanismo ideal de formación de rótulas plásticas en un pórtico



Obtenido de Análisis Estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E030, por Choque & Luque, (2019)

2.2.6.1.3 Muros de Corte

(Choque & Luque, 2019) también mencionan que:

El comportamiento para estos elementos depende de la relación altura-longitud. La falla normalmente está asociado al tipo de muro. El comportamiento de un muro esbelto ($H/L > 2$) puede parecerse al de una viga en voladizo, teniendo en cuenta que presenta una carga axial actuante. Se hace necesario considerar la formación de una rótula plástica en la base debido a la mayor concentración de momentos, la longitud de la rótula puede sobrepasar la longitud del muro y en esta zona se producirán fisuras de flexión (tracción por flexión) juntándose con las fisuras de tracción diagonal, que necesitarán de un refuerzo por cortante muy importante. Se puede producir también una falla por deslizamiento independientemente del tipo de falla por flexión descrita y de su combinación con los esfuerzos por tracción diagonal producidos por corte.

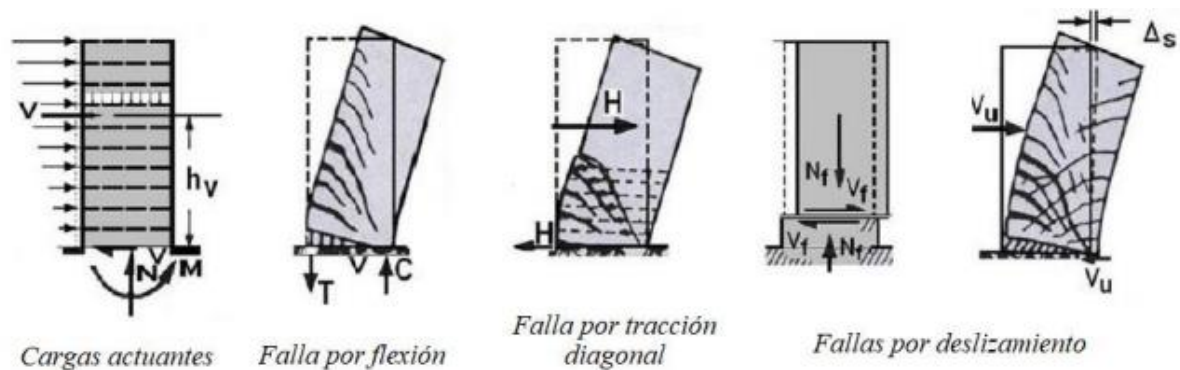
La falla por flexión se presenta en la zona de juntas de vaciado entre piso y piso o entre la zapata y el primer piso y dependerá de la calidad de la superficie de contacto. En edificaciones de pocos niveles es común encontrar muros bajos ($H/L \leq 2$). En estos casos no cumplen con las hipótesis de flexión siendo su comportamiento parecido al de una viga de gran peralte. En estos muros las cargas de gravedad son pequeñas y el momento generado no es importante por lo que no se requiere acero de tracción por flexión importante.

Se puede presentar en un muro bajo una falla por deslizamiento, dada la mínima carga axial existente, y la falla por cortante o tracción diagonal. La falla por flexión es muy rara puesto que el muro no toma momentos importantes, dado que antes de que esto ocurra la cimentación habrá girado controlando el momento que pueda llegar al muro.

(Choque & Luque, 2019)

Figura 27

Tipos de falla en muros de corte



Obtenido de Análisis Estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E030, por Choque & Luque, (2019)



2.2.7 Métodos de Análisis Sísmico

2.2.7.1 Análisis Estático Lineal

El autor (Paredes, 2016) menciona:

Se modela la estructura con una rigidez lineal y como un sistema de un grado de libertad. Para poder modelar la acción sísmica es que se utiliza una distribución de fuerzas laterales equivalentes que se obtienen mediante una distribución en altura de la cortante basal y así determinar las fuerzas y desplazamientos internos de la estructura en base a un análisis estático lineal. (Paredes, 2016)

Según (Calcina, 2017) El análisis estático lineal realiza las siguientes suposiciones:

Suposición estática: Las cargas son aplicadas de forma lenta y gradual hasta que se alcancen sus magnitudes completas, por ende, las cargas son constantes (que no varían en el tiempo).

Suposición de linealidad: La relación entre cargas y respuestas inducidas es lineal. Por ejemplo, si duplica las cargas, la respuesta del modelo (desplazamientos, deformaciones unitarias y tensiones) también se duplica. Pueden realizar la suposición de linealidad si:

- La tensión es directamente proporcional a la deformación unitaria es decir que todos los materiales obedecen a la ley de Hook.
- El cambio en la rigidez que se produce por las cargas pueden ser ignorados ya que los desplazamientos inducidos son pequeños.
- Las cargas permanecen constantes en cuanto a magnitud, dirección y distribución. Las condiciones de contorno no sufren variación durante la aplicación de cargas. Las cargas o deben cambiar mientras se deforma el modelo.



2.2.7.2 Análisis Estático no Lineal

Según (Ramírez, 2013) :

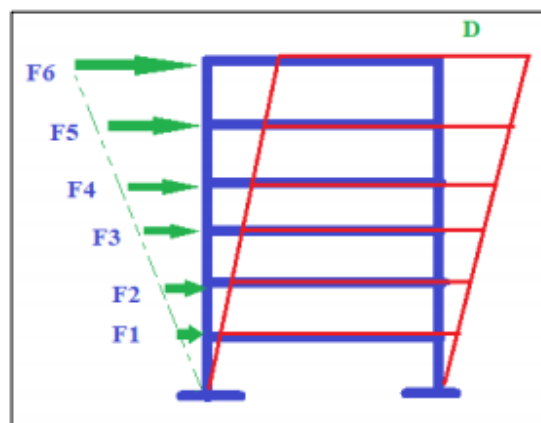
El Análisis Estático No Lineal o Análisis Pushover es un tipo de metodología para determinar la respuesta no lineal de la estructura, en la cual se calculan los valores máximos de cualquier respuesta de la edificación.

El análisis tiene como base dos conceptos primordiales: La capacidad y la demanda. La primera puede entenderse como una característica propia de la edificación que depende de factores como la geometría de los elementos, la cantidad de refuerzo, las propiedades de los materiales como: Rigidez y ductilidad, entre otras. La demanda depende de un sismo en particular, representado mediante un acelerograma o un espectro de diseño, y hace referencia a las fuerzas y deformaciones impuestas por éste. De manera que la demanda, a diferencia de la capacidad, no es en teoría un valor constante, pues depende del conjunto de fuerzas externas o aceleraciones a las que se somete la edificación. Para evaluar la capacidad de la edificación se debe construir la curva de capacidad, la cual se obtiene graficando los valores máximos de cortante basal y desplazamiento en el último piso.

El procedimiento para construir la curva de capacidad consiste en aplicar cargas laterales monotónicas, las cuales se van incrementando hasta llevar la estructura al colapso (Ramírez, 2013).

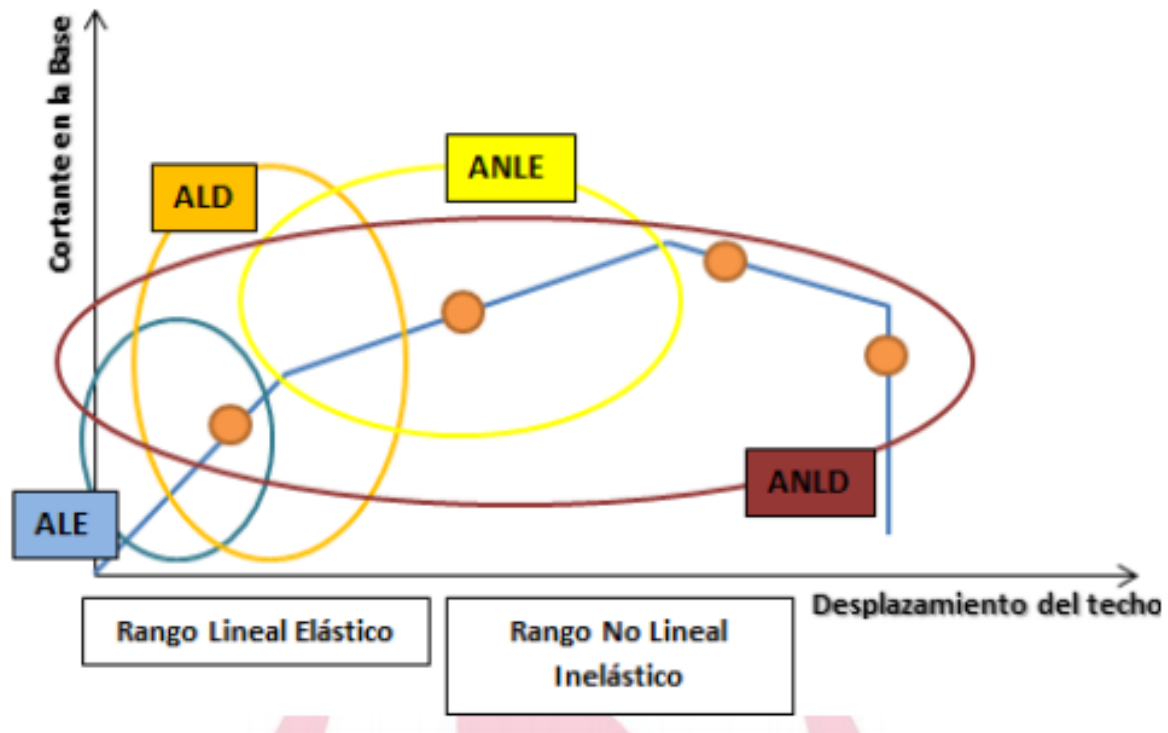
Figura 28

Representación del Análisis estático no lineal con carga triangular distribuida



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

Figura 29
Representación gráfica de los tipos de análisis sísmicos



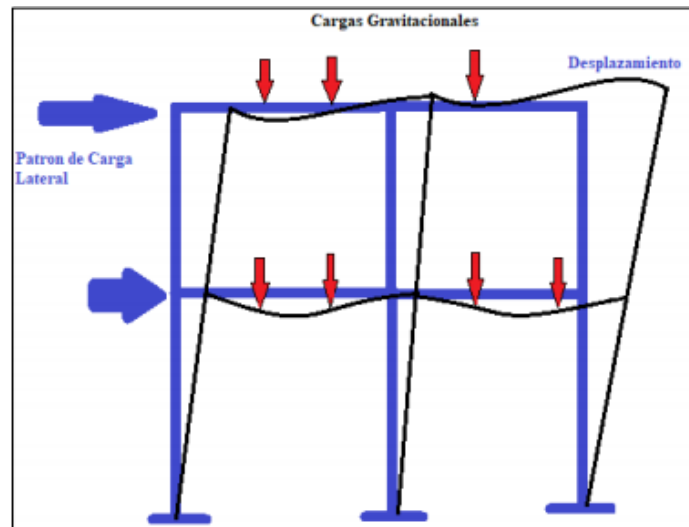
Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

2.2.8 Análisis Estático No Lineal Incremental (Pushover)

El autor (Calcina, 2017) rescata que:

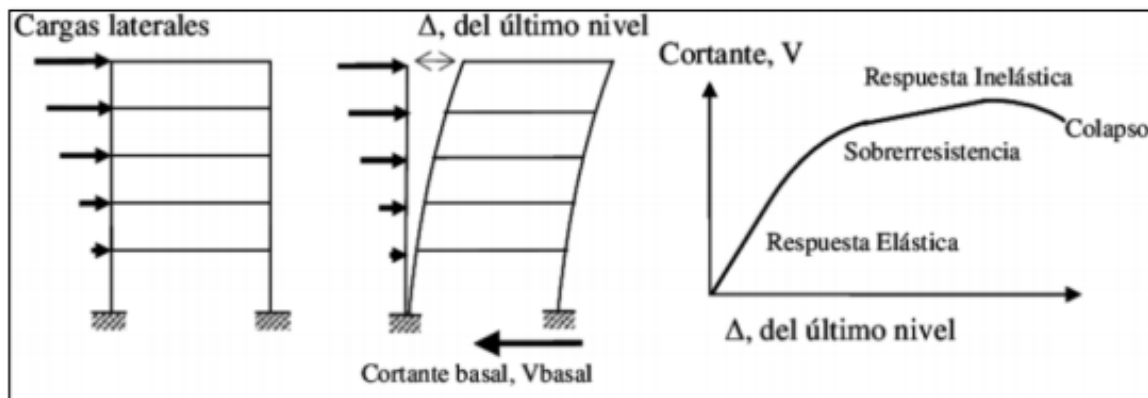
Fue desarrollada por los investigadores A. K. Chopra y R. K. Goel (Chopra & Goel, 2001) y ayuda a estimar la demanda sísmica y obtener el desempeño de una estructura para sismos severos. Se basa en un análisis estático no-lineal, de tipo "Pushover", con distribuciones de fuerzas laterales equivalentes invariantes en la altura, que incluye las contribuciones de los modos de vibración del comportamiento elástico, y emplea de manera aproximada, la teoría clásica de la dinámica de estructuras. Se determina la capacidad resistente de la estructura a partir de realizar el análisis y de la información del comportamiento no-lineal obtenida por el mismo, como por ejemplo, el orden en que las secciones van ingresando al rango no-lineal, los desplazamientos laterales en cada incremento de carga, ductilidades, fallas de elementos por flexión y corte, esfuerzos, etc. (Calcina, 2017)

Figura 30
Ilustración del análisis estático no lineal Pushover



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

Figura 31
Ejemplo de análisis monotónico y curva capacidad



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

En la figura N°31 se muestra un ejemplo de curva de capacidad que se obtiene mediante el análisis Pushover la cual se va generando por la formación de rótulas plásticas que van apareciendo en la estructura, ocasionadas por el empuje lateral monotónico impuesto.

2.2.8.1 Características del Análisis Pushover

- Los sistemas que contienen múltiples grados de libertad son transformados a un sistema equivalente de 1 grado de libertad.
- Se encuentra la curva de capacidad.
- La ductilidad de la estructura puede ser calculada.

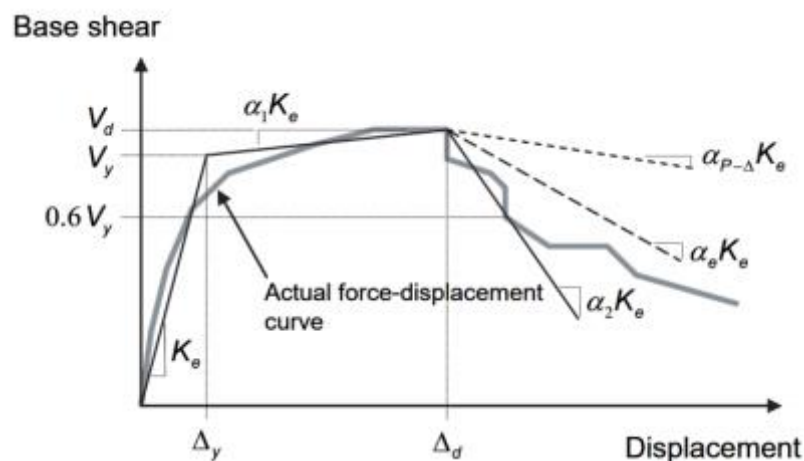
- Los mecanimos de falla, agrietamientos, fluencias y fallas de cada elemento estructural pueden ser identificados así como los límites de servicio, cortantes y deformaciones en la estructura.

2.2.8.2 Procedimiento de Análisis Pushover

Para (Choque & Luque, 2019) se definen los siguientes pasos para realizar un Análisis Pushover:

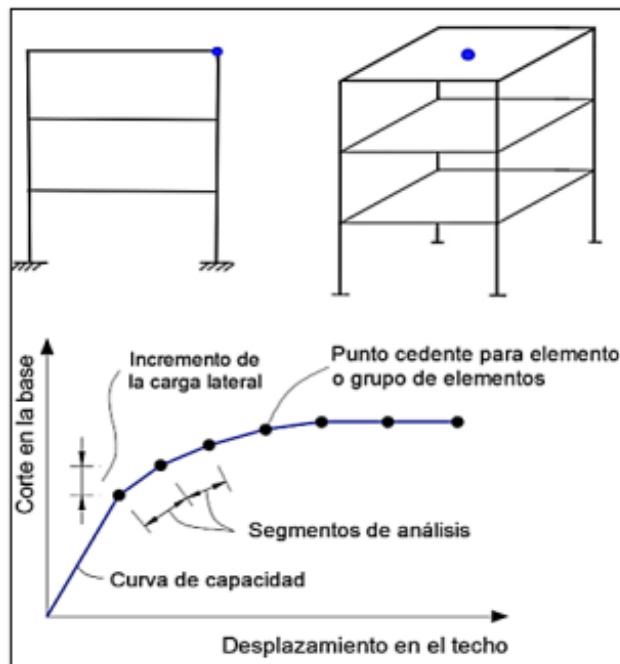
1. Elegir el modelo matemático de la estructura incorporando las características de fuerza de formación no lineal de los elementos según las Tablas del ASCE/SEI 41-13.
2. Definir el nodo de control, se recomienda que sea ubicado en el centro de masa del último nivel del edificio.
3. El patrón de carga lateral será aplicado proporcional a la forma del modo fundamental de la estructura e incrementada monotónicamente.
4. Obtener la curva de capacidad obteniendo los datos de fuerza de corte basal y el desplazamiento del nodo de control, así como las fuerzas y deformaciones de cada elemento para luego compararlas con sus respectivos diagramas ($M - \theta$). Cada incremento de carga lateral es un análisis separado que parte del fin de la última aplicación de carga, por ello a los resultados del último análisis se debe agregar los valores de carga lateral, rotaciones, desplazamientos correspondientes al análisis previo.
5. Obtener la curva de capacidad idealizada.

Figura 32
Curva de capacidad idealizada



Obtenido de Análisis Estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E030, por Choque & Luque, (2019)

Figura 33
Ejemplo de Análisis Pushover



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

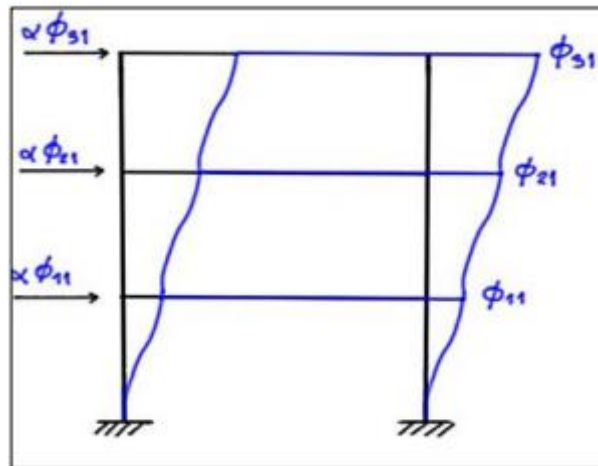
2.2.8.2.1 Patrones de carga lateral

Se debe aportar un patrón que depende de las características dinámicas de la estructura, es así como, cuando el porcentaje de participación modal de la masa asociada al modo fundamental supera el 75 % en la dirección de análisis, se puede distribuir la carga de acuerdo a los valores de cortante de piso obtenidos mediante un análisis estático; o en su defecto, la carga se puede distribuir de acuerdo a la forma modal asociada al modo de vibración fundamental en la dirección de análisis.

Se muestra a continuación los dos casos mayormente utilizados para la distrución del patrón de cargas lateral:

Caso 1: Se distribuye la carga vertical proporcionalmente a la forma del modo fundamental de vibración en la dirección de análisis de estudio en consideración.

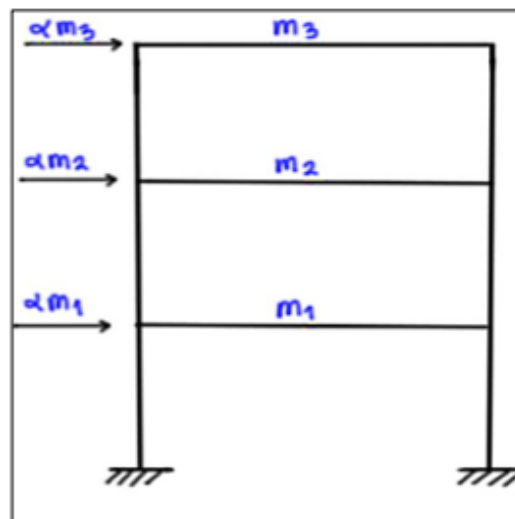
Figura 34
Caso de carga lateral proporcional a la forma de modo fundamental



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

Caso 2: Las fuerzas laterales se distribuyen en cada nivel, proporcional a la masa total de cada masa de entrepiso.

Figura 35
Caso de carga lateral proporcional a la masa de entrepiso

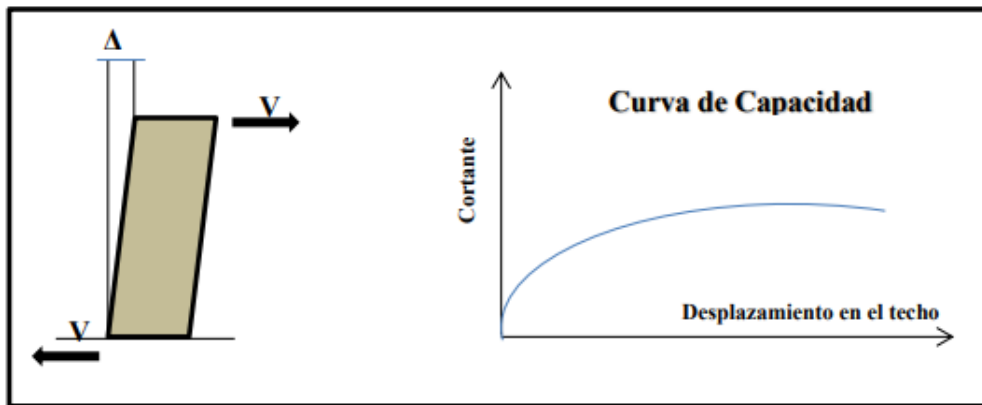


Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

2.2.8.2.2 Curva de capacidad

El autor (Paredes, 2016) describe: “La curva de Capacidad es aquella gráfica que relaciona la resistencia a carga lateral del edificio versus el desplazamiento lateral en el último piso” (Paredes, 2016).

Figura 36
Representación de la curva de capacidad



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

(Fuentes, Norman, 2018)menciona:

Para visualizar la respuesta del primer modo de vibración de la estructura es que se crea ésta curva y se basa en la suposición que el modo fundamental de vibración es el que predomina en la respuesta estructural. Normalmente dicha suposición es válida para estructuras con un periodo fundamental de vibración alrededor de un segundo. En edificios más flexibles con un periodo fundamental de vibración mayor de un segundo el análisis debe considerar los efectos de los modos más altos de vibración (Fuentes, 2018).

El autor (Calcina, 2017) describe que:

La determinación de la capacidad más allá de los límites elásticos necesita de la aplicación de alguna metodología de análisis no-lineal. Por eso, el modelo de capacidad del edificio es una curva de capacidad idealizada del edificio la cual está definida por dos puntos de control característicos que son la Capacidad de Fluencia, y la Capacidad Última que definimos a continuación:

Capacidad de Fluencia (Y_c): Es la fuerza lateral de resistencia del edificio antes que el sistema estructural haya desarrollado la respuesta no-lineal.



Capacidad Última (Uc): Se entiende como la fuerza máxima del edificio cuando todo el sistema estructural del edificio ha llegado en su totalidad a un estado plástico. Hasta el punto de fluencia, la capacidad del edificio es asumida como lineal con rigidez basada en un periodo fundamental estimado de la edificación. Entre el punto de fluencia y el punto último, la transición en pendiente de la curva de capacidad de un estado esencialmente elástico a uno completamente plástico. (Calcina, 2017)

2.2.8.2.3 Punto de Desempeño

Se ha mencionado por los autores (Choque & Luque, 2019) que:

Se entiende a este punto como la estimación del desplazamiento máximo esperado del último nivel de un edificio calculado para un sismo establecido. Del resultado de éste, se puede caracterizar el estado de daño asociado para la estructura y compararlo con el objetivo de desempeño deseado. Las deficiencias en cada parte del edificio se identifican y pueden ser analizadas directamente con medidas correctivas cuando sea necesario.

Los Procedimientos de Análisis Dinámico No Lineal NDP (Nonlinear Dynamic Procedure), o análisis Tiempo-Historia, estiman de manera precisa el comportamiento no lineal de los edificios, sin embargo, su aplicación no resulta muy práctica. Alternativamente, se desarrollaron métodos de análisis no lineal simplificados, conocidos como Procedimientos de Análisis Estático No Lineal NSP (Nonlinear Static Procedure), como el Análisis Pushover.

En la actualidad hay varios métodos que permiten estimar el punto de desempeño utilizando los resultados del Análisis Pushover, donde destacan el Método del Espectro de Capacidad y el Método de Coeficientes, cuya aplicación en los últimos 20 años han permitido su desarrollo y aceptación dentro de los estándares de evaluación sísmica por desempeño. (Choque & Luque, 2019)



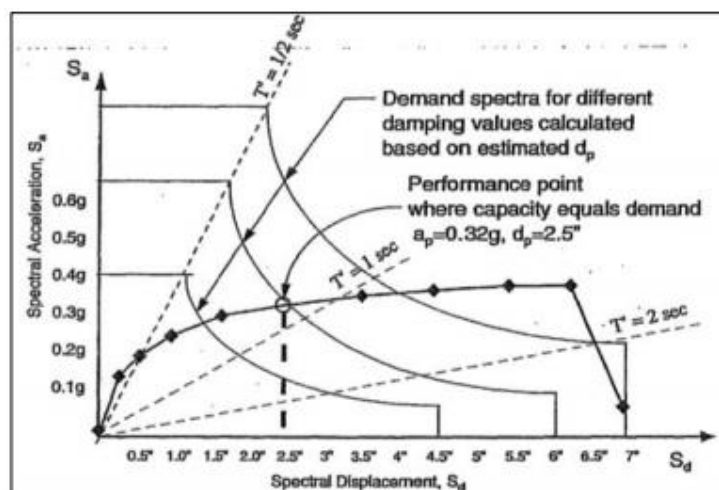
a) Método de Espectro de Capacidad-Espectro de Demanda (FEMA 440)

Para (Applied Technology Council, 1996) se describe:

Este método fue propuesto inicialmente por Freeman (1975) y luego fue olvidado, en la última década nuevamente se ha vuelto a utilizar con una serie de modificaciones. El ATC-40 en 1996 presentó tres procedimientos de cálculo con este método los mismos que han sido criticados por otros investigadores quienes han presentado nuevas propuestas a este método que tiene una gran ventaja sobre los otros métodos de análisis sísmico que existen y es que es un solo gráfico que se puede visualizar el probable comportamiento de la estructura ante un sismo dado.

La representación aproximada de las características globales no lineales de la estructura son el fundamento de este método, usando como base procedimientos del análisis modal donde se reemplaza el sistema no lineal por un sistema lineal equivalente. (Applied Technology Council, 1996)

Figura 37
Espectro de capacidad - demanda



Obtenido de (Applied Technology Council, 1996)

La gráfica de espectro- capacidad representada en la figura N°37 representa en el eje de las ordenadas los valores de aceleración espectral (S_a) y en las abcisas los desplazamientos



espectrales, de éste procedimiento es que se da como resultado el punto de desempeño al intersectar la demanda reducida con la línea de periodo secante(T_d) ; con éstos datos se crea la curva de amortiguamiento variable con la cual se intersecta con la curva de capacidad para hallar el punto de desempeño.

Se requieren tres elementos primarios los cuales son:

2.2.8.2.4 Método de Espectro de Capacidad

Para el autor (Fuentes, Norman, 2018):

Una vez determinada la curva de capacidad y el desplazamiento de demanda haya sido definido, se puede analizar el desempeño de la estructura. La verificación de los componentes estructurales y no estructurales se realiza para poder determinar que no estén dañados más allá de los límites aceptables del desempeño objetivo.

Para usar el “Método del espectro de capacidad propuesto por la ATC-40 es necesario convertir la Curva de Capacidad, que está en términos del cortante basal y desplazamiento del techo, a un Espectro de Capacidad, que es una representación de la Curva de Capacidad en un formato de Espectro de Respuesta Aceleración-desplazamiento (ADRS) (Sa versus S_d). (Fuentes, 2018)

Las ecuaciones requeridas para hacer la transformación son:

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g} \quad (3)$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N w_i / g \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g \right]} \quad (4)$$



$$S_{ai} = \frac{V_i / W}{\alpha_1} \quad (5)$$

$$S_{di} = \frac{\Delta_{techo}}{PF_1 \phi_{techo,1}} \quad (6)$$

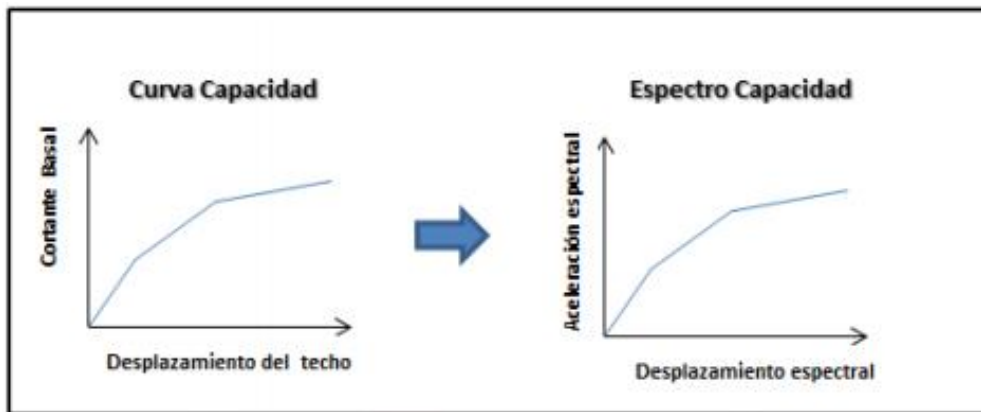
Donde:

- PF_1 = factor de participación modal para el primer modo natural
- α_1 = coeficiente modal de masa para el primer modo natural
- W_i / g = masa asignada al nivel i
- ϕ_{i1} = amplitud del modo 1 en el piso i
- N = nivel N , el nivel que es más alto en la parte principal de la estructura
- V = cortante basal
- W = peso muerto del edificio más probable carga viva
- Δ_{techo} , Δ_n = desplazamiento en el tope de la estructura
- ϕ_{techo1} = amplitud del primer modo en el tope de la estructura
- S_a = aceleración espectral
- S_d = desplazamiento espectral

El procedimiento que se utiliza para convertir la Curva de Capacidad al Espectro de Capacidad consta de convertir la Curva de Capacidad de un formato cortante basal versus desplazamiento del techo a un formato de desplazamiento espectral versus aceleración espectral (formato ADRS), inicialmente se calcula el factor de participación modal PF_1 y el coeficiente modal de masa α_1 usando las ecuaciones dadas. Entonces para cada punto sobre la curva de capacidad, V , Δ_{techo} , calcular el asociado punto S_a , S_d sobre el espectro de capacidad usando las ecuaciones dadas. (Fuentes, 2018)



Figura 38
Transformación de la Curva Capacidad a un Espectro Capacidad



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

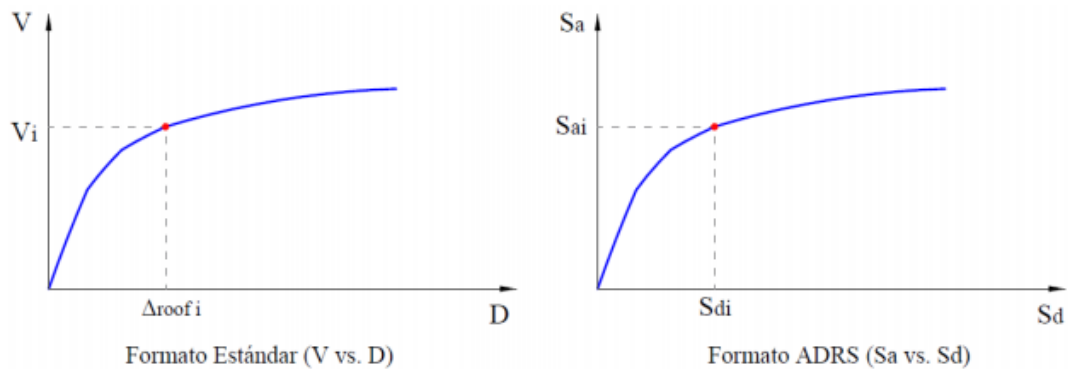
Primero se halla el factor de participación modal (PF1) y el coeficiente modal de masa (α_1).

De (Paredes, 2016) se rescata:

Luego, para cada punto V (cortante basal) y Δ_{techo} (desplazamiento del techo) se calcula el valor respectivo de S_a y S_d usando las ecuaciones brindadas anteriormente. Finalmente, mencionando que el procedimiento mostrado es utilizado para representar la respuesta estructural del primer modo de vibración de la estructura, basado en la hipótesis que el primer modo fundamental de vibración corresponde a la respuesta más predominante ante una sollicitación sísmica. No obstante, si se analiza estructuras más flexibles, entonces se debe considerar los demás modos de vibración; esta tarea resulta más sencilla y más realista utilizando algún software.

Figura 39

Conversión de la Curva de Capacidad a formato ADRS



Obtenido de *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings*, por Applied Technology Council, (1996)

Para cualquier punto en el espectro ADRS, el periodo T , puede ser calculado utilizando la siguiente relación:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{S_d}{S_a}} \quad (7)$$

(Fuentes, 2018)

2.2.8.2.5 Representación bilineal del espectro de capacidad

De (Choque & Luque, 2019) se menciona:

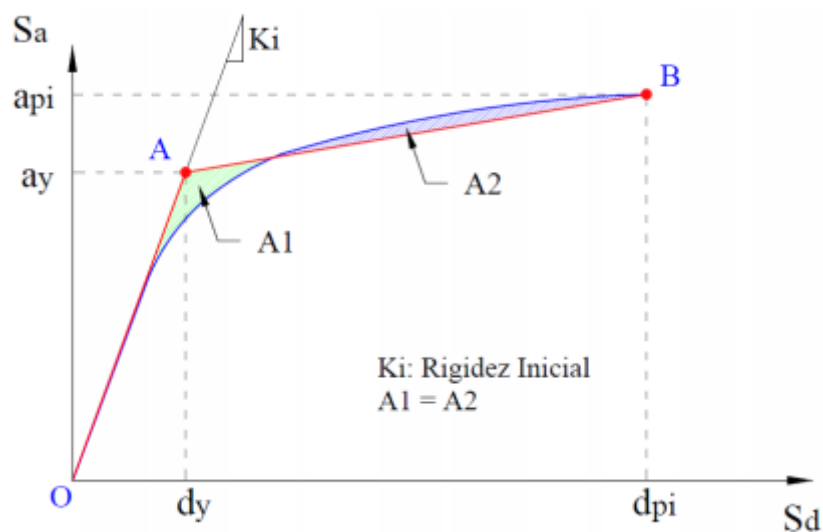
Para poder estimar la reducción apropiada de la demanda espectral y la amortiguación efectiva se necesita una representación bilineal del espectro de capacidad. Para ello se requiere el punto api , dpi . Este es el punto de desempeño de estimación para elaborar el espectro de respuesta de demanda reducido. Debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. Dibujar una línea recta que parte desde el origen (Punto O de la Figura N°40) con una pendiente igual a la rigidez inicial K_i de la estructura en el rango elástico (el subíndice i indica el número de iteración).

2. Definir un punto de desempeño de prueba (d_{pi} , a_{pi}), denotado con la letra B en la Figura N°40, el cual se utiliza para obtener el espectro de demanda reducido.
3. Trazar una línea desde el punto B hasta cortar la línea definida en el paso 1. La pendiente de esta segunda línea debe ser tal que cuando intersecte la primera, en el punto A, de coordenadas (d_y , a_y), las áreas A1 y A2, que quedan respectivamente por encima y por debajo del espectro de capacidad, sean iguales. Esta condición se impone para que la curva de capacidad y su representación bilineal tengan la misma energía. El punto A representa la fluencia de la estructura, en el formato bilineal.
4. Se define la representación bilineal de la curva de capacidad uniendo con una línea los puntos OAB, como se muestra en la Figura N°40.

(Choque & Luque, 2019)

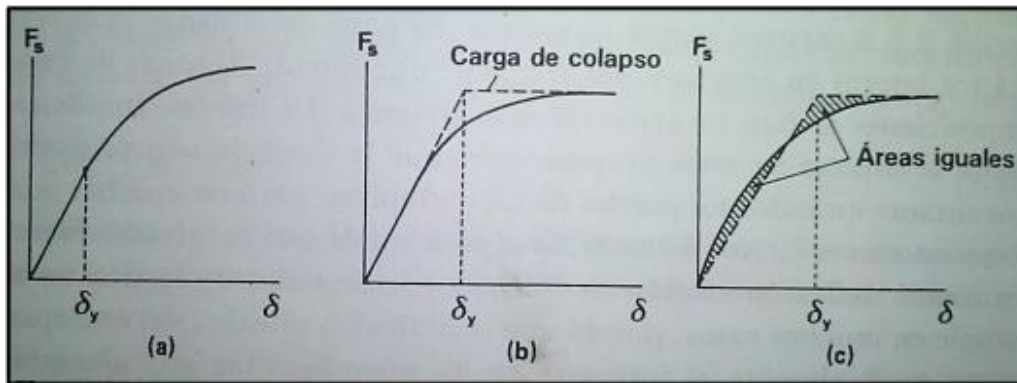
Figura 40
Representación bilineal del espectro de capacidad



Obtenido de Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings, por Applied Technology Council, (1996)

La fluencia efectiva, también llamada deflexión de fluencia (δ_y) se puede definir de muchas maneras como se muestra en la siguiente figura:

Figura 41
Definición de la fluencia efectiva o deformación de fluencia



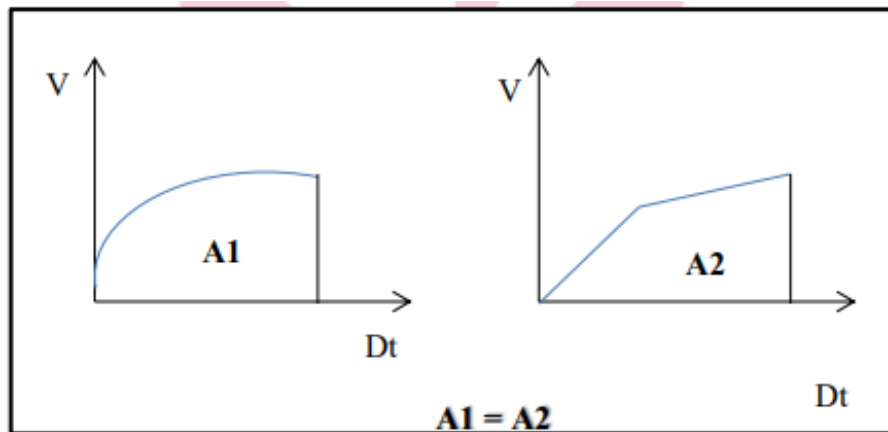
Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

a) Criterio de las áreas iguales

Para el autor (Paredes, 2016):

Consiste en igualar el área bajo la curva de capacidad con el área bajo la curva del modelo bilineal y está basado en la absorción de energía. En la figura N°54 se puede visualizar de mejor forma lo mencionado.

Figura 42
Criterio de las áreas iguales



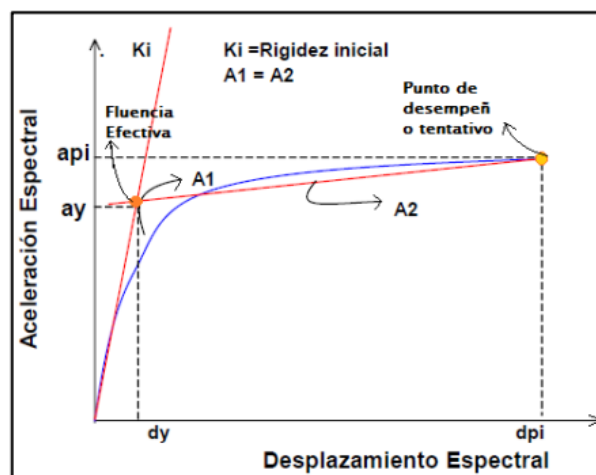
Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

Para poder definir el punto de fluencia efectiva antes mencionado, se siguen los siguientes pasos: Se dibuja una línea continuando la rigidez inicial de la estructura en la curva capacidad, es decir, su tangente desde el origen.

Se debe ubicar el punto del desplazamiento de último o de colapso, llamado también punto de desempeño tentativo, cuyo valor es determinado por el diseñador para desarrollar un espectro de respuesta de demanda reducido. A partir de aquí, se traza otra línea que debe intersecar a la primera línea dibujada, con el criterio que el área A1 sea aproximadamente igual al área A2 (ver figura N°42), tal como se nombró en el criterio de las áreas iguales. El punto de fluencia efectiva es la intersección de las dos líneas dibujadas, este cálculo se determina en forma iterativa hasta conseguir igualar las áreas.

Figura 43

Representación Bilineal del Espectro de Capacidad



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

Una vez definido el punto de fluencia efectiva quedan definidos los rangos de desplazamientos elásticos e inelásticos de la estructura en su conjunto, siendo el rango elástico desde el origen hasta el punto de fluencia efectiva, y el rango inelástico, desde el punto de fluencia efectiva hasta el punto de desempeño tentativo. (Paredes, 2016)

2.2.9 Ductilidad al desplazamiento

Para (Herráiz, 1997) la ductilidad al desplazamiento:

Es la propiedad que define la posibilidad de la estructura o algunos de sus componentes estructurales de experimentar deformaciones más allá del límite elástico sin reducir de



manera significativa su resistencia o rigidez. Desde que un elemento sobrepasa el límite de fluencia o elástico, la curva que define su comportamiento empieza a cambiar su inclinación acercándose a la orientación del eje horizontal. (Herráiz, 1997)

Se puede afirmar que el material entró a trabajar en su rango no lineal cuando se ve sobrepasado el límite de fluencia o el límite elástico, el rango no lineal está caracterizado por que las deformaciones son permanentes y a su vez mayores en comparación a los esfuerzos en su rango lineal.

Para los autores (Roy & Sozen, 1964) :

La ductilidad al desplazamiento se define como la ductilidad máxima que es capaz de desarrollar una estructura (capacidad) se expresa como la relación entre el desplazamiento máximo (D) que es capaz de resistir la estructura y el desplazamiento que produce el inicio de las plastificaciones (Dy). (Roy & Sozen, 1964)

$$\mu = \frac{d}{dy}$$

(8)

Donde:

d = Desplazamiento último

dy = Desplazamiento de cedencia

2.2.10 Demandas sísmicas

El autor (Bolívar, 2018) menciona:

Se visualiza la amenaza de un evento sísmico mediante la vibración del terreno de manera abrupta donde se producen efectos directos como: desprendimientos de tierra, licuefacción del suelo, asentamientos diferenciales, además se producen deslizamientos, incendios, maremotos entre otros como efectos indirectos. Estos efectos sean directos o indirectos deben ser considerados e investigados para el proceso de análisis por desempeño.



2.2.10.1 Propuesta de ATC-40

Se utilizan tres niveles de sismo para estructuras según ATC 40 los cuáles son:

a) Sismo de servicio/ ocasional (SE): Es aquel sismo cuya probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años es de 50% y posee un periodo de retorno de 72 años. En magnitud, representa 0.5 veces un sismo de diseño utilizado en las normativas de diseño sismorresistente y califica como sismo frecuente que experimenta una estructura en su vida útil.

b) Sismo de diseño/ raro (DE): Sismo con un periodo de retorno de 475 años y 10% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años y representa un sismo de intensidad moderada y severa, la mayoría de las normativas de diseño sismorresistente utilizan este sismo para el diseño de estructura ya que es el que se espera que pueda suceder durante la vida útil de la estructura.

c) Sismo máximo/ muy raro (ME): Corresponde al sismo máximo esperado con una probabilidad de 5% de ser excedido en 50 años que podría llegar a experimentar la estructura y que tiene un periodo de retorno de 975 años, la magnitud de este sismo por lo general varía entre un 1.2 a 1.5 veces el sismo de raro y se usa para el diseño de estructuras esenciales (colegios, hospitales, etc.). (Applied Technology Council, 1996)

2.2.11 Nivel de desempeño

(Bolívar, 2018) menciona:

Los niveles de desempeño describen un estado límite de daño establecido en función de tres aspectos: los posibles daños que pueden sufrir los elementos estructurales y no estructurales, la amenaza de la seguridad de los ocupantes en la estructura a causa de los daños ya mencionados y la funcionalidad de la estructura una vez cesada u ocurrido el sismo (Bolívar, 2018).



2.2.11.1 Niveles de desempeño según FEMA 440

Para (Federal Emergency Management Agency, 2005):

Establece los niveles de desempeño como operacional (“operational”), ocupación inmediata (“immediate occupancy”, IO), seguridad de vida (“life safety”, LS), y prevención del colapso (“collapse prevention”, CP). FEMA-440 proporciona tablas de parámetros de modelamiento y valores de deformación aceptables, para los niveles de desempeño (IO, LS y CO). (Federal Emergency Management Agency, 2005)

Los niveles de peligrosidad sísmica que propone FEMA 440 se detallan a continuación:

Tabla 3

Niveles de probabilidad de ocurrencia sísmica según FEMA 440

NIVEL DE AMENAZA SISMICA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA
SISMO DE SERVICIO	50%	75 años	50 años
SISMO DE DISEÑO	10%	475 años	50 años
SISMO MAXIMO	2%	975 años	50 años

Obtenido de Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, por Federal Emergency Management Agency, (2005)

Se designa de forma alfanumérica con un numeral que representa el nivel de desempeño estructural y una letra representando el nivel de desempeño no estructural.

El autor (Calcina, 2017) describe:

Operacional (1-A): Se espera en éste nivel un mínimo o nada de daño en sus componentes estructurales y no estructurales. La ocupación es aceptada y con funcionamiento normal, aunque algunos impedimentos con la energía, agua, y otros servicios necesarios que provean sistemas de emergencia podrían presentarse. Un edificio alcanza el nivel “Operacional” (1-A) cuando cumple con el nivel de desempeño estructural de “Ocupación Inmediata” (S-1) y los componentes no estructurales cumplen



con el nivel de desempeño no estructural “Operacional” (N-A). Los edificios en este nivel plantean un riesgo muy bajo para la seguridad de vida. Económicamente no resulta muy práctico diseñar para este nivel de desempeño, sólo justificándose para edificios que brindan servicios esenciales.

Ocupación Inmediata (1-B): Se esperará un daño mínimo o ninguno en sus elementos estructurales y sólo un menor daño en sus componentes no estructurales. Podría ser segura la ocupación inmediata del edificio, pero los sistemas no estructurales podrían no funcionar, debido a la pérdida de energía eléctrica o daños internos en el equipo. Por tanto, aunque la ocupación inmediata es posible, es necesario realizar la limpieza y reparación y esperar la restauración de los servicios necesarios para que el edificio funcione normalmente.

Para alcanzar este nivel de desempeño, los componentes estructurales deberán cumplir con el nivel de desempeño S-1 (Ocupación Inmediata); y los componentes no estructurales, cumplir con el nivel de desempeño N-B (Ocupación Inmediata).

El riesgo para la seguridad de vida es muy bajo. Este nivel provee mucha de la protección obtenida en el nivel de desempeño anterior (1-A), pero sin los costos de proveer servicios necesarios y calificación sísmica rigurosa para el funcionamiento de los equipos.

Seguridad de Vida (3-C): Los edificios en este nivel de desempeño, pueden experimentar daños en los elementos estructurales y no estructurales. Se puede requerir una reparación previa a la reocupación del edificio, y esta reparación se puede considerar inviable. El riesgo de seguridad de vida en este nivel de desempeño es bajo.



Para alcanzar el nivel de desempeño para edificios de “Seguridad de Vida”, se deben de cumplir con los niveles de desempeño estructural de Seguridad de Vida (S-3); y para los componentes no estructurales, el nivel de desempeño de Seguridad de Vida (N-C).

Prevención del Colapso (5-E): En este nivel de desempeño se puede esperar un significativo riesgo a la seguridad de vida, como resultado de la falla de los elementos no estructurales. Para alcanzar este nivel de desempeño, los elementos estructurales deben de alcanzar el nivel de desempeño S-5 (Prevención del Colapso); no se considera un nivel de desempeño a los elementos no estructurales (N-E). Sin embargo, como el edificio no colapsa, grandes pérdidas de vida pueden ser evitadas. Muchos edificios en este nivel se considerarán como pérdidas económicas. (Calcina, 2017)

Tabla 4

Niveles de desempeño según FEMA 356

Nonstructural Performance Levels and Damage – Architectural Components				
Nonstructural Performance Levels				
Component	Hazards Reduced N-D	Life Safety N-C	Immediate Occupancy N-B	Operational N-A
Cladding	Severe distortion in connections. Distributed cracking, bending, crushing, and spalling of cladding elements.	Severe distortion in connections. Distributed cracking, bending, crushing, and spalling of cladding elements. Some fracturing of cladding, but panels do not fall	Connections yield; minor cracks (<1/16” width) or bending in cladding.	Connections yield; minor cracks (<1/16” width) or bending in cladding.
Glazing	General shattered glass and distorted frames in unoccupied areas. Extensive cracked glass, little broken glass in occupied areas.	Extensive cracked glass, little broken glass.	Some cracked panes none broken.	Some cracked panes none broken.
Partitions	Distributed damage; some severe cracking, crushing and racking in some areas.	Distributed damage; some severe cracking crushing and racking in some areas.	Cracking to about 1/16” width at openings. Minor crushing and cracking at comers.	Cracking to about 1/16” width at openings. Minor crushing at comers.
Ceilings	Extensive damage; some falling in unoccupied areas	Extensive damage; some falling in unoccupied areas.	Minor damage	Minor damage
Parapets y Ormamentation	Extensive damage; some falling in unoccupied areas.	Extensive damage; some falling in unoccupied areas.	Minor damage	Minor damage

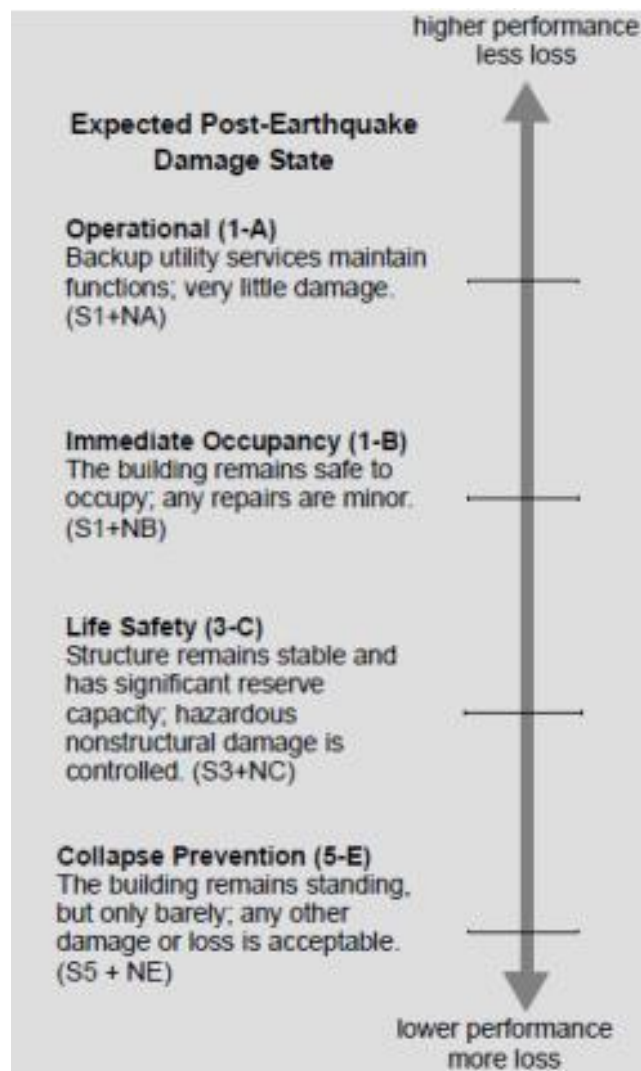


Canopies y Marquees	Moderate damage	Moderate damage.	Minor damage	Minor damage
Chimneys y Stacks	Extensive damage. No collapse	Extensive damage. No collapse	Minor cracking	Negligible damage
Stairs y Fire Escapes	Extensive racking. Loss of use	Some racking and craking of slabs.	Minor damage	Negligible damage
Doors	Distributed damage. Many racked and jammed doors.	Distributed damage. Some racked and jammed doors.	Minor damage. Doors operable.	Minor damage. Doors operable.

Extraído de Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, por Federal Emergency Management Agency, (2005)

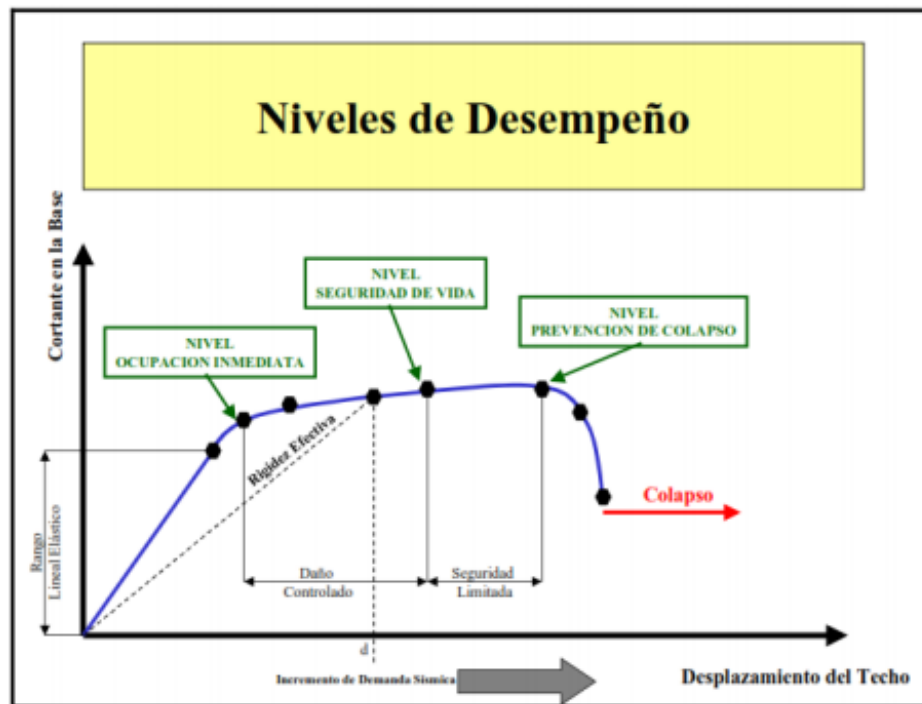
Figura 44

Niveles de desempeño esperados-FEMA 356



Obtenido de Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, por Federal Emergency Management Agency, (2005)

Figura 45
Representación gráfica de los niveles de desempeño FEMA 356



Obtenido de Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no lineal, por Calcina, (2017)

2.2.11.2 Niveles de desempeño según ATC-40

Ha sido propuesto por ATC-40 determinar el nivel de desempeño tanto para los elementos no estructurales como para los estructurales con el objeto de que la combinación de ambos conduzca a definir el nivel de desempeño global de la edificación.

2.2.11.2.1 Nivel de desempeño para la estructura

Se describen los posibles estados de daño sobre la estructura. Para conseguir ello, se definen tres estados de daño discretos o límites: inmediata ocupación, seguridad y estabilidad estructural, y dos rangos intermedios: daño controlado y seguridad limitada, los cuales se designan con la abreviación SP-n (“Structural Performance”, donde n es un número).

(Applied Technology Council, 1996) describe:

SP-1. Inmediata ocupación. - el sistema permanece prácticamente inalterado y es resistente a cargas verticales y laterales, el daño estructural que puede haber ocurrido es muy limitado, el peligro a la vida es despreciable y se mantiene funcionando en su totalidad la edificación.



SP-2. Daño Controlado. – Se da la posibilidad de que los ocupantes sean afectados sin poder en peligro la vida de los mismos. Responde a un daño que fructúa entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad.

SP-3. Seguridad. - Amenaza a la vida de los ocupantes interiores y exteriores e incluso, puede haber afectados. Costos elevados asociados a las reparaciones estructurales y puede que se haya producido un daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se mantienen.

SP-4. Seguridad limitada. – Presenta un alto peligro para los ocupantes, es un estado que se encuentra entre en el límite de las condiciones de seguridad estructural.

SP-5. Estabilidad estructural. - Existe un elevado peligro para ocupantes y transeúntes, así como un peligro elevado en caso de réplicas es aquel nivel que corresponde a un estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total.

SP-6. No considerado. - no corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual solo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales.

(Applied Technology Council, 1996)

Tabla 5
Niveles de desempeño – ATC 40

NIVEL	DESCRIPCIÓN
Operacional	Los daños estructurales son limitados y los daños en los sistemas y elementos no estructurales no impiden que la estructura continúe funcionando con normalidad después del sismo. Adicionalmente, las reparaciones que son necesarias no impiden la ocupación del edificio, por lo cual este nivel se asocia con el estado de funcionalidad.
Ocupación Inmediata	Corresponde al nivel de desempeño más utilizado para estructurales esenciales, como es el caso por ejemplo de los hospitales u colegios. Se espera que los diferentes espacios y



	sistemas de la estructura puedan seguir siendo utilizados después del sismo, a pesar de que pueden ocurrir algunos daños en los contenidos. Se mantiene la seguridad de los ocupantes.
Seguridad de vida	La probabilidad de pérdidas de vida humana es prácticamente nula. Este nivel corresponde al desempeño esperado de la estructura con aplicación de los códigos corrientes. Se presentan daños limitados en los elementos estructurales como acabados y fachadas, entre otros, puede fallar, sin que esto se ponga en peligro la seguridad de los ocupantes.
Estabilidad Estructural	El margen de seguridad del sistema resistente de cargas laterales se encuentra prácticamente al límite y la probabilidad del colapso ante la ocurrencia de posibles replicas es bastante alta, no obstante, el sistema de cargas verticales continúa garantizando la estabilidad del edificio, los daños no estructurales no requieren ser evaluados debido al elevado nivel de daños en los elementos estructurales. No se garantiza la seguridad de los ocupantes ni transeúntes, por lo que sugiere desalojar y, en algunos casos, demoler la estructura.

Obtenido de Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings, por Applied Technology Council, (1996)

Tabla 6

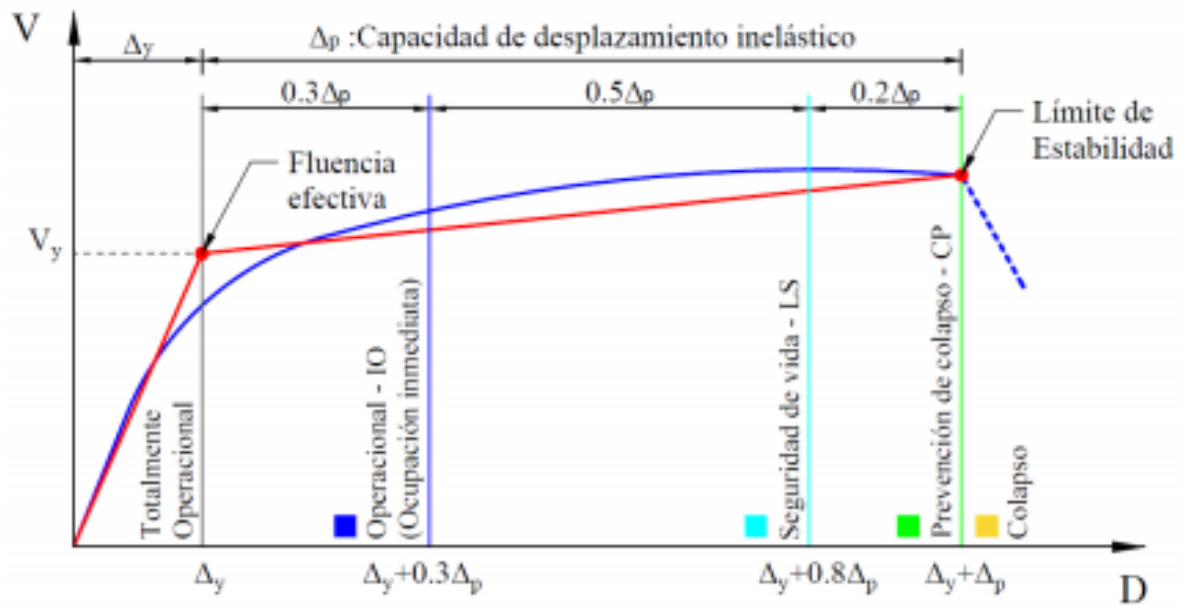
Niveles de Desempeño según ATC-40

	SP-1 Inmediata Ocupación	SP-2 Daño Controlado (rango)	SP-3 Segurida d	SP-4 Segurida d limitada	SP-5 Estabilidad Estructural	SP-6 No considerad o
NP-A Operacional	1-A Operacion al	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Inmediata Ocupación	1-B Inmediata Ocupación	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad	1-C	2-C	3-C Segurida d	4-C	5-C	6-C
NP-D Amenaza	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No Considerado	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad Estructural	No Aplicable

Obtenido de Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings, por Applied Technology Council, (1996)

Figura 46

Sectorización por niveles de desempeño de modelo bilineal de la curva capacidad



Obtenido de *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings*, por Applied Technology Council, (1996)

2.2.12 Demanda Sísmica de la Norma Técnica Peruana E030

La Norma Peruana E-030 define un espectro elástico de respuesta de aceleraciones correspondiente a un sismo catalogado como Sismo de Diseño. Este espectro se obtiene dibujando la aceleración espectral normada y el periodo de la estructura.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g \tag{9}$$

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \tag{10}$$

Teniendo el T_p según el tipo de suelo, y dando valores al periodo de la edificación se tiene, para cada tipo de suelo:



Figura 47
Interacción del Factor de Amplificación Sísmica (C) según el periodo

Suelo Rígido		Suelo Intermedio		Suelo Flexible	
Tp = 0.4		Tp = 0.6		Tp = 0.9	
T	C	T	C	T	C
0	2.5	0	2.5	0	2.5
0.05	2.5	0.05	2.5	0.05	2.5
0.1	2.5	0.1	2.5	0.1	2.5
0.15	2.5	0.15	2.5	0.15	2.5
0.2	2.5	0.2	2.5	0.2	2.5
0.25	2.5	0.25	2.5	0.25	2.5
0.3	2.5	0.3	2.5	0.3	2.5
0.35	2.5	0.35	2.5	0.35	2.5
0.4	2.5	0.4	2.5	0.4	2.5
0.45	2.22	0.45	2.50	0.45	2.50
0.5	2.00	0.5	2.50	0.5	2.50
0.55	1.82	0.55	2.50	0.55	2.50
0.6	1.67	0.6	2.50	0.6	2.50
0.65	1.54	0.65	2.31	0.65	2.50
0.7	1.43	0.7	2.14	0.7	2.50
0.75	1.33	0.75	2.00	0.75	2.50
0.8	1.25	0.8	1.88	0.8	2.50
0.85	1.18	0.85	1.76	0.85	2.50
0.9	1.11	0.9	1.67	0.9	2.50
0.95	1.05	0.95	1.58	0.95	2.37
1	1.00	1	1.50	1	2.25
1.05	0.95	1.05	1.43	1.05	2.14
1.1	0.91	1.1	1.36	1.1	2.05

Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

Asimismo, teniendo el Factor de Amplificación Sísmico iterado (C), se tiene:

Figura 48
Aplicación de la Aceleración Espectral según el tipo de suelo

Tp = 0.4			Tp = 0.6			Tp = 0.9		
T	Sax (m/s ²)	Say (m/s ²)	T	Sax (m/s ²)	Say (m/s ²)	T	Sax (m/s ²)	Say (m/s ²)
0	2.943	2.5225714	0	2.943	2.5225714	0	2.943	2.5225714
0.05	2.943	2.5225714	0.05	2.943	2.5225714	0.05	2.943	2.5225714
0.1	2.943	2.5225714	0.1	2.943	2.5225714	0.1	2.943	2.5225714
0.15	2.943	2.5225714	0.15	2.943	2.5225714	0.15	2.943	2.5225714
0.2	2.943	2.5225714	0.2	2.943	2.5225714	0.2	2.943	2.5225714
0.25	2.943	2.5225714	0.25	2.943	2.5225714	0.25	2.943	2.5225714
0.3	2.943	2.5225714	0.3	2.943	2.5225714	0.3	2.943	2.5225714
0.35	2.943	2.5225714	0.35	2.943	2.5225714	0.35	2.943	2.5225714
0.4	2.943	2.5225714	0.4	2.943	2.5225714	0.4	2.943	2.5225714
0.45	2.616	2.2422857	0.45	2.943	2.5225714	0.45	2.943	2.5225714
0.5	2.3544	2.0180571	0.5	2.943	2.5225714	0.5	2.943	2.5225714
0.55	2.1403636	1.8345974	0.55	2.943	2.5225714	0.55	2.943	2.5225714
0.6	1.962	1.6817143	0.6	2.943	2.5225714	0.6	2.943	2.5225714
0.65	1.8110769	1.5523516	0.65	2.7166154	2.3285275	0.65	2.943	2.5225714
0.7	1.6817143	1.4414694	0.7	2.5225714	2.1622041	0.7	2.943	2.5225714
0.75	1.5696	1.3453714	0.75	2.3544	2.0180571	0.75	2.943	2.5225714
0.8	1.4715	1.2612857	0.8	2.20725	1.8919286	0.8	2.943	2.5225714
0.85	1.3849412	1.1870924	0.85	2.0774118	1.7806387	0.85	2.943	2.5225714
0.9	1.308	1.1211429	0.9	1.962	1.6817143	0.9	2.943	2.5225714
0.95	1.2391579	1.0621353	0.95	1.8587368	1.593205	0.95	2.7881055	2.3898045
1	1.1772	1.0090286	1	1.7658	1.5135429	1	2.6487	2.2703143
1.05	1.1211429	0.9609796	1.05	1.6817143	1.4414694	1.05	2.5225714	2.1622041
1.1	1.0701818	0.9172987	1.1	1.6052727	1.3759481	1.1	2.4079091	2.0639221

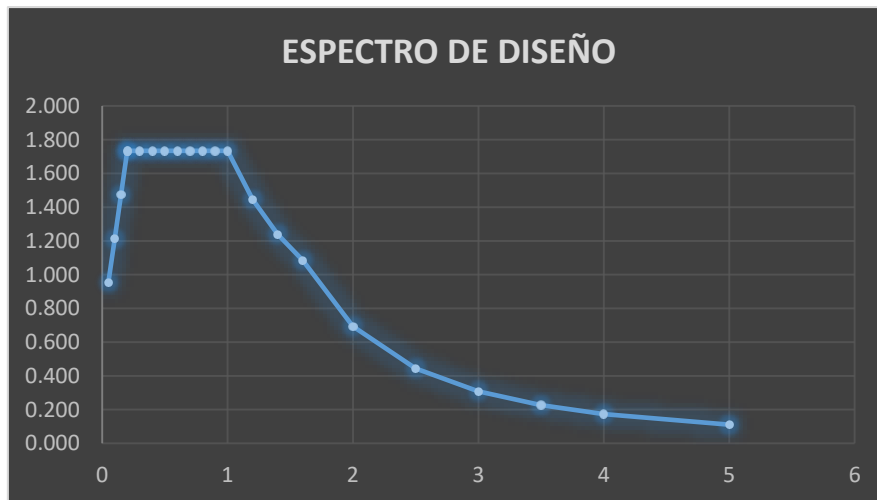
Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

Por último, al graficar la aceleración espectral (dependiendo del sentido del sismo) y su respectivo periodo, se obtiene la siguiente gráfica llamada espectro de aceleración:



Figura 49

Forma del Espectro de Aceleración Norma E-030



“Por otro lado, para los diversos sismos (frecuente, ocasional, raro y muy raro), se deben tener distintas formas espectrales para nuestro país, de acuerdo a la teoría del desempeño” (Paredes, 2016).

El Doctor Roberto Aguiar propone tres sismos para realizar los análisis de desempeño ya que nuestra norma actual solo propone un tipo de espectro: (Aguiar, 2008)

- Para el Sismo Frecuente, se propone obtener espectros para un valor de aceleración igual al que está en la norma para el sismo raro dividido para tres.
- Para el Sismo Ocasional, es muy adecuado utilizar la recomendación de Guendelman (2002), que consiste en multiplicar el espectro del sismo frecuente por 1.3.
- Finalmente, para el Sismo Muy Raro, se propone multiplicar el espectro elástico por 1.4.

2.2.13 Consideraciones especiales para la idealización de la estructura en ETABS V.18

2.2.13.1 El método de los elementos finitos

Para entender cómo es que ETABS realiza el cambio de rigidez en función del incremento de la fuerza horizontal y la mecánica con la cual trabaja dicho software computacional tenemos que hablar de lo que son los elementos finitos.

Rescatando lo mencionado en el manual de (CSI, 2017):

La mayoría de los fenómenos físicos pueden ser modelados o plasmados mediante una serie de ecuaciones diferenciales que describan las condiciones iniciales y de contorno. En la mayoría de los problemas ingenieriles no es posible obtener una solución exacta al sistema de



ecuaciones. Es así que el uso de métodos que nos permitan encontrar resultados numéricos próximas a la realidad se hacen cada vez más necesarios.

Éste método es uno de los más usados en ingeniería y física para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales. Aunque puede usarse en cálculos a mano, es cuando se utilizan computadoras cuando permite la resolución de problemas sobre geometrías complicadas.

El método de elementos finitos es un método de aproximación de problemas continuos de forma que:

- Se aproxima la geometría (discretización física). El medio continuo se divide en un número finito de partes, o elementos, cuyo comportamiento se define mediante un número finito de parámetros asociados a ciertos puntos característicos, denominados nodos. Los nodos son los puntos de unión entre elementos adyacentes.
- La solución del sistema completo sigue las reglas de los problemas discretos. El conjunto se forma por el ensamblaje de los elementos.
- Las incógnitas del problema dejan de ser funciones matemáticas y se aproximan por el valor de la función en los nodos (discretización matemática).
- El comportamiento dentro de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las llamadas funciones de forma (o de interpolación).

Es así que la denominada discretización del modelo es la que transforma un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado. Se produce a su vez una discretización matemática donde las interrogantes del problema se aproximan en cada elemento por combinaciones de funciones de pequeño soporte definidas en los nodos del mismo, así se reducen las variables al conocimiento de un número determinado y finito de puntos (CSI, 2017).

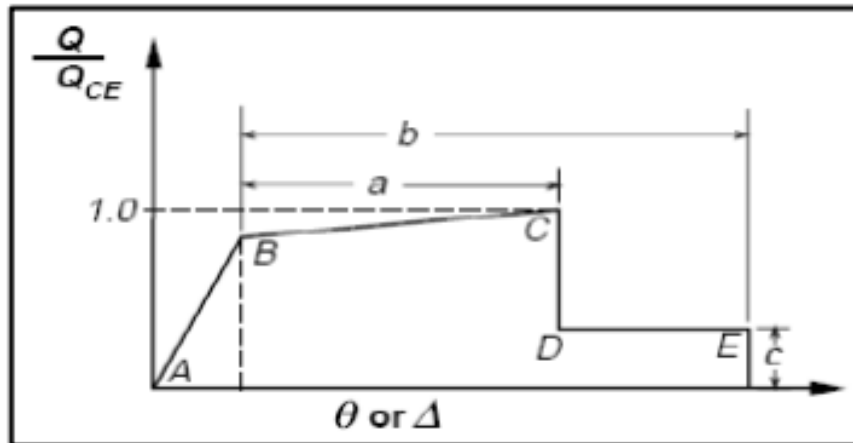
2.2.13.2 Modelamiento no Lineal de Vigas y Columnas

Cada sección de elemento estructural debe ser introducida en el modelado, así como su incursión en el rango inelástico para lograr el modelamiento total de la estructura, para esto, el programa requiere la relación del diagrama momento-curvatura por cada sección de viga y por cada tipo de columna. Asimismo, el programa CSI ETABS tiene una opción para generar rótulas plásticas automáticamente. Ésta generación de rótulas se basa en modelos dados por el FEMA, los cuales nacen de ensayos de diversas configuraciones de armados y dimensiones de elementos estructurales, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 50

Diagrama Generalizado Momento - Curvatura dado por FEMA



Obtenido de Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, por Federal Emergency Management Agency, (2005)

En la figura anterior se puede observar una idealización del momento-giro real, donde la pendiente de AB es elástica, el punto de fluencia es el punto B, el tramo BC la pendiente de endurecimiento (puede considerarse entre 0 y 10% de la pendiente elástica), la degradación significativa de la resistencia la encontramos en el tramo CD, el tramo DE la reducción sustancial de resistencia y finalmente el punto E la pérdida total de resistencia. El tipo de elemento estructural y del comportamiento que este tenga servirá para realizar una idealización cercana a la realidad, para esto, el FEMA establece tablas donde se pueden encontrar los puntos notables mencionados.



Figura 51

Parámetros numéricos aceptables para modelar el comportamiento No Lineal de vigas

Conditions		Modeling Parameters ³			Acceptance Criteria ³					
		Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle, radians					
					Performance Level					
		a	b	c	IO	Primary		Secondary		
LS	CP					LS	CP			
I. Beams controlled by flexure¹										
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Trans. Reinf. ²	$\frac{V}{b_w d_s \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.01

Obtenido de Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, por Federal Emergency Management Agency, (2005)

Figura 52

Parámetros numéricos aceptables para modelar el comportamiento No Lineal de Columnas

Conditions		Modeling Parameters ⁴			Acceptance Criteria ⁴					
		Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle, radians					
					Performance Level					
		a	b	c	IO	Primary		Secondary		
LS	CP					LS	CP			
I. Columns controlled by flexure¹										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	Trans. Reinf. ²	$\frac{V}{b_w d_s \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.1	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.015	0.02	0.02	0.03
≤ 0.1	C	≥ 6	0.016	0.024	0.2	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	C	≤ 3	0.015	0.025	0.2	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	C	≥ 6	0.012	0.02	0.2	0.003	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.006	0.015	0.2	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.005	0.012	0.2	0.005	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.003	0.01	0.2	0.002	0.002	0.003	0.006	0.01
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.008	0.2	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008

Obtenido de Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, por Federal Emergency Management Agency, (2005)

Según las figuras N°51 y N°52, para que se realice una adecuada idealización no lineal del material es necesario conocer la cuantía de acero de refuerzo de los elementos en tracción y compresión en el caso de las vigas, y el diagrama de interacción en el caso de las columnas.

2.2.13.3 Modelamiento no Lineal de Muros de Corte

Al momento de hallar el comportamiento no lineal en muros utilizando el programa ETABS se presenta una limitación, y es que este comportamiento está limitado únicamente a elementos que conforman un pórtico (elementos “frame”).

Es así que nace la necesidad de evaluar alternativas de idealización para los muros de corte y poder realizar un análisis Pushover que otorgue resultados próximos a la respuesta real de la estructura “Residencial Amauta III”, por ello, en ésta investigación evaluaremos tres alternativas de esquemas mecánicos rescatados de antecedentes de la investigación y con las cuáles podremos realizar un análisis comparativo de los resultados en el nivel de desempeño de la estructura.

2.2.13.3.1 El muro estructural y su definición en software

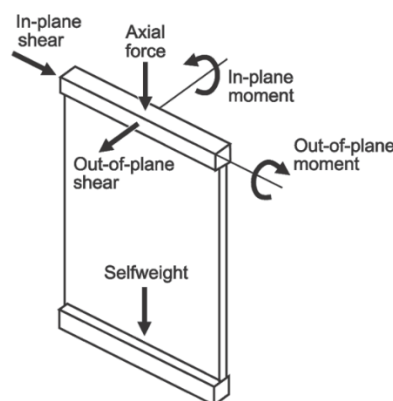
El manual de usuario elaborado por CSI menciona:

Un muro estructural está destinado primordialmente a absorber un determinado porcentaje de cortante basal. Los muros constituyen una parte principal de la resistencia del sistema a fuerzas laterales por que definen el sistema y consecuentemente el grado de ductilidad que se debe obtener de acuerdo a cada código de diseño de cada país.

(CSI, 2017)

Figura 53

Fuerzas en un Muro Estructural



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)



Según el *ACI 318 2014*:

Es el elemento que otorga resistencia frente a la combinación de fuerza axial, cortante y momento en su plano, en su defecto un muro estructural y un muro de corte son sinónimos.

En nuestra *NTE E.060* encontramos las siguientes definiciones:

- **Muro Estructural:** Elemento vertical que resiste cargas axiales por gravedad y cargas perpendiculares a su plano que provienen generalmente por empujes laterales.
- **Muro de Corte o Placa:** Es diseñado para resistir la combinación de fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales que son ocasionadas por cargas laterales.

En la *NTE E.070* de Albañilería encontramos una definición que combina de cierta manera las definiciones de la NTE E.060.

El *ASCE/SEI 7-10* define también un Muros Estructural como aquel que reúne las definiciones de Muro Portante o Muro de Corte que se describen a continuación:

a) Muro Portante (Bearing Wall): Cualquier muro que reúne las siguientes características:

- Cualquier muro metálico o de madera que soporta más de 100 lb/ft de carga vertical en adición a su peso propio.
- Cualquier muro de concreto o mampostería que soporta más de 200 lb/ft de carga vertical en adición a su peso propio.

b) Muro de Corte (Shear Wall): Muro portante o no portante diseñado para resistir fuerza lateral actuando en el plano del muro.

La propiedad Thickness contiene dos formulaciones, cada una para un propósito específico de cálculo de acuerdo con el comportamiento indicado.

Espesor de Membrana (Membrane), th :

Permite el cálculo de la rigidez del elemento para comportamiento de Membrana, esto es, que con este espesor ETABS calculará las rigideces a fuerzas axiales y a través de su plano: $f11$, $f22$ y $f12$. Además, se calculará el volumen del elemento, su peso propio y masa.

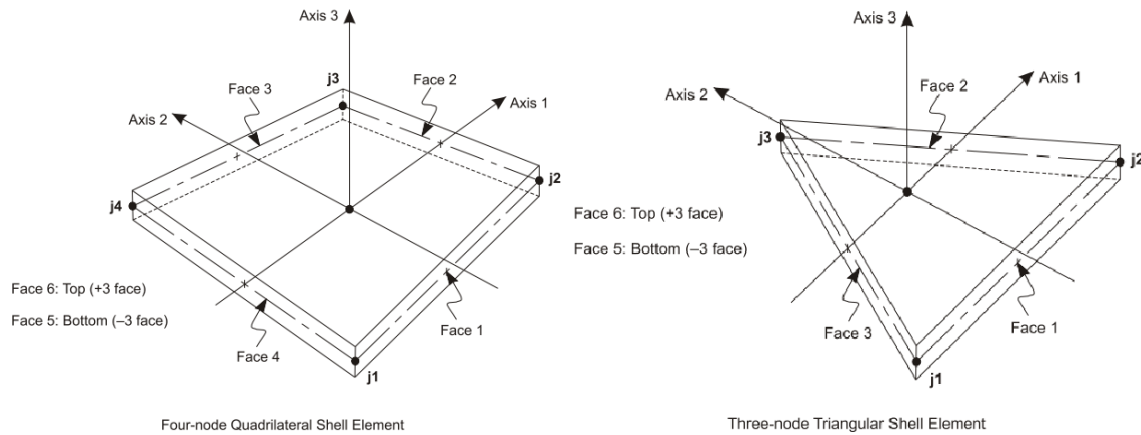


Espesor para Flexión (Bending), thb :

Permite calcular la rigidez a flexión fuera o a lo largo de su plano y cortante fuera de su plano: $m11$, $m22$, $m12$, $v13$ y $v23$.

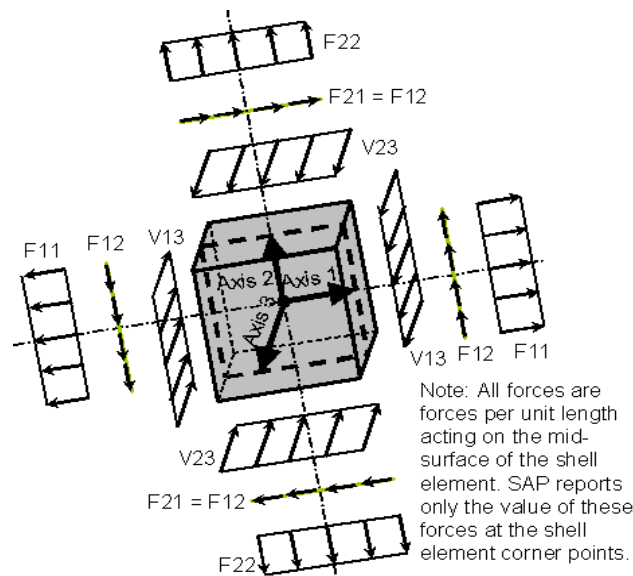
La Figura N°54 nos muestra la forma en cómo se disponen los puntos de un elemento Shell para generar el objeto área utilizado para modelar nuestro muro.

Figura 54
Definición de caras y conectividades de puntos en Elementos Área



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

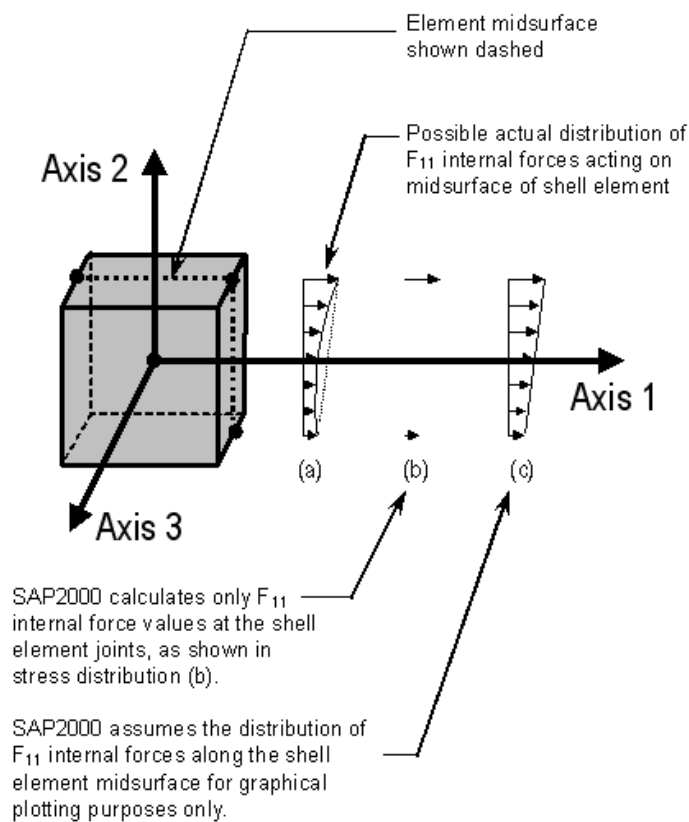
Figura 55
Fuerzas resultantes en Elemento Finito reportados por SAP2000 y ETABS.



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

Tanto SAP2000 como ETABS nos muestran los resultados de las fuerzas internas en unidades de fuerza por unidad de longitud del elemento finito; la disposición de resultados y manera de leer los resultados se muestra en las Figuras N°54 y N°55.

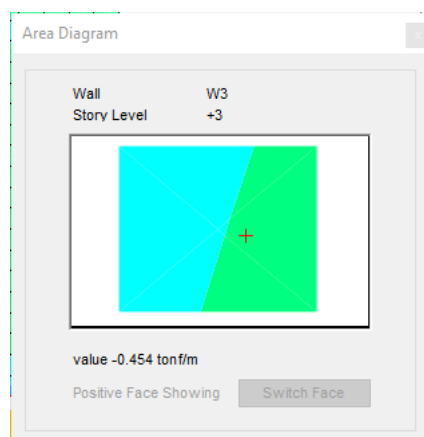
Figura 56
Lectura de resultados en Elemento Finito.



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

La Figura N°56 muestra la manera más sencilla de visualizar los resultados por Elemento Finito en ETABS. Para poder ver los resultados de forma más precisa es necesario recurrir a las Tablas en ambos programas.

Figura 57
Resultados por Elemento Finito en SAP2000 & ETABS.



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

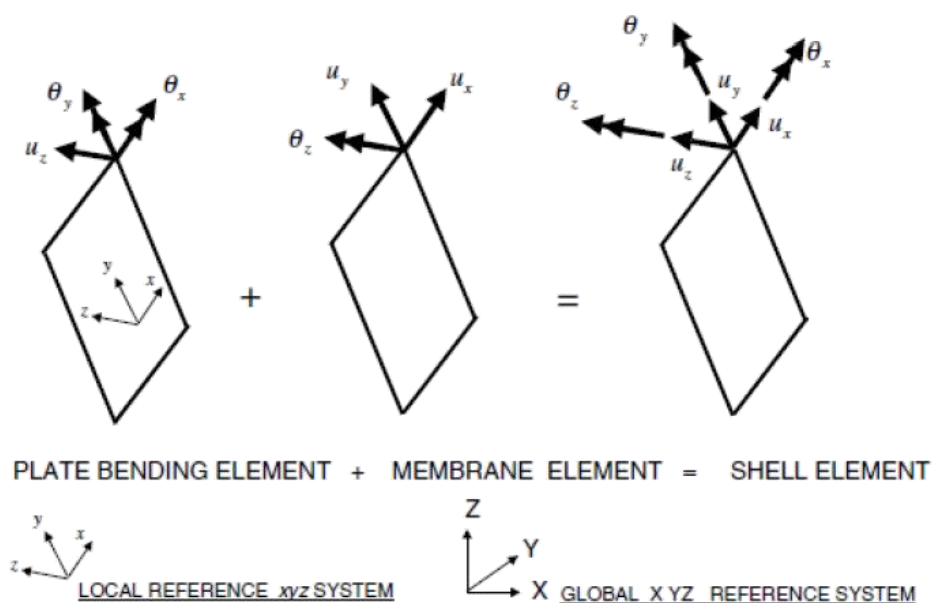
2.2.13.3.2 Esquema Mecánico “A”: Elementos tipo Shell(fibra)

El manual de usuario elaborado por CSI a su vez describe:

ETABS o SAP2000 trabajan a través de un elemento tipo superficie, denominado Elemento Shell (Shell Element). Todos los productos de (CSI, 2017), Computer and Structures, trabajan mediante el Método de Elementos Finitos, MEF, originalmente introducido por Turner en 1956, que es una técnica computacional para soluciones aproximadas de una variedad de problemas de ingeniería del mundo real que tienen complejo dominio sujeto a condiciones generales de borde. (CSI, 2017)

Figura 58

Formulación del Elemento Shell (Tomado de Wilson, 1995)



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

Los elementos Shell combinan los comportamientos de Membrana y Placa que se describen a continuación:

Elemento Membrana (Membrane)

- Comportamiento puro de membrana
- Soporta solamente fuerzas en su plano y momentos normales a su plano
- Solamente para material homogéneo



Elemento Placa (Plate)

- Comportamiento puro de placa
- Soporta solamente momentos flectores y fuerzas transversales
- Permite formulación de Placa Delgada (Thin-Plate) o Gruesa (Thick-Plate)
- Su definición aplica a material homogéneo

En cuanto a la formulación del espesor:

Placa Delgada:

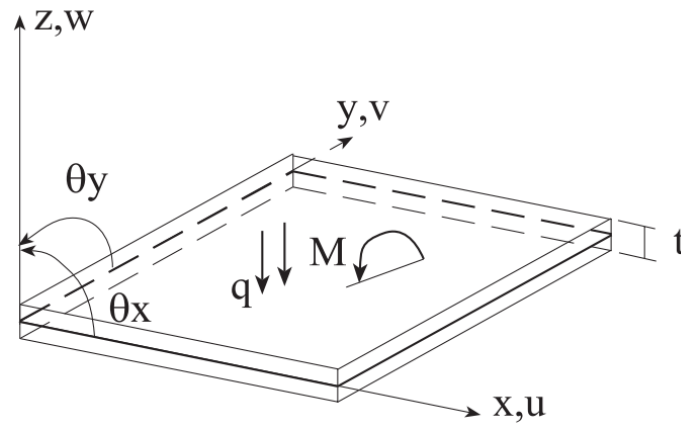
Tiene en cuenta solamente las deformaciones por flexión despreciando el efecto del esfuerzo cortante. Se consideran las hipótesis de Kirchhoff. Se establece que esta condición se da cuando $t/L \leq 0.05$.

Placa Gruesa:

Tiene en cuenta las deformaciones por flexión y del esfuerzo cortante. Considera las hipótesis de Mindlin – Reissner. Esta condición se da cuando $0.10 \leq t/L \leq 0.25$.

En ambas condiciones, t , representa el espesor del elemento y, L , la longitud del elemento en dirección de la flexión.

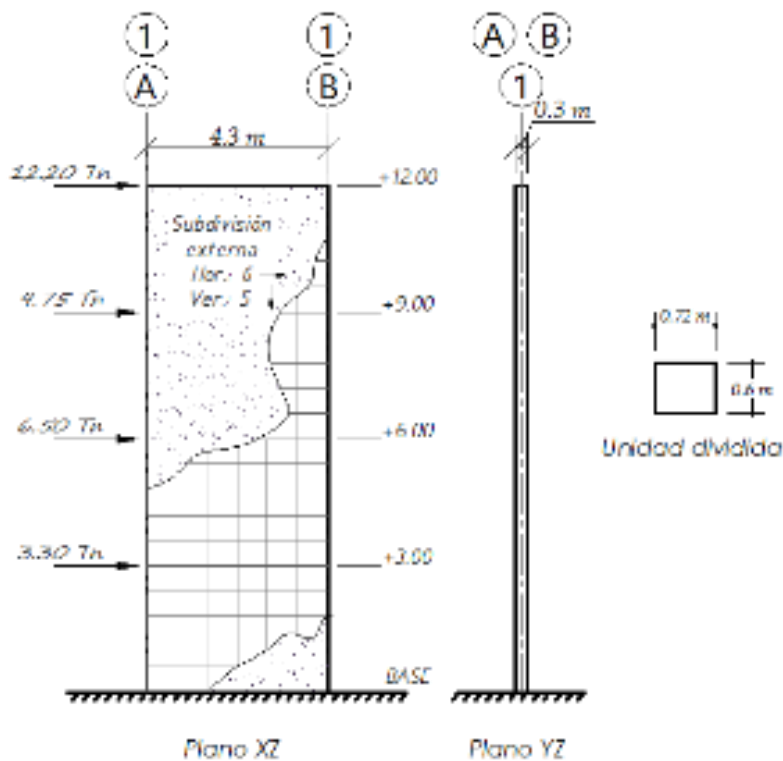
Figura 59
Elemento Placa sometido a Flexión.



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

De acuerdo con estas definiciones se busca calcular los componentes principales de fuerzas internas en muros desde los resultados obtenidos del análisis realizado en ambos softwares.

Figura 60
Vistas y discretización del muro en investigación.



Obtenido de Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures INC (CSI, 2017)

La aplicación de esta alternativa de idealización rescatada de la tesis elaborada por (Cárdenas & Valeria, 2016) denominada: “Comparación técnica de estructuras metálicas, analizadas

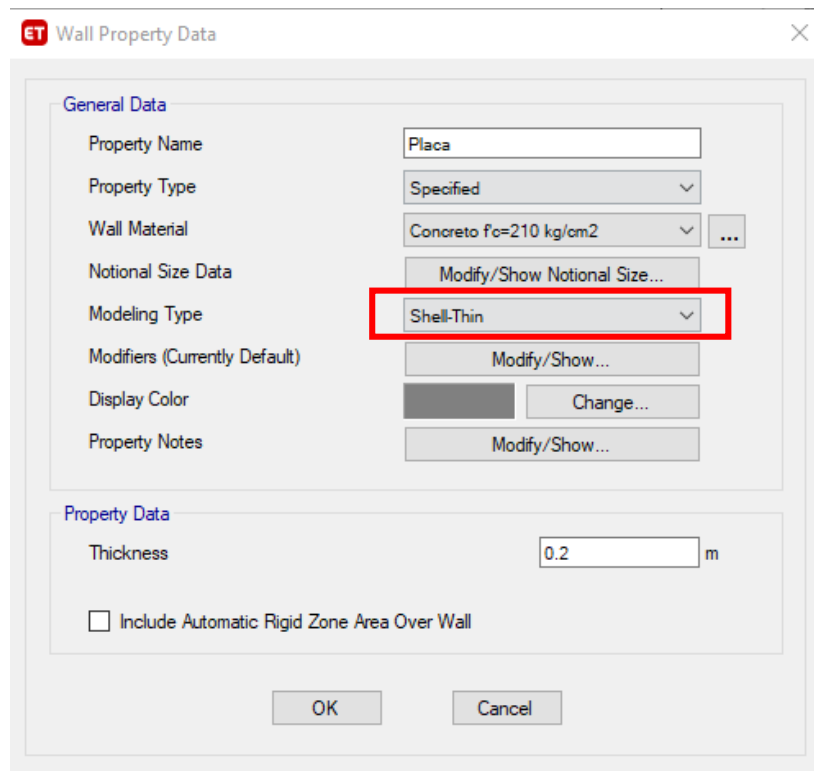


mediante el método lineal de segundo orden y análisis estático no lineal (pushover)”, describe a continuación:

Todas las placas del edificio en estudio serán modelados como elementos tipo Shell(fibra) en donde el software ETABS permite asignar una rótula plástica a este tipo de elementos en el centro del mismo y así poder simular el comportamiento no lineal de un muro de corte.

A continuación, se describe un breve ejemplo de modelado de un pórtico simple utilizando estos tipos de muro:

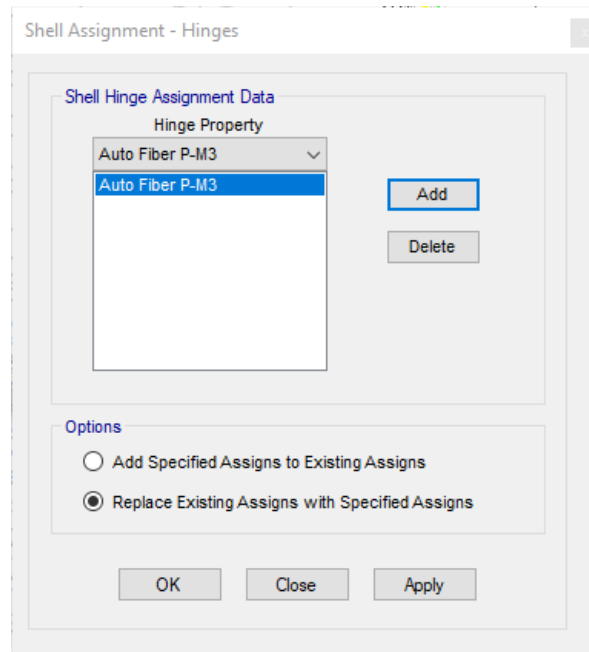
Figura 61
Modelamiento de muros de tipo Shell(cáscara)



Obtenido de ETABS v.18

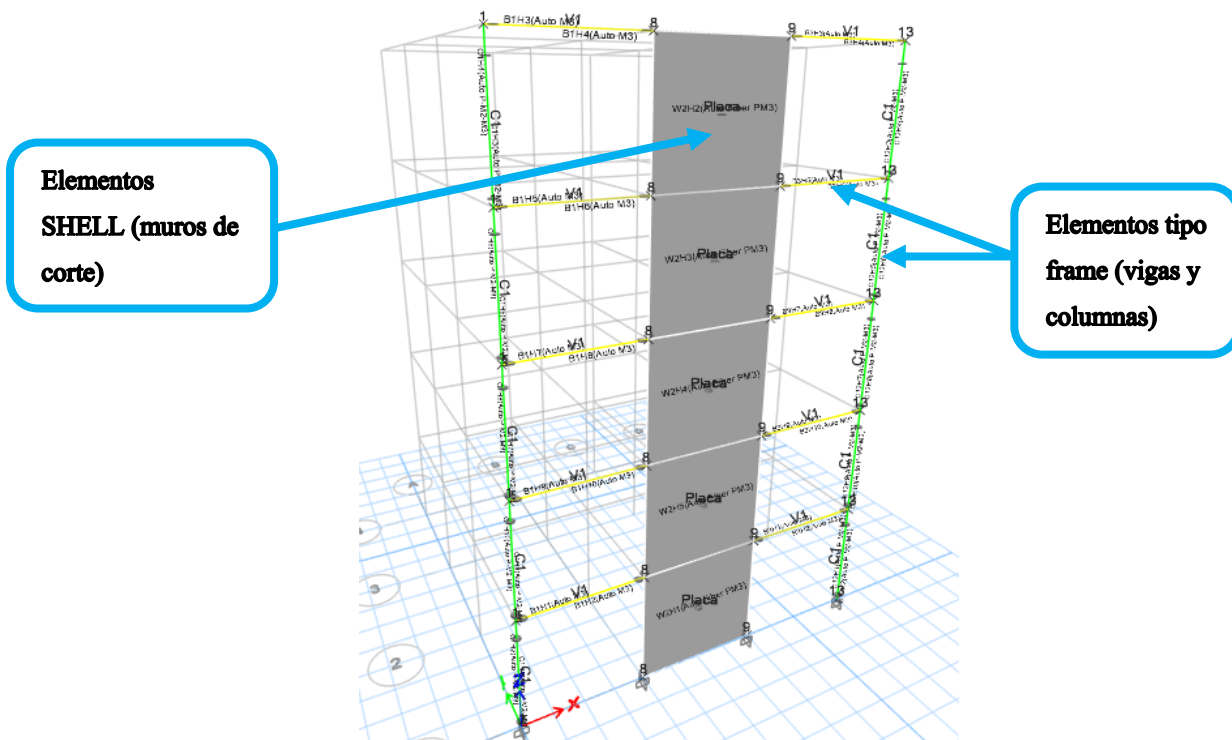


Figura 62
Asignación automática de Rótulas plásticas a muros de tipo Shell(cáscara)



Obtenido de ETABS v.18

Figura 63
Rótulas plásticas asignadas a elementos tipo Shell(cáscara)



Obtenido de ETABS v.18

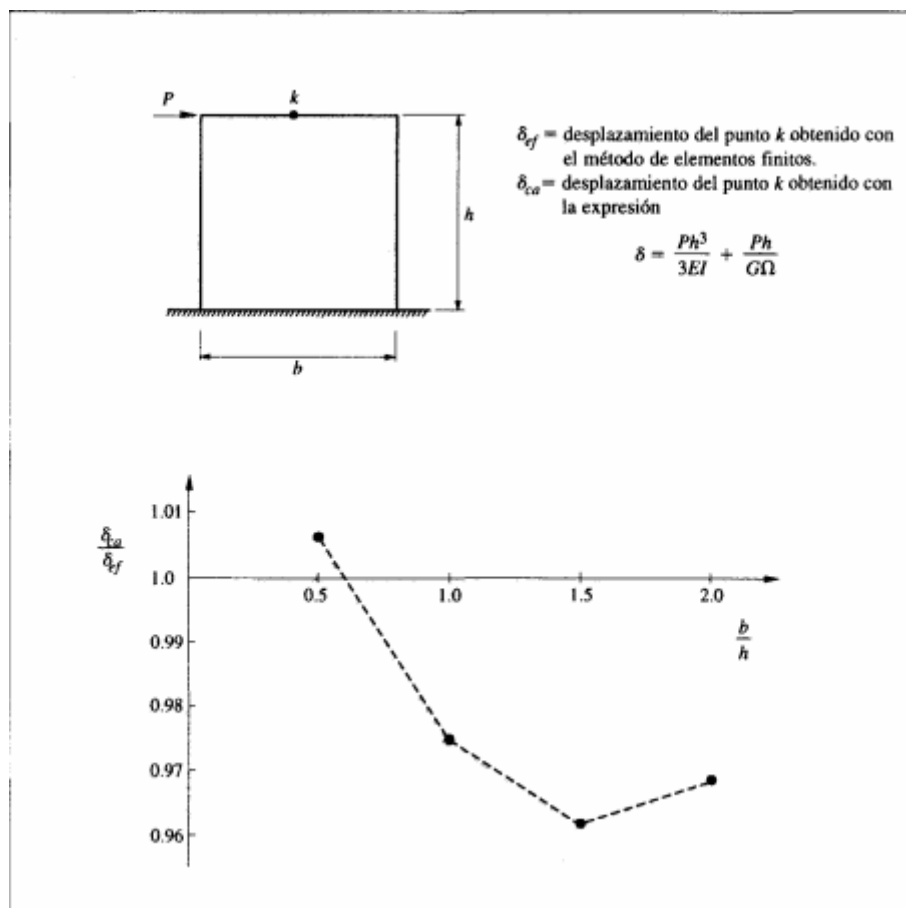
2.2.13.3.3 Esquema Mecánico “B”: Viga con brazo rígido (columna ancha)

Bazán & Meli describen:

Aceptando la hipótesis de comportamiento elástico lineal, las deformaciones de un muro ante cierto sistema de cargas en su plano deben calcularse con los métodos y teorías de la elasticidad. Además de las propiedades elásticas del material (como módulos de elasticidad, de cortante y de Poisson), hay que tomar en cuenta la magnitud y distribución de las cargas, la geometría del muro y la forma en que está apoyado. Permite obtener soluciones numéricas con la precisión que se desee. (Bazán & Meli, 2014)

Figura 64

Comparación entre resultados de los métodos de elementos finitos y columna ancha.



Obtenido de Diseño sísmico de Edificios por Bazán & Meli (2014)



Sin embargo, para muros empotrados en su base y sujetos a una carga lateral en su extremo superior P , como se muestra en la figura 66, el desplazamiento lateral del extremo cargado δ , se puede calcular con bastante precisión con la expresión:

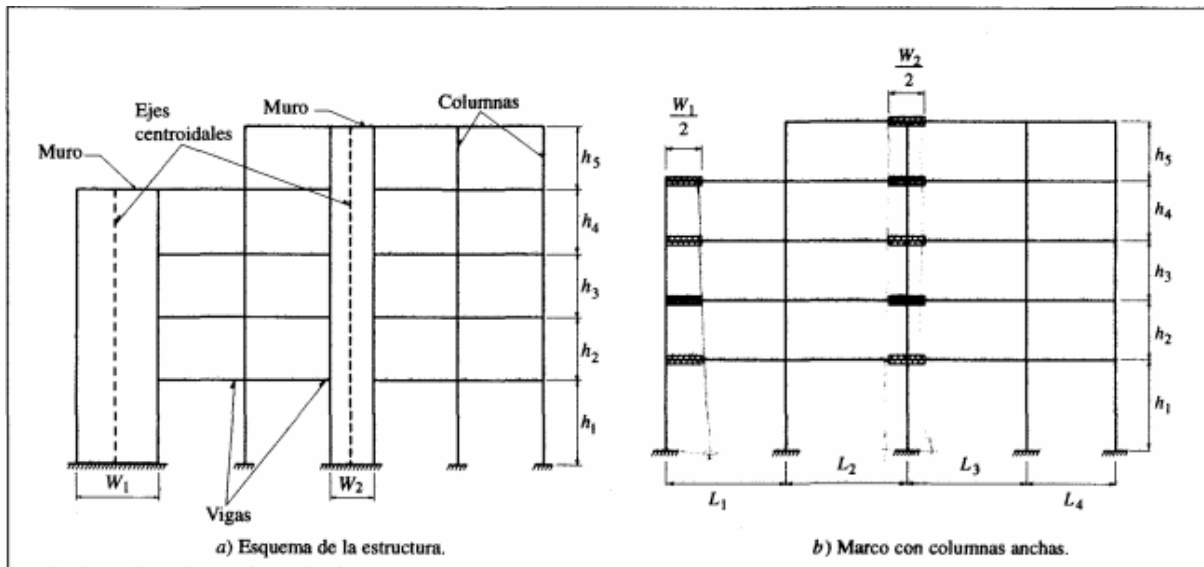
$$\delta = (P \cdot h^3)/(3EI) + P \cdot h/(G \cdot \Omega) \quad (11)$$

Donde h es la altura del muro, I y Ω son el momento de inercia y el área efectiva de cortante de su sección transversal, E es el módulo de elasticidad y G el de cortante.

Para fines prácticos es suficiente calcular las deformaciones laterales de muros aislados con procedimientos de resistencia de materiales que consideren los efectos tanto de flexión como de cortante. Se denomina columna ancha a un miembro así analizado para distinguirlo de las columnas normales en que sólo son importantes las deformaciones por flexión. Para analizar sistemas de muros y muro-marco se considera cada muro como una columna ancha con sus propiedades concentradas en su eje centroidal y se supone que las zonas de las vigas que se encuentran dentro de los muros son infinitamente rígidas a flexión. Esto se ilustra en la figura 67, y tiene la ventaja de que los sistemas con muros se idealizan como estructuras esqueléticas, lo mismo que los marcos. (Bazán & Meli, 2014)

Figura 65

Sistema marco muro con columnas anchas



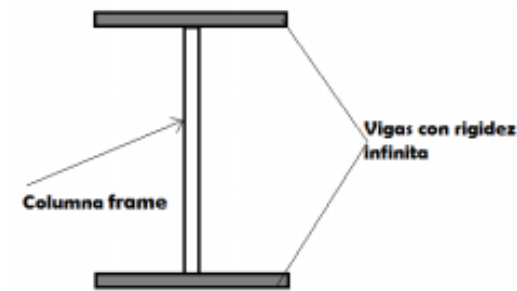
Obtenido de *Diseño sísmico de Edificios* por Bazán & Meli (2014)

Esta alternativa de idealización la rescatamos del antecedente elaborado por (Paredes, 2016) titulado: “Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover”, que se describe a continuación:

La técnica utilizada para realizar el modelamiento de los muros de corte es conocida como: viga con brazo rígido, las placas del edificio en sus totalidad son modeladas con ésta técnica como un equivalente a elementos de tipo “frame”.

Cuando existe la necesidad de modelar elementos alargados como los de tipo área se utiliza éste modelo, se trabaja con un tipo de columna ancha y en los encuentros de éstas columnas con las demás vigas del pórtico se grafican vigas a las cuáles se les asigna una rigidez infinita; de tal manera que, al aplicarse las fuerzas, éste responda de forma semejante a como lo haría una estructura analizada con muros de tipo Shell. La figura N°66 ejemplifica lo explicado. La aplicación de la rigidez infinita en las vigas es la de simular la rigidez del muro.

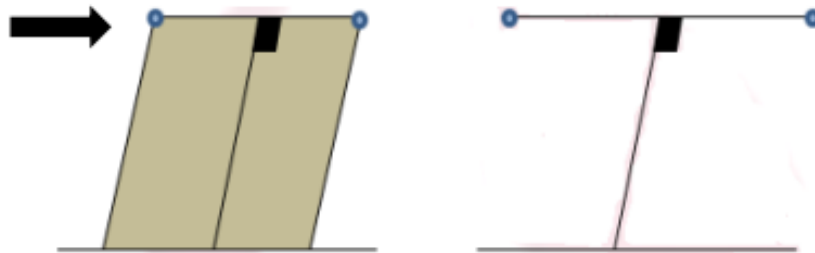
Figura 66
Modelado de muros como columna ancha.



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

En la siguiente figura se muestra el concepto de la rigidez infinita antes mencionado:

Figura 67
Modelo de muros Shell y columna ancha.

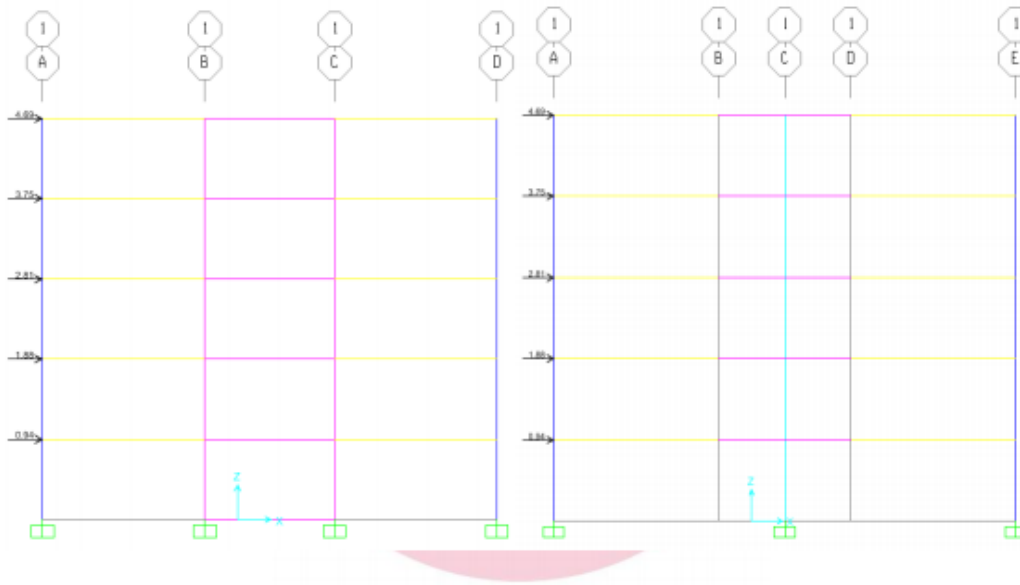


Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

En la figura N° 67 se observan los puntos azules los cuales representan la conexión con las vigas, en este modelo de columna ancha la asignación de rigidez infinita a las vigas sirve para conectar con el resto de vigas del edificio. Dicha rigidez infinita en el modelo de columna frame se asemejará a las características de un muro que haya sido modelado con elementos de tipo Shell y su comportamiento ante solicitaciones sísmicas. Se realizó una pequeña verificación de la estructura modelada con muros de corte y con elementos de columna ancha.

Figura 68

Modelo de muros Shell y columna ancha para demostración

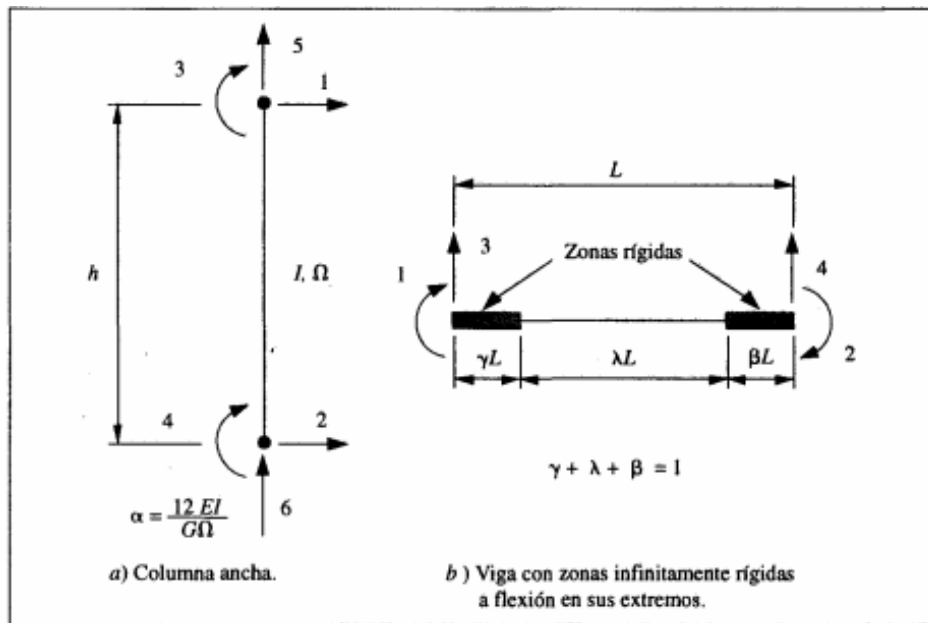


Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover, por Paredes,(2016)

Las deformaciones por cortante en las columnas y las zonas rígidas en las vigas modifican las respectivas matrices de rigideces. Con referencia a los grados de libertad y notación mostrados en la figura N°68, la matriz para las columnas anchas se escribe:

Figura 69

Grados de libertad para columnas y vigas en el método de la columna ancha



Obtenido de Diseño sísmico de Edificios por Bazán & Meli (2014)

Figura 70

Matriz de solución del método de columna ancha

$$\left[\begin{array}{ccc} 12EI(a h^3) & & \text{simétrica} \\ -12EI(a h^3) & 12EI(a h^3) & \\ -6EI(a h^2) & 6EI(a h^2) & (4+\alpha)EI(a h) \\ -6EI(a h^2) & 6EI(a h^2) & (2-\alpha)EI(a h) & (4+\alpha)EI(a h) \\ & & EA/h & \\ & & EA/h & -EA/h \end{array} \right]$$

siendo $a = 1 + \alpha$, y $\alpha = 12 EI / (G\Omega)$.

Para las vigas con zonas rígidas en sus extremos:

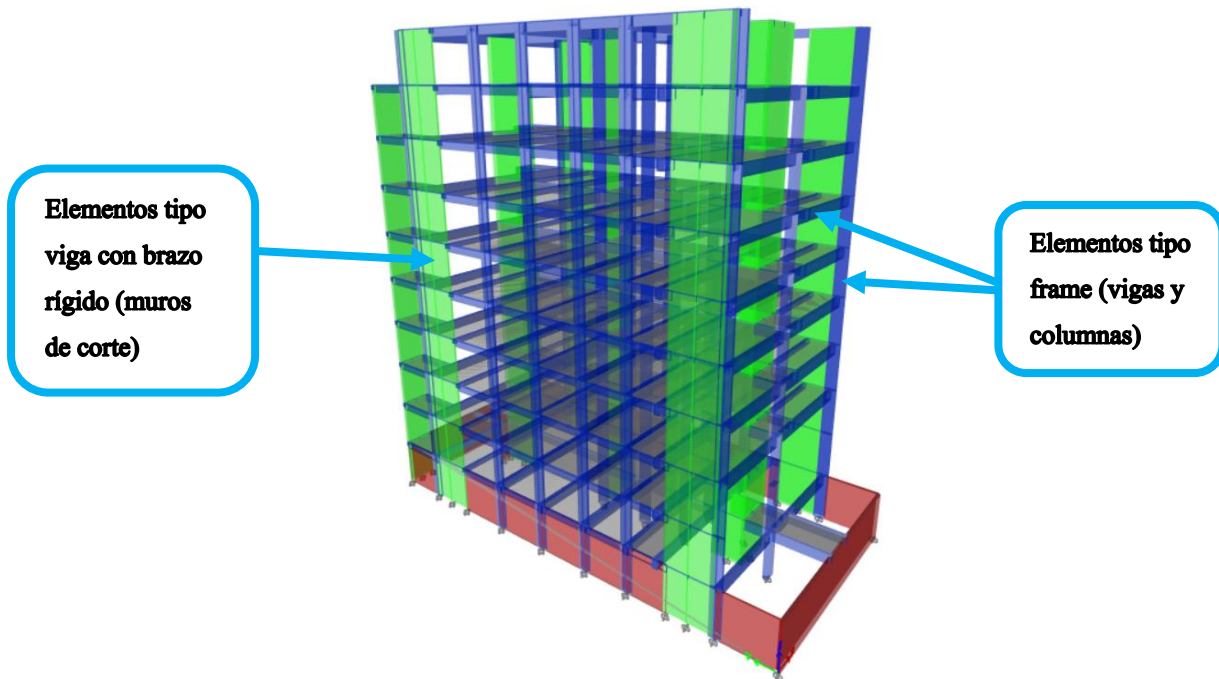
$$EI(\lambda L) \left[\begin{array}{ccc} 4 + 12g(1+g) & & \text{simétrica} \\ 2 + 6(g+b) + 12gb & 4 + 12b(1+b) & \\ -6(1+2g)/(\lambda L) & 6(1+2b)/(\lambda L) & 12/(\lambda L)^2 \\ 6(1+2g)/(\lambda L) & -6(1+2b)/(\lambda L) & -12/(\lambda L)^2 & 12/(\lambda L)^2 \end{array} \right]$$

donde $g = \gamma/\lambda$ y $b = \beta/\lambda$.

Obtenido de *Diseño sísmico de Edificios por Bazán & Meli (2014)*

Figura 71

Ejemplo de Esquema Mecánico de vigas con brazo rígido para muros de corte



Obtenido de ETABS.V.18

2.2.13.3.4 Esquema Mecánico “C”: Muros de corte tipo “LAYER”

Según lo mencionado por (Mendoza & Rivera, 2020) nos dicen que:

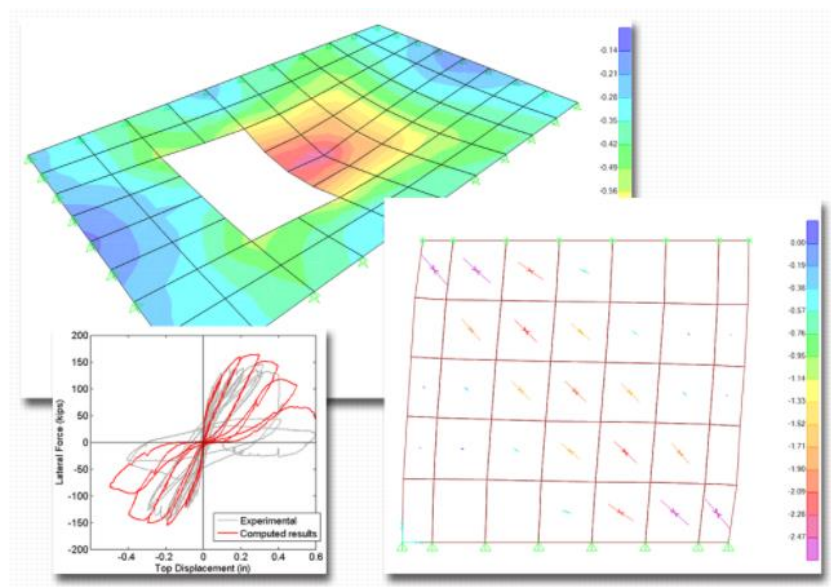
Al existir una distribución uniforme en el muro se puede asumir como una placa única, pero si por el contrario se tiene una distribución distinta en el alma que en la distribución interior se crean diferentes secciones para que una represente el miembro de borde y otra que mostrará la distribución dentro del muro.

Del manual elaborado por (CSI, 2017) se rescata que:

Se modela los muros de una manera layer para asignar los diámetros de acero longitudinales distribuidos en toda la placa y los aceros transversales, esos datos se colocan en el el programa. Este tipo de elemento indica la compresión en el hormigón, fisuración y comportamiento al corte, para la acción simultánea de cargas monotónicas y cíclicas. Es posible aún ter en cuenta la inclinación de las fisuras. (CSI, 2017)

Figura 72

Resultados para elementos Layered -Shell



Obtenido de ETABS.V.18

El elemento “layered” permite definir cualquier número de capas en la dirección de espesor, cada una con una ubicación, espesor, material y material independientes. El material puede ser no lineal.



La formación de membranas dentro de cada capa utiliza un método de proyección de deformación (Hughes,2000.) Los desplazamientos en el plano son cuadráticos. A diferencia de la cáscara homogénea, los grados de “perforación” de dominio libre no se utilizan y no deben cargarse. Estas rotaciones normales al plano del elemento sólo están unidas de manera suelta a la estructura de cuerpo rígido rotación del elemento para prevenir la inestabilidad.

Para girar, se usa la formulación Mindlin / Reissner que siempre incluye cizalla inversa para deformaciones. Los desplazamientos fuera del plano son cuadráticos y son consistentes con los desplazamientos en el plano.

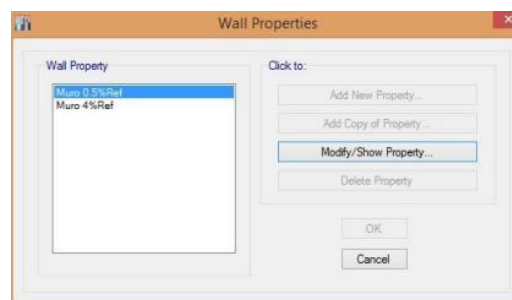
El caparazón estratificado usualmente representa un caparazón completo, aunque se puede controlar esto sobre una base de capa por capa. A menos que la capa sea completamente simétrica en el lado más grueso. Se acoplarán la dirección de la sensibilidad, el comportamiento de la membrana y la placa. (CSI, 2017)

Ésta alternativa de idealización la rescatamos del antecedente elaborado por (Fuentes,2018) “Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal “pushover” que se describe a continuación:

La no linealidad del muro lo encontramos en el material y la sección, para este caso usaremos la no linealidad en LAYER.

Una vez efectuado la no linealidad del material crearemos dos tipos de muros para la aplicación de LAYER como se muestran a continuación con las cuantías requeridas mencionadas, para luego asignarlas al modelo.

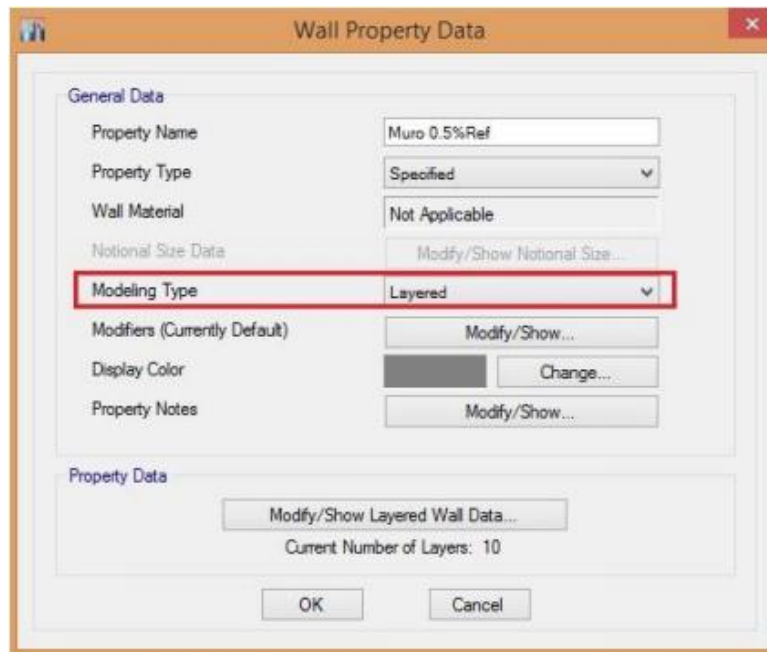
Figura 73
Creación de propiedades para muros



Obtenido de Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal pushover,por Fuentes,(2018)

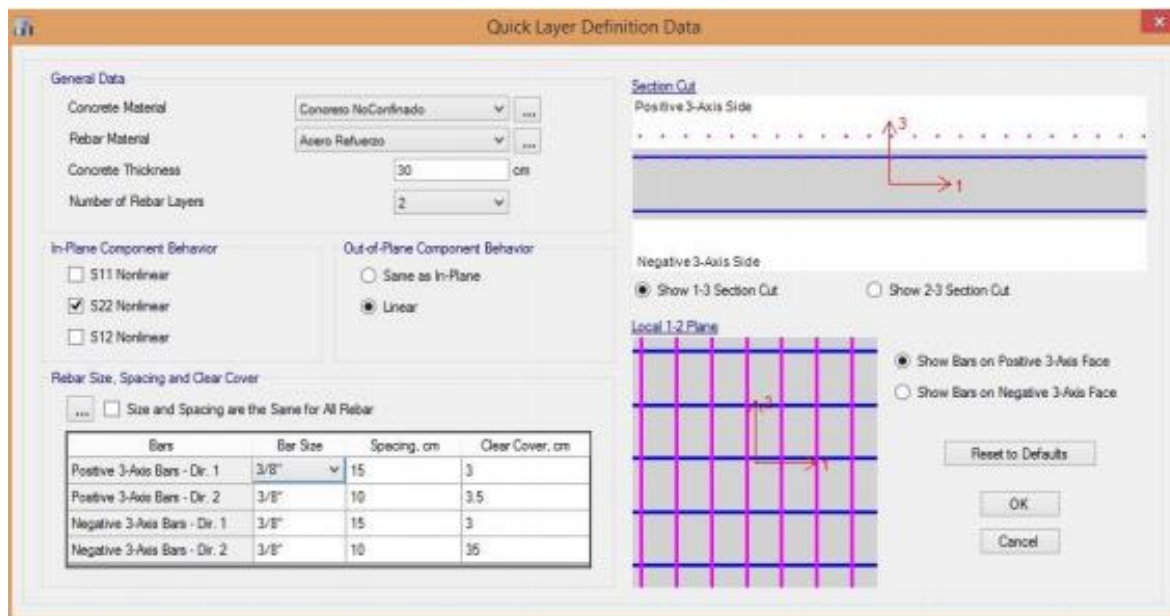


Figura 74
Layered para el muro 0.5% de refuerzo.



Obtenido de Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal pushover, por Fuentes, (2018)

Figura 75
Definición data del armado y la no linealidad para el muro con 0.5% de refuerzo

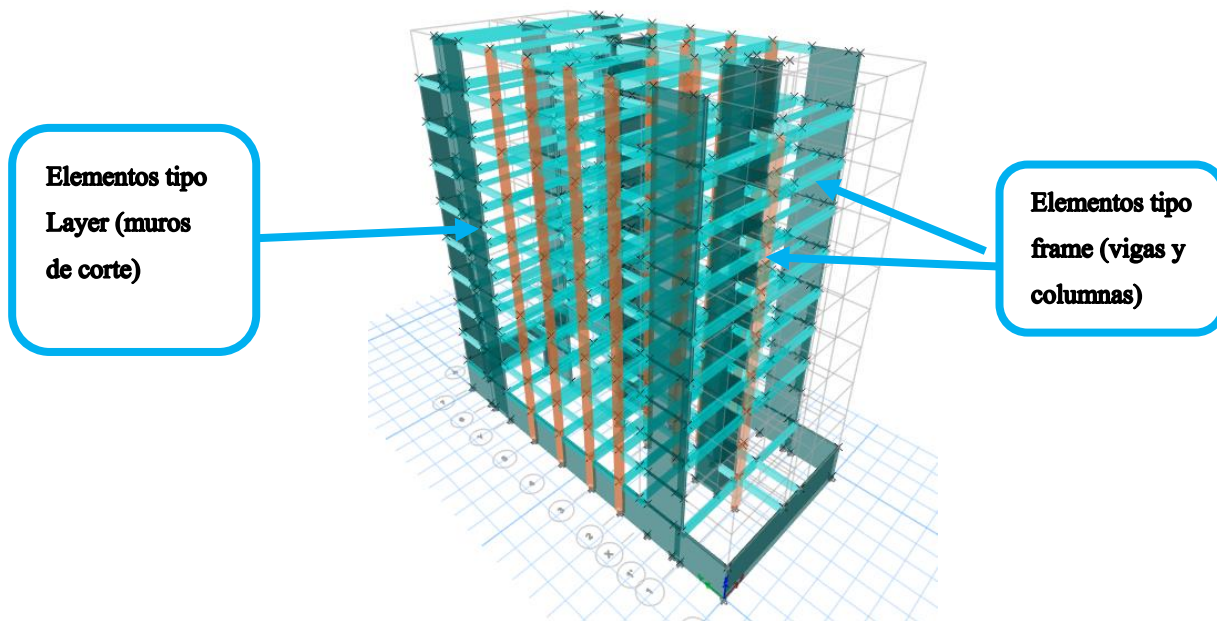


Obtenido de Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal pushover, por Fuentes, (2018)



Figura 76

Ejemplo Esquema mecánico C : Muros de corte tipo LAYER



Obtenido de ETABS.V.18

2.3. Hipótesis

Las siguientes hipótesis y los rangos numéricos establecidos se basan en resultados obtenidos en los antecedentes mencionados en la presente investigación, así como en las diferentes referencias bibliográficas.

2.3.1. Hipótesis General

El nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III":

Evaluado según el esquema mecánico "A" y "C" describe:

- Para un sismo de servicio una condición operacional.
- Para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata.
- Para un sismo máximo se establece entre ocupación inmediata y seguridad de vida.

Evaluado mediante el esquema mecánico "B" describe:

- Para un sismo de servicio una condición operacional.
- Para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata.
- Para un sismo máximo se establece entre seguridad de vida, prevención del colapso y colapso.



De acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover).

2.3.2. Sub Hipótesis

SH1: El valor de desplazamiento lateral cuando aparece la primera rótula plástica, en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado según los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 5 cm a 9 cm para ambas direcciones de análisis.

SH2: El valor de desplazamiento lateral en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; cuando se encuentre en su máximo desempeño (colapso), luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 45 cm a 55 cm para el sentido de análisis en X y para el sentido de análisis en Y estará entre 30 y 40 cm.

SH3: El valor de la fuerza cortante en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; que produce la primera rotula plástica, luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A" y "C" estará entre 300 ton-f a 700 ton-f y para el esquema mecánico "B" estará entre 100 ton-f a 500 ton-f en ambas direcciones de análisis.

SH4: El valor de fuerza cortante en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; que generará el máximo desempeño, luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A" y "C" estará entre 700 ton-f a 1200 ton-f y para el esquema mecánico "B" estará entre 400 ton-f a 900 ton-f para ambas direcciones de análisis.

SH5: Los valores del punto de desempeño en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) para un sismo de servicio (ocasional) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 10 cm a 35 cm de desplazamiento y entre 300 ton a 900 ton-f de fuerza cortante; para un sismo de diseño (raro) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 15 cm a 40 cm de desplazamiento y entre 350 ton a 1000 ton-f de fuerza cortante y para un sismo máximo (muy raro) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 15 cm a 50 cm de desplazamiento y entre 400 ton a 1100 ton-f de fuerza cortante.



SH6: El valor de ductilidad en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) para los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará en el rango de 5 a 12.

2.4. Definición de variables

Se dice que una variable tiene la propiedad de variar y dicha variación es susceptible de medirse u observarse. De manera que entendemos como cualesquiera característica, propiedad o cualidad que presenta un fenómeno que varía, en efecto puede ser medido o evaluado.

2.4.1. Variables Independientes

Variable independiente es aquella que el experimentador modifica a voluntad para averiguar si sus modificaciones provocan o no cambios en las otras variables.

X1: ESQUEMA MECÁNICO "A"

- Idealización para la no linealidad de los muros de corte mediante el método "Elementos tipo Shell".
- Niveles de desempeño según la propuesta del ATC-40.
- Objetivos y Niveles de Desempeño dados por el FEMA 440.

X2: ESQUEMA MECÁNICO "B"

- Idealización para la no linealidad de los muros de corte tipo "Viga con brazo rígido".
- Niveles de desempeño según la propuesta del ATC-40.
- Objetivos y Niveles de Desempeño dados por el FEMA 440.

X3: ESQUEMA MECÁNICO "C"

- Idealización para la no linealidad de los muros de corte tipo "LAYER"
- Niveles de desempeño según la propuesta del ATC-40.
- Objetivos y Niveles de Desempeño dados por el FEMA 440.

2.4.2. Variable Dependiente

Es aquella variable que es afectada o condicionada por la presencia de la variable independiente en los resultados. Éstas variables son las que designan las variables a explicar, así como los resultados o efectos respecto a los cuales hay que buscar un motivo.

Y: NIVEL DE DESEMPEÑO

2.5. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 7 Cuadro de operacionalización de variables

Título: "DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECANICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO- 2021"							
Variable dependiente							
Denominación	Definición conceptual	Nivel	Dimension	Indicador	Instrumento	Unidades	
Nivel de desempeño	Según ATC-40 define que: El nivel de desempeño representa una condición límite o tolerable en función de los posibles daños físicos de la estructura. Está representado a través de diversos parámetros, tales como la curva capacidad (curva pushover), periodo efectivo, fuerzas cortantes, y el punto de desempeño que indica el máximo desplazamiento que puede experimentar la estructura para un sismo de diseño.	Nivel de desempeño	Punto de desempeño	Desplazamiento lateral Fuerza Cortante	Formato de recolección de datos Hojas de cálculo Gráficas Planos estructurales de la edificación NTP E.020 NTP E.030 FEMA 440 ATC 40	Kgf,cm	
			Niveles de desempeño sísmico	Operacional Ocupación inmediata Seguridad de vida Prevención de colapso		Adimensional	
			Espectro de demanda	Periodo de retorno		Años	
				Probabilidad de Excedencia Parámetros de Zona		% Factores (Z, Tp, TI)	
Variable independiente							
Esquemas Mecánicos	Rescatando los comentarios del Ing. Antonio Blanco Blasco en su libro titulado "Estructuración y Diseño de edificaciones de concreto armado "podemos decir que: Se entiende por esquema mecánico e idealización de estructuras al proceso de reemplazar una estructura real por un sistema simple susceptible de análisis (representando la estructura lo más semejante posible a la realidad en cuanto a dimensiones, materiales, propiedades de los materiales y comportamiento mecánico de los materiales. Un esquema mecánico es una representación gráfica de una estructura, de parte de ella o de sus elementos. Se trata de planos, modelos o esquemas que muestran la disposición o el funcionamiento de dichos elementos intentando representar en dicho modelo una estructura real y poder así realizar los estudios respectivos a la misma.	ESQUEMA MECÁNICO "A" Idealización de la estructura mediante el uso de muros de corte tipo "SHELL"(cáscara).	Cargas gravitacionales constantes	Metrado de cargas de gravedad	Formato de recolección de datos Hojas de cálculo Gráficas Planos estructurales de la edificación NTP E.020 NTP E.030 FEMA 440 ATC 40	Ton	
			Possible mecanismo de falla	Asignación de Rótulas plásticas		Adimensional	
			Desplazamiento lateral	Desplazamiento máximo en último nivel previo a colapso		cm	
			Cargas gravitacionales constantes	Metrado de cargas de gravedad		Ton	
			Possible mecanismo de falla	Longitud de Rótulas plásticas		cm	
			Desplazamiento lateral	Desplazamiento máximo en último nivel previo a colapso		cm	
	ESQUEMA MECÁNICO "B" Idealización de la estructura mediante el uso de muros de corte tipo "VIGA CON BRAZO RÍGIDO".	Rigidez Infinita en Vigas	Coefficiente de rigidez	Adimensional			
		Cargas gravitacionales constantes	Metrado de cargas de gravedad	Ton			
		Possible mecanismo de falla	Longitud de Rótulas plásticas	cm			
		Desplazamiento lateral	Desplazamiento máximo en último nivel previo a colapso	cm			
		División del elemento	Número de capas del elemento	#			
		ESQUEMA MECÁNICO "C" Idealización de la estructura mediante el uso de muros de corte tipo "LAYER".	Demanda sísmica según norma E-030	Parámetros sísmicos	g-cm		
Solicitaciones sísmicas	Según FEMA 440 Y ATC 40 se entiende por solicitaciones sísmicas a aquellas que representan un sismo y se definen en las normativas utilizadas. En esta investigación serán las mencionadas en la norma peruana E-030 y las normas extranjeras FEMA 440 y ATC-40. Se utiliza un conjunto o un patrón de cargas laterales que se aplican a la estructura para así poder estimar el desplazamiento máximo de la misma en distintos niveles de demanda sísmica.	Solicitaciones sísmicas	Demanda sísmica según ATC-40	Sismo de Servicio(SE) Sismo de Diseño(SD) Sismo Máximo (SM)	Adimensional		
			Demanda sísmica según FEMA 440	Peligrosidad sísmica	%		
			"Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" (ATC-40)	"Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" (ATC-40)	Método de Espectro vs Demanda	Espectro de capacidad	cm/seg ² - cm
						Sismo ocasional Sismo Raro Sismo muy raro	Adimensional
"Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures" (FEMA 440)	Documento destinado a la estimación de los parámetros necesarios para encontrar el punto de desempeño y determinar el nivel de desempeño de una estructura mediante un análisis estático no lineal (Pushover)	"Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures" (FEMA 440)	Criterios de aceptación	Operacional Ocupación inmediata Seguridad de vida Prevención de colapso	Adimensional		



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la Investigación

3.1.1 Enfoque de la Investigación

3.1.1.1 Enfoque cuantitativo

Para el autor (D'Ancona, 1998) :

El enfoque cuantitativo también conocido como investigación cuantitativa, empírico-analítico, racionalista o positivista es aquel que se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos; este intenta especificar y delimitar la asociación o correlación, además de la fuerza de las variables, la generalización y objetivación de cada uno de los resultados obtenidos para deducir una población; y para esto se necesita una recaudación o acopio metódico u ordenado, y analizar toda la información numérica que se tiene. (D'Ancona, 1998)

Se manipularán los parámetros y criterios del análisis estático no lineal incremental (Pushover), las solicitaciones sísmicas, los criterios de análisis de la normativa “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” (ATC-40), los criterios de análisis de la normativa ““Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” (FEMA 440) ,la normativa técnica peruana de diseño sismorresistente E-030 y tres esquemas mecánicos de modelado(idealización) de los muros de corte para realizar el análisis no lineal ,con los que se demuestran las variaciones de magnitudes a través de cálculos numéricos, obteniendo como resultado magnitudes cuantificables que al interpretarlas y compararlas nos conducen a determinar el nivel de desempeño del modelo la estructura de concreto armado de la Residencial Amauta III- Cusco, el cual es el objetivo principal de esta investigación.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

3.1.2.1 Nivel descriptivo con alcance correlacional

El nivel de investigación de esta tesis es descriptivo-correlacional porque en el desarrollo de la misma se calcula el incremento o decremento de las magnitudes, y criterios del análisis estático no lineal incremental (Pushover), las solicitaciones sísmicas, los criterios de análisis de la normativa “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” (ATC-40), los criterios de análisis de la normativa “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” (FEMA 440) ,la normativa técnica peruana de diseño sismorresistente E-030, y la utilización de tres esquemas mecánicos para el modelado de los muros de corte ,esto significa que la correlación



de estas, nos conlleva a hacer un diagnóstico de los parámetros que describen y determinan el nivel de desempeño del modelo de la estructura de concreto armado de la Residencial “Amauta III” – Cusco.

3.1.3 Método de investigación

3.1.3.1 Método hipotético-deductivo.

En éste método se propone una hipótesis en forma deductiva para predecir la respuesta a la interrogante realizada. Gracias a éstas hipótesis es que se arriba a conclusiones particulares que son comprobadas experimentalmente.

3.2 Diseño de la investigación

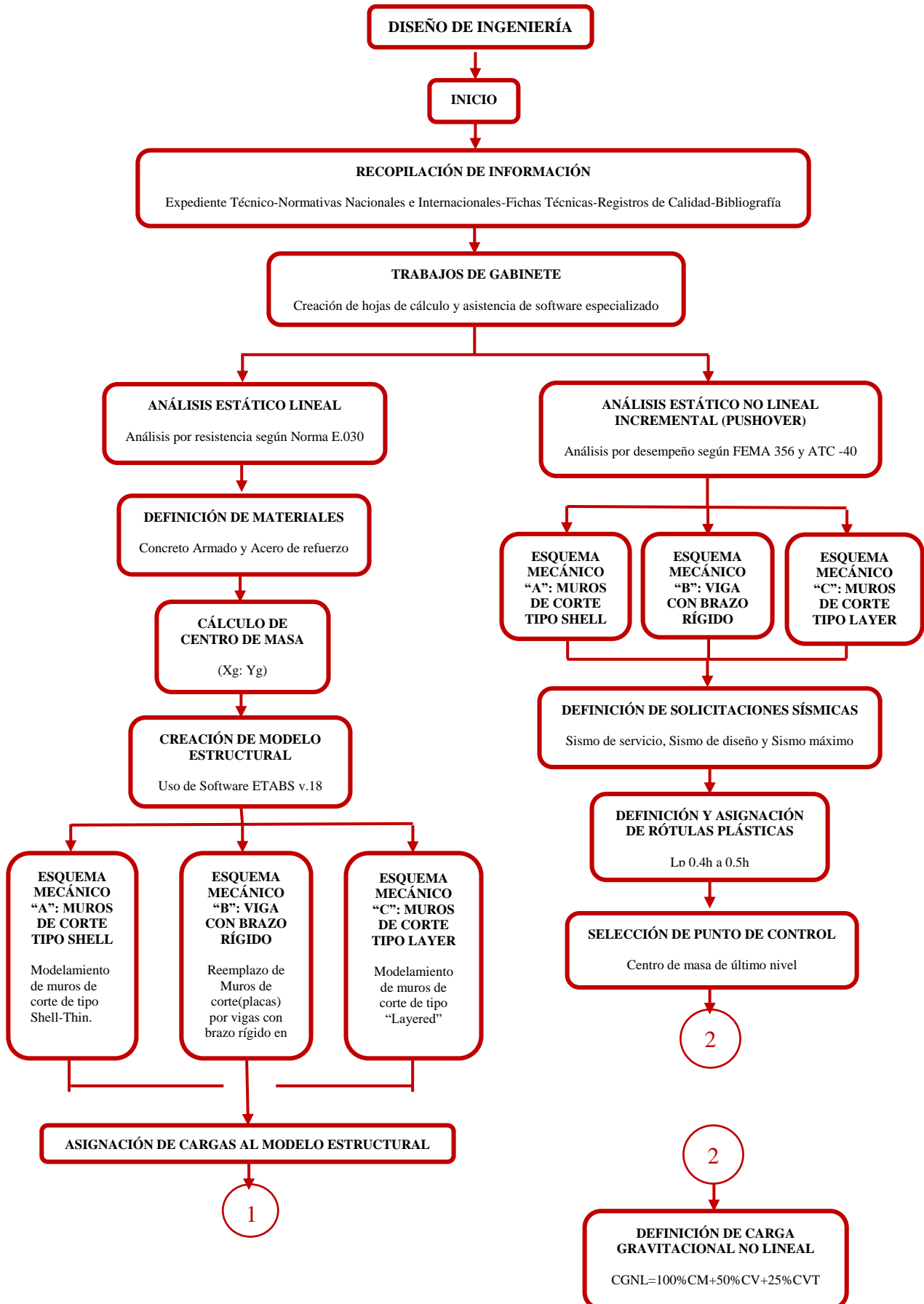
3.2.1 Diseño metodológico

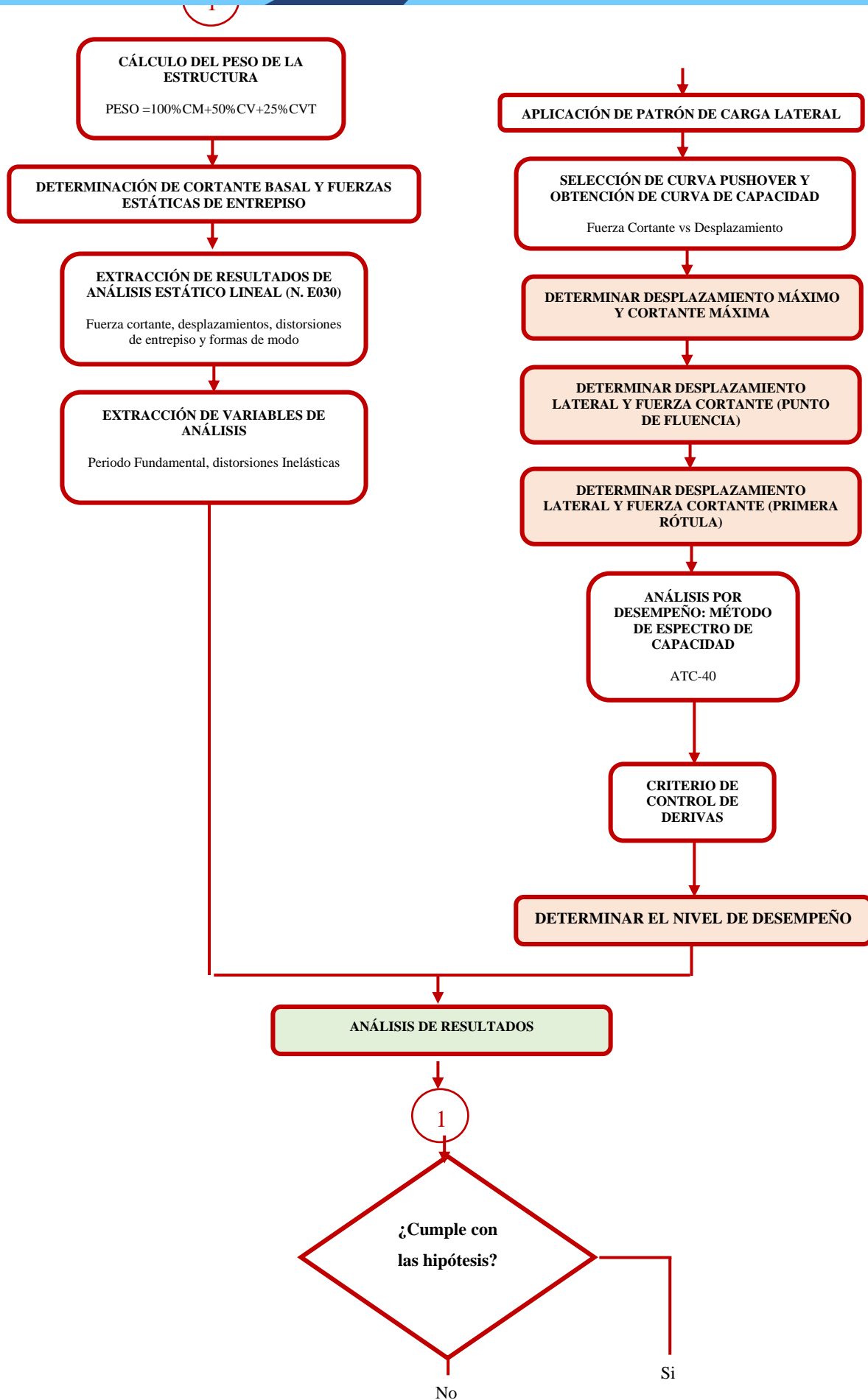
3.2.1.1 Diseño Cuasi-Experimental

Se evalúa mediante el modelo de la estructura de la Residencial “Amauta III” el nivel de desempeño sísmico, cuya estructura está ubicada en el departamento de Cusco, provincia de Cusco y distrito de Cusco-Urb.Magisterial (variable dependiente) se manipulan de manera intencional una serie de procedimientos y criterios normativos, tales como el método de análisis no lineal incremental (Pushover), diferentes sollicitaciones sísmicas, los criterios de análisis de las normativas “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” (ATC-40), “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” (FEMA 440), la normativa técnica peruana de diseño sismorresistente E-030 (variables independientes), la idealización de la estructura en cuanto a muros de corte se refiere (Método de viga con brazo rígido y método de muro de corte tipo layer) es decir, intencionalmente fueron manipuladas las variables independientes para observar los efectos o consecuencias que tienen sobre la variable dependiente. Es por ello que el diseño de investigación es cuasi-experimental.



3.2.2 Diseño de Ingeniería







3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

La población de estudio es la infraestructura de la Residencial “Amauta III” de la Urb. Magisterio en el distrito de Cusco.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

La infraestructura de la Residencial “Amauta III” está conformada por 01 bloques el cual tiene las siguientes características generales:

Uso: Vivienda

Niveles: 08

Sistema Estructural: Concreto armado Dual (columnas, vigas y placas)

El bloque está estructurado en base a columnas, vigas, placas, entrepiso de losa aligerada en una dirección, losa maciza y cobertura de teja andina sobre una estructura de techo metálica.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la Muestra

Constituye una parte de la población, que debe tener características representativas, entonces se puede decir que es el conjunto de elementos de los que se puede tomar información en el proceso de muestreo.

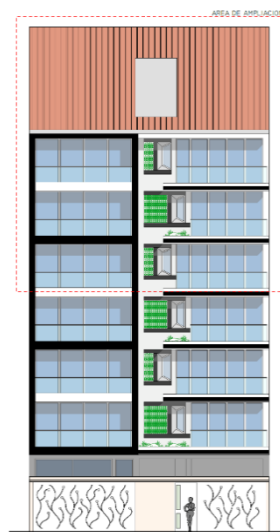
La muestra es considerada como no probabilística puesto que es considerada la estructura en toda su totalidad para el análisis. La estructura tiene las siguientes particularidades:

Tabla 8

Características Generales de la Residencial "Amauta III"

Uso	Vivienda
Área:	300 m ²
Perímetro:	74 m
Niveles:	1 Sot, 1 Semi-Sot, 8 niveles
Altura de entre piso (Sótano y semi sótano):	3.20 m
Altura de entre piso (resto de niveles)	2.80 m
Altura total:	28.80 m

Figura 77
Modelo Arquitectónico de la Residencial "Amauta III"



Obtenido de Expediente Técnico

Según la Norma técnica peruana de diseño sismorresistente E-030, la estructura en estudio esta categorizada como edificación común (Categoría C).

3.3.2.1.1 Distribución en Planta

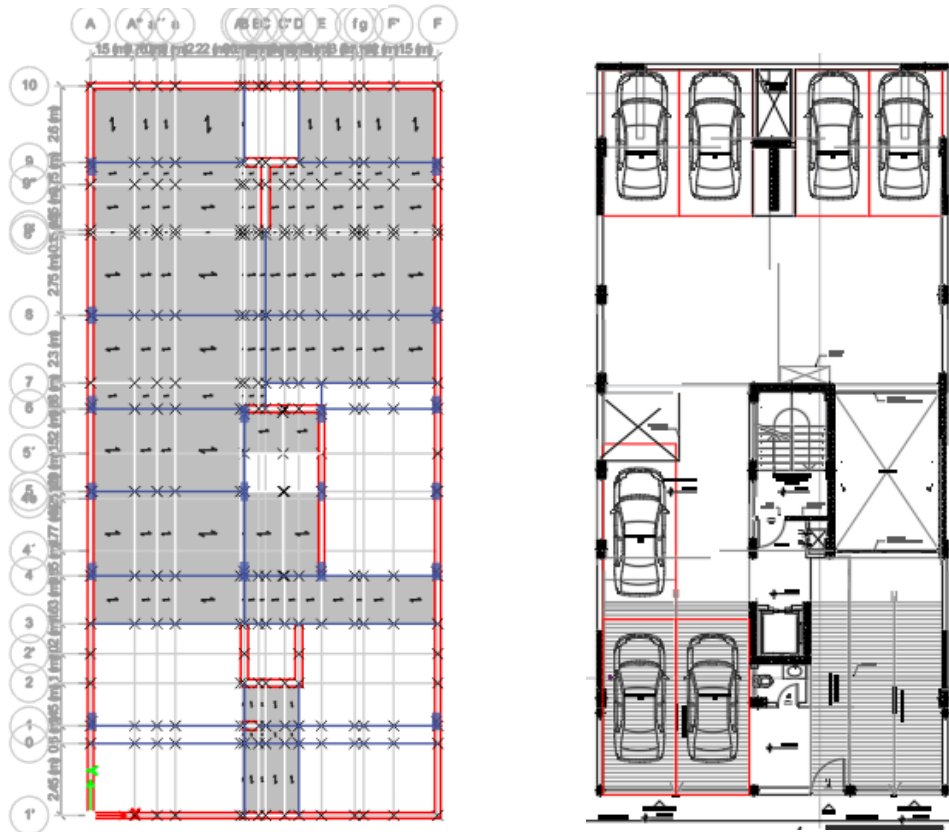
La distribución de ejes en planta de la muestra en estudio con la que se trabajó esta investigación está definida de la siguiente manera:

Tabla 9
Distribución de los ejes en planta

DESCRIPCIÓN	SENTIDO	EJES
Ejes verticales	Y-Y	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
Ejes Horizontales	X-X	A,B,C,D,E
Ejes Auxiliares	Y-Y	1',2',4',4e,5',8',9',9''
Ejes Auxiliares	X-X	A',A'',a'',a,B',C',f,F',g

Figura 78

Planta Semisótano-Residencial "Amauta III"



Obtenido de ETABS v.18 – Autocad 2017 –Expediente Técnico

La Residencial destinado a viviendas está construida con concreto armado y tiene un sistema estructural dual, está conformada por siete niveles y un entretecho, con departamentos tipo flat y dúplex, se dispone con un sótano y semisótano para estacionamientos, tanques y depósitos, dichos espacios cuentan con ventilación suficiente para evacuar de forma natural las emisiones de los vehículos.

Hacia la calle Fortunato L. Herrera se localizan:

- El acceso principal a la edificación mediante un ingreso de 3.20 ml. de altura y 1.25 ml de ancho.
- El Acceso vehicular hacia semisótano, será mediante una rampa directamente direccionada desde la calle. A los estacionamientos ubicados en primer nivel y sótano se accederán mediante el uso y/o tránsito de un montacoches.

El proyecto está emplazado en el área total del terreno teniendo en cuenta las siguientes áreas:



Sótano

ÁREA: 274.57 m²

En este nivel se encuentran cuatro estacionamientos, a los cuales se accede mediante el montacoches en caso de los vehículos y a través de las gradas de emergencia y/o el ascensor para los peatones. Se aprecian también los ambientes para áreas técnicas destinadas al uso de cuarto de máquinas, tanques cisterna y contra incendios los mismos que serán planteados en la memoria de instalaciones sanitarias, estructurales y eléctricas.

Semisótano

ÁREA: 186.01 m²

Donde se ubica el hall de acceso peatonal mediante una grada y un elevador para discapacitado. Adicional a ello encontramos siete estacionamientos.

1° Nivel

ÁREA: 229.16 m²

Se ubican dos estacionamientos a los cuales se accede desde la calle principal mediante el montacoches, mientras que en la parte lateral figuran depósitos para materiales propios de la vivienda a la cual se accede a través de la escalera y ascensor.

2° Nivel

ÁREA: 225.50 m²

Se ubica dos departamentos flats signados con los números: 201 y 202 en ambos casos la distribución de Este a Oeste permite ubicar una Sala - comedor, dos dormitorios, y un cuarto de cine, 3 SS.HH., una cocina integrada con la lavandería, estos departamentos tienen doble fachada por el frente con Av. Fortunato L. Herrera hacia la que se encuentran orientadas las áreas sociales y por la parte posterior con el Colegio San Antonio Abad hacia la que se encuentran las áreas privadas como habitaciones. En ambos casos, el acceso a los departamentos es por la escalera de circulación o el ascensor, garantizando de esta forma privacidad sobre todas las áreas del departamento.

3° Nivel



ÁREA: 225.5 m²

Al igual que en el nivel inmediato inferior se ubican dos departamentos flat signados con los números: 301 y 302 en ambos casos la distribución de Este a Oeste permite ubicar una Sala - comedor, dos dormitorios, y un cuarto de cine, 3 SS.HH., una cocina integrada con la lavandería, estos departamentos tienen doble fachada por el frente con Av. Fortunato L. Herrera hacia la que se encuentran orientadas las áreas sociales y por la parte posterior con el Colegio San Antonio Abad hacia la que se encuentran las áreas privadas como habitaciones. En ambos casos, el acceso a los departamentos es por la escalera de circulación o el ascensor, garantizando de esta forma privacidad sobre todas las áreas del departamento.

4° Nivel

ÁREA: 221.41 m²

Al igual que en el nivel inmediato inferior se ubican dos departamentos flat signados con los números: 401 y 402 en ambos casos la distribución de Este a Oeste permite ubicar una Sala - comedor, dos dormitorios, y un cuarto de cine, 3 SS.HH., una cocina integrada con la lavandería, estos departamentos tienen doble fachada por el frente con Av. Fortunato L. Herrera hacia la que se encuentran orientadas las áreas sociales y por la parte posterior con el Colegio San Antonio Abad hacia la que se encuentran las áreas privadas como habitaciones. En ambos casos, el acceso a los departamentos es por la escalera de circulación o el ascensor, garantizando de esta forma privacidad sobre todas las áreas del departamento.

5° Nivel

ÁREA: 213.93 m²

Se ubica un departamento tipo flat siguiendo con el número 501 de cuatro habitaciones, y el primer nivel de un departamento tipo dúplex signado con el número 502, En ambos casos, el acceso a dichos departamentos es por la escalera de circulación o el ascensor. Una vez dentro del departamento flat tenemos un hall de recepción que cumple la tarea de distribución de espacios orientando el área social a la Av. Fortunato L. Herrera, mientras que las cuatro habitaciones quedaran colindantes con el colegio San Antonio Abad, las cuales cuentan con iluminación directa del sol y sobre todo generan una inmejorable sensación de privacidad sobre todas las áreas del departamento. Respecto al primer nivel del departamento dúplex se aprecia el área social del mismo el cual presenta sala – comedor hacia la Av. Fortunato L. Herrera.



Mientras que la cocina y lavandería se encuentran orientados hacia un ducto, dicho departamento estará conectado a su segundo nivel a través de una escalera interna.

6° Nivel

ÁREA: 207.31 m²

Se ubica un departamento tipo flat de cuatro habitaciones, signando con el número 601 y el segundo nivel del departamento tipo dúplex, el acceso al departamento flat se hace mediante la escalera de circulación y/o ascensor que conecta directamente el área social del departamento. Una vez dentro del departamento flat tenemos un hall de recepción que cumple la tarea de distribución de espacios orientando la sala comedor de cara a la Av. Fortunato L. Herrera, mientras que las cuatro habitaciones quedaran orientadas al oeste, colindante con el colegio San Antonio Abad, una de las habitaciones cuenta con su balcón propio. Respecto al segundo nivel del departamento dúplex se aprecia un dormitorio, un cuarto de cine y dos SSHH, el acceso a estos ambientes se realiza mediante una escalera interna.

7° Nivel

ÁREA: 198.51 m²

Se ubican dos departamentos, uno tipo flat de tres habitaciones, y el otro dúplex con un dormitorio, los departamentos estarán signados con los números: 701 y 702 en caso del departamento flat 701 la distribución de Este a Oeste permite ubicar una Sala – comedor, tres dormitorios, 3 SSHH, un hall de recepción y una cocina, el acceso a dicho departamento es por la parte intermedia a través de la caja de escaleras y/o el ascensor, mientras que el departamento Duplex 702 signa su primer nivel sobre el cual se extiende el área social del mismo, sala-comedor, cocina, lavandería y SS.HH. social conectado mediante una escalera interna al segundo nivel.

Entre techo

ÁREA: 133.81 m²

Desarrollado a partir de la pendiente del techo, en el extremo derecho se plantea el segundo nivel del departamento dúplex 702, se extiende a lo largo de la parte posterior del terreno y contempla una única habitación colindante con el colegio San Antonio Abad, garantizando de esta forma el asoleamiento. En el extremo izquierdo se dispone un mini departamento flat 801 con una habitación orientada a la parte posterior del edificio, colindante con el colegio San



Antonio Abad, mientras que el área social estará de cara a la Av. Fortunato L. Herrera. En ambos casos, el acceso a los departamentos es por la escalera de circulación y/o el ascensor.

3.3.2.1.2 Especificaciones Técnicas

Las dimensiones de los elementos estructurales, las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, dimensiones de la edificación y ejes de distribución con la que fue planteada esta investigación se describe a continuación, todos estos datos fueron sacados de los archivos del expediente técnico de la residencial, el registro de controles de calidad del concreto y fichas técnicas de los materiales usados en la infraestructura en evaluación fueron otorgados por los ejecutores de la obra. De igual forma se realizó la corroboración de los datos recolectados con trabajos de campo y/o revisando los requerimientos mínimos exigidos por la Norma Técnica de Diseño en Concreto Armado E-060.

a) Propiedades de los materiales utilizados

a.1) Para el concreto armado:

Tabla 10

Propiedades del concreto armado

PROPIEDAD	MAGNITUD	UNIDAD
Módulo de elasticidad (E_c)	217370.65	Kg/cm ²
Peso específico	2400	Kg/m ³

Tabla 11

Resistencia a compresión de los elementos estructurales

ELEMENTO	F'c	UNIDAD
Columnas	210	Kg/cm ²
Vigas	210	Kg/cm ²
Placas	210	Kg/cm ²
Losa aligerada	210	Kg/cm ²
Losa maciza	210	Kg/cm ²

a.2) Para el acero de refuerzo:

Las varillas son de acero corrugado Grado 60 con las siguientes especificaciones técnicas:



Tabla 12

Características del Acero de Refuerzo

VARILLA DE ACERO CORRUGADO G-60			
Diámetro(pulg)	#	ÁREA (cm2)	Diámetro(cm)
3/8"	#3	0.71	0.95
1/2"	#4	1.27	1.27
5/8"	#5	1.98	1.59
3/4"	#6	2.85	1.91
1"	#7	5.07	2.54

Tabla 13

Propiedades del acero de refuerzo G-60

PROPIEDAD	MAGNITUD	UNIDAD
Esfuerzo de fluencia Fy	4280	Kg/cm2
Resistencia mínima a la rotura f'y	6320	Kg/cm2
Módulo de elasticidad	2x10 ⁶	Kg/cm2
Peso específico	7850	Kg/m3

Obtenido de Ficha técnica de Aceros Arequipa

a.3) Para la Mampostería:

La estructura cuenta con muros de ladrillo King Kong de aparejo tipo cabeza en dirección "Y" y de aparejo tipo sogá en sentido "X" y "Y".

Los muros fueron ejecutados con ladrillos alveolares de arcilla cocida para los cuales se aceptó una dimensión promedio de 12x24x30 y 10x24x30 centímetros.



Figura 79

Muros de ladrillo de la Residencial "Amauta III"



b) Consideraciones constructivas:

Tabla 14

Recubrimiento libres de concreto

Recubrimientos libres de concreto		
Elemento	Recubrimiento	Unidad
Vigas	4	cm
Columnas	4	cm
Placas	4	cm
Losa	4	cm
Muros	1.5	cm

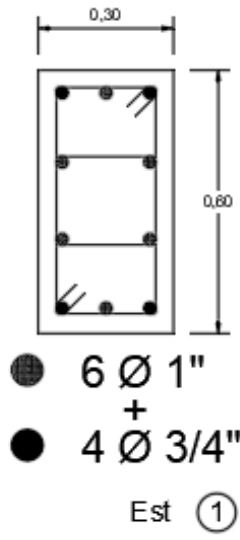
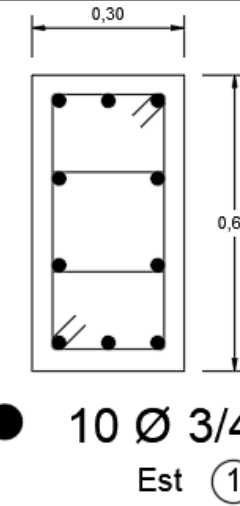


c) Dimensiones de los elementos estructurales:

Columnas:

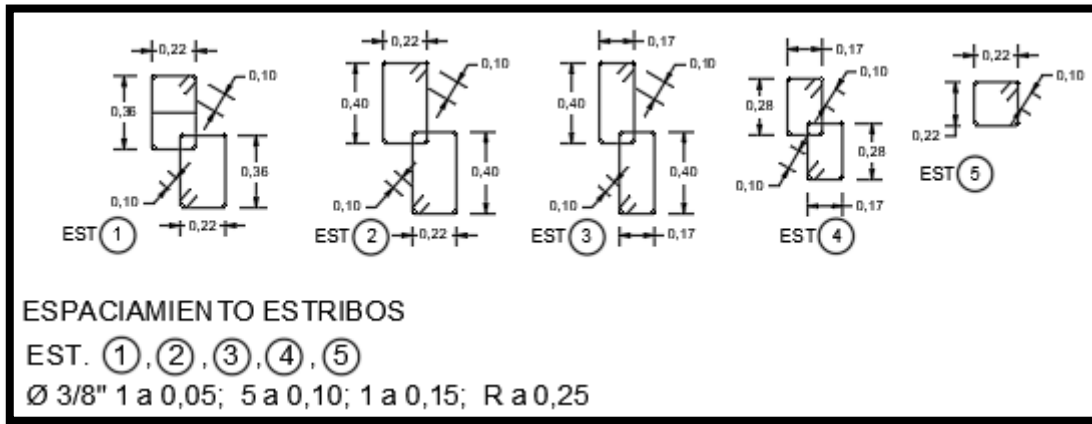
Tabla 15

Dimensiones y distribución de acero en columnas

DENOMINACIÓN	IDEALIZACIÓN
C-1 (Sótano – 4to Nivel)	 <p>● 6 Ø 1" + ● 4 Ø 3/4" Est ①</p>
C-1 (Resto de niveles)	 <p>● 10 Ø 3/4" Est ①</p>

Doblado de estribos:

Figura 80
Estribos en elementos



Placas:

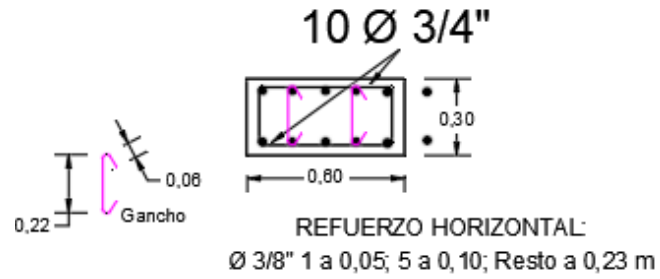
Tabla 16
Dimensiones y distribución de acero en placas

DENOMINACIÓN	IDEALIZACIÓN
<p>PLACA P1 Y P2 (Sótano-3er Nivel)</p>	<p>REFUERZO HORIZONTAL: Ø 3/8" 1 a 0,05; 1 a 0,10; Resto a 0,25 m</p>
<p>PLACA P1 Y P2 (4to Nivel- 6to Nivel)</p>	<p>REFUERZO HORIZONTAL: Ø 3/8" 1 a 0,05; 1 a 0,10; Resto a 0,25 m</p>
<p>PLACA P1 Y P2 (Resto de niveles)</p>	<p>REFUERZO HORIZONTAL: Ø 3/8" 1 a 0,05; 1 a 0,10; Resto a 0,25 m</p>



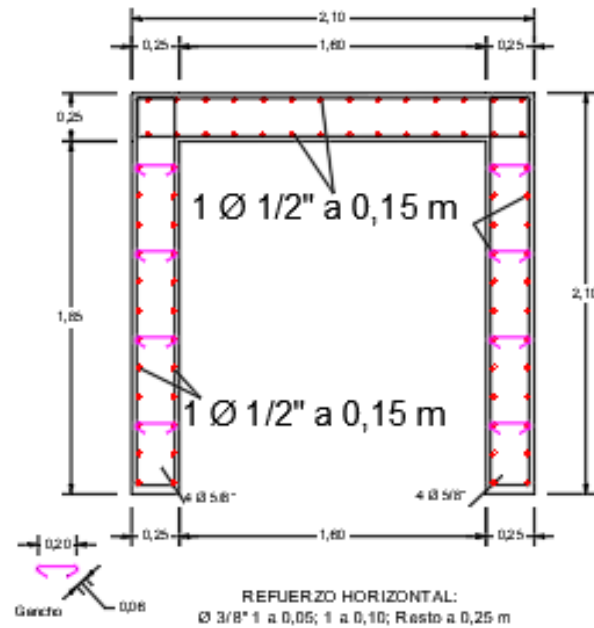
PLACA P3

(Todos los niveles)



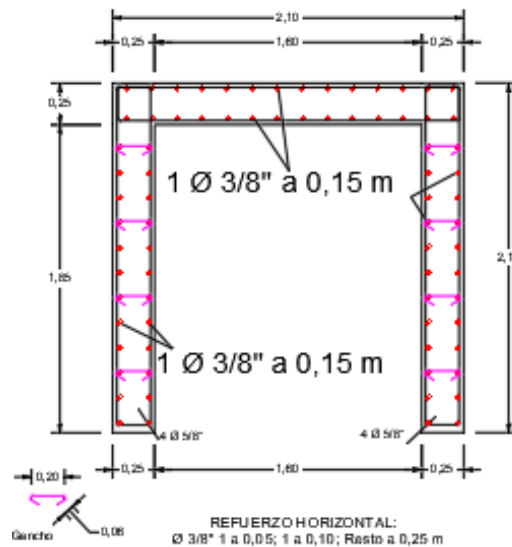
PLACA P4

(4to Nivel-
6to Nivel)



PLACA P4

(Resto de niveles)



Vigas:

Para las vigas existe diferentes secciones por lo que solo se muestra las de más relevancia en la estructura, puesto que las demás contiene las mismas dimensiones y solo varían en la distribución de aceros.

Tabla 17

Dimensión y distribución de acero en vigas

DENOMINACIÓN	IDEALIZACIÓN
VIGA 01 30 X 50	<p>[0,30x0,50]</p> <p>3Ø3/4" + 1Ø5/8"</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,50</p> <p>0,30</p> <p>ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23</p> <p>3Ø3/4" + 1Ø5/8"</p>
VIGA 02 60 X 25	<p>[0,60x0,25]</p> <p>6 Ø 1/2"</p> <p>0,60</p> <p>0,25</p> <p>0,07</p> <p>0,25</p> <p>ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05, R a 0,10</p> <p>6 Ø 1/2"</p>
VIGA 03 30 X 50	<p>[0,30x0,50]</p> <p>3Ø5/8"</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,50</p> <p>0,30</p> <p>ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23</p> <p>3Ø5/8"</p>

3.3.2.2 Cuantificación de la Muestra

Se puede definir como el número de elementos que componen la muestra. La muestra para esta investigación de tesis es La Residencial Amauta III en su totalidad, ubicada en el distrito de Cusco, Provincia de Cusco, Departamento del Cusco.



3.3.2.3 Método de muestreo

La muestra no probabilística o también llamada muestra dirigida, es la elección de los elementos, la cual no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

Para cumplir con los objetivos planteados para esta investigación, se tomó como muestra la estructura en su totalidad, entonces, la muestra no fue determinada mediante la selección probabilística, ya que más bien para ésta investigación fue planteada a conveniencia tomando en cuenta ciertos criterios. Es por eso que la investigación es de tipo cuantitativa con un nivel de tipo descriptivo y diseñada de forma cuasiexperimental.

3.3.2.4 Criterios de Evaluación de muestra

Se han seleccionado diversos criterios los cuales son mencionados a continuación:

- Las cargas que actúan en la estructura se calcularon de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana de Metrados de Cargas E-020.
- La Norma Técnica Peruana de Diseño Sismorresistente E-030 establece los parámetros sísmicos a evaluar.
- La Norma Técnica Peruana de Diseño en Concreto Armado E-060 nos da un alcance de las propiedades de los materiales tanto para el concreto como para el acero de refuerzo.
- Las normas americanas FEMA-440 y ATC-40 han sido utilizadas para la determinación del nivel de desempeño sísmico.
- Se consultaron además los documentos HAZUS, FEMA 356, y el manual del software CSI ETABS.



3.3.3 Criterios de inclusión

- Se consideran todos los elementos de tipo “frame” (vigas y columnas) presentes en el modelo de la edificación, ya que permiten predecir la posible aparición de rótulas plásticas y así poder realizar el análisis no lineal pushover con resultados confiables.
- Se consideran todas las placas presentes en el modelo de la edificación que permiten la asignación de rótulas plásticas y/o diagramas de momento-curvatura para poder realizar satisfactoriamente el análisis no lineal pushover.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos de Ingeniería

Tabla 18

Documentos necesarios para la investigación

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	OBJETO DE USO
NORMATIVAS NACIONALES	Norma Técnica Peruana de Diseño Sismorresistente E.030	Determinar y/o validar los parámetros sísmicos utilizados en el expediente técnico.
	Norma Técnica Peruana de Diseño en Concreto Armado E.060	Validar y/o verificar los datos recolectados del expediente técnico y los datos de campo.
	Norma Técnica Peruana de Metrado de cargas E.020	Obtener los pesos específicos de los materiales involucrados en los elementos estructurales y no estructurales y las sobrecargas de acuerdo al uso de la edificación.
NORMATIVAS INTERNACIONALES	“Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” (ATC-40)	Estimar el desempeño sísmico de la estructura con la intersección del espectro capacidad con el espectro de demanda haciendo uso del método espectro - capacidad
	“Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” (FEMA 440)	Estimar la demanda de desplazamiento de la estructura haciendo uso la gráfica representativa bilineal de la curva capacidad y los coeficientes de corrección.
EXPEDIENTE TÉCNICO	Expediente técnico de la Residencial Amauta III –Urb. Magisterio-Cusco-Perú 2019.	Recopilar los datos necesarios para la investigación (memorias descriptivas, planos y especificaciones técnicas)
REGISTROS DE CALIDAD	Ensayo de calidad de resistencia a compresión del concreto	Recopilar datos de la resistencia a compresión (f^c) del concreto endurecido
FICHAS TÉCNICAS	Ficha técnica de Aceros Arequipa	Recopilar datos de esfuerzos de fluencia f_y



Los instrumentos utilizados para la recopilación de datos de campo que luego fueron debidamente procesados con el fin de realizar los cálculos necesarios se muestran a continuación:

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 01:				CONTRASTE DE DIMENSIONES - COLUMNAS					
ELABORADO POR :			Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto			ASESOR : Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas			
			Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo						
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN COLUMNAS									
DIMENSIONES EXPEDIENTE TECNICO									
NIVEL	FORMA	H (cm)	h (cm)	B (cm)	b (cm)	c (cm)	d (cm)	Grafica	
DIMENSIONES DE REPLANTEO									
NIVEL	FORMA	H (cm)	h (cm)	B (cm)	b (cm)	c (cm)	d (cm)	Grafica	
REGISTRO FOTOGRAFICO									



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 02:					CONTRASTE DE DIMENSIONES				
ELABORADO POR :			Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo			ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas	
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO - VIGAS									
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS EXPEDIENTE TÉCNICO									
UBICACIÓN	ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS									



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 05:				CONTRASTE DE DIMENSIONES					
ELABORADO POR :			Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto		ASESOR :			Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas	
			Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo						
CONTRASTE DE UBICACIÓN Y DIMENSIONES DE EJES									
SENTIDO Y-Y									
BLOQUE	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			ERROR DIMENSIONES	OBSERVACIÓN	Grafica
	EJE	UNIDAD	DIMENSIÓN	EJE	UNIDAD	DIMENSIÓN			
SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01									



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 06:			CONTRASTE DE DIMENSIONES						
ELABORADO POR :		Bach. Malparida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas			
COORDENADAS DEL CENTRO DE MASAS DE LA PLANTA EN ESTUDIO									
ÁREA DE PLANTA Y POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD									
NIVEL	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO				OBSERVACIÓN	Grafica
	B(m)	L (m)	Área (m ²)	X _i (m)	Y _i (m)	A*X _i	A*Y _i		
COORDENADAS DEL CENTRO DE MASA									
		X _g =							
		Y _g =							
SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS									



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA II" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"																																																		
GUIA DE OBSERVACION N° 07:		PARAMETROS SISMICOS																																																
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas																																															
DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS SISMICOS DE LA ESTRUCTURA CARACTERISTICAS																																																		
POBLACIÓN MUESTRA AREA DE OCUPACIÓN DE LA MUESTRA UBICACIÓN GEOGRAFICA PROVINCIA DISTRITO SISTEMA ESTRUCTURAL ALTURA DEL EDIFICIO USO DEL EDIFICIO				OBSERVACIONES:																																														
FACTOR DE ZONA Z																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>ZONA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>FACTOR Z</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.35</td> <td>0.45</td> </tr> </table>		ZONA	1	2	3	4	FACTOR Z	0.10	0.25	0.35	0.45	Z = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																						
ZONA	1	2	3	4																																														
FACTOR Z	0.10	0.25	0.35	0.45																																														
FACTOR DE USO																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> <tr> <td>FACTOR U</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>Ver NTP E-030</td> </tr> </table>		CATEGORIA	A	B	C	D	FACTOR U	1.5	1.3	1	Ver NTP E-030	U = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																						
CATEGORIA	A	B	C	D																																														
FACTOR U	1.5	1.3	1	Ver NTP E-030																																														
PARAMETROS DE SITIO																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Suelo</th> <th>So</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> </tr> <tr> <td>Z4</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.05</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Z3</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.15</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Z2</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Z1</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.6</td> <td>2</td> </tr> </table>		Suelo	So	S1	S2	S3	Z4	0.8	1	1.05	1.1	Z3	0.8	1	1.15	1.2	Z2	0.8	1	1.2	1.4	Z1	0.8	1	1.6	2	PERFIL DEL SUELO <input style="width: 100px;" type="text"/>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="5">Periodos "Tp" y "TL"</th> </tr> <tr> <th></th> <th>So</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> </tr> <tr> <td>Tp (S)</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>TL (S)</td> <td>3</td> <td>2.5</td> <td>2</td> <td>1.6</td> </tr> </table>		Periodos "Tp" y "TL"						So	S1	S2	S3	Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1	TL (S)	3	2.5	2	1.6
Suelo	So	S1	S2	S3																																														
Z4	0.8	1	1.05	1.1																																														
Z3	0.8	1	1.15	1.2																																														
Z2	0.8	1	1.2	1.4																																														
Z1	0.8	1	1.6	2																																														
Periodos "Tp" y "TL"																																																		
	So	S1	S2	S3																																														
Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1																																														
TL (S)	3	2.5	2	1.6																																														
		Tp = <input style="width: 50px;" type="text"/> Tl = <input style="width: 50px;" type="text"/> S = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																																
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA																																																		
PERIODO "T" = <input style="width: 100px;" type="text"/>		$T < T_p \quad C = 2.5$ $T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \frac{T_p}{T_L}$ $T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p + T_L}{T^2} \right)$			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>T = <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Tp = <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>Tl = <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>C = <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> </table>		T = <input style="width: 50px;" type="text"/>	Tp = <input style="width: 50px;" type="text"/>	Tl = <input style="width: 50px;" type="text"/>	C = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																								
T = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																																		
Tp = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																																		
Tl = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																																		
C = <input style="width: 50px;" type="text"/>																																																		



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"				
GUIA DE OBSERVACION N° 08:			REGULARIDAD ESTRUCTURAL	
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas
REGULARIDAD ESTRUCTURAL E-030 IRREGULARIDAD EN ALTURA (Ia)				
IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	La	FACTOR A EMPLEAR	OBSERVACIONES:	
Irregularidad de Rigidez-Piso Blando	0.75			
Irregularidad de Resistencia-Piso debil	0.75			
Irregularidad Extrema de Rigidez	0.50			
Irregularidad Extrema de Resistencia	0.50			
Irregularidad de Masa y Peso	0.90			
Irregularidad Geometría Vertical	0.90			
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.80			
Discontinuidad Extr. en los sistemas resistentes	0.60			
IRREGULARIDAD EN PLANTA (Ip)				
IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA	Lp	FACTOR A EMPLEAR	OBSERVACIONES:	
Irregularidad Torsional	0.75			
Irregularidad Torsional Extrema	0.60			
Esquinas Entrantes	0.90			
Discontinuidad del Diafragma	0.85			
Sistemas no Paralelos	0.90			
Ia =				
Ip =				



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"												
GUIA DE OBSERVACION N° 9:				DESPLAZAMIENTO MAXIMO Y FUERZA CORTANTE MAXIMA								
ELABORADO POR :		Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas						
		Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo										
CURVA DE CAPACIDAD												
ESQUEMA	SENT	CAPACIDAD		NIVELES DE DESEMPEÑO								
		Di (cm)	V (ton-f)	B	IO	LS	CP	C	D	E	E'	
A	X+											
	X-											
	Y+											
	Y-											
B	X+											
	X-											
	Y+											
	Y-											
C	X+											
	X-											
	Y+											
	Y-											
CURVA DE CAPACIDAD												
SENTIDO X+				SENTIDO X-								
SENTIDO Y+				SENTIDO Y-								



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"											
GUIA DE OBSERVACION N° 10:				DESPLAZAMIENTO MAXIMO Y FUERZA CORTANTE (PRIMERA ROTULA)							
ELABORADO POR :		Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas					
		Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo									
CURVA DE CAPACIDAD											
ESQUEMA	SENT	CAPACIDAD		NIVELES DE DESEMPEÑO							
		Di (cm)	V (ton-f)	B	IO	LS	CP	C	D	E	OBSERV
A	X+										
	X-										
	Y+										
	Y-										
B	X+										
	X-										
	Y+										
	Y-										
C	X+										
	X-										
	Y+										
	Y-										
CURVA DE CAPACIDAD											
ATC-40		Fluencia	Ocupación inmediata	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso			
NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)		B	IO	LS	CP	C	D	E			
VISION 2000(FEMA 356)		Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso				
SENTIDO X+				SENTIDO X-							
SENTIDO Y+				SENTIDO Y-							



TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 11:

PUNTO DE DESEMPEÑO Y NIVEL DE DESEMPEÑO

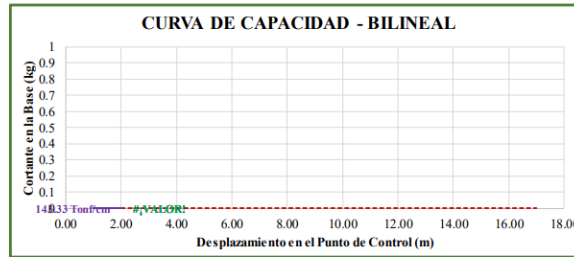
ELABORADO POR :

Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo

ASESOR :

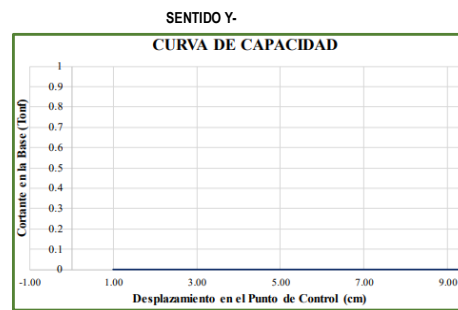
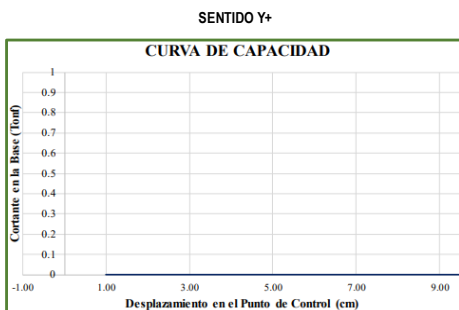
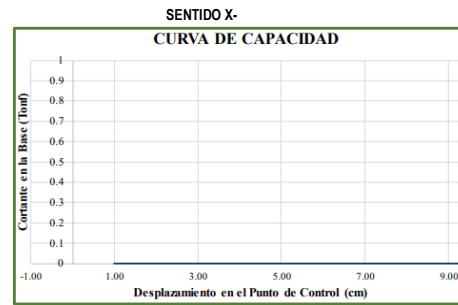
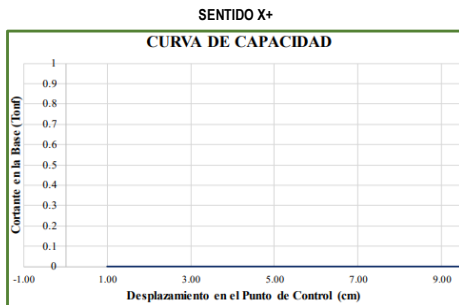
Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

BILINEALIZACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD



PUNTOS DE DESEMPEÑO

	SENTIDO X+		SENTIDO X-		SENTIDO Y+		SENTIDO Y-	
	δ (cm)	V (Tonf)	δ (cm)	V (Tonf)	δ (cm)	V (Tonf)	δ (cm)	V (Tonf)
A	SERVICIO							
	DISEÑO							
	MAXIMO							
B	SERVICIO							
	DISEÑO							
	MAXIMO							
C	SERVICIO							
	DISEÑO							
	MAXIMO							





TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 12:

NIVEL DE DESEMPEÑO ATC-40

ELABORADO POR :

Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo

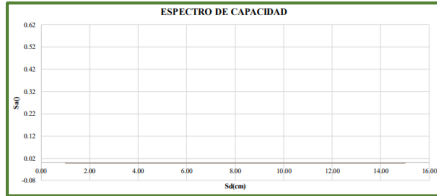
ASESOR :

Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

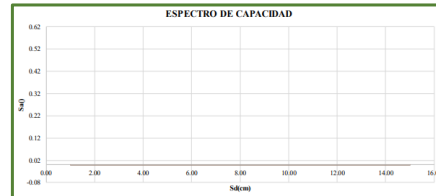
ESPECTROS DE CAPACIDAD

ESQUEMA MECÁNICO :

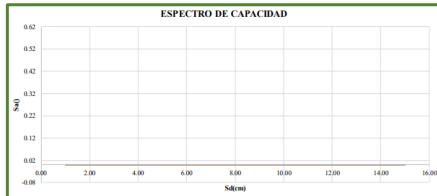
SENTIDO X+



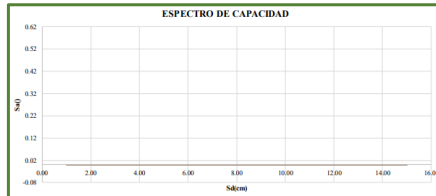
SENTIDO X-



SENTIDO Y+



SENTIDO Y-



RESULTADOS DESPUES DEL ANALISIS

ATC-40	Fluencia	Ocupacion inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso
NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)	B	IO	LS	CP	C	D	E
VISION 2000(FEMA 356)	Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso	

SENTIDO X+



SENTIDO X-



SENTIDO Y+



SENTIDO Y-



NIVEL DE DESEMPEÑO

	XX+	XX-	YY+	YY-
OCASIONAL				
RARO				
MUY RARO				

IO: Ocupación inmediata

LS: Seguridad de vida

CP: Prevención del colapso

C: Colapso



TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 13:

DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO

ELABORADO POR :

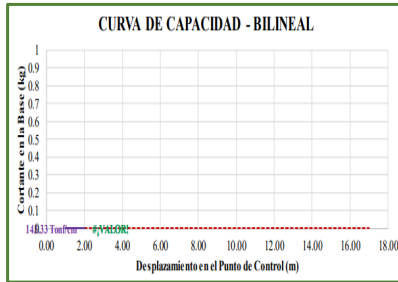
Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo

ASESOR :

Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

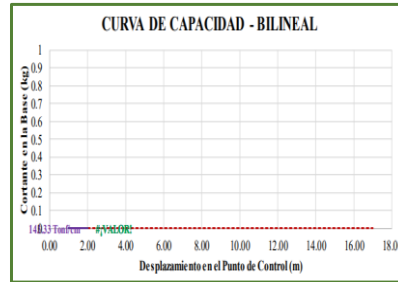
CURVA DE CAPACIDAD BILINEAL

ESQUEMA MECÁNICO:



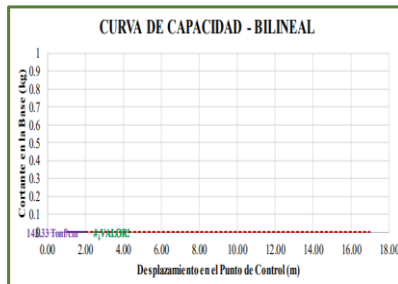
X+

D_{fe} (cm):
 δ (cm):



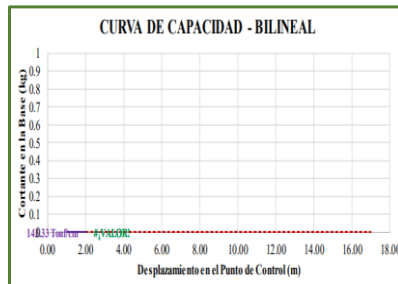
X-

D_{fe} (cm):
 δ (cm):



Y+

D_{fe} (cm):
 δ (cm):



Y-

D_{fe} (cm):
 δ (cm):

CÁLCULO DE DUCTILIDAD

SENTIDO	DUCTILIDAD
X+	
X-	
Y+	
Y-	

DUCTILIDAD:

$$\mu = \frac{\delta}{D_{fe}}$$

D_{fe} :	Desplaz. Cedente
δ (cm):	Desplaz. Ultimo

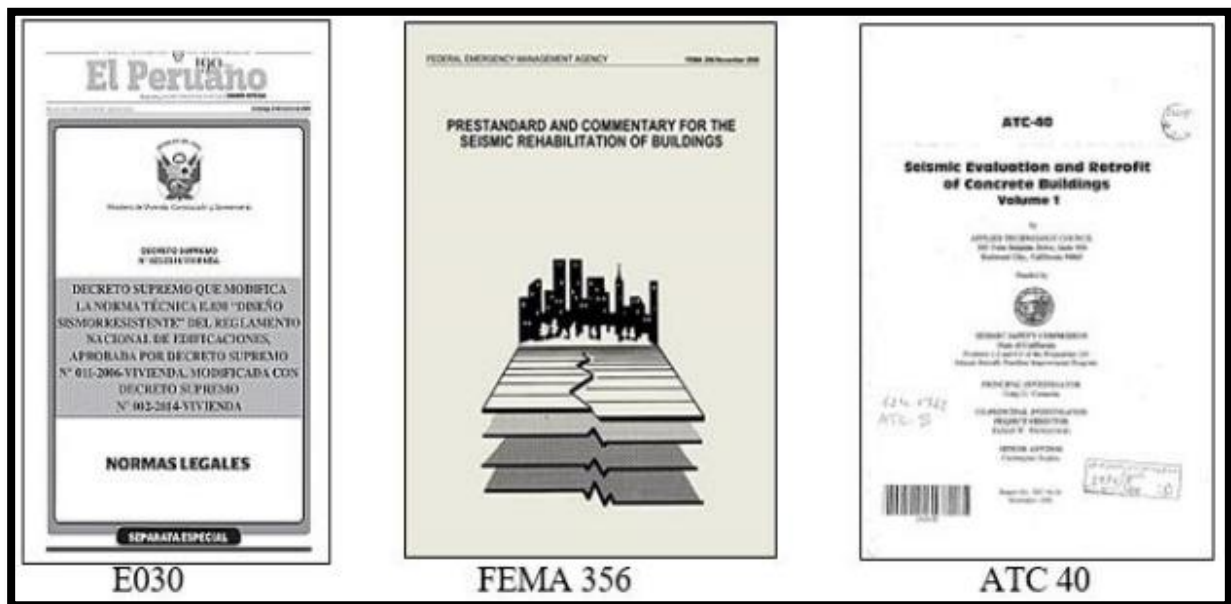


a) Normas y/o Documentos

- Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030.
- Norma Peruana de Metrado de Cargas E-020.
- Norma Técnica Peruana de Diseño en Concreto Armado E-060.
- Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC-40).
- “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” (FEMA 440).
- Expediente técnico.
- Registro de controles de calidad.

Figura 81

Documentos normativos utilizados para la realización de la investigación



b) Softwares Computacionales

- CSI ETABS v.18
- Microsoft Excel 2019
- Microsoft Word 2019
- Autodesk AutoCAD 2017



CSI ETABS v.18



Microsoft Excel 2019



Microsoft Word 2019



Autodesk AutoCAD 2017

3.5 Procedimientos de recolección de datos

3.5.1 Verificación de dimensiones en elementos estructurales y distribución en planta

a) Equipos utilizados

Para la verificación y medición de los elementos estructurales fueron utilizadas las fichas de recolección de datos por distribución en planta, cinta métrica, teléfono celular para la toma de fotografías, lapiceros y los equipos de protección personal.

b) Procedimiento

La verificación y medición de los elementos estructurales de la edificación se realizó el día 06 de Mayo del año 2021 en horas 08:00 am donde los propietarios y personal de vigilancia se encontraba realizando sus actividades normales. El procedimiento a seguir es conforme a la siguiente manera:

1. Ubicar la edificación dentro de la Urb. Magisterio y empezar por la vista de los exteriores y así realizar una comprobación de la disposición establecida en los planos del expediente técnico y también verificar la presencia en los primeros niveles de los elementos estructurales.



Figura 82

Visita a campo para la toma de datos en la residencial Amauta III



2. Se miden las distancias entre los ejes estructurales y se toman apuntes de las dimensiones correlacionando con las establecidas en el plano.

Figura 83

Medición de las distancias entre los ejes estructurales



3. Se miden las dimensiones de los elementos estructurales verticales tales como muros de corte y columnas, de donde se rescata el largo, ancho y altura, al mismo tiempo



identificar en la ficha de recolección de datos el elemento estructural presentado en el anexo N°01 de la investigación.

Figura 84

Medición de la dimensión de columnas y muros



Figura 85

Medición de la dimensión de vigas



4. El procedimiento completo y los resultados de medición de campo se encuentra en el anexo N°01 de la investigación.



3.5.1.1 Toma de datos

Se tomó en consideración los siguientes componentes para la toma de datos y el posterior procesamiento en gabinete:

- ✓ Columnas
- ✓ Vigas Principales y vigas secundarias
- ✓ Ejes

Las tablas N°19 y N°20 muestran los datos tomados de la visita de campo y el contraste con las dimensiones de los planos del expediente técnico, los demás resultados se encuentran en el anexo N° 01 de la investigación.



Tabla 19
Contraste de dimensiones en columnas y placas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 01:			CONTRASTE DE DIMENSIONES						
ELABORADO POR :		Bach. Malparida Caparo Javier		ASESOR :					
		Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena					
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO									
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS									
UBICACIÓN	ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C1	0.60	0.30		0.60	0.30		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C2	0.60	0.30		0.60	0.30		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C3	0.65	0.30		0.65	0.30		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C4	0.65	0.25		0.65	0.25		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C5	0.60	0.30		0.60	0.30		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C6	0.60	0.30		0.60	0.30		
DIMENSIÓN DE ESTRUCTURAS - PLACAS									
ESTRUCTURA	UBICACIÓN	UBICACIÓN	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN
			L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P1	2.00	0.20		2.00	0.20		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P2	2.00	0.20		2.00	0.20		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P3	0.60	0.30		2.00	0.20		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P4	2.10	0.25		2.10	0.25		
			2.10	0.25		2.10	0.25		
			2.10	0.25		2.10	0.25		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P5	2.30	0.25		2.30	0.25		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P6	2.00	0.20		2.00	0.20		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P7	2.00	0.20		2.00	0.20		
SOTANO- SEMISOTANO	-	PLACA - P8(a)	2.15	0.30		2.15	0.30		
SOTANO- SEMISOTANO	-	PLACA - P8(b)	1.40	0.30		1.40	0.30		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P9	1.60	0.20		1.60	0.20		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P10	1.60	0.20		1.60	0.20		
PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01									



Tabla 20
Contraste de dimensiones en vigas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"										
GUIA DE OBSERVACION N° 01:					CONTRASTE DE DIMENSIONES					
ELABORADO POR :			Bach. Malparída Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena			
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO										
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS-LOSA Y VIGAS SEMISOTANO										
UBICACIÓN		ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACION	Grafica
			L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	N	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 1-1		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 2-2		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 3-3		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 4-4		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 5-5		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 6-6		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 7-7		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 8-8		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 9-9		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 10-10		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 11-11		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 14-14		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 15-15		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 16-16		0.30	0.60		0.30	0.60	CUMPLE	
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 17-17		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	

PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01

3.5.2 Determinación de las coordenadas del centro de masa

a) Equipos utilizados

- ✓ Planos (Arquitectura y Estructuras) del expediente técnico Residencial “Amauta III”.
- ✓ Guía de observación N°04,05,06.



✓ Útiles de escritorio

b) Procedimiento

Para poder ubicar el centro de gravedad de la planta se consultaron los planos de arquitectura y estructura, estos se muestran en la guía de observación N°04,05,06.

3.5.2.1 Toma de datos

Tabla 21

Posición del centro de gravedad

ÁREA DE PLANTA Y POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD						
EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			
B (m)	L (m)	Área (m2)	Xi (m)	Yi (m)	A*Xi	A*Yi
10.00	30.00	300.00	5.00	15.00	-	-

3.5.3 Planteamiento de evaluación

Utilizando el software Etabs 2018 (versión Educativa) se realiza la aplicación de un análisis estático no lineal el cual sirve para determinar la curva de capacidad (desplazamiento máximo vs cortante basal) y los mecanismos de fallas a producirse en el Sistema Estructural de la Residencial “Amauta III”.

3.5.3.1 Modelado de la estructura

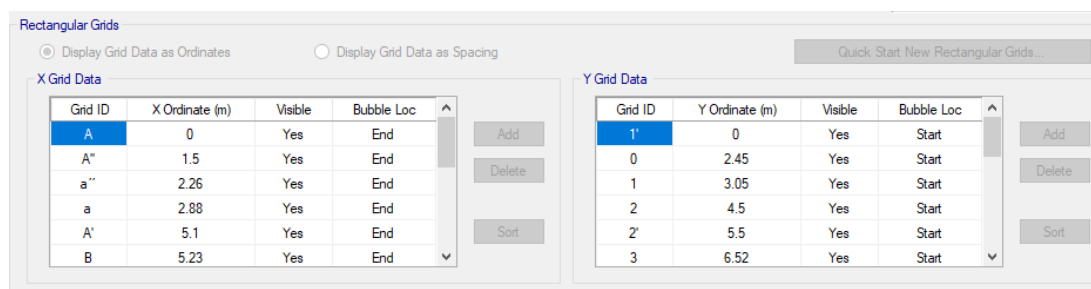
3.5.3.1.1 Modelado Según el esquema mecánico “A”: Muros de Corte de tipo Shell(Fibra)

a) Creación de grillas

Se toman las dimensiones establecidas en el plano estructural para ser ingresadas y modeladas en el software escogido, en donde obtendremos finalmente los resultados del análisis pushover.

Figura 86

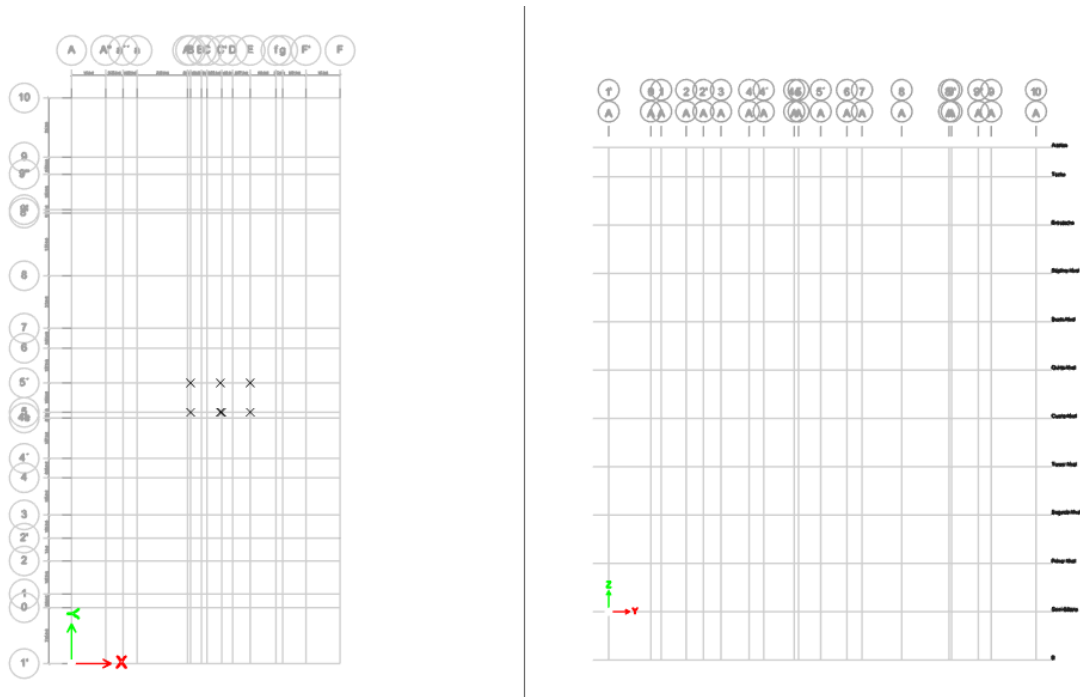
Asignación de Grillas en el modelo de la Residencial"Amauta III"



Obtenido de ETABS 2018



Figura 87
Grillas en Planta y Elevación



Obtenido de ETABS 2018

Figura 88
Alturas de entrepiso-Residencial Amauta III

	Story	Height cm	Elevation cm	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height cm	Story Color
▶	Azotea	170	2690	No	Quinto Nivel	No	0	Blue
	Techo	280	2520	No	Quinto Nivel	No	0	Blue
	Entretecho	280	2240	No	Quinto Nivel	No	0	Blue
	Séptimo Nivel	280	1960	No	Quinto Nivel	No	0	Blue
	Sexto Nivel	280	1680	No	Quinto Nivel	No	0	Blue
	Quinto Nivel	280	1400	Yes	None	No	0	Blue
	Cuarto Nivel	280	1120	Yes	None	No	0	Green
	Tercer Nivel	280	840	No	Cuarto Nivel	No	0	Cyan
	Segundo Nivel	280	560	No	Cuarto Nivel	No	0	Red
	Primer Nivel	280	280	No	Cuarto Nivel	No	0	Magenta
	Semi-Sótano	280	0	No	Cuarto Nivel	No	0	Black
	B		-280					

Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View

OK Cancel

Obtenido de ETABS 2018



b) Definición de materiales de concreto y acero

Los materiales a definir en el software son el Concreto 210 Kg/cm² y el acero corrugado grado 60. Se muestra a continuación la asignación de las propiedades de los materiales:

Tabla 22

Propiedades del Concreto y Acero de Refuerzo para Evaluación

CONCRETO				ACERO grado 60
$f'c \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$	Modulo de elasticidad $E = 15000 \sqrt{f'c}$	Modulo de poisson $\nu = 0.2$	Modulo de corte $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
210	217370.6512	0.2	90571.10466	$f_u = 6300 \text{ kg/cm}^2$

Figura 89

Definición del Material Concreto 210 kg/cm²

Obtenido de ETABS 2018



Figura 90
Definición del Material Concreto 245 kg/cm²

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: tonf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/F

Shear Modulus, G: tonf/m²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Obtenido de ETABS 2018

Figura 91
Definición del Acero de Refuerzo Grado 60

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/F

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Obtenido de ETABS 2018



b.1) Definición de la no linealidad de los materiales

Se aplicó la no linealidad a los materiales creados para que pueda procesarse el análisis y tener una respuesta no lineal por parte de los materiales. Se muestra a continuación la definición:

Figura 92

Asignación de la no-linealidad para el concreto

The screenshot shows the 'Nonlinear Material Data' dialog box for a concrete material. The 'Material Name and Type' section has 'Material Name' set to 'fc=210' and 'Material Type' set to 'Concrete, Isotropic'. The 'Miscellaneous Parameters' section has 'Hysteresis Type' set to 'Concrete'. The 'Acceptance Criteria Strains' section has a table with columns for 'Tension' and 'Compression' and rows for 'IO', 'LS', and 'CP'. The 'Stress Strain Curve Definition Options' section has 'Parametric' selected and 'Mander' chosen. The 'Parametric Strain Data' section has 'Strain at Unconfined Compressive Strength, f_c' set to 0.002, 'Ultimate Unconfined Strain Capacity' set to 0.005, and 'Final Compression Slope (Multiplier on E)' set to -0.1.

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.003	m/m
LS	0.02	-0.006	m/m
CP	0.05	-0.015	m/m

Obtenido de ETABS 2018

Figura 93

Asignación de la no-linealidad para el acero

The screenshot shows the 'Nonlinear Material Data' dialog box for a steel material. The 'Material Name and Type' section has 'Material Name' set to 'A615Gr60' and 'Material Type' set to 'Rebar, Uniaxial'. The 'Miscellaneous Parameters' section has 'Hysteresis Type' set to 'Kinematic'. The 'Acceptance Criteria Strains' section has a table with columns for 'Tension' and 'Compression' and rows for 'IO', 'LS', and 'CP'. The 'Stress Strain Curve Definition Options' section has 'Parametric' selected and 'Simple' chosen. The 'Parametric Strain Data' section has 'Strain at Onset of Strain Hardening' set to 0.01, 'Ultimate Strain Capacity' set to 0.09, and 'Final Slope (Multiplier on E)' set to -0.1.

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.005	m/m
LS	0.02	-0.01	m/m
CP	0.05	-0.02	m/m

Obtenido de ETABS 2018

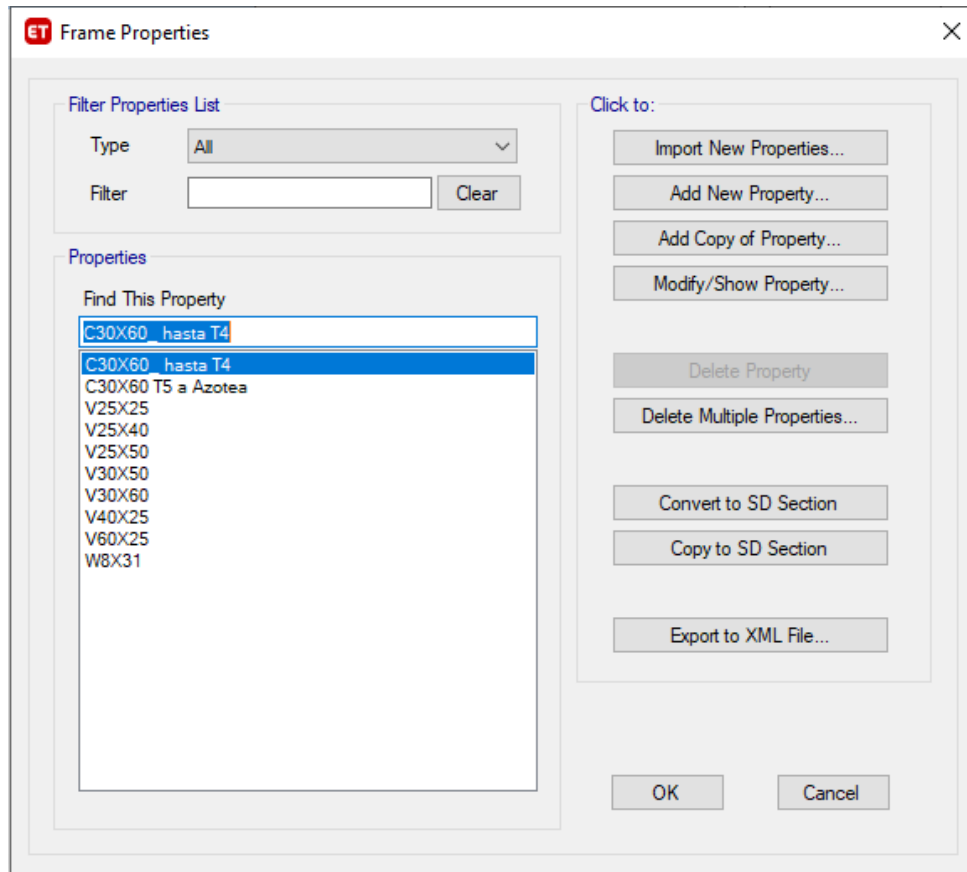


c) Definición de secciones tipo frame - Vigas y columnas

En las siguientes figuras se muestra la definición de las secciones de tipo frame que corresponden a columnas y vigas según lo expuesto en los planos estructurales de la edificación.

Figura 94

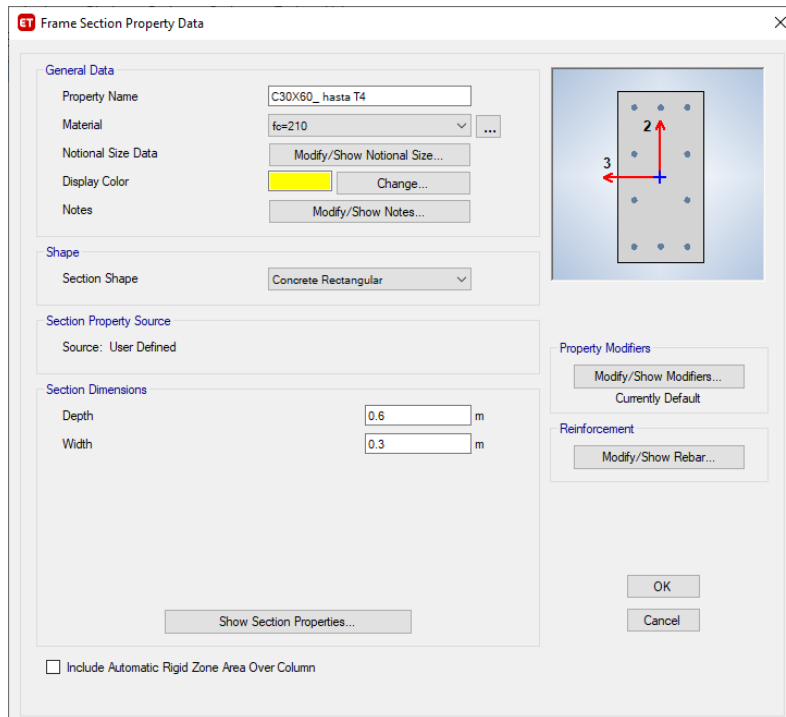
Definición de Elementos Tipo Frame - Vigas y Columnas



Obtenido de ETABS 2018



Figura 95
Definición de Columna de 30x60cm hasta 4to piso con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

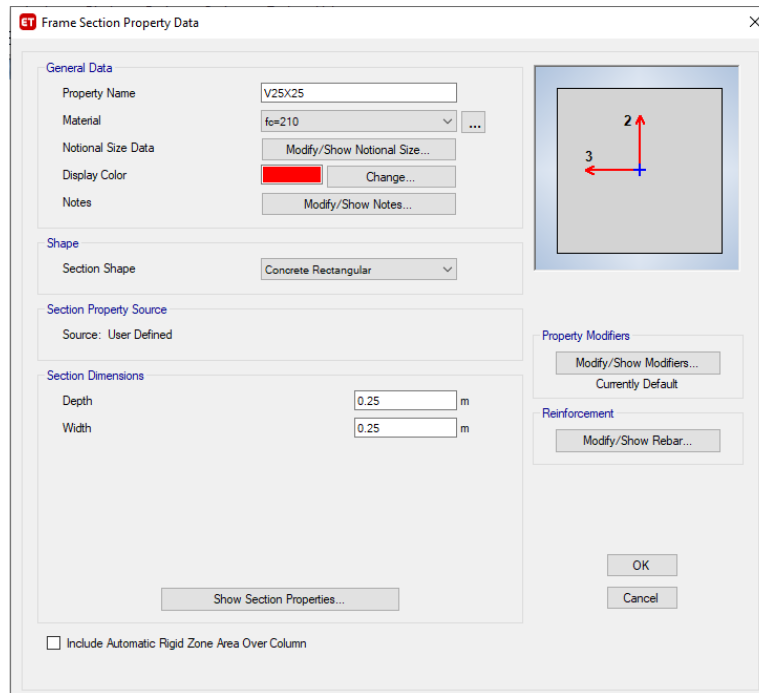
Figura 96
Definición de Columna de 30x60cm 4to piso hasta azotea con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

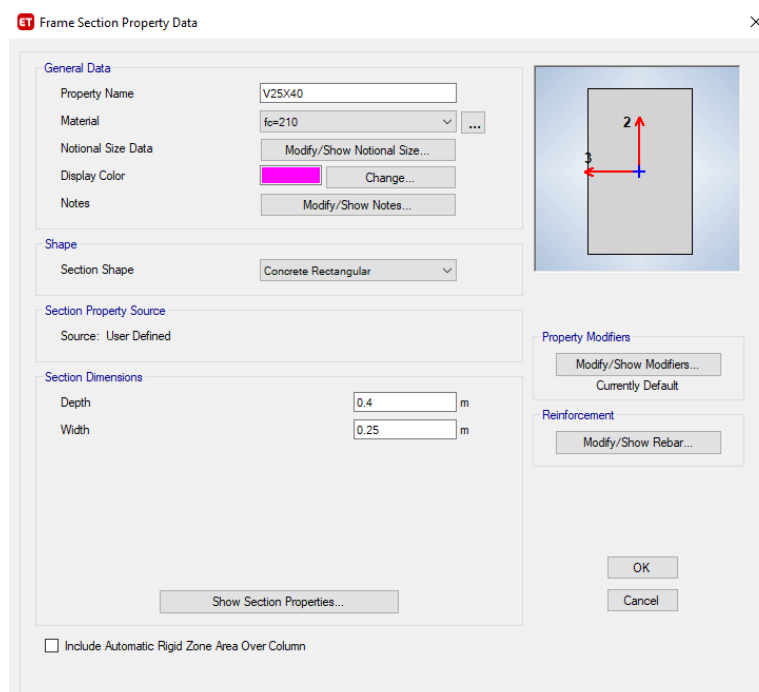


Figura 97
Definición de Viga de 25x25cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

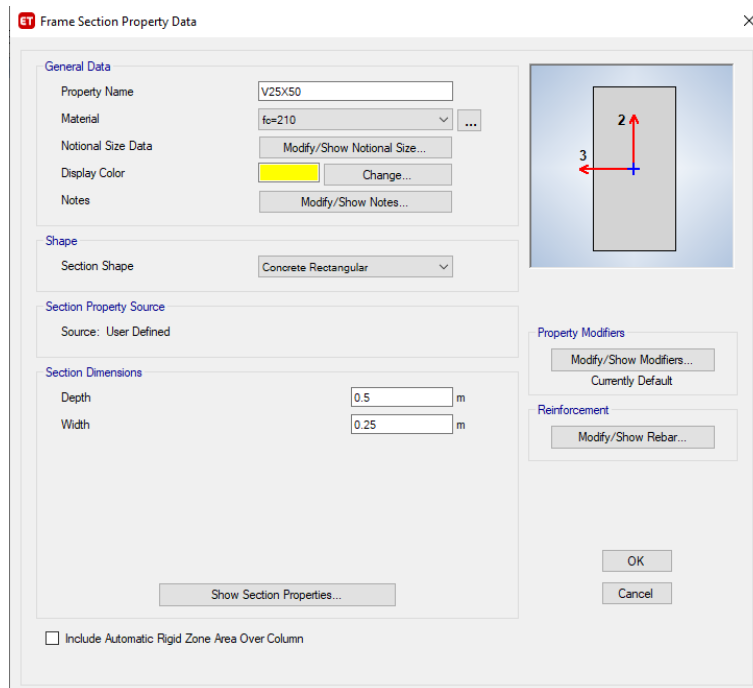
Figura 98
Definición de Viga de 25x40cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

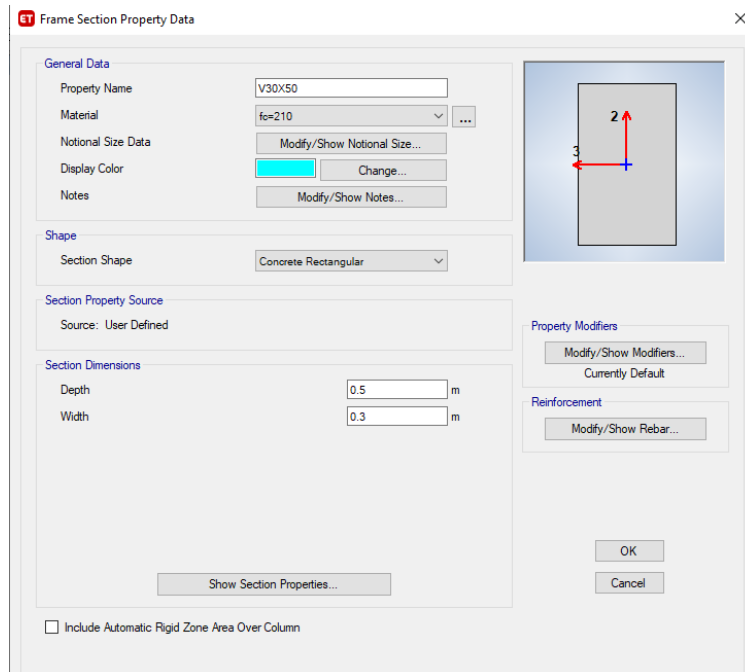


Figura 99
Definición de Viga de 25x50cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

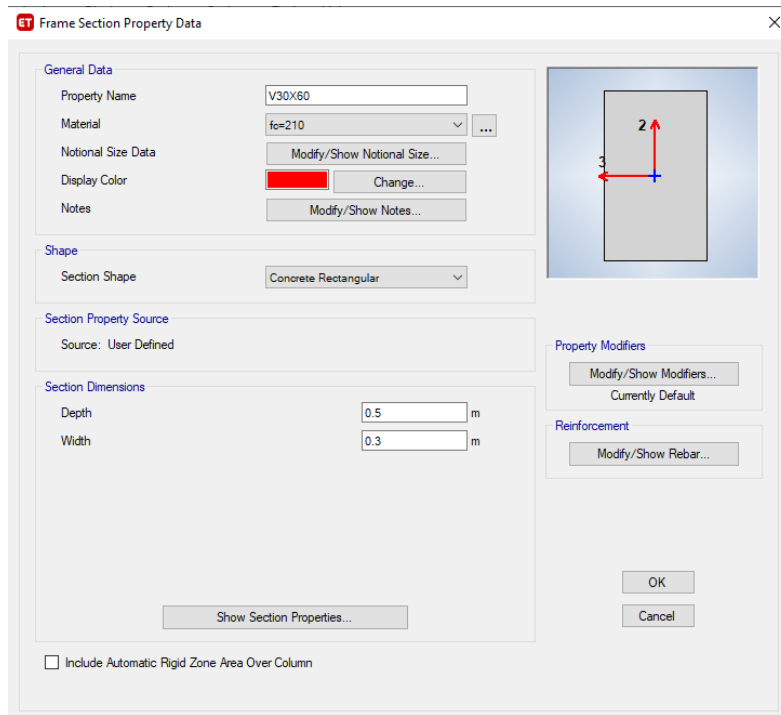
Figura 100
Definición de Viga de 30x50cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

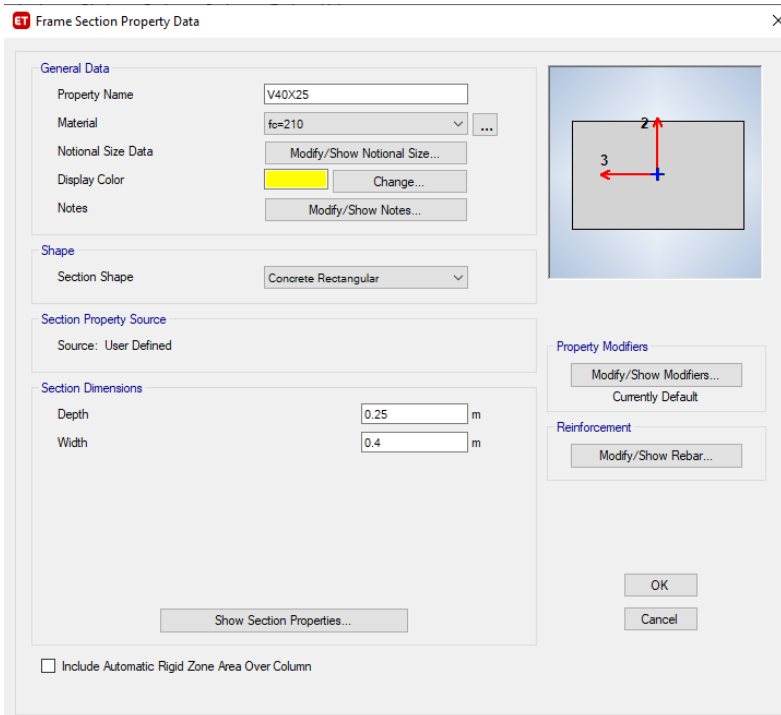


Figura 101
Definición de Viga de 30x60cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

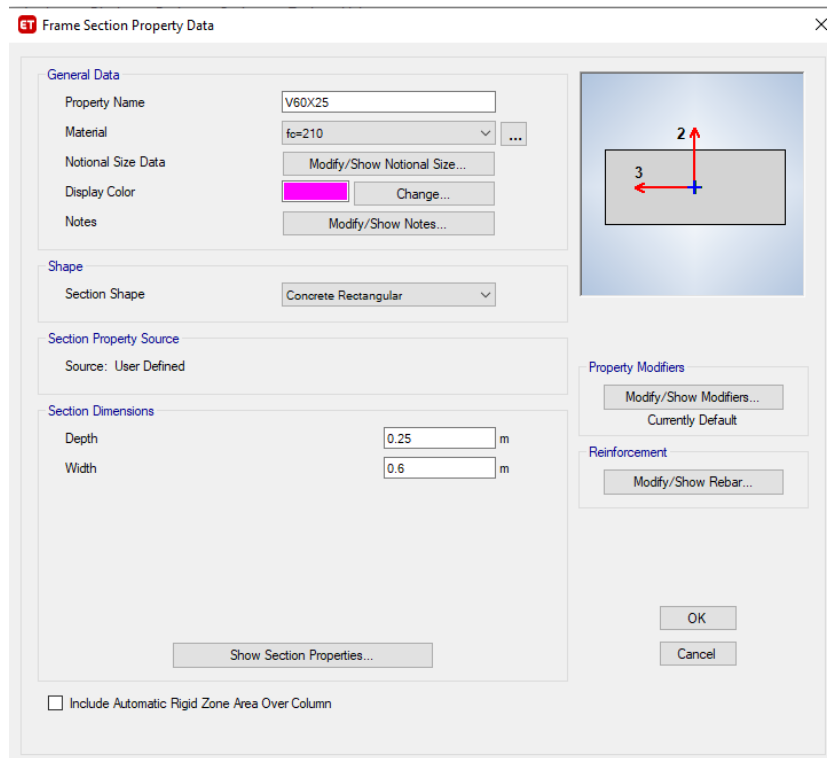
Figura 102
Definición de Viga de 40x25cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018



Figura 103
Definición de Viga de 60x25cm con $f'c$ 210kg/cm²



Obtenido de ETABS 2018

Tabla 23
Área de Varillas de Acero de Refuerzo Comercial

ÁREA DE ACEROS			
Varilla	Diámetro (in)	Radio (cm)	Área (cm²)
#2	1/4	0.32	0.31
#3	3/8	0.47	0.71
#4	1/2	0.63	1.29
#5	5/8	0.79	1.99
#6	3/4	0.95	2.84
#7	7/8	1.10	3.87
#8	1	1.26	5.10

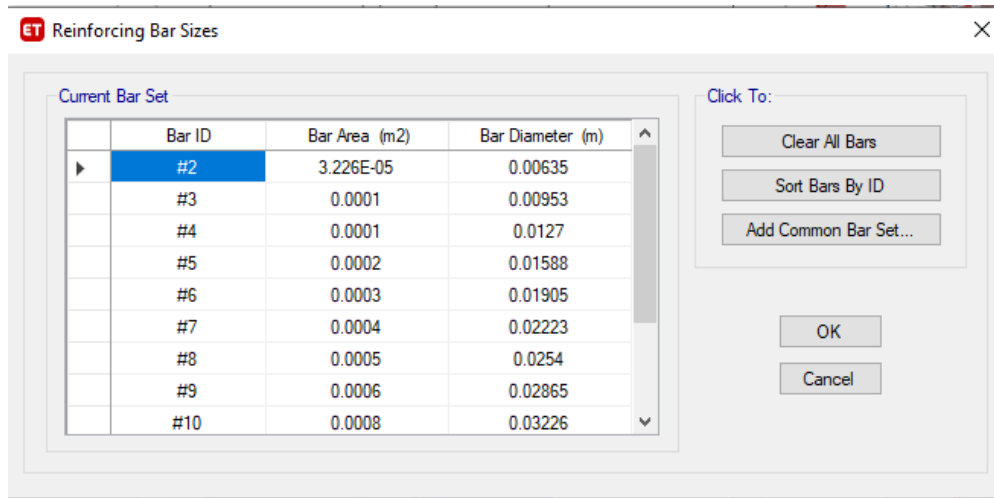
Obtenido de Expediente Técnico



Se coloca en el Software de la siguiente manera:

Figura 104

Asignación de Áreas de Acero en Software ETABS



Obtenido de ETABS 2018

Área de acero en Vigas

En el Programa ETABS v. 2018, para realizar el cálculo del momento curvatura de las secciones fue necesario tener el área de acero superior e inferior en cada extremo de la viga, es decir, que se calcula las áreas de acero al inicio y al final de luz de la viga. Para simplificar los cálculos a fin de tener un modelado uniforme en todo el edificio, se optó por mantener áreas de acero similares en todas las vigas puesto que todas se aproximaban a una misma cantidad, exceptuando la viga de 30x60 cm que si mostraba mayor área de acero de refuerzo y ésta fue calculada y colocada en el software al igual que el refuerzo en la viga de 25 x 25 cm , a continuación se muestra la asignación del refuerzo en vigas en el software:



Figura 105
Asignación de Área de Acero en Vigas 25 x 25 cm

The dialog box is titled "ET Frame Section Property Reinforcement Data". It contains the following settings:

- Design Type:** M3 Design Only (Beam)
- Rebar Material:** Longitudinal Bars: A615Gr60; Confinement Bars (Ties): A615Gr60
- Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid:** Top Bars: 0.06 m; Bottom Bars: 0.06 m
- Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams:** Top Bars at I-End: 0.000516 m²; Top Bars at J-End: 0.000516 m²; Bottom Bars at I-End: 0.000516 m²; Bottom Bars at J-End: 0.000516 m²

Buttons: OK, Cancel

Obtenido de ETABS 2018

Figura 106
Asignación de Área de Acero en Vigas 25 x 40 cm

The dialog box is titled "ET Frame Section Property Reinforcement Data". It contains the following settings:

- Design Type:** M3 Design Only (Beam)
- Rebar Material:** Longitudinal Bars: A615Gr60; Confinement Bars (Ties): A615Gr60
- Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid:** Top Bars: 0.06 m; Bottom Bars: 0.06 m
- Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams:** Top Bars at I-End: 0.0008 m²; Top Bars at J-End: 0.0008 m²; Bottom Bars at I-End: 0.0008 m²; Bottom Bars at J-End: 0.0008 m²

Buttons: OK, Cancel

Obtenido de ETABS 2018



Figura 107
Asignación de Área de Acero en Vigas 25 x 50 cm

The dialog box is titled "ET Frame Section Property Reinforcement Data". It contains the following sections:

- Design Type:** Radio buttons for "P-M2-M3 Design (Column)" and "M3 Design Only (Beam)". The "M3 Design Only (Beam)" option is selected.
- Rebar Material:** Two dropdown menus. "Longitudinal Bars" is set to "A615Gr60" and "Confinement Bars (Ties)" is also set to "A615Gr60".
- Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid:** Two input fields. "Top Bars" is 0.06 m and "Bottom Bars" is 0.06 m.
- Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams:** Four input fields, all set to 0.001136 m².
 - Top Bars at I-End
 - Top Bars at J-End
 - Bottom Bars at I-End
 - Bottom Bars at J-End

Buttons for "OK" and "Cancel" are at the bottom.

Obtenido de ETABS 2018

Figura 108
Asignación de Área de Acero en Vigas 30 x 50 cm

The dialog box is titled "ET Frame Section Property Reinforcement Data". It contains the following sections:

- Design Type:** Radio buttons for "P-M2-M3 Design (Column)" and "M3 Design Only (Beam)". The "M3 Design Only (Beam)" option is selected.
- Rebar Material:** Two dropdown menus. "Longitudinal Bars" is set to "A615Gr60" and "Confinement Bars (Ties)" is also set to "A615Gr60".
- Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid:** Two input fields. "Top Bars" is 0.06 m and "Bottom Bars" is 0.06 m.
- Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams:** Four input fields, all set to 0.001136 m².
 - Top Bars at I-End
 - Top Bars at J-End
 - Bottom Bars at I-End
 - Bottom Bars at J-End

Buttons for "OK" and "Cancel" are at the bottom.

Obtenido de ETABS 2018



Figura 109
Asignación de Área de Acero en Vigas 30 x 60 cm

The dialog box is titled "ET Frame Section Property Reinforcement Data". It contains the following fields and options:

- Design Type:** Radio buttons for "P-M2-M3 Design (Column)" and "M3 Design Only (Beam)". The "M3 Design Only (Beam)" option is selected.
- Rebar Material:** Two dropdown menus for "Longitudinal Bars" and "Confinement Bars (Ties)", both set to "A615Gr60".
- Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid:** Two input fields for "Top Bars" and "Bottom Bars", both set to "0.06" m.
- Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams:** Four input fields for "Top Bars at I-End", "Top Bars at J-End", "Bottom Bars at I-End", and "Bottom Bars at J-End", all set to "0.00204" m².
- Buttons for "OK" and "Cancel" at the bottom.

Obtenido de ETABS 2018

Figura 110
Asignación de Área de Acero en Vigas 40 x 25 cm

The dialog box is titled "ET Frame Section Property Reinforcement Data". It contains the following fields and options:

- Design Type:** Radio buttons for "P-M2-M3 Design (Column)" and "M3 Design Only (Beam)". The "M3 Design Only (Beam)" option is selected.
- Rebar Material:** Two dropdown menus for "Longitudinal Bars" and "Confinement Bars (Ties)", both set to "A615Gr60".
- Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid:** Two input fields for "Top Bars" and "Bottom Bars", both set to "0.06" m.
- Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams:** Four input fields for "Top Bars at I-End", "Top Bars at J-End", "Bottom Bars at I-End", and "Bottom Bars at J-End", all set to "0.001136" m².
- Buttons for "OK" and "Cancel" at the bottom.

Obtenido de ETABS 2018



Figura 111
Asignación de Área de Acero en Vigas 60 x 25 cm

Obtenido de ETABS 2018

Área de acero en columnas

Se toma el cálculo del acero de refuerzo en las columnas de acuerdo a los planos del expediente técnico y fueron asignados en el software de la siguiente manera:

Figura 112
Asignación de Área de Acero en Columnas 30 x 60 cm hasta 4to piso

Obtenido de ETABS 2018



Figura 113
Asignación de Área de Acero en Columnas 30 x 60 cm 5to piso hasta azotea

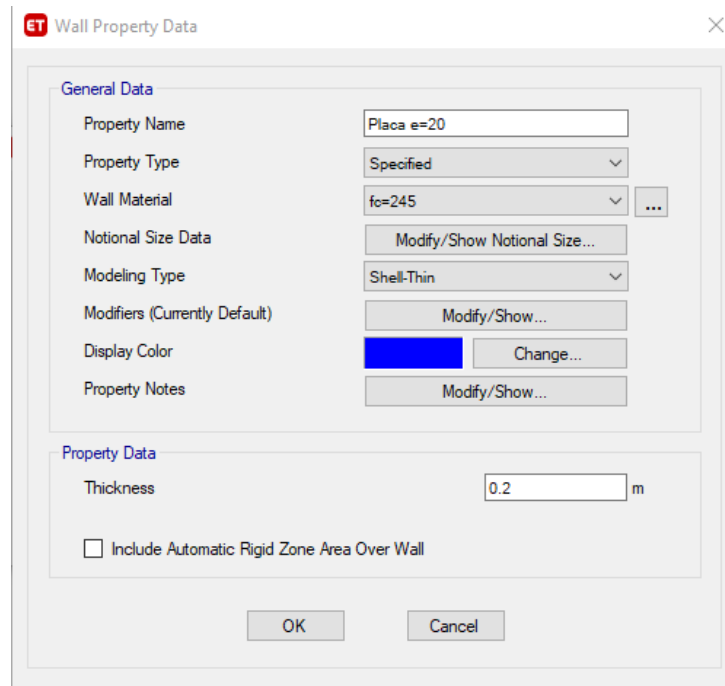
Obtenido de ETABS 2018

d) Definición de secciones tipo Shell- Muros de Corte

Los muros de corte han sido definidos de la siguiente manera:

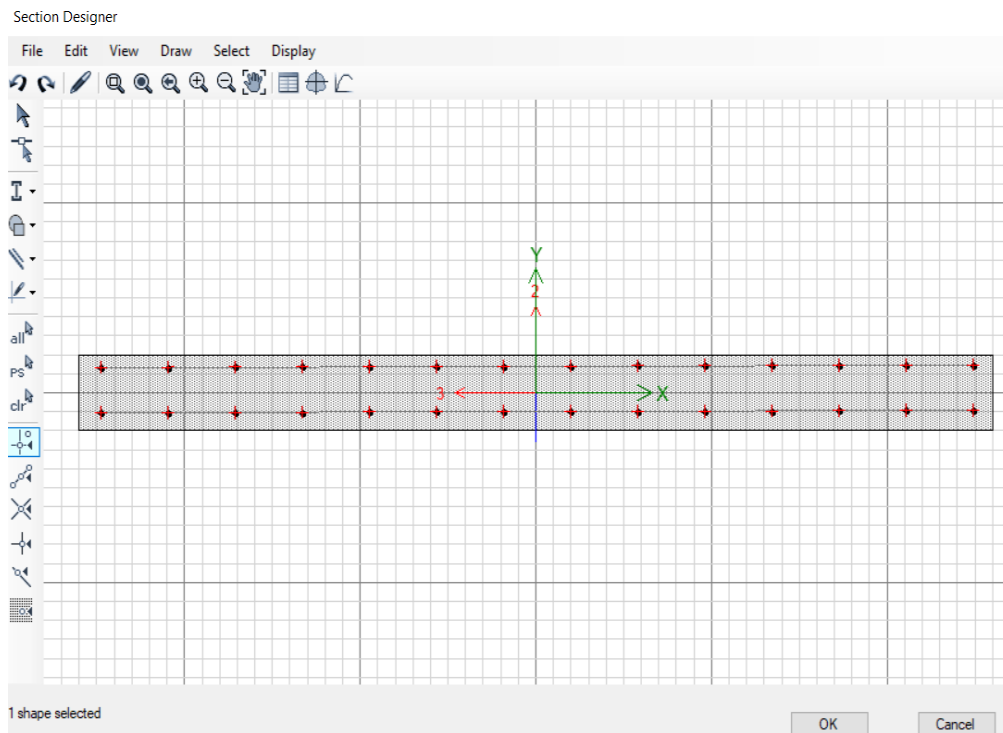
Figura 114
Definición de Secciones Tipo Wall - Muros de Corte del tipo SHELL

Obtenido de ETABS 2018



Obtenido de ETABS 2018

Figura 115
Definición de áreas de acero en Muros $e=20\text{cm}$ (260×20) - Muros de Corte del tipo SHELL

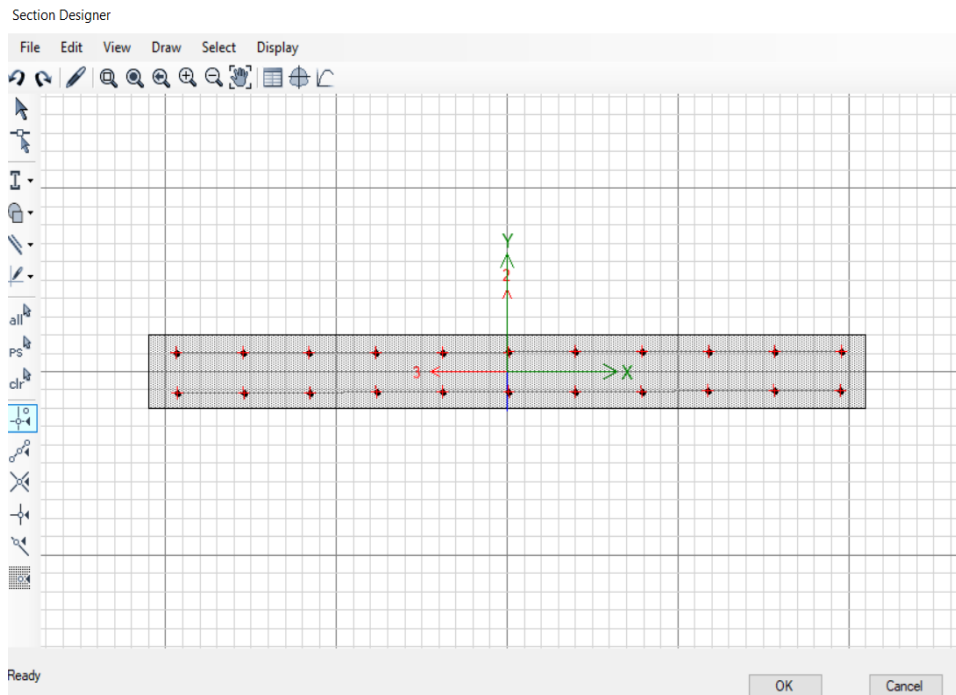


Obtenido de ETABS 2018



Figura 116

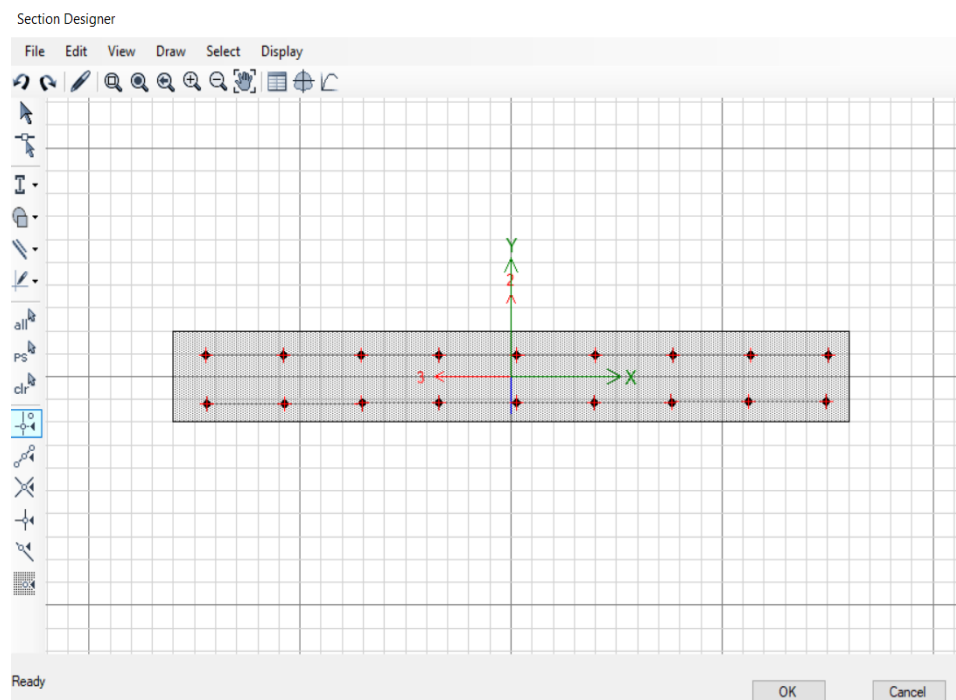
Definición de áreas de acero en Muros $e=20\text{cm}$ (210 x 20) - Muros de Corte del tipo SHELL



Obtenido de ETABS 2018

Figura 117

Definición de áreas de acero en Muros $e=20\text{cm}$ (160 x 20) - Muros de Corte del tipo SHELL

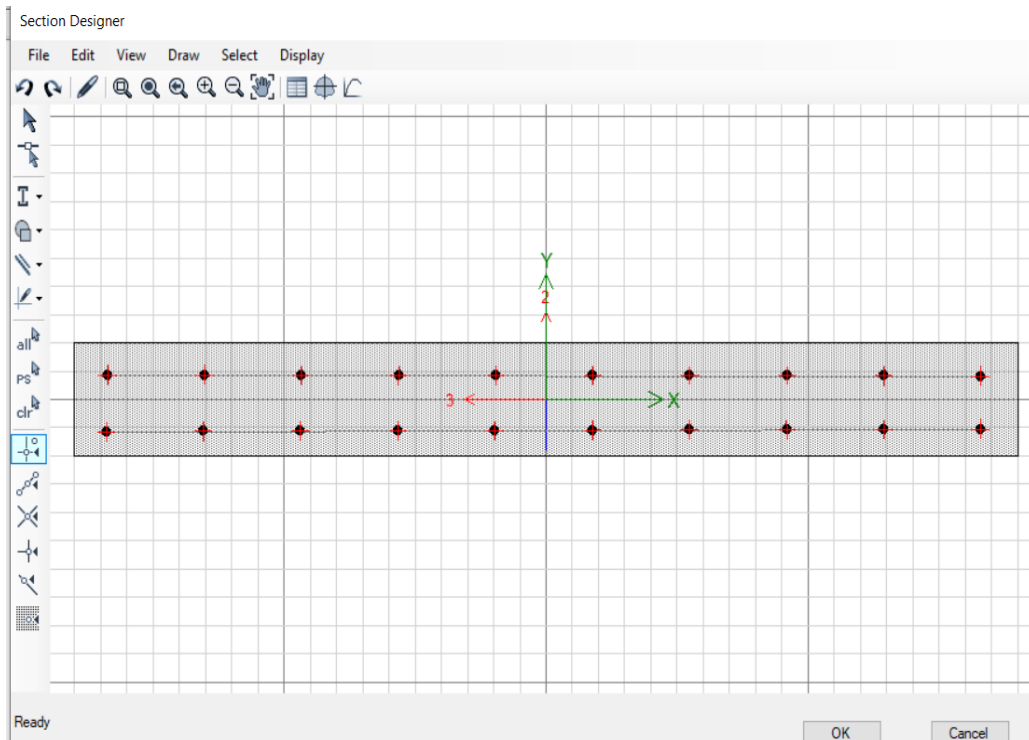


Obtenido de ETABS 2018



Figura 118

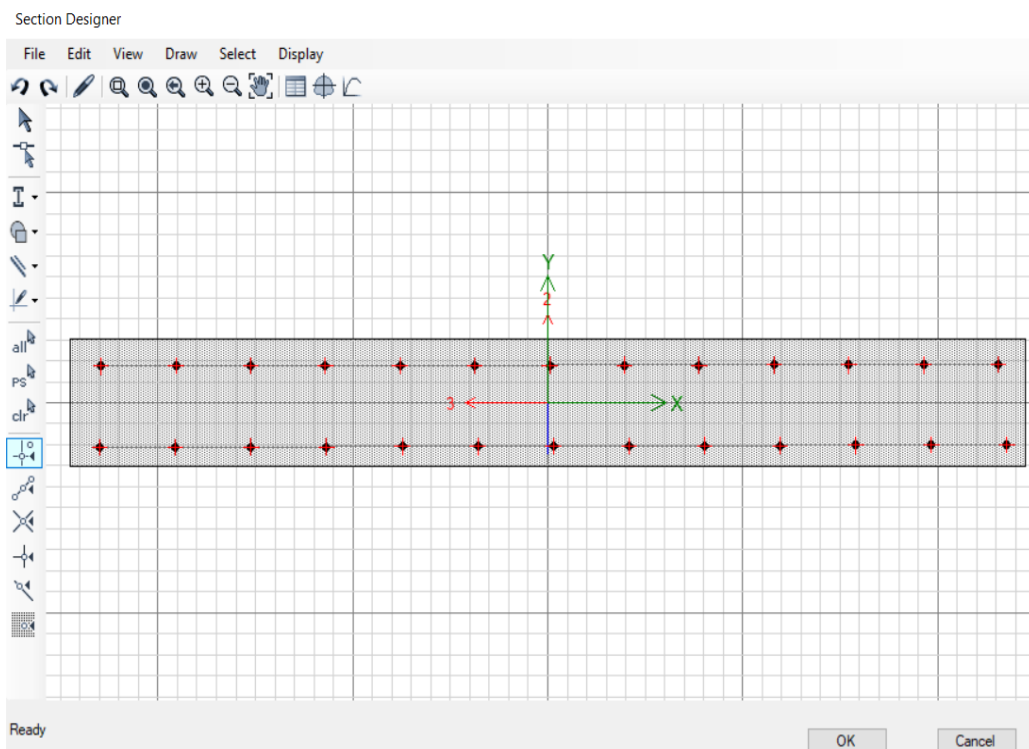
Definición de áreas de acero en Muros $e=20\text{cm}$ (160 x 20) 20 varillas - Muros de Corte del tipo SHELL



Obtenido de ETABS 2018

Figura 119

Definición de áreas de acero en Muros $e=30\text{cm}$ (245 x 30) - Muros de Corte del tipo SHELL

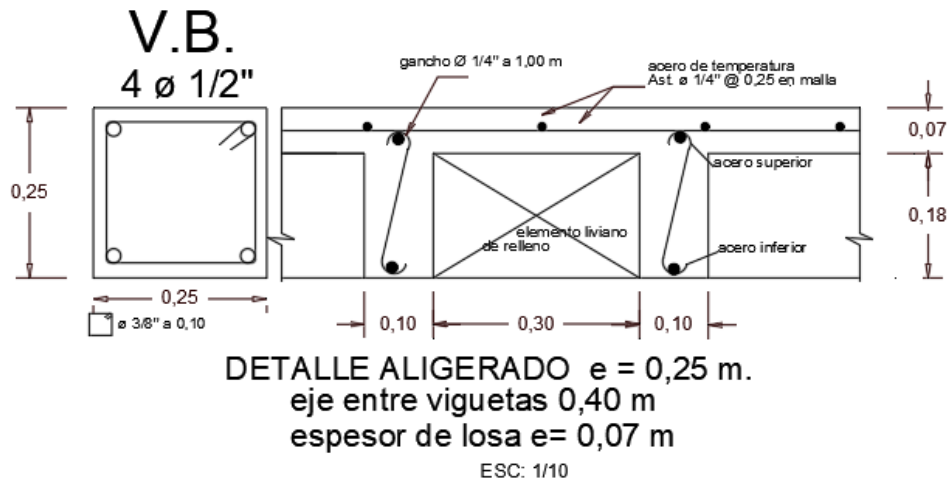


Obtenido de ETABS 2018

e) Definición de secciones de losas Aligeradas y Macizas

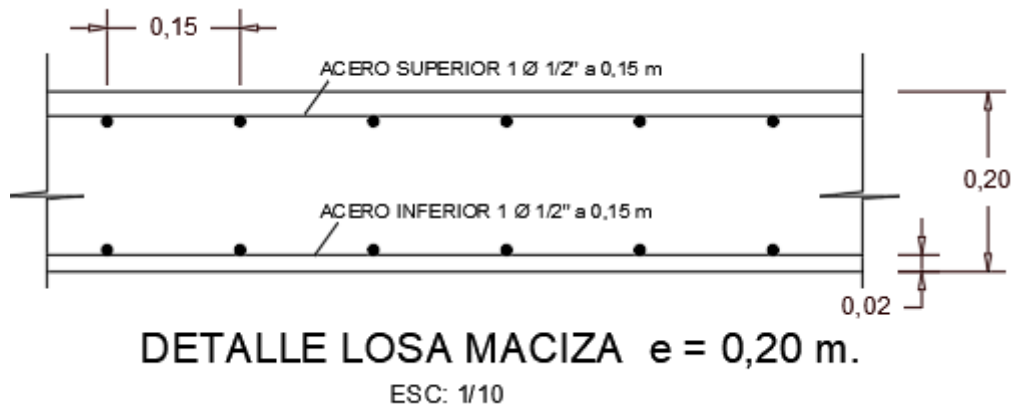
Los planos estructurales muestran las secciones de losas macizas y aligeradas como se observa a continuación:

Figura 120
Detalle de Losa Aligerada



Obtenido de Expediente Técnico

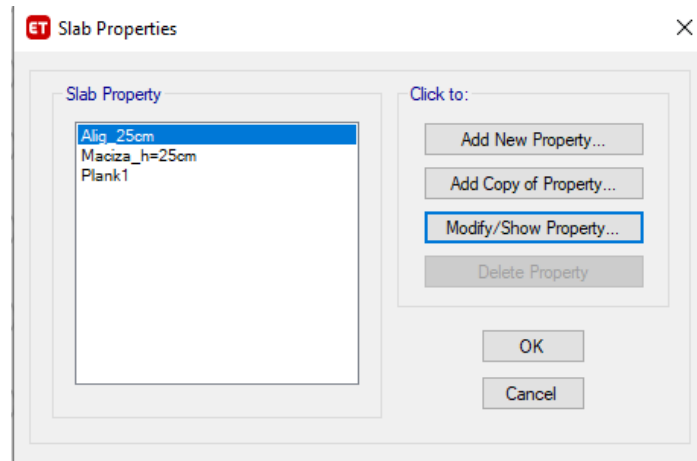
Figura 121
Detalle Losa Maciza



Obtenido de Expediente Técnico

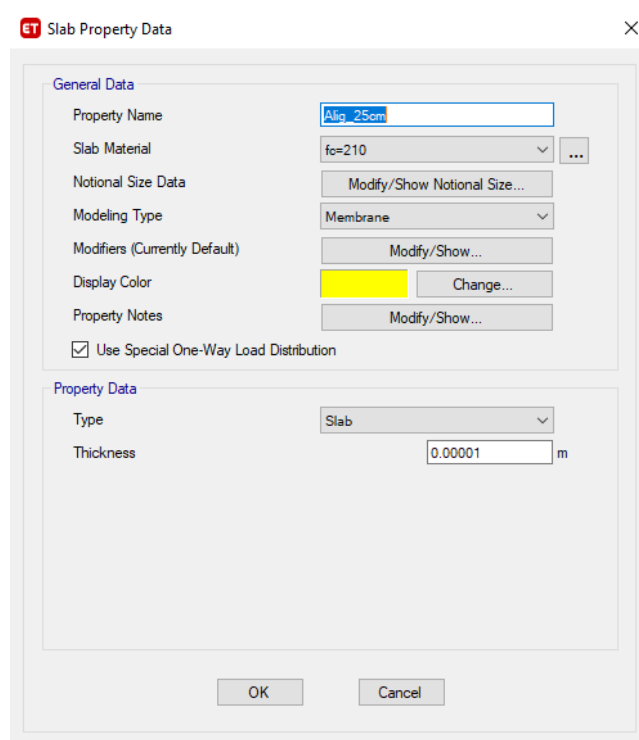


Figura 122
Definición de Losas



Obtenido de ETABS 2018

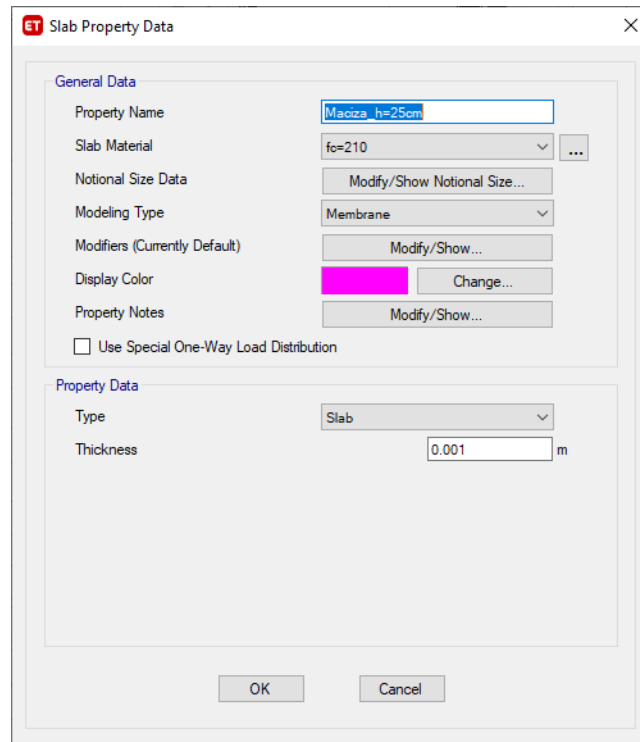
Figura 123
Definición de Losa Aligerada $e=25$ cm



Obtenido de ETABS 2018



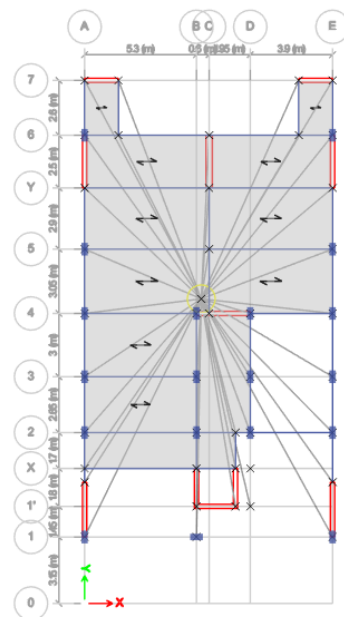
Figura 124
Definición de Losa Maciza $e=20$ cm



Obtenido de ETABS 2018

El siguiente modelado es obtenido luego de definir y asignar las losas de entrespiso de la edificación:

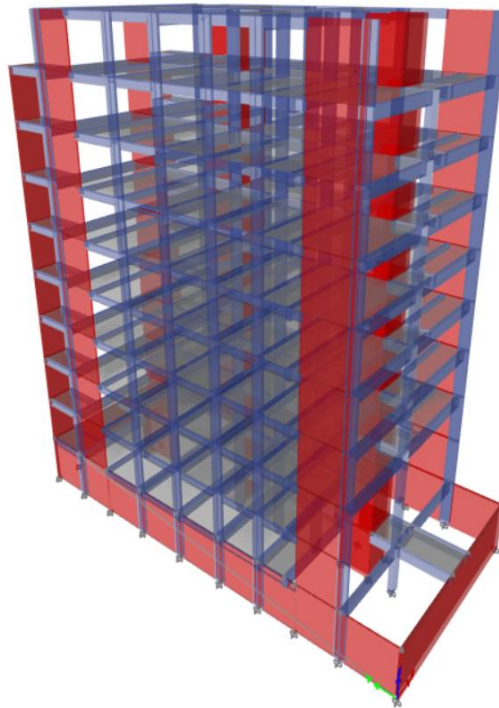
Figura 125
Modelado en Planta de las Losas de Entrespiso



Obtenido de ETABS 2018



Figura 126
Modelo de Edificación en 3D

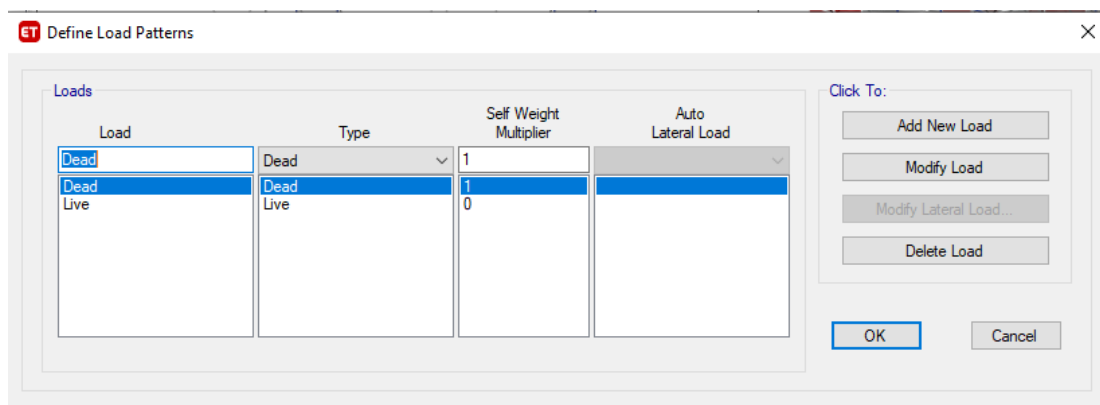


Obtenido de ETABS 2018

f) Definición de patrones de carga

Se definen los patrones de carga que se utilizarán para el análisis los cuales corresponden a cargas vivas, muertas y de techo.

Figura 127
Patrones de Carga



Obtenido de ETABS 2018



g) Análisis de Carga por gravedad

Mediante el metrado de cargas realizado, se han identificado las cargas por gravedad que actúan sobre la estructura y éstas son aplicadas en el modelo siguiendo lo establecido por la Norma Peruana E.020.

g.1) Cargas distribuidas

Tabiquería de unidades de albañilería

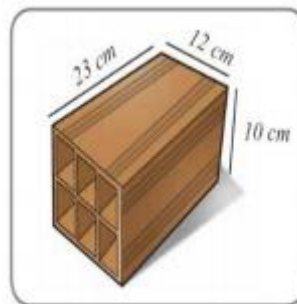
De acuerdo al aparejo utilizado en la construcción de los muros es que se puede definir las cargas distribuidas que provienen de dichos muros.

Primeramente se identifica el tipo de unidad de albañilería que está presente en la edificación ,en éste caso es:

- Unidades huecas o tubulares, con un peso aproximado de 14 kg / (m² x cm).

Figura 128

Unidades de Albañilería Huecas o Tubulares



Obtenido de Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco - San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover), por Cumpa & Quispe, (2019)

Una vez determinado el peso de cada unidad de albañilería, se calcula el peso de todo el muro en altura para posteriormente hacer una equivalencia de la carga distribuida por metro lineal.

Asignación de cargas distribuidas en software ETABS 2018

Teniendo el peso de la tabiquería éste es asignado en el modelo, asignando las cargas de la tabiquería que se encuentran sobre las vigas en kilogramos por metro lineal. Se menciona que los lugares donde se encontraban vanos en los muros fueron considerados como 0 kg/ml con el objetivo de que el modelo represente el real comportamiento posible, a su vez se ha considerado el acabado de piso.



Figura 129
Definición de Cargas Distribuidas

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

Obtenido de ETABS 2018

Asignación de Cargas Vivas

Figura 130
Definición de Cargas Vivas

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

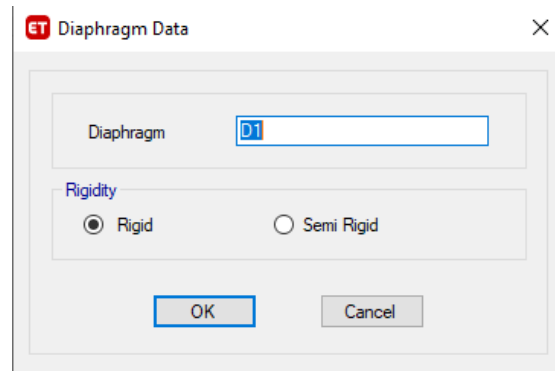
Obtenido de ETABS 2018

h) Asignación de diafragmas rígidos

Al asumir que la estructura posee elementos que están correctamente empotrados y unidos mediante losas de entrepiso podemos deducir que los desplazamientos serán de igual magnitud en todos los puntos.

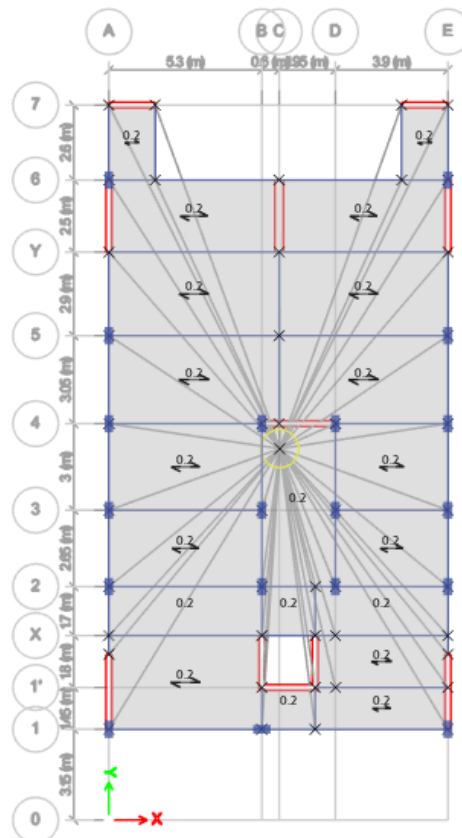


Figura 131
Definición de Diafragma Rígido



Obtenido de ETABS 2018

Figura 132
Asignación de Diafragmas Rígidos



Obtenido de ETABS 2018

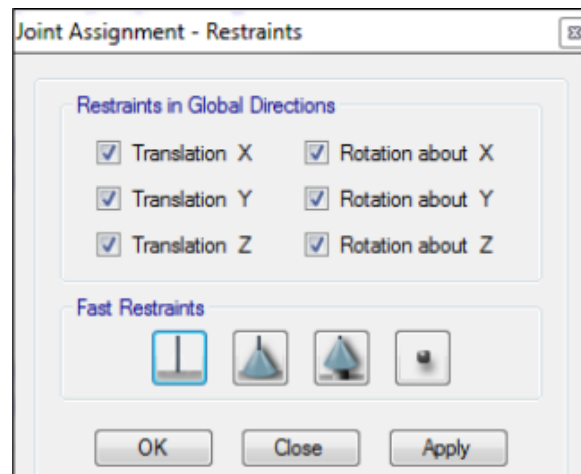
i) Asignación de empotramientos en la base

La estructura posee elementos verticales que van hasta la cimentación por lo que se considera como una base empotrada y es asignada en el software de la siguiente manera:



Figura 133

Asignación de Empotramientos en la Base



Obtenido de ETABS 2018

3.5.3.1.2 Modelado Según el esquema mecánico “B”: Muros de Corte de tipo Viga con Brazo Rígido

Una vez definido el modelado general de la edificación hemos utilizado para éste modelado una variación en la definición de los muros de corte llamada “vigas con brazos rígidos”, la cual consiste en idealizar a las placas como columnas anchas con vigas que tienen asignado en el encuentro rigidez infinita, esto para simular el comportamiento que tendría una placa en la realidad ante una aceleración sísmica.

A continuación, se muestra los pasos ejecutados para la definición de los muros de corte como vigas con brazos rígidos:



a) Definición de Material para Muros de corte de tipo “Vigas con brazo rígido”

Figura 134

Creación de seccion tipo frame para la creación del modelo de viga con brazo rígido

Obtenido de ETABS 2018

Figura 135

Definición de la no linealidad del material

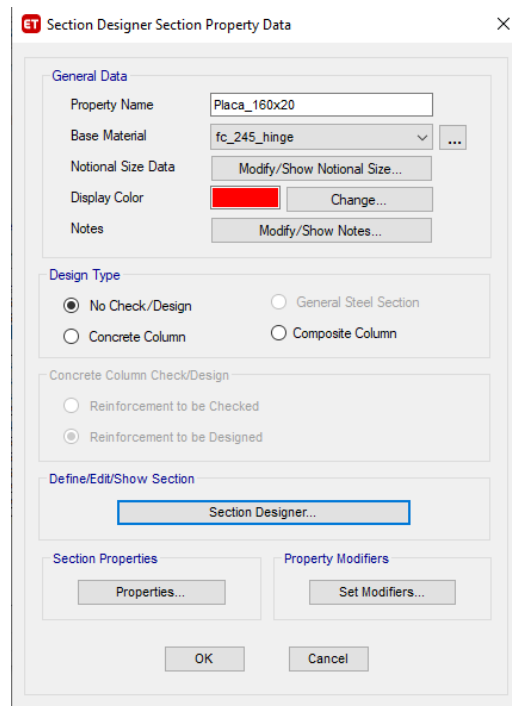
Obtenido de ETABS 2018



b) Definición de Secciones en “Vigas con brazo rígido”

Figura 136

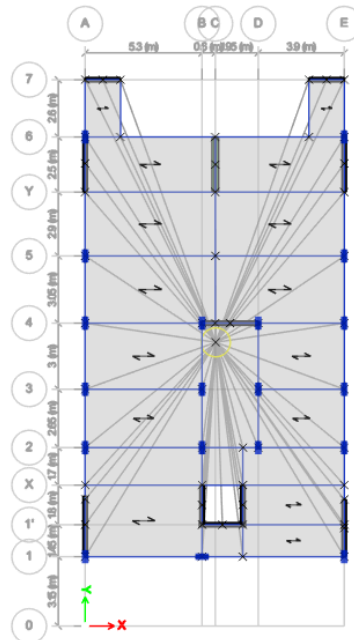
Definición de muros de corte bajo el esquema mecánico "vigas con brazo rígido"



Obtenido de ETABS 2018

Figura 137

Vista en planta del esquema mecánico "B" de viga con brazo rígido

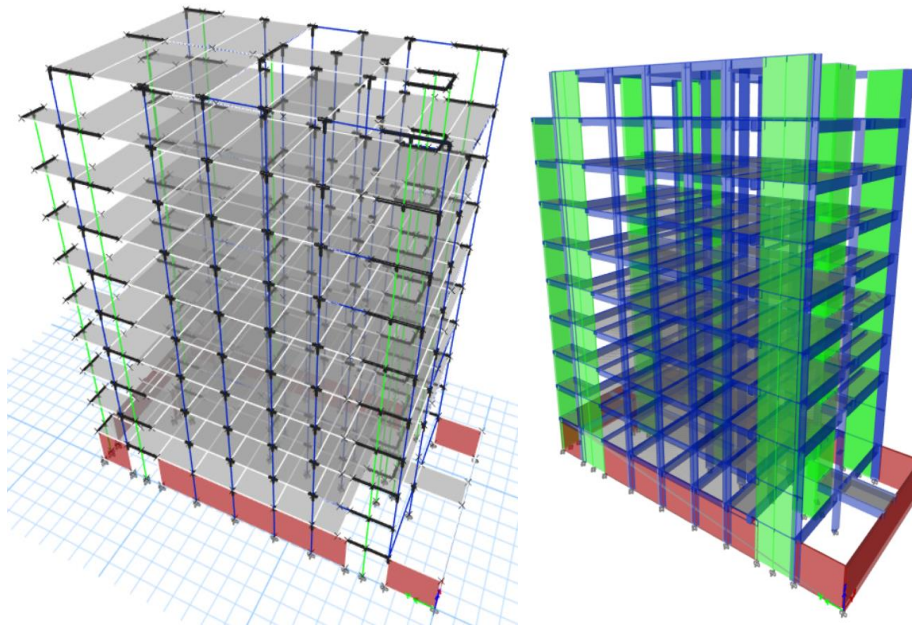


Obtenido de ETABS 2018



Figura 138

Vista 3D del esquema mecánico "B" de viga con brazo rígido



Obtenido de ETABS 2018

3.5.3.1.3 Modelado Según el esquema mecánico "C": Muros de Corte de tipo Layer

De igual forma ya teniendo definido los esquemas mecánicos "A" y "B" y el modelado base general de la edificación, se realiza la variación del tipo de modelado para los muros de cortes aplicando el esquema mecánico de tipo "layer", la cual consiste en idealizar a las placas como capas superpuestas unas con otras que al integrarse general un elemento el cuál admite un comportamiento no lineal que es lo que nos interesa en ésta investigación.

A continuación, se muestra los pasos ejecutados para la definición de los muros de corte como vigas con brazos rígidos:

a) Definición de Material para Muros de corte de tipo "Layer"

De igual forma que en los dos anteriores esquemas utilizados, se han definido los materiales y secciones para ser utilizados en éste esquema mecánico, definiendo las placas como secciones de tipo layer. Se muestra a continuación la definición en el esquema:



Figura 139

Definición de concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ para elementos estructurales del esquema mecánico "C"

Material Property Data

General Data

Material Name: fc=210

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection]

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

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4028 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.245014 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173706 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000055 1/F

Shear Modulus, G: 905710.83 tonf/m²

Design Property Data

[Modify/Show Material Property Design Data...]

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]

[Material Damping Properties...]

[Time Dependent Properties...]

OK Cancel

Obtenido de ETABS 2018

Figura 140

Creación de placas del tipo "layer"

Wall Property Data

General Data

Property Name: Placa e=20

Property Type: Specified

Wall Material: Not Applicable

Notional Size Data: [Modify/Show Notional Size...]

Modeling Type: Layered

Modifiers (Currently Default): [Modify/Show...]

Display Color: [Blue]

Property Notes: [Modify/Show...]

Property Data

[Modify/Show Layered Wall Data...]

Current Number of Layers: 10

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Obtenido de ETABS 2018



b) Definición de Secciones en “Muros de tipo Layer”

Figura 141

Definición de tipo layer para placa $e=0.20\text{ m}$

Layer Name	Distance	Thickness	Modeling Type	Number Integration Points	Material	Material Angle	Material Behavior	Material S11	Material S22	Material S12
ConcM	0	0.2	Membrane	1	fc=245	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
Pos3Bar1M	0.06158	0.001	Membrane	1	A615Gr60	0	Directional	Linear	Inactive	Linear
Pos3Bar2M	0.06158	0.001	Membrane	1	A615Gr60	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
Neg3Bar1M	-0.06158	0.001	Membrane	1	A615Gr60	0	Directional	Linear	Inactive	Linear
Neg3Bar2M	-0.06158	0.001	Membrane	1	A615Gr60	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
ConcP	0	0.15	Plate	2	fc=245	0	Directional	Linear	Linear	Linear
Pos3Bar1P	0.06158	0.001	Plate	1	A615Gr60	0	Directional	Linear	Inactive	Linear

Obtenido de ETABS 2018

Los criterios utilizados para definir el comportamiento de los esquemas mecánicos modelados se muestran a continuación en la tabla N°24:

Tabla 24

Criterios utilizados para el comportamiento de los esquemas mecánicos

ESQUEMA	MODELO	NRO DE ELEMENTOS	NRO DE NODOS
ESQUEMA MECÁNICO “A” Y “C”	Columnas	129	516
	Vigas	423	1692
	Muros estructurales	104	416
ESQUEMA MECÁNICO “B”	Columnas	297	1188
	Vigas	682	2728

3.5.4 Definición de espectro de demanda

Se utilizan los siguientes factores de acuerdo a lo estipulado en (RNE-NTP E030, 2019).

Siendo:

$$Z = 0.25 \quad (\text{ZONA 2 – CUSCO})$$

$$U = 1.00 \quad (\text{CATEGORÍA C-VIVIENDA})$$



$$S = 1.20 \quad (\text{SUELO INTERMEDIO})$$

$$T_p = 0.60 \text{ seg} \quad T_l = 2.00 \text{ seg}$$

Para ambas direcciones de análisis se generan los espectros de respuesta que fueron calculados con los coeficientes de amplificación sísmica (C) de acuerdo a lo mencionado en la norma en función de los parámetros de sitio T_p y T_s , en el artículo 14 de la NTP E. 030, donde se indica:

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica C por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad (12)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \frac{T_p}{T} \quad (13)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \quad (14)$$

En el artículo 29.2 de la NTP E.030 se indica que para periodos muy cortos $T < 0.2 T_p$ se tiene que considerar:

$$T < 0.2 \cdot T_p \quad C = 1 + 7.5 \cdot \frac{T}{T_p} \quad (15)$$

Se considera que la estructura es inicialmente regular y con un coeficiente de reducción basal (R_0) asumiendo que es un sistema dual de $R_0 = 7$. Se indica en la norma de la siguiente manera:

$$R = R_0 \cdot I_p \cdot I_a \quad (16)$$

$$I_p = 1 \quad I_a = 1 \quad (17)$$

$$R_0 = 1 \quad (18)$$

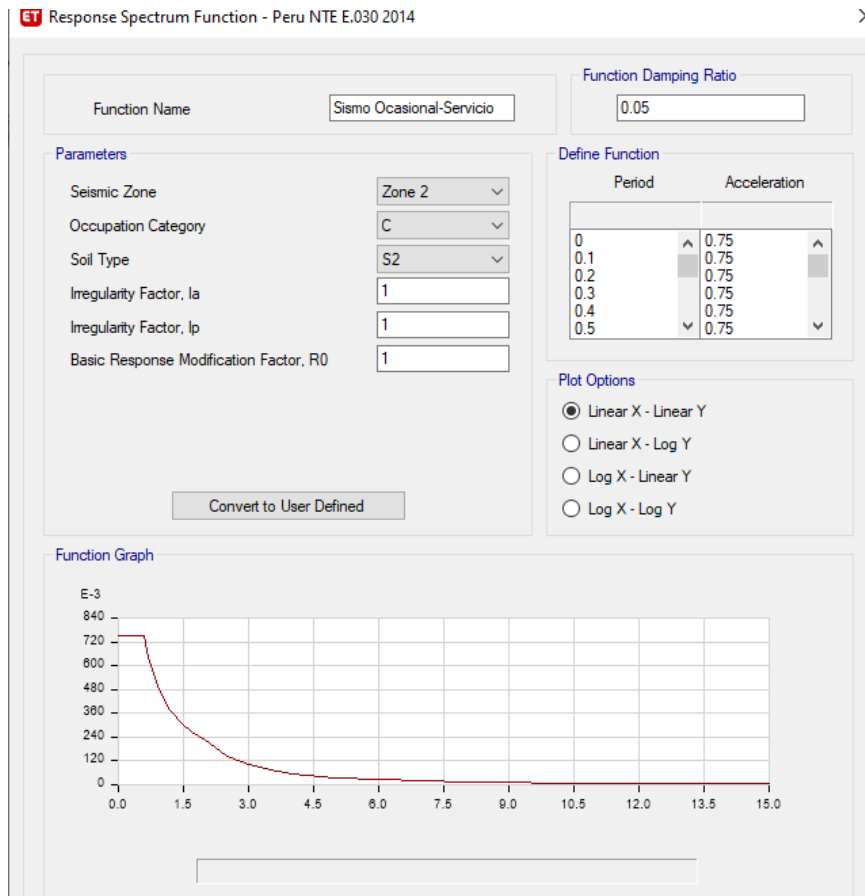


Para ésta investigación después de haber evaluado la teoría presente en (Applied Technology Council, 1996) (ATC 40) es recomendable considerar el valor de $R=1.00$ para poder tener la máxima respuesta no lineal de la estructura.

Las generaciones del espectro de respuesta están presentes en el anexo N°04 de la investigación.

Figura 142

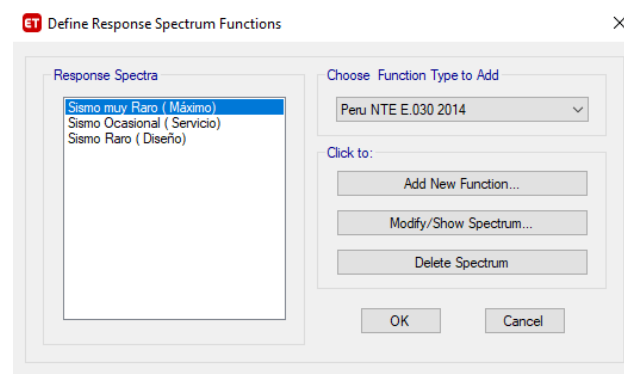
Espectro de demanda para X y Y, con Valor de $R = 1$, (No se reduce el espectro para un AENL)



Obtenido de ETABS 2018

Figura 143

Espectros de Demanda

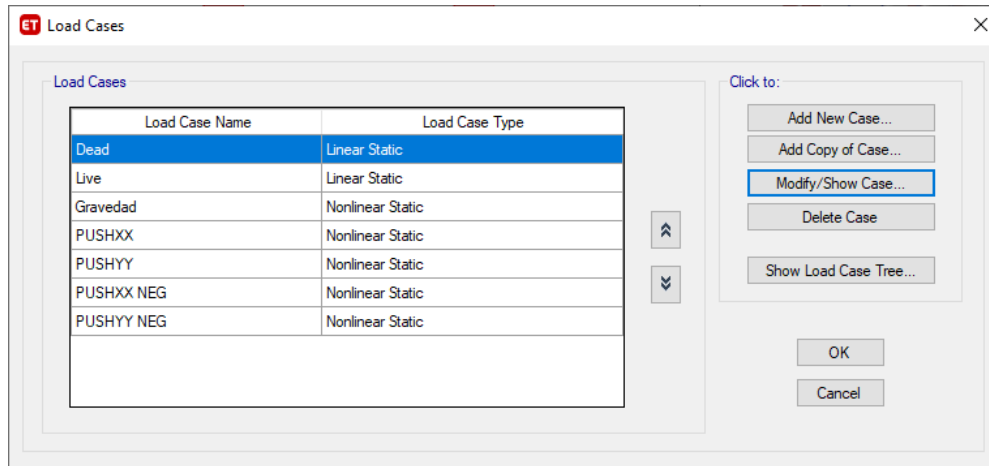


Obtenido de ETABS 2018

3.5.5 Definición de casos de carga

Se generan los casos de carga primeramente de las funciones lineales para cada dirección de análisis.

Figura 144
Definición de Casos de Carga

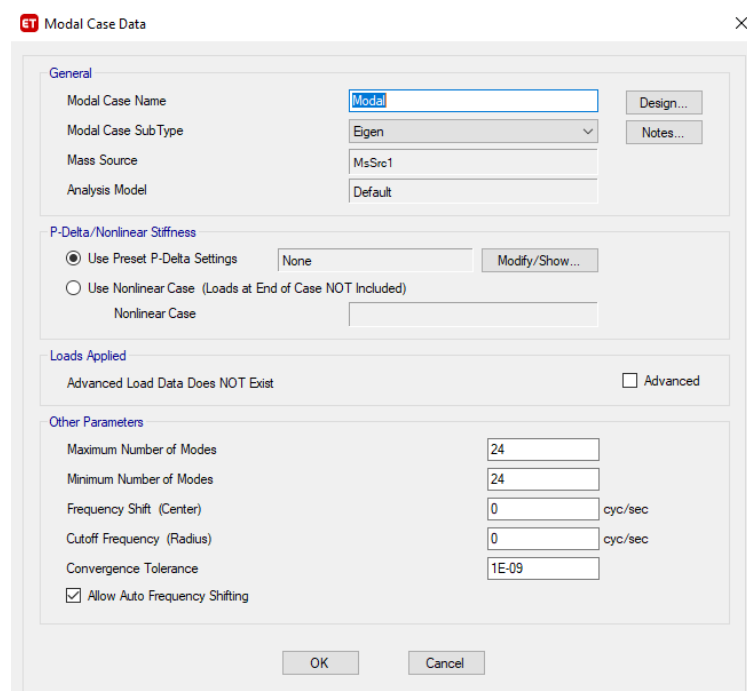


Obtenido de ETABS 2018

3.5.6 Definición de modos de vibración

Se tienen 24 modos de vibración al considerar 3 grados de libertad por nivel, cabe resaltar que se debe de alcanzar el 90% de masa participativa en cada dirección de análisis.

Figura 145
Definición de Modos de Vibración de la Estructura



Obtenido de ETABS 2018



3.5.7 Definición de la masa o peso de la edificación

Se define la suma de las cargas con los siguientes datos, los valores de cargas serán asumidas de acuerdo a lo estipulado en la norma E. 030 en el artículo 26 donde se menciona lo siguiente:

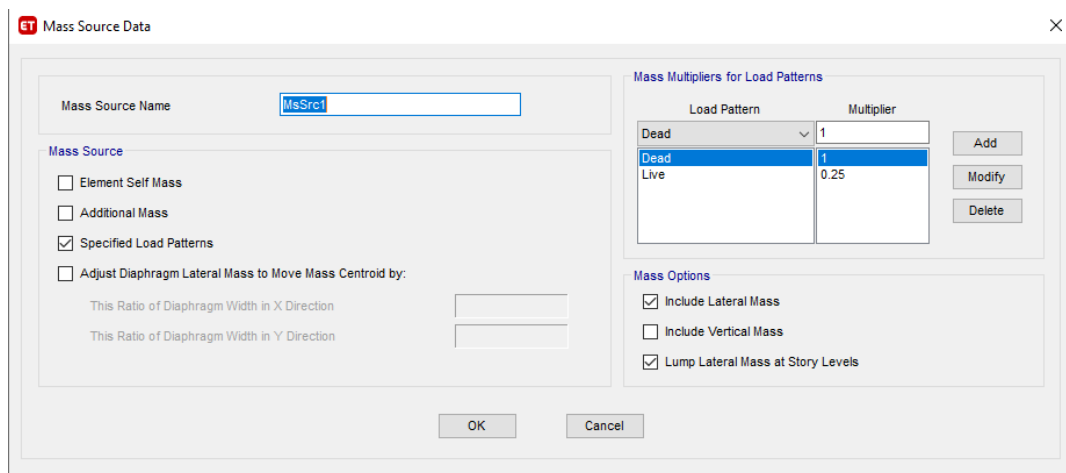
El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

(RNE-NTP E030, 2019)

Figura 146

Definición de Masa participativa



Obtenido de ETABS 2018

3.5.8 Verificación de sistema estructural

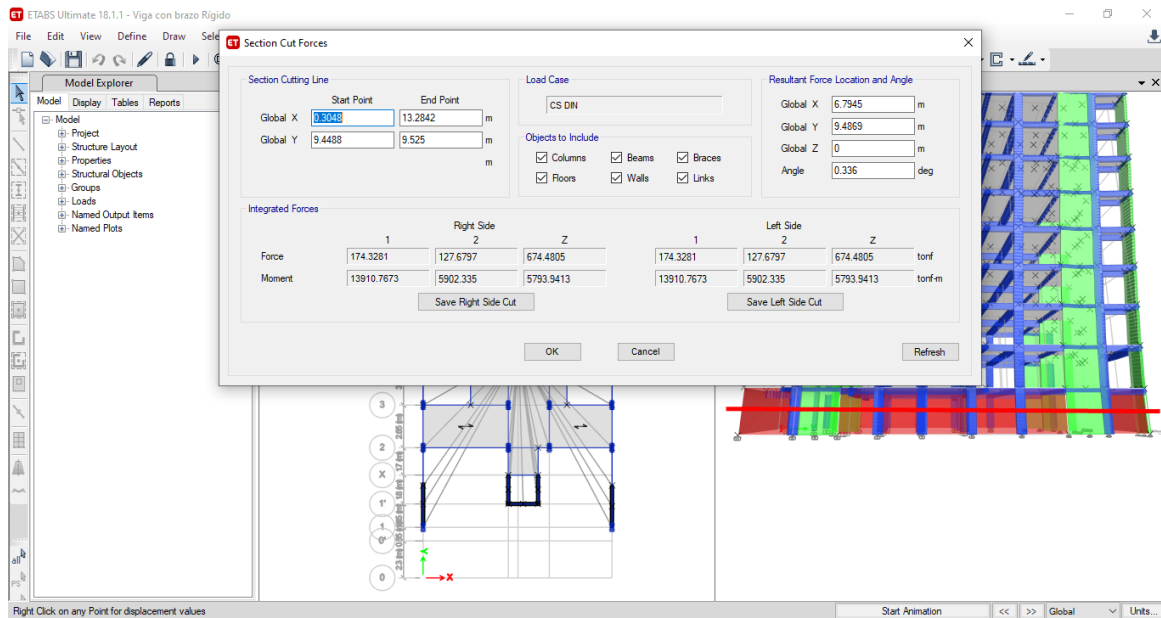
Se realizó previamente un análisis dinámico de acuerdo a los lineamientos de la Norma E030 para la verificación del sistema estructural como se muestra a continuación:

a) Una vez definido el caso de carga de sismo dinámico utilizando el espectro que establece la norma E-030 y los valores utilizados en el ítem 3.5.4 Definición del espectro de demanda, se



procedió a realizar la verificación, realizando un corte en la planta base de la edificación para obtener los valores de fuerza cortante en la base que asumen los elementos estructurales (columnas y placas), los resultados obtenidos se muestran a continuación:

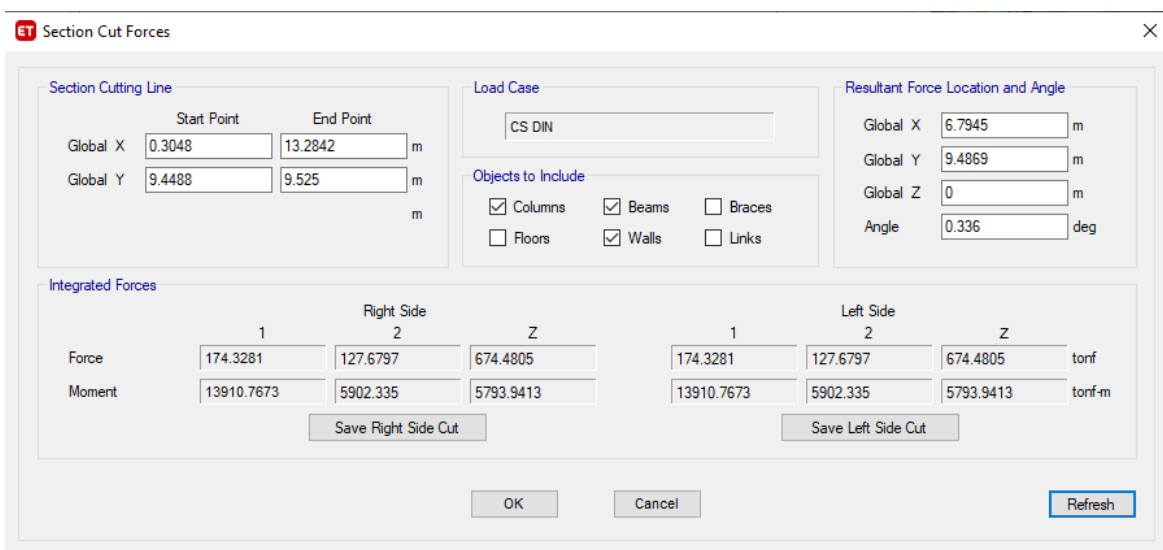
Figura 147
Obtención de fuerzas cortantes aplicadas en la base de la estructura



Obtenido de ETABS 2018

Los valores totales de fuerza cortante presentes en la base de la estructura para cada dirección de análisis son:

Figura 148
Magnitud de fuerzas cortantes que asumen columnas y placas



Obtenido de ETABS 2018



Los valores de fuerza cortante que asumen los muros de corte(placas) para cada dirección de análisis son:

Tabla 25
Verificación de sistema estructural

FUERZA SÍSMICA		
	DIR XX	DIR YY
Columnas+placas	174.33 ton-f	127.68 ton-f
Solo placas	56.00 ton-f	14.48 ton-f
% Placas	32.12 %	11.34%

Como se observa en la tabla N°25 los porcentajes de fuerza sísmica que asumen las placas de la edificación no acumulan el 80% para que se pueda cumplir que el sistema es de muros estructurales.

Habiendo realizado la verificación, se deduce que la edificación posee un sistema estructural de tipo DUAL.

3.5.9 Análisis estático no lineal

3.5.9.1 Rigidez Efectiva

Para éste paso se requiere de lo establecido en las normativas internacionales, siempre teniendo en consideración lo estipulado en nuestra normativa para que todo sea congruente entre sí.

EN Artículo 10.11 de la NTP E. 060 “Momentos Magnificados” es dónde se menciona la asignación de una rigidez efectiva en el elemento, se propone unos factores de modificación a las rigideces para comprobar los efectos de esbeltez en las columnas como aplicación de los momentos máximos de segundo orden.

Por otro lado, la normativa (Applied Technology Council, 1996)recomienda que, para estructuras existentes se apliquen unos factores de modificación de rigideces en las secciones, que considera el efecto de agrietamiento de los elementos de concreto armado, estos factores son asignados de acuerdo a la siguiente tabla:



Figura 149

Rigideces Efectivas de los Elementos

CODE		COMMENTARY		
Table A.8.4—Effective stiffness values^[1]				
Component		Axial	Flexural	Shear
Beams	nonprestressed	$1.0E_cA_g$	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
	prestressed	$1.0E_cA_g$	$1.0E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
Columns with compression caused by design gravity loads ^[2]	$\geq 0.5A_gf'_c$	$1.0E_cA_g$	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
	$\leq 0.1A_gf'_c$ or with tension	$1.0E_cA_g$ (compression) $1.0E_cA_{nt}$ (tension)	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
Structural walls ^[3]	in-plane	$1.0E_cA_g$	$0.35E_cI_g$	$0.2E_cA_g$
	out-of-plane	$1.0E_cA_g$	$0.25E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
Diaphragms (in-plane only) ^[4]	nonprestressed	$0.25E_cA_g$	$0.25E_cI_g$	$0.25E_cA_g$
	prestressed	$0.5E_cA_g$	$0.5E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
Coupling beams	with or without diagonal reinforcement	$1.0E_cA_g$	$0.07\left(\frac{\ell_c}{h}\right)E_cI_g$ $\leq 0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
Mat foundations	in-plane	$0.5E_cA_g$	$0.5E_cI_g$	$0.4E_cA_g$
	out-of-plane ^[5]		$0.5E_cI_g$	

^[1]Tabulated values for axial, flexural, and shear shall be applied jointly in defining effective stiffness of an element, unless alternative combinations are justified.

Obtenido de *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings, por Applied Technology Council, (1996)*

Al definir las secciones se modifican los valores de tal forma que se obtengan momentos flectores y cortantes de los elementos, al ser un software de origen americano los valores utilizados responden a la normativa vigente en dicha zona.

3.5.9.2 Análisis Estático No Lineal Pushover

3.5.9.2.1 Patrón de carga lateral

De acuerdo a las recomendaciones de la normativa ASCE 41-17 donde se indica que el análisis estático no lineal debe ser realizado haciendo uso del primer modo y verificando también que las normativas indican que se debe acumular mínimamente el 75% de masa modal para poder establecer un patrón de carga lateral distribuido, se realizó la verificación de los modos de masa participativa, la figura N° 150 muestra los resultados en donde se ha obtenido una masa participativa de 61.97 % en el sentido X y un 65.16% en el sentido Y ,dado que en este caso el primer modo no se logra acumular el 75% de masa modal en ninguna de las direcciones, el patrón adoptado se hace en función de la forma modal.



Figura 150

Masa participativa en el primer modo de vibración

	Case	Mode	Period sec	UX	UY
▶	Modal	1	0.905	0.6197	0
	Modal	2	0.621	0.0418	0.0062
	Modal	3	0.556	0.0004	0.6516
	Modal	4	0.231	0.121	0
	Modal	5	0.16	0.0111	0.0008

Obtenido de ETABS 2018

3.5.9.2.2 Carga gravitacional no lineal (CGNL)

Los datos que corresponden a la carga de tipo gravitacional no lineal se definen como una condición de carga inicial por gravedad no lineal con el peso sísmico establecido que equivale a la carga muerta + 50 % de carga viva y + 25% de la carga de techo la cual es para un estado no esforzado. A partir de éste punto comienza el análisis Pushover.

Figura 151

Condición Inicial de Cargas de Gravedad no Lineal

ET Load Case Data

General

Load Case Name: Gravedad

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.25

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only

Nonlinear Parameters: Default

OK Cancel

Obtenido de ETABS 2018

3.5.9.2.3 Casos de carga PUSH OVER (PUSHX y PUSHY)

Se definen los casos de Pushover para cada dirección de análisis, el patrón de cargas es aplicado en el centro de masa de cada nivel que han sido previamente definidos.

Figura 152

Asignación de caso de carga Pushover en el sentido x

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1

Obtenido de ETABS 2018

Se definen los casos para el tipo de carga modal y se asigna el control de desplazamiento de acuerdo a un punto definido en el último nivel del edificio que será mostrado en el siguiente ítem. Se elige la opción para guardar resultados en “Multiplate States” cuya opción permite que el software guarde los resultados del análisis paso por paso y así observar a detalle la respuesta de nuestra estructura frente al análisis Pushover designado.

Se han utilizado para los esquemas mecánicos “A” y “B” para el sentido X de análisis el modo 1 mientras que para el sentido Y se ha utilizado el modo 3 al ser éstos los que acumulan mayor % de masa participativa respectivamente. En cuanto al esquema mecánico “C” ocurrió una

variación en los modos fundamentales de vibración, siendo para el sentido X el modo 1 mientras que para el sentido Y el modo 3, todo esto fue colocado en el software para realizar los casos de carga por PUSHOVER.

Figura 153

Asignación de caso de carga Pushover en el sentido y

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	3	1

Obtenido de ETABS 2018

3.5.9.2.4 Definición de punto de control

El Punto de control para poder evaluar la capacidad de la estructura está asignado al centro de rigideces del último nivel. Dicho punto es necesario para la metodología de análisis Pushover.



Figura 154
Definición de Punto de Control

Obtenido de ETABS 2018

Según lo estipulado en la norma E030, el desplazamiento máximo esperado para la edificación en estudio está definido por el producto de la deriva de entre piso de 0.007 con la altura total de la edificación, en nuestro caso dicha altura es de 26.55 m , tendríamos que el desplazamiento aproximadamente es de 18.58 cm en el último nivel, pero al ser un análisis de tipo no lineal según la metodología HAZUS establecida por FEMA se espera que el máximo desplazamiento se encuentre entre 35 cm y 50 cm para una edificación de las características de la que se estudia en la presente edificación, dicho criterio ha sido adoptado por diversos investigadores siguiendo los lineamientos de FEMA.

3.5.9.3 Rótulas plásticas

La formación de rótulas plásticas por lo general puede ser definida por la persona que realiza el análisis, su posición se podrá dar en un ilimitado número de lugares a lo largo del elemento de tipo frame. Es considerado generalmente la formación de dicha rótulas a una distancia de los nudos más nunca dentro de ellos. En las columnas se utilizó rótulas de fuerza axial y momento acoplado definidas como P-M2-M3 , que se basa en la interacción de esfuerzos en donde haya



sido definida su ubicación. Para el caso de las vigas se utiliza la rótula de tipo flexión M3. Cada rótula representa en el modelo un punto discreto y los desplazamientos y rotaciones ocurrirán en el punto asignado.

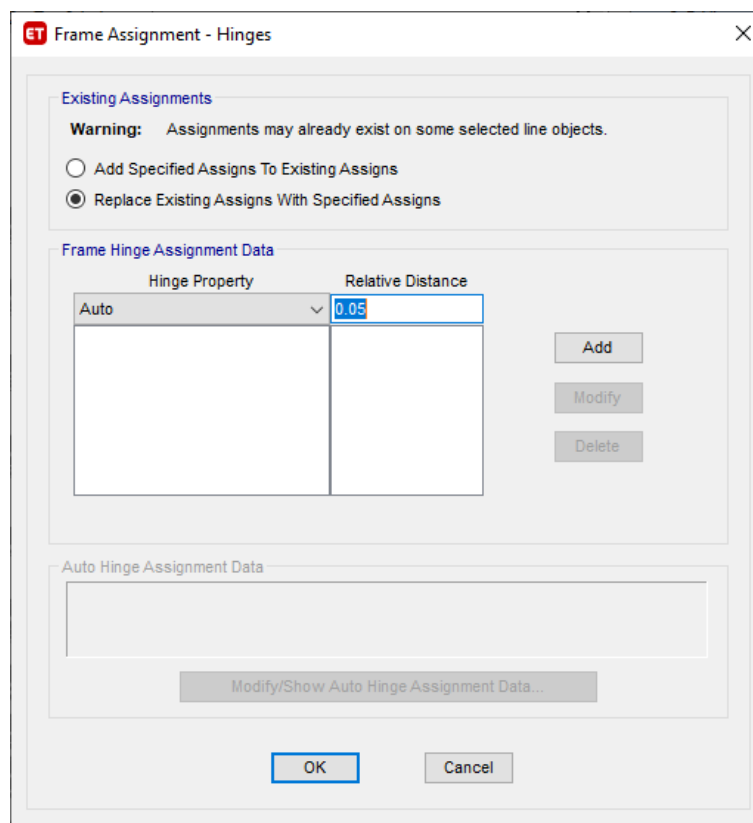
3.5.9.3.1. Modelos de comportamiento para los elementos estructurales

A) Vigas y Columnas

Se definen las rótulas plásticas por los esfuerzos predominantes en los elementos, en el caso de las vigas los esfuerzos máximos son por flexión, se asignó las rótulas de las vigas siguiendo las recomendaciones de ATC-40 con las cuales el software puede asignar automáticamente la ubicación de las rótulas en cada elemento y de acuerdo al esquema mecánico utilizado. En el caso de las columnas que trabajan a flexo compresión se asignaron rótulas siguiendo las recomendaciones del ATC-40. Se muestra a continuación:

Figura 155

Asignación automática de rótulas plásticas para elementos tipo frame



Obtenido de ETABS 2018



Figura 156
Asignación de rótulas plásticas en vigas

Obtenido de ETABS 2018

Figura 157
Asignación de rótulas plásticas en columnas

Obtenido de ETABS 2018



C) Muros estructurales

En los esquemas mecánico “A” y “C” las rótulas plásticas están ya definidas al tener secciones de tipo Shell y tipo Layer , puesto que el comportamiento de éstos esquemas mecánicos al ingresar el comportamiento no lineal supone ya la formación de sus rótulas. Para el caso de los muros en el esquema mecánico “B” de vigas con brazo rígido, se ingresarán de forma manual, ya que el programa no cuenta de forma predeterminada con los valores de las tablas dadas por FEMA es decir, las rótulas serán creadas según el tipo de comportamiento del muro y es necesario ingresar los datos de los diagramas correspondientes. Estas rótulas plásticas, deben ser capaces de describir con precisión los posibles mecanismos de fallo observados en las estructuras reales (flexión o cortante). Así, un momento-rotación adecuado ($M-\Theta$) de rótula plástica se proporciona en ambos extremos de cada elemento (mecanismo de flexión) mientras que un corte desplazamiento ($V-\delta$) de la rótula plástica se encuentra en el intervalo de mediados del elemento (mecanismo de cortante).

Se definen las rótulas en los muros de corte de forma manual siguiendo las recomendaciones de la normativa ATC-40 asignando manualmente los diagramas de Momento-Curvatura de los elementos.



Table 11-7. Numerical Acceptance Criteria for Plastic Hinge Rotations in Reinforced Concrete Walls and Wall Segments Controlled by Flexure, In radians

Component Type	Performance Level ⁴						
	Primary			Secondary			
	IO	LS	SS	LS	SS		
1. Walls and wall segments controlled by flexure							
$\frac{(A_s - A'_s)f_y + P}{t_w l_w f'_c}$ ¹	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_c}}$ ²	Boundary Element ³					
≤ 0.1	≤ 3	C	0.005	0.010	0.015	0.015	0.020
≤ 0.1	≥ 6	C	0.004	0.008	0.010	0.010	0.015
≥ 0.25	≤ 3	C	0.003	0.006	0.009	0.009	0.012
≥ 0.25	≥ 6	C	0.001	0.003	0.005	0.005	0.010
≤ 0.1	≤ 3	NC	0.002	0.004	0.008	0.008	0.015
≤ 0.1	≥ 6	NC	0.002	0.004	0.006	0.006	0.010
≥ 0.25	≤ 3	NC	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005
≥ 0.25	≥ 6	NC	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004

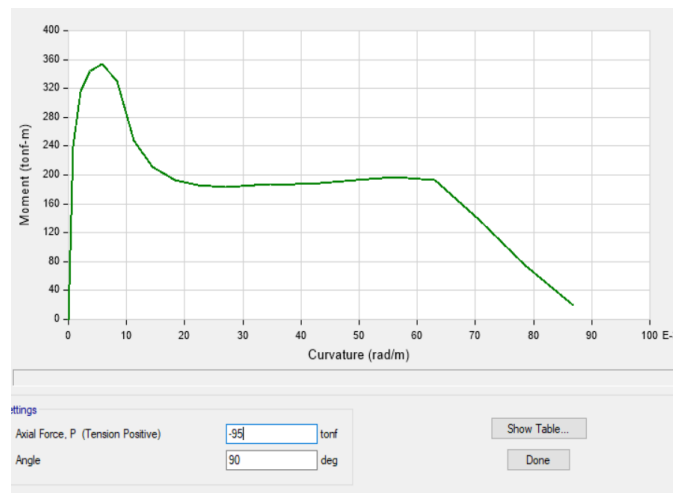
- A_s = the cross-sectional area of longitudinal reinforcement in tension, A'_s = the cross-sectional area of longitudinal reinforcement in compression, f_y = yield stress of longitudinal reinforcement, P = axial force acting on the wall considering design load combinations, t_w = wall web thickness, l_w = wall length, and f'_c = concrete compressive strength.
- V = the design shear force acting on the wall, and other variables are as defined above.
- The term "C" indicates the boundary reinforcement effectively satisfies requirements of ACI 318. The term "NC" indicates the boundary requirements do not satisfy requirements of ACI 318.
- Linear interpolation between values listed in the table is permitted.
IO = Immediate Occupancy
LS = Life Safety
SS = Structural Stability
- For lightweight concrete, use 75 percent of tabulated values (see Section 9.5.2.2).

Obtenido de *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings*, por Applied Technology Council, (1996)

Se muestra a continuación la asignación manual de rótulas en las placas:

Figura 158

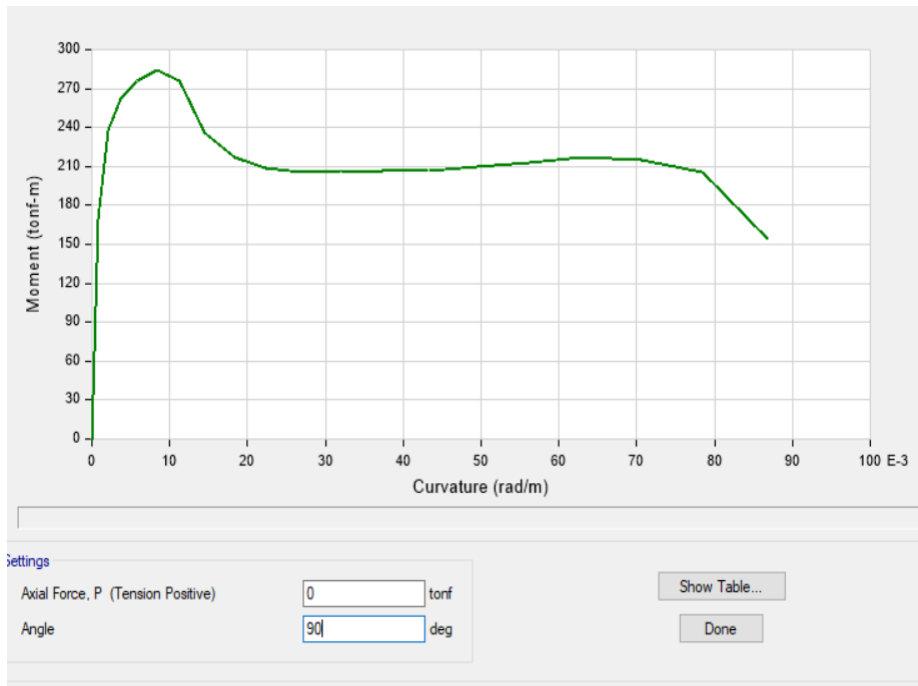
Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 260 x 20 cm



Obtenido de ETABS 2018

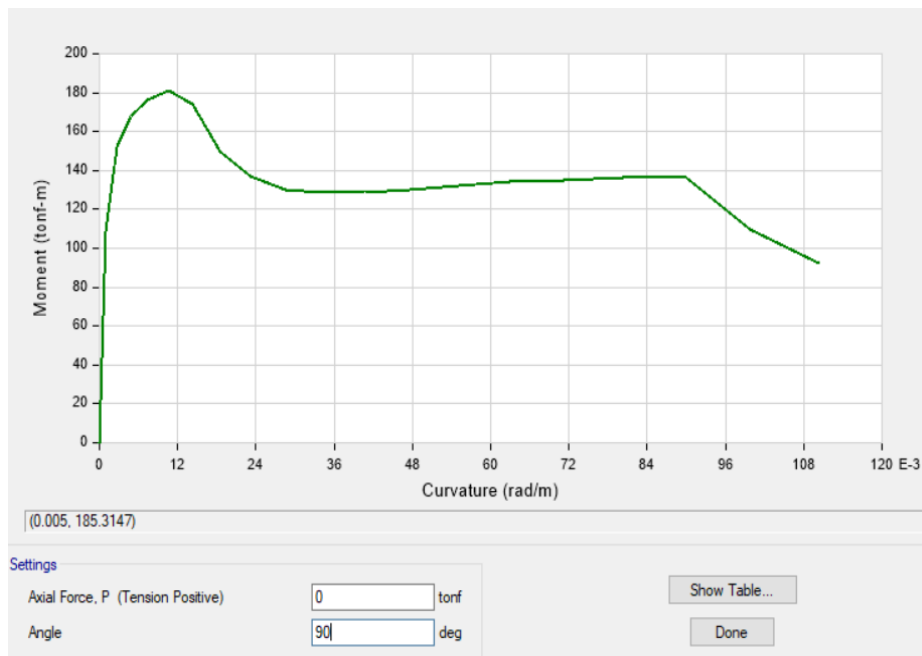


Figura 159
Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 260 x 20 cm 90 ton



Obtenido de ETABS 2018

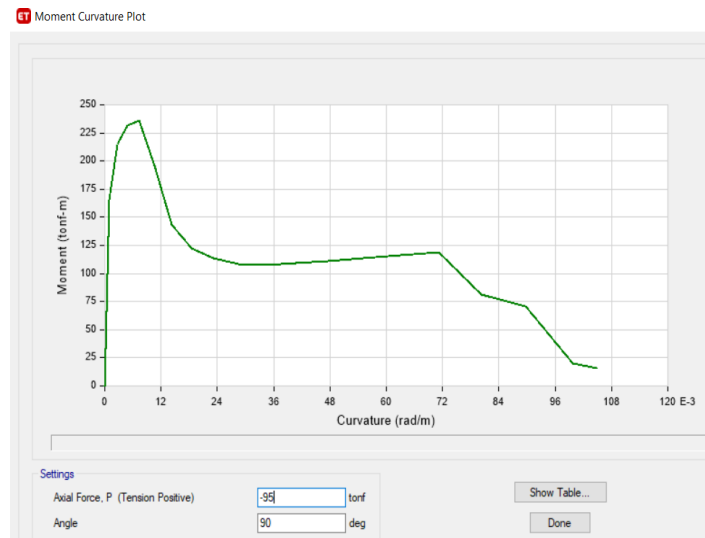
Figura 160
Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 210 x 20 cm 90 ton



Obtenido de ETABS 2018



Figura 161
Definición de Rótula Plástica en muros de corte de 210 x 20 cm 95 ton

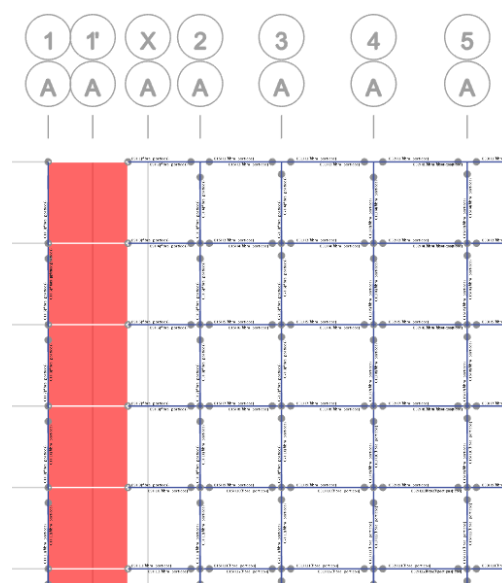


Obtenido de ETABS 2018

El resto de diagramas de Momento-Curvatura utilizados se muestra en el anexo N°10 de la presente investigación.

De acuerdo a los lineamientos establecidos en la normativa FEMA 440 es que las rótulas plásticas pasan a ser definidas, siguiendo los valores correspondientes mostrados en las tablas anteriormente expuestas, dichas tablas se han realizado basándose en estudios realizados para diferentes armados y geometrías de elementos estructurales.

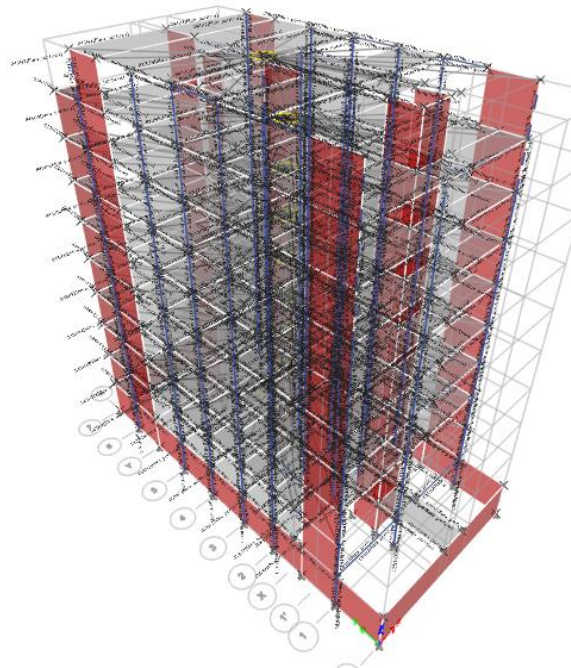
Figura 162
Vista de la asignación de rótulas plásticas en pórtico "A"



Obtenido de ETABS 2018

Figura 163

Asignación de rótulas plásticas en el modelo general



Obtenido de ETABS 2018

3.5.10 Demanda Sísmica

Se han definido los espectros de demanda para los 3 esquemas mecánicos, a partir de los valores mencionados en el ítem 3.5.4 “Definición de espectro de demanda” y siguiendo los valores que se recomiendan según el Dr. Roberto Aguiar (Aguiar, 2008) mencionados en el ítem 2.2.14 “Demanda Sísmica de la Norma Técnica Peruana E030” los cuáles se muestran a continuación:

3.5.10.1 Sismo Ocasional o de Servicio ($T_r = 75$ años)

Se define en el software ETABS el espectro de demanda para un Sismo Ocasional(Servicio) el cuál se representa de la siguiente manera:

Figura 164

Espectro de demanda Sismo Ocasional(Servicio)



Obtenido de ETABS 2018

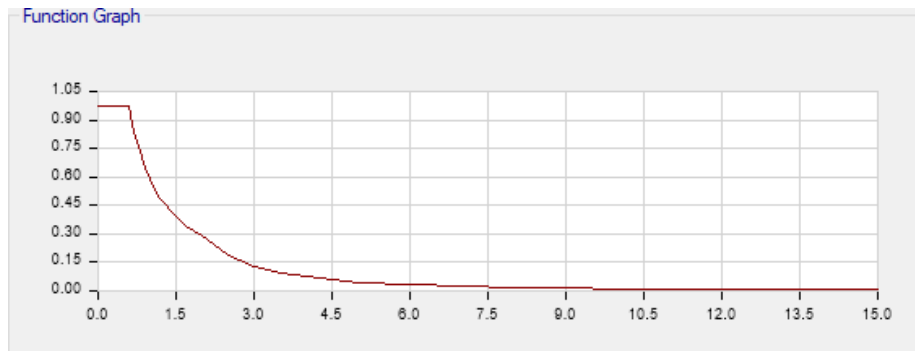


3.5.10.2 Sismo Raro o de Diseño ($T_r = 475$ años)

Se define en el software ETABS el espectro de demanda para un Sismo Raro (Diseño) el cuál se representa de la siguiente manera:

Figura 165

Espectro de demanda Sismo Raro(Diseño)



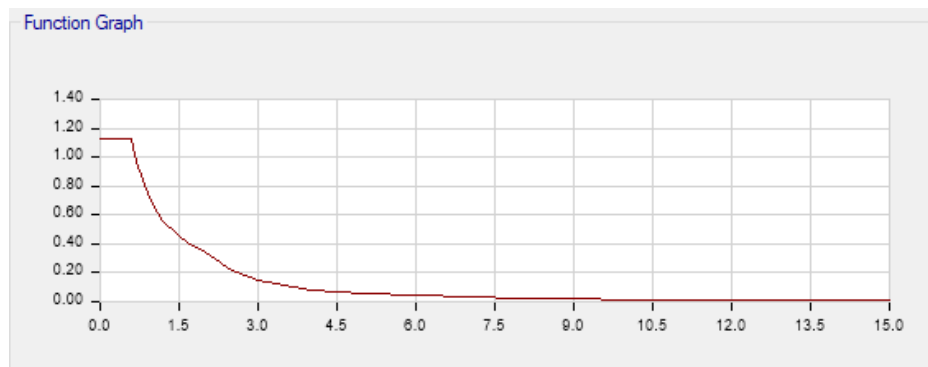
Obtenido de ETABS 2018

3.5.10.3 Sismo muy raro o Máximo ($T_r = 975$ años)

Se define en el software ETABS el espectro de demanda para un Sismo muy Raro (Máximo) el cuál se representa de la siguiente manera:

Figura 166

Espectro de demanda Sismo muy Raro(Máximo)



Obtenido de ETABS 2018

3.6 Procedimientos de Análisis de datos

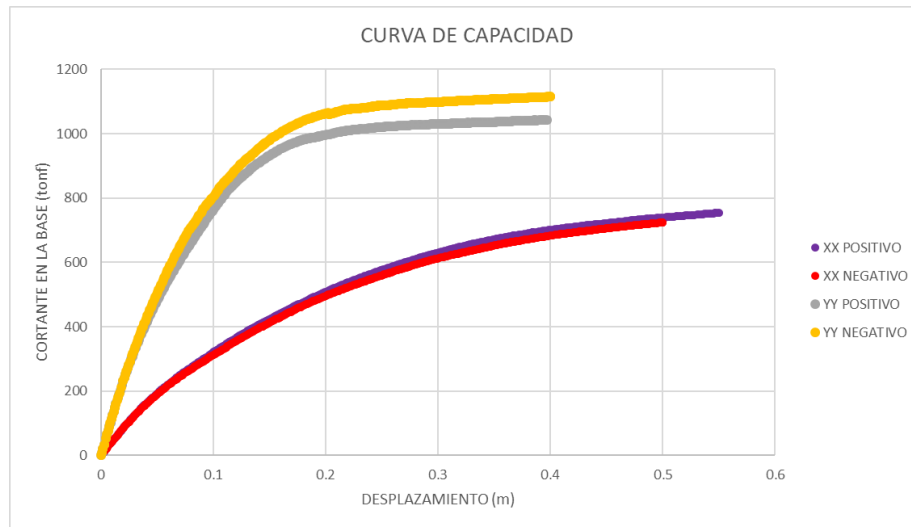
3.6.1 Obtención de la curva de capacidad

Una vez realizado el procedimiento para el análisis Pushover, se obtienen las curvas de capacidad para cada esquema mecánico en cada dirección de análisis y se muestran a continuación:

3.6.1.1 Curvas de capacidad para el esquema mecánico “A”

Figura 167

Curvas de capacidad Esquema mecánico "A"



Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 167 muestra los datos obtenidos luego de aplicar el análisis pushover en el esquema mecánico “A”, se puede observar que la estructura presenta mayores desplazamientos en el sentido X mientras que a su vez presenta mayores valores de cortante en la base para el sentido Y en el análisis.

Tabla 27

Desplazamientos y cortantes en la base máximos -Esquema mecánico "A"

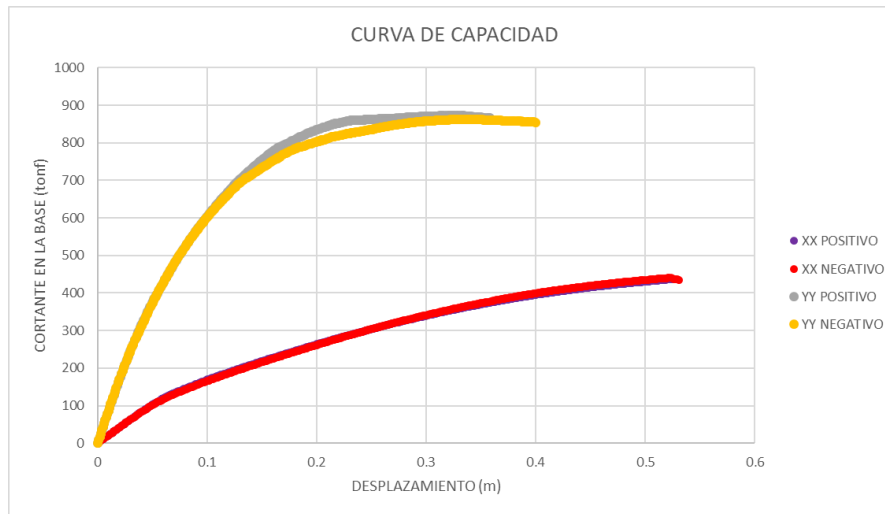
RESULTADOS ANÁLISIS PUSHOVER				
SENTIDO	XX +	XX-	YY+	YY-
DESPLAZAMIENTO (cm)	55.00	50.00	40.00	40.00
CORTANTE EN LA BASE (tonf)	753.81	724.67	1043.14	1114.80

La tabla N°27 muestra los valores obtenidos para cada sentido de análisis, siendo en el sentido XX + donde se obtiene un máximo desplazamiento de 55.00 cm y en el sentido de análisis YY se obtiene un valor de fuerza cortante máximo de 1114.80 tonf en la base.

3.6.1.2 Curvas de capacidad para el esquema mecánico “B”

Figura 168

Curvas de capacidad Esquema mecánico "B"



Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 168 muestra los valores obtenidos luego de aplicar el análisis pushover en el esquema mecánico “B”, se puede observar que al igual que los resultados obtenidos en el esquema mecánico “A” la estructura presenta mayores desplazamientos en el sentido X mientras que a su vez presenta mayores valores de cortante en la base para el sentido Y en el análisis.

Tabla 28

Desplazamientos y cortantes en la base máximos -Esquema mecánico "B"

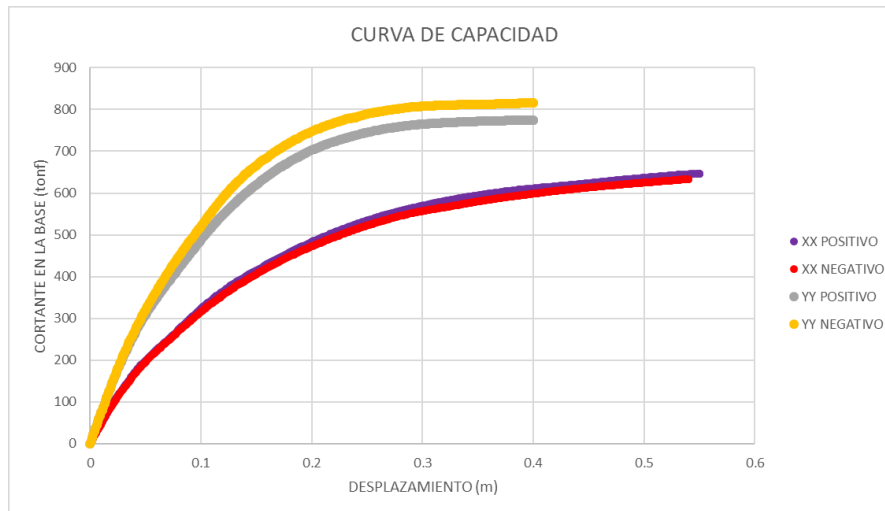
RESULTADOS ANÁLISIS PUSHOVER				
SENTIDO	XX +	XX-	YY+	YY-
DESPLAZAMIENTO (cm)	54.00	52.31	32.25	33.59
CORTANTE EN LA BASE (tonf)	439.89	440.61	873.36	862.81

La tabla N°28 muestra los valores obtenidos para cada sentido de análisis, siendo en el sentido XX + donde se obtiene un máximo desplazamiento de 54.00 cm y en el sentido de análisis YY+ se obtiene un valor de fuerza cortante máximo de 873.36 tonf en la base.

3.6.1.3 Curvas de capacidad para el esquema mecánico “C”

Figura 169

Curvas de capacidad Esquema mecánico "C"



Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 169 muestra los datos obtenidos luego de aplicar el análisis pushover en el esquema mecánico “C”, se puede observar que la estructura presenta mayores desplazamientos en el sentido X y a su vez presenta valores de fuerza cortante mayores en dicho sentido.

Tabla 29

Desplazamientos y cortantes en la base máximos -Esquema mecánico "C"

RESULTADOS ANÁLISIS PUSHOVER				
SENTIDO	XX +	XX-	YY+	YY-
DESPLAZAMIENTO (cm)	54.99	54.00	40.00	40.00
CORTANTE EN LA BASE (tonf)	647.09	633.42	775.09	816.21

La tabla N°29 muestra los valores obtenidos para cada sentido de análisis, siendo en el sentido XX + donde se obtiene un máximo desplazamiento de 54.99 cm y en el sentido de análisis YY- se obtiene un valor de fuerza cortante máximo de 816.21 tonf en la base.

3.6.2 Representación bilineal de la curva de capacidad

Una vez obtenidas las curvas de capacidad se utiliza la metodología de simplificación de dicha curva de acuerdo a ASCE 41-13 que a su vez se basa en los lineamientos de ATC-40, cuya metodología ya está implementada en el software ETABS v.18. Gracias a la obtención

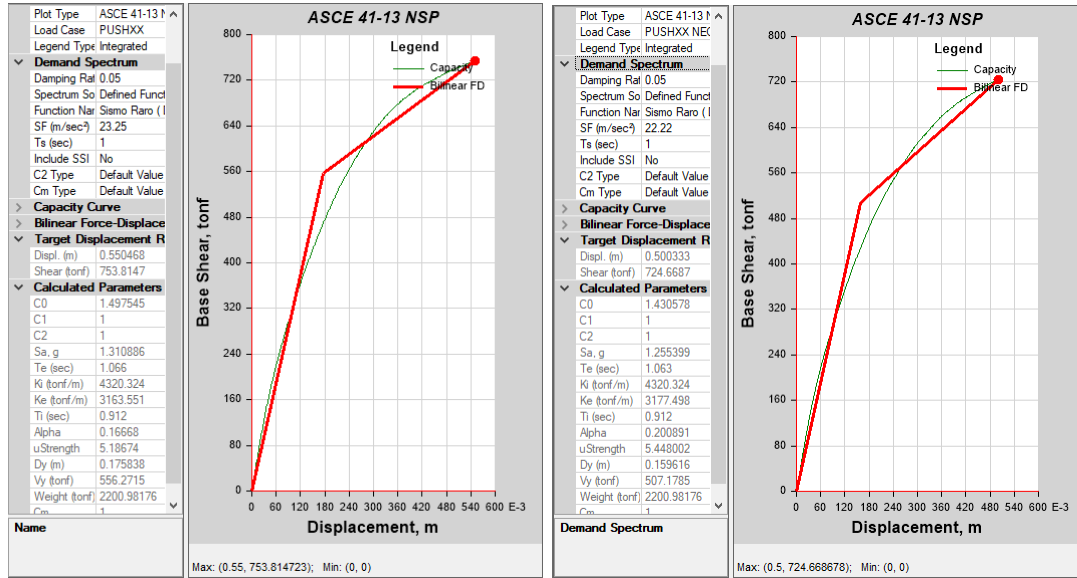


simplificada de ésta curva es que podemos determinar la ductilidad al desplazamiento que presenta la estructura cuando llega a su máximo desempeño.

3.6.2.1 Curvas de capacidad bilineal para el esquema mecánico “A”

Figura 170

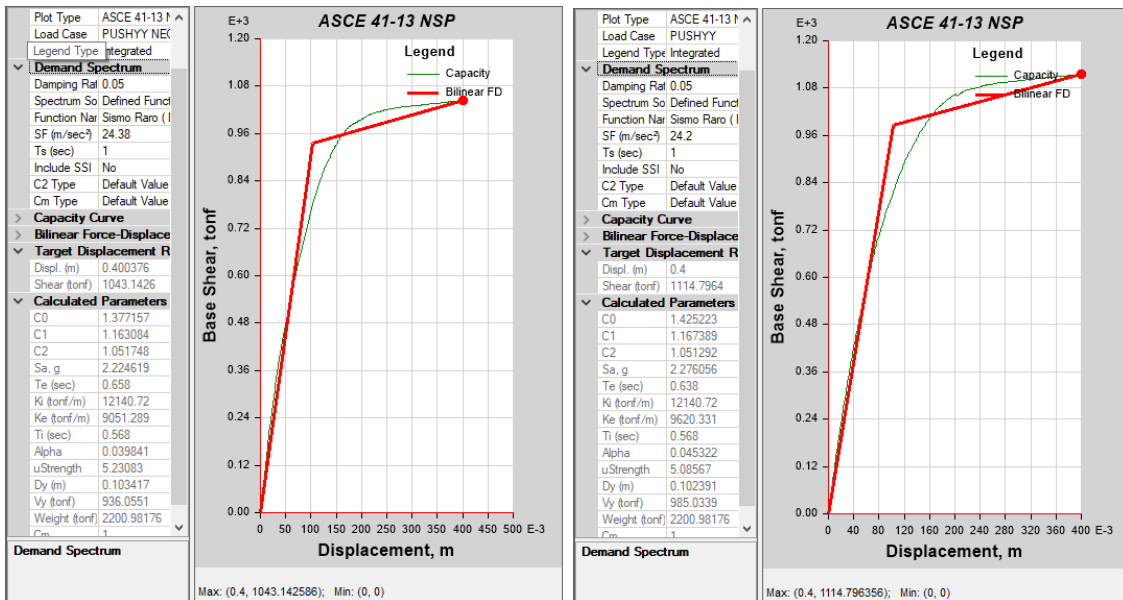
Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido XX –Esquema mecánico “A”



Obtenido de ETABS 2018

Figura 171

Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido YY –Esquema mecánico “A”



Obtenido de ETABS 2018



Tabla 30

Desplazamientos obtenidos mediante la curva bilineal-Esquema mecánico "A"

DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS MEDIANTE LA CURVA BILINEAL		
SENTIDO	Dy (cm)	D (cm)
XX +	17.58	55.00
XX -	15.96	50.00
YY +	10.34	40.00
YY -	10.24	40.00

La tabla N° 30 muestra los desplazamientos máximos y los desplazamientos al inicio de la incursión en el rango inelástico, se observa que el sentido XX+ y a su vez presenta un desplazamiento mayor al momento de incursionar en el rango inelástico.

Determinación de la ductilidad al desplazamiento

La ductilidad al desplazamiento se define como la ductilidad máxima que es capaz de desarrollar una estructura (capacidad) se expresa como la relación entre el desplazamiento máximo (D) que es capaz de resistir la estructura y el desplazamiento que produce el inicio de las plastificaciones(Dy).

$$\mu = \frac{d}{dy} \quad (19)$$

Donde:

d = Desplazamiento último

dy = Desplazamiento de cedencia

La tabla N° 31 muestra a continuación los cálculos de ductilidades:

Tabla 31

Ductilidades - Esquema mecánico "A"

CÁLCULO DE LA DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO	
SENTIDO	μ
XX +	3.13



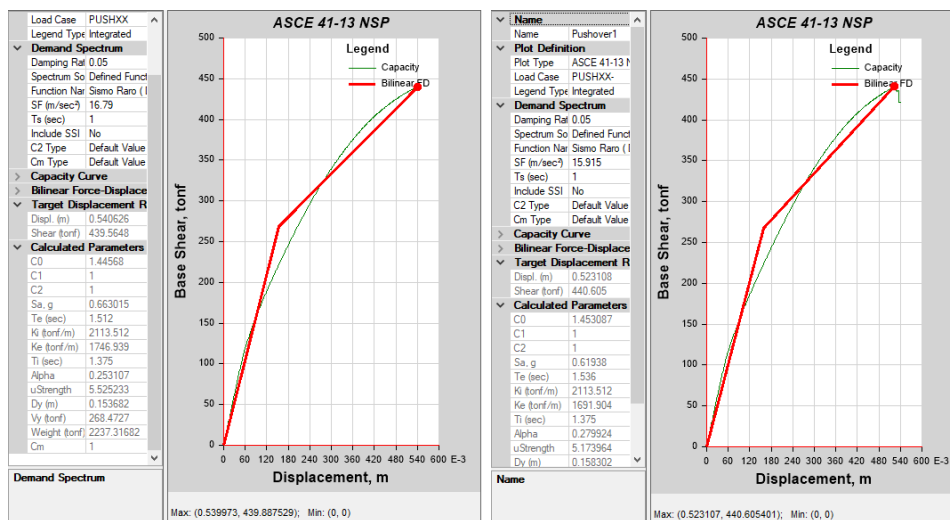
XX -	3.13
YY +	3.87
YY -	3.91

Se observa que la mayor ductilidad al desplazamiento en éste caso se presenta en el sentido de análisis YY - con un valor de ductilidad de 3.91.

3.6.2.2 Curvas de capacidad bilineal para el esquema mecánico "B"

Figura 172

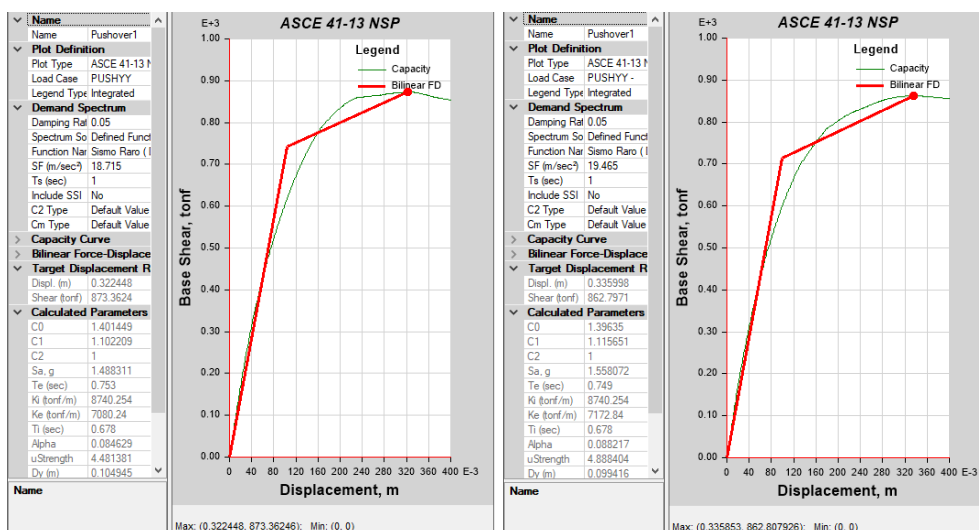
Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido XX -Esquema mecánico "B"



Obtenido de ETABS 2018

Figura 173

Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido YY -Esquema mecánico "B"



Obtenido de ETABS 2018



Tabla 32

Desplazamientos obtenidos mediante la curva bilineal)-Esquema mecánico "B"

DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS MEDIANTE LA CURVA BILINEAL		
SENTIDO	Dy (cm)	D (cm)
XX +	15.37	54.00
XX -	15.83	52.31
YY +	10.49	32.24
YY -	9.94	33.59

La tabla N° 32 muestra los desplazamientos máximos y los desplazamientos al inicio de la incursión en el rango inelástico, se observa que el sentido XX + presenta el mayor desplazamiento máximo mientras que en el sentido XX- se observa un desplazamiento mayor al momento de incursionar en el rango inelástico y a su vez en el sentido YY- se presenta el menor desplazamiento al incursionar en el rango inelástico.

Determinación de la ductilidad al desplazamiento

La tabla N° 33 muestra a continuación los cálculos de ductilidades:

Tabla 33

Ductilidades - Esquema mecánico "B"

CÁLCULO DE LA DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO	
SENTIDO	μ
XX +	3.51
XX -	3.30
YY +	3.07
YY -	3.38

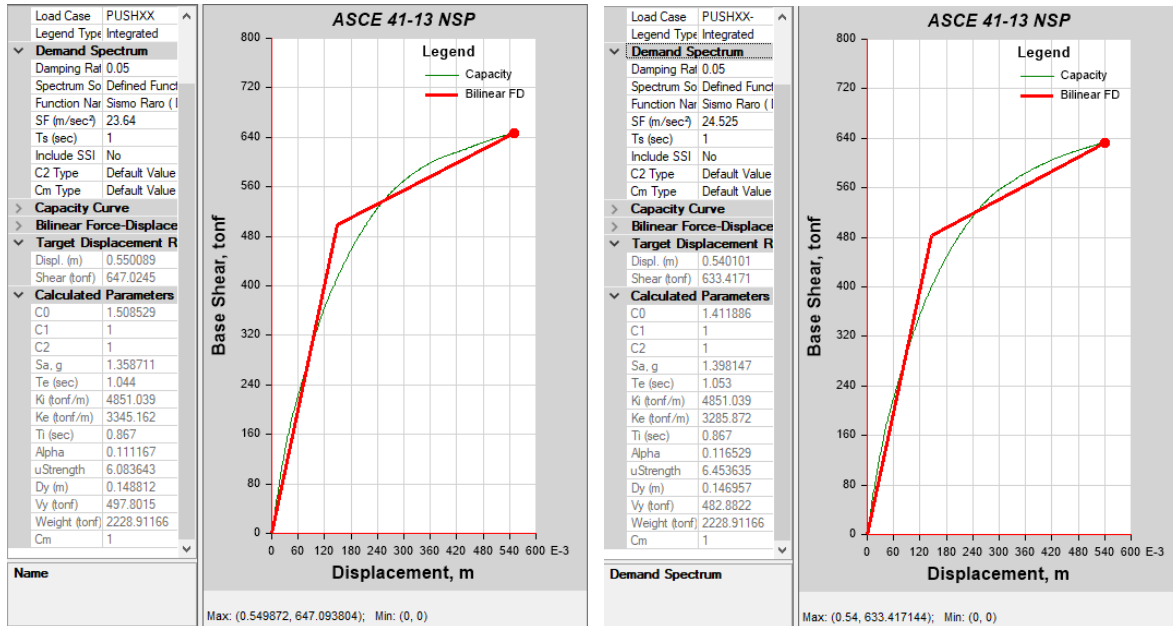
Se observa que la mayor ductilidad al desplazamiento en éste caso se presenta en el sentido de análisis XX + con un valor de ductilidad de 3.51.



3.6.2.3 Curvas de capacidad bilineal para el esquema mecánico "C"

Figura 174

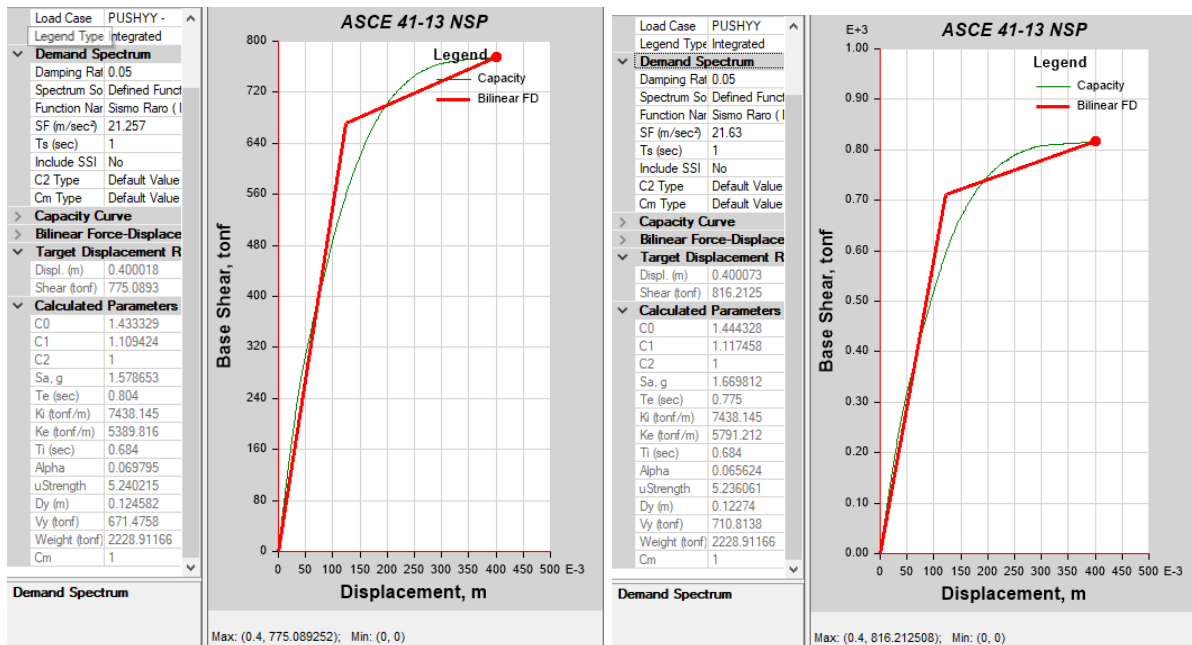
Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido XX -Esquema mecánico "C"



Obtenido de ETABS 2018

Figura 175

Representación bilineal de la curva de capacidad en el sentido YY -Esquema mecánico "C"



Obtenido de ETABS 2018



Determinación de la ductilidad al desplazamiento

Tabla 34

Desplazamientos obtenidos mediante la curva bilineal -Esquema mecánico "C"

DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS MEDIANTE LA CURVA BILINEAL		
SENTIDO	Dy (cm)	D (cm)
XX +	14.88	54.99
XX -	14.70	54.00
YY +	12.46	40.00
YY -	12.27	40.00

La tabla N° 34 muestra los datos de desplazamientos máximos y los desplazamientos al inicio de la incursión en el rango inelástico, se observa que el sentido XX + presenta el mayor desplazamiento máximo y presenta un desplazamiento mayor al momento de incursionar en el rango inelástico.

Determinación de la ductilidad al desplazamiento

La tabla N° 35 muestra a continuación los cálculos de ductilidades:

Tabla 35

Ductilidades para un Sismo Raro(Diseño) - Esquema mecánico "C"

CÁLCULO DE LA DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO	
SENTIDO	μ
XX +	3.70
XX -	3.67
YY +	3.21
YY -	3.26

Se observa que la mayor ductilidad al desplazamiento en éste caso se presenta en el sentido de análisis XX + con un valor de ductilidad de 3.70.



3.6.3 Análisis Push over

La formación de los diversos mecanismos de falla global de la estructura y la formación de las rótulas plásticas puede ser visualizada gracias al software utilizado de donde también se puede obtener los valores de desplazamiento y fuerza cortante respectivos para cada mecanismo de falla. Las secuencias de formación de rótulas plásticas para ambas direcciones de análisis en cada esquema mecánico se muestran en el anexo N°11.

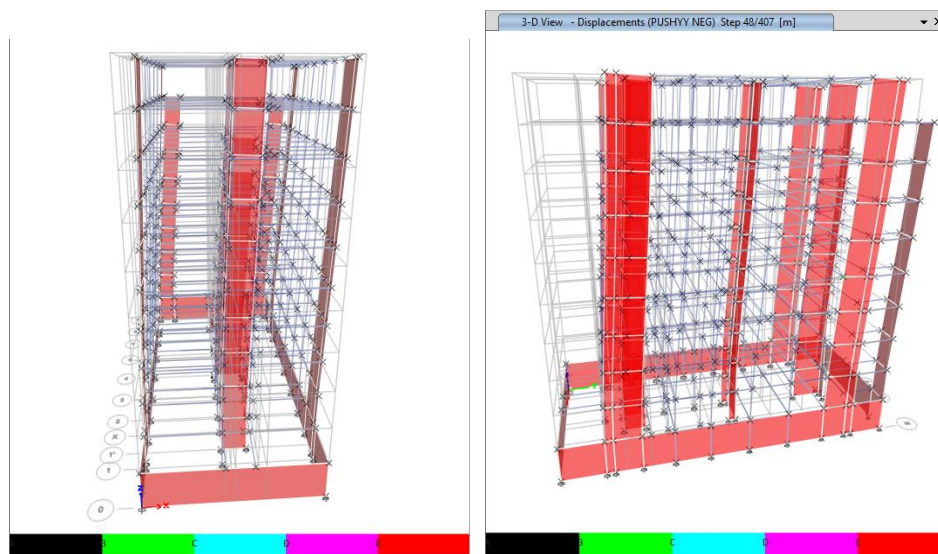
3.6.3.1 Mecanismo de falla para el esquema mecánico "A"

a) Aparición de la primera rótula plástica

Una vez realizado el análisis pushover para cada sentido de análisis, se procede a verificar paso por paso el análisis hasta encontrar el momento en el cuál se origina la formación de la primera rótula plástica en el modelo. La figura N° 176 muestra el paso N° 79 del análisis Pushover en el sentido XX+ en donde se ha producido la aparición de la primera rótula plástica.

Figura 176

Comportamiento del edificio en la aparición de primera rótula plástica-Sentido X y Y+ Esquema mecánico "A"

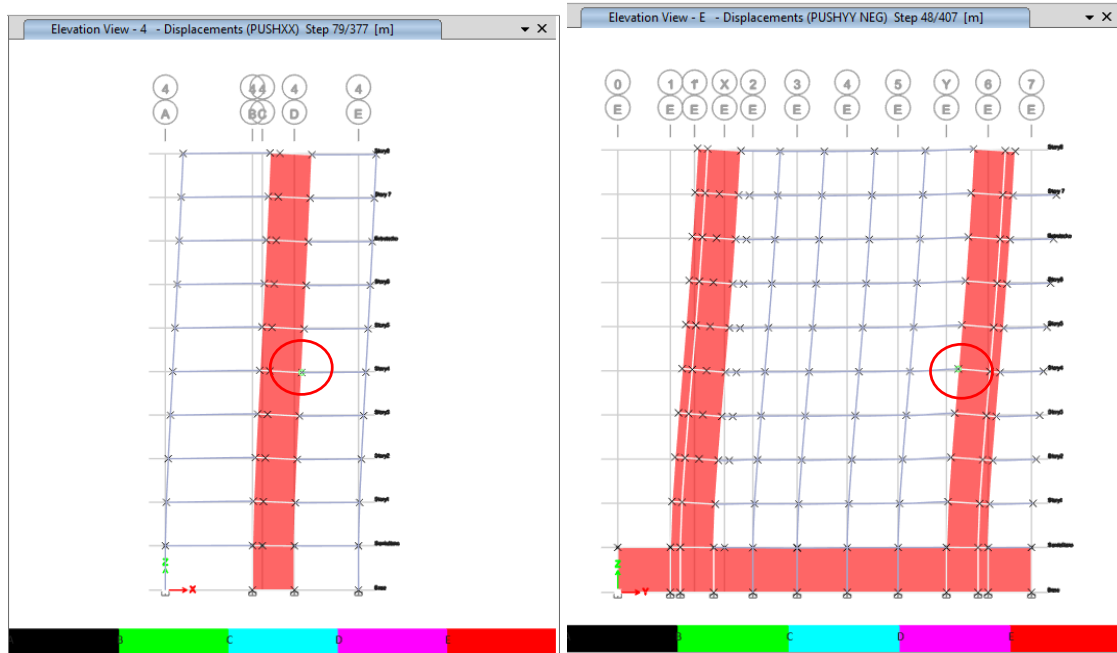


Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 177 muestra la aparición de la primera rótula plástica que corresponden a los análisis en los sentidos X+ y Y+, las cuales presentan desplazamientos de 10.73 cm y 4.50 cm respectivamente en el punto de control ubicado en el último piso cuyos desplazamientos se originan con una cortante de 336.71 tonf y 445.64 tonf respectivamente en la base.

Figura 177

Primera rótula plástica sentido X y Y+ vista en el eje 4 y el eje E respectivamente



Obtenido de ETABS 2018

El análisis de la aparición de la primera rótula se realizó en cada sentido de análisis y se presenta en el anexo N°11 de la presente investigación, la tabla N°38 muestra los resultados obtenidos para cada sentido de análisis.

Tabla 36

Aparición de la primera rótula plástica-Esquema mecánico "A"

APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA				
SENTIDO	UBICACIÓN	EJE	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE EN LA BASE (tonf)
XX +	Viga -4to nivel	4	10.73	336.71
XX -	Viga -4to nivel	4	9.27	295.35
.YY +	Viga-5to nivel	E	4.50	445.64
YY -	Viga-3er nivel	B - D	4.54	468.10

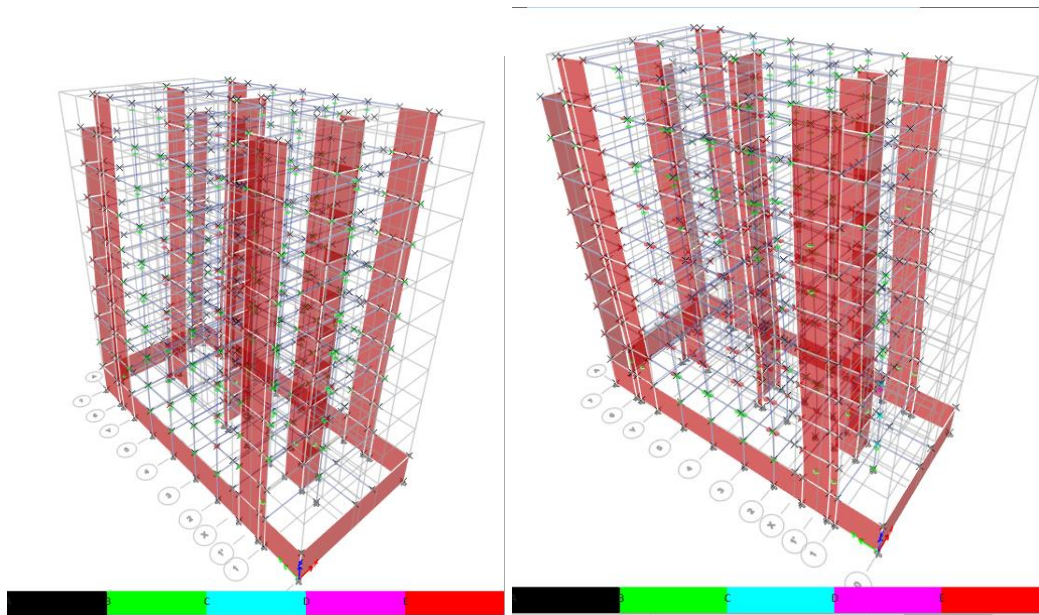
Como se observa en la tabla N° 36 el menor desplazamiento para la aparición de la primera rótula plástica se presenta en el sentido de análisis YY + con 4.50 cm con una cortante de 445.64 tonf en la base.

b) Mecanismo de colapso

La figura N° 178 muestra el mecanismo de falla del modelo en el sentido X y Y+ de análisis con la aparición de rótulas plásticas en la estructura al momento de llegar a colapso. El resto de mecanismos de falla para cada sentido de análisis se muestran en el anexo N°11 de la presente investigación.

Figura 178

Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "A" para el sentido de análisis X y Y +



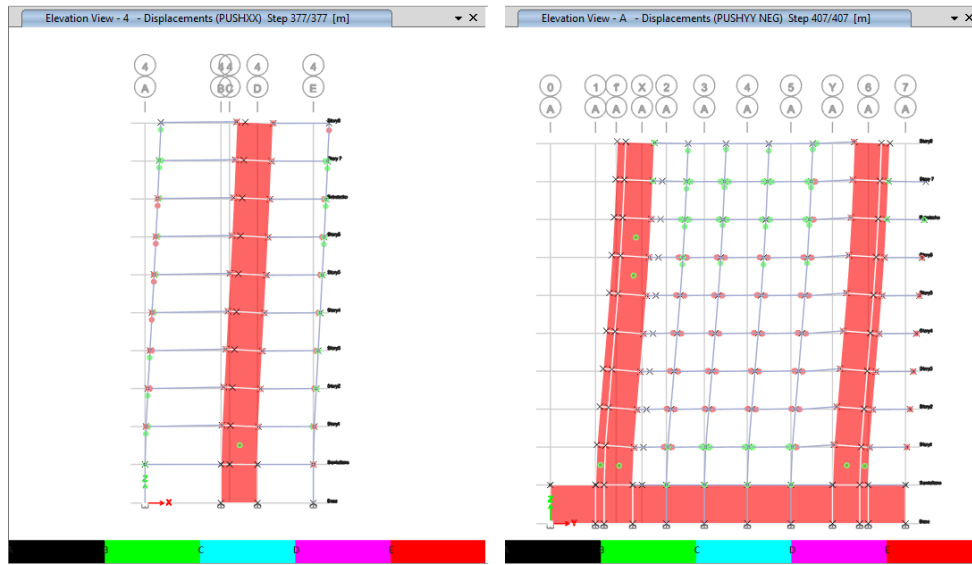
Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 179 muestra el mecanismo de falla del modelo en el sentido XX+ de análisis vista en elevación de los ejes A (sentido Y) y eje 4 (sentido Y) con la aparición de rótulas plásticas en la estructura al momento de llegar a colapso.



Figura 179

Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "A" para el sentido de análisis X y Y+ Vista en elevación del Eje 4 y Eje A respectivamente



Obtenido de ETABS 2018

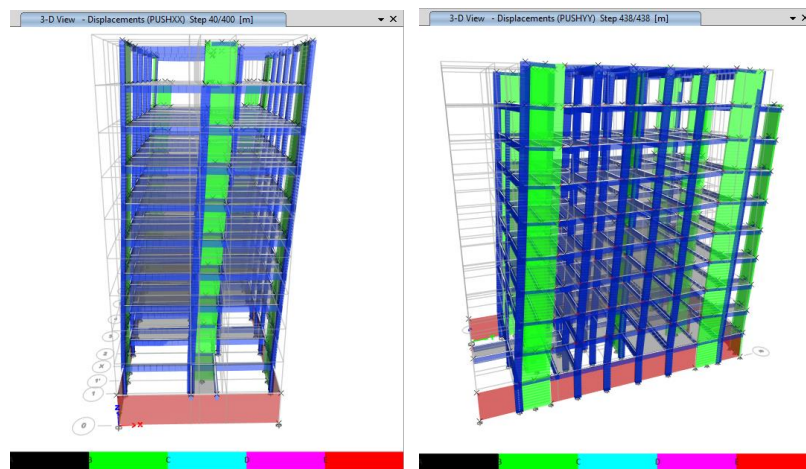
3.6.3.2 Mecanismo de falla para el esquema mecánico "B"

a) Aparición de la primera rótula plástica

Al igual que el ítem 3.5.10.5.1 se han obtenido las primeras rótulas plásticas para éste esquema mecánico. La figura N° 180 muestra el paso N° 40 del análisis Pushover en el sentido XX+ y el paso N°31 en el sentido YY+ en donde se ha producido la aparición de la primera rótula plástica.

Figura 180

Vista frontal y posterior del comportamiento del edificio en la aparición de primera rótula plástica-Sentido XX+ Esquema mecánico "B"



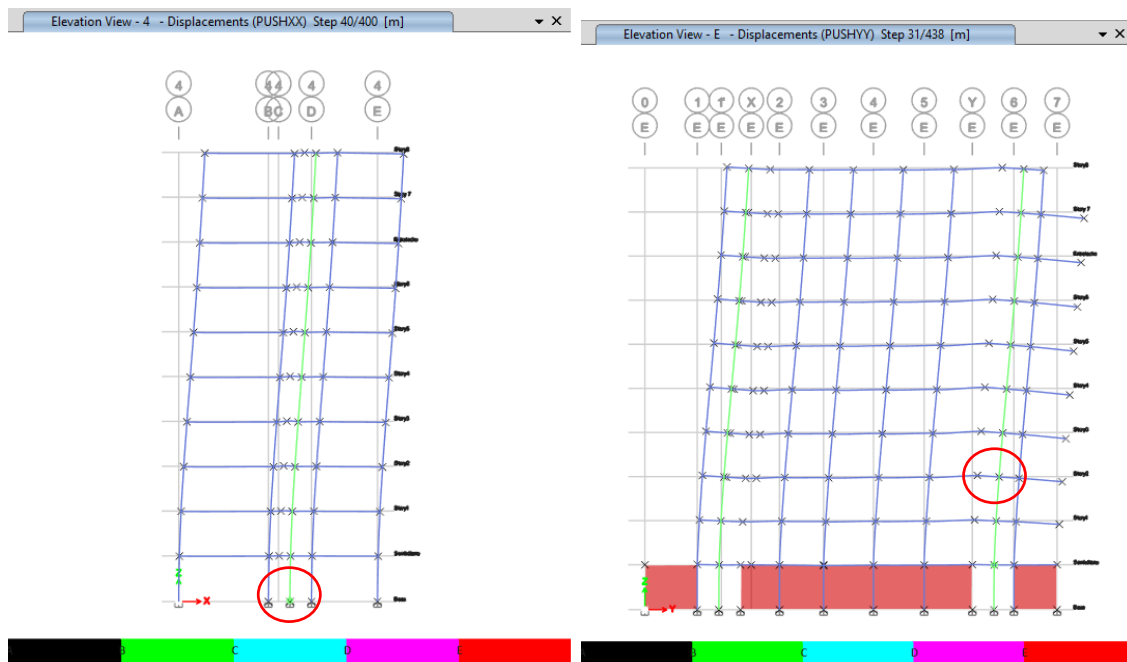
Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 181 muestra la aparición de la primera rótula plástica correspondiente a los sentidos de análisis X y Y +, los cuales presentan desplazamientos de 5.04 cm y 3.15 cm respectivamente en el punto de control ubicado en el último piso cuyos desplazamientos se originan con una cortante de 190.96 tonf y 257.75 tonf respectivamente en la base.

Cabe resaltar que al ser éste un esquema donde sólo se han utilizado elementos de tipo “frame” para realizar la idealización de los muros de corte, la aparición de ésta primera rótula responde a ese comportamiento, entendiendo el comportamiento de la estructura como pórticos simples, por lo cual la primera rótula se está produciendo en el lugar donde en la realidad existe una placa, pero que está simbolizada como un pórtico con vigas con rigidez infinita. Los valores de desplazamiento y cortante obtenidos son próximos al comportamiento real del elemento entendiendo que ésta rótula aparecería primero en las vigas cercanas a ésta placa.

Figura 181

Primera rótula plástica sentido X y Y+ Esquema mecánico "B"



Obtenido de ETABS 2018

El análisis de la aparición de la primera rótula se realizó en cada sentido de análisis y se presenta en el anexo N°11 de la presente investigación, la tabla N°37 muestra los resultados obtenidos para cada sentido de análisis.

Tabla 37
Aparición de la primera rótula plástica-Esquema mecánico "B"

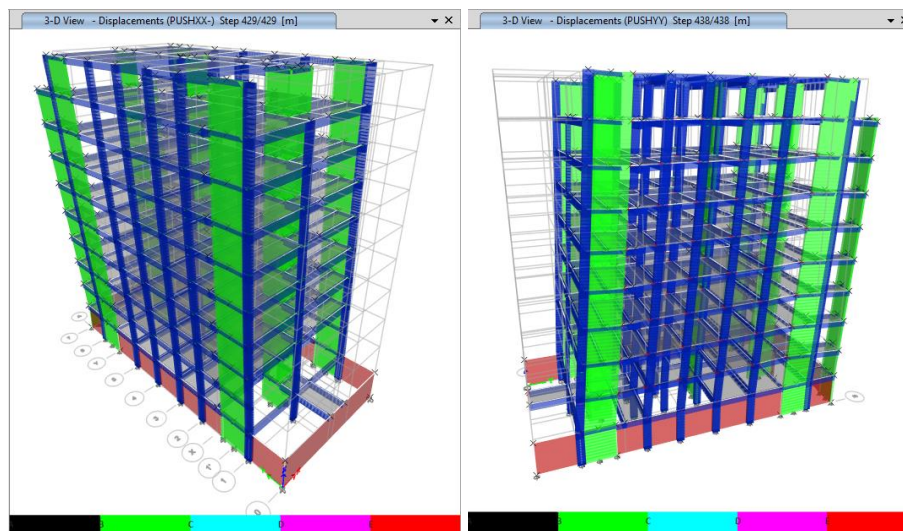
APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA				
SENTIDO	UBICACIÓN	EJE	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE EN LA BASE (tonf)
XX +	Viga- Semisótano	4	5.40	109.96
XX -	Viga- Semisótano	4	5.13	103.98
.YY +	Viga -1er nivel	E	3.15	257.75
YY -	Viga -1er nivel	E	2.64	220.47

Como se observa en la tabla N° 37 el menor desplazamiento para la aparición de la primera rótula plástica se presenta en el sentido de análisis YY – con 2.64 cm y una cortante de 220.47 tonf en la base.

b) Mecanismo de colapso

La figura N° 182 muestra el mecanismo de falla del modelo en el sentido X y Y+ de análisis con la aparición de rótulas plásticas en la estructura al momento de llegar a colapso. El resto de mecanismos de falla para cada sentido de análisis se muestran en el anexo N° 11 de la presente investigación.

Figura 182
Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "B" para el sentido de análisis X y Y +

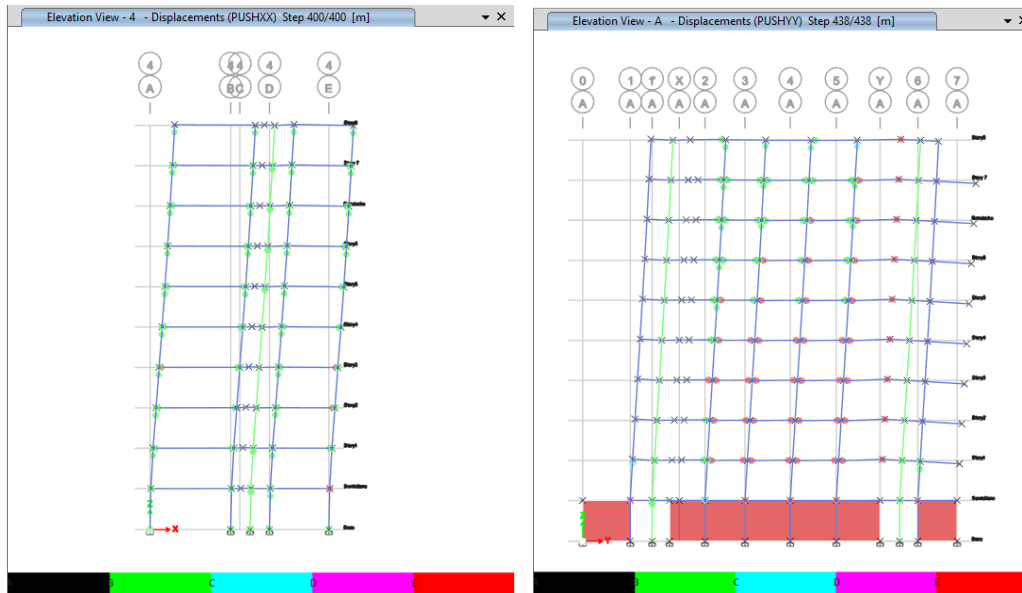


Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 183 muestra el mecanismo de falla del modelo en el sentido X y Y+ de análisis vista en elevación de los ejes A (sentido Y) y eje 4 (sentido Y) con la aparición de rótulas plásticas en la estructura al momento de llegar a colapso.

Figura 183

Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "B" para el sentido de análisis X y Y+ Vista en elevación del Eje 4 y Eje A respectivamente



Obtenido de ETABS 2018

3.6.3.3 Mecanismo de falla para el esquema mecánico "C"

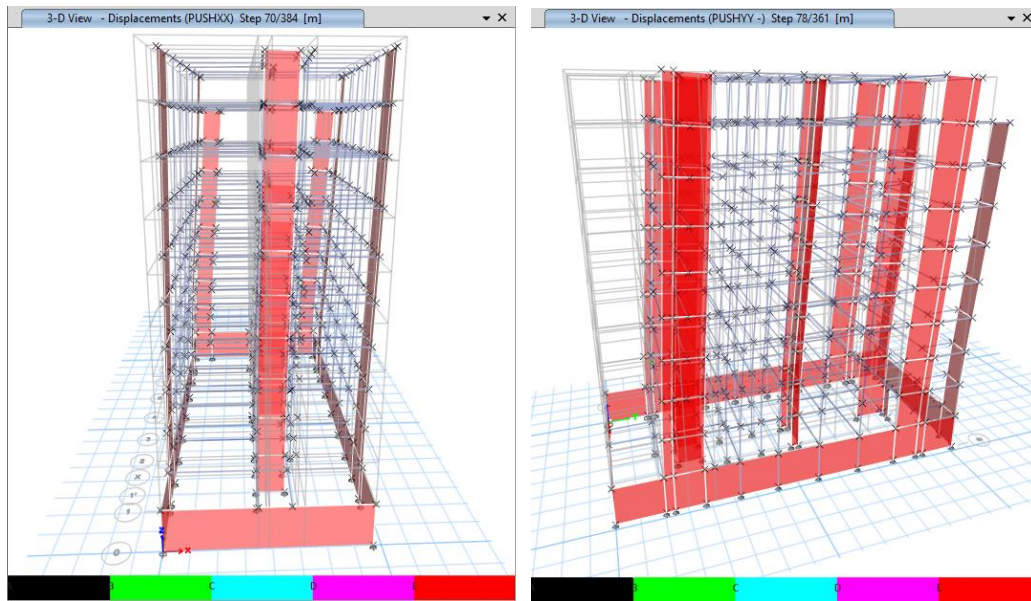
a) Aparición de la primera rótula plástica

Al igual que el ítem 3.5.10.5.1 se han obtenido las primeras rótulas plásticas para éste esquema mecánico. La figura N° 184 muestra el paso N° 70 del análisis Pushover en el sentido XX+ y el paso N° 78 en el sentido YY+ en donde se ha producido la aparición de la primera rótula plástica respectivamente.



Figura 184

Comportamiento del edificio en la aparición de primera rótula plástica-Sentido X y Y+ Esquema mecánico "C"

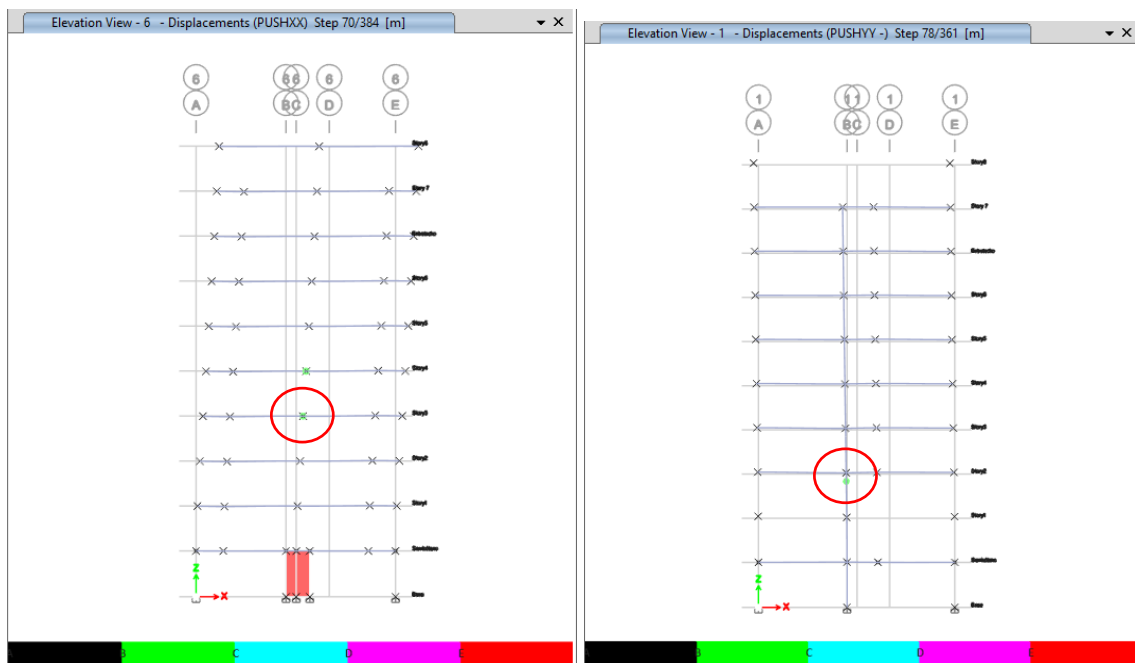


Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 185 muestra la aparición de la primera rótula plástica que corresponden a los sentidos de análisis X y Y+, los cuales presentan desplazamientos de 5.04 cm y 7.36 cm respectivamente en el punto de control ubicado en el último piso cuyos desplazamientos se originan con una cortante de 190.96 tonf y 416.32 tonf respectivamente en la base.

Figura 185

Primera rótula plástica sentido X y Y+ en el Esquema mecánico "C"



Obtenido de ETABS 2018



El análisis de la aparición de la primera rótula se realizó en cada sentido de análisis y se presenta en el anexo de la presente investigación, la tabla N°38 muestra los resultados obtenidos para cada sentido de análisis.

Tabla 38

Aparición de la primera rótula plástica-Esquema mecánico "C"

APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA				
SENTIDO	UBICACIÓN	EJE	DESPLAZAMIENTO (cm)	CORTANTE EN LA BASE (tonf)
XX +	Viga-3er nivel	6	9.48	311.06
XX -	Viga-3er nivel	4	8.65	285.06
.YY +	Columna-2do a 3er nivel	B	7.96	416.33
YY -	Viga-4to nivel	B	6.14	370.61

Como se observa en la tabla N° 38 el menor desplazamiento para la aparición de la primera rótula plástica se presenta en el sentido de análisis YY – con 2.64 cm y una cortante de 220.47 tonf en la base.

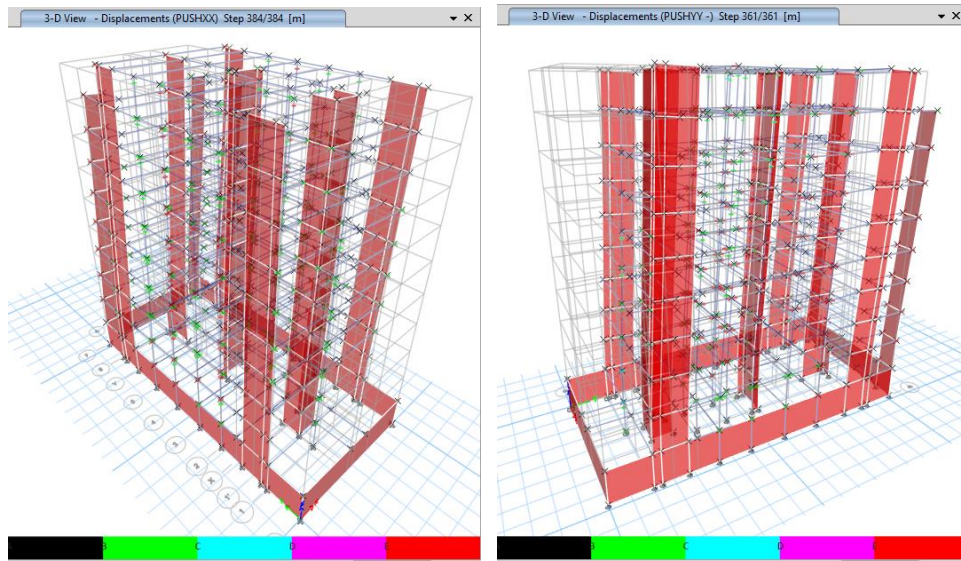
b) Mecanismo de colapso

La figura N° 186 muestra el mecanismo de falla del modelo en el sentido XX+ de análisis con la aparición de rótulas plásticas en la estructura al momento de llegar a colapso. El resto de mecanismos de falla para cada sentido de análisis se muestran en el anexo N°11 de la presente investigación.



Figura 186

Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "C" para el sentido de análisis X y Y +

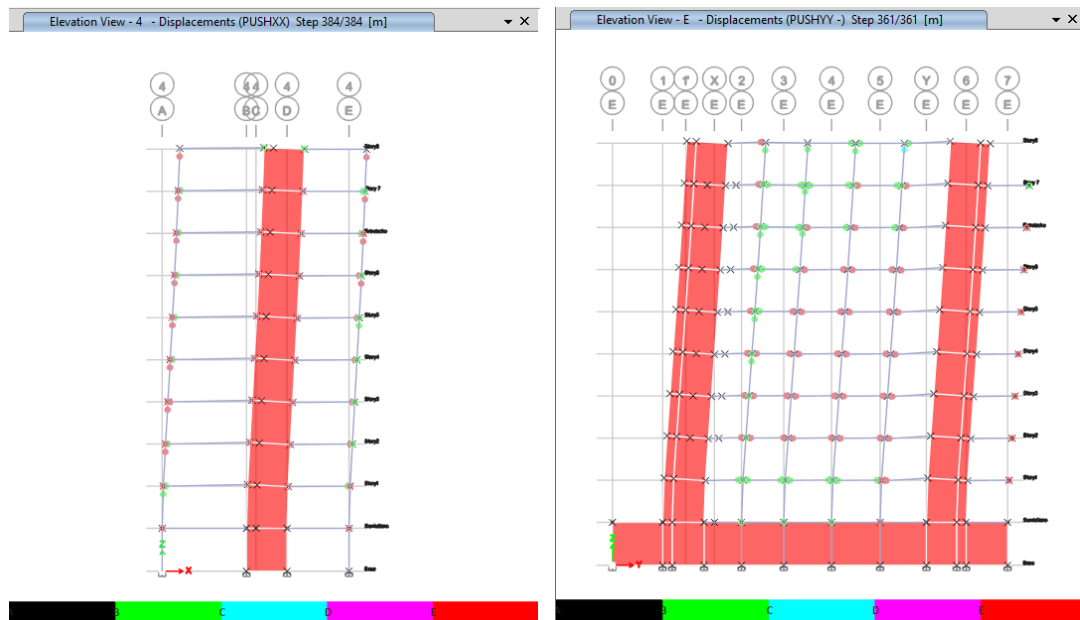


Obtenido de ETABS 2018

La figura N° 187 muestra el mecanismo de falla del modelo en el sentido XX+ de análisis vista en elevación de los ejes A (sentido Y) y eje 4 (sentido X) con la aparición de rótulas plásticas en la estructura al momento de llegar a colapso.

Figura 187

Formación de rótulas plásticas en el esquema mecánico "C" para el sentido de análisis X y Y+ Vista en elevación del Eje 4 y Eje E respectivamente



Obtenido de ETABS 2018



3.6.4 Evaluación del nivel de desempeño sísmico

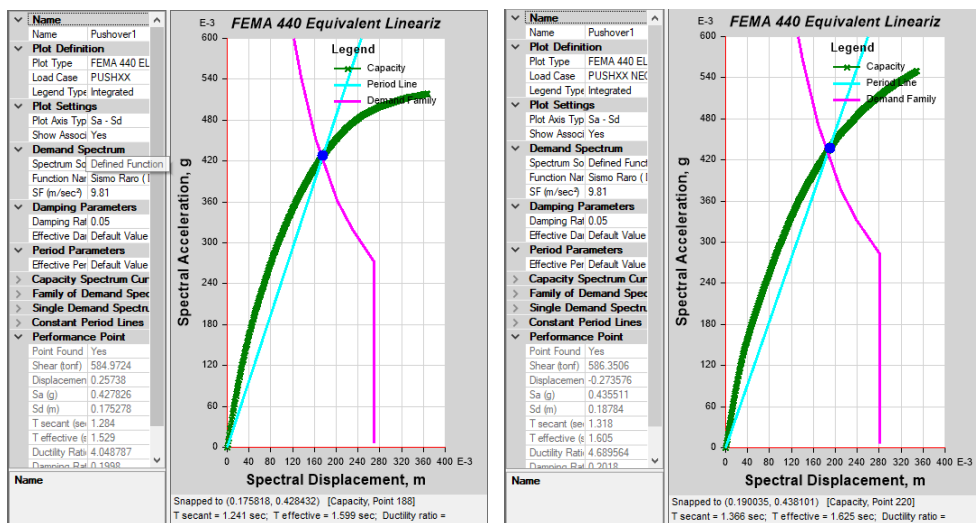
3.6.4.1 Punto de desempeño

3.6.4.1.1 Puntos de desempeño en el esquema mecánico "A"

Se han obtenido los puntos de desempeño de acuerdo a los espectros de demanda correspondientes a los sismos establecidos (ocasional, raro y muy raro) mediante la metodología de FEMA 440 incluida en el software ETABSV.18, a continuación, se muestran los resultados obtenidos para un sismo raro en las 4 direcciones de análisis, los demás resultados se muestran en el anexo N°12 de la investigación.

Figura 188

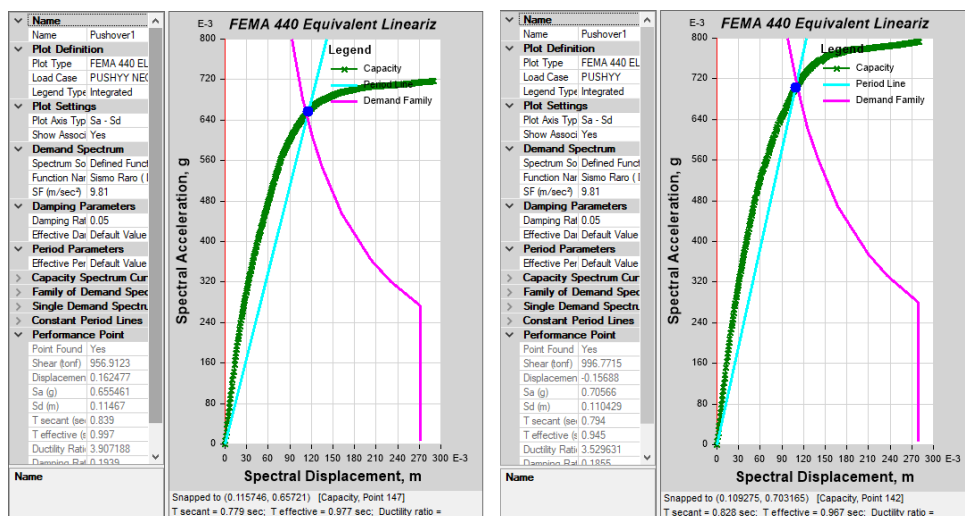
Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido XX -Esquema mecánico A



Obtenido de ETABS 2018

Figura 189

Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido YY -Esquema mecánico A



Obtenido de ETABS 2018



Tabla 39
Puntos de desempeño Esquema mecánico A

PUNTOS DE DESEMPEÑO ESQUEMA MECÁNICO A								
SISMO	XX +		XX-		YY+		YY-	
	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)
OCASIONAL	22.52	544.84	21.19	512.17	13.07	882.79	12.05	890.87
RARO	25.74	584.97	27.36	586.35	16.25	956.91	15.69	996.77
MUY RARO	29.46	625.26	31.10	621.98	17.71	978.51	17.96	1039.04

La tabla N°39 muestra los resultados obtenidos para todas las direcciones de análisis de acuerdo a los diferentes sismos propuestos.

Figura 190
Puntos de desempeño -Sismo Ocasional-Esquema Mecánico A

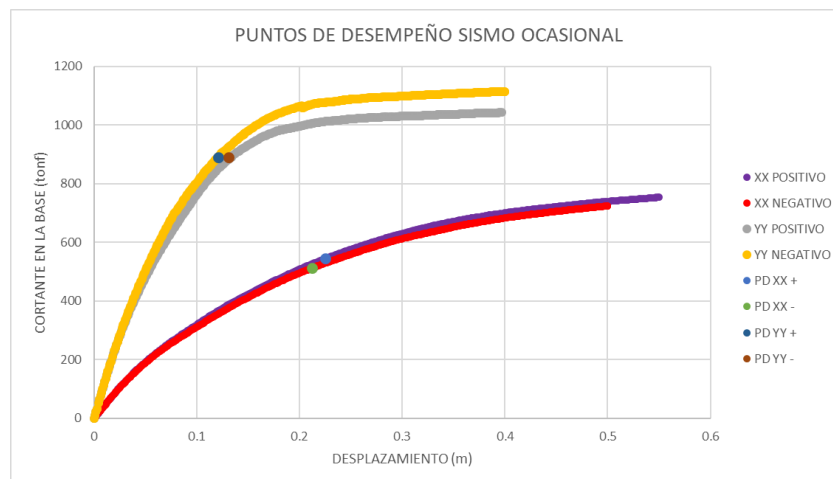


Figura 191
Puntos de desempeño -Sismo Raro-Esquema Mecánico A

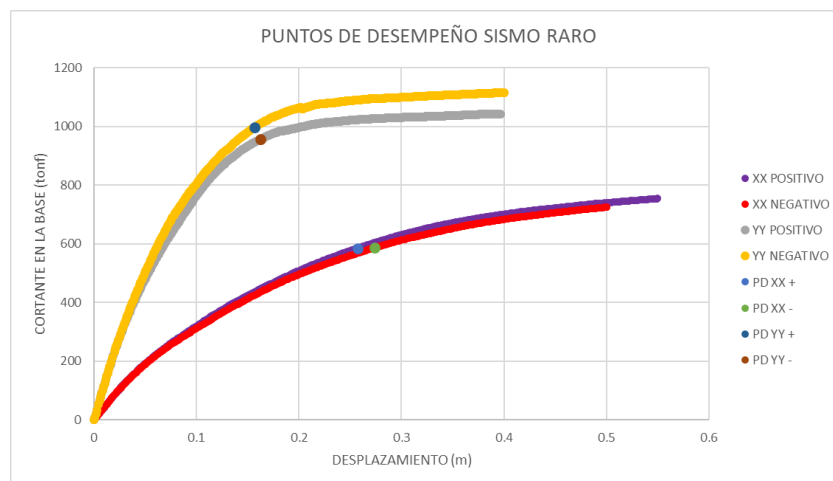




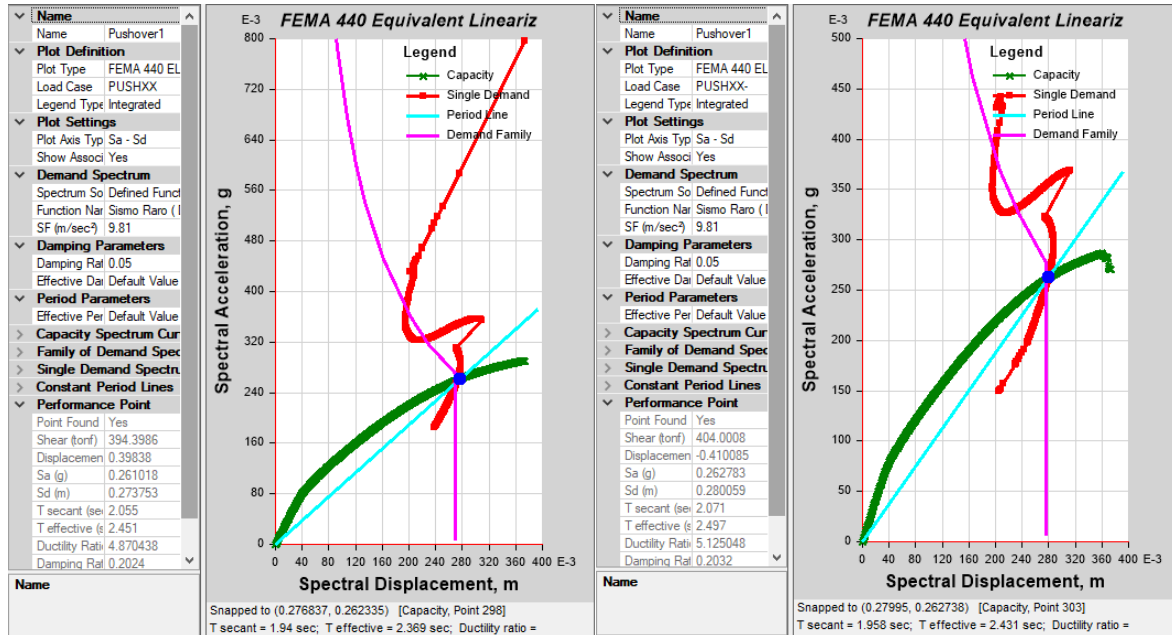
Figura 192
Puntos de desempeño –Sismo muy Raro-Eschema Mecánico A



3.6.4.1.2 Puntos de desempeño en el esquema mecánico “B”

Se muestran a continuación los puntos de desempeño obtenidos para un sismo raro en las 4 direcciones de análisis, los gráficos restantes se muestran en el anexo N°12 de la presente investigación.

Figura 193
Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido XX -Esquema mecánico B

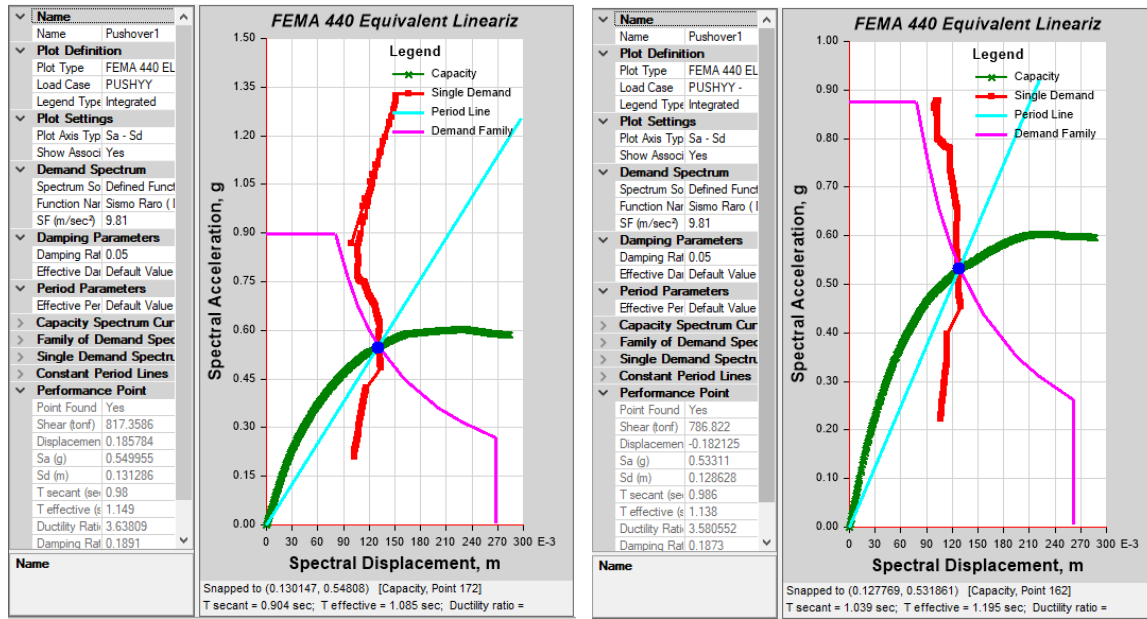


Obtenido de ETABS 2018



Figura 194

Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido YY -Esquema mecánico B



Obtenido de ETABS 2018

Tabla 40

Puntos de desempeño Esquema mecánico B

PUNTOS DE DESEMPEÑO ESQUEMA MECÁNICO B								
	XX +		XX-		YY+		YY-	
SISMO	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)
OCASIONAL	30.95	345.71	32.40	357.21	14.24	736.03	13.73	708.98
RARO	39.84	394.40	41.00	404.00	18.58	817.36	18.21	786.82
MUY RARO	44.39	412.87	45.29	420.64	21.58	850.09	20.87	810.51

La tabla N°40 muestra los resultados obtenidos para todas las direcciones de análisis de acuerdo a los diferentes sismos propuestos.



Figura 195
Puntos de desempeño -Sismo Ocasional-Esquema Mecánico B

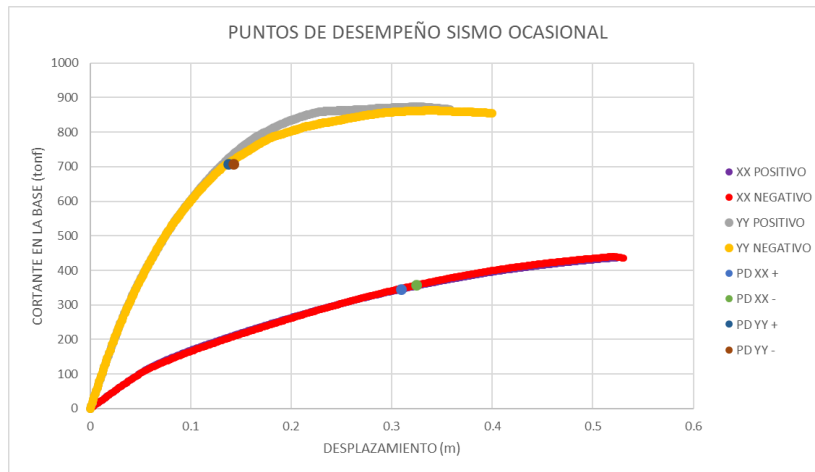


Figura 196
Puntos de desempeño -Sismo Raro-Esquema Mecánico B

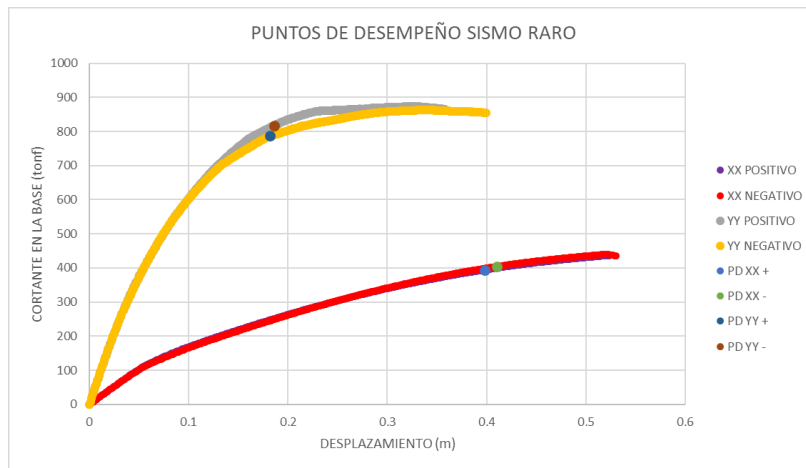
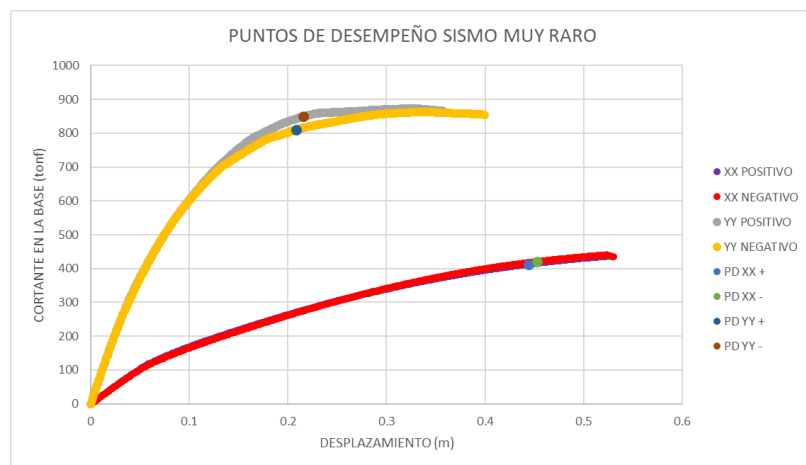


Figura 197
Puntos de desempeño -Sismo muy Raro-Esquema Mecánico B



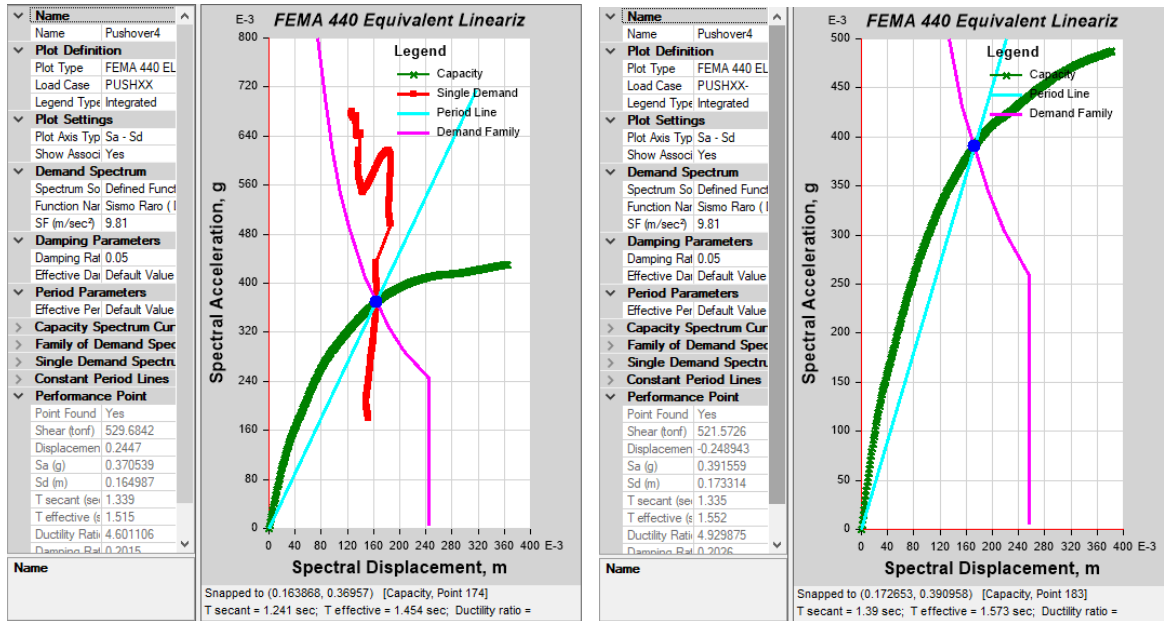


3.6.4.1.3 Puntos de desempeño en el esquema mecánico “C”

Se muestran a continuación los puntos de desempeño obtenidos para un sismo raro en las 4 direcciones de análisis, los gráficos restantes se muestran en el anexo N°12 de la presente investigación.

Figura 198

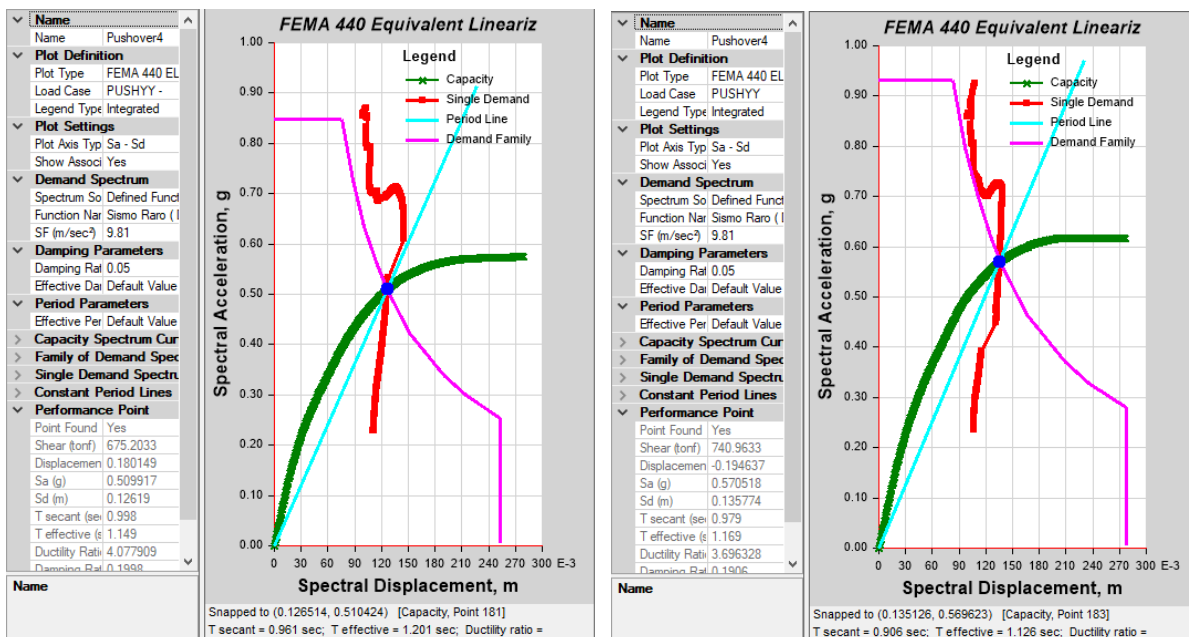
Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido XX -Esquema mecánico C



Obtenido de ETABS 2018

Figura 199

Puntos de desempeño para un sismo raro en el sentido YY -Esquema mecánico C



Obtenido de ETABS 2018



La tabla N°41 muestra los resultados obtenidos para todas las direcciones de análisis de acuerdo a los diferentes sismos propuestos.

Tabla 41
Puntos de desempeño Esquema mecánico C

PUNTOS DE DESEMPEÑO ESQUEMA MECÁNICO C								
	XX +		XX-		YY+		YY-	
SISMO	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)	D (cm)	V (tonf)
OCASIONAL	18.67	466.50	19.53	467.04	15.95	639.65	15.19	670.82
RARO	24.47	529.68	24.89	521.57	18.01	675.20	19.46	740.96
MUY RARO	27.76	555.69	28.22	546.94	20.50	708.20	22.08	768.53

Figura 200
Puntos de desempeño -Sismo Ocasional-Esquema Mecánico C

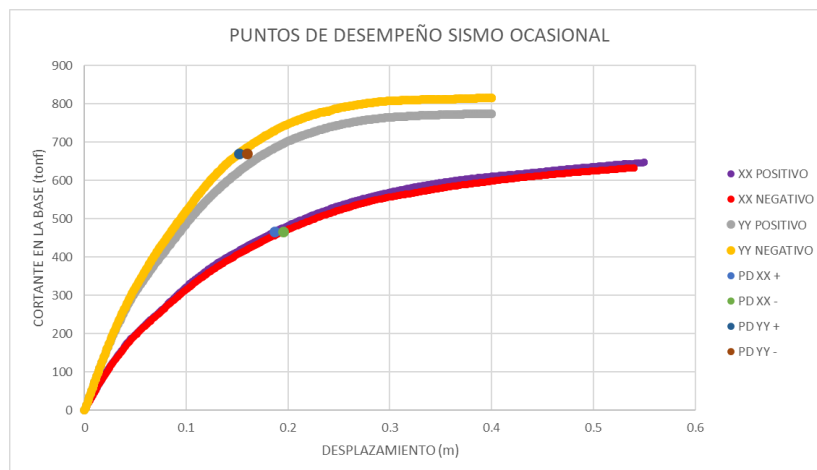


Figura 201
Puntos de desempeño -Sismo Raro-Esquema Mecánico C

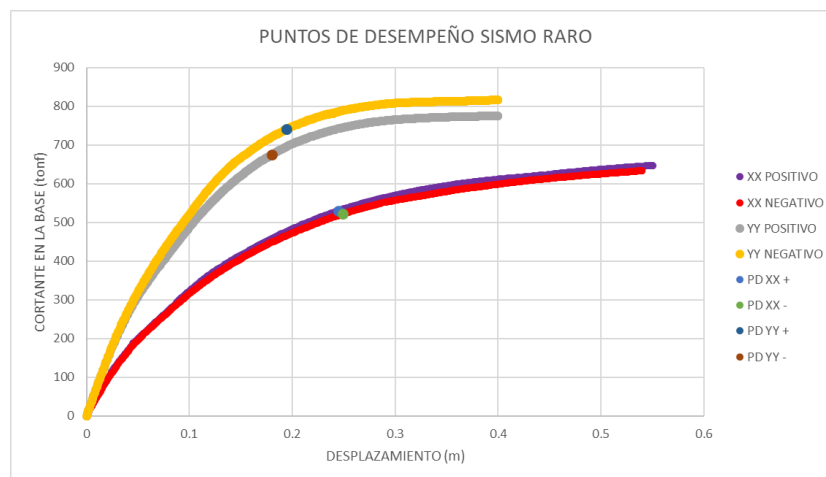
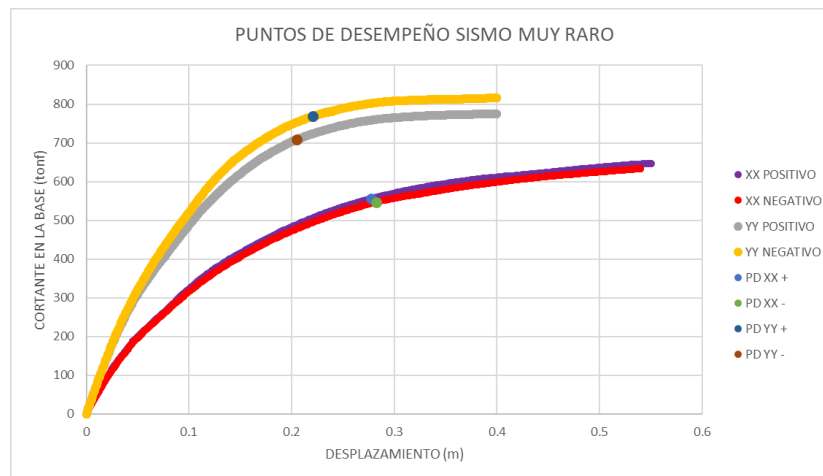


Figura 202

Puntos de desempeño –Sismo muy Raro-Esquema Mecánico C

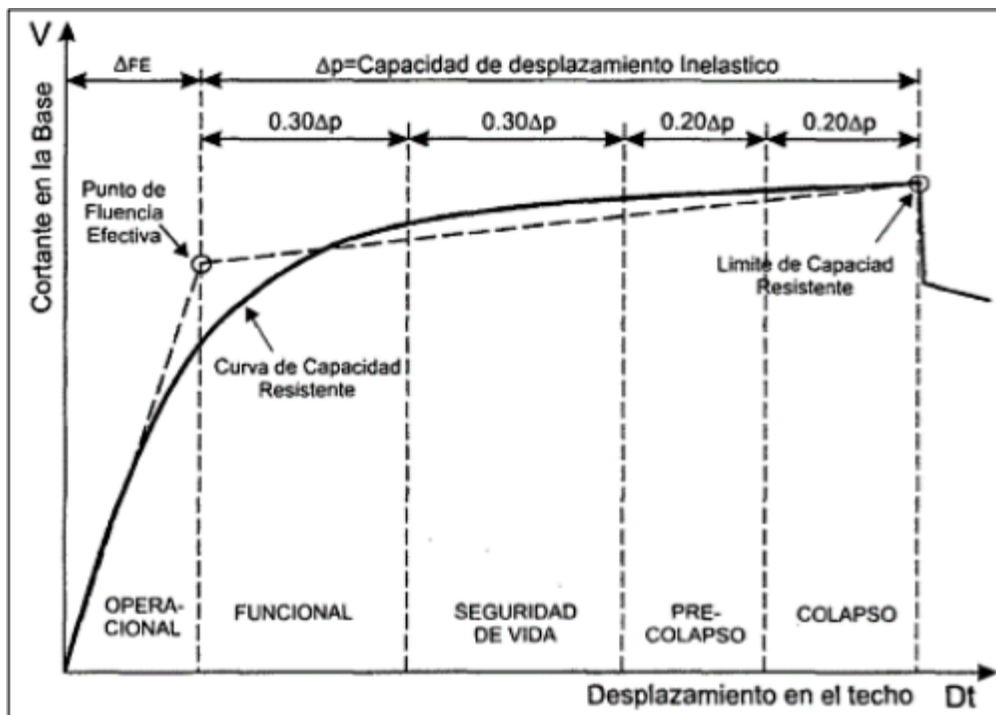


3.6.5 Límites de desempeño

(Mendoza & Rivera, 2020) mencionan que:

Desde el punto de vista estructural, los niveles de desempeño corresponden a sectores definidos de la curva de capacidad de la estructura. Para sectorizar la curva de capacidad debe encontrarse la fluencia efectiva para definir el tramo elástico e inelástico de la estructura. El tramo inelástico de la curva de capacidad se divide en cuatro sectores definidos por fracciones de Δp a las cuales se asocia un nivel de desempeño. Este criterio de evaluación, propuesto por el comité VISION 2000 del SEAOC propone que para cada nivel de desempeño le corresponde un rango de desplazamiento en el techo de la estructura. (Mendoza & Rivera, 2020)

Figura 203
Sectorización de la curva de capacidad



Obtenido de *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings*, por Applied Technology Council, (1996)

Tabla 42
Niveles de desempeño según el rango de desplazamiento

NIVEL DE DESEMPEÑO	RANGO DE DESPLAZAMIENTO
Operacional	0 - ΔFE
Funcional	ΔFE - $\Delta FE + 0.30\Delta P$
Seguridad de Vida	$\Delta FE + 0.30\Delta P$ - $\Delta FE + 0.60\Delta P$
Cerca al Colapso	$\Delta FE + 0.60\Delta P$ - $\Delta FE + 0.80\Delta P$
Colapso	$\Delta FE + 0.80\Delta P$ - $\Delta FE + \Delta P$
ΔFE : Desplazamiento correspondiente al punto de Fluencia Efectiva, es el desplazamiento en el rango elástico de la estructura	
ΔP : Rango Plástico	

Obtenido de SEAOC (*Structural Engineers Association of California*) (1999)

3.6.5.1 Nivel de desempeño en el esquema mecánico “A”

Una vez establecidos los límites de desempeño de acuerdo a la figura N°203 y a la tabla N°42, se han obtenido las siguientes sectorizaciones para las curvas de capacidad de cada sentido de



análisis para así evaluar el nivel de desempeño de acuerdo a los sismos establecidos anteriormente:

Figura 204

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX+

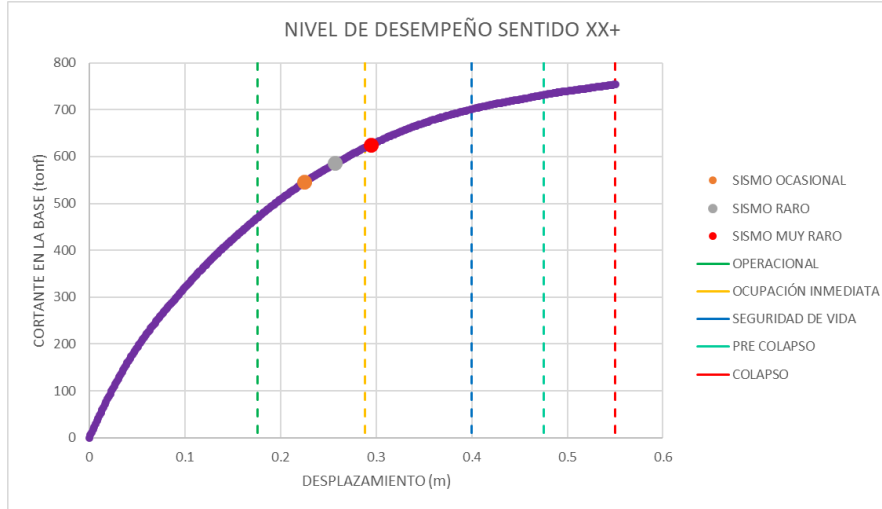


Tabla 43

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX+

SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)

Figura 205

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX-

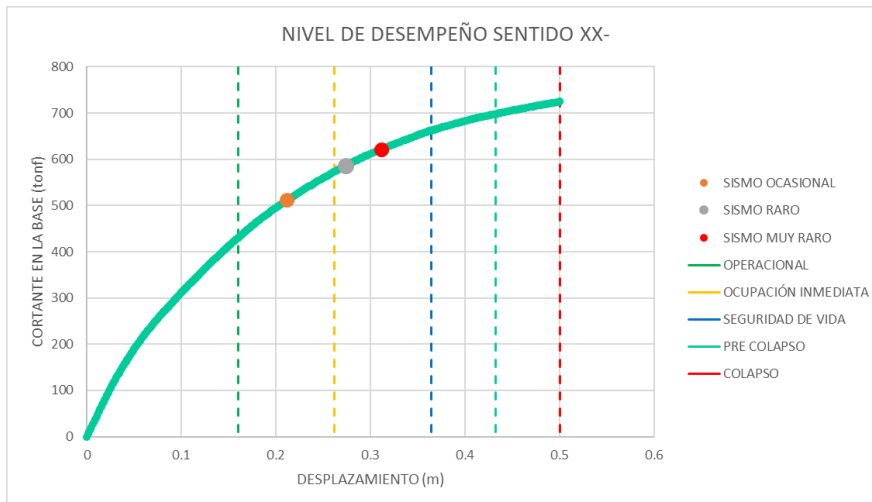




Tabla 44

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido XX-

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	SEGURIDAD DE VIDA (IO)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (IO)

Figura 206

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY+

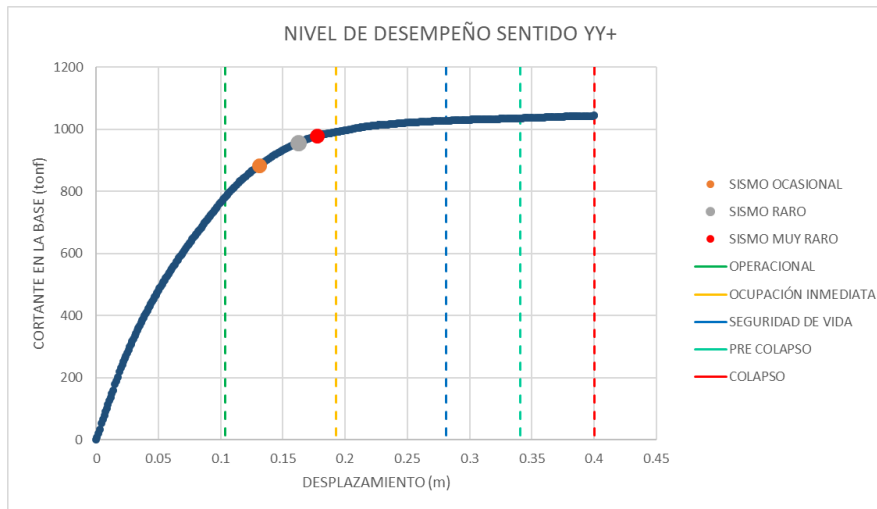


Tabla 45

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY+

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)



Figura 207

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY-

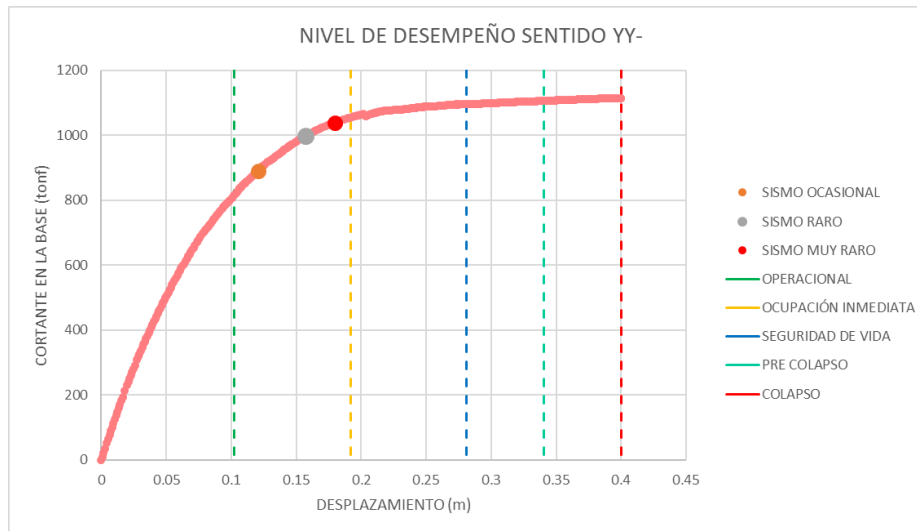


Tabla 46

Nivel de desempeño-Esquema mecánico A - Sentido YY-

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)

Tabla 47

Niveles de desempeño-Esquema mecánico A

NIVELES DE DESEMPEÑO ESQUEMA MECÁNICO A				
SISMO	XX+	XX-	YY+	YY-
OCASIONAL	IO	IO	IO	IO
RARO	IO	LS	IO	IO
MUY RARO	LS	LS	IO	IO

3.6.5.2 Nivel de desempeño en el esquema mecánico “B”

Se presentan a continuación los niveles de desempeño obtenidos para el esquema mecánico “B” de vigas con brazo rígido:



Figura 208 Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX+

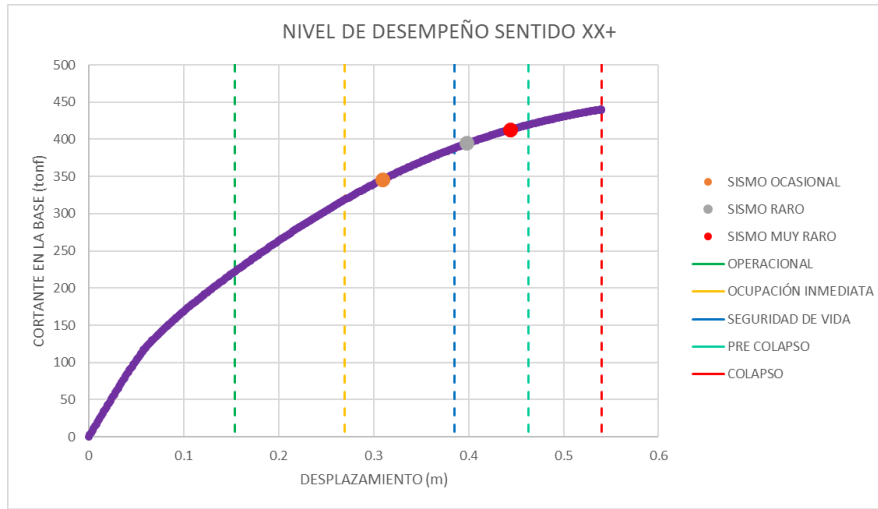


Tabla 48 Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX+

SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	SEGURIDAD DE VIDA (LS)
RARO	PREVENCIÓN DEL COLAPSO (CP)
MUY RARO	PREVENCIÓN DEL COLAPSO (CP)

Figura 209 Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX-

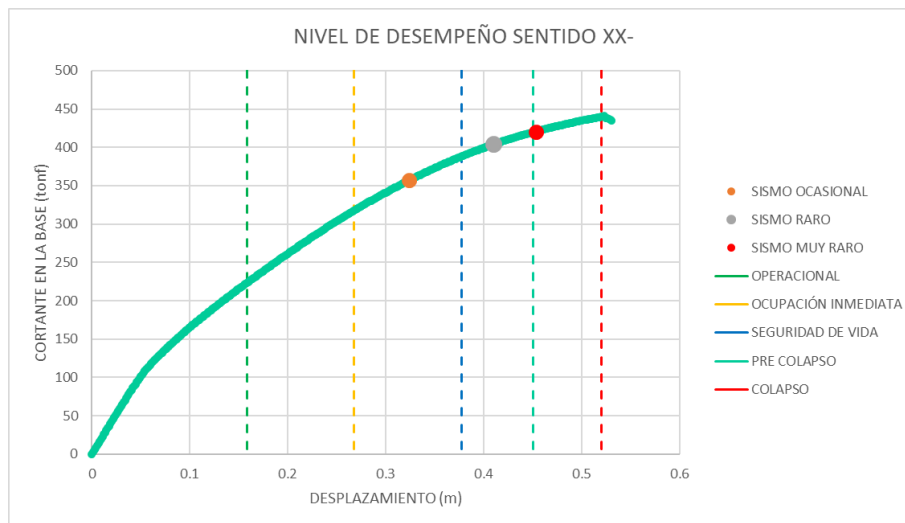




Tabla 49

Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido XX-

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	SEGURIDAD DE VIDA (LS)
RARO	PREVENCIÓN DEL COLAPSO (CP)
MUY RARO	COLAPSO (C)

Figura 210

Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY+

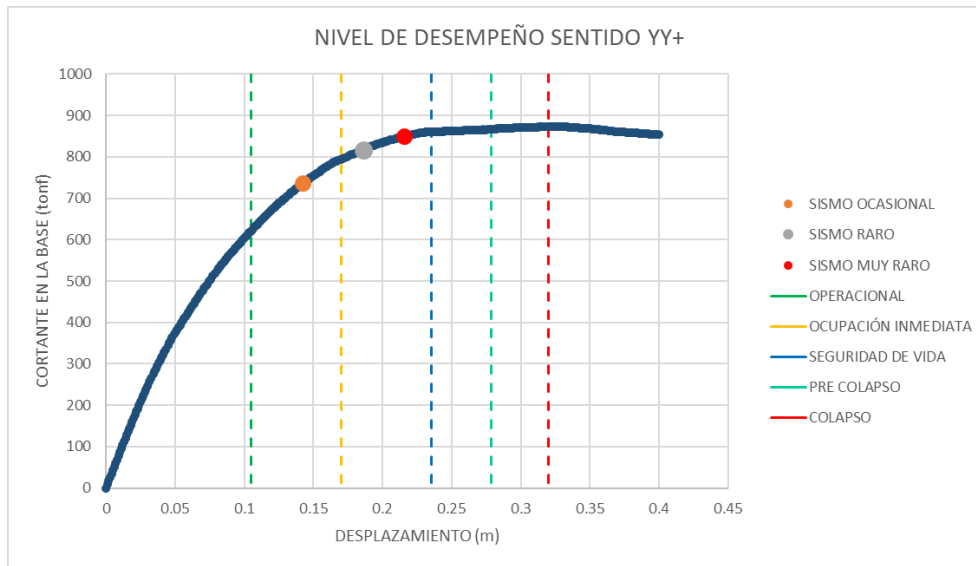


Tabla 50

Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY+

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)



Figura 211

Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY-

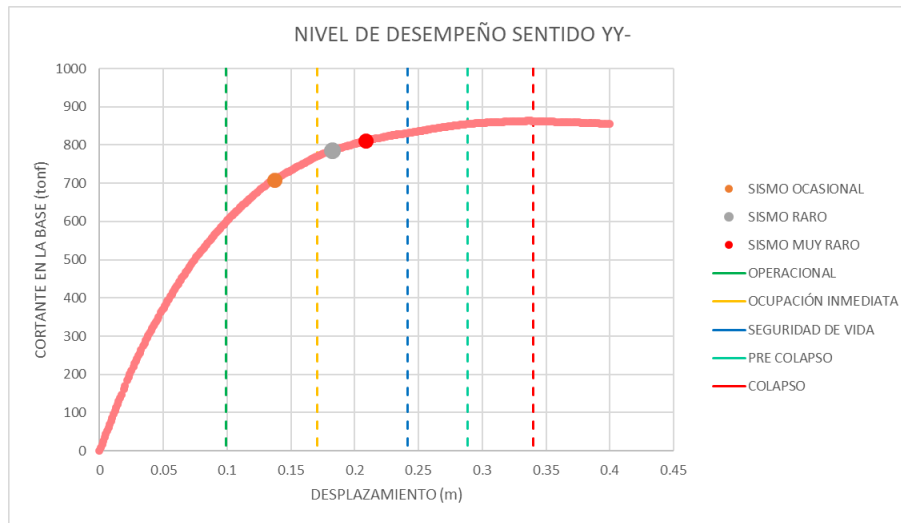


Tabla 51

Nivel de desempeño-Esquema mecánico B - Sentido YY-

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)

Tabla 52

Niveles de desempeño-Esquema mecánico B

NIVELES DE DESEMPEÑO ESQUEMA MECÁNICO B				
SISMO	XX+	XX-	YY+	YY-
OCASIONAL	LS	LS	IO	IO
RARO	LS	CP	LS	LS
MUY RARO	CP	C	LS	LS

3.6.5.3 Nivel de desempeño en el esquema mecánico “C”

Se presentan a continuación los niveles de desempeño obtenidos para el esquema mecánico “C” de muros de corte de tipo LAYER:



Figura 212 Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido XX+

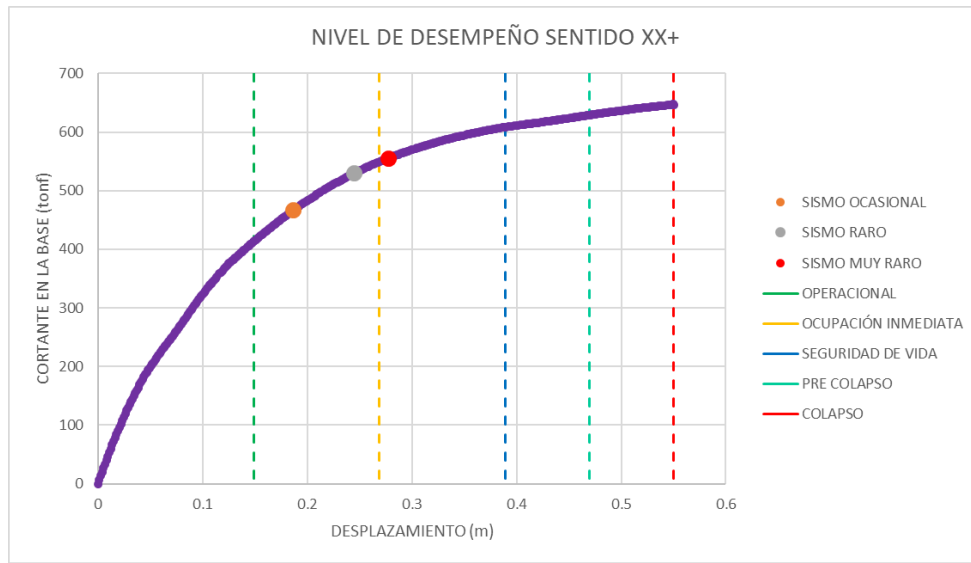


Tabla 53 Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido XX+

SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)

Figura 213 Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido XX-

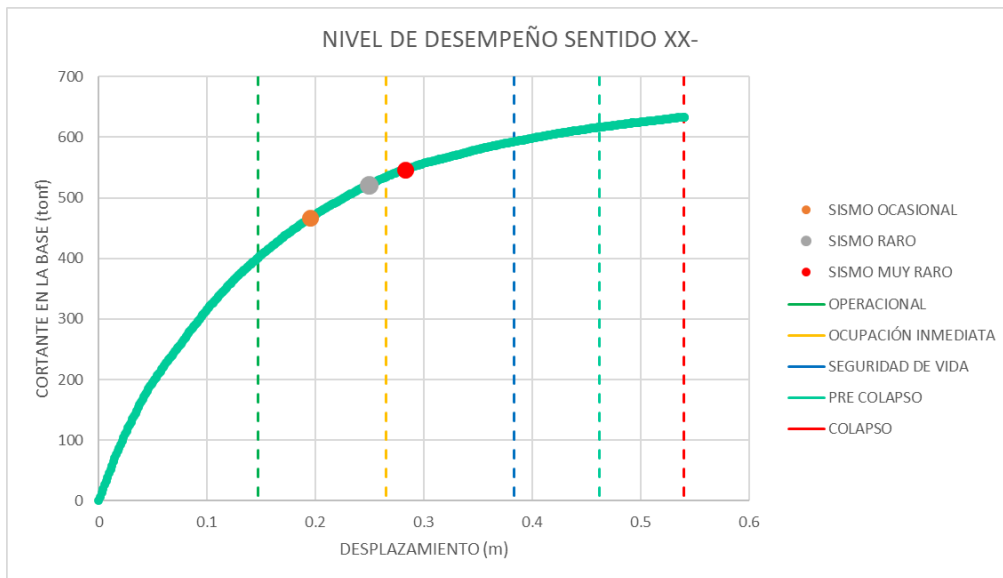




Tabla 54

Nivel de desempeño-Esquema mecánico C- Sentido XX-

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)

Figura 214

Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY+

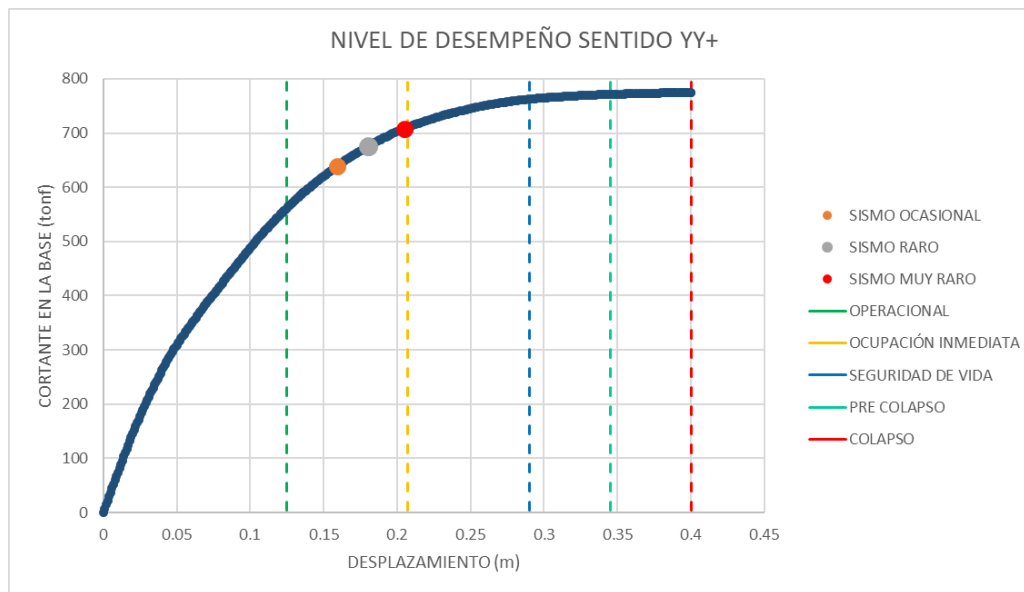


Tabla 55

Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY+

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)



Figura 215

Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY-

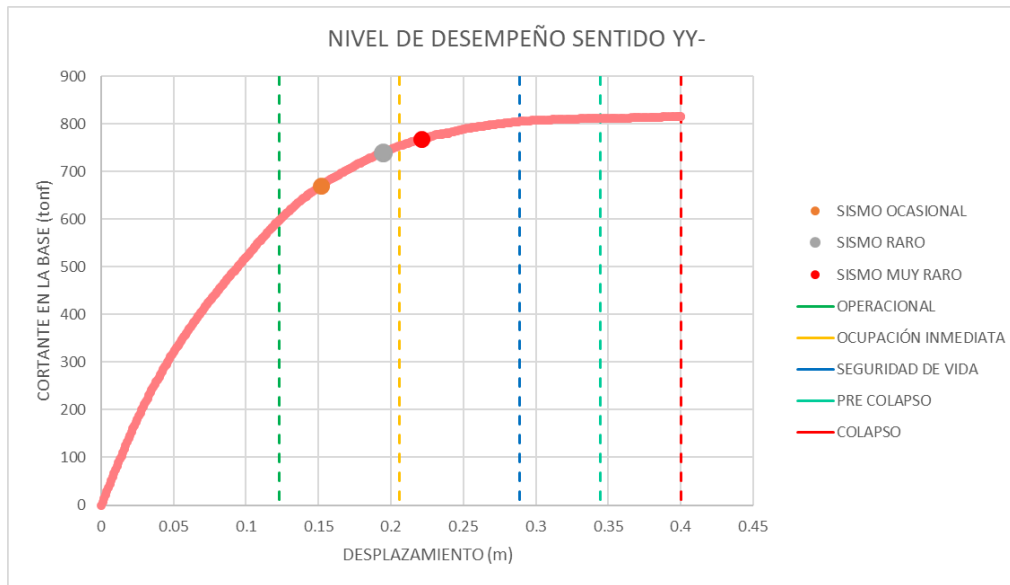


Tabla 56

Nivel de desempeño-Esquema mecánico C - Sentido YY-

NIVEL DE DESEMPEÑO	
SISMO	NIVEL DE DESEMPEÑO
OCASIONAL	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
RARO	OCUPACIÓN INMEDIATA (IO)
MUY RARO	SEGURIDAD DE VIDA (LS)

Tabla 57

Niveles de desempeño-Esquema mecánico C

NIVELES DE DESEMPEÑO ESQUEMA MECÁNICO C				
SISMO	XX+	XX-	YY+	YY-
OCASIONAL	IO	IO	IO	IO
RARO	IO	IO	IO	IO
MUY RARO	LS	LS	IO	LS



Capítulo IV: Resultados

Una vez realizado los análisis pushover para cada esquema mecánico y por cada dirección de análisis, se ha procedido a hacer comparaciones de los valores obtenidos, a fin de evaluar los cambios que sufren éstos de acuerdo a cada esquema mecánico utilizado. Los resultados se presentan a continuación:

4.1 Curvas de capacidad

La figura N° 216 muestra las curvas de capacidad para cada esquema mecánico en el sentido XX+ de análisis, la tabla N°58 muestra los valores máximos obtenidos donde se observa que los desplazamientos en todos los esquemas mecánicos son muy similares y a su vez se observa que el esquema mecánico “A” presenta un valor de fuerza cortante superior a los esquemas “B” y “C”. Se observa un notorio cambio en la fuerza cortante que presenta el esquema mecánico “B” al ser mucho menor en comparación a los otros esquemas. Dicho comportamiento se observa también en el sentido XX- de análisis como lo evidencia la figura N°217 y la tabla N°59.

Se muestran a continuación las curvas de capacidad obtenidas para cada sentido de análisis:

Figura 216
Curvas de capacidad Sentido XX+

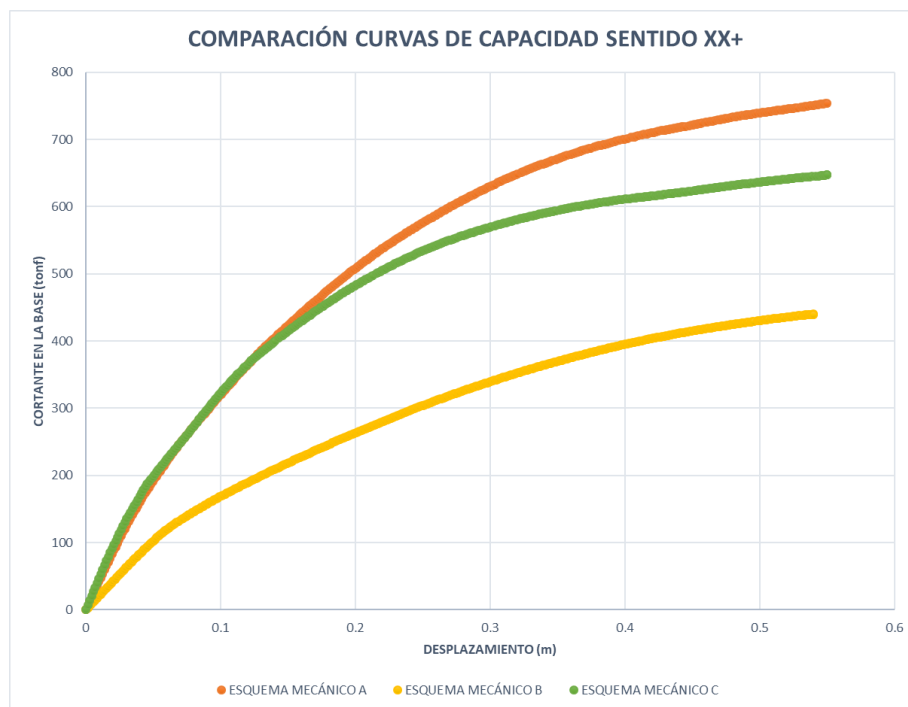




Tabla 58
Resultados Pushover XX+

RESULTADOS PUSHOVER XX+		
	D (cm)	V (Tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	55.00	753.81
ESQUEMA MECÁNICO B	54.00	439.89
ESQUEMA MECÁNICO C	54.99	647.09

Figura 217
Curvas de capacidad Sentido XX-

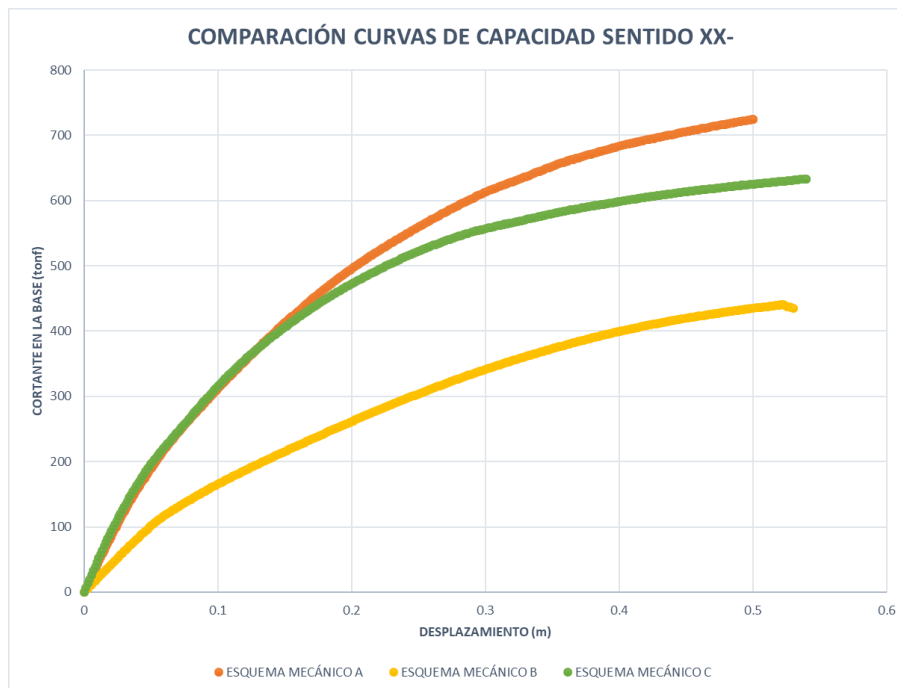


Tabla 59
Resultados Pushover XX-

RESULTADOS PUSHOVER XX-		
	D (cm)	V (Tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	50.00	724.57
ESQUEMA MECÁNICO B	52.31	440.61



ESQUEMA MECÁNICO	54.00	633.42
C		

Figura 218
Curvas de capacidad Sentido YY+

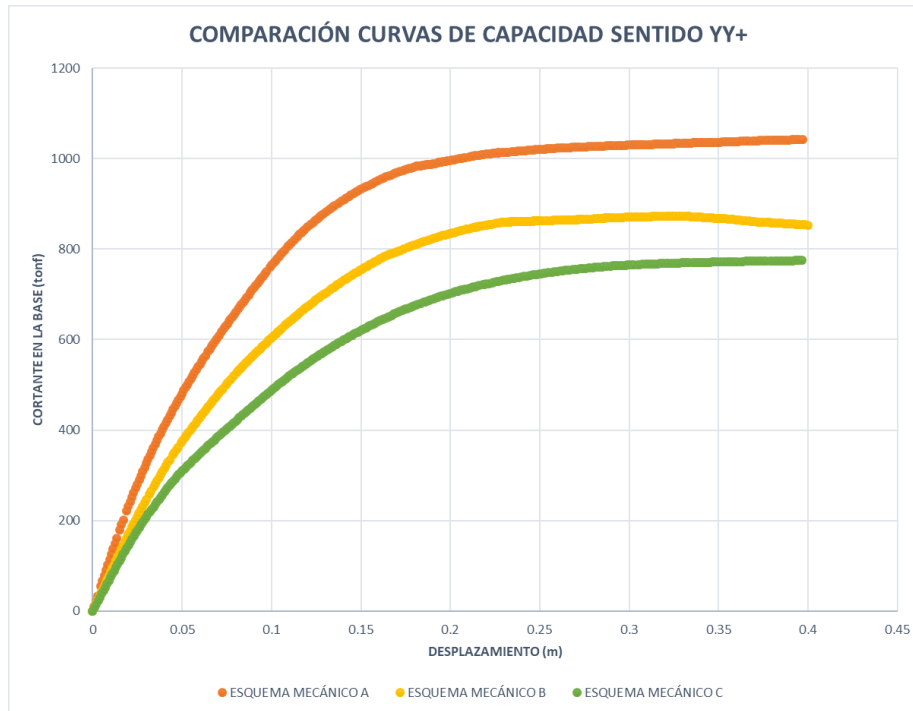


Tabla 60
Resultados Pushover YY+

RESULTADOS PUSHOVER YY+		
	D (cm)	V(Tonf)
ESQUEMA MECÁNICO		
A	40.00	1043.14
ESQUEMA MECÁNICO		
B	32.24	873.36
ESQUEMA MECÁNICO		
C	40.00	775.09

Figura 219
Curvas de capacidad Sentido YY-

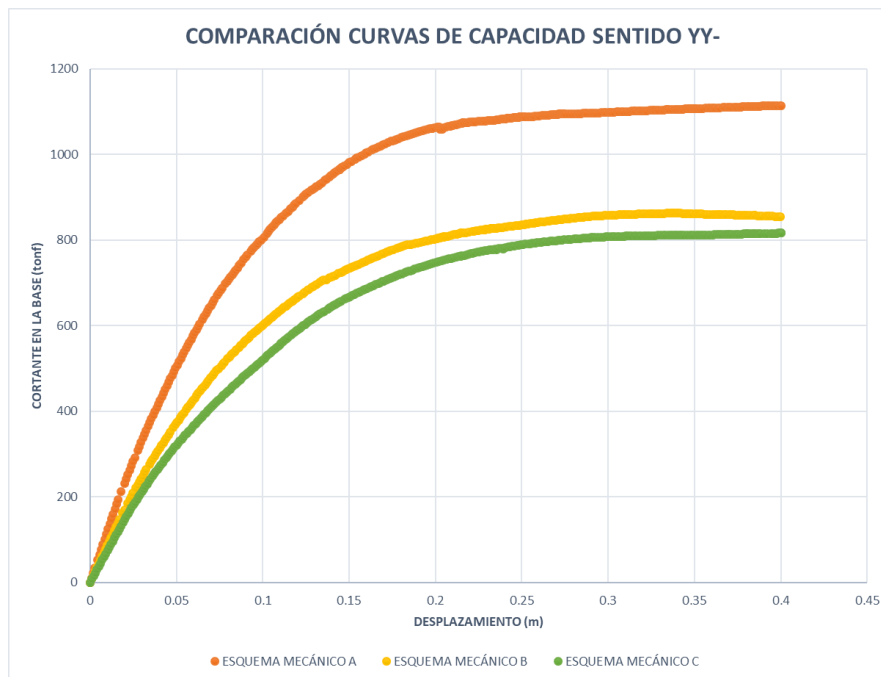


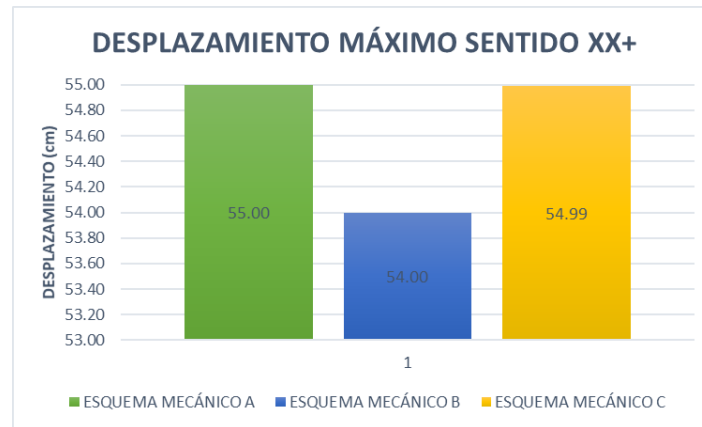
Tabla 61
Resultados Pushover YY-

RESULTADOS PUSHOVER YY-		
	D (cm)	V (Tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	40.00	1114.80
ESQUEMA MECÁNICO B	33.59	862.81
ESQUEMA MECÁNICO C	40.00	816.21

Las figuras N°218 y N°219 muestran las curvas de capacidad obtenidas para los sentidos de análisis YY+ y YY- respectivamente, donde se observa un cambio en la respuesta respecto a los sentidos de análisis en XX, puesto que el esquema mecánico “B” ha presentado un aumento notorio en los valores de fuerza cortante que soporta en la base mientras que el esquema mecánico “C” ha disminuido los valores de fuerza cortante que presenta al momento del colapso. Estos valores son presentados en las tablas N°60 y N°61.

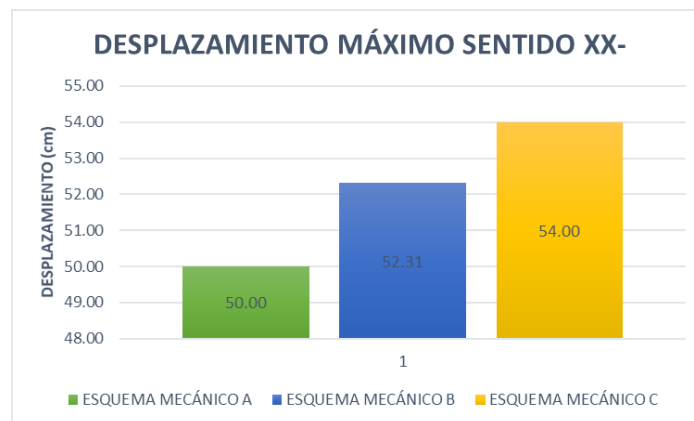
Se realizan a continuación las comparaciones de desplazamientos y fuerzas cortantes en la base para cada sentido de análisis:

Figura 220
Comparación de desplazamientos Sentido XX+



Se observa en la figura N°220 que los esquemas “A” y “C” presentan desplazamientos similares mientras que el esquema mecánico “B” disminuye en 1 cm el desplazamiento manteniéndose los tres esquemas en el rango de 54 cm y 55 cm.

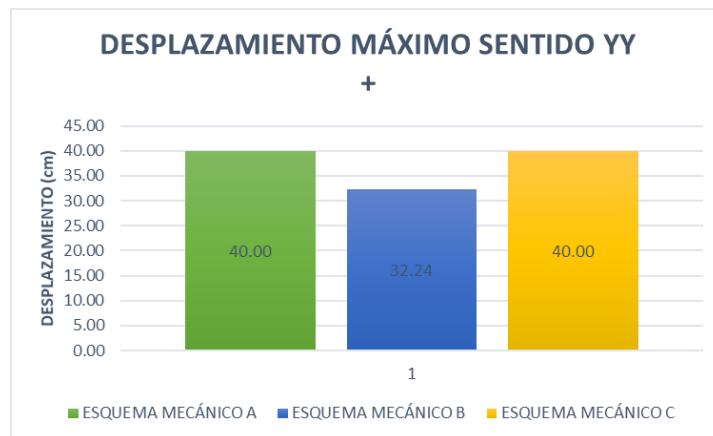
Figura 221
Comparación de desplazamientos Sentido XX-



Se observa en la figura N°221 que el esquema “A” presenta el menor desplazamiento con 50 cm, seguidamente el esquema mecánico “B” presenta 52.31 cm y el esquema mecánico “C” presenta el máximo desplazamiento con un valor de 54 cm, cabe resaltar que todos los esquemas se mantienen en el rango de 50cm a 55 cm de desplazamiento.

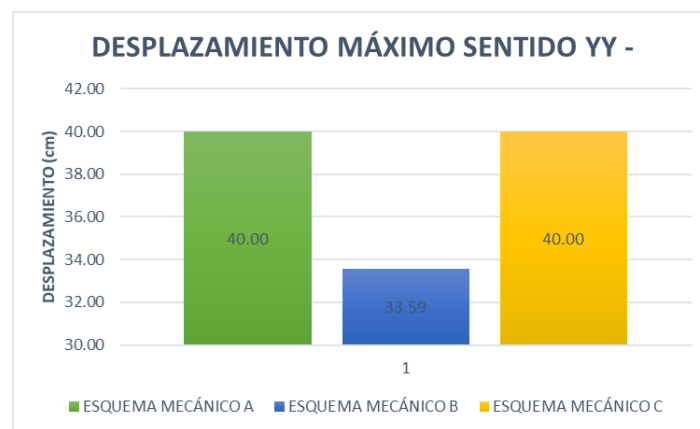


Figura 222
Comparación de desplazamientos Sentido YY+



Se observa en la figura N°222 que los esquemas “A” y “C” presentan desplazamientos iguales de 40 cm mientras que el esquema mecánico “B” disminuye su desplazamiento hasta 32.24 cm, manteniéndose los tres esquemas en el rango de 30 cm y 40 cm.

Figura 223
Comparación de desplazamientos Sentido YY-



La figura N°223 evidencia que los esquemas “A” y “C” presentan desplazamientos iguales de 40 cm mientras que el esquema mecánico “B” disminuye su desplazamiento hasta 33.59 cm, manteniéndose los tres esquemas en el rango de 30 cm y 40 cm.

La figura N°224 y N° 225 muestran los resultados obtenidos para el sentido de análisis XX donde se observa que los esquemas mecánicos “A” y “C” presentan mayores valores de fuerza cortante en la base que están entre 600 y 800 tonf en comparación con el esquema “B” el cual presenta un valor mucho menor de fuerza cortante en la base con valores cercanos a 440 tonf. Se resalta que en ambos sentidos de análisis el esquema mecánico “A” presenta los mayores valores.



Figura 224
Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido XX+

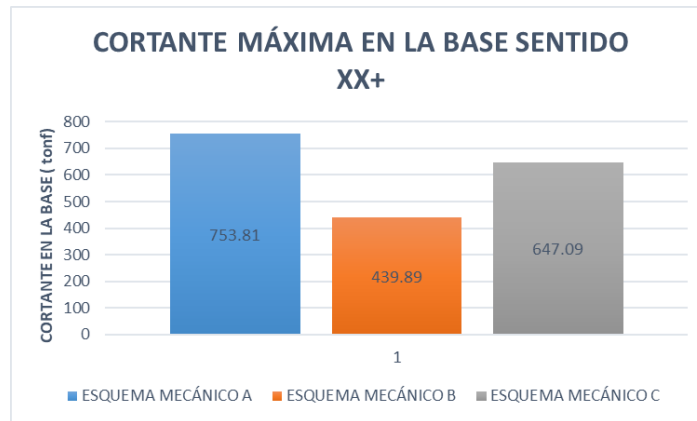
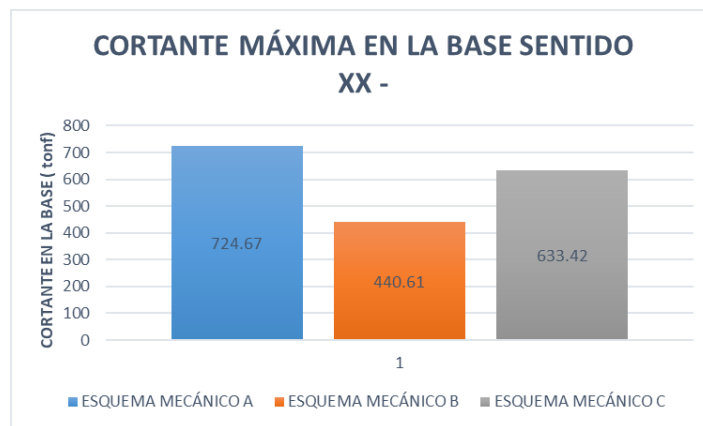


Figura 225
Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido XX-



Las figuras N°226 y N°227 muestran los valores de fuerza cortante en la base obtenidos para los sentidos de análisis YY donde se observa un cambio en el comportamiento respecto a el sentido de análisis en la dirección XX siendo el esquema mecánico “C” el que ahora presenta un menor valor de cortante máxima en la base.

Figura 226
Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido YY+

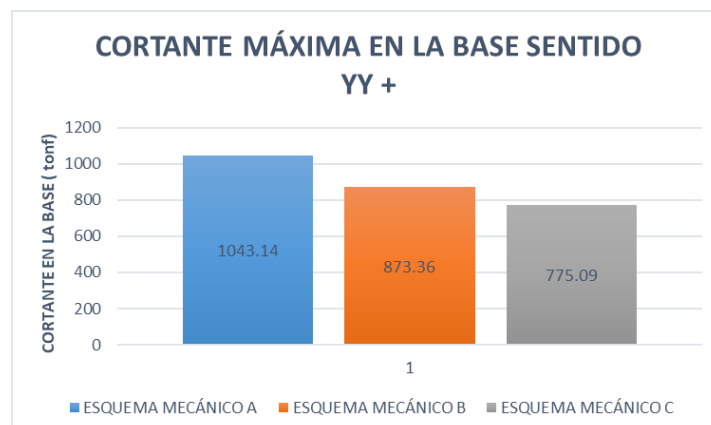
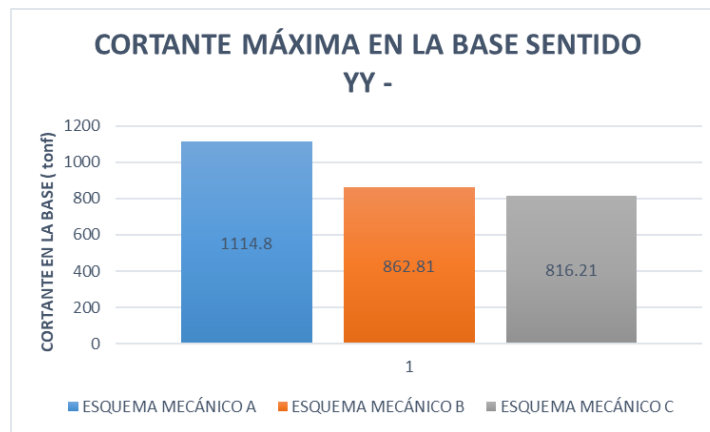




Figura 227

Comparación de fuerzas cortantes en la base Sentido YY-



Se observa que el esquema mecánico “A” presenta valores mayores a 1000 tonf mientras que los esquemas mecánicos “B” y “C” presentan valores entre 700 y 900 tonf.

Tabla 62

Resultados Pushover-Desplazamientos máximos

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS (cm)				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
A	55.00	50.00	40.00	40.00
B	54.00	52.31	32.24	33.59
C	54.99	54.00	40.00	40.00

Tabla 63

Resultados Pushover-Cortantes en la base máximas

CORTANTES EN LA BASE MÁXIMAS (tonf)				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
A	753.81	724.67	1043.14	1114.80
B	439.89	440.61	873.36	862.81
C	647.09	633.42	775.09	816.21

Las tablas N°62 y N°63 muestran los resultados obtenidos para cada esquema mecánico una vez realizado el análisis Pushover en cada sentido de análisis.



4.2 Aparición de la primera rótula plástica

Figura 228

Aparición de la primera rótula plástica Sentido XX+

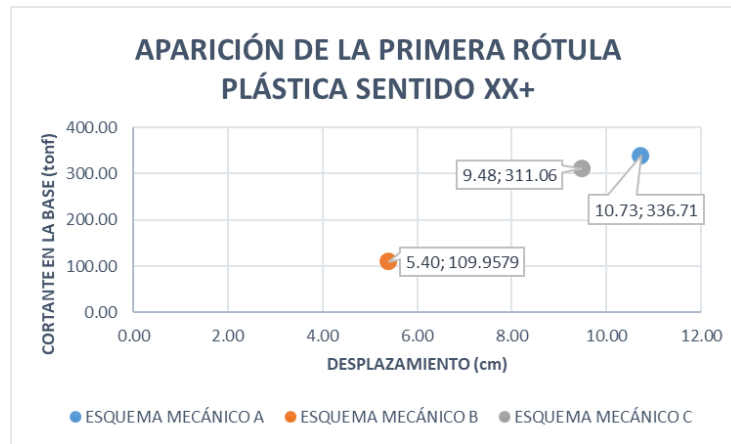
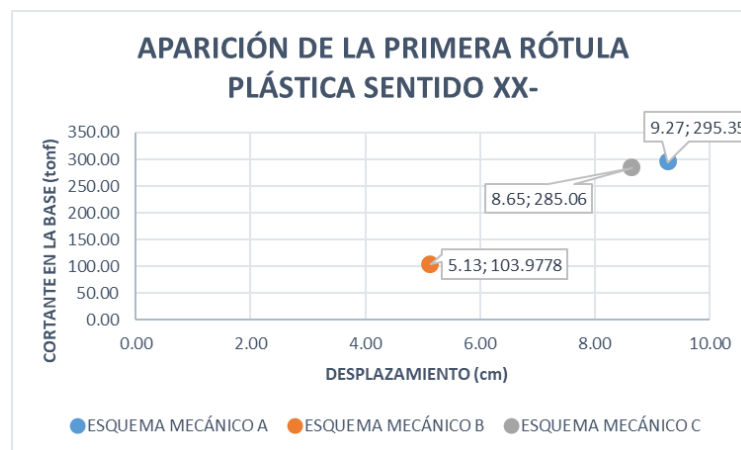


Figura 229

Aparición de la primera rótula plástica Sentido XX-



Las figuras N°228 y N°229 muestran los valores obtenidos en el momento de la aparición de la primera rótula plástica para cada esquema mecánico, donde se observa que el esquema mecánico “A” presenta valores mayores respecto a los otros esquemas y el esquema mecánico “B” es el que presenta los menores valores al momento de ingresar al rango inelástico. Se resalta que el esquema mecánico “C” presenta valores cercanos a los del esquema “A”.

Figura 230
Aparición de la primera rótula plástica Sentido YY+

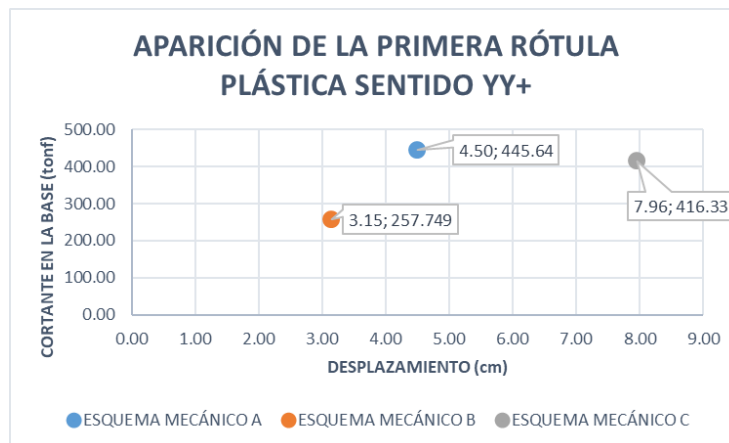
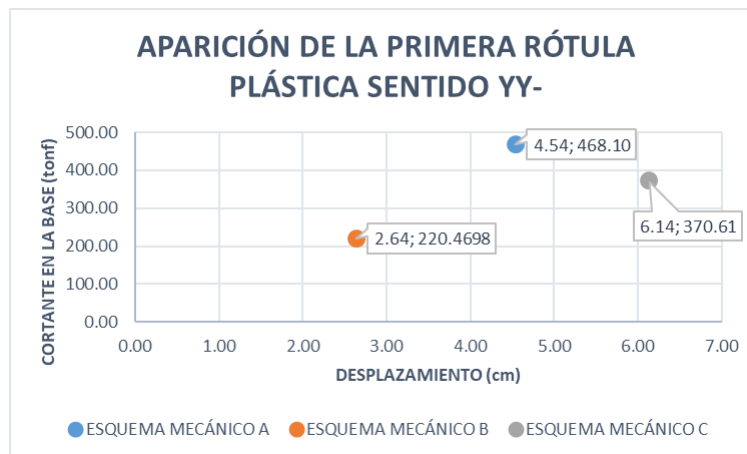


Figura 231
Aparición de la primera rótula plástica Sentido YY-



Las figuras N°230 y N°231 muestran los valores obtenidos en el momento de la aparición de la primera rótula plástica para cada esquema mecánico, donde se observa que el esquema mecánico “C” presenta mayores desplazamientos al momento de la aparición de la primera rótula plástica mientras que el esquema mecánico “A” presenta mayores valores de fuerza cortante en la base. El esquema mecánico “B” continúa presentando valores menores en ambos sentidos de análisis.

Tabla 64
Resultados Pushover-Desplazamientos primera rótula plástica

DESPLAZAMIENTOS PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA (cm)				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
A	10.73	9.27	4.50	4.54
B	5.40	5.13	3.15	2.64



C	9.48	8.65	7.96	6.14
---	------	------	------	------

Tabla 65

Resultados Pushover-Cortantes en la base primera rótula plástica

CORTANTES EN LA BASE PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA (tonf)				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
A	336.71	295.35	445.64	468.10
B	109.96	103.98	257.75	220.47
C	311.06	285.06	416.33	370.61

4.3 Ductilidad al desplazamiento

Figura 232

Ductilidad al desplazamiento Sentido XX+

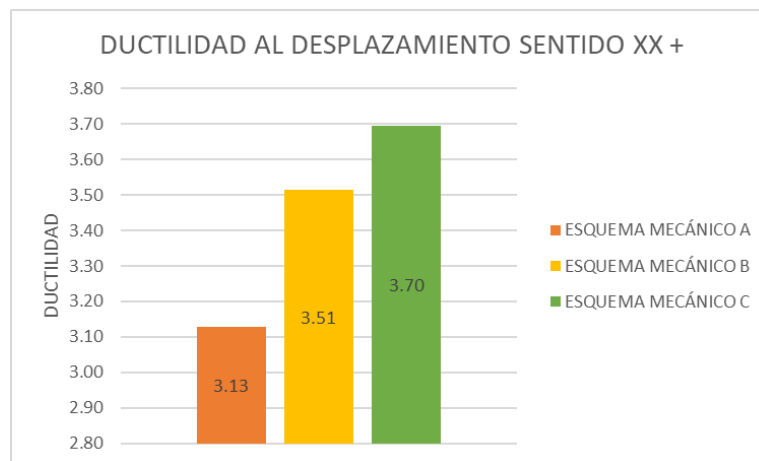
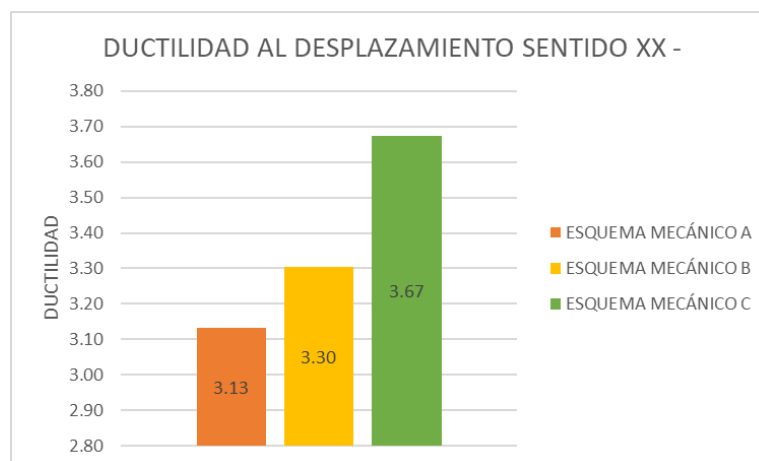


Figura 233

Ductilidad al desplazamiento Sentido XX-





Las figuras N°232 y N°233 muestran los valores de ductilidad obtenidos para el sentido de análisis XX, se observa que el esquema mecánico "C" en ambos casos presenta una mayor ductilidad con valores cercanos a 3.70 mientras que el esquema mecánico "A" presenta la menor ductilidad con valores de 3.13.

Figura 234

Ductilidad al desplazamiento Sentido YY+

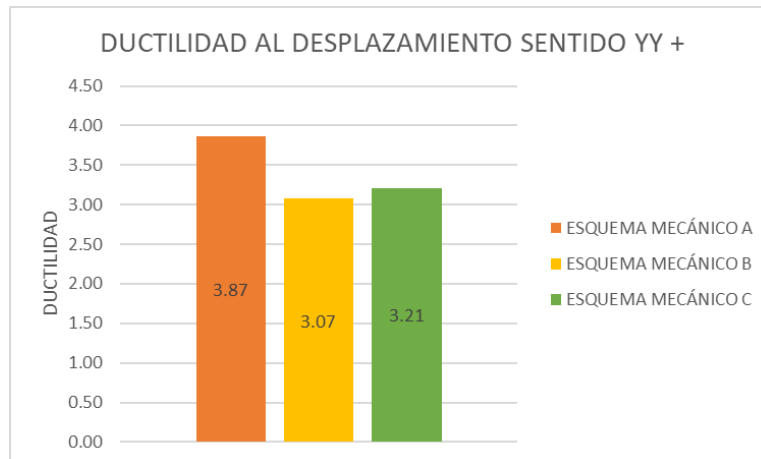
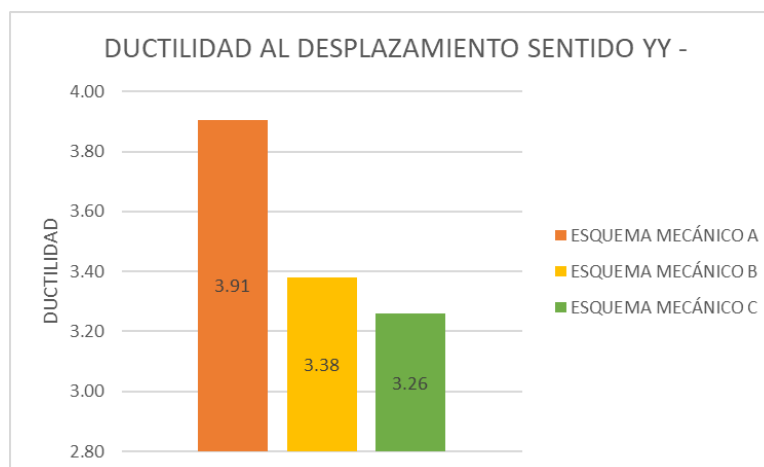


Figura 235

Ductilidad al desplazamiento Sentido YY-



Se observa en las figuras N°234 y N°235 los valores de ductilidad en el sentido de análisis YY, donde el esquema mecánico "A" presenta ahora los mayores valores de ductilidad con valores promedio de 3.90 mientras que el esquema mecánico "C" presenta los menores valores de ductilidad con valores promedio de 3.25.



Tabla 66
Resultados Pushover-Ductilidad al desplazamiento

DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO		
ESQUEMA	X	Y
A	3.13	3.91
B	3.51	3.38
C	3.70	3.26

4.4 Puntos de desempeño

Figura 236
Puntos de desempeño-Sentido XX+

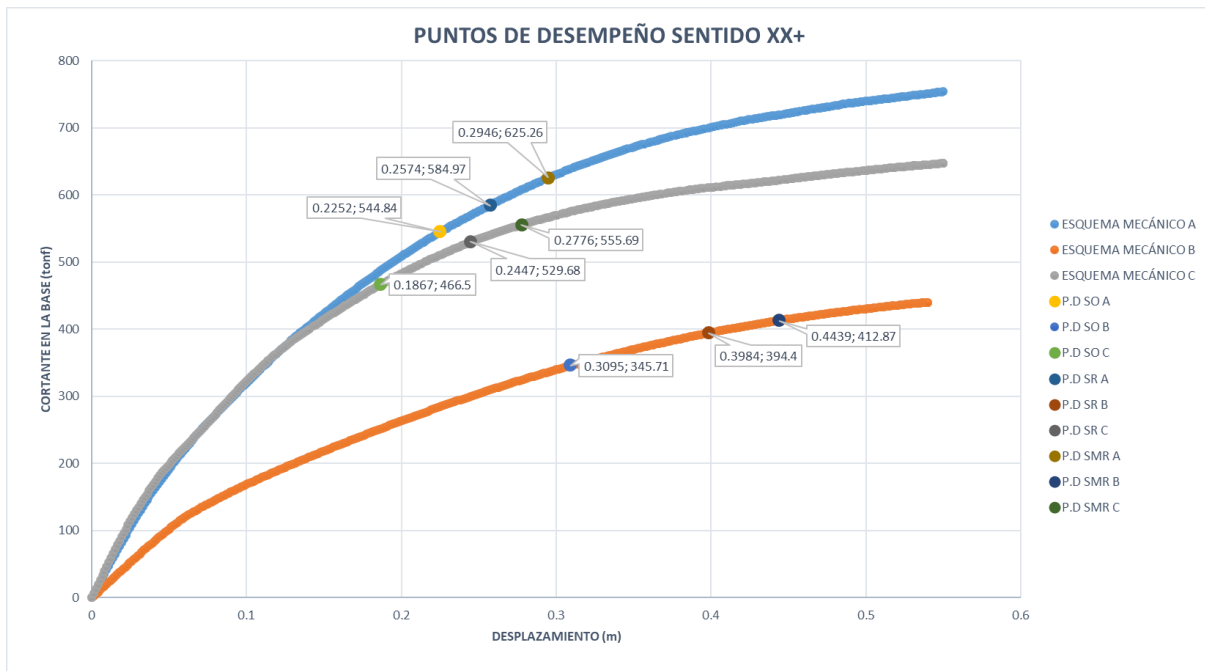




Figura 237
Puntos de desempeño-Sentido XX-

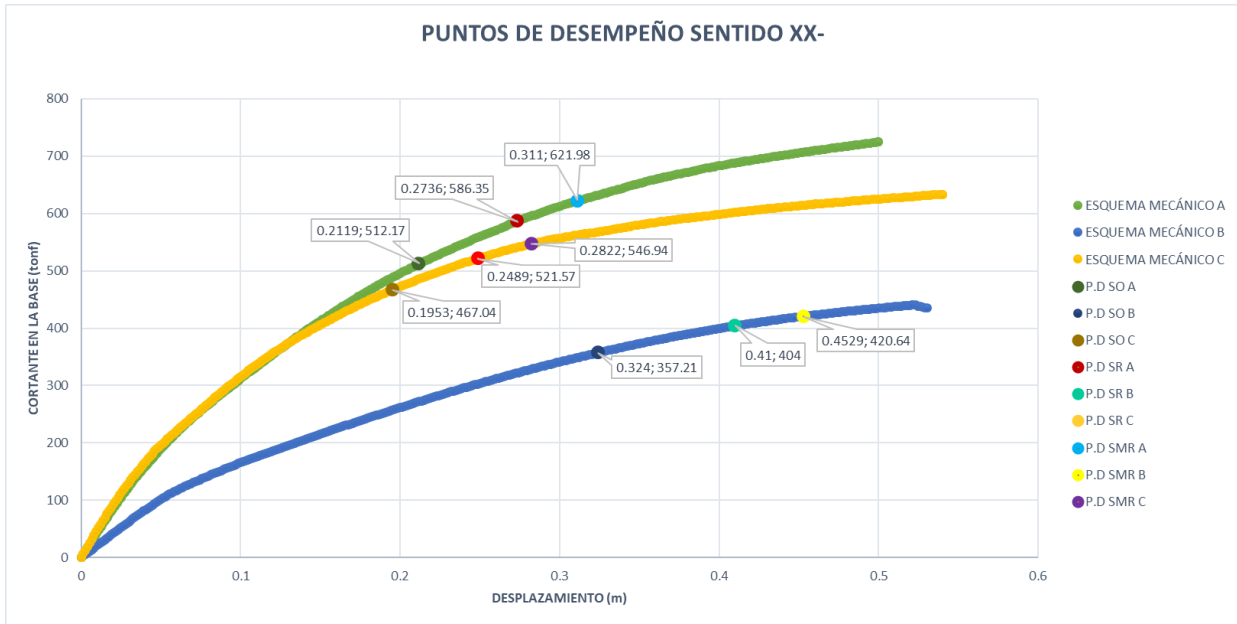


Figura 238
Puntos de desempeño-Sentido YY+

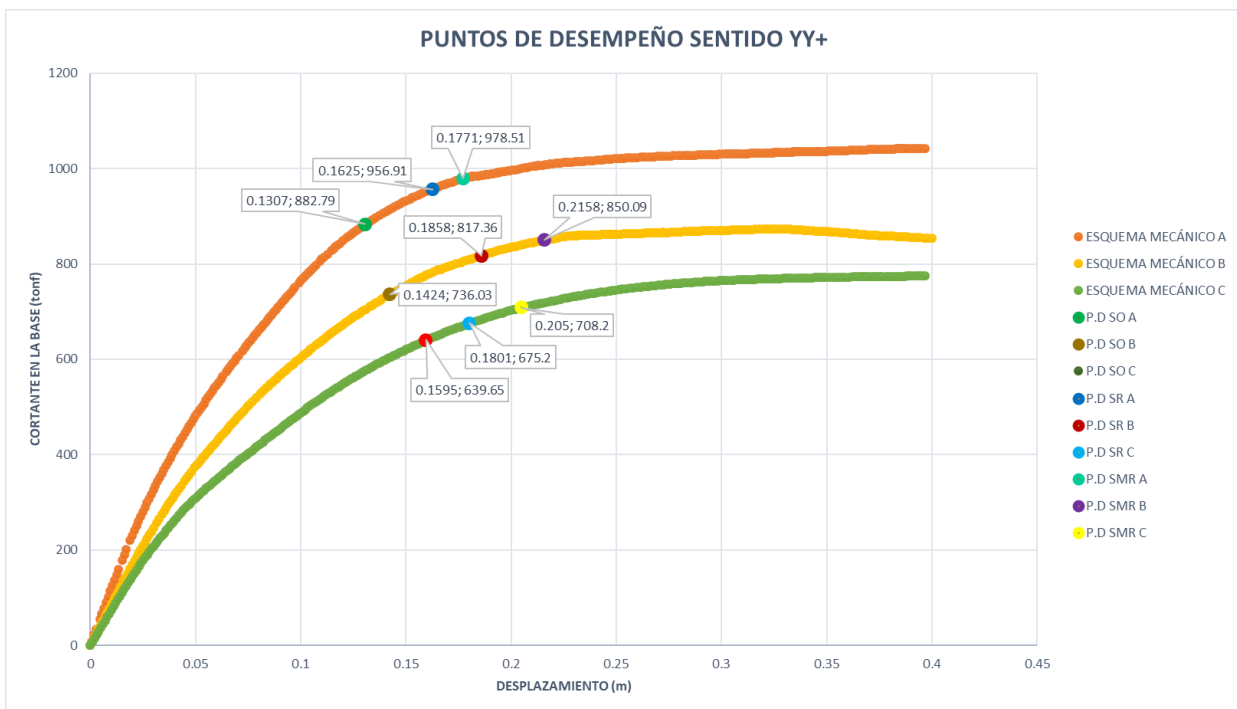




Figura 239
Puntos de desempeño-Sentido YY-

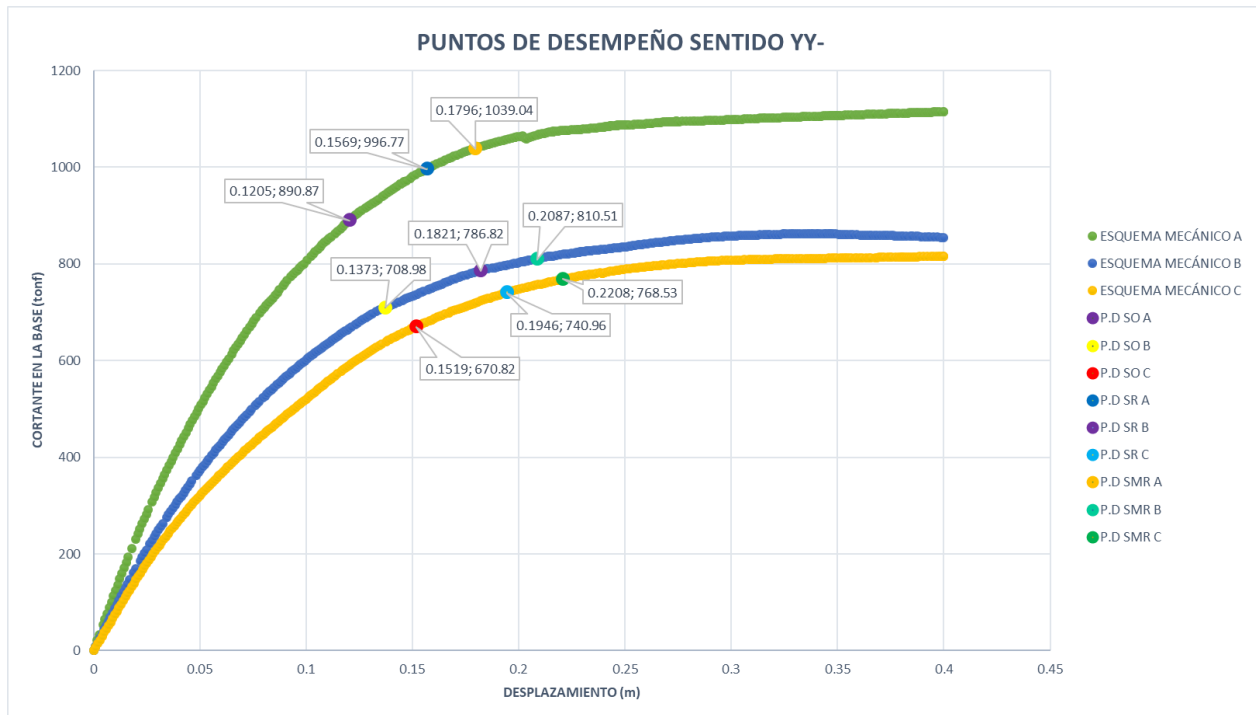


Tabla 67
Resultados Pushover-Desplazamientos en el punto de desempeño

DESPLAZAMIENTOS(cm) - PUNTO DE DESEMPEÑO				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
SISMO OCASIONAL (SERVICIO)				
A	22.52	21.19	13.07	12.05
B	30.95	32.40	14.24	13.73
C	18.67	19.53	15.95	15.19
SISMO RARO (DISEÑO)				
A	25.74	27.36	16.25	15.69
B	39.84	41.00	18.58	18.21
C	24.47	24.89	18.01	19.46
SISMO MUY RARO (MÁXIMO)				
A	29.46	31.10	17.71	17.96
B	44.39	45.29	21.58	20.87
C	27.76	28.22	20.50	22.08



Tabla 68

Resultados Pushover-Cortantes en la base en el punto de desempeño

CORTANTES EN LA BASE(tonf) - PUNTO DE DESEMPEÑO				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
SISMO OCASIONAL (SERVICIO)				
A	544.84	512.17	882.79	890.87
B	345.71	357.21	736.03	708.98
C	466.50	467.04	639.65	670.82
SISMO RARO (DISEÑO)				
A	584.97	586.35	956.91	996.77
B	394.40	404.00	817.36	786.82
C	529.68	521.57	675.20	740.96
SISMO MUY RARO (MÁXIMO)				
A	625.26	621.98	978.51	1039.04
B	412.87	420.64	850.09	810.51
C	555.69	546.94	708.20	768.53

4.5 Niveles de desempeño sísmico

De acuerdo a los resultados mostrados en el ítem 3.5.11.2 se han obtenido los siguientes niveles de desempeño mostrados en la tabla N°69 donde:

IO: Ocupación inmediata

LS: Seguridad de vida

CP: Prevención del colapso

C: Colapso

Tabla 69

Resultados Pushover-Niveles de desempeño sísmico

NIVELES DE DESEMPEÑO SÍSMICO				
ESQUEMA	XX+	XX-	YY+	YY-
SISMO OCASIONAL (SERVICIO)				
A	IO	IO	IO	IO



B	LS	LS	IO	IO
C	IO	IO	IO	IO
SISMO RARO (DISEÑO)				
A	IO	LS	IO	IO
B	LS	CP	LS	LS
C	IO	IO	IO	IO
SISMO MUY RARO (MÁXIMO)				
A	LS	LS	IO	IO
B	CP	C	LS	LS
C	LS	LS	IO	LS

Capítulo V: Discusión

5.1 Contraste de los resultados referente del marco teórico

¿Qué valores de ductilidad global al desplazamiento se puede esperar de la estructura de la Residencial “Amauta III”?

Para los autores Roy & Sozen (1964) se considera que la estructura tiene una ductilidad baja cuando los valores de $\mu < 4$, ductilidad media cuando $4 < \mu < 8$ y una alta ductilidad cuando $8 < \mu < 15$.

La estructura de la Residencial “Amauta III” desarrolla desplazamientos horizontales cuando es sometida a diversos escenarios sísmicos. La ductilidad de la estructura se obtiene relacionando el ultimo desplazamiento con el cual la estructura pierde capacidad y el desplazamiento con el cual la estructura entra en cedencia.

En el capítulo IV de Resultados, sub ítem 4.3 Ductilidad al desplazamiento se encuentra la tabla N°64 (pág.240) la cual muestra los valores de ductilidad al desplazamiento obtenidos para los distintos esquemas mecánicos de donde se observa que el mayor valor obtenido es de 3.91 en el sentido Y de análisis por ello se puede decir que la estructura posee una ductilidad baja.

¿En qué momento la estructura realiza su incursión en el rango inelástico en los diferentes esquemas mecánicos realizados?

El autor Eliud Hernández sostiene que la aparición de la primera rotula es el límite fronterizo del comportamiento lineal y no lineal de la estructura, esta primera rotula está definida como el



máximo desplazamiento que muestra la proporcionalidad entre fuerza cortante y desplazamiento, es decir, es aquel punto de quiebre en donde se evidencia que la estructura ha entrado a trabajar en su rango inelástico, en la presente investigación la aparición de las primeras rótulas plásticas se pueden observar en el capítulo III Metodología, en el ítem 3.6.3 Análisis Pushover desde la pág.202 hasta la pág.211.

¿Qué valores de desplazamiento máximo se pueden esperar de la estructura de la Residencial “Amauta III” una vez realizado el análisis Pushover?

Según el documento internacional “Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model” (HAZUS,2003) considera que la deriva o distorsión máxima esperada para una edificación de concreto armado de 08 niveles luego de realizar un análisis estático no lineal (Pushover) estará entre 35 y 50 cm aproximadamente.

La estructura de categoría “C” ubicada en Cusco en el distrito de Magisterio, para cada esquema mecánico utilizado, en el capítulo IV de Resultados, sub ítem 4.1 Curvas de capacidad se encuentra en el capítulo IV de Resultados, sub ítem 4.1 Curvas de desplazamiento se encuentra la tabla N° 60(pag.240) que presenta los siguientes desplazamientos máximos de entrepiso para ambas direcciones de análisis:

Dirección X+ : 55 cm

Dirección X- : 54 cm

Dirección Y+ : 40 cm

Dirección Y-: 40 cm

Como se observa, los valores de desplazamiento obtenidos se encuentran acorde con lo mencionado en el documento de HAZUS por lo que se pueden validar los resultados obtenidos de los análisis pushover realizados.

¿Qué diferencia encontramos en los niveles de desempeño planteados en las hipótesis en comparación a los niveles de desempeño encontrados en los antecedentes de la investigación?

Para el antecedente denominado “Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa. N°50217 de la comunidad Umachurco-San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover)” cuya edificación en evaluación fue



un centro educativo categorizado según la norma E-030 como edificación esencial, los niveles de desempeño fueron:

- Para el sismo ocasional (Servicio) la estructura tiene un nivel de desempeño de ocupación inmediata.
- Para el sismo raro (diseño) la estructura se encuentra en seguridad de vida.
- Para el sismo muy raro (máximo) la estructura se encuentra en seguridad de vida.

Habiendo visto los valores obtenidos para dicha edificación, se esperó mínimamente que la estructura en evaluación de la presente investigación cumpla con los parámetros obtenidos para un Sismo Raro(diseño) con un nivel de desempeño ubicado en Seguridad de vida en al menos dos de los tres esquemas mecánicos utilizados.

Los niveles de desempeño obtenidos para un Sismo Raro (Diseño) de la presente investigación se encuentran presentes en el capítulo IV Resultados, en el ítem 4.5 Niveles de desempeño sísmico en la tabla N°67 (pág. 245) donde se verifica que para el esquema mecánico de “Muros tipo Shell” y el esquema denominado “Muros de tipo Layer” se cumple con obtener un nivel de desempeño entre Ocupación inmediata y Seguridad de Vida.

¿Cuál es la variación que se aprecia con respecto a los desplazamientos máximos planteados en las hipótesis en comparación a los antecedentes de la investigación?

En el Antecedente Nacional N°03(pág. 18) se encuentra la tesis denominada “Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma e.030” donde los valores de desplazamiento máximo obtenidos fueron:

“...siendo el desplazamiento último antes del colapso en la dirección X de 39.43 cm y en la dirección Y de 33.79 cm”.

Habiendo visto los valores obtenidos para dicha edificación, se esperó que la estructura en evaluación de la presente investigación presente valores de desplazamiento máximo en el rango entre 45 cm a 55 cm para el sentido de análisis en X y para el sentido de análisis en Y entre 30 cm y 40 cm al ser aparentemente de sistema estructural del tipo “Muros estructurales” donde se entiende que la estructura es más rígida y por ende presentarían desplazamientos mayores a los de un sistema aporticado al momento de generar su colapso. Se verificó posteriormente el sistema estructural de la edificación en estudio siendo éste de tipo aporticado.



Los valores de desplazamiento máximo obtenidos en la presente investigación se encuentran presentes en el capítulo IV Resultados, en el ítem 4.1 Curvas de capacidad en la tabla N°60(pág. 233) donde se verifica que el desplazamiento máximo obtenido fue de 55.00 cm en la dirección de análisis X y de 40.00 cm en la dirección Y.

¿Qué valores de fuerza cortante en la base planteados en las hipótesis se han encontrado en comparación a los valores presentados en los antecedentes de la investigación?

En el Antecedente Nacional N°03(pág. 18) se encuentra la tesis denominada “Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma e.030” los valores de fuerza cortante en la base máximos obtenidos fueron:

“...El cortante de fluencia efectiva en la dirección X es $V_x = 612.503 \text{ tonf}$; en la dirección Y de $V_y = 671.287 \text{ tonf}$ ”

Habiendo visto los valores obtenidos para dicha edificación, se esperó que la estructura en evaluación de la presente investigación presente valores de fuerza cortante en la base máximos en el rango de 700 y 1200 tonf para los esquemas mecánicos de “Muros tipo Shell” y “Muros de tipo Layer” y valores de fuerza cortante en la base en el rango de 400-1000 tonf para el esquema mecánico de “Vigas con brazo rígido”. Se verificó posteriormente que la estructura presenta valores acordes con lo establecido en nuestras hipótesis.

Los valores de fuerzas cortantes en la base obtenidos en la presente investigación se encuentran presentes en el capítulo IV Resultados, en el ítem 4.1 Curvas de capacidad en la tabla N°61(pág. 233) donde se verifica que la fuerza cortante máxima obtenida fue de 1114.80 tonf-f.

5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

¿Cuáles son los niveles de desempeño para distintos escenarios de demanda sísmica de la Residencial Amauta III para tres tipos de esquemas mecánicos y cómo se ubican en la matriz de desempeño propuesta por la SEAOC comité Visión 2000?

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo IV Resultados, sub ítem 4.5 Niveles de desempeño (pág. 245), para la hipótesis general podemos ubicar los niveles de desempeño hallados para las distintas sollicitaciones sísmicas (diseño, servicio y máximo esperado) y para los tres tipos de esquemas mecánicos utilizados en la matriz de desempeño SEAOC Comité Visión 2000, esta matriz se muestra a continuación en las tablas.

Según la SEAOC Comité Visión 2000 las estructuras comunes deberían cumplir los siguientes requerimientos de desempeño:



- ✓ Sismo de Servicio: La estructura debería ubicarse en un nivel Operacional.
- ✓ Sismo de Diseño: La estructura debería ubicarse en un nivel de Ocupación Inmediata.
- ✓ Sismo Máximo: La estructura debería ubicarse en Seguridad de Vida.

Es decir que la estructura al ser sometida a un sismo máximo debería dar un tiempo prudente para la evacuación de los ocupantes, salvaguardando la vida de estos.

De los resultados mostrados en las tablas se puede observar los niveles de desempeño de la estructura de la Residencial “Amauta III” para cada esquema mecánico:

Esquema mecánico “A”:

- Sismo de Servicio: Ocupación Inmediata
- Sismo de Diseño: Seguridad de Vida
- Sismo Máximo: Prevención del Colapso.

Esquema mecánico “B”:

- Sismo de Servicio: Ocupación Inmediata
- Sismo de Diseño: Seguridad de Vida y Prevención del colapso.
- Sismo Máximo: Prevención del Colapso y Colapso.

Esquema mecánico “C”:

- Sismo de Servicio: Ocupación Inmediata
- Sismo de Diseño: Seguridad de Vida
- Sismo Máximo: Prevención del Colapso.

De lo expuesto se concluye que la estructura cumple parcialmente con los criterios de desempeño estructural según los requerimientos mínimos de diseño de SEAOC Comité Visión 2000.

5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis

- Se obtuvieron desplazamientos laterales máximos dentro de los rangos esperados que fueron planteados en las hipótesis de la presente investigación para los tres esquemas mecánicos utilizados. Se ha observado que los esquemas mecánicos de “Muro tipo Shell” y “Muro tipo Layer” se asemejan en los valores obtenidos mientras que el esquema de “Viga con brazo rígido” presenta valores menores de desplazamiento, posiblemente esto se debería a la configuración de la estructura al momento de utilizar éste esquema ya que de alguna forma convierte toda la estructura en elementos de tipo



“frame” por lo cual al ser sometido a un análisis Pushover éste esquema tiende a llegar más rápido a la condición de colapso sin una gran capacidad de deformación.

- Los valores de fuerza cortante en la base máximos obtenidos que generan el colapso de la estructura aplicada en los tres esquemas mecánicos están dentro de los rangos establecidos en las hipótesis de la presente investigación. Al igual que como ocurre con los desplazamientos, se ha observado que los esquemas mecánicos de “Muro tipo Shell” y “Muro tipo Layer” presentan valores de fuerza cortante en la base mayores que el esquema de “Viga con brazo rígido”, esto también debido a la configuración de la estructura al momento de utilizar éste esquema convirtiendo toda la estructura en elementos de tipo “frame” por lo cual al ser sometido a un análisis Pushover éste esquema tiende a llegar más rápido a la condición de colapso sin necesidad de aplicar un valor de fuerza cortante en la base elevado.
- Se esperaba que la estructura en estudio mediante el uso de los tres esquemas mecánicos planteados lograra desarrollar una ductilidad media-alta una vez aplicado el análisis Pushover, ya que estructuras de ésta magnitud y de ésta configuración a simple vista tendrían que poseer una buena capacidad de deformarse previa a llegar al colapso, la primera suposición que se tuvo fue que el sistema estructural de la edificación “Residencial Amauta III” era del tipo DUAL. Al realizar la comprobación numérica para determinar el sistema estructural predominante en ésta edificación obtuvimos resultados que reflejan que la edificación se comporta como tipo APORTICADO puesto que el mayor porcentaje de fuerza cortante lo absorben las columnas de la estructura (ésta comprobación se puede verificar en el cap. III Metodología, ítem 3.5.8 Verificación de sistema estructural, pág.206).Dicho cambio en el real comportamiento de la estructura frente a lo planteado en un inicio ha producido que la hipótesis sobre que se obtendría una ductilidad media-alta (en el rango de 5-12) no fuera comprobada y por lo tanto obtener valores de ductilidad baja (en el rango de 2-4) correspondientes a sistemas con baja capacidad de deformación como es el caso de la edificación en estudio.
- Las posibilidades de aumentar la ductilidad de la estructura podrán darse en la etapa de diseño de una estructura incrementando la cuantía de refuerzo en acero o el diámetro de los aceros utilizados en las secciones de concreto armado para volverlas más dúctiles. Así mismo existen hoy en día novedosas alternativas utilizando fibras de acero en láminas, pero suelen ser muy costosas. Se debe estudiar las posibilidades de aumentar la estructura sin afectar negativamente la resistencia de los elementos.



5.4 Aportes de la investigación

¿Cuáles son los aportes de la investigación?

- Se realizó una simulación de análisis sísmico estructural tridimensional en el software de ingeniería estructural ETABSV.18 mediante tres tipos de esquemas mecánicos, que muestra el comportamiento no lineal de la estructura de la Residencial “Amauta III” el cual es visualizado de mejor forma mediante la secuencia de formación de rótulas plásticas que definen la forma de degradación de los elementos estructurales determinando el posible mecanismo de falla de la estructura por cada variación de fuerza del patrón de carga monotónica lateral incremental (Cvy).
- En el desarrollo de la investigación se presenta un flujograma didáctico para comprender de mejor manera la secuencia lógica y ordenada para realizar el análisis estático no lineal de cedencia sucesiva Pushover según los lineamientos de FEMA 440 y ATC-40 tales como:
 - Diseño de ingeniería.
 - Selección de la curva capacidad.
 - Niveles de desempeño según FEMA 440 y ATC 40
- Conociéndose la secuencia de formación de rotulas plásticas se entiende que existen elementos estructurales entre vigas y columnas requieren reforzamiento estructural, por lo que en la medida de que estos resultados sean difundidos, esta información será de gran utilidad para los dueños y habitantes de la Residencial Amauta III y los ingenieros estructurales que en algún momento decidan evaluar ésta estructura.
- Los profesionales involucrados en el área de diseño de estructuras podrán mejorar la capacidad estructural en la etapa de diseño y de esta manera garantizar obtener una mejor respuesta estructural para distintas sollicitaciones sísmicas conociendo los desplazamientos objetivos para distintos escenarios sísmicos.
- En esta investigación se utilizaron tres esquemas mecánicos que surgen como alternativas para la idealización de muros de corte(placas) en estructuras que necesiten ser modeladas mediante el software CSI ETABS o SAP2000, donde se observa el comportamiento y los resultados que surgen a partir de cada esquema mecánico y las consideraciones que se deben tener en cuenta para utilizarlos y poder determinar en cierta medida cuál de los esquemas es el más adecuado de utilizar a la hora de realizar un modelado de una estructura que contenga placas y realizar un análisis estático no lineal.



Glosario

FEMA 440: Norma Americana “Prestandar and Commentary for the seismic Rehabilitation of Building” la cual contempla la evaluación por desempeño a través del método de los coeficientes máximos de desplazamiento basados en el FEMA 356.

ATC-40: Norma Americana “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings” la cual describe todos los procedimientos para determinar el nivel de desempeño de una estructura con el método espectro capacidad.

Análisis Pushover: Es el método de análisis no lineal el cual consiste en solicitar a una estructura con diferentes patrones de carga lateral hasta que esta pueda alcanzar su máxima capacidad llamada también estado de colapso la cual se puede observar en la curva capacidad que se obtiene con este método.

Patrones de carga lateral: Es la definición de fuerzas que se aplican a la estructura para evaluar su comportamiento mediante el método Pushover que son distribuidos en función al primer modo de vibración, distribución proporcional a la masa, distribución proporcional a las fuerzas de piso, distribución rectangular uniforme de fuerzas laterales y distribución triangular de fuerzas laterales; la elección del patrón es criterio del investigador.

Capacidad: Referido al comportamiento optimo que puede tener una estructura frente a diferentes niveles de amenazas sísmicas, la capacidad expresa la deformación de los componentes estructurales respecto de las fuerzas cortantes.

Curva capacidad: Se refiere a la relación entre el desplazamiento de la estructura (D) respecto de la carga lateral impuesta a la estructura (V).

Demanda sísmica: Son las diferentes solicitaciones sísmicas: sismo de diseño, sismo de servicio y sismo máximo esperado para diferentes periodos de retorno en función del sismo de diseño ($T = 475$ años).

Rotulas plásticas: Son las zonas equivalentes al daño estructural donde se concentra toda la deformación después que la estructura es solicitada ante una demanda sísmica, estas rotulas plásticas corresponden a una longitud plástica denominada L_p la cual se aproxima de un 40% a 50% veces el peralte de la sección del elemento estructural.

Diagrama momento curvatura: Es la gráfica que expresa la capacidad que tiene un elemento estructural de deformación antes de llegar al colapso, de este diagrama se puede obtener



información de la ductilidad del elemento estructural, curvatura de cedencia, curvatura ultima y con estas determinar la máxima capacidad a flexión en el caso de vigas y flexo compresión en el caso de columnas Mu.

Ductilidad: Se define como la capacidad que tiene un elemento estructural, componente estructural o sistema estructural de obtener desplazamientos largos y/o ciclos de carga y descarga que llevan al elemento a la deformación más allá del rango elástico (límite de fluencia) sin llegar a la falla abrupta, es decir mantener la deformación sin llegar a la degradación que ocasione el colapso del elemento.

Fluencia efectiva: el punto de fluencia efectiva representa la cantidad en la cual un número de elementos estructurales o componentes estructurales han fluido y la estructura global comienza a incursionar en las deformaciones inelásticas.

Nudo de control: se refiere al nudo en el cual se dará lectura a cada desplazamiento ocurrido debido a la acción de las fuerzas laterales, este puede ser el centro de masas de la estructura o un punto en el tope de la estructura.

Punto de desempeño: Punto de fluencia con el cual la estructura incursiona en el rango inelástico, se puede determinar con el método de los coeficientes usan la propuesta del FEMA 356 o con el método de espectro capacidad usando la propuesta del ATC 40.

Nivel de desempeño: Es el estado con el cual se describe el daño que sufre una estructura, el FEMA 356 y ATC 40 describen los diversos niveles de desempeño que puede tener una estructura.

Esquema mecánico “A”: Modelo matemático utilizado para el modelado de la edificación donde las placas de la estructura son idealizadas utilizando la herramienta de tipo Shell (fibra).

Esquema mecánico “B”: Modelo matemático utilizado para el modelado de la edificación donde las placas de la estructura son idealizadas utilizando la técnica de reemplazar las placas por “vigas con brazo rígido” (rigidez infinita asignada en las vigas).

Esquema mecánico “C”: Modelo matemático utilizado para el modelado de la edificación donde las placas de la estructura son idealizadas utilizando la herramienta de tipo Layer.



Conclusiones

Conclusión N°01

La hipótesis general se verifica parcialmente correcta:

El nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III":

Evaluado según el esquema mecánico "A" y "C" describe:

- *Para un sismo de servicio una condición operacional.*
- *Para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata.*
- *Para un sismo máximo se establece entre ocupación inmediata y seguridad de vida.*

Evaluado mediante el esquema mecánico "B" describe:

- *Para un sismo de servicio una condición operacional.*
- *Para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata.*
- *Para un sismo máximo se establece entre seguridad de vida, prevención del colapso y colapso.*
- *De acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover).*

Los resultados obtenidos en la tabla N° 71 muestran los niveles de desempeño obtenidos:

➤ Esquema Mecánico "A"

- Para un sismo de servicio una condición de ocupación inmediata.
- Para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata y seguridad de vida.
- Para un sismo máximo se establece entre ocupación inmediata y seguridad de vida.

➤ Esquema Mecánico "B"

- Para un sismo de servicio una condición de ocupación inmediata y seguridad de vida.
- Para un sismo de diseño una condición de seguridad de vida y prevención del colapso.
- Para un sismo máximo se establece entre seguridad de vida, prevención del colapso y colapso.



- Esquema Mecánico “C”
 - Para un sismo de servicio una condición de ocupación inmediata.
 - Para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata.
 - Para un sismo máximo se establece una condición de ocupación inmediata y seguridad de vida.

Conclusión N°02

Se logró demostrar la sub hipótesis N°01, *“El valor de desplazamiento lateral cuando aparece la primera rótula plástica, en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado según los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 5 cm a 9 cm para ambas direcciones de análisis.”*

Los desplazamientos obtenidos luego de realizar el análisis Pushover en el momento de la aparición de la primera rótula plástica de acuerdo a la tabla N°66 fueron:

- Esquema mecánico “A” MURO TIPO SHELL:
 - Dirección X: 10.73 cm
 - Dirección Y: 4.54 cm
- Esquema mecánico “B” VIGA CON BRAZO RÍGIDO:
 - Dirección X: 5.40 cm
 - Dirección Y: 3.15 cm
- Esquema mecánico “C” MURO TIPO LAYER:
 - Dirección X: 9.48 cm
 - Dirección Y: 7.96 cm

En promedio se tendría para ambas direcciones:

- Dirección X: 8.54 cm CUMPLE
- Dirección Y: 5.22 cm CUMPLE

Conclusión N°03

Se logró demostrar la sub hipótesis N°02, *“El valor de desplazamiento lateral en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; cuando se encuentre en su máximo desempeño (colapso), luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 45 cm a*



55 cm para el sentido de análisis en X y para el sentido de análisis en Y estará entre 30 cm y 40 cm.”

Los desplazamientos máximos obtenidos luego de realizar el análisis Pushover de acuerdo a la tabla N°64 fueron:

- Esquema mecánico “A”:
 - Dirección X: 55.00 cm
 - Dirección Y: 40.00 cm
- Esquema mecánico “B”:
 - Dirección X: 54.00 cm
 - Dirección Y: 33.59 cm
- Esquema mecánico “C”:
 - Dirección X: 54.99 cm
 - Dirección Y: 40.00 cm

En promedio se tendría para ambas direcciones:

- Dirección X: 54.67 cm CUMPLE
- Dirección Y: 37.86 cm CUMPLE

Conclusión N°04

Se logró demostrar la sub hipótesis N°03, *“El valor de la fuerza cortante en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; que produce la primera rótula plástica, luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A" y "C" estará entre 300 ton-f a 700 ton-f y para el esquema mecánico "B" estará entre 100 ton-f a 500 ton-f en ambas direcciones de análisis.”*

Los valores de fuerza cortante obtenidos luego de realizar el análisis Pushover en el momento de la aparición de la primera rótula plástica de acuerdo a la tabla N°67 fueron:

- Esquema mecánico “A”:
 - Dirección X: 336.71 ton-f CUMPLE
 - Dirección Y: 468.10 ton-f CUMPLE
- Esquema mecánico “B”:
 - Dirección X: 109.96 ton-f CUMPLE
 - Dirección Y: 257.75 ton-f CUMPLE
- Esquema mecánico “C”:



- Dirección X: 311.06 ton-f CUMPLE
- Dirección Y: 416.33 ton-f CUMPLE

Conclusión N°05

Se logró demostrar la sub hipótesis N°04, *“El valor de fuerza cortante en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; que generará el máximo desempeño, luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A" y "C" estará entre 700 ton-f a 1200 ton-f y para el esquema mecánico "B" estará entre 400 ton-f a 900 ton-f para ambas direcciones de análisis.”*

Los valores de fuerza cortante máximos obtenidos luego de realizar el análisis Pushover de acuerdo a la tabla N°65 fueron:

- Esquema mecánico “A”:
 - Dirección X: 753.81 ton-f CUMPLE
 - Dirección Y: 1114.80 ton-f CUMPLE
- Esquema mecánico “B”:
 - Dirección X: 440.61 ton-f CUMPLE
 - Dirección Y: 873.36 ton-f CUMPLE
- Esquema mecánico “C”:
 - Dirección X: 647.09 ton-f CUMPLE
 - Dirección Y: 816.21 ton-f CUMPLE

Conclusión N°06

Se logró demostrar la sub hipótesis N°06, *“Los valores del punto de desempeño en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) para un sismo de servicio(ocasional) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 10 cm a 35 cm de desplazamiento y entre 300 ton a 900 ton-f de fuerza cortante; para un sismo de diseño (raro) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 15 cm a 40 cm de desplazamiento y entre 350 ton a 1000 ton-f de fuerza cortante y para un sismo máximo (muy raro) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 15 cm a 50 cm de desplazamiento y entre 400 ton a 1100 ton-f de fuerza cortante.”*



Los valores de desplazamiento y fuerza cortante para el punto de desempeño obtenidos luego de realizar el análisis Pushover fueron:

DESPLAZAMIENTOS(CM) - PUNTO DE DESEMPEÑO								
	XX+	¿cumple?	XX-	¿cumple?	YY+	¿cumple?	YY-	¿cumple?
SISMO OCASIONAL (SERVICIO)								
A	22.52	SI	21.19	SI	13.07	SI	12.05	SI
B	30.95	SI	32.40	SI	14.24	SI	13.73	SI
C	18.67	SI	19.53	SI	15.95	SI	15.19	SI
SISMO RARO (DISEÑO)								
A	25.74	SI	27.36	SI	16.25	SI	15.69	SI
B	39.84	SI	41.00	NO	18.58	SI	18.21	SI
C	24.47	SI	24.89	SI	18.01	SI	19.46	SI
SISMO MUY RARO (MÁXIMO)								
A	29.46	SI	31.10	SI	17.71	SI	17.96	SI
B	44.39	SI	45.29	SI	21.58	SI	20.87	SI
C	27.76	SI	28.22	SI	20.50	SI	22.08	SI
CORTANTES EN LA BASE(TONF) - PUNTO DE DESEMPEÑO								
	XX+	¿cumple?	XX-	¿cumple?	YY+	¿cumple?	YY-	¿cumple?
SISMO OCASIONAL (SERVICIO)								
A	544.84	SI	512.17	SI	882.79	SI	890.87	SI
B	345.71	SI	357.21	SI	736.03	SI	708.98	SI
C	466.50	SI	467.04	SI	639.65	SI	670.82	SI
SISMO RARO (DISEÑO)								
A	584.97	SI	586.35	SI	956.91	SI	996.77	SI
B	394.40	SI	404.00	SI	817.36	SI	786.82	SI
C	529.68	SI	521.57	SI	675.20	SI	740.96	SI
SISMO MUY RARO (MÁXIMO)								
A	625.26	SI	621.98	SI	978.51	SI	1039.04	SI
B	412.87	SI	420.64	SI	850.09	SI	810.51	SI
C	555.69	SI	546.94	SI	708.20	SI	768.53	SI



Conclusión N°07

No se logró demostrar la sub hipótesis N°06, “*El valor de ductilidad en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) para los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará en el rango de 5 a 12.*”

En el capítulo IV de Resultados, sub ítem 4.3 Ductilidad al desplazamiento se encuentra la tabla N°66 (pág.287) donde se observa que los valores de ductilidad obtenidos siendo los máximos valores para cada dirección:

- Dirección X: 3.70 NO CUMPLE
- Dirección Y: 3.91 NO CUMPLE

Recomendaciones

- Se recomienda realizar Análisis Estáticos No Lineales Pushover en edificios de cuyo sistema estructural sea de albañilería confinada como los complejos habitacionales que encontramos alrededor de la ciudad del Cusco, a su vez, se recomienda realizar el estudio en edificios de mayor altura para observar el comportamiento estructural y determinar el nivel de desempeño de estos.
- Se recomienda como siguiente paso a esta investigación el estudio de los costos y reparaciones empleadas por la metodología HAZUS para estructuras de las mismas características.
- Se recomienda realizar el análisis sísmico dinámico incremental (IDA) en estructuras de la misma categoría.
- Se recomienda incentivar a los estudiantes de la universidad a investigar en las diversas metodologías de análisis sísmico no convencionales en nuestro medio, como es el caso del análisis y diseño sísmico por desempeño.
- Se recomienda a la UAC adquirir los siguientes documentos “Prestandar and Commentary for the seismic Rehabilitation of Building” FEMA 356, “Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures” FEMA 440 y Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings ATC-40 para fomentar el aprendizaje de éstas metodologías como el diseño y evaluación de estructuras de concreto armado; por desempeño, ya que es usual que las normativas peruanas en sus actualizaciones sigan los lineamientos de normativas americanas.



- Se recomienda realizar un estudio de los factores que influyen en los resultados de los esquemas mecánicos utilizados y las posibles respuestas del por qué ocurren dichas variaciones al momento de utilizar cada uno de ellos (diferencias de cómo entiende y resuelve el esquema el software utilizado ya sea CSI ETABS o SAP2000).



Referencias

- Aguiar, R. (2008). *Análisis sísmico de edificios*. Quito, Ecuador: Centro de investigaciones científicas.
- Applied Technology Council. (1996). *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings*. California, Estados Unidos: Sismic Safety Commission.
- Bazán, E., & Meli, R. (2014). *Diseño sísmico de edificios*. Ciudad de México, México: Noriega Editores.
- Bolívar, Y. (2018). *Evaluación estructural por desempeño para una construcción informal mediante el método Pushover ,sector de la Forestal,cantón Quito, Provincia Pichincha*. Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador.
- Calcina, R. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no lineal*. Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna.
- Cárdenas, P., & Valeria, T. (2016). *Comparación técnica de estructuras metálicas, analizadas mediante el método lineal de segundo orden y análisis estático no lineal (pushover)*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2011). *Manual para la evaluación del riesgo por sismos*. Lima, Perú: Ministerio de Defensa.
- Chopra, A., & Goel, R. (2001). *Modal Pushover Analysis of SAC Buildings*. California, Estados Unidos: University of California.
- Choque, J., & Luque, E. (2019). *Análisis Estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E030*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Crisafulli, F., & Villafañe, E. (2002). *Espectros de respuesta y diseño*. Cuyo: Universidad Nacional de Cuyo.
- CSI. (2017). *CSI Analysis Reference Manual*. Estados Unidos: Computers & Structures INC.
- Cumpa, J., & Quispe, B. (2019). *Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco -San Salvador ,aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover)*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.



- D'Ancona, C. (1998). *Metodología cuantitativa. Estrategia y técnicas de investigación social*. Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Deierlein, G., Reinhorn, A., & Willford, M. (2010). *Non Linear Structural Analysis for Seismic Design*. California: National Institute of Standards and Technology USA.
- Espíndola, V., & Pérez, X. (2018). *¿Qué son los sismos, dónde ocurren y cómo se miden?* Ciudad de México, México: Revista Ciencia.
- Federal Emergency Management Agency. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington D.C, Estados Unidos: American Society of Civil Engineers.
- Fuentes, N. (2018). *Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal pushover*. Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Fuentes, Norman. (2018). *Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal pushover*. Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Hernández, J., & Mieles, Y. (2017). *Análisis del momento curvatura en vigas principales de hormigón atravesadas por vigas metálicas*. Manabí: Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metología de la Investigación* (Quinta ed.). México D.F.: Mc Graw Hill.
- Herráiz, M. (1997). *Conceptos básicos de sismología para ingenieros*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Mendoza, C., & Rivera, C. (2020). *Evaluación del desempeño sismorresistente de la edificación de aulas generales de la Universidad Andina del Cusco ,aplicando el método de Análisis Estático No Lineal(PUSHOVER)*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.
- Otazzi, G. (2011). *Material de apoyo para la enseñanza de cursos de diseño y comportamiento del concreto armado*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.



Paredes, M. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Park, & Paulay. (1983). *Estructuras de concreto reforzado*. Christchurch, Nueva Zelanda: Universidad de Canterbury.

Ramírez, C. (2013). *Estimación de la capacidad sismo resistente en edificaciones de concreto armado modeladas con acero comercial aplicando el método de análisis estático no lineal pushover*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

RNE-NTP E030. (2019). *Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Roy, H., & Sozen, M. (1964). *Ductility of concrete*. Miami: Proc. of the International Symposium on Flexural Mechanics of Reinforced Concrete.



Anexos

Anexo N° 01: Verificación de elementos estructurales y distribución de la edificación

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 01:			CONTRASTE DE DIMENSIONES						
ELABORADO POR :		Bach. Malparida Caparo Javier		ASESOR :					
		Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena					
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO									
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS									
UBICACIÓN	ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C1	0.60	0.30		0.60	0.30	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C2	0.60	0.30		0.60	0.30	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C3	0.65	0.30		0.65	0.30	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C4	0.65	0.25		0.65	0.25	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C5	0.60	0.30		0.60	0.30	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	COLUM - C6	0.60	0.30		0.60	0.30	CUMPLE	
DIMENSIÓN DE ESTRUCTURAS - PLACAS									
ESTRUCTURA	UBICACIÓN	UBICACIÓN	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN
			L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P1	2.00	0.20		2.00	0.20	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P2	2.00	0.20		2.00	0.20	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P3	0.60	0.30		2.00	0.20	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P4	2.10	0.25		2.10	0.25	CUMPLE	
			2.10	0.25		2.10	0.25	CUMPLE	
			2.10	0.25		2.10	0.25	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P5	2.30	0.25		2.30	0.25	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P6	2.00	0.20		2.00	0.20	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P7	2.00	0.20		2.00	0.20	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	-	PLACA - P8(a)	2.15	0.30		2.15	0.30	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	-	PLACA - P8(b)	1.40	0.30		1.40	0.30	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P9	1.60	0.20		1.60	0.20	CUMPLE	
SOTANO- SEMISOTANO	CUARTO PISO	PLACA - P10	1.60	0.20		1.60	0.20	CUMPLE	
PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01									



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"										
GUIA DE OBSERVACION N° 01:					CONTRASTE DE DIMENSIONES					
ELABORADO POR :			Bach. Malparída Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena			
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS - COLUMNAS										
UBICACIÓN		ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
			L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
CUARTO PISO	ENTRETECHO	COLUM - C1	0.60	0.30		0.60	0.30		CUMPLE	
CUARTO PISO	ENTRETECHO	COLUM - C2	0.60	0.30		0.60	0.30		CUMPLE	
CUARTO PISO	ENTRETECHO	COLUM - C3	0.65	0.30		0.65	0.30		CUMPLE	
CUARTO PISO	ENTRETECHO	COLUM - C4	0.65	0.25		0.65	0.25		CUMPLE	
CUARTO PISO	ENTRETECHO	COLUM - C5	0.60	0.30		0.60	0.30		CUMPLE	
CUARTO PISO	ENTRETECHO	COLUM - C6	-	-		-	-		-	
DIMENSIÓN DE ESTRUCTURAS - PLACAS										
ESTRUCTURA	UBICACIÓN	UBICACIÓN	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	
			L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
PLACA P1-P2	CUARTO PISO	SEXTO PISO	2.00	0.20		2.00	0.20		CUMPLE	
	SEXTO PISO	ENTRETECHO	2.00	0.20		2.00	0.20		CUMPLE	
PLACA P3	CUARTO PISO	ENTRETECHO	0.60	0.30		0.60	0.30		CUMPLE	
PLACA P4 (C)	CUARTO PISO	SEXTO PISO	2.10	0.25		2.10	0.25		CUMPLE	
			2.10	0.25		2.10	0.25		CUMPLE	
			2.10	0.25		2.10	0.25		CUMPLE	
	SEXTO PISO	ENTRETECHO	2.10	0.25		2.10	0.25		CUMPLE	
			2.10	0.25		2.10	0.25		CUMPLE	
			2.10	0.25		2.10	0.25		CUMPLE	
PLACA P5	CUARTO PISO	SEXTO PISO	2.30	0.25		2.30	0.25		CUMPLE	
	SEXTO PISO	ENTRETECHO	2.30	0.25		2.30	0.25		CUMPLE	
PLACA P6 - P7	CUARTO PISO	SEXTO PISO	2.00	0.20		2.00	0.20		CUMPLE	
	SEXTO PISO	ENTRETECHO	2.00	0.20		2.00	0.20		CUMPLE	
PLACA P8	PRIMER PISO	SEXTO PISO	2.45	0.30		2.45	0.30		CUMPLE	
	SETIMO PISO	ENTRETECHO	1.85	0.30		1.85	0.30		CUMPLE	
PLACA P9 - P10	CUARTO PISO	ENTRETECHO	1.80	0.20		1.80	0.20		CUMPLE	
PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01										



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 01:					CONTRASTE DE DIMENSIONES				
ELABORADO POR :			Bach. Malparitda Caparo Javier		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena		
			Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo						
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO									
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS-LOSAS Y VIGAS SEMISOTANO									
UBICACIÓN	ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN N	Grafica
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 1-1	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 2-2	0.60	0.25	0.60	0.25	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 3-3	0.40	0.25	0.40	0.25	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 4-4	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 5-5	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 6-6	0.60	0.25	0.60	0.25	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 7-7	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 8-8	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 9-9	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 10-10	0.25	0.50	0.25	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 11-11	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 14-14	0.25	0.25	0.25	0.25	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 15-15	0.25	0.50	0.25	0.50	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 16-16	0.30	0.60	0.30	0.60	CUMPLE		
SEMISOTANO	PRIMER PISO	SECC 17-17	0.25	0.25	0.25	0.25	CUMPLE		

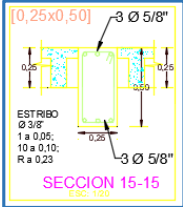
PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01



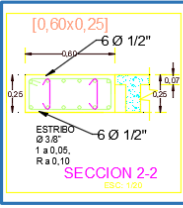

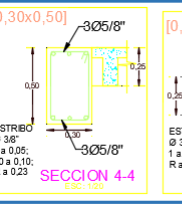
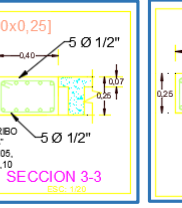
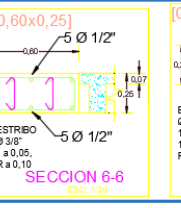




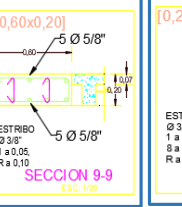

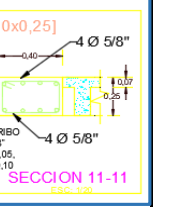

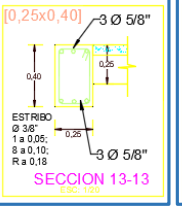


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"										
GUIA DE OBSERVACION N° 01:					CONTRASTE DE DIMENSIONES					
ELABORADO POR :			Bach. Malpartida Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		ASESOR :		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena			
CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS										
UBICACIÓN		ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	N	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 1-1		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	<p>SECCION 15-15 ESC. 1/20</p>
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 2-2		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 3-3		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 4-4		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 5-5		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 6-6		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 7-7		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 8-8		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 9-9		0.60	0.20		0.60	0.20	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 10-10		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 11-11		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 12-12		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 13-13		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 14-14		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 15-15		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 16-16		0.30	0.60		0.30	0.60	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 17-17		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	
PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	VIGA SECC 18-18		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	

PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01											
 SECCION 2-2 ESC. 1/20	 SECCION 1-1 ESC. 1/20	 SECCION 4-4 ESC. 1/20	 SECCION 3-3 ESC. 1/20	 SECCION 6-6 ESC. 1/20	 SECCION 5-5 ESC. 1/20	 SECCION 8-8 ESC. 1/20	 SECCION 7-7 ESC. 1/20	 SECCION 10-10 ESC. 1/20	 SECCION 9-9 ESC. 1/20	 SECCION 12-12 ESC. 1/20	 SECCION 11-11 ESC. 1/20
 SECCION 14-14 ESC. 1/20	 SECCION 13-13 ESC. 1/20	 SECCION 17-17 ESC. 1/20	 SECCION 18-18 ESC. 1/20								



UBICACIÓN		ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACION	Grafica
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	N	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 1-1		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 2-2		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 3-3		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 4-4		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 5-5		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 6-6		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 7-7		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 8-8		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 9-9		0.60	0.20		0.60	0.20	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 10-10		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 11-11		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 12-12		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 13-13		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 14-14		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 15-15		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 16-16		0.30	0.60		0.30	0.60	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 17-17		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 19-19		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 20-20		0.25	0.50		0.25	0.40	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 21-21		0.25	0.50		0.25	0.40	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 22-22		0.25	0.25		0.25	0.50	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 23-23		0.25	0.50		0.30	0.60	CUMPLE	
SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL	VIGA SECC 27-27		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	

PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	---	--

TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO - CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 01:		CONTRASTE DE DIMENSIONES	
ELABORADO POR :	Bach. Malparida Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cardena

CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS

UBICACIÓN	ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 1-1	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE	<p>SECCION 15-15 ESC: 1:20</p>	
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 2-2	0.60	0.25	0.60	0.25	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 3-3	0.40	0.25	0.40	0.25	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 4-4	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 5-5	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 6-6	0.60	0.25	0.60	0.25	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 7-7	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 8-8	0.30	0.50	0.30	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 9-9	0.60	0.20	0.60	0.20	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 10-10	0.25	0.50	0.25	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 11-11	0.40	0.25	0.40	0.25	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 12-12	0.25	0.40	0.25	0.40	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 13-13	0.25	0.40	0.25	0.40	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 14-14	0.25	0.40	0.25	0.40	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 15-15	0.25	0.50	0.25	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 16-16	0.30	0.60	0.30	0.60	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 17-17	0.25	0.25	0.25	0.25	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 19-19	0.60	0.25	0.60	0.25	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 20-20	0.25	0.50	0.25	0.40	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 21-21	0.25	0.50	0.25	0.40	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 22-22	0.25	0.25	0.25	0.50	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 23-23	0.25	0.50	0.30	0.60	CUMPLE		
TERCER NIVEL	CUARTO NIVEL	VIGA SECC 27-27	0.25	0.25	0.25	0.25	CUMPLE		

PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01

Diagrama de la sección 2-2: [0,60x0,25] 6 Ø 1/2", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 1-1: [0,30x0,50] 3 Ø 3/4" + 1 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 4-4: [0,30x0,50] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 3-3: [0,40x0,25] 5 Ø 1/2", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,10. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 6-6: [0,60x0,25] 5 Ø 1/2", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,10. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 5-5: [0,30x0,50] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 8-8: [0,30x0,50] 3 Ø 3/4", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 7-7: [0,30x0,50] 3 Ø 3/4", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,23. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 10-10: [0,25x0,50] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,10. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 9-9: [0,60x0,20] 5 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,10. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 12-12: [0,25x0,40] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,18. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 11-11: [0,40x0,25] 4 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 10 a 0,10; R a 0,10. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 14-14: [0,25x0,40] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 8 a 0,10; R a 0,18. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 13-13: [0,25x0,40] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 8 a 0,10; R a 0,18. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 17-17: [0,25x0,25] 3 Ø 1/2", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 8 a 0,10; R a 0,10. ESC: 1:20

Diagrama de la sección 18-18: [0,25x0,40] 3 Ø 5/8", ESTRIBO Ø 3/8" 1 a 0,05; 8 a 0,10; R a 0,18. ESC: 1:20

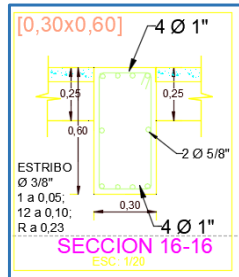
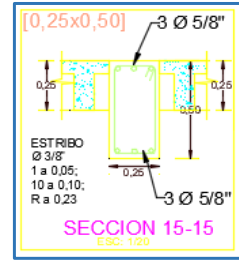


	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
--	--	--

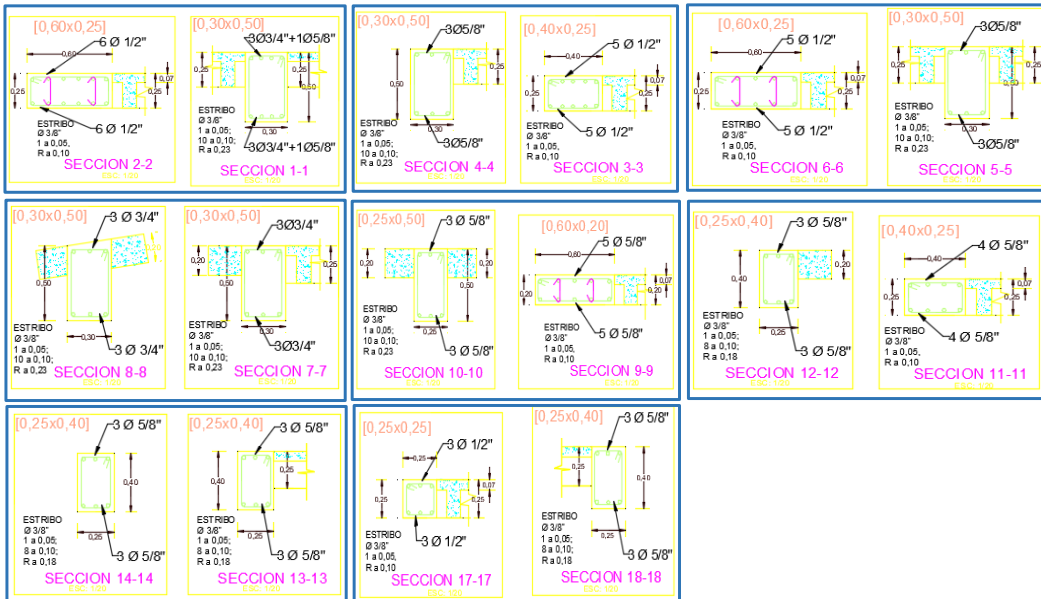
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01:	CONTRASTE DE DIMENSIONES
ELABORADO POR :	Bach. Malparitá Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo
ASESOR :	Ing. Milsy Elena Gudiel Cardena

CONTRASTE DE DIMENSIONES EN CAMPO									
DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS									
UBICACIÓN	ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	
		L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 1-1		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 2-2		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 3-3		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 4-4		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 5-5		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 6-6		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 7-7		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 8-8		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 9-9		0.60	0.20		0.60	0.20	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 10-10		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 11-11		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 12-12		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 13-13		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 14-14		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 15-15		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 16-16		0.30	0.60		0.30	0.60	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 17-17		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 19-19		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 20-20		0.25	0.50		0.25	0.40	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 21-21		0.25	0.50		0.25	0.40	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 22-22		0.25	0.25		0.25	0.50	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 23-23		0.25	0.50		0.30	0.60	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 24-24		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 25-25		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE
QUINTO NIVEL	SEXTO NIVEL	VIGA SECC 27-27		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE



PLACAS SEGUN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01





UBICACIÓN		ESTRUCTURA	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO			OBSERVACIÓN	Grafica
			L (cm)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	b (cm)	h (cm)		
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 1-1		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	<p>SECCION 15-15 ESC: 1/20</p>
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 2-2		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 3-3		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 4-4		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 5-5		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 6-6		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 7-7		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 8-8		0.30	0.50		0.30	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 9-9		0.60	0.20		0.60	0.20	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 10-10		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 11-11		0.40	0.25		0.40	0.25	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 12-12		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 13-13		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 14-14		0.25	0.40		0.25	0.40	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 15-15		0.25	0.50		0.25	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 16-16		0.30	0.60		0.30	0.60	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 17-17		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 19-19		0.60	0.25		0.60	0.25	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 20-20		0.25	0.50		0.25	0.40	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 21-21		0.25	0.50		0.25	0.40	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 22-22		0.25	0.25		0.25	0.50	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 23-23		0.25	0.50		0.30	0.60	CUMPLE	
SEXTO NIVEL	SEPTIMO NIVEL	VIGA SECC 27-27		0.25	0.25		0.25	0.25	CUMPLE	












PLACAS SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS CODIGO E-01

<p>SECCION 2-2 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 1-1 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 4-4 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 3-3 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 6-6 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 5-5 ESC: 1/20</p>
<p>SECCION 8-8 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 7-7 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 10-10 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 9-9 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 12-12 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 11-11 ESC: 1/20</p>
<p>SECCION 14-14 ESC: 1/20</p>	<p>SECCION 13-13 ESC: 1/20</p>				



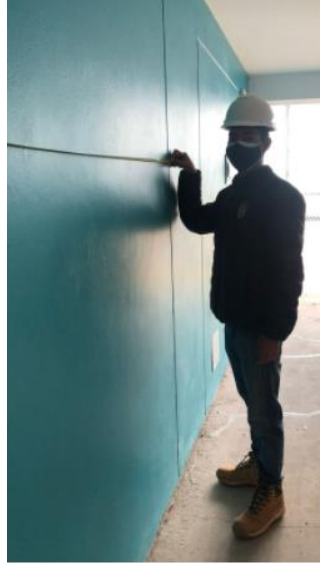
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO - CUSCO 2021"			
GUIA DE OBSERVACION N° 01:		CONTRASTE DE DIMENSIONES	
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiol Cardena
REGISTRO FOTOGRAFICO DE VISITA A CAMPO			
Fotografía N°01: Medida de placas	Fotografía N°02: Medida de columnas	Fotografía N°03: Medida de	Fotografía N°04: Medida de
Fotografía N°05: Medida de vigas	Fotografía N°06: Medida de vigas	Fotografía N°07: Medida de columnas	Fotografía N°08: Medida de vigas
Fotografía N°09: Medida de vigas	Fotografía N°10: Medida de vigas	Fotografía N°11: Medida de muros	Fotografía N°12: Unica placa en T



 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 		
<p>TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGS TERIO - CUSCO 2021"</p>		
<p>GUIA DE OBSERVACION N° 01: CONTRASTE DE DIMENSIONES</p>		
<p>ELABORADO POR :</p>	<p>Bach. Malpartida Caparo Javier Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo</p>	<p>ASESOR :</p> <p>Ing. Mitsy Elena Gadiel Cardena</p>
<p>REGISTRO FOTOGRAFICO DE VISITA A CAMPO</p>		
		
<p>Fotografía N°13: Fachada de la Edificación Amauta</p>	<p>Fotografía N°14: Medida de muros en distintos niveles</p>	<p>Fotografía N°15: Medida de descanso en escaleras</p>
		
<p>Fotografía N°16: Medida de losa de descanso</p>	<p>Fotografía N°17: Medida de espesor de escalera</p>	<p>Fotografía N°18: Medida de descanso en distintos pisos</p>
		
<p>Fotografía N°19: Medida de vigas</p>	<p>Fotografía N°19: Medida de</p>	<p>Fotografía N°20: Medida de</p>



Fotografía N°21: Medida de vigas y muros



Fotografía N°22: Medida de vigas y muros



Fotografía N°22: Medida del espesor de losa



Anexo N° 02: Definición del centro de masa

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"									
GUIA DE OBSERVACION N° 06:	CONTRASTE DE DIMENSIONES								
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo								
ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas								
COORDENADAS DEL CENTRO DE MASAS DE LA PLANTA EN ESTUDIO									
ÁREA DE PLANTA Y POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD									
NIVEL	EXPEDIENTE TÉCNICO			REPLANTEO				OBSERVACIÓN	Grafica
	B(m)	L (m)	Área (m ²)	X _i (m)	Y _i (m)	A*X _i	A*Y _i		
CUARTO NIVEL	10.00	30.00	300.00	5.00	15.00				
QUINTO NIVEL	10.00	30.00	300.00	5.00	15.00				
SÉPTIMO NIVEL	10.00	30.00	300.00	5.00	15.00				
ENTRETECHO	10.00	30.00	300.00	5.00	15.00				
COORDENADAS DEL CENTRO DE MASA									
X _g =			5.00						
Y _g =			15.00						
SEGÚN PLANOS DE ESTRUCTURAS									



Anexo N° 03: Determinación de los parámetros sísmicos

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																															
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"																																																
GUIA DE OBSERVACION N° 07:		PARAMETROS SISMICOS																																														
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas																																													
DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS SISMICOS DE LA ESTRUCTURA CARACTERISTICAS																																																
POBLACIÓN	RESIDENCIAL AMAUTA III		OBSERVACIONES:																																													
MUESTRA	RESIDENCIAL AMAUTA III																																															
AREA DE OCUPACION DE LA MUESTRA	300 M2																																															
UBICACIÓN GEOGRAFICA	CUSCO																																															
PROVINCIA	CUSCO																																															
DISTRITO	CUSCO																																															
SISTEMA ESTRUCTURAL	DUAL																																															
ALTURA DEL EDIFICIO	23.40 M																																															
USO DEL EDIFICIO	VIVIENDA MULTIFAMILIAR																																															
FACTOR DE ZONA Z																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>ZONA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> <tr> <td>FACTOR Z</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.35</td> <td>0.45</td> </tr> </table>		ZONA	1	2	3	4	FACTOR Z	0.10	0.25	0.35	0.45	Z = 0.25																																				
ZONA	1	2	3	4																																												
FACTOR Z	0.10	0.25	0.35	0.45																																												
FACTOR DE USO																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> <tr> <td>FACTOR U</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>Ver NTP E-030</td> </tr> </table>		CATEGORIA	A	B	C	D	FACTOR U	1.5	1.3	1	Ver NTP E-030	U = 1.00																																				
CATEGORIA	A	B	C	D																																												
FACTOR U	1.5	1.3	1	Ver NTP E-030																																												
PARAMETROS DE SITIO																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Suelo</th> <th>So</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> </tr> <tr> <td>Z4</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.05</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Z3</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.15</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Z2</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Z1</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.6</td> <td>2</td> </tr> </table>		Suelo	So	S1	S2	S3	Z4	0.8	1	1.05	1.1	Z3	0.8	1	1.15	1.2	Z2	0.8	1	1.2	1.4	Z1	0.8	1	1.6	2	PERFIL DEL SUELO S2	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="5">Periodos "Tp" y "TL"</th> </tr> <tr> <th></th> <th>So</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> </tr> <tr> <td>Tp (S)</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>TL (S)</td> <td>3</td> <td>2.5</td> <td>2</td> <td>1.6</td> </tr> </table>	Periodos "Tp" y "TL"						So	S1	S2	S3	Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1	TL (S)	3	2.5	2	1.6
Suelo	So	S1	S2	S3																																												
Z4	0.8	1	1.05	1.1																																												
Z3	0.8	1	1.15	1.2																																												
Z2	0.8	1	1.2	1.4																																												
Z1	0.8	1	1.6	2																																												
Periodos "Tp" y "TL"																																																
	So	S1	S2	S3																																												
Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1																																												
TL (S)	3	2.5	2	1.6																																												
		Tp = 0.6 Tl=2 S=1.2																																														
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA																																																
PERIODO "T" = 0.50		$T < T_P \quad C = 2.5$ $T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \frac{T_P}{T_L}$ $T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)$																																														
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>T = 0.50</td> </tr> <tr> <td>Tp = 0.60</td> </tr> <tr> <td>TL = 2.00</td> </tr> <tr> <td>C = 2.50</td> </tr> </table>		T = 0.50	Tp = 0.60	TL = 2.00	C = 2.50																																									
T = 0.50																																																
Tp = 0.60																																																
TL = 2.00																																																
C = 2.50																																																



Anexo N° 04: Irregularidad Estructural

GUIA DE OBSERVACION N° 08:		REGULARIDAD ESTRUCTURAL	
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas
	Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		
REGULARIDAD ESTRUCTURAL E-030			
IRREGULARIDAD EN ALTURA (Ia)			
IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN ALTURA	La	FACTOR A EMPLEAR	OBSERVACIONES:
Irregularidad de Rigidez-Piso Blando	0.75	1.00	
Irregularidad de Resistencia-Piso debil	0.75	1.00	
Irregularidad Estrema de Rigidez	0.50	1.00	
Irregularidad Estrema de Resistencia	0.50	1.00	
Irregularidad de Masa y Peso	0.90	1.00	
Irregularidad Geometria Vertical	0.90	1.00	
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.80	1.00	
Discontinuidad Extr. en los sistemas resistentes	0.60	1.00	
IRREGULARIDAD EN PLANTA (Ip)			
IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA	Lp	FACTOR A EMPLEAR	OBSERVACIONES:
Irregularidad Torsional	0.75	1.00	
Irregularidad Torsional Extrema	0.60	1.00	
Esquinas Entrantes	0.90	1.00	
Discontinuidad del Diafragma	0.85	1.00	
Sistemas no Paralelos	0.90	1.00	
		Ia =	1.00
		Ip =	1.00



Anexo N° 05: Desplazamiento y cortante máxima (Curvas de capacidad)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<p>TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"</p>											
GUIA DE OBSERVACION N° 9:			DESPLAZAMIENTO MAXIMO Y FUERZA CORTANTE MAXIMA								
ELABORADO POR :		Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto		ASESOR :							
		Bach. Miranda Huaman Juan Rodofo		Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas							
CURVA DE CAPACIDAD											
ESQUEMA	SENT	CAPACIDAD		NIVELES DE DESEMPEÑO							
		Di (cm)	V (ton-f)	B	IO	LS	CP	C	D	E	E'
A	X+	55.00	753.81								
	X-	50.00	724.67								
	Y+	40.00	1043.14								
B	Y-	40.00	1114.80								
	X+	54.00	439.89								
	X-	52.31	440.61								
C	Y+	32.24	873.36								
	Y-	33.59	862.81								
	X+	54.99	647.09								
	X-	54.00	633.42								
	Y+	40.00	775.09								
	Y-	40.00	816.21								
CURVA DE CAPACIDAD											
COMPARACIÓN CURVAS DE CAPACIDAD SENTIDO XX+			COMPARACIÓN CURVAS DE CAPACIDAD SENTIDO XX-								
COMPARACIÓN CURVAS DE CAPACIDAD SENTIDO YY+			COMPARACIÓN CURVAS DE CAPACIDAD SENTIDO YY-								



Anexo N° 06: Aparición de la primera rótula plástica

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<p>TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"</p>											
GUIA DE OBSERVACION N° 10:			DESPLAZAMIENTO MAXIMO Y FUERZA CORTANTE (PRIMERA ROTULA)								
ELABORADO POR :		Bach. Malparida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo		ASESOR : Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas							
CURVA DE CAPACIDAD											
ESQUEMA	SENT	CAPACIDAD		NIVELES DE DESEMPEÑO							
		Di (cm)	V (ton-f)	B	IO	LS	CP	C	D	E	OBSERV
A	X+	10.73	336.71		X						
	X-	9.27	295.35		X						
	Y+	4.50	445.64		X						
	Y-	4.54	468.10		X						
B	X+	5.40	109.96		X						
	X-	5.13	103.98		X						
	Y+	3.15	257.75		X						
	Y-	2.64	220.47		X						
C	X+	9.48	311.06		X						
	X-	8.65	285.06		X						
	Y+	7.96	416.33		X						
	Y-	6.14	370.61		X						
CURVA DE CAPACIDAD											
ATC-40		Fluencia	Ocupacion inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso			
NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)		B	IO	LS	CP	C	D	E			
VISION 2000(FEMA 356)		Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso				

APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA SENTIDO XX+

Esquema Mecánico	Desplazamiento (cm)	Cortante en la Base (tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	10.73	336.71
ESQUEMA MECÁNICO B	5.40	109.9579
ESQUEMA MECÁNICO C	9.48	311.06

APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA SENTIDO XX-

Esquema Mecánico	Desplazamiento (cm)	Cortante en la Base (tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	9.27	295.35
ESQUEMA MECÁNICO B	5.13	103.9778
ESQUEMA MECÁNICO C	8.65	285.06

APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA SENTIDO YY+

Esquema Mecánico	Desplazamiento (cm)	Cortante en la Base (tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	4.50	445.64
ESQUEMA MECÁNICO B	3.15	257.749
ESQUEMA MECÁNICO C	7.96	416.33

APARICIÓN DE LA PRIMERA RÓTULA PLÁSTICA SENTIDO YY-

Esquema Mecánico	Desplazamiento (cm)	Cortante en la Base (tonf)
ESQUEMA MECÁNICO A	4.54	468.10
ESQUEMA MECÁNICO B	2.64	220.4698
ESQUEMA MECÁNICO C	6.14	370.61



Anexo N°07: Representación bilineal de la curva de capacidad y Puntos de desempeño

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 11:		PUNTO DE DESEMPEÑO Y NIVEL DE DESEMPEÑO	
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Human Juan Rodolfo	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

BILINEALIZACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD

PUNTOS DE DESEMPEÑO

	SENTIDO X+		SENTIDO X-		SENTIDO Y+		SENTIDO Y-		
	TIPO	δ (cm)	V (Tonf)	δ (cm)	V (Tonf)	δ (cm)	V (Tonf)	δ (cm)	V (Tonf)
A	SERVICIO	22.52	544.84	21.19	512.17	13.07	882.79	12.05	890.87
	DISEÑO	25.74	584.97	27.36	586.35	16.25	956.91	15.69	996.77
	MAXIMO	29.46	625.26	31.10	621.98	17.71	978.51	17.96	1039.04
B	SERVICIO	30.95	345.71	32.40	357.21	14.24	736.03	13.73	708.98
	DISEÑO	39.84	394.40	41.00	404.00	18.58	817.36	18.21	786.82
	MAXIMO	44.39	412.87	45.29	420.64	21.58	850.09	20.87	810.51
C	SERVICIO	18.67	466.50	19.53	467.04	15.95	639.65	15.19	670.82
	DISEÑO	24.47	529.68	24.89	521.57	18.01	675.20	19.46	740.96
	MAXIMO	27.76	555.69	28.22	546.94	20.50	708.20	22.08	768.53

PUNTOS DE DESEMPEÑO SENTIDO XX+

PUNTOS DE DESEMPEÑO SENTIDO XX-

PUNTOS DE DESEMPEÑO SENTIDO YY+

PUNTOS DE DESEMPEÑO SENTIDO YY-

- ESQUEMA MECÁNICO A
- ESQUEMA MECÁNICO B
- ESQUEMA MECÁNICO C
- P-D-SO-A
- P-D-SO-B
- P-D-SO-C
- P-D-SR-A
- P-D-SR-B
- P-D-SR-C
- P-D-SM-A
- P-D-SM-B
- P-D-SM-C



Anexo N°08: Niveles de desempeño

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																											
TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"																												
GUIA DE OBSERVACION N° 12:		NIVEL DE DESEMPEÑO ATC-40																										
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo	ASESOR : Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas																										
ESPECTROS DE CAPACIDAD																												
ESQUEMA MECÁNICO A																												
<p>ESPECTRO DE CAPACIDAD XX POSITIVO</p>	<p>ESPECTRO DE CAPACIDAD YY POSITIVO</p>																											
<p>ESPECTRO DE CAPACIDAD XX NEGATIVO</p>	<p>ESPECTRO DE CAPACIDAD YY NEGATIVO</p>																											
RESULTADOS DESPUES DEL ANALISIS																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">ATC-40</td> <td style="text-align: center;">Fluencia</td> <td style="text-align: center;">Ocupación inmediata</td> <td style="text-align: center;">Seguridad de Vida</td> <td style="text-align: center;">Prevención del Colapso</td> <td style="text-align: center;">Seguridad Limitada</td> <td style="text-align: center;">Estabilidad Estructural</td> <td style="text-align: center;">Colapso</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">LS</td> <td style="text-align: center;">CP</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">E</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">VISION 2000(FEMA 356)</td> <td style="text-align: center;">Operacional</td> <td style="text-align: center;">Funcional</td> <td style="text-align: center;">Seguridad de Vida</td> <td style="text-align: center;">Proximo al colapso</td> <td style="text-align: center;">Colapso</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Posterior al Colapso</td> </tr> </table>	ATC-40	Fluencia	Ocupación inmediata	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso	NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)	B	IO	LS	CP	C	D	E	VISION 2000(FEMA 356)	Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso					
ATC-40	Fluencia	Ocupación inmediata	Seguridad de Vida	Prevención del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso																					
NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)	B	IO	LS	CP	C	D	E																					
VISION 2000(FEMA 356)	Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso																						
<p>NIVEL DE DESEMPEÑO SENTIDO XX+</p>	<p>NIVEL DE DESEMPEÑO SENTIDO XX-</p>																											
<p>NIVEL DE DESEMPEÑO SENTIDO YY+</p>	<p>NIVEL DE DESEMPEÑO SENTIDO YY-</p>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">NIVEL DE DESEMPEÑO</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">XX+</td> <td style="text-align: center;">XX-</td> <td style="text-align: center;">YY+</td> <td style="text-align: center;">YY-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">OCASIONAL</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">IO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RARO</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">LS</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">IO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MUY RARO</td> <td style="text-align: center;">LS</td> <td style="text-align: center;">LS</td> <td style="text-align: center;">IO</td> <td style="text-align: center;">IO</td> </tr> </table>				NIVEL DE DESEMPEÑO						XX+	XX-	YY+	YY-	OCASIONAL	IO	IO	IO	IO	RARO	IO	LS	IO	IO	MUY RARO	LS	LS	IO	IO
NIVEL DE DESEMPEÑO																												
	XX+	XX-	YY+	YY-																								
OCASIONAL	IO	IO	IO	IO																								
RARO	IO	LS	IO	IO																								
MUY RARO	LS	LS	IO	IO																								
IO: Ocupación inmediata	LS: Seguridad de vida	CP: Prevención del colapso	C: Colapso																									



TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 12:

NIVEL DE DESEMPEÑO ATC-40

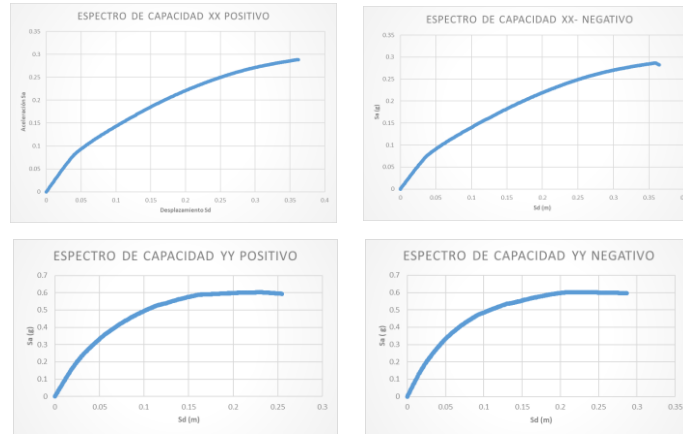
ELABORADO POR :

Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo

ASESOR :

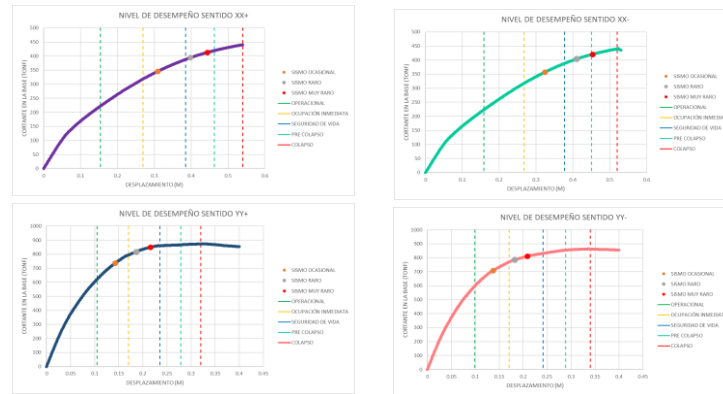
Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

ESPECTROS DE CAPACIDAD
ESQUEMA MECÁNICO B



RESULTADOS DESPUES DEL ANALISIS

ATC-40	Fluencia	Ocupacion inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso
NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)	B	IO	LS	CP	C	D	E
VISION 2000(FEMA 356)	Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso	



NIVEL DE DESEMPEÑO				
	XX+	XX-	YY+	YY-
OCASIONAL	LS	LS	IO	IO
RARO	LS	CP	LS	LS
MUY RARO	CP	C	LS	LS

IO: Ocupación inmediata

LS: Seguridad de vida

CP: Prevención del colapso

C: Colapso



TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 12:

NIVEL DE DESEMPEÑO ATC-40

ELABORADO POR :

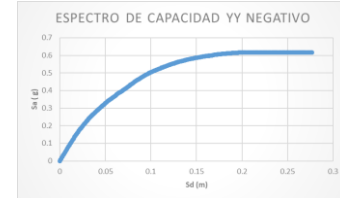
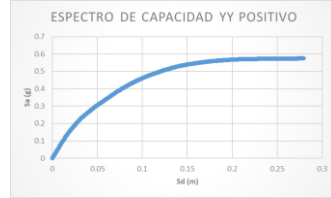
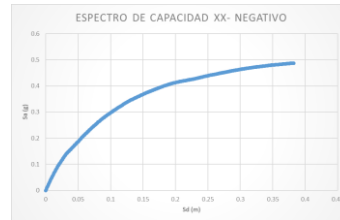
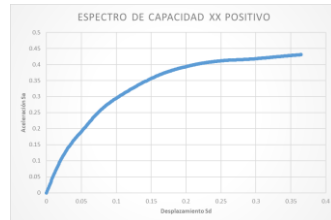
Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo

ASESOR :

Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

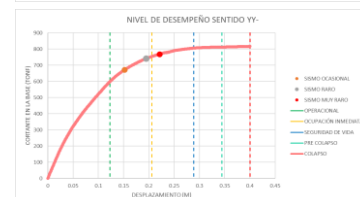
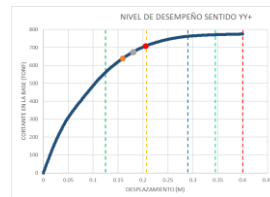
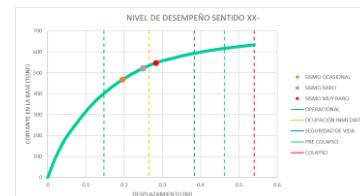
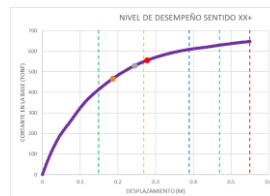
ESPECTROS DE CAPACIDAD

ESQUEMA MECÁNICO C



RESULTADOS DESPUES DEL ANALISIS

ATC-40	Fluencia	Ocupacion inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion del Colapso	Seguridad Limitada	Estabilidad Estructural	Colapso
NIVEL DE DESEMPEÑO(SAP 2000)	B	IO	LS	CP	C	D	E
VISION 2000(FEMA 356)	Operacional	Funcional	Seguridad de Vida	Proximo al colapso	Colapso	Posterior al Colapso	



NIVEL DE DESEMPEÑO				
	XX+	XX-	YY+	YY-
OCASIONAL	IO	IO	IO	IO
RARO	IO	IO	IO	IO
MUY RARO	LS	LS	IO	LS

IO: Ocupación inmediata

LS: Seguridad de vida

CP: Prevención del colapso

C: Colapso



Anexo N°09: Determinación de la ductilidad al desplazamiento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 13:	DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO		
ELABORADO POR :	Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo	ASESOR :	Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

CURVA DE CAPACIDAD BILINEAL

ESQUEMA MECÁNICO A

X+

Df_e (cm):	17.58
δ (cm):	55.00

X-

Df_e (cm):	15.96
δ (cm):	50.00

Y+

Df_e (cm):	10.34
δ (cm):	40.00

Y-

Df_e (cm):	10.24
δ (cm):	40.00

CÁLCULO DE DUCTILIDAD

SENTIDO	DUCTILIDAD
X+	3.13
X-	3.13
Y+	3.87
Y-	3.91

DUCTILIDAD:
$$\mu = \frac{\delta}{Df_e}$$

Df_e :	Desplaz. Cedente
δ (cm):	Desplaz. Ultimo



TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 13:

DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO

ELABORADO POR :

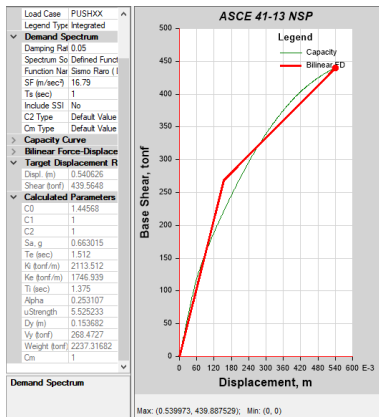
Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Human Juan Rodolfo

ASESOR :

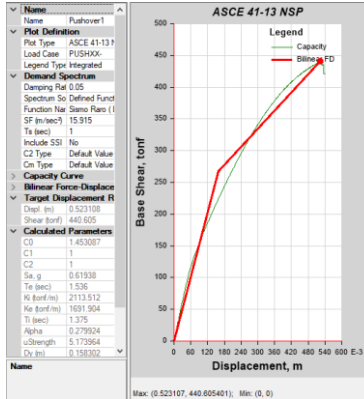
Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

CURVA DE CAPACIDAD BILINEAL

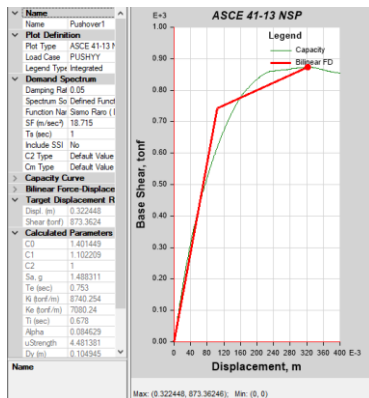
ESQUEMA MECÁNICO B



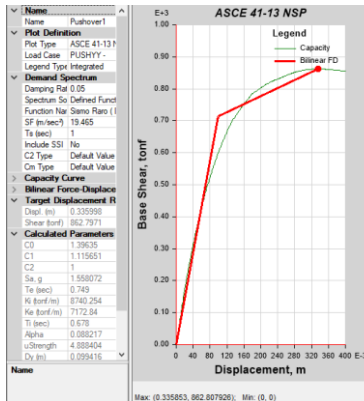
X+
Dfe(cm): 15.37
δ (cm): 54.00



X-
Dfe(cm): 15.83
δ (cm): 52.31



Y+
Dfe(cm): 10.49
δ (cm): 32.24



Y-
Dfe(cm): 9.94
δ (cm): 33.59

CÁLCULO DE DUCTILIDAD

SENTIDO	DUCTILIDAD
X+	3.51
X-	3.30
Y+	3.07
Y-	3.38

DUCTILIDAD:

$$\mu = \frac{\delta}{D_{fe}}$$

Dfe:	Desplaz. Cedente
δ (cm)	Desplaz. Ultimo



TEMA: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER), A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECÁNICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO 2021"

GUIA DE OBSERVACION N° 13:

DUCTILIDAD AL DESPLAZAMIENTO

ELABORADO POR :

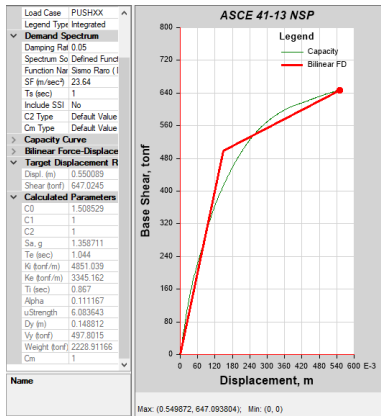
Bach. Malpartida Caparo Javier Alberto
Bach. Miranda Huaman Juan Rodolfo

ASESOR :

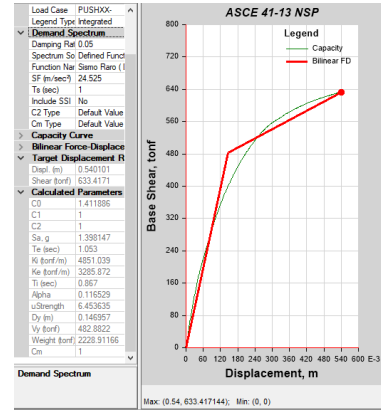
Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

CURVA DE CAPACIDAD BILINEAL

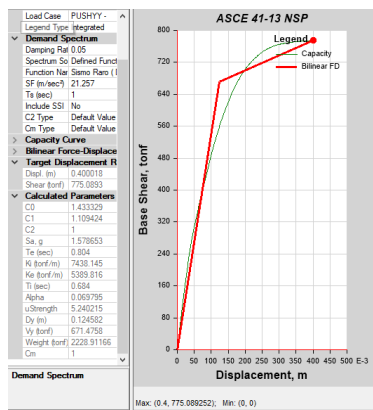
ESQUEMA MECÁNICO C



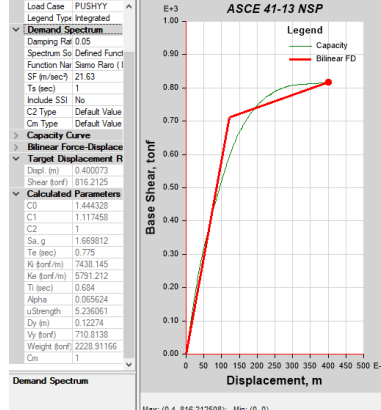
X+
Dfe(cm): 14.88
δ (cm): 54.99



X-
Dfe(cm): 14.70
δ (cm): 54.00



Y+
Dfe(cm): 12.46
δ (cm): 40.00



Y-
Dfe(cm): 12.27
δ (cm): 40.00

CÁLCULO DE DUCTILIDAD

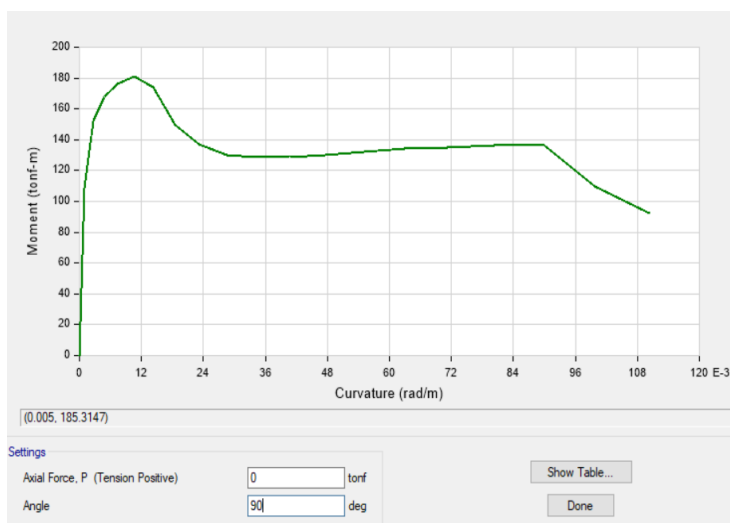
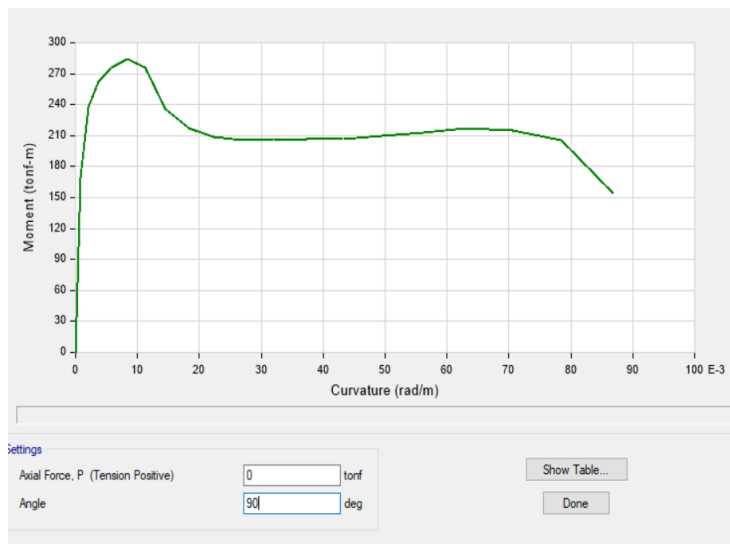
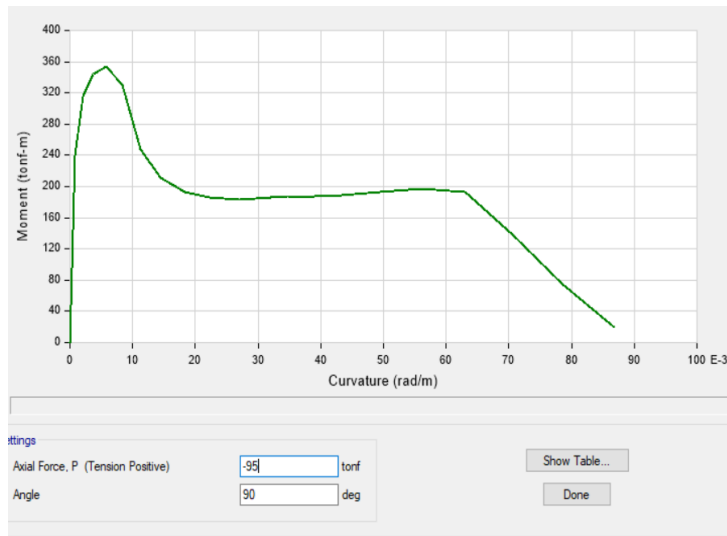
SENTIDO	DUCTILIDAD
X+	3.70
X-	3.67
Y+	3.21
Y-	3.26

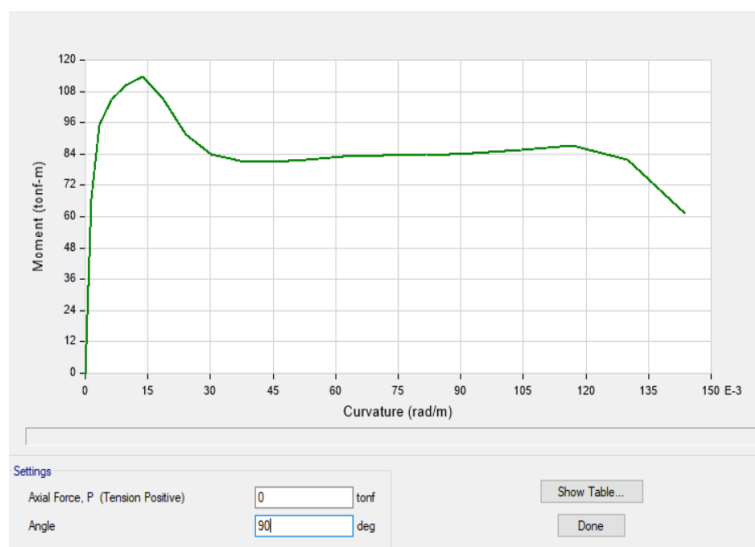
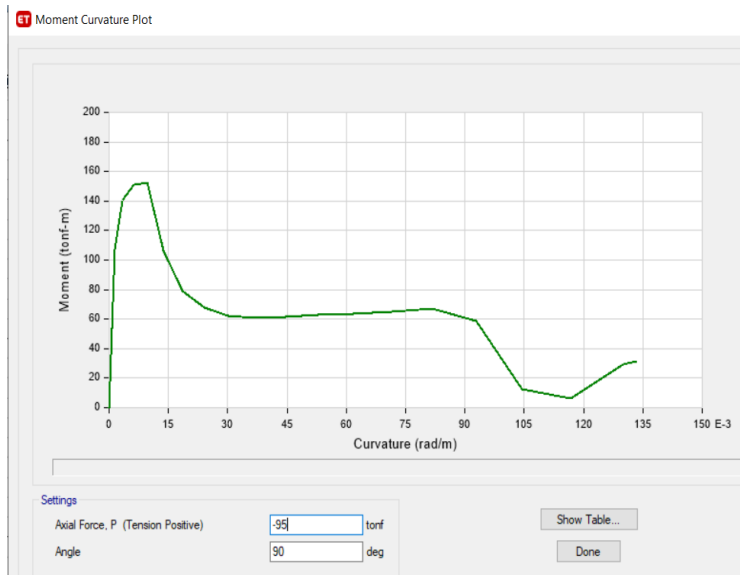
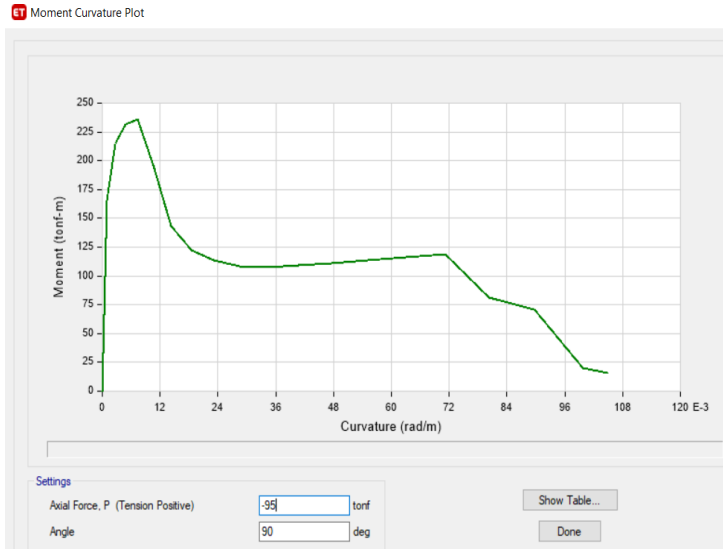
DUCTILIDAD:
$$\mu = \frac{\delta}{D_{fe}}$$

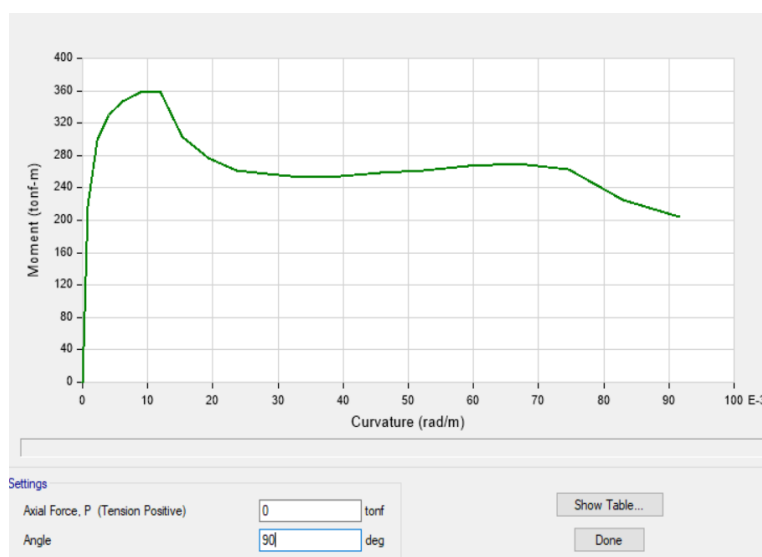
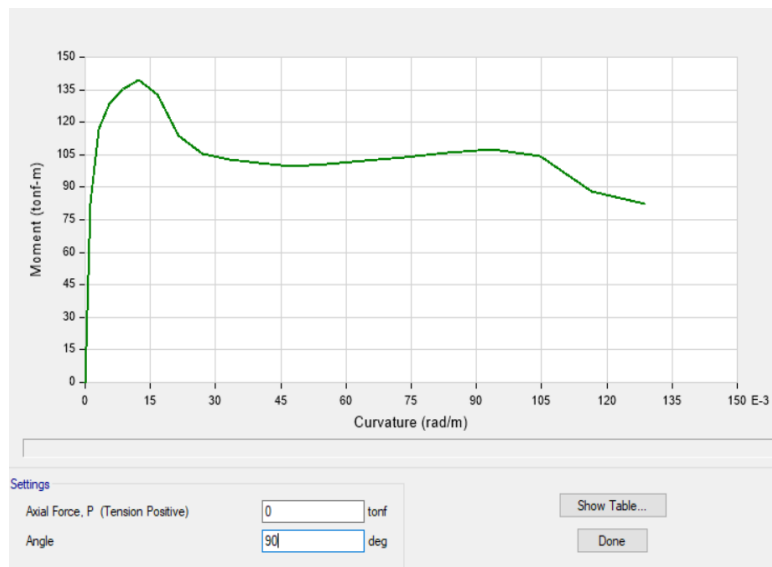
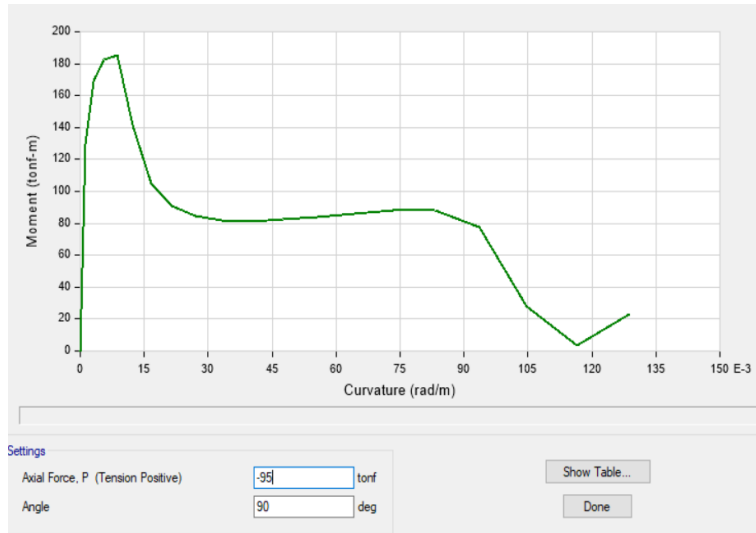
Dfe:	Desplaz. Cedente
δ (cm):	Desplaz. Ultimo

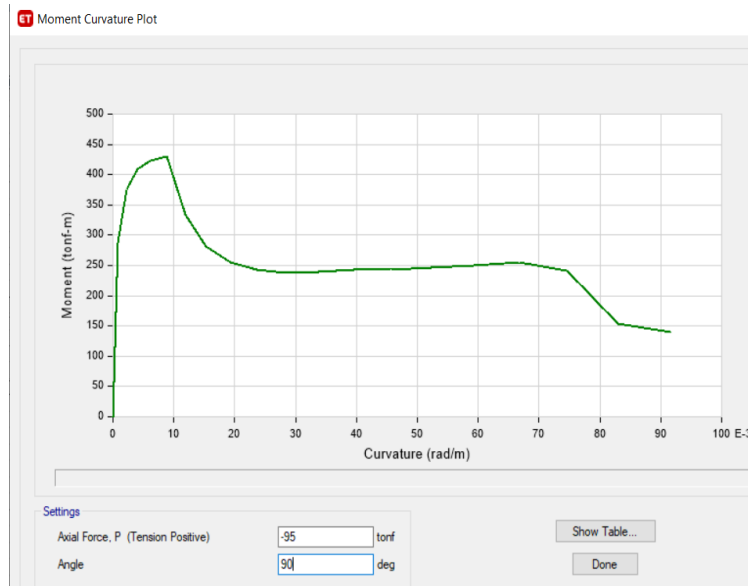


Anexo N°10: Diagramas de momento curvatura







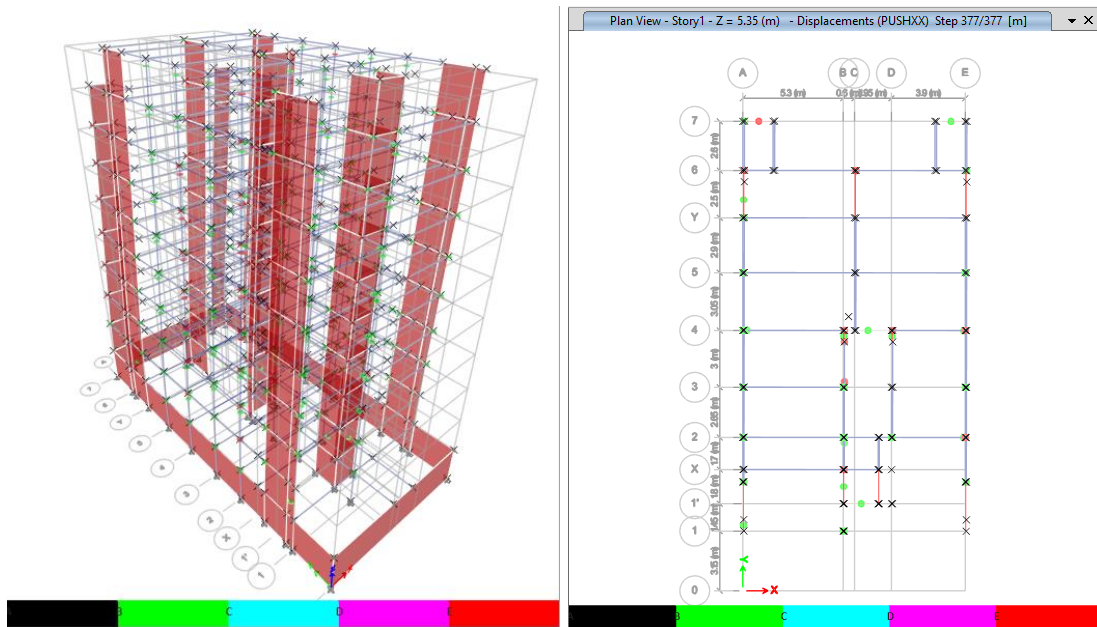


Anexo N°11: Mecanismos de falla de la estructura

a) Esquema mecánico A

- Sentido XX

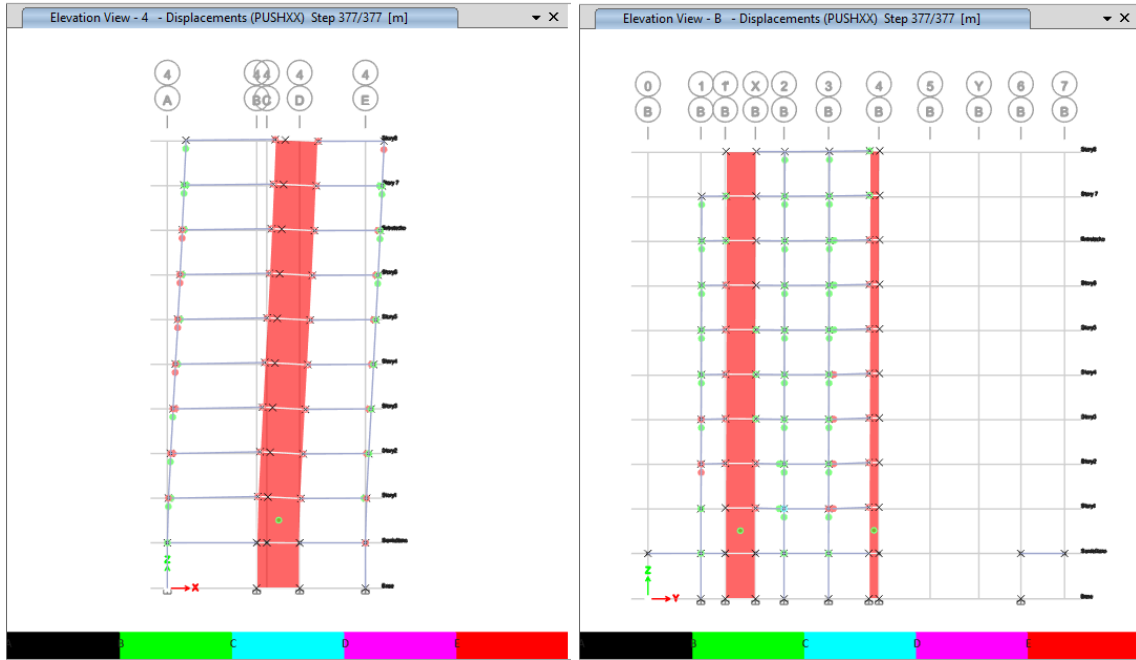
Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico A-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

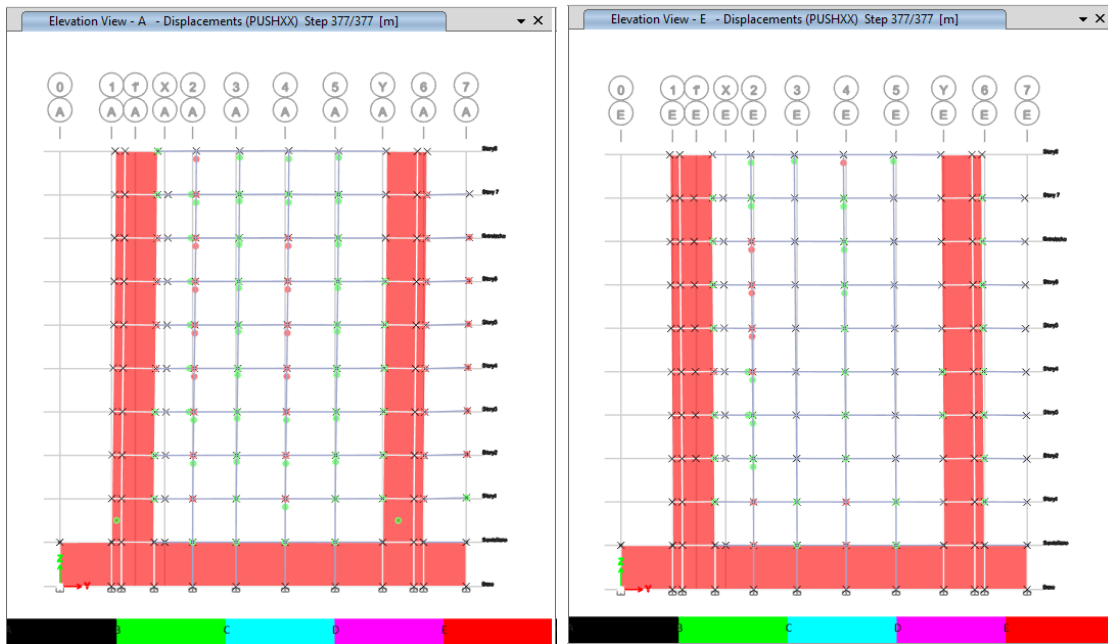


Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje B -Esquema mecánico A-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

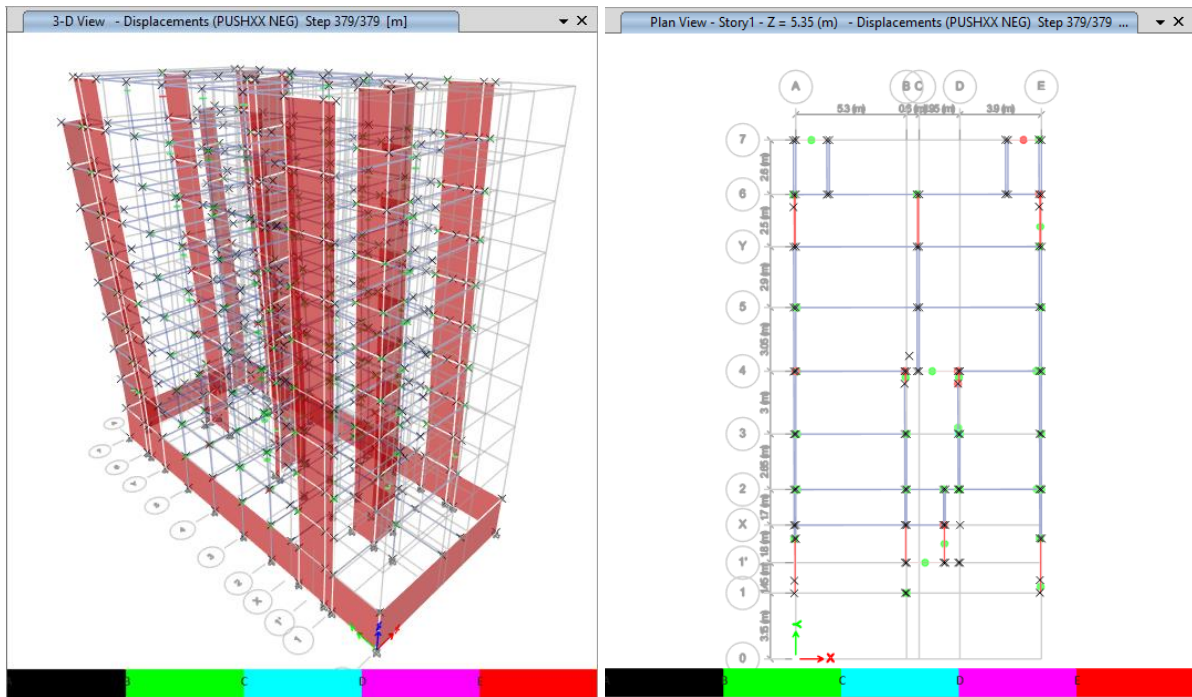
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico A-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

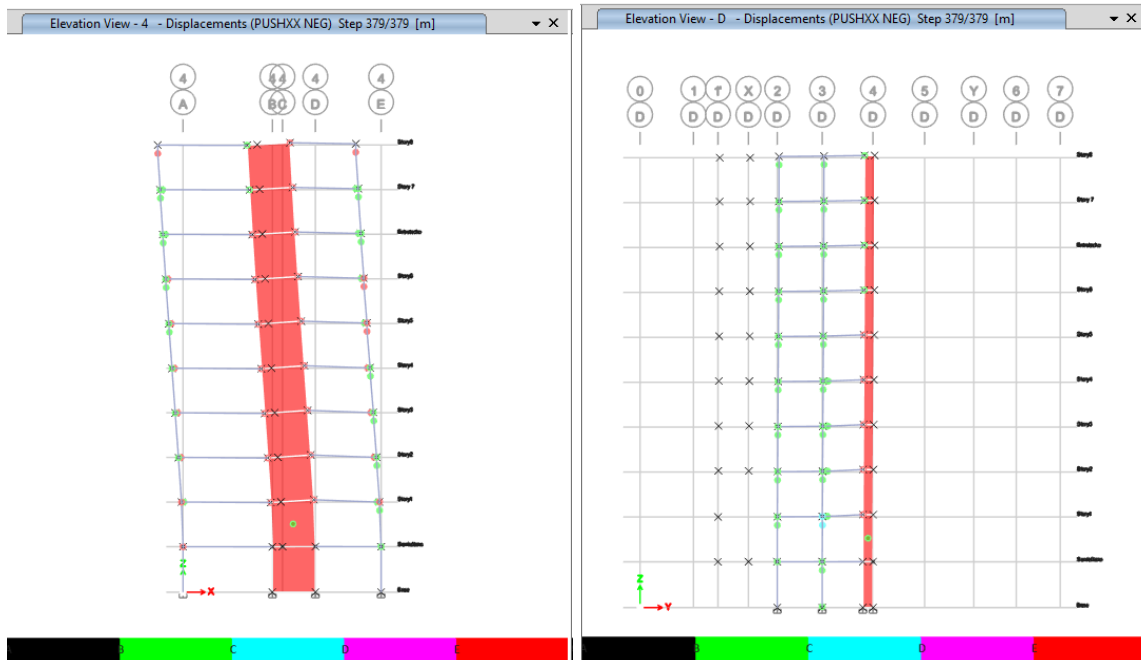


Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico A-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

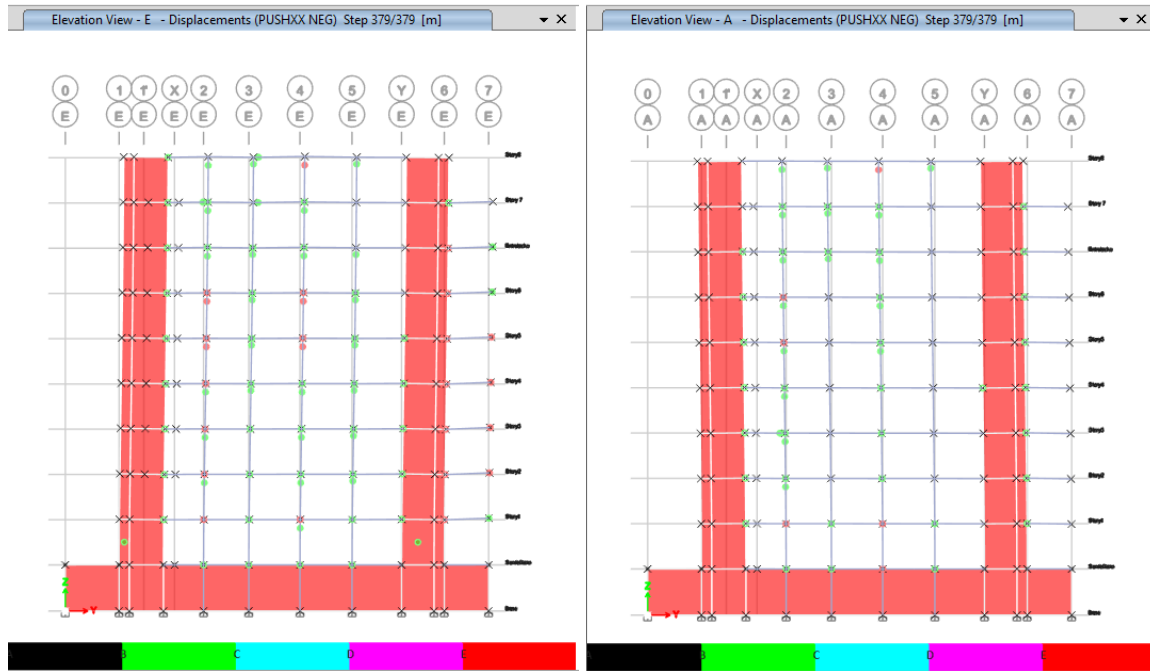
Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico A-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



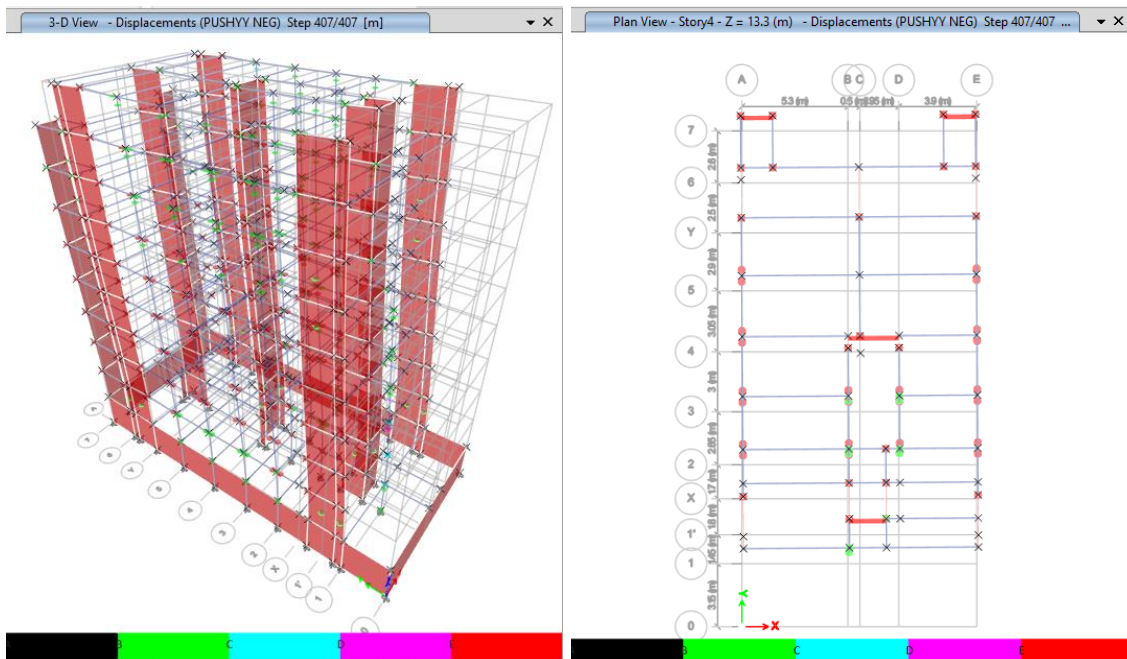
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico A-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

- Sentido YY

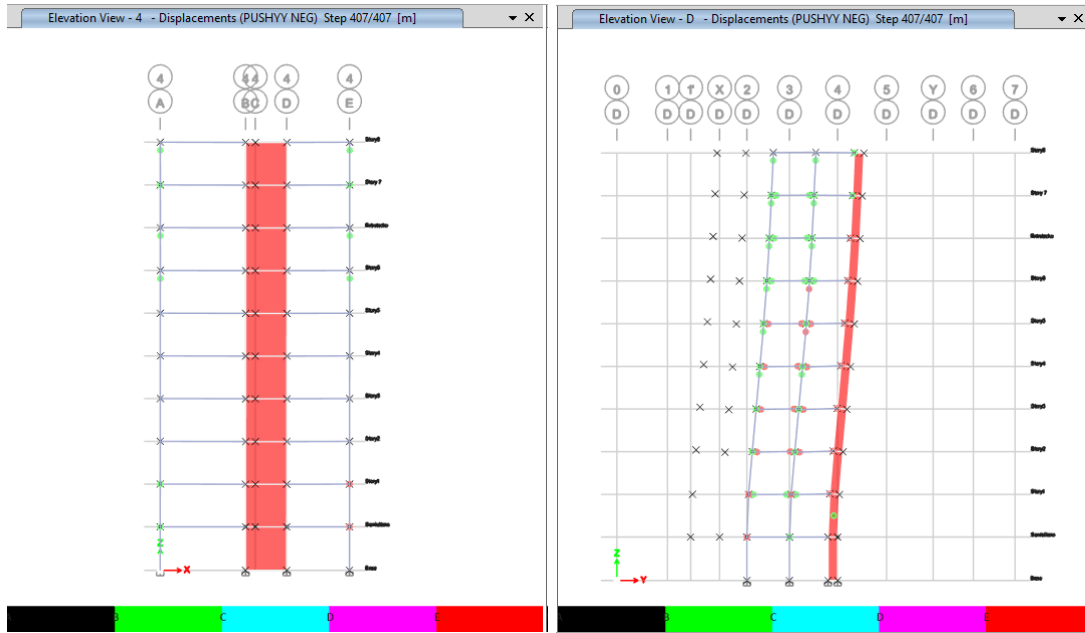
Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico A-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

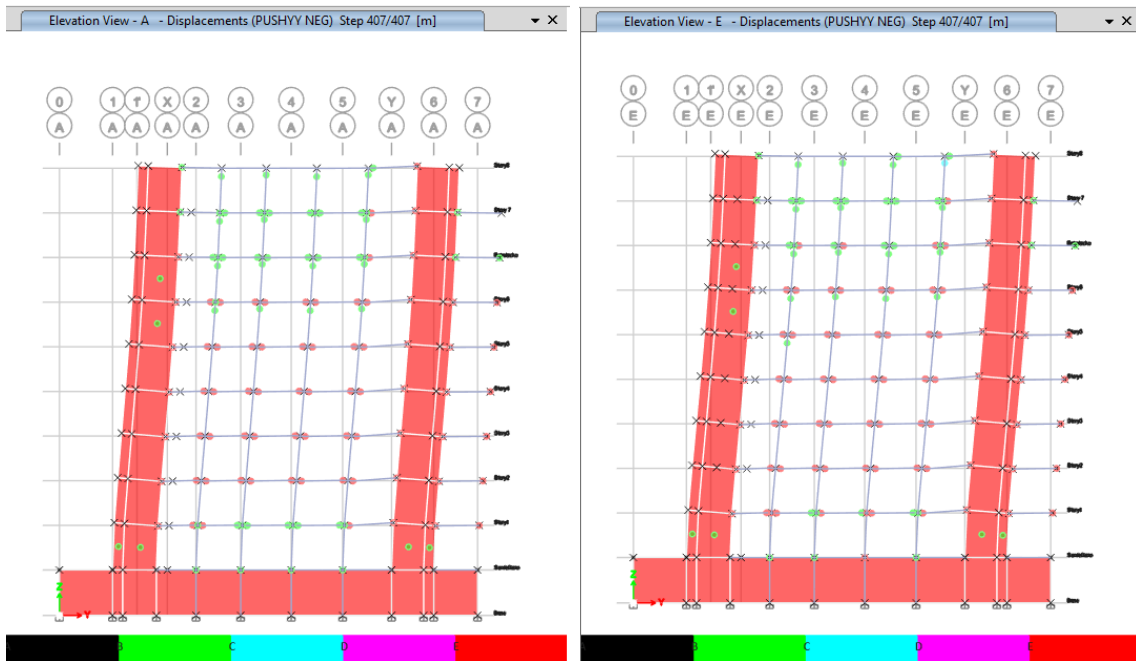


Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico A-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

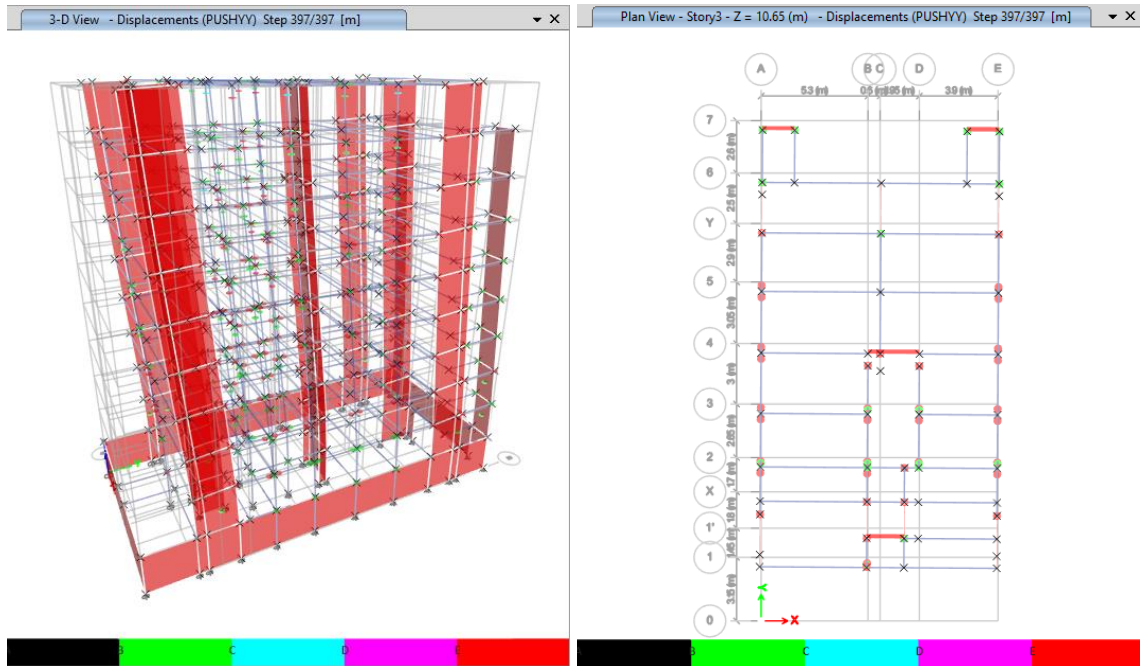
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico A-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

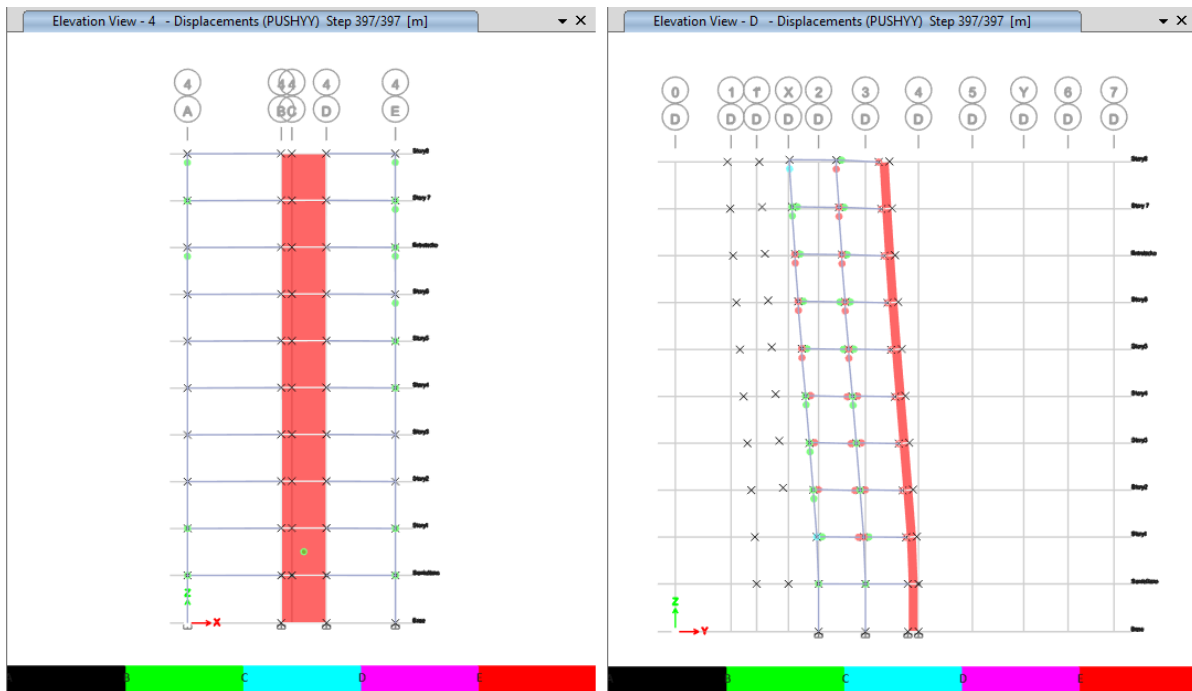


Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico A-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

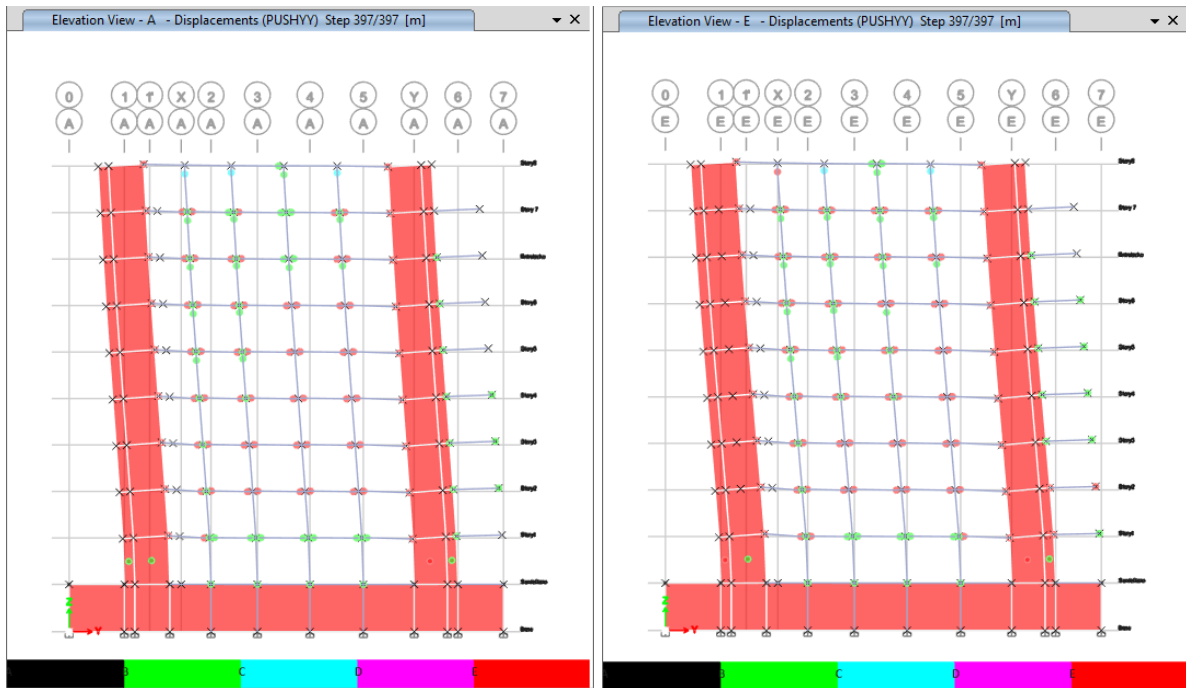
Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico A-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico A-Sentido YY-

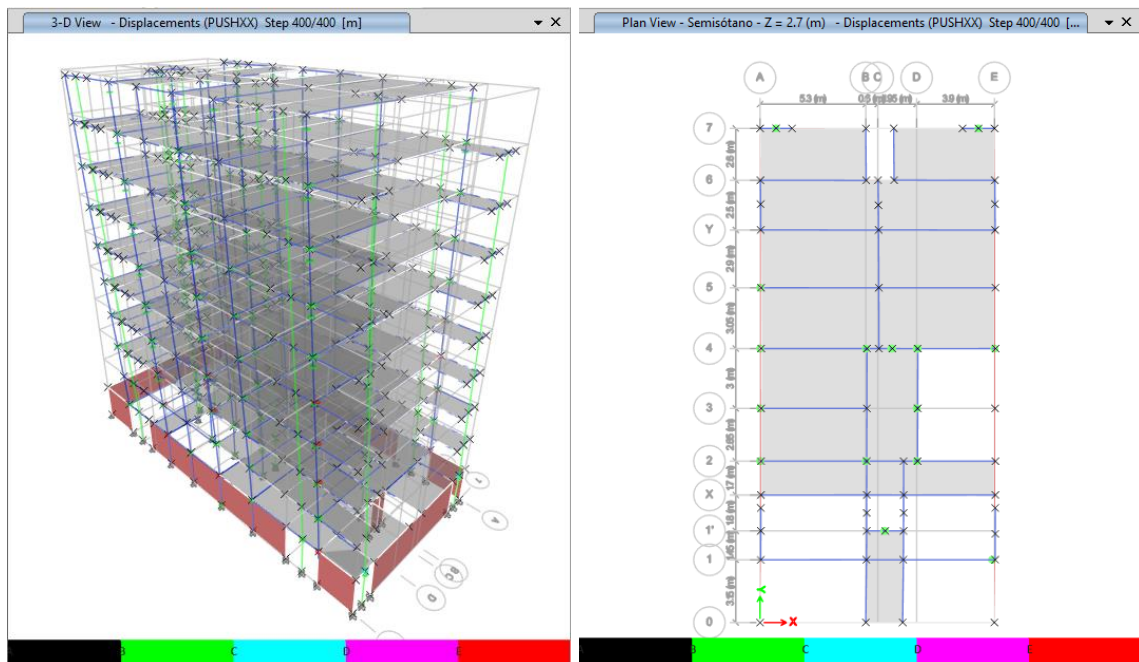


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

b) Esquema mecánico B

- Sentido XX

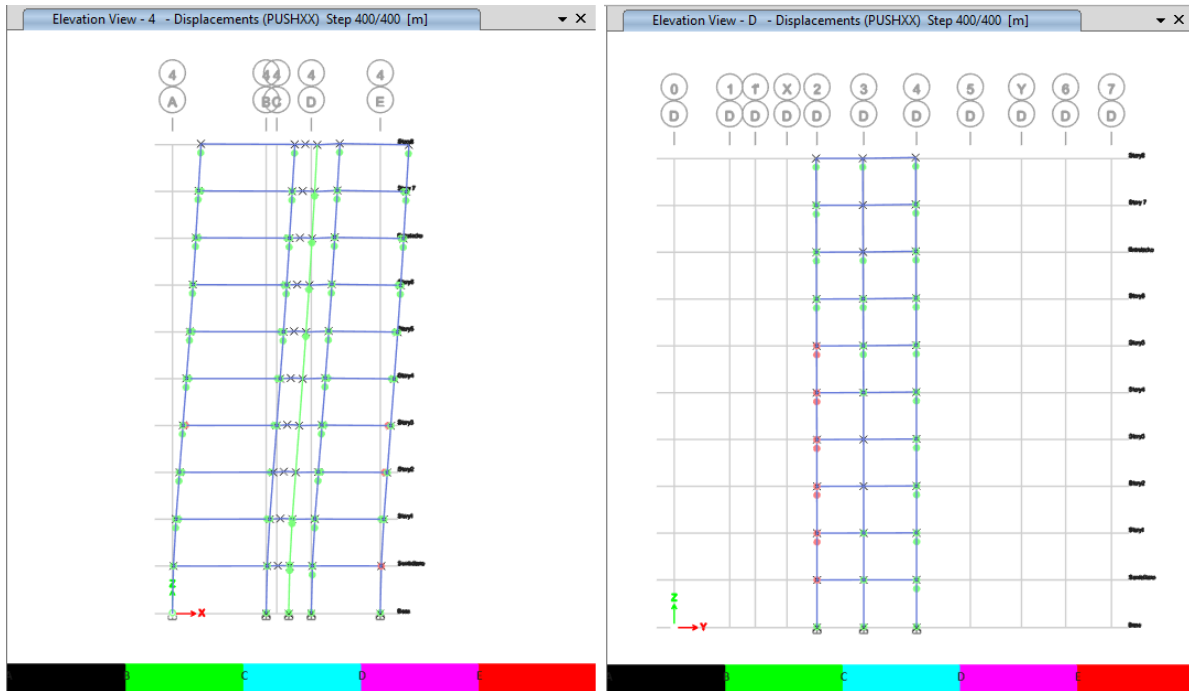
Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico B-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

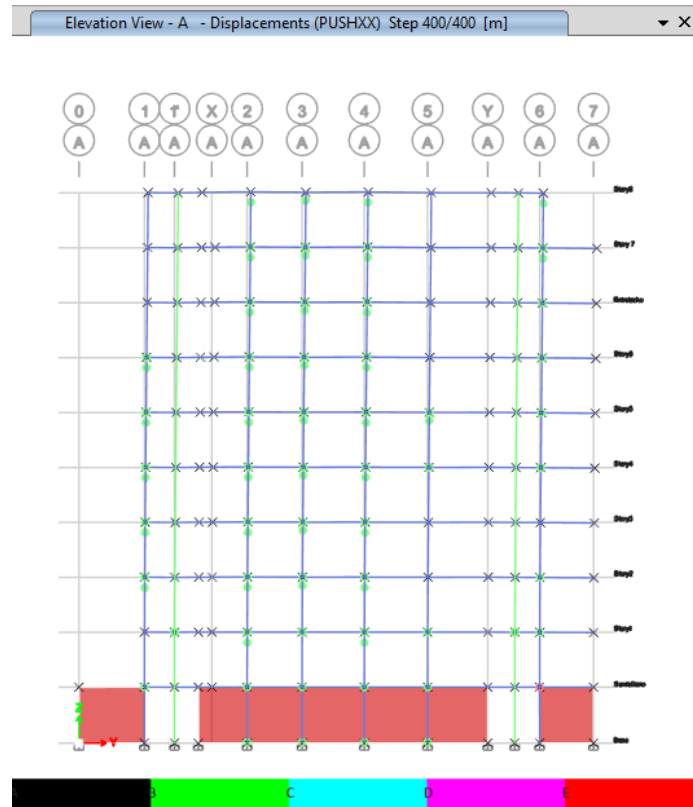


Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico B-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

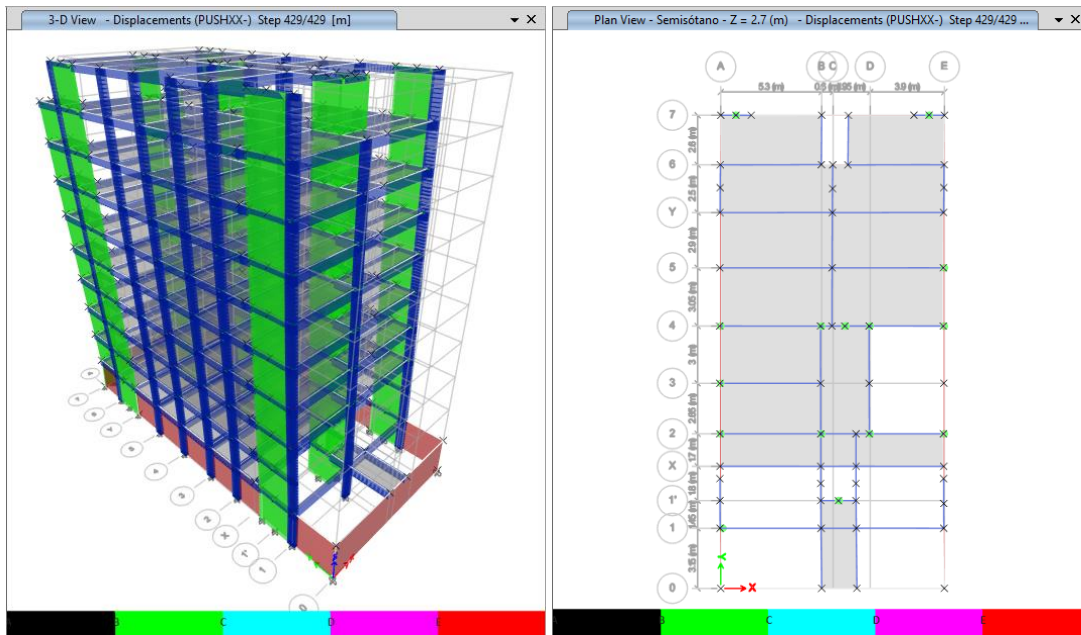
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A -Esquema mecánico B-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

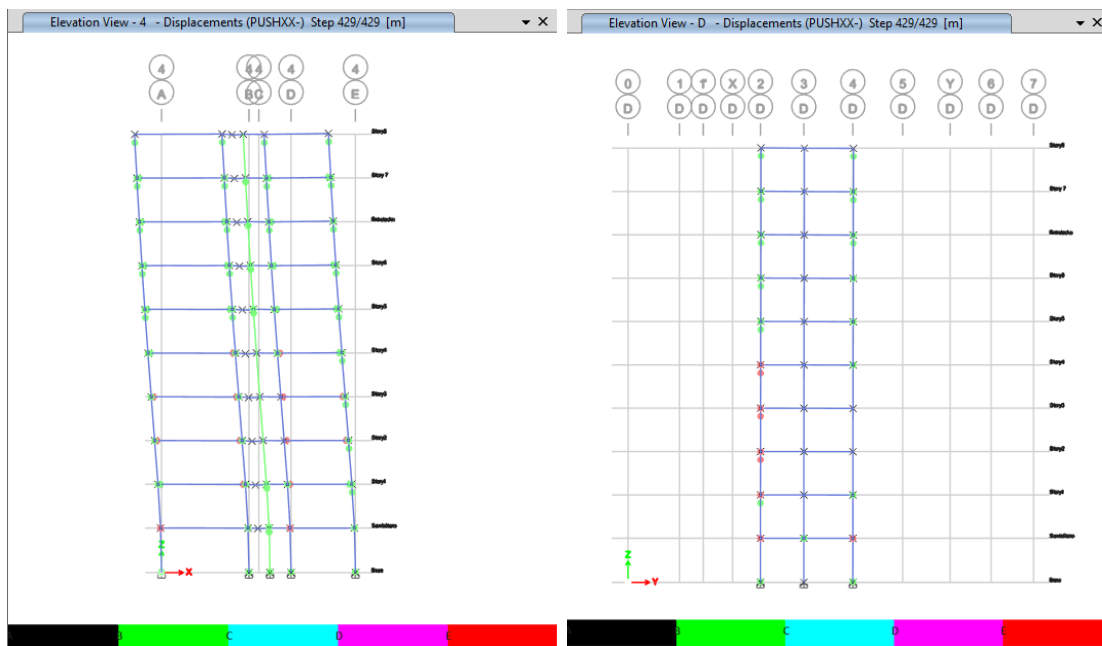


Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico B-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

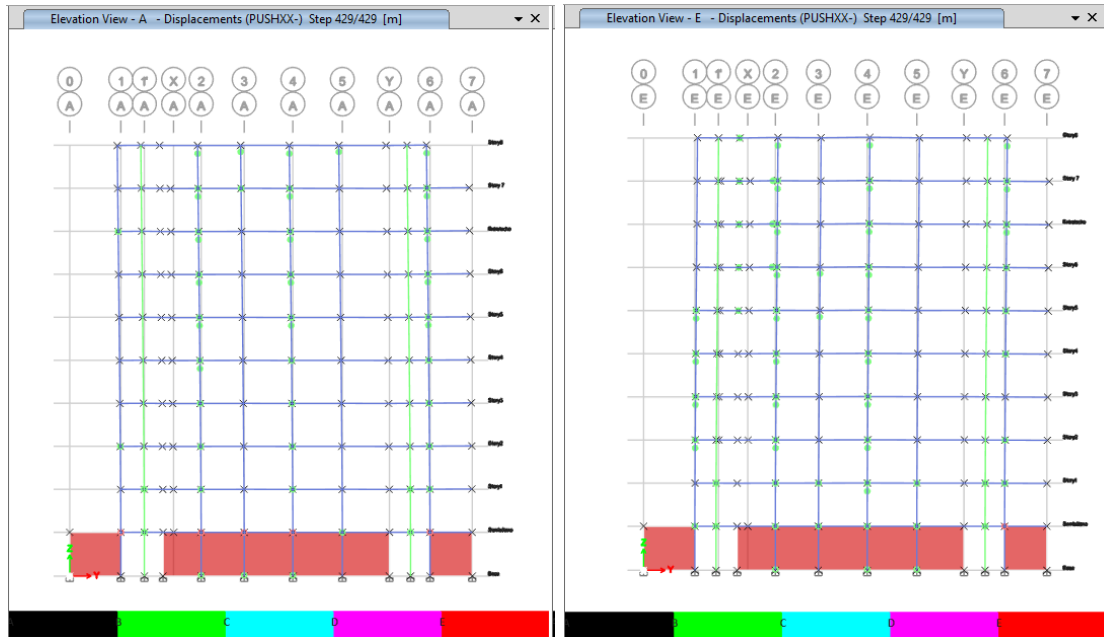
Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico B-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



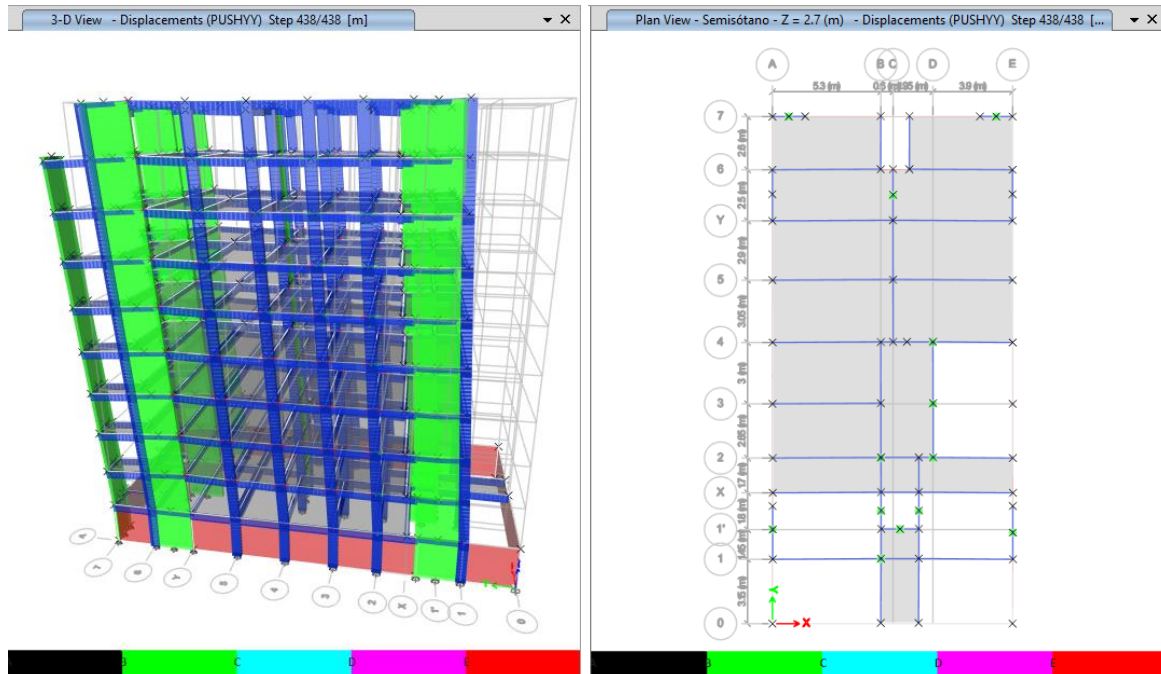
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico B-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

- **Sentido YY**

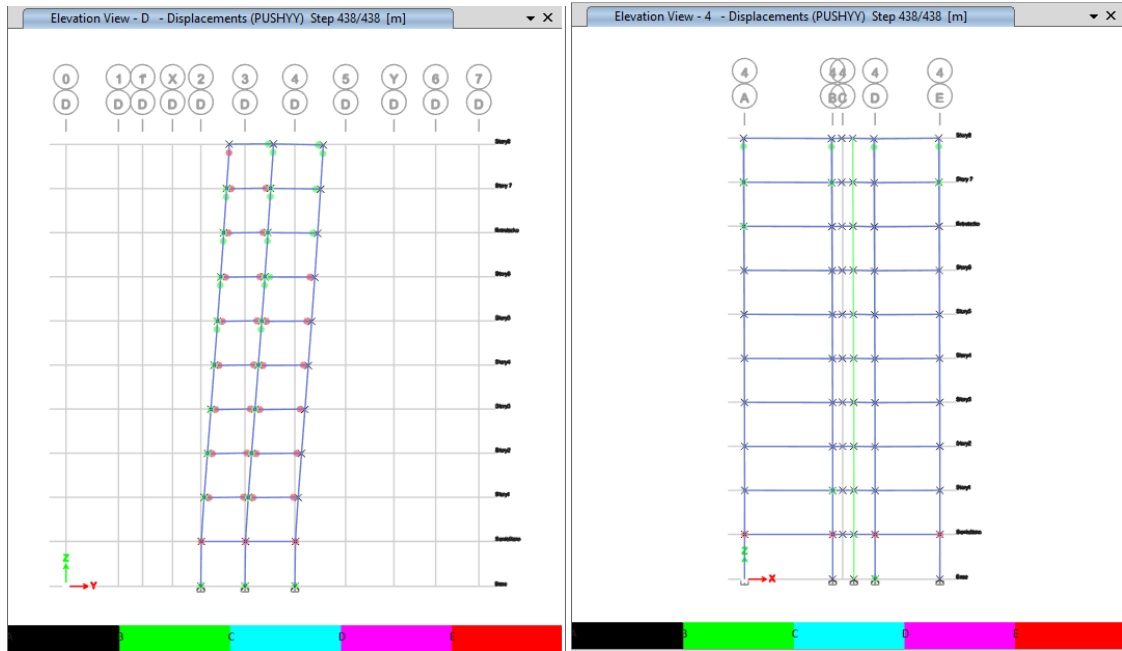
Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico B-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

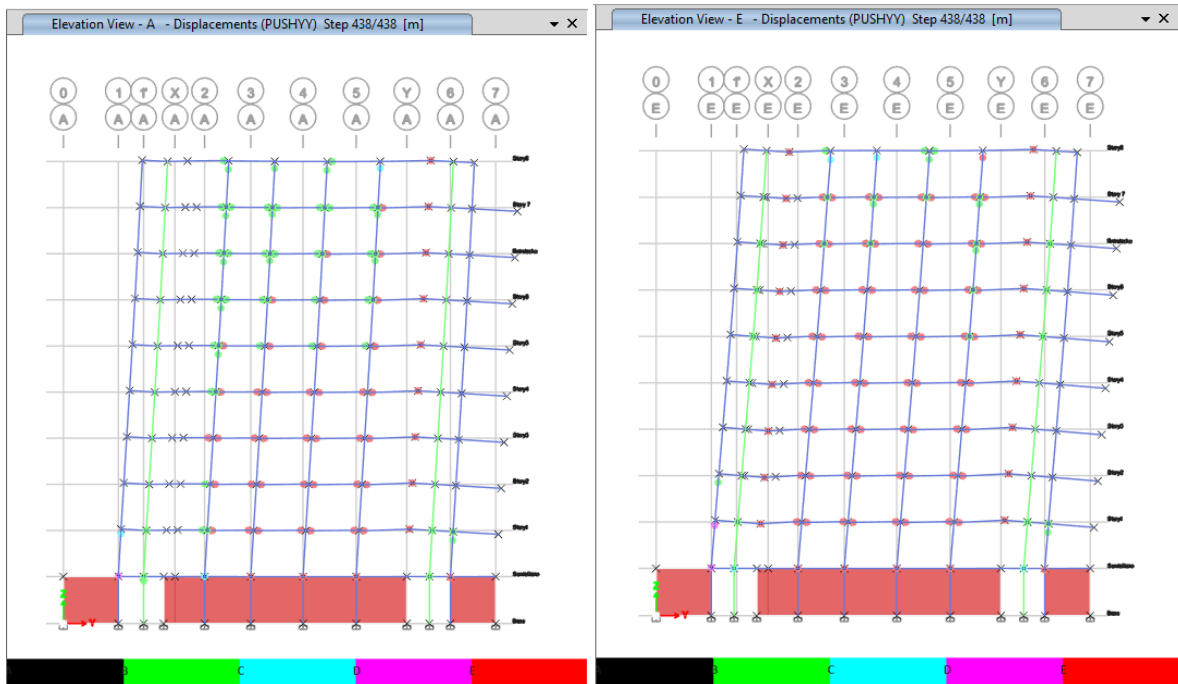


Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico B-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

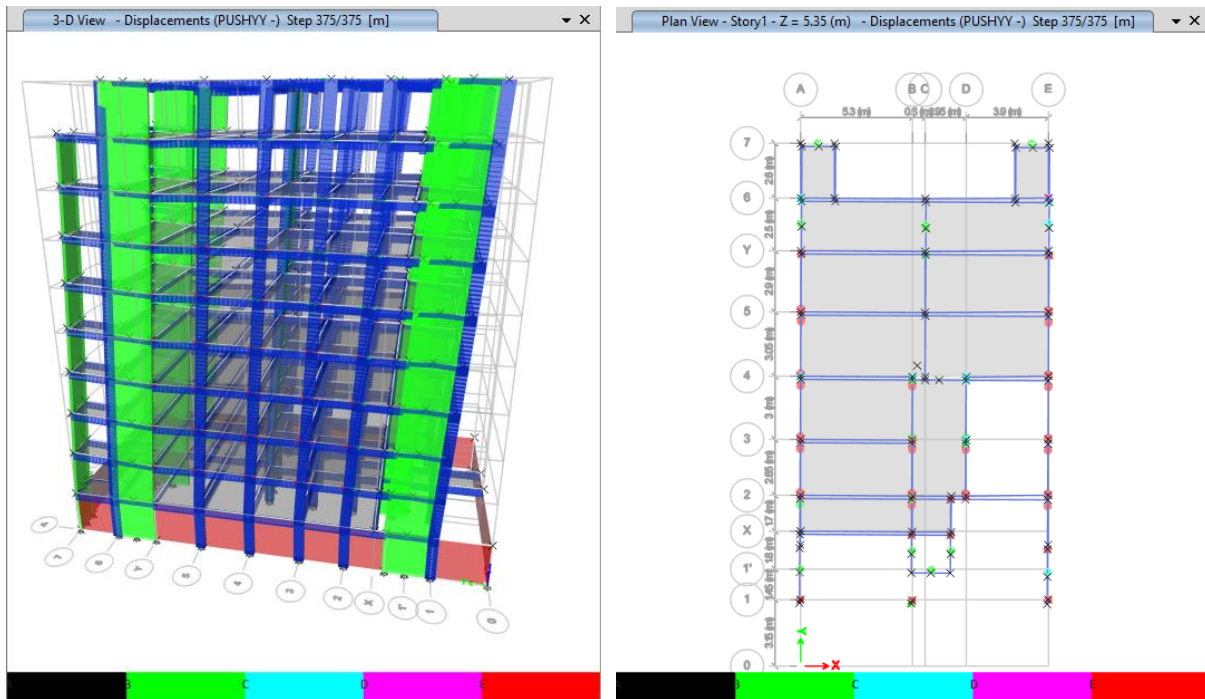
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico B-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

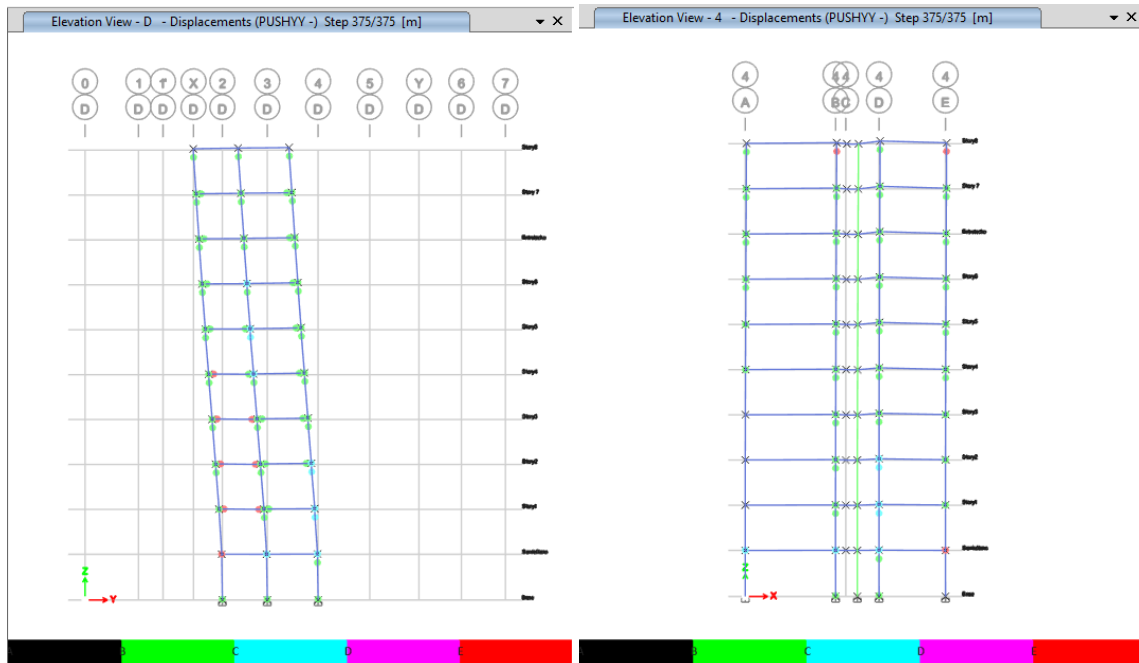


Mecanismo de falla-Vista 3D y planta -Esquema mecánico B-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

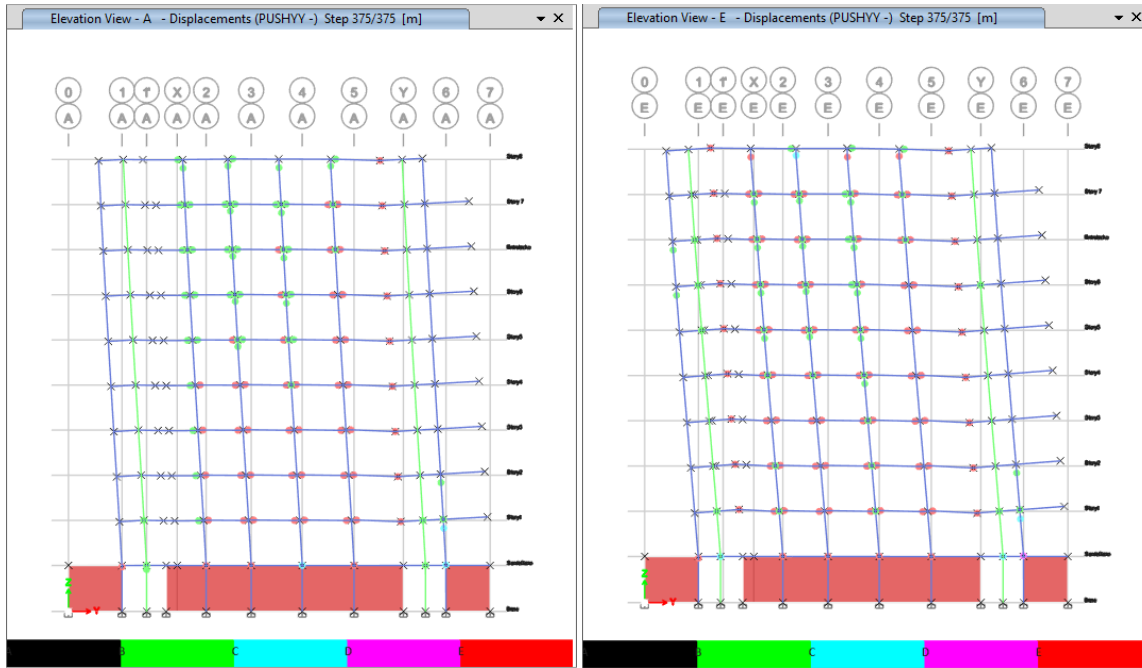
Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico B-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico B-Sentido YY-

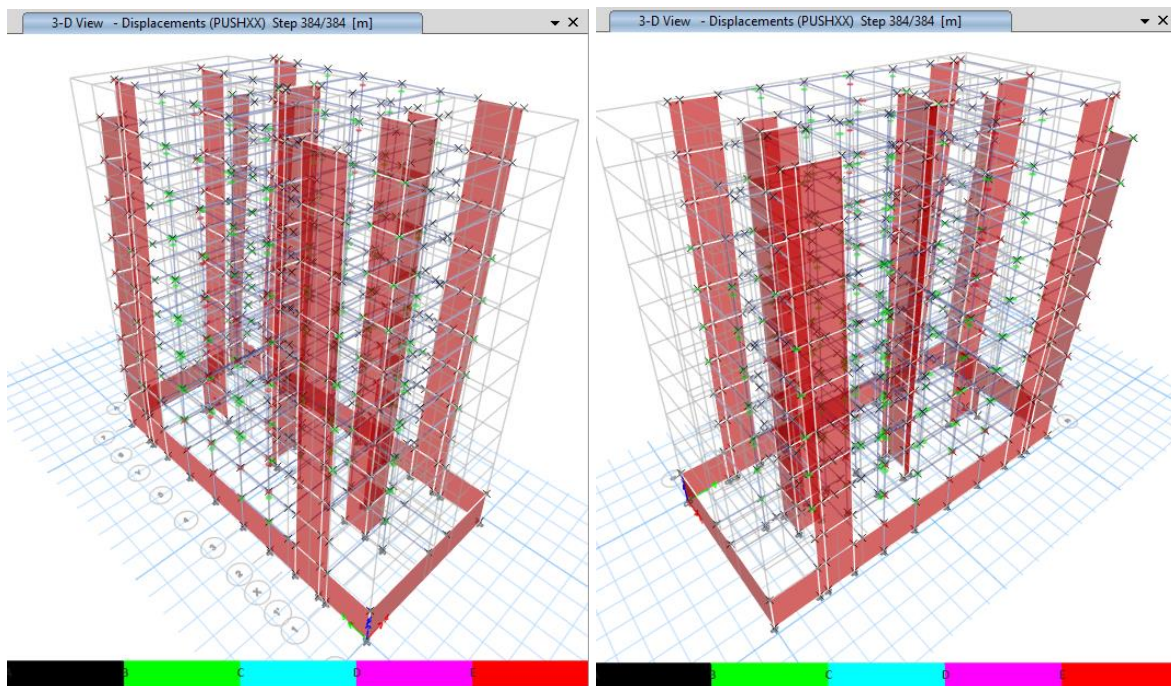


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

c) Esquema mecánico C

- Sentido XX

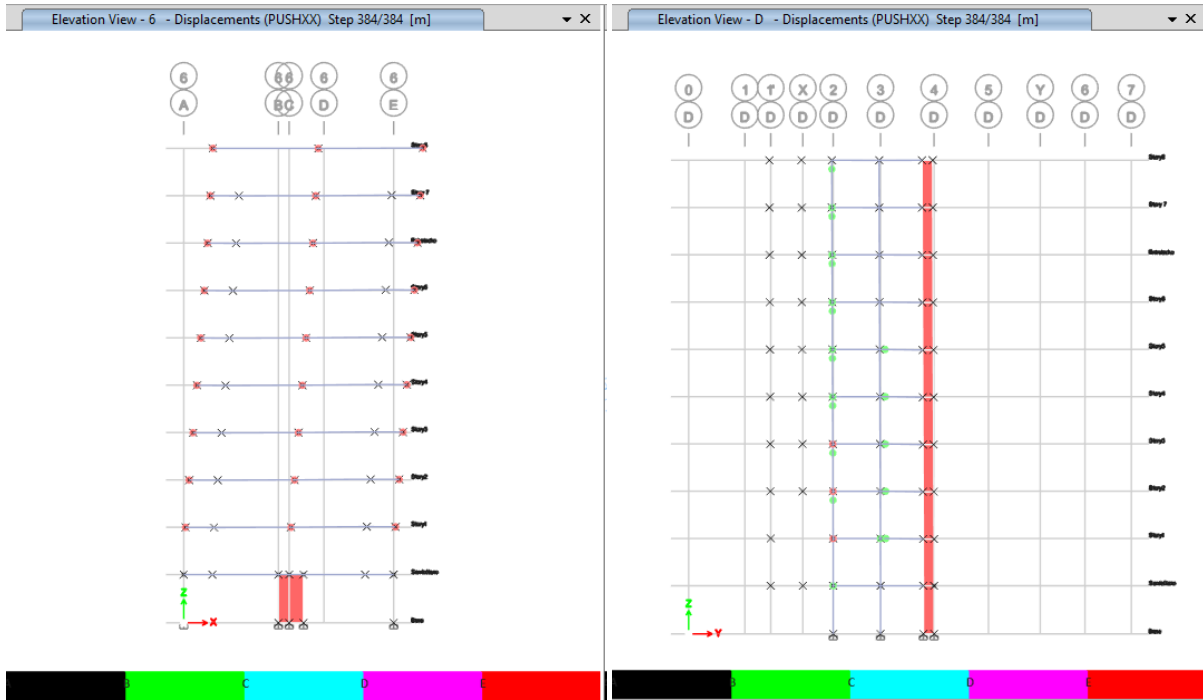
Mecanismo de falla-Vista 3D -Esquema mecánico C-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

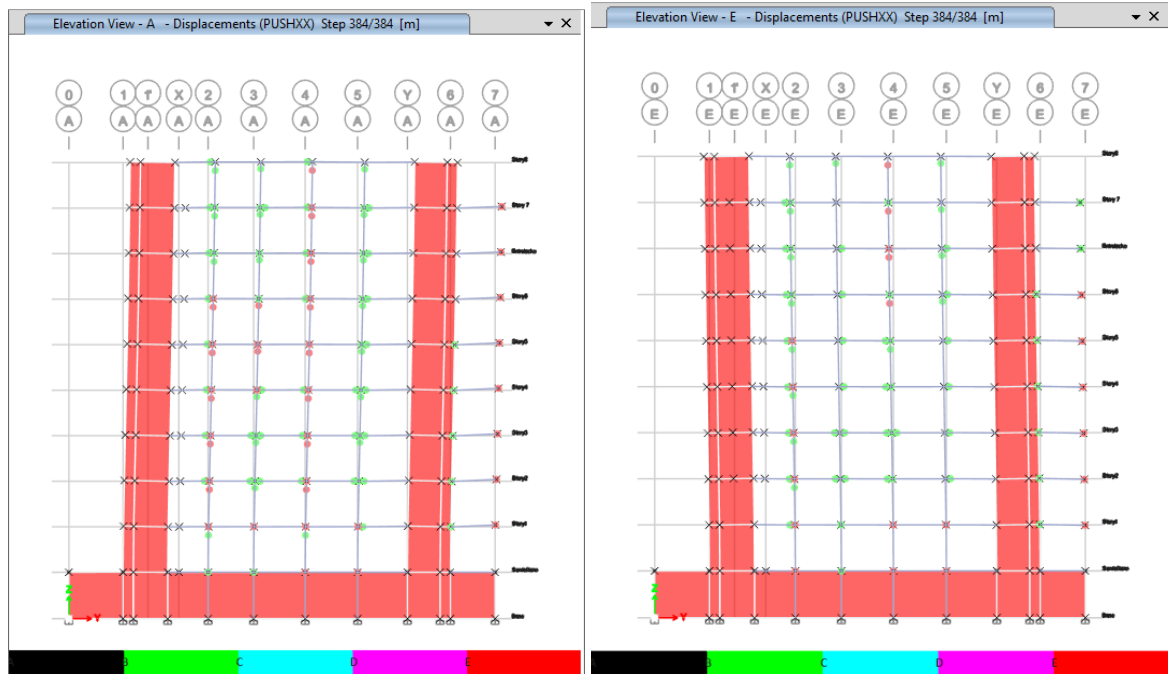


Mecanismo de falla-Vista elevación eje 6 y eje D -Esquema mecánico C-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

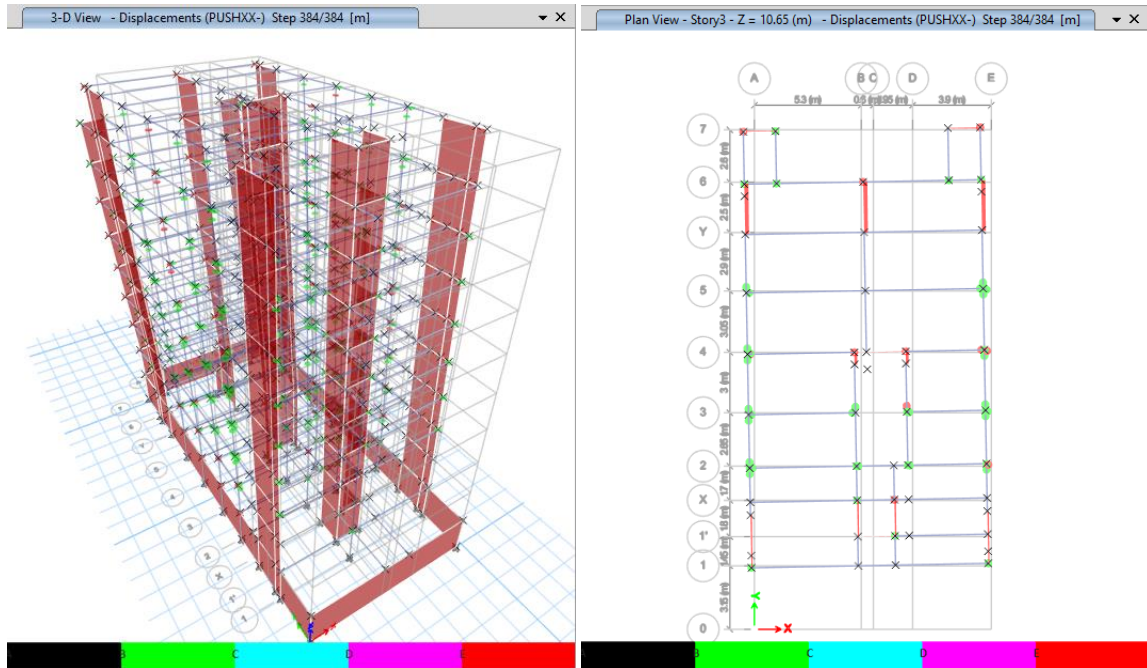
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico C-Sentido XX+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

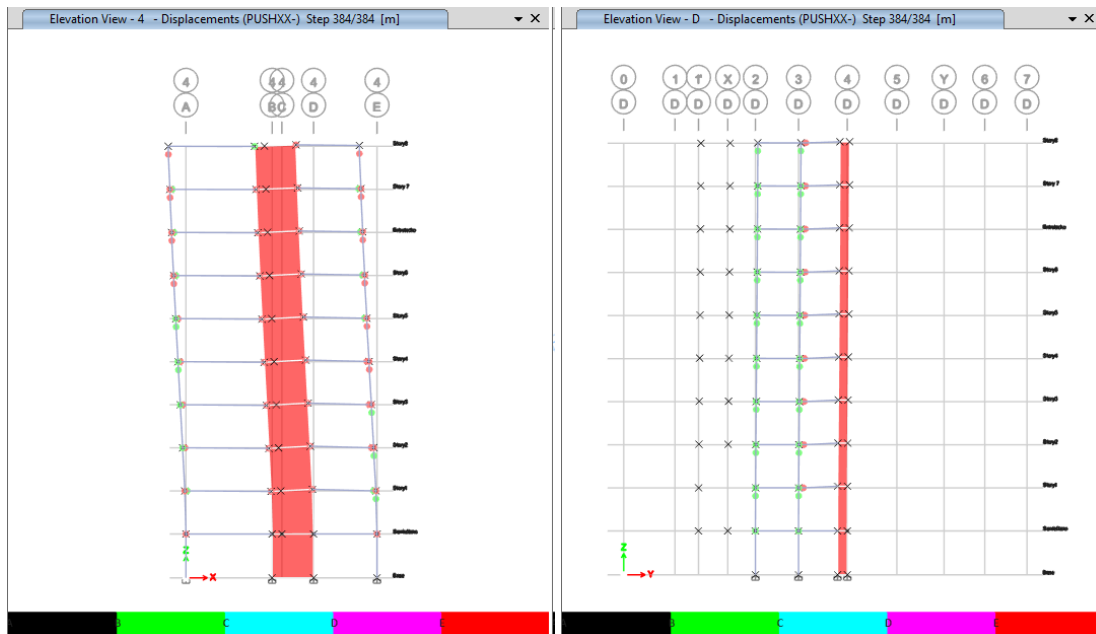


Mecanismo de falla-Vista 3D y planta-Esquema mecánico C-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

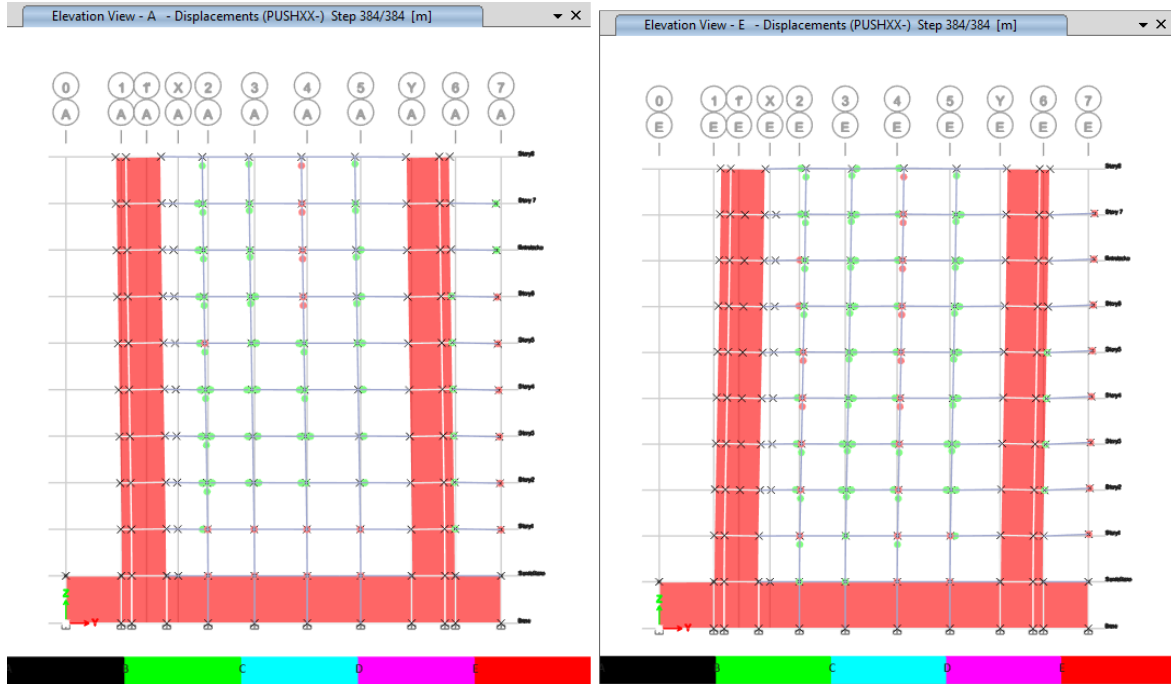
Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico C-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



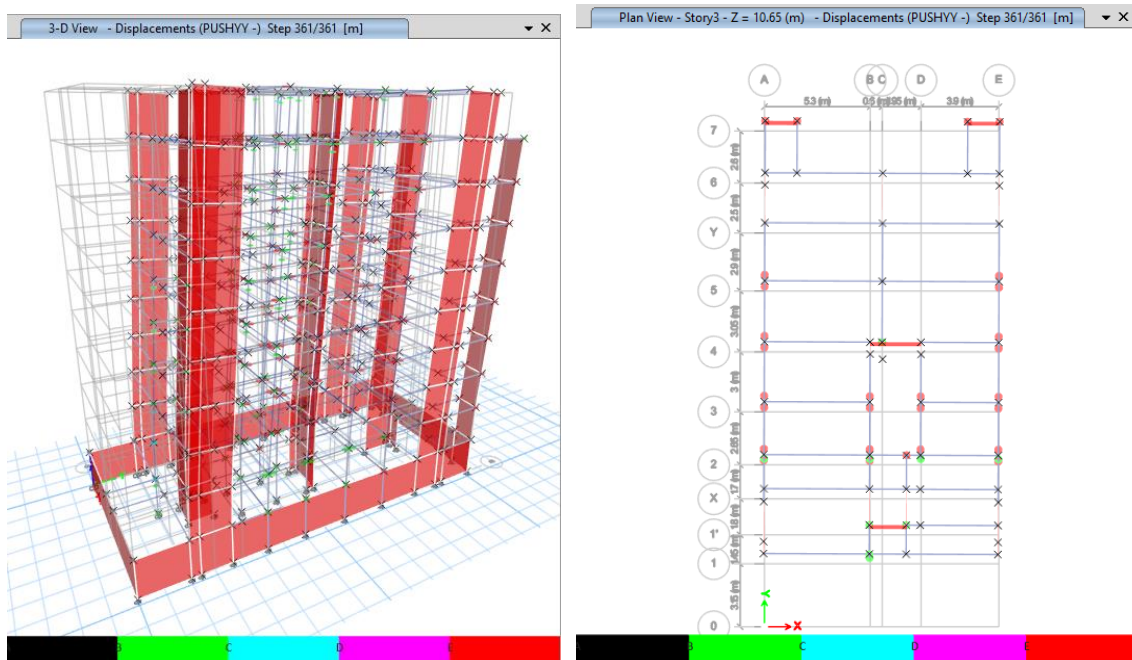
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico C-Sentido XX-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

- Sentido YY

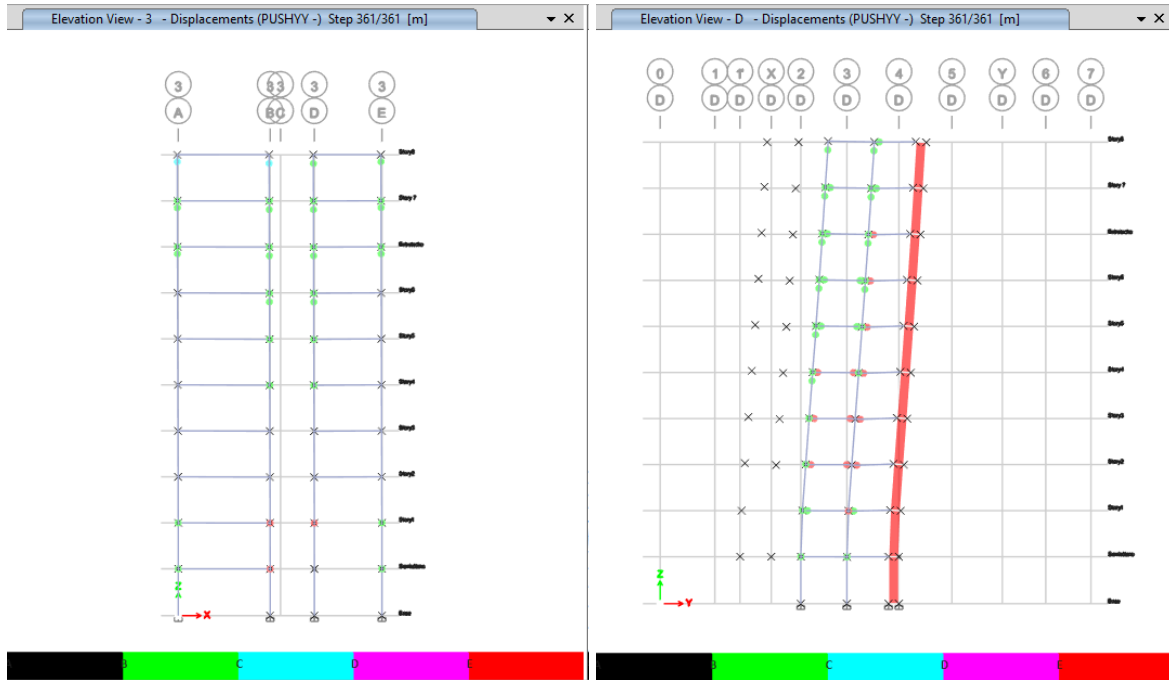
Mecanismo de falla-Vista 3D y planta-Esquema mecánico C-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

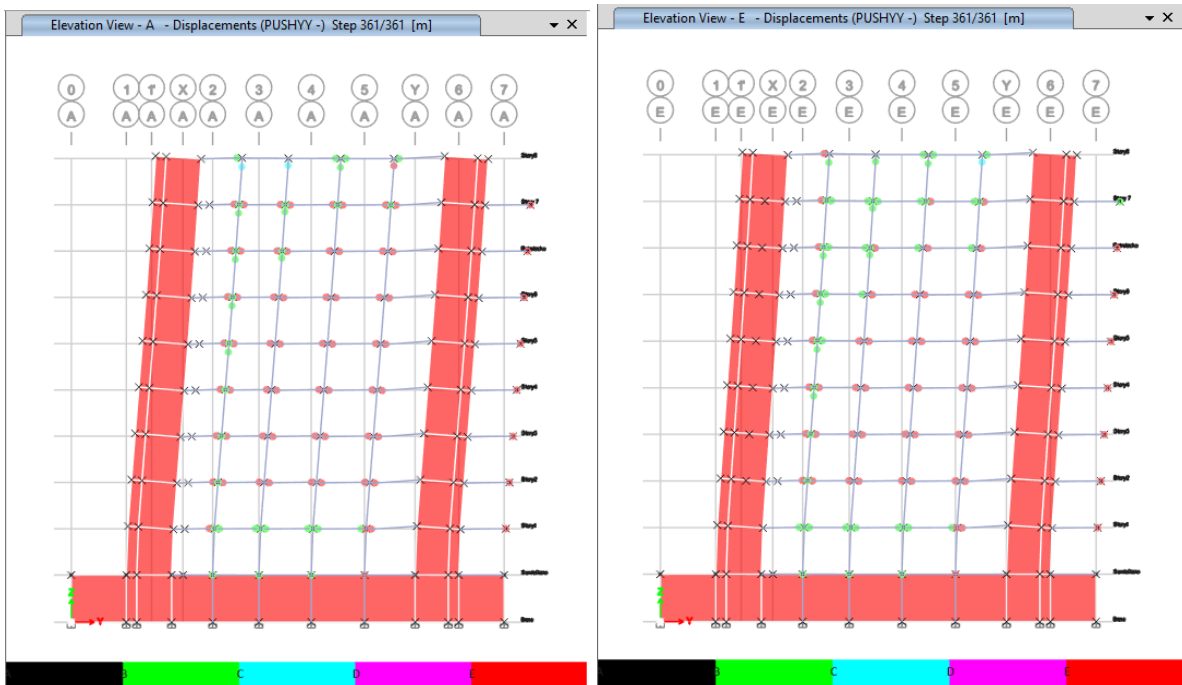


Mecanismo de falla-Vista elevación eje 3 y eje D -Esquema mecánico C-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

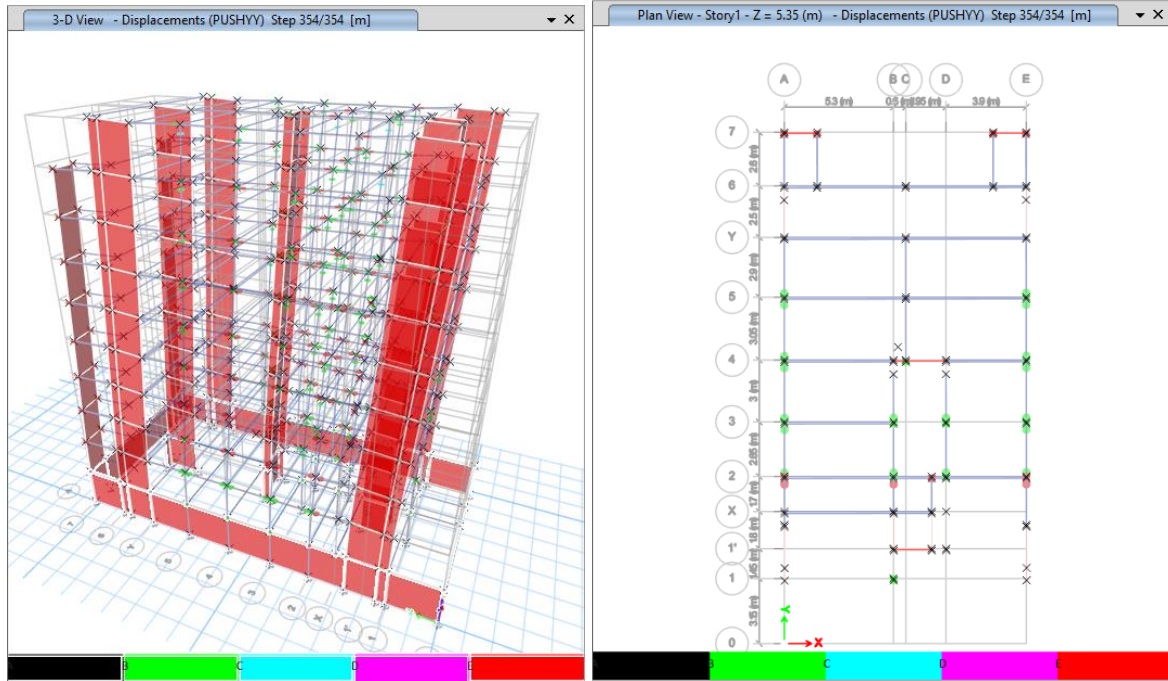
Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico C-Sentido YY+



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

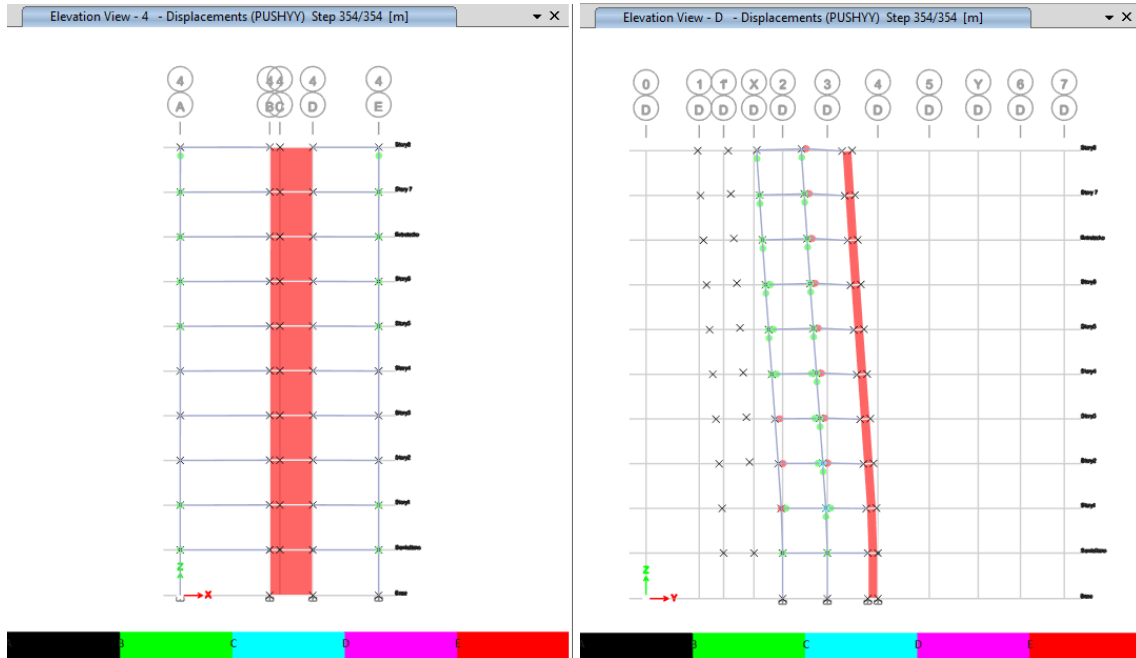


Mecanismo de falla-Vista 3D y planta-Esquema mecánico C-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

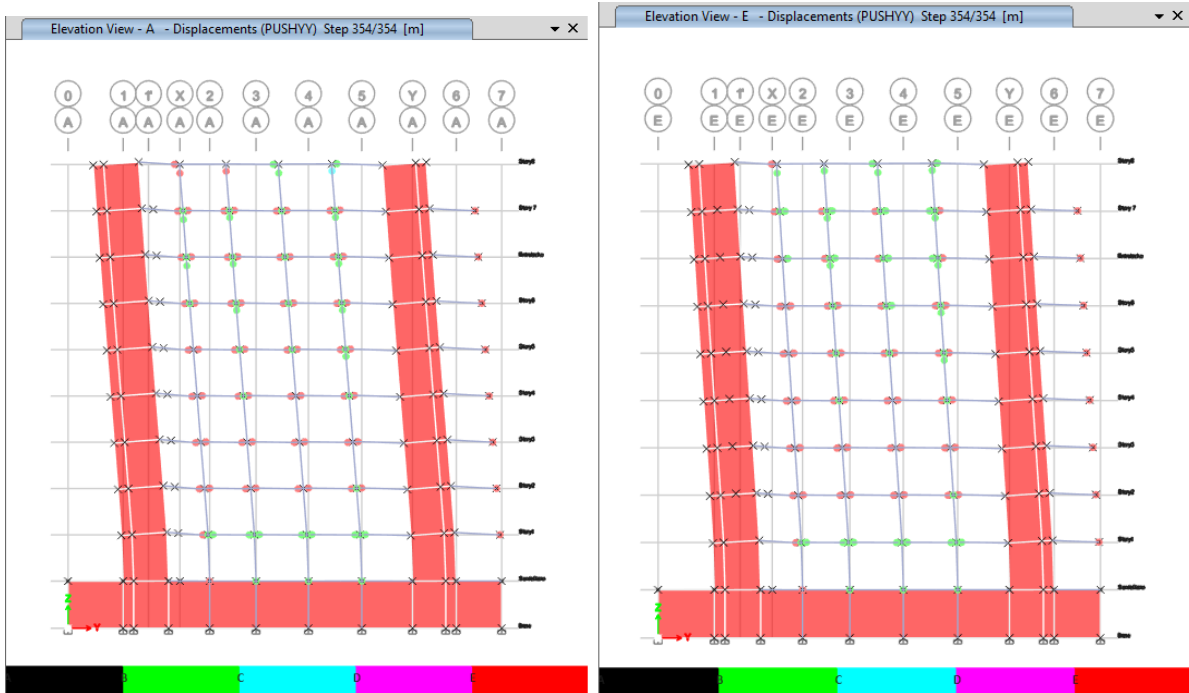
Mecanismo de falla-Vista elevación eje 4 y eje D -Esquema mecánico C-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Mecanismo de falla-Vista elevación eje A y eje E -Esquema mecánico C-Sentido YY-



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

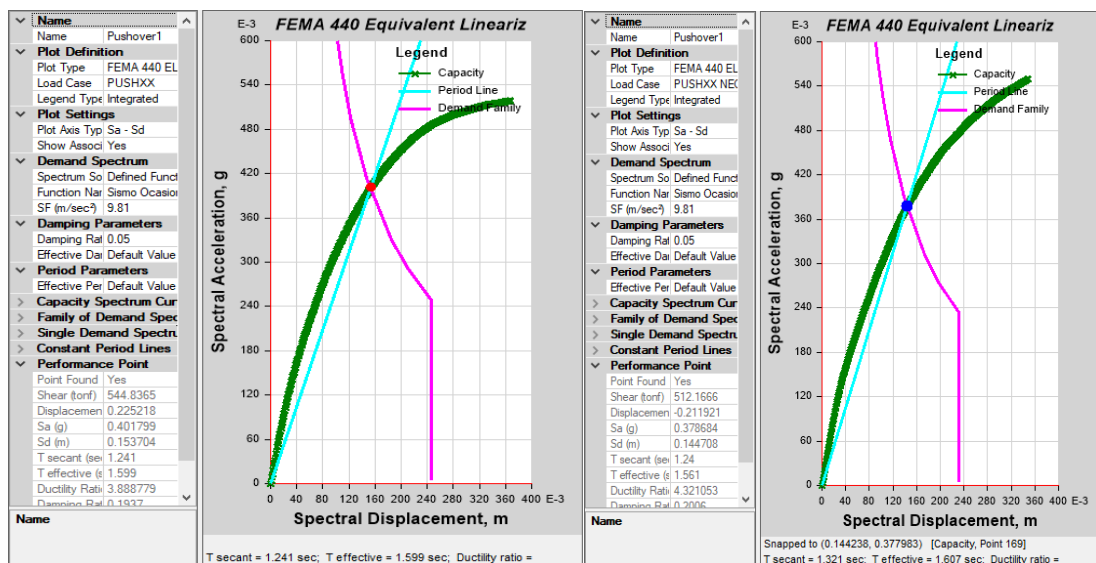
Anexo N°12: Puntos de desempeño

a) Esquema mecánico A

Sentido X

- Sismo Ocasional

Puntos de desempeño-Sismo Ocasional-Esquema Mecánico A-Sentido XX

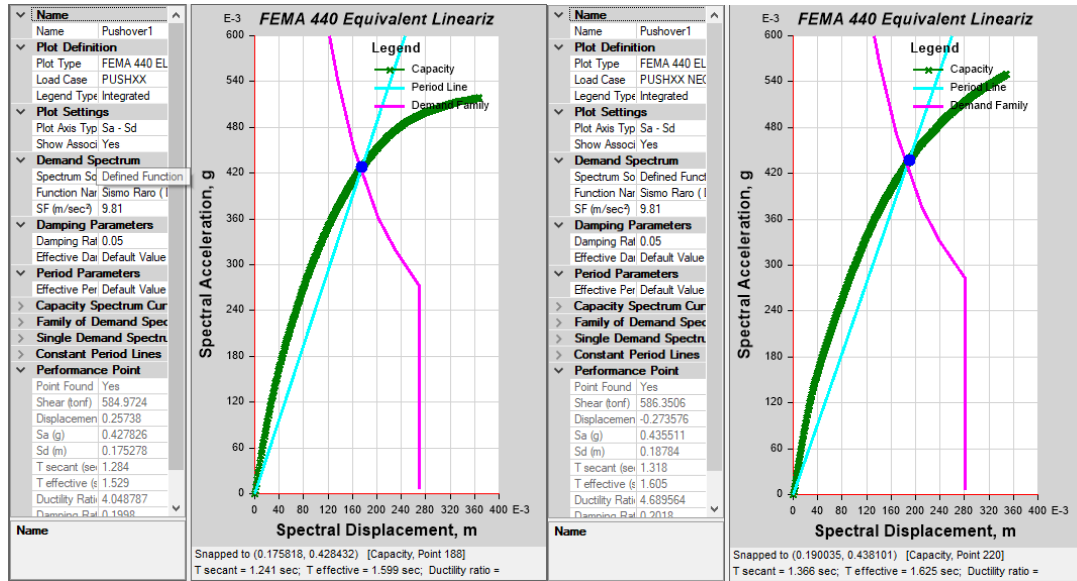


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sismo Raro

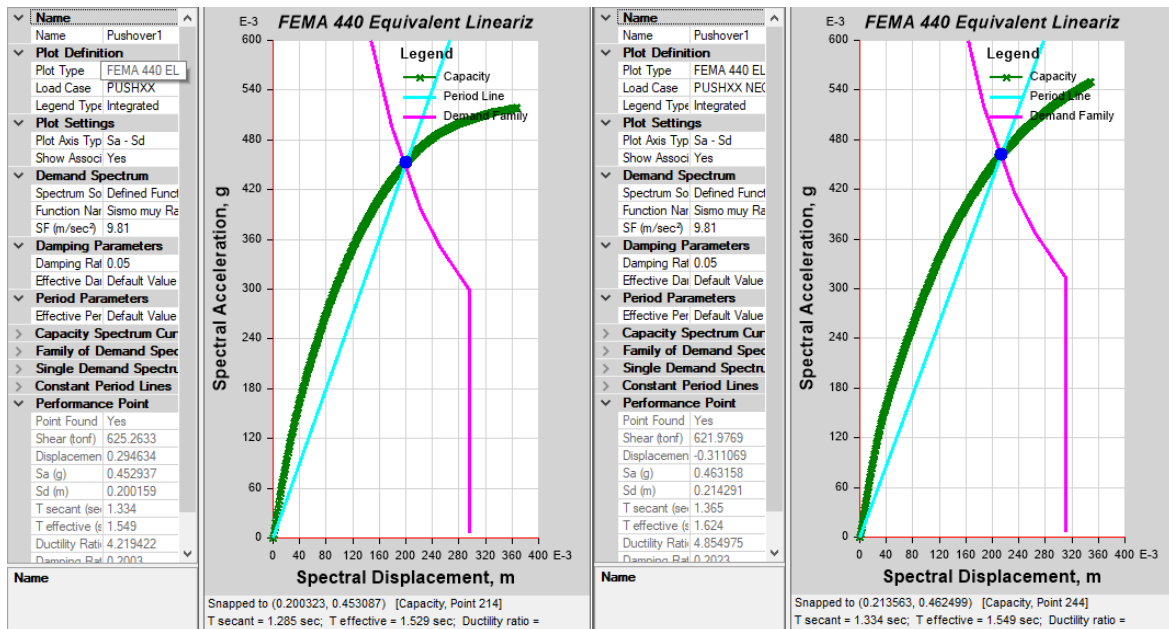
Puntos de desempeño-Sismo Raro-Eschema Mecánico A-Sentido XX



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

Sismo muy Raro

Puntos de desempeño-Sismo muy Raro-Eschema Mecánico A-Sentido XX



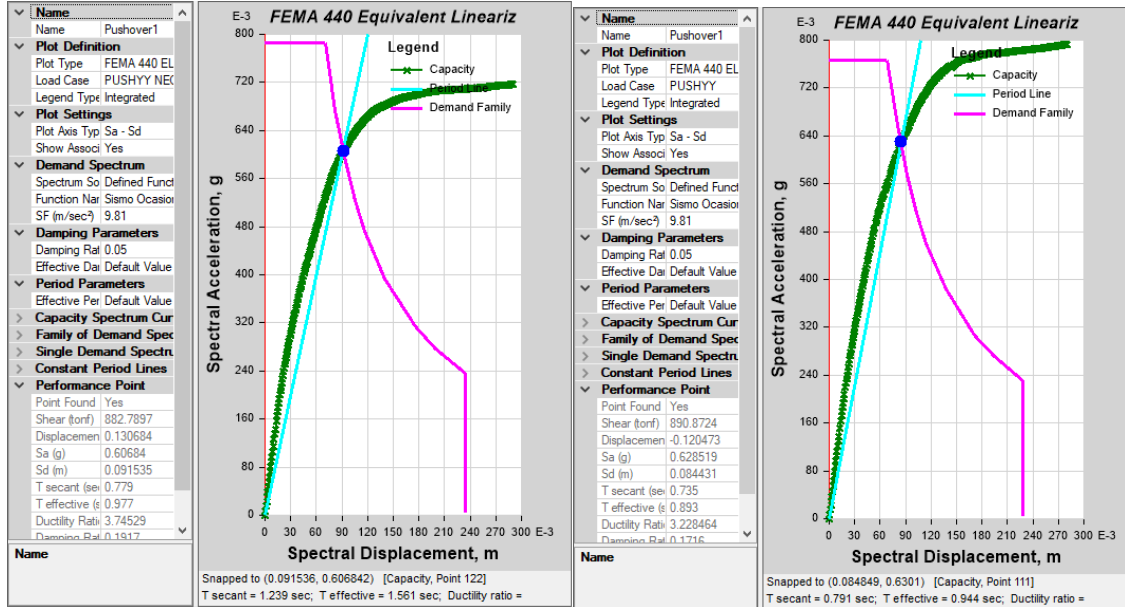
Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sentido Y

- Sismo Ocasional

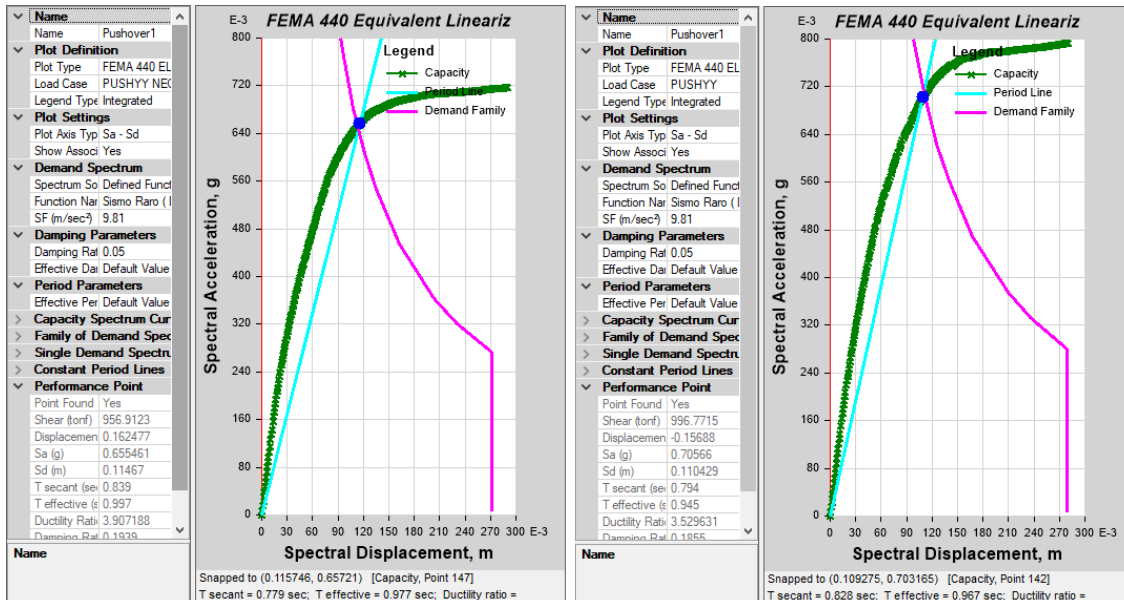
Puntos de desempeño-Sismo Ocasional-Esquema Mecánico A-Sentido YY



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

- Sismo Raro

Puntos de desempeño-Sismo Raro-Esquema Mecánico A-Sentido YY

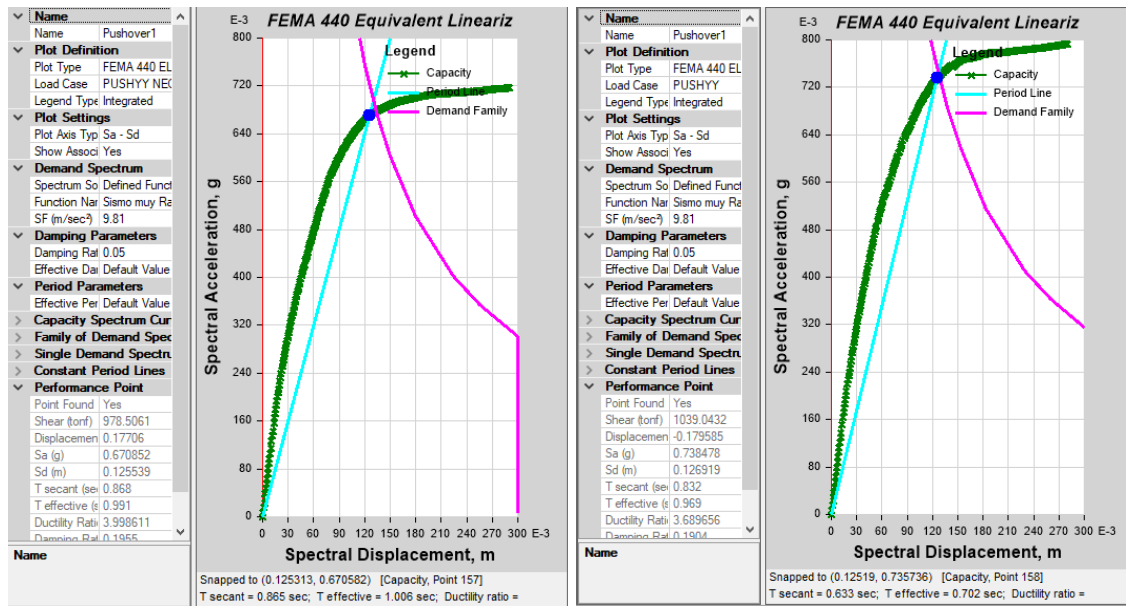


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sismo muy Raro

Puntos de desempeño-Sismo muy Raro-Eschema Mecánico A-Sentido YY



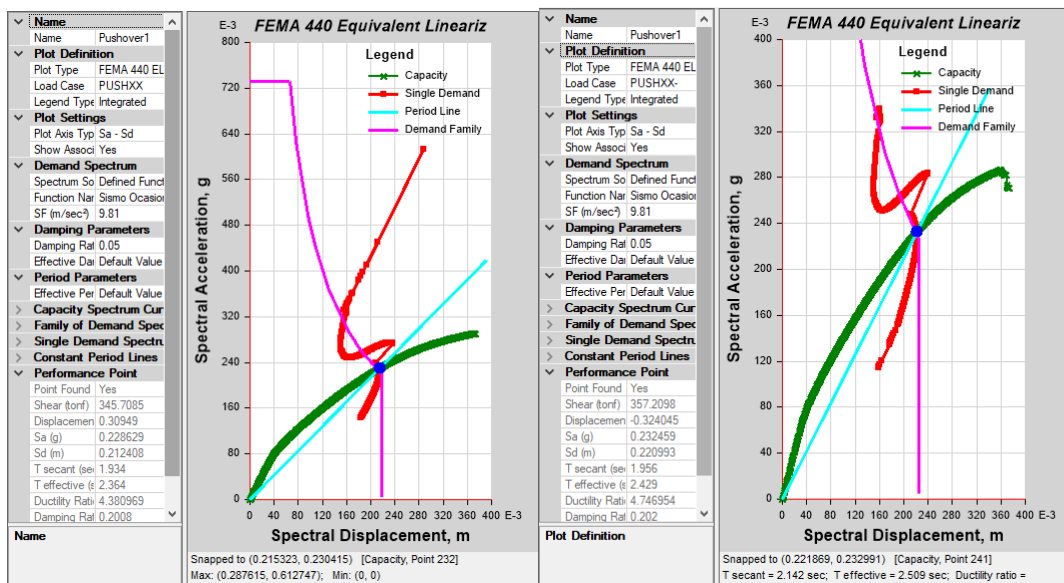
Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

b) Esquema mecánico B

Sentido X

Sismo Ocasional

Puntos de desempeño-Sismo Ocasional-Eschema Mecánico B-Sentido XX

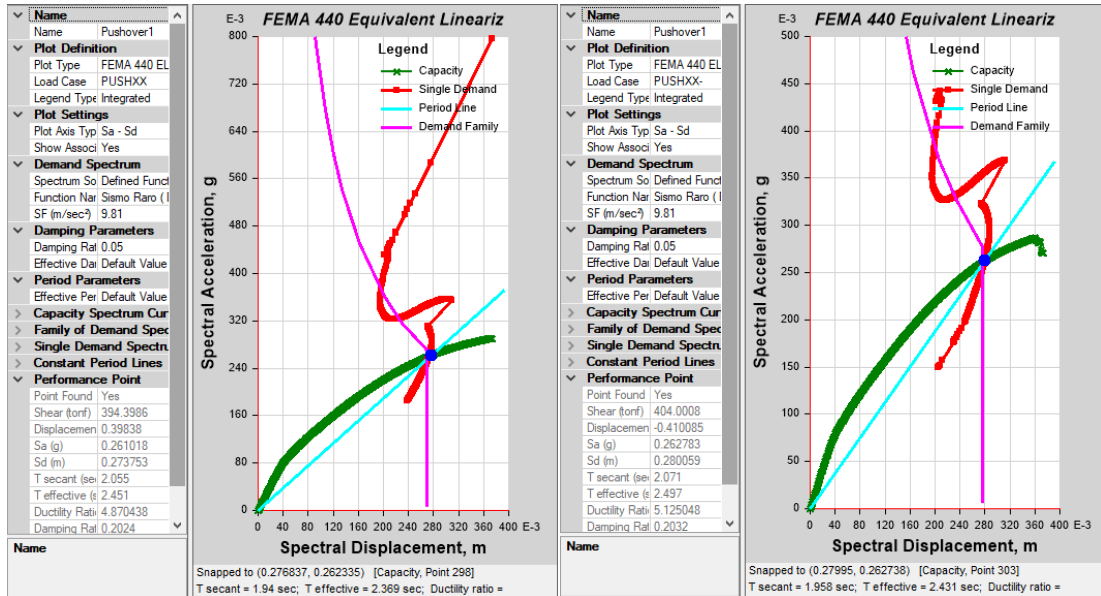


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sismo Raro

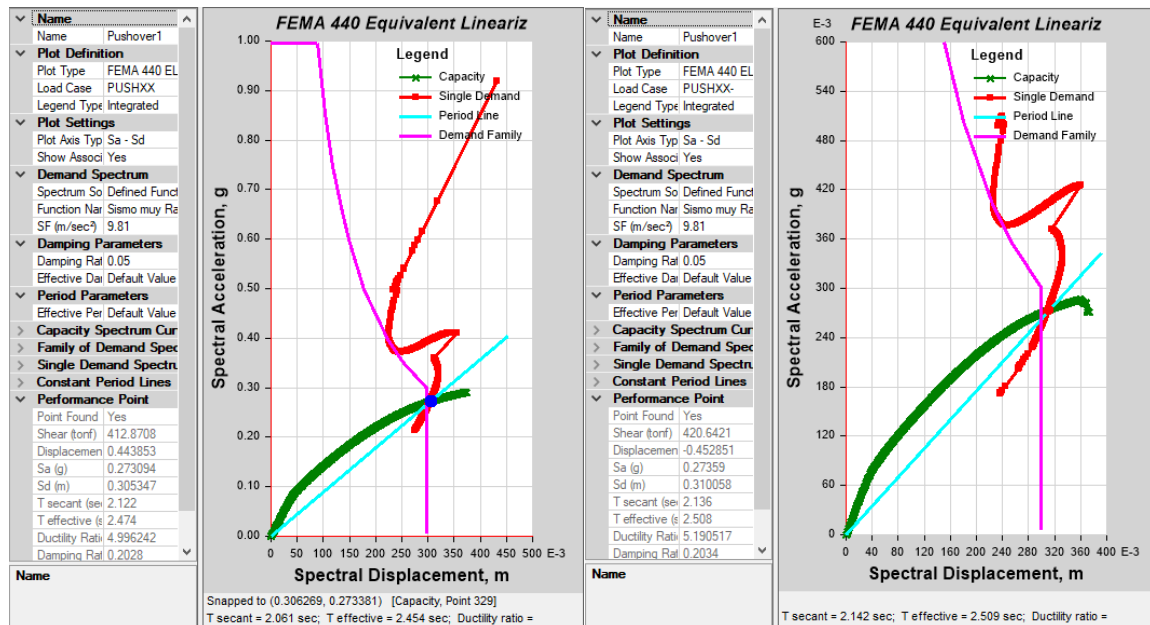
Puntos de desempeño-Sismo Raro-Eschema Mecánico B-Sentido XX



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

Sismo muy Raro

Puntos de desempeño-Sismo muy Raro-Eschema Mecánico B-Sentido XX



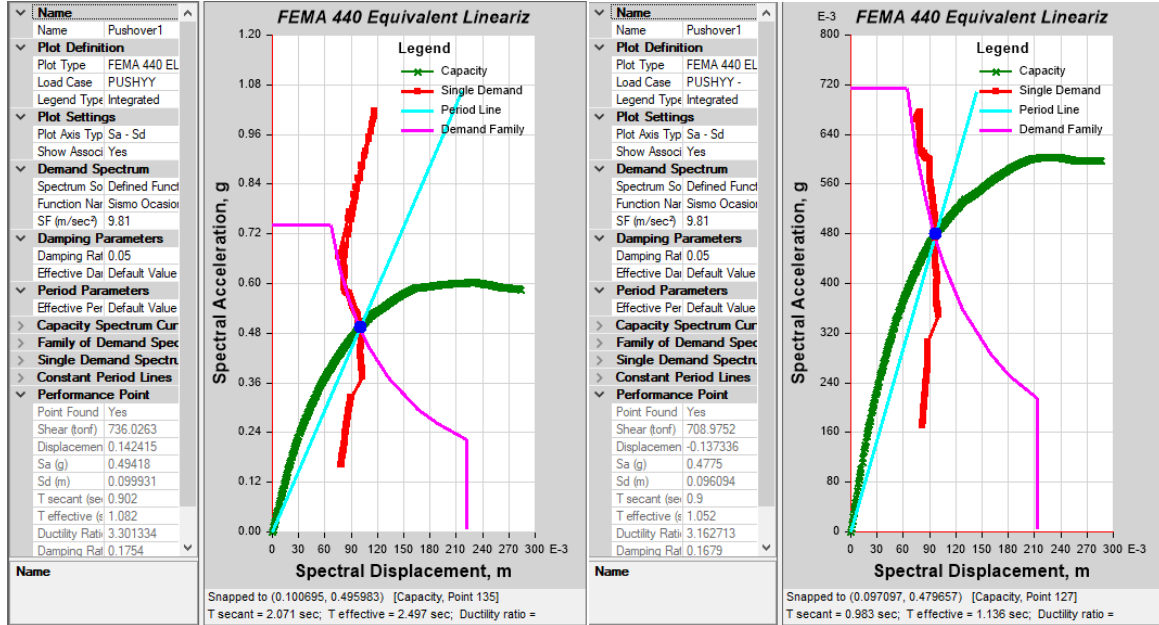
Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sentido Y

- Sismo Ocasional

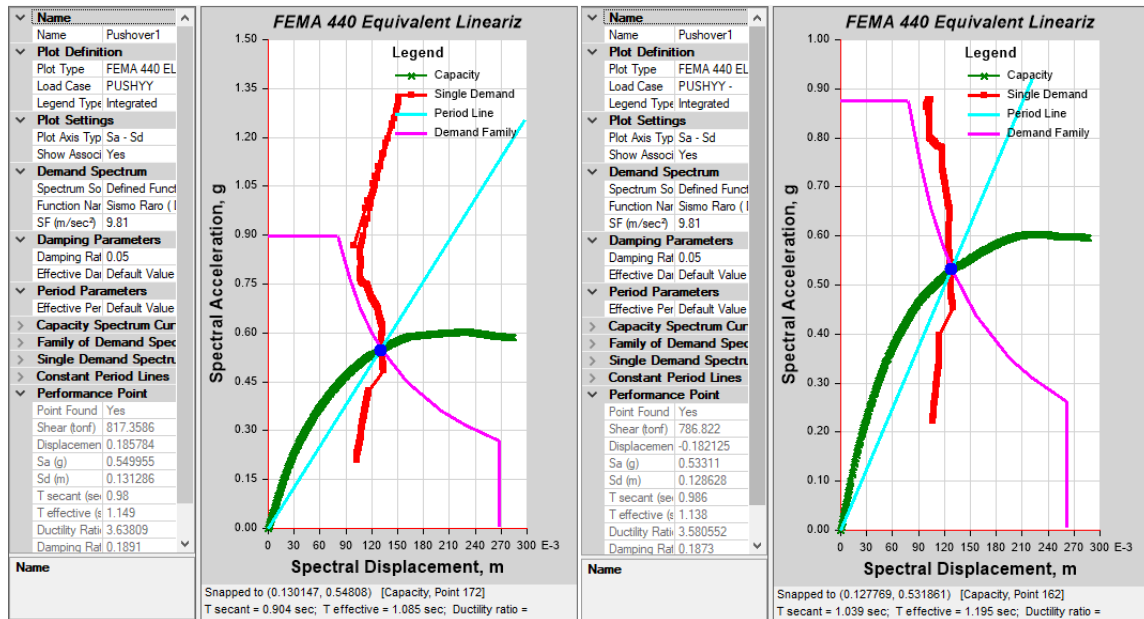
Puntos de desempeño-Sismo Ocasional-Esquema Mecánico B-Sentido YY



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

- Sismo Raro

Puntos de desempeño-Sismo Raro-Esquema Mecánico B-Sentido YY

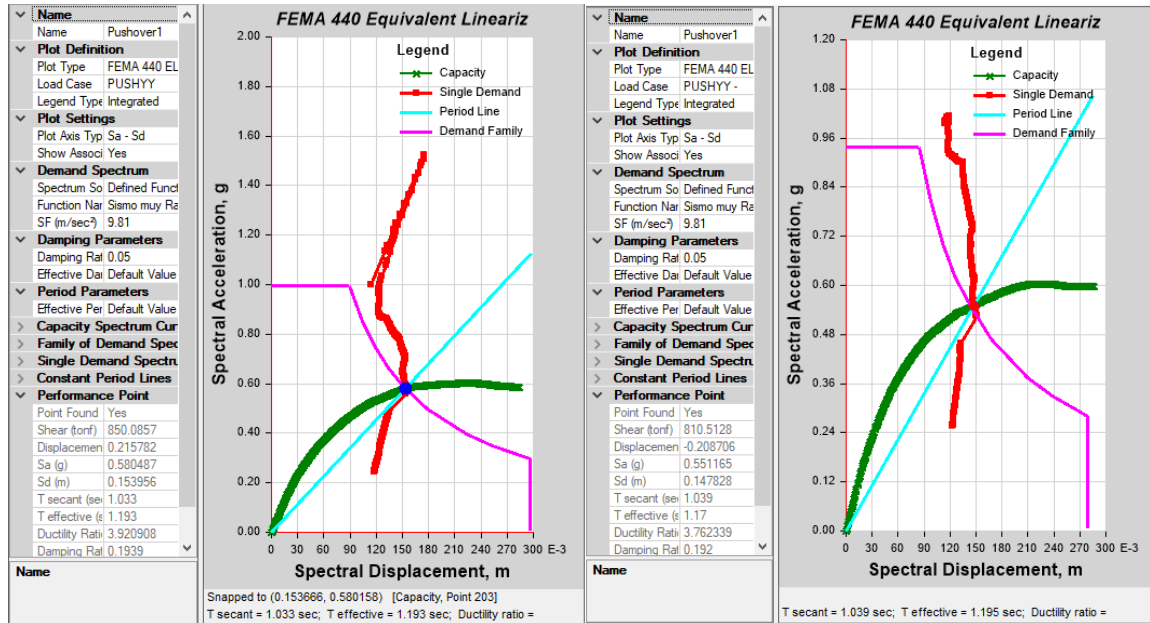


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sismo muy Raro

Puntos de desempeño-Sismo muy Raro-Esquema Mecánico B-Sentido YY



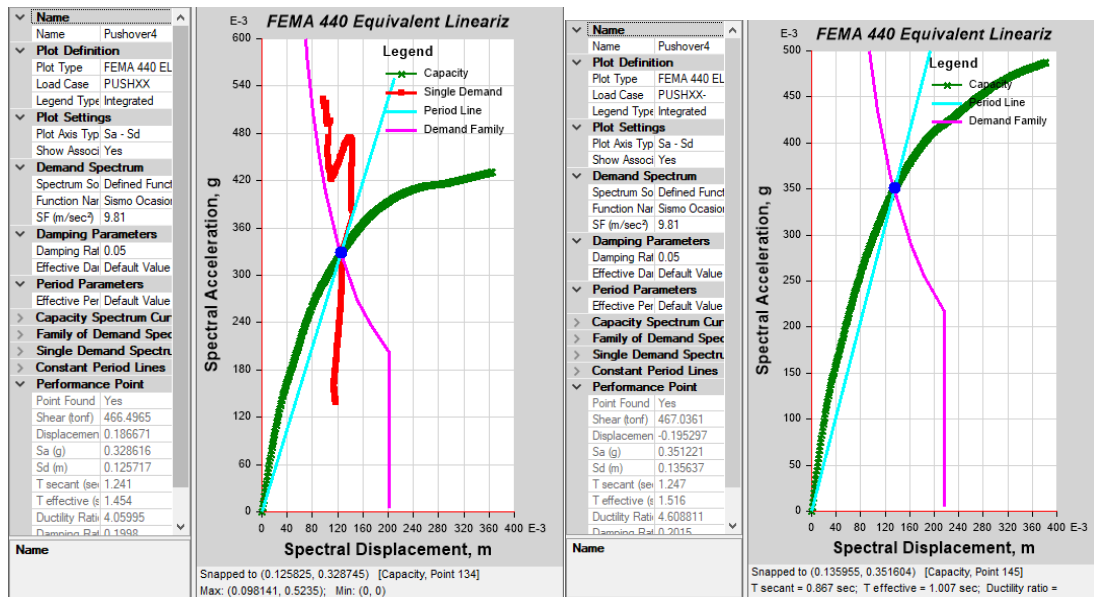
Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

c) Esquema mecánico C

Sentido X

Sismo Ocasional

Puntos de desempeño-Sismo Ocasional-Esquema Mecánico C-Sentido XX

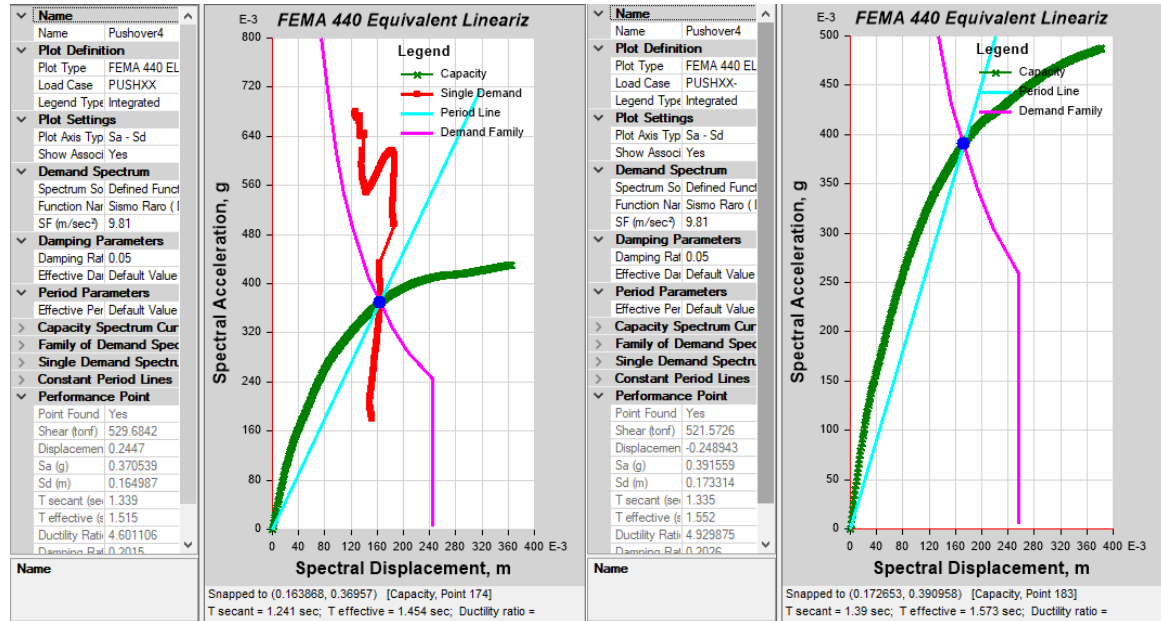


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



• Sismo Raro

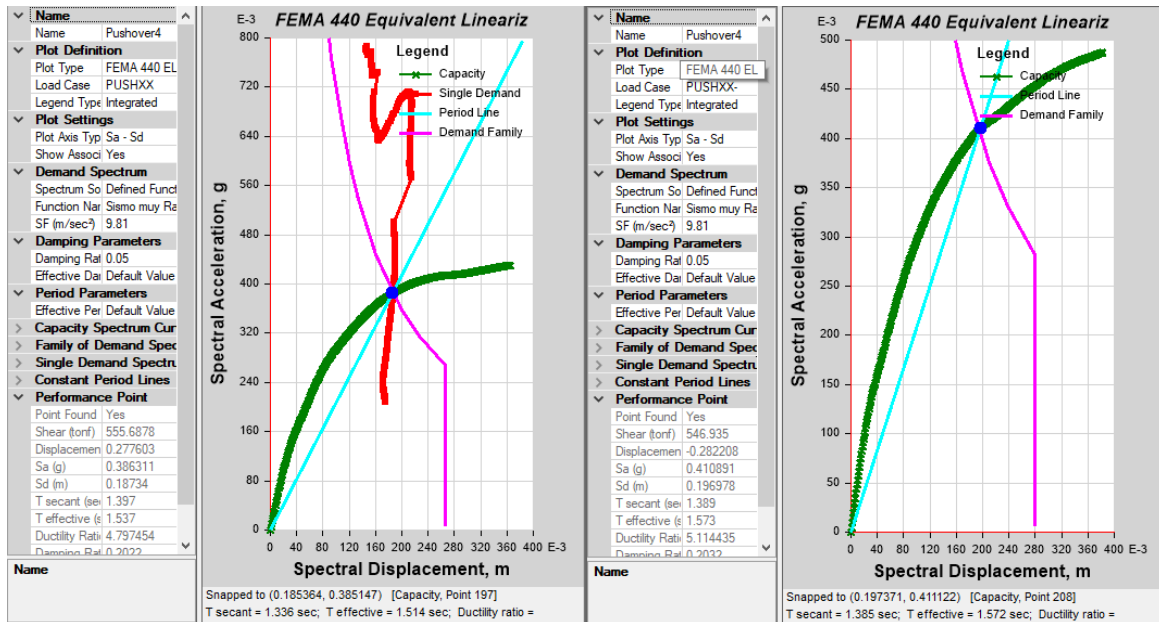
Puntos de desempeño-Sismo Raro-Eschema Mecánico C-Sentido XX



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

• Sismo muy Raro

Puntos de desempeño-Sismo muy Raro-Eschema Mecánico C-Sentido XX



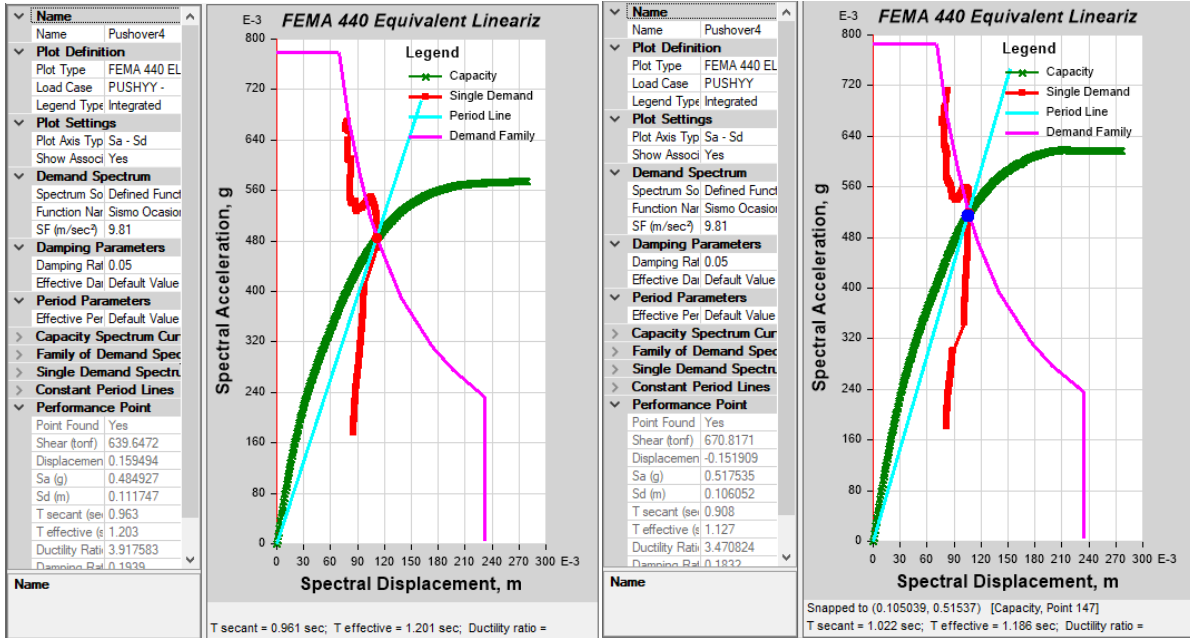
Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Sentido Y

- Sismo Ocasional

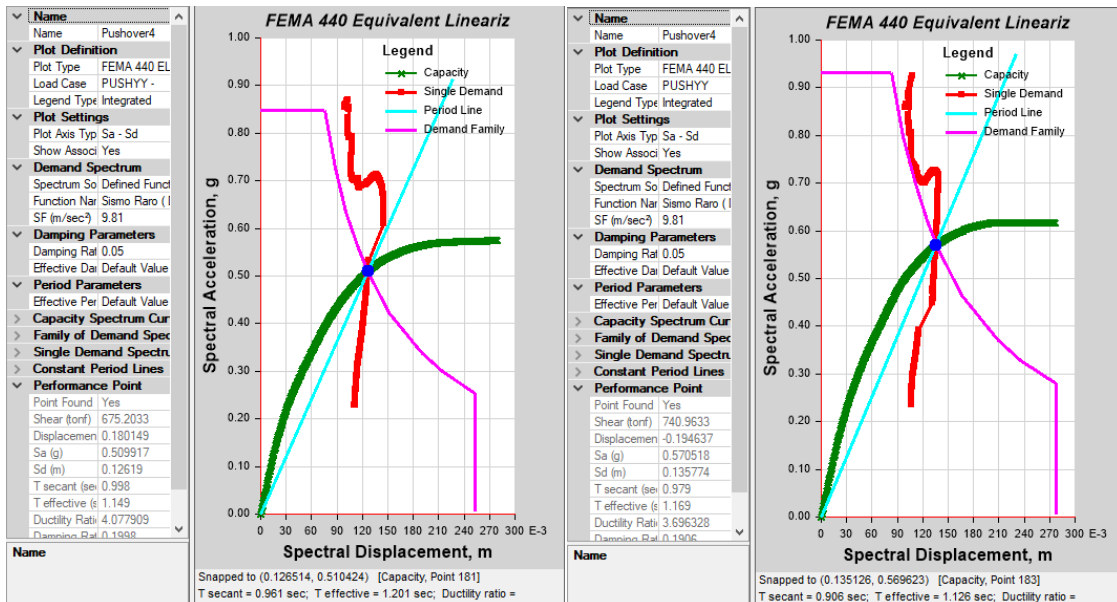
Puntos de desempeño-Sismo Ocasional-Esquema Mecánico C-Sentido YY



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia

- Sismo Raro

Puntos de desempeño-Sismo Raro-Esquema Mecánico C-Sentido YY

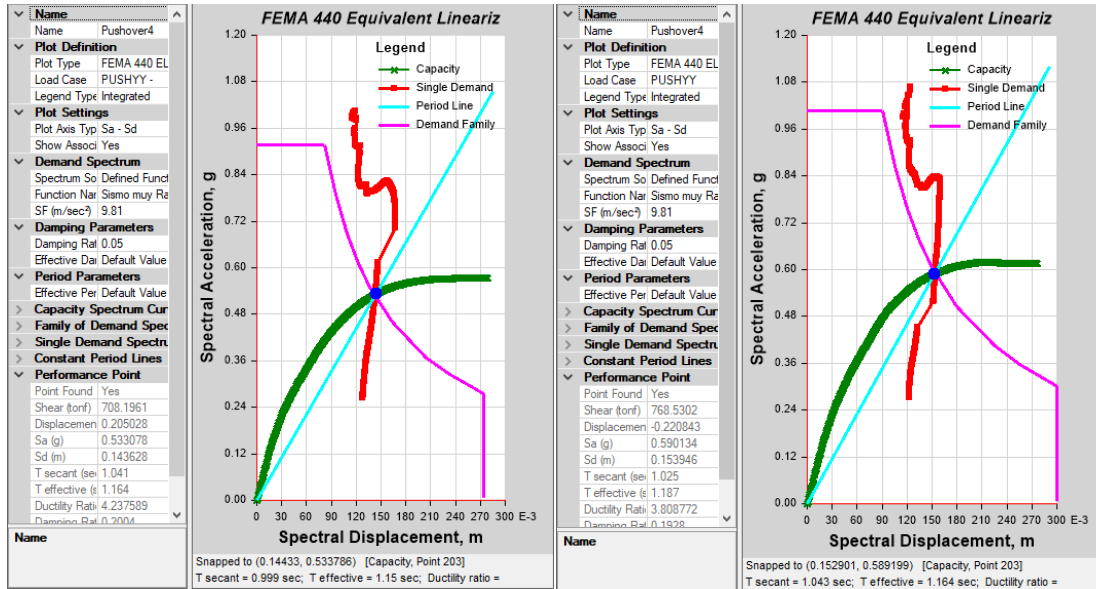


Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



- Sismo muy Raro

Puntos de desempeño-Sismo muy Raro-Eschema Mecánico C-Sentido YY



Fuente: ETABS 2018 – Adaptación Propia



Anexo N°13: Matriz de consistencia

Título : "DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL INCREMENTAL (PUSHOVER) , A PARTIR DE TRES TIPOS DE ESQUEMAS MECANICOS DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS DE LOS DOCUMENTOS FEMA 440 Y ATC 40, DE LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO: RESIDENCIAL "AMAUTA III" UBICADA EN LA URB. MAGISTERIO -CUSCO- 2021"						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III "evaluado comparativamente a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", ante diferentes solicitaciones sísmicas, de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover)?	Determinar el nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III "evaluado comparativamente a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", ante diferentes solicitaciones sísmicas, de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover).	El nivel de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III ",evaluado según el esquema mecánico "A" y "C" describe: para un sismo de servicio una condición operacional, para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata, y para un sismo máximo se establece entre ocupación inmediata y seguridad de vida y evaluado mediante el esquema mecánico " B" describe : para un sismo de servicio una condición operacional, para un sismo de diseño una condición de ocupación inmediata y para un sismo máximo se establece entre seguridad de vida ,prevención del colapso; de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 aplicando la técnica del análisis estático no lineal incremental (pushover) .	Nivel de desempeño	Punto de desempeño	Desplazamiento lateral Fuerza Cortante en la base	Formato de recolección de datos Hojas de cálculo Gráficas Planos estructurales de la edificación NTP E.030 FEMA 440 ATC 40
				Niveles de desempeño sísmico	Operacional	
					Ocupación inmediata	
					Seguridad de vida	
				Espectro de Demanda	Prevención de colapso	
					Periodo de retorno(Años)	
					Probabilidad de Excedencia(%)	



PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el valor de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " cuando se produce la aparición de la primera rotula plástica; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 ?	Determinar el valor de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " cuando se produce la aparición de la primera rotula plástica; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.	El valor de desplazamiento lateral cuando aparece la primera rótula plástica, en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado según los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 5 cm a 9 cm para ambas direcciones de análisis.	ESQUEMA MECÁNICO "A" Idealización para la no linealidad de los muros de corte tipo "SHELL(Cáscara)"	Patrón de cargas laterales	Carga triangular distribuida	Formato de recolección de datos Hojas de cálculo Gráficas
¿Cuál es el valor de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " cuando se encuentre en su máximo desempeño(colapso) luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 ?	Establecer el valor de desplazamiento lateral del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " cuando se encuentre en su máximo desempeño(colapso) luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.	El valor de desplazamiento lateral en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; cuando se encuentre en su máximo desempeño (colapso), luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 45 cm a 55 cm para el sentido de análisis en X y para el sentido de análisis en Y estará entre 30 cm y 40 cm.		ESQUEMA MECÁNICO "B" Idealización para la no linealidad de los muros de corte mediante el método "VIGA CON BRAZO RIGIDO"	Cargas gravitacionales constantes	Metrado de cargas de gravedad



<p>¿Cuál es el valor de fuerza cortante que produce la aparición de la primera rotula plástica en el modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III "; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C"?, de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 ?</p>	<p>Determinar el valor de fuerza cortante que produce la aparición de la primera rotula plástica en el modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III "; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos A","B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.</p>	<p>El valor de la fuerza cortante en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; que produce la primera rotula plástica, luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover)evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A" y "C" estará entre 300 ton-f a 700 ton-f y para el esquema mecánico "B" estará entre 100 ton-f a 500 ton-f en ambas direcciones de análisis.</p>	<p>ESQUEMA MECÁNICO "C" Idealización para la no linealidad de los muros de corte tipo "LAYER"</p>			<p>Diagramas de Momento-Curvatura del elemento FEMA 440 ATC 40</p>
<p>¿Cuál es el valor de fuerza cortante que genera el máximo desempeño(colapso)del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover)a partir de los esquemas mecánicos "A","B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 ?</p>	<p>Establecer el valor de fuerza cortante que genera el máximo desempeño (colapso) del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover)a partir de los esquemas mecánicos A","B" y "C",de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.</p>	<p>El valor de fuerza cortante en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; que generará el máximo desempeño, luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover)evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A" y "C" estará entre 700 ton-f a 1200 ton-f y para el esquema mecánico "B" estará entre 400 ton-f a 900 ton-f para ambas direcciones de análisis.</p>	<p>*Niveles de desempeño según la propuesta del ATC-40 *Objetivos y Niveles de Desempeño dados por el FEMA 440.</p>	<p>Demanda sísmica según norma E-030</p>	<p>Parámetros sísmicos</p>	<p>Formato de recolección de datos Hojas de cálculo Gráficas NTP E.030 FEMA 440 ATC 40</p>
<p>¿Cuál es el punto de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) frente a diferentes solicitaciones sísmicas y a partir de los esquemas</p>	<p>Determinar el punto de desempeño del modelo de la edificación de concreto armado :Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) frente a diferentes solicitaciones sísmicas y a partir de los</p>	<p>Los valores del punto de desempeño en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) para un sismo de servicio(ocasional) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A","B" y "C" estará entre 10 cm a 35 cm de desplazamiento y</p>	<p>*Diferentes solicitaciones sísmicas: Sismo de Servicio(ocasional), Sismo de diseño(raro), Sismo Máximo (muy raro).</p>	<p>Demanda sísmica según ATC-40 Demanda sísmica según FEMA 440</p>	<p>Sismo de Servicio(SE) Sismo de Diseño(SD) Sismo Máximo(SM) Peligrosidad sísmica</p>	



<p>mecánicos "A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40 ?</p>	<p>esquemas mecánicos A", "B" y "C", de acuerdo a los lineamientos de los documentos FEMA 440 y ATC-40.</p>	<p>entre 300 ton a 900 ton-f de fuerza cortante; para un sismo de diseño (raro) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 15 cm a 40 cm de desplazamiento y entre 350 ton a 1000 ton-f de fuerza cortante y para un sismo máximo (muy raro) evaluado a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará entre 15 cm a 50 cm de desplazamiento y entre 400 ton a 1100 ton-f de fuerza cortante.</p>			
<p>¿Cuál es el valor de la ductilidad en el modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos "A", "B" y "C"?</p>	<p>Encontrar el valor de la ductilidad del modelo de la edificación de concreto armado: Residencial "Amauta III " luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) a partir de los esquemas mecánicos A", "B" y "C".</p>	<p>El valor de ductilidad en el modelo de la edificación de concreto armado Residencial "Amauta III"; luego de aplicar el análisis estático no lineal incremental (pushover) para los esquemas mecánicos "A", "B" y "C" estará en el rango de 5 a 12.</p>	<p>Método de Espectro vs Demanda</p>	<p>Espectro de capacidad</p> <p>Sismo ocasional</p> <p>Sismo Raro</p> <p>Sismo muy raro</p>	
			<p>Criterios de aceptación</p>	<p>Operacional</p> <p>Ocupación inmediata</p> <p>Seguridad de vida</p>	