Universidad Nacional
Federico Villarreal

VICERRECTORADO
DE INVESTIGACION

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

GRADO DE EXACTITUD DEL ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE CAPACIDAD SIMPLIFICADAS DE LOS ELEMENTOS VERTICALES DEL EDIFICIO "MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL" POR FALLA DE PANDEO DEL ACERO LONGITUDINAL EN RELACIÓN AL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. DIAZ VILLALOBOS CARLOS ALBERTO ALEXANDER.

ASESOR:

Dr. TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO.

JURADO:

Dr. CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE.

Dr. BEDIA GUILLEN CIRO SERGIO.

Msc. GARCIA URRUTIA OLAVARRIA ROQUE JESUS LEONARDO.

LIMA – PERÚ

2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el apoyo incondicional en mis años de formación universitaria, por forjar en mí una persona de bien.

INDICE

1 INTRODUCCION 1

1.1 Descripción y formulación del problema. 1

1.1.1 Realidad problemática 1

1.1.2 Problema 3

1.1.3 Formulación del problema 4

1.2 Antecedentes 4

1.2.1 Desde cuando existe o se conoce el problema 4

1.2.2 Estudios o investigaciones anteriores 6

1.3 Objetivos 11

1.3.1 Objetivo General 11

1.3.2 Objetivos específicos. 11

1.4 Justificación 12

1.4.1 Teórica 12

1.4.2 Práctica 12

1.4.3 Metodológica 12

1.4.4 Social 12

1.5 Hipótesis. 13

1.5.1 Hipótesis principal 13

1.5.2 Hipótesis Secundarias 14

2 MARCO TEORICO 15

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación. 15

2.1.1 Curva esfuerzo deformación del concreto (sección rectangular). 15

2.1.2 Curva esfuerzo deformación del acero. 18

2.1.3 Diagrama momento curvatura de las secciones. 20

2.1.4 Teoría del pandeo del acero longitudinal en elementos verticales de concreto armado. 24

2.1.5 Predicción analítica del punto de falla por pandeo del acero longitudinal considerando a las columnas en voladizo con carga axial y lateral (análisis simplificado) 26

2.1.6 Curva fuerza desplazamiento – envolvente bilineal según (FEMA440):. 27

2.1.7 Definición de términos básicos 28

3 METODO 30

3.1 Tipo de investigación. 30

3.2 Ámbito temporal y espacial. 30

3.3 Variables. 31

3.3.1 Operacionalización de variables 31

3.4 Población y muestra. 32

3.4.1 Unidad de estudio. 32

3.4.2 Población o universo. 32

3.4.3 Muestra 32

3.5 Instrumentos. 33

3.5.1 Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de resultados..... 33

3.6 Procesamiento de datos..... 34

3.7 Análisis de datos. 35

4 RESULTADOS 36

4.1 Caso de aplicación 36

4.1.1 Descripción del caso..... 36

4.1.2 Parámetros de sismicidad: 36

4.1.3 Resistencia de los materiales: 36

4.1.4 Códigos utilizados: 36

4.1.5 Cargas de diseño:..... 36

4.1.6 Diseño en planta: 37

4.1.7 Diseño en elevación:..... 37

4.1.8 Características de las columnas: 38

4.2 Evaluación del caso..... 41

4.2.1 Análisis estático no lineal Pushover. 41

4.3 Resultados del análisis no lineal Pushover. 45

4.4 Curvas de capacidad de los elementos verticales que han evidenciado rotulas plásticas por fluencia: 53

4.5 Curvas de capacidad y primera fluencia de elementos verticales..... 53

4.5.1 Paso 2 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia. 54

4.5.2 Paso 3 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia. 55

4.5.3 Paso 4 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia.. 58

4.5.4 Paso 5 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia.. 64

5 DISCUSION DE RESULTADOS. 71

5.1 Tablas, gráficos y figuras:..... 71

5.1.1 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 2..... 71

5.1.2 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 3..... 74

5.1.3 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 4..... 77

..... 77

5.1.4 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 5..... 81

6 CONCLUSIONES. 86

7 RECOMENDACIONES 89

8 REFERENCIAS 90

9 ANEXOS..... 92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Falla por pandeo en elementos verticales – placas de 15 cm de espeso– cuando la capacidad resistente a fuerza cortante (función del refuerzo horizontal, carga vertical y resistencia del concreto) supera a la capacidad de resistencia a flexión. 6

Figura 2.- Modelo esfuerzo deformación propuesto para cargas monotónicas de concreto confinado y no confinado (Mander et al 1988)..... 15

Figura 3.- Acero de confinamiento transversal. (Dirección x)..... 16

Figura 4.- Acero de confinamiento transversal. (Dirección y)..... 16

Figura 5.- Grafico esfuerzo vs deformación de un acero grado 60 (Dodd y Restrepo 1995)..... 19

Figura 6.- Gráfico de los esfuerzos y deformaciones en una sección de concreto armado. 20

Figura 7.- Diagrama momento curvatura de una sección de concreto reforzado..... 21

Figura 8.- Fuerzas internas aplicadas en una columna con refuerzo simétrico 22

Figura 9.- Simulación de deformaciones de compresión y tracción en una columna con refuerzo simétrico (Restrepo y Rodríguez, 2013) 23

Figura 10.- Curva esfuerzo-deformación, se observan los parámetros que definen el pandeo de una barra de acero sometida a cargas cíclicas reversibles. Rodríguez en (1997)..... 24

Figura 11.- Parámetro $\varepsilon p*$ versus s/db. Rodríguez en (1997) 25

Figura 12.- Parámetro de predicción modificado $\varepsilon p*$ versus s/db. 25

Figura 13.- Relación entre el momento curvatura y deflexión para una columna en cantilever. 26

Figura 14.- Envolvente de ciclos histeréticos..... 27

Figura 15.- Planta de la edificación. 37

Figura 16.-Corte B-B de la edificación. 37

Figura 17.-Secciones típicas de las columnas a ser analizadas. 39

Figura 18.-Detallado del espaciamiento entre estribos para todas las columnas. 40

Figura 19.- Vista 3D del edificio analizado en el programa ETABS. 41

Figura 20.- Definición de materiales (concreto y acero) en el modelo analizado. 42

Figura 21.- Definición de las secciones a los elementos. 42

Figura 22.- Definición del acero de las secciones en los elementos**.** 43

Figura 23.- Definición de las cargas en la estructura. 43

Figura 24.- Definición del punto y desplazamiento de control. 43

Figura 25.- Definición del espectro según norma de diseño sísmico. 44

Figura 26.- Definición y asignación de las rotulas plásticas. 44

Figura 27.- comparativo de distorsión de fluencia por PUSHOVER vs distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso2. 72

Figura 28.- Comparativo de cortante de fluencia por PUSHOVER vs cortante de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso2. 72

Figura 29.- Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso) paso2. 73

Figura 30.- Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante-distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso) – paso3. 74

Figura 31.- Comparativo de cortante y distorsión de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso3. 76

Figura 32.- Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso) paso 4. 78

Figura 33.- Comparativo de cortante y distorsión de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso 4. 80

Figura 34.- Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso). 82

Figura 35.- Comparativo de cortante y distorsión de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso 5. 84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.-10 terremotos más violentos que ha soportado el Perú (El Comercio, 2018) . 13

Tabla 2.-Aceros comerciales en Perú. 19

Tabla 3.-Operacionalización de las variables. 31

Tabla 4.-Cuadro de columnas. 38

Tabla 5.-Metrado de cagas axiales (relación P/Ag*f'c) por columna. 38

Tabla 6.-Detallado del acero longitudinal y transversal por columna. 39

Tabla 7.-Puntos de primera fluencia en el paso 1 y 2 del análisis PUSHOVER. 46

Tabla 8.-Puntos de primera fluencia en el paso 3 del análisis PUSHOVER. 47

Tabla 9.- Puntos de primera fluencia en el paso 4 del análisis PUSHOVER. 48

Tabla 10.-Puntos de primera fluencia en el paso 4 del análisis PUSHOVER. 49

Tabla 11.-Puntos de primera fluencia en el paso 4 y 5 del análisis PUSHOVER. 50

Tabla 12.-Puntos de primera fluencia en el paso 5 del análisis PUSHOVER. 51

Tabla 13.- Puntos de primera fluencia en el paso 5 del análisis PUSHOVER. 52

Tabla 14.- Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 2. 71

Tabla 15.-Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 2. 73

Tabla 16.-Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 3. 74

Tabla 17.-Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 3. 75

Tabla 18.-Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 4. 77

Tabla 19.-Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 4. 79

Tabla 20.- Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 5. 81

Tabla 21.- Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 5. 83

Tabla 22.- Porcentaje promedio de error de los pasos 2,3,4,5 en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER. 85

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1.- **Cuadros 1, 2, 3,4** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 54

Grafico 2.- **Cuadros 5, 6,7** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 55

Grafico 3.-**Cuadros 8, 9, 10,11** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 56

Grafico 4.-**Cuadros 12, 13, 14** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 57

Grafico 5.-**Cuadros 15, 16, 17,18** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 58

Grafico 6.-**Cuadros 19,20, 21,22** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 59

Grafico 7.-**Cuadros 23,24, 25,26** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 60

Grafico 8.-**Cuadros 27,28, 29,30** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 61

Grafico 9.-**Cuadros 31,32, 33,34** comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal..... 62

Grafico 10.-**Cuadros 35,36, 37,38** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 63

Grafico 11.-**Cuadros 39,40, 41,42** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 64

Grafico 12.-**Cuadros 43,44, 45,46** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 65

Grafico 13.-**Cuadros 47,48, 49,50** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 66

Grafico 14.-**Cuadros 51,52, 53,54** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 67

Grafico 15.-**Cuadros 55,56, 57,58** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 68

Grafico 16.-**Cuadros 59,60, 61,62** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 69

Grafico 17.-**Cuadros 63,64, 65,66** Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal. 70

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el grado exactitud de los resultados del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio " Municipalidad de San Miguel" calculadas según falla por pandeo del acero longitudinal de las mismas, respecto de los resultados obtenidos de un análisis estático no lineal Pushover (hecho con un programa computacional).

Se efectuó de la siguiente manera; en primer lugar se realizó un análisis estático no lineal PUSHOVER de la edificación "Municipalidad de San Miguel", a partir de este se observó a aquellos elementos estructurales – columnas – que evidenciaron incursión en el rango no lineal, mediante la visualización de rotulas plásticas (primera fluencia de los elementos), luego se procedió a determinar las curvas de capacidad simplificadas de las mismas, llámense curvas cortante vs distorsión considerando para los puntos de fluencia y resistencia ultima de la sección, la teoría de la falla por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales, (se considerara para simplificar el análisis que los elementos estructurales estarán en voladizo).De estos análisis se obtuvo los valores de distorsión y cortante por primera fluencia de los elementos verticales.

Se concluyó que el grado de exactitud de los resultados del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio " Municipalidad de San Miguel" calculadas según falla por pandeo del acero longitudinal de las mismas, respecto de los resultados obtenidos de un análisis estático no lineal Pushover (hecho con el programa ETABS) es bajo, por lo que la hipótesis planteada no se corrobora según los datos obtenidos.

Palabras clave: curva de capacidad, pandeo del acero longitudinal, análisis estático no lineal Pushover, rotulas plásticas, punto de fluencia.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the degree of accuracy of the results of the analysis of the simplified capacity curves of the vertical elements of the "Municipality of San Miguel" building, calculated according to failure due to buckling of the longitudinal steel of the same, with respect to the results obtained of a non-linear static analysis Pushover (done with a computer program).

It was done in the following way; In the first place, a non-linear static analysis PUSHOVER of the "Municipality of San Miguel" building was carried out, from which it was observed those structural elements - columns - that showed an incursion in the non-linear range, by visualizing plastic pins (first fluence of the elements), then proceeded to determine the simplified capacity curves of the same, call sharp curves vs distortion considering for the yield points and ultimate strength of the section, the theory of the failure by buckling of the longitudinal steel of the vertical elements, (it will be considered to simplify the analysis that the structural elements will be cantilevered).From these analyzes the values of distortion and shear were obtained by the first creep of the vertical elements.

It was concluded that the degree of accuracy of the results of the analysis of the simplified capacity curves of the vertical elements of the building "Municipality of San Miguel" calculated according to failure by buckling of the longitudinal steel of the same, with respect to the results obtained from an analysis static non-linear Pushover (made with the ETABS program) is low, so the hypothesis is not corroborated according to the data obtained.

Keywords: capacity curve, longitudinal steel buckling, non-linear static analysis Pushover, plastic pins, yield point.

1 INTRODUCCION

1.1 Descripción y formulación del problema.

1.1.1 Realidad problemática

Los terremotos son el escenario de prueba de las edificaciones construidas en todo el mundo e incluso hoy en día, no se conoce bien el fenómeno, pero cada vez se avanza más en el control del daño.

Según (Gallegos, 1998) “Las fallas son maestras de la ingeniería” pues alertan sobre las evidencias del estado tenso-deformacional real de las obras y sus posibles contradicciones con la concepción y los modelos físico-matemáticos utilizados en su diseño.” Por lo que considerando que se hayan utilizado materiales de buena calidad y que el proceso constructivo de la estructura haya sido impecable, una falla en el diseño será la patología más importante a controlar.

El sismo de chile 27 de febrero del 2010, por su gran magnitud, duración y aceleración produjo cuantiosas fallas estructurales en una gran cantidad de edificaciones de concreto armado; se pudo apreciar una falla repetitiva en estas estructuras, fallas de borde en los elementos verticales, debido al pandeo del refuerzo vertical interno. La falla por pandeo de los elementos verticales se caracteriza por el movimiento balanceado que tienen las estructuras al ser sometidas a acciones sísmicas y que generan la tracción y compresión de los elementos verticales llámese varillas de refuerzo generándose la trituración del concreto y la flexión de los aceros longitudinales. Para este terremoto de magnitud 8.8 en la escala de Richter las estructuras que incurrieron en este tipo de falla, tuvieron una respuesta adecuada pues no colapsaron, pero fallaron ante un evento que según se identifico fue un sismo moderado en los sitios de ocurrencia, por lo que el diseño no fue el óptimo.(San Bartolomé, Quiun, Silva, 2010)

El sismo del 16 de abril del 2016 en Ecuador dejo al descubierto las carencias de un correcto diseño, violación de normas y descuidos constructivos lo que conllevo a que algunas de las estructuras en ese país fallen, por ejemplo se pudo notar que muchas de las columnas de diversas edificaciones no cumplieron con la adecuada configuración estructural requerida por la normativa de ese país. (Castañeda, bravo, 2017)

El sismo del 15 de agosto del 2007 de magnitud 7 en la escala de Richter produjo muerte y destrucción en las zonas de Pisco, Chincha e Ica, dejando a su paso, muestra de la cantidad de informalidad que existe en la construcción (autoconstrucción). Se pudo observar que la falta de un buen diseño estructural, dejo los extremos de las columnas sin un confinamiento adecuado, grave error ya que esto origino que dichas columnas no puedan desarrollar un desplazamiento adecuado, fallando intempestivamente; una falla que se puedo evitar y una estructura que se pudo salvar si hubiera tenido la capacidad de desplazamiento adecuada. (Tavera, 2008)

De los sismos de Ecuador, Perú y Chile ocurridos en los últimos años en Sudamérica, se puede concluir que las fallas de los elementos verticales debido al pandeo del acero de refuerzo longitudinal es una de las fallas más comunes en estructuras de concreto armado y esta falla no es mala, al contrario se espera que los elementos verticales lleguen a fallar por el pandeo de sus aceros longitudinales - falla dúctil – antes que por una falla frágil; pero no sin antes haber desarrollado una gran capacidad de deformación.

Los diferentes códigos de diseño sismoresistente de los países de Ecuador Chile y Perú y posiblemente muchos otros países de Latinoamérica, hasta el día de hoy no han introducido una normativa para el control de la falla de los elementos verticales al incursionar en el rango no lineal y por lo tanto estos han fallado estrepitosamente pues no han tenido un comportamiento adecuado ante sismos moderados .Esto se hubiese podido

evitar si estas estructuras hubiesen sido diseñadas con un adecuado control en detallado del acero y en el análisis de la sección de dichos elementos estructurales. Es así que entra a tallar la importancia de la comprensión del comportamiento no lineal – el más real - de las estructuras de concreto armado pues cuando una estructura se somete a un sismo, difícilmente desarrolle su capacidad de deformación solo en el rango lineal. (Recuero, 2006)

Para una comprensión más completa del fenómeno de pandeo de refuerzo longitudinal en los elementos verticales de estructuras y la forma de cuantificar los resultados de un análisis no lineal, se debe tener en cuenta que los factores más relevantes en este estudio, son el efecto del refuerzo transversal, la naturaleza cíclica del comportamiento del acero de refuerzo, así como el comportamiento del concreto que al ser confinado incrementa notoriamente su capacidad de carga y la configuración geométrica de la sección del elemento.

1.1.2 Problema

1.1.2.1 Problema principal

- ¿Cuál es el grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover?

1.1.2.2 Problemas Secundarios

- ¿Cuál es el grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER?

- ¿Cuál es el grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER?

1.1.3 Formulación del problema

Al igual que se pueden corroborar los resultados de un análisis estructural de una edificación por medio de un programa computacional, lo que busca la presente investigación es determinar el grado de exactitud de los resultados de un análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio " Municipalidad de San Miguel" calculadas según falla por pandeo del acero longitudinal de las mismas (Se considerara para simplificar el análisis que las columnas estarán en voladizo interviniendo en el cálculo solo la carga lateral y axial); respecto de los resultados de un análisis estático no lineal Pushover, hecho con el programa ETABS, mediante la comparación del punto de fluencia efectiva en los dos casos mencionados.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Desde cuando existe o se conoce el problema

Todo programa computacional genera su propia base de datos para obtener resultados, estos de por sí ya calculan internamente mediante códigos, la curva de capacidad de los elementos estructurales y las rotulas plásticas en estos.

Este estudio nos lleva a obtener una curva de capacidad simplificada de los elementos estructurales teniendo en cuenta el tipo de falla por pandeo del acero longitudinal de los mismos y considerando un análisis de las columnas en voladizo.

La curva se relacionara directamente con los datos obtenidos del análisis Pushover hecho con el programa ETABS, en este análisis se evidenciara los primeros elementos que fallaran al generarse rotulas plásticas al inicio de la fluencia efectiva.

El tipo de falla por pandeo del acero longitudinal en elementos verticales (formación de rotulas plásticas) existe desde siempre que han existido los terremotos, muchas de las estructuras sometidas a estos sismos fallaban y no se sabía el por qué ocurría esto, hasta que se realizaron las investigaciones correspondientes y (Rodríguez,1997) pudo encontrar de manera experimental una relación no exacta pero muy precisa, entre la capacidad de pandeo de las barras longitudinales de los elementos verticales y la configuración estructural de las secciones, gracias a lo cual se pudo generar un mecanismo de control en el diseño de estructuras que necesitan tener gran capacidad dúctil antes de incursionar en la falla.

Como ejemplo del tipo de falla mencionado, se puede observar lo ocurrido en el sismo de chile. Se pudo apreciar una falla repetitiva en estas estructuras, fallas de borde en los elementos verticales, debido al pandeo del refuerzo vertical interno, las placas que fallaron en este sismo – placas poco rígidas de 15 cm de espesor- describen muy bien el tipo de falla que se quiere explicar en esta investigación .Estas placas tienen mucha similitud con los muros de ductilidad limitada que se han venido usando en las edificaciones de lima, se pueden ver edificios de 20 pisos a más, construidos con este sistema estructural, y al tener una gran similitud con los muros fallados en chile, se espera que ante un sismo de gran magnitud, estos fallen intempestivamente de la misma manera. (San Bartolomé, Quiun, Silva, 2010)

Figura 1.- *Falla por pandeo en elementos verticales – placas de 15 cm de espeso– cuando la capacidad resistente a fuerza cortante (función del refuerzo horizontal, carga vertical y resistencia del concreto) supera a la capacidad de resistencia a flexión*.

1.2.2 Estudios o investigaciones anteriores

- Piqué del Pozo, (1995) en su investigación "Diseño por Capacidad: Una estrategia Neozelandesa de Diseño Sismorresistente", explica de una manera sucinta pero concisa, la metodología del diseño por capacidad desarrollado en los años 60 en nueva Zelanda, según la cual para terremotos de gran magnitud, es esencial que una estructura pueda fallar, pero no llegue al colapso, siendo el tipo de falla esperada una falla dúctil (falla por flexión antes que por corte) en los elementos estructurales. Uno de los criterios de diseño vigentes recomienda que sean las vigas los elementos estructurales que fallen primero antes que las columnas, ya que de lo contrario la estructura se consideraría colapsada, por lo que el diseño deberá ser concentrado en orientar el proceso de formación de rotulas plásticas en vigas, tal que fallen solo para sismos severos y que se comporten de manera dúctil ante sismos moderados, evitando en todo momento la falla por flexión en columnas.

  Según el autor, el diseño límite y el diseño por capacidad son los caminos naturales que habrá que tomar si se mantiene la filosofía actual de diseño vigente en el mundo de evitar el colapso de edificaciones ante sismos severos. Las normas serán las

encargadas de incorporar las modificaciones que reglamenten la aplicación de estas metodologías.

La investigación de Piqué del Pozo aporta a la base teórica en la cual se sustentara la presente investigación, en relación con el principio de análisis no lineal implementado según el cual se buscara evaluar el inicio del pandeo del acero longitudinal en elementos verticales de concreto armado como parte de la evaluación de la ductilidad del elemento.

- Sánchez (2014) en su tesis de maestría," diseño sísmico de muros de concreto reforzado; bases para el diseño por desplazamientos" proponer un procedimiento para el diseño sísmico de muros estructurales de concreto reforzado para edificios construidos en zonas de alta sismicidad con base en la teoría desarrollada por rodríguez (2000). esta investigación, permitió conocer las curvas histeréticas esfuerzo-deformación de las barras de refuerzo longitudinal más críticas de estos muros, las que estuvieron ubicadas en el extremo de los elementos de borde de los muros. Esto permitió identificar el inicio del pandeo de dicho refuerzo con lo cual se obtuvieron los parámetros - Desplazamiento del elemento asociado a la 1ra fluencia del acero longitudinal (Δy) y Desplazamiento inelástico del elemento (Δp^*).
- Rodríguez y Botero (1997) en su publicación" Evaluación del comportamiento de barras de acero de refuerzo sometidas a cargas monotónicas y cíclicas reversibles incluyendo pandeo "evaluaron el comportamiento de las barras de acero de refuerzo sometidas a cargas de compresión monotónicas así como cíclicas reversibles; con base en este estudio se concluyó una serie de recomendaciones para evaluar el fenómeno del pandeo de barras de refuerzo sometidas a cargas monotónicas y cíclicas.

De esta investigación se propone el empleo del parámetro ξ p* para definir el inicio del pandeo del acero longitudinal en condición de carga con el cual se obtiene el desplazamiento del elemento asociado a la 1ra fluencia del acero longitudinal (Δy) y desplazamiento inelástico del elemento (Δp*).

- Según San Bartolomé, Quiun y Silva, (2010) de su investigación "Observaciones relativas al tipo de falla en los muros de concreto de edificios chilenos en el sismo del 27-02-2010" se realizó una investigación relativa a la identificación del tipo de falla en los muros de concreto de edificios chilenos en el terremoto del 27-02-2010, el sismo ocurrido (para Santiago de chile y comunas aledañas) fue catalogado como moderado, con aceleraciones pico en suelo de buena calidad de entre (0.17g y 0.30g), mientras que para esta zona la aceleración de diseño según consta en la normativa de ese momento era de 0.4g; para esta zona de chile con suelo duro, sin embargo, se observó cuantiosos daños estructurales, siendo preponderante un tipo de falla por" pandeo del acero longitudinal - de los elementos verticales" en placas de concreto armado de pequeño espesor, por lo que se constató que algo debió salir mal en el proceso de diseño de estos elementos estructurales, ya que no tuvieron una ductilidad adecuada.

  Se concluye que las reparaciones y reforzamiento que se hagan a los edificios dañados en Santiago, deben considerar el hecho de que estos daños (algunos de gran consideración), se produjeron para un sismo "moderado" mientras que de acuerdo a las Norma Sísmica Chilena, en suelo duro de la zona sísmica 3 se esperaba una aceleración de hasta 0.4g por lo que los elementos estructurales no debieron haber fallado.

- Barraza (2008) en su tesis de maestría “Rehabilitación de estructuras de concreto” presenta algunas técnicas de rehabilitación que se utilizan para reparar estructuras de concreto, enfocándose sobre todo en el encamisado de columnas, las ventajas y desventajas que presentan. En el proceso de la investigación se estudió la influencia del confinamiento y de la carga axial en la ductilidad de los elementos verticales rehabilitados con encamisado.

  Esta investigación aporta base teórica importante que complementa el desarrollo de la presente investigación, en relación con las características no dúctiles que presentan los elementos estructurales que suelen fallar en una estructura.

- Loayza (2015) en su tesis de maestría “Resistencia probable a flexocompresión de muros estructurales de concreto armado” realiza una extensión del trabajo desarrollado por Restrepo y Rodríguez (2013) quienes propusieron un modelo analítico para la estimación del momento resistente probable para columnas; este estudio propone expresiones para obtener la resistencia probable a flexocompresión de muros de concreto armado. Se da una buena estimación de la resistencia probable a flexo-compresión de muros de concreto armado, el estudio desarrollado sirve como base para una estimación confiable del cortante de diseño, la capacidad de desplazamiento y la predicción de la rigidez efectiva lateral, lo cual es un paso importante que permite conocer mejor el desempeño del elemento.

  Esta investigación aporta base teórica para el cálculo del momento resistente probable (Mcd) que pueden soportar elementos estructurales con el cual se obtiene el desplazamiento del elemento asociado a la 1ra fluencia del acero longitudinal (Δy) y desplazamiento inelástico del elemento (Δp^*).

- Apaza (2017) en su tesis de titulación" Análisis Estático y Dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma e-030 en Puno" determinó mediante un análisis estático y dinámico no lineal el comportamiento y nivel de desempeño de un edificio de concreto armado ubicado en la ciudad de Puno, se analizó a la edificación mediante un análisis estático no lineal Pushover y un análisis dinámico no lineal, se concluyó que la diferencia de los desplazamientos máximos y las derivas máximas, son bastantes, siendo mayores los del análisis estático no lineal.

  El aporte principal de la investigación en mención, es que los diseños estructurales actuales (elásticos lineales) no contemplan una gran cantidad de variables que llegan a influir en el comportamiento no lineal de una edificación (comportamiento real que tiene una estructura, ya que casi siempre, ante la acción de un sismo severo, esta llega a incurrir en el rango no lineal) dando respuestas alejadas completamente de la realidad, mientras que un análisis no lineal permite modelar el comportamiento real de una estructura sometida a cargas. Este análisis permite conocer la capacidad y el desempeño de la estructura frente a cargas externas.

- Según Rodríguez y Cárdenas (2003), de su investigación "Evaluación del modo de falla de pandeo del acero de refuerzo longitudinal en elementos de concreto reforzado sometidos a acciones sísmicas" se estudió un procedimiento para evaluar el modo de falla por pandeo del refuerzo longitudinal aplicado al diseño.

  Se concluyó que los resultados del modelo experimental ensayados y los resultados del modelo teórico planteados tuvieron una correlación aceptable, lo que permitió definir un procedimiento de predicción del pandeo de la barra en elementos sometidos a cargas cíclicas reversibles. Este procedimiento es aplicable en enfoques modernos de diseño sísmico tal como el llamado "Diseño sísmico por desempeño".

Esta investigación aporta base teórica para el cálculo del desplazamiento del elemento asociado a la 1ra fluencia del acero longitudinal (Δy) y desplazamiento inelástico del elemento (Δp*).

- Tamayo (2015) en su tesis de maestría "Predicción de las capacidades de resistencia a flexocompresión y de desplazamiento lateral de columnas de concreto presforzado en zonas sísmicas" proporcionar herramientas confiables para la estimación de la respuesta última tanto en resistencia a momento flexionante como en cortante, además del desplazamiento lateral para columnas de concreto pretensado.

  Concluye que el confinamiento es un factor relevante para la estimación de la capacidad de desplazamiento lateral, ya que éste genera que a nivel de sección se cuente con una capacidad de deformación elevada, dando como resultado que bajo acciones sísmicas los elementos estructurales puedan comportarse de manera satisfactoria.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Determinar el grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio "Municipalidad de San Miguel" por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar el grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER.

- Determinar el grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER.

1.4 Justificación

1.4.1 Teórica

Para estudiar la capacidad de desplazamiento de los elementos verticales se toma como referencia la investigación que hizo el doctor Rodríguez et al. (1997), Acerca del inicio del pandeo del refuerzo longitudinal en elementos verticales como una forma de falla de los mismos – columnas o placas - en la cual se predice de manera teórica la curvatura máximo que puede soportar un elemento estructural, gracias a esto se puede tener un mayor control en la respuesta de estructuras de concreto armado.

1.4.2 Práctica

Si se llegase a corroborar la hipótesis planteada, se obtendría una forma más simplificada de visualizar la capacidad de desplazamiento de los elementos verticales de una estructura de varios grados de libertad.

1.4.3 Metodológica

La presente investigación propone el empleo una metodología relativamente nueva – pues la investigación el Dr. Rodríguez, la realizo a mediados de 1997 - para el análisis del comportamiento de los elementos estructurales de una edificación, gracias a los cuales se tiene un mayor control de la respuesta – desplazamientos – y por ende mayor control en el tipo de falla.

1.4.4 Social

La sociedad se verá directamente beneficiada con esta investigación, ya que está abocada a evaluar el grado de exactitud de la curva de capacidad simplificada de las columnas

generada respecto de un análisis estático no lineal Pushover, así se podrá tener mayor confianza en los resultados obtenidos y en el comportamiento previsto de las estructuras frente a eventos sísmicos.

A continuación se presentan datos que muestran las pérdidas en vidas humanas que han causado algunos de los sismos más importantes en Perú en los últimos años.

La distribución de la actividad sísmica de los últimos 50 años revela que en la costa de Lima no se ha liberado gran energía sísmica desde el terremoto de 1746.

Desde el año 1970, estos son los 10 terremotos más violentos que ha soportado nuestro país, sobre todo en regiones costeras:

Tabla 1.-*10 terremotos más violentos que ha soportado el Perú (El Comercio, 2018)*

Lugar	Fecha	Hora	Magnitud escala Ricther	Muertos	Heridos	Viviendas afectadas
Ancash	31-may-70	03:23 p.m.	7.8	67,000.00	150,000.00	---
Piura	09-dic-70	11:35pm	7.2	48.00	---	---
Lima	03-oct-74	09:21am	8	252.00	3,600.00	---
Zona norte	29-may-90	09:34 p.m.	6.4	77.00	1,680.00	11,000.00
San Martin	04-abr-91	11:19pm	6.2	53.00	216.00	30,224.00
Ica-Pisco	12-nov-96	11:59am	6.4	17.00	1,591.00	12,700.00
Pisco	15-ago-07	06:41pm	7	596.00	1,039.00	35,214.00

1.5 Hipótesis.

1.5.1 Hipótesis principal

El grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover es alto.

1.5.2 Hipótesis Secundarias

- El grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER, es alto.
- El grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER, es alto.

2 MARCO TEORICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.

2.1.1 Curva esfuerzo deformación del concreto (sección rectangular).

La curva de esfuerzo deformación del concreto se va a basar en la teoría desarrollada por J.B.Mander; M.J.N. Priestley y R. Park.

Según sus investigaciones es necesario reforzar correctamente las zonas de posible ocurrencia de rotulas plásticas, esto proporcionara una adecuada ductilidad de los elementos verticales y asegurara que el movimiento causado por grandes terremotos no cause el colapso de la estructura.

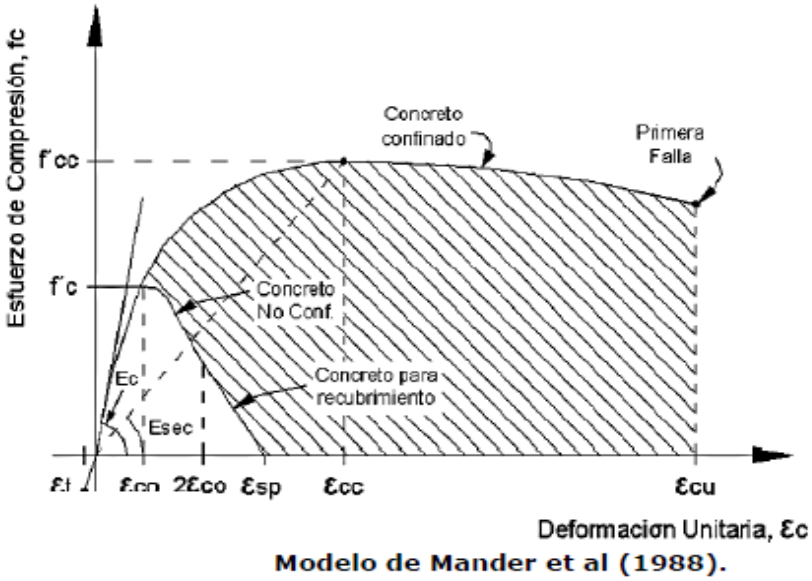


Figura 2.- *Modelo esfuerzo deformación propuesto para cargas monotónicas de concreto confinado y no confinado (Mander et al 1988)*

$$fc = \frac{f'cc\,.\,x.\,r}{r - 1 + x^r}$$

$$f'cc = f'c\left(2.245\sqrt{1 + \frac{7.94.\,f'l}{f'c}} - \frac{2.\,f'l}{f'c} - 1.254\right)$$

$$x = \frac{\xi c}{\xi cc} \qquad r = \frac{Ec}{Ec - Esec}$$

$$\xi cc = 0.002\left[1 + \left(\frac{f'cc}{f'c} - 1\right)\right]$$

Donde:

f 'cc = Resistencia a la compresión máxima del concreto confinado.

f 'c = Resistencia a la compresión máxima del concreto sin confinar.

ἐcc = Deformación unitaria en el punto de mayor esfuerzo a la compresión.

f 'l =Esfuerzo de confinamiento efectivo lateral.

2.1.1.1 Cálculo de las cuantías de acero, confinamiento transversal. (Dirección x)

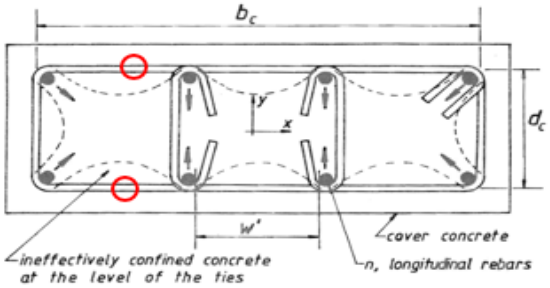


Figura 3.- *Acero de confinamiento transversal. (Dirección x)*

$$\rho x = \frac{\text{area total de refuerzo lateral paralelo al eje x}}{\text{(espaciamiento entre estribos)(dimension de la col. En el eje y)}} \qquad \frac{Asx}{s*dc}$$

2.1.1.2 Cálculo de las cuantías de acero de confinamiento transversal. (Dirección y)

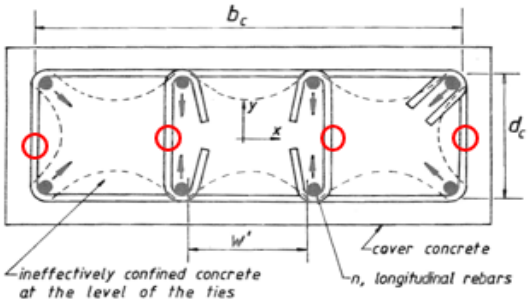


Figura 4.- *Acero de confinamiento transversal. (Dirección y)*

$$\rho y = \frac{\text{area de total de refuerzo lateral paralelo al eje y}}{\text{(espaciamiento entre estribos)(dimension de la col. En el eje x)}} \qquad \frac{Asy}{s*bc}$$

$$\rho S = \rho x + Py$$

Cuantía total del aporte de confinamiento en la dirección en x e y.

2.1.1.3 Ae= Área efectiva confinada de una sección rectangular entre estribos.

$$Ai = \sum_{i=1}^{n} \frac{(wi')^2}{6}$$

Área total de concreto confinado inefectivo.

(Suponiendo que todas las barras longitudinales están amarradas)

$$Ae = (bc.dc - \sum_{i=1}^{n} \frac{(wi')^2}{6})(1 - \frac{s'}{2bc})(1 - \frac{s'}{2dc})$$

Wi = distancia efectiva entre aceros longitudinales.

bc = dimensión de la base de la columna de centro de estribo a centro de estribo.

dc = dimensión de la altura de la columna de centro de estribo a centro de estribo.

S' = separación entre estribos.

2.1.1.4 Acc = Área del núcleo confinado por los estribos de la sección rectangular.

$$Þcc = \frac{\text{Área de refuerzo longitudinal}}{\text{Área del núcleo de la secció}} \qquad \frac{\#bar.*A(long.)}{bc*dc}$$

$$Acc = bc*dc\ (1-Þcc)$$

donde : Acc > Ae

⋮ ke coeficiente de confinamiento efectivo = Ae/Acc < 1

2.1.1.5 Pcc = Carga máx. de compresión axial que soporta el núcleo de la sección y fl = presión efectiva de confinamiento lateral.

$$Pcc = f'cc*Acc = f'co*Acc + k1(1/2\ Ps*fs*Ae')$$

$$f'cc = Pcc/Acc = f'co + k1*1/2\ Ps*fs*Ae/Acc$$

fl presion efectiva de confinamiento lateral $f\,l = ke*1/2 * Ps*fs$

2.1.1.6 Cálculo de la resistencia del concreto confinado, f´cc

$$\boxed{f'cc = f'co\ (\ -1.254 + 2.254\ (1+((7.94*fl)/f'co)^{0.5} - 2*f'l/f'co)}$$

Según estos datos se puede obtener la curva de esfuerzo deformación del concreto confinado:

$$f\,cc = \frac{f'cc\ (\ \dot{\varepsilon}c/\dot{\varepsilon}cc)*r}{(r-1+(\ \dot{\varepsilon}c/\dot{\varepsilon}cc)^{r})} \qquad r = \frac{Ec}{Ec - Esec} \qquad Esec := \frac{f'cc}{\varepsilon_{cc}}$$

$$\dot{\varepsilon}cc = \dot{\varepsilon}co\ (\ 1 + 5*(f'cc/f'co-1) \qquad \dot{\varepsilon}cu = 0.004 + (1.4*\rho s*fy*\dot{\varepsilon}su)/f'$$

De esta manera se puede obtener la gráfica esfuerzo versus deformación del concreto confinado de una sección rectangular.

2.1.2 Curva esfuerzo deformación del acero.

Si un sistema estructural de concreto armado tuviese la capacidad de soportar grandes deformaciones durante un movimiento sísmico de gran intensidad, esto se deberá a la capacidad del acero de refuerzo para resistir ciclos repetitivos de carga, sin una considerable reducción de resistencia, según esto, es de suma importancia entender el comportamiento del acero, como pasa este del rango elástico lineal al inelástico, para esto se necesita evaluar su grafica esfuerzo versus deformación del mismo.

Para aceros comerciales las características de los mismos ya están determinadas por los parámetros de control de calidad exigentes que deben de cumplir las empresas fabricantes

del producto, estas empresas venden el acero indicando esfuerzos mínimos de fluencia, rotura y deformación mínima de rotura, de los cuales se hace mención a continuación:

Tabla 2.-*Aceros comerciales en Perú.*

	Grado 40 280 Mpa	Grado 60 420 Mpa	Grado 75 520 Mpa	Grado80 550 Mpa	Grado100 690 Mpa
Esfuerzo de rotura min. Mpa	420	620	690	725	790
Esfuerzo de fluencia min. Mpa	280	420	520	550	690

La curva de esfuerzo deformación del acero se va a basar en el modelo propuesto por

<u>Dodd Restrepo (1995)</u>

$$f_s = E_s\,\varepsilon_s \qquad 0 \le \varepsilon_s \le \varepsilon_y \qquad \text{Zona elástica}$$

$$f_s = f_y \qquad \varepsilon_y \le \varepsilon_s \le \varepsilon_{sh} \qquad \text{Zona de fluencia}$$

$$f_s = f_y + (f_y - f_{su})\left(\frac{\varepsilon_{su} - \varepsilon_s}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}}\right)^P \qquad \varepsilon_{sh} \le \varepsilon_s \le \varepsilon_{su} \qquad \text{Zona de endurecimiento por deformación}$$

Mander (1984) | Experimental | **Dodd y Restrepo (1995)**

$$E_{sh} = \frac{d f_s}{d\,\varepsilon_s} \qquad P = E_{sh}\frac{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}}{f_{su} - f_y} \qquad P = \frac{\lg\dfrac{f_{su} - f_{sh1}}{f_{su} - f_y}}{\lg\dfrac{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh1}}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}}}$$

$$f_{sc} = f_s(1+\varepsilon_s)^2$$

$$\varepsilon_{sc} = \varepsilon_s/(1+\varepsilon_s)$$

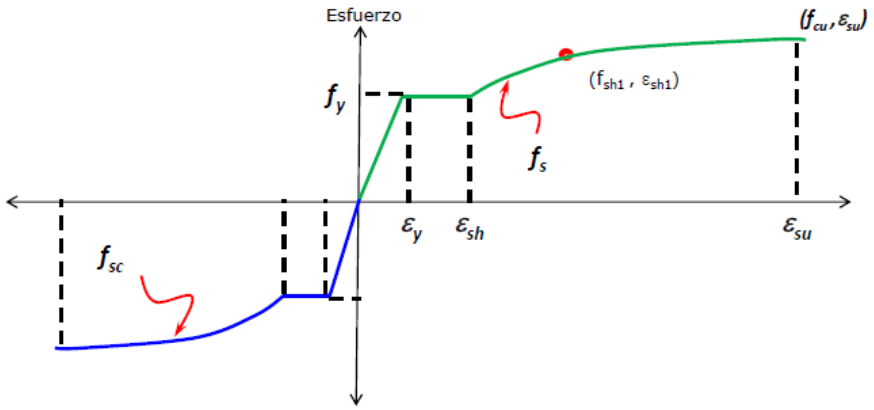


Figura 5.- *Grafico esfuerzo vs deformación de un acero grado 60 (Dodd y Restrepo 1995).*

2.1.3 Diagrama momento curvatura de las secciones.

El diagrama momento curvatura es un análisis seccional de una columna viga o placa. Grafica la capacidad de deformación y resistencia de la misma en función a la redistribución de esfuerzos.

Se pueden observar cuatro puntos notables, que caracterizan a esta curva y gracias a los cuales es posible realizar una gráfica muy aproximada a la real:

1.-Agrietamiento de la sección: Se llega a este punto cuando la sección empieza a agrietarse en el rango elástico, por lo general lo que se agrieta es el concreto de recubrimiento de la sección –concreto no confinado.

2.-Fluencia: En este punto, las barras de refuerzo más lejanas al centro de gravedad de la sección empiezan a fluir, $\varepsilon s = \varepsilon y$.

3.-Resistencia nominal a flexión: A este punto se llega cuando el concreto no confinado se aplasta, la deformación del concreto llega a 0.003.

4.-Resistencia máxima a flexión: En este punto se da el inicio del pandeo inelástico del acero longitudinal, donde se cumple que $\varepsilon p* = /\varepsilon st/ + /\varepsilon sc/$ tipo de falla deseado.

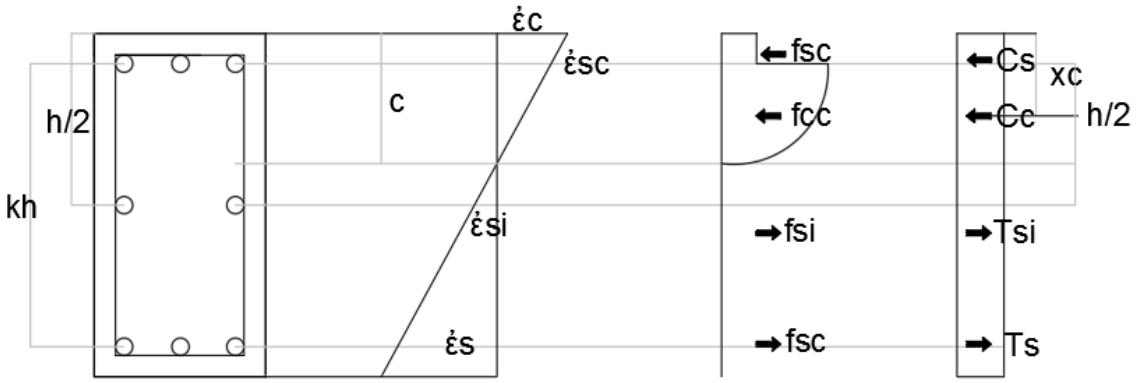


Figura 6.- *Gráfico de los esfuerzos y deformaciones en una sección de concreto armado.*

Para graficar el diagrama momento curvatura existen diferentes métodos; la forma clásica es imponer deformaciones para el concreto, iterar y obtener un valor de C que de el equilibrio de la sección:

$$P + Tsi + Ts - Cs - Cc = 0$$

$$M = \Sigma Xi*Ti + \Sigma Xic*Ci + P*(h/2-Xc)$$

$$\phi = \acute{\varepsilon}c/C$$

Donde:

P: Carga axial que soporta el elemento.

Tsi: Tracción que soporta el acero intermedio.

Ts: Tracción que soporta el acero en el extremo de la sección en tracción.

Cc: Compresión que soporta el concreto.

Cs: Compresión que soporta el acero en el extremo de la sección en compresión.

Otro método muy utilizado es obtener una gráfica bilineal, con puntos notables de la curva, para cualquiera de los dos modelos, los resultados son muy próximos:

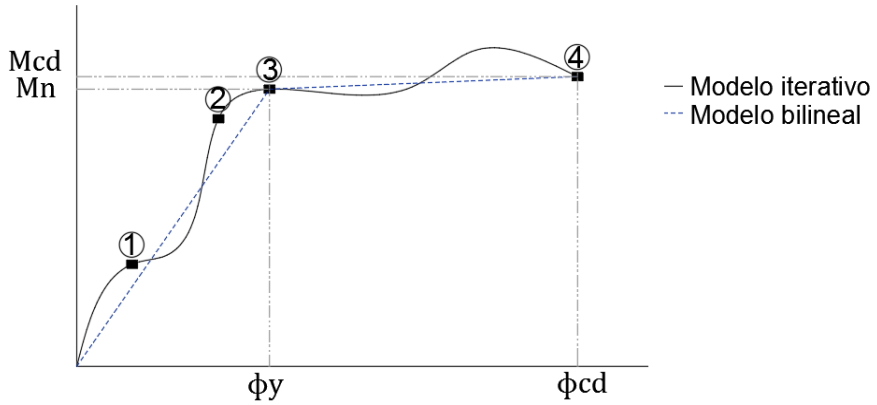


Figura 7.- *Diagrama momento curvatura de una sección de concreto reforzado.*

Dónde:

$$\phi y = (\alpha * \varepsilon y) / D \quad \text{según PRIESTLEY}$$

$$\phi cd = (\varepsilon p *) / \gamma lw$$

Para obtener el momento nominal (Mn), este se puede calcular mediante el método de Mander o según el ACI.

El momento máximo a flexión creíble (Mcd) es la máxima resistencia a flexión – teórica- que puede ser calculada para la sección crítica de un miembro, con o sin carga axial, sujeta a curvatura en una dirección dada. Se calcula de la siguiente manera:

Según (Restrepo y Rodríguez, 2013) si se analiza una columna de concreto armado simétrica, sometida a una fuerza axial P, cuando alcance un Máx. =Mcd, el equilibrio de fuerzas actuantes dará la siguiente ecuación:

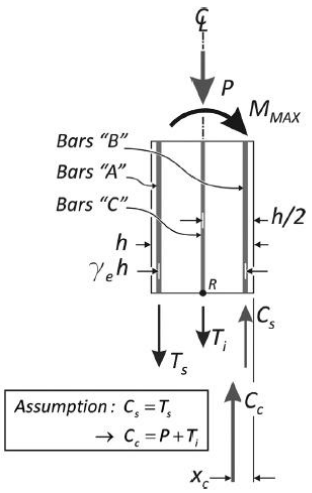


Figura 8.- *Fuerzas internas aplicadas en una columna con refuerzo simétrico*

$$P + Ts + Tsi - Cc - Cs = 0 \qquad \text{si } Ts = Cs$$

$$P + Tsi = Cc$$

A continuación se muestra los perfiles de deformación de las barras más extremas de la columna, ya que estas barras; de acuerdo con observaciones experimentales son las primeras en pandear ante un evento sísmico. Las barras están separadas una distancia de

γlw; si se supone que las acciones en el elemento son del tipo simétrico, entonces se tiene los perfiles de deformación a continuación mostrados:

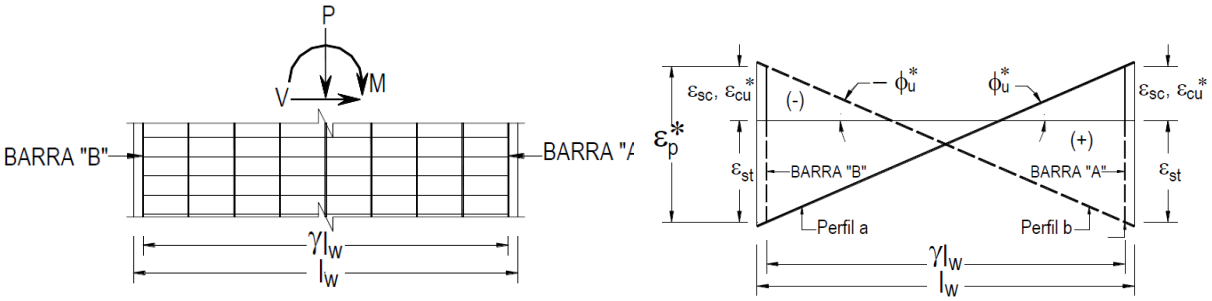


Figura 9.- *Simulación de deformaciones de compresión y tracción en una columna con refuerzo simétrico (Restrepo y Rodríguez, 2013)*

Estos casos de carga sísmica indican que la columna ha sufrido una gran inversión de curvatura. La Figura 10 traza las relaciones tensión-deformación que son consistentes con el historial de deformación experimentado por las barras criticas marcadas "A" y "B", estas barras acumulan deformaciones que son consistentes con la teoría de Restrepo, se puede considerar entonces que la columna empezara a fallar por pandeo cuando las deformaciones longitudinales de los elementos verticales de las 2 barras más alejadas del centroide de la sección sean iguales a:

$$\varepsilon p* = /\varepsilon st/ + /\varepsilon sc/$$

*del equilibrio :

M = P(D/2-Xc) + Ts(ɤD - Z) + Tsi(D/2 - Xc) + Cs(z)

*Reemplazado:

$\boxed{\text{Mcd = Ts(ɤD) + (Tsi + P)(D/2 - Xc)}}$ (Ecuacion proporcionada por Rodriguez.)

donde:

As = Asc Área de acero en tracción es igual al área del acero en compresión.

Ts = λ*~~fy~~*As Tracción del acero más alejado.

Tsi = λ*~~fy~~*Asi Tracción del acero intermedio.

(~~fy~~ esfuerzo de fluencia medido.)

(λ factor de endurecimiento por fluencia del acero.)

Xc = h*(0.34*(P/Ag*fc)+0.07)

2.1.4 Teoría del pandeo del acero longitudinal en elementos verticales de concreto armado.

La teoría que ha estudiado el pandeo del acero longitudinal en elementos verticales (placas y columnas) se ha sido desarrollada por Rodríguez en (1997), según la cual estos elementos empezaran a fallar justo cuando los aceros de refuerzo longitudinales más lejanos al centro de gravedad de la sección empiecen a pandear.

Para poder corroborar su hipótesis, el autor realizo ensayos de laboratorio a una cierta cantidad de aceros sometidos a cargas cíclicas reversibles. Encontrando cierta relación entre la (deformación asociada al pandeo $\varepsilon p*$ y la relación s/db – altura libre de la barra sobre el diámetro de la misma) De los ensayos se concluyó que la deformación asociada al pandeo $\varepsilon p*$ está relacionada con la deformación máxima en tracción εst y la deformación residual que se llega a obtener en el ciclo de descarga εs en los dos últimos semi ciclos de carga correspondientes al inicio del pandeo observado experimentalmente.

$$\varepsilon p* = \varepsilon st + \varepsilon sc$$

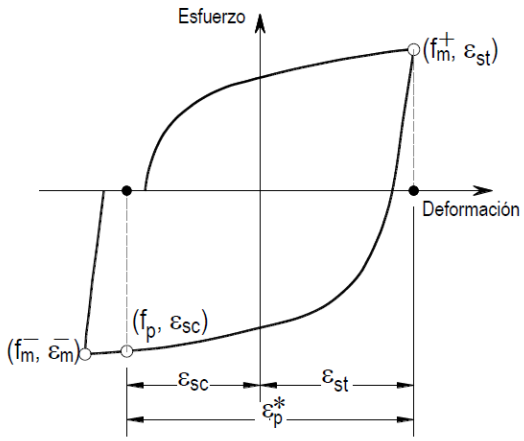


Figura 10.- *Curva esfuerzo-deformación, se observan los parámetros que definen el pandeo de una barra de acero sometida a cargas cíclicas reversibles. Rodríguez en (1997)*

Estos datos se cotejaron con las diferentes relaciones s/db de los ensayos, encontrándose la siguiente relación experimental:

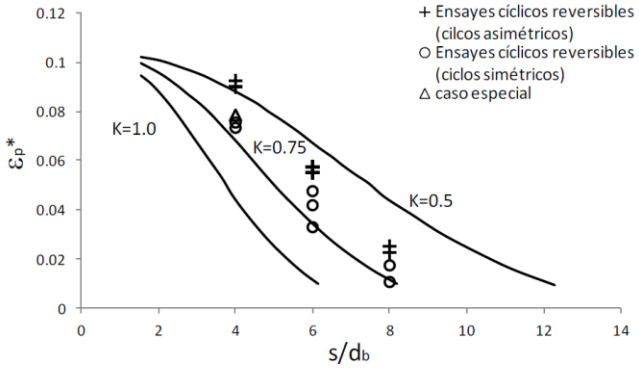


Figura 11.- *Parámetro $\varepsilon p*$ versus s/db. Rodríguez en (1997)*

Con estos datos obtenidos experimentalmente se puede hacer la predicción del parámetro $\varepsilon p*$; solo se requeriría un valor apropiado de k (longitud efectiva de pandeo de una barra, para el caso de una barra de refuerzo esta longitud sería ks)

Según esta gráfica, se puede decir que existe un límite inferior el cual se puede graficar:

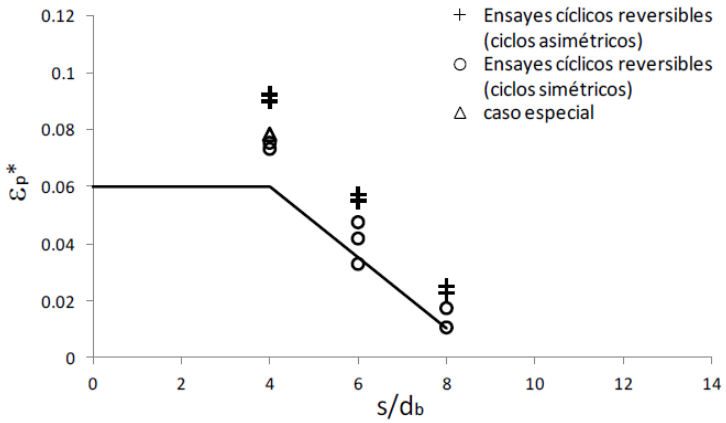


Figura 12.- *Parámetro de predicción modificado $\varepsilon p*$ versus s/db.*

$$\varepsilon_p^* = \frac{11 - \frac{5}{4} * \frac{s}{d_b}}{100} \leq \frac{\varepsilon_{su}}{2}$$

Donde εsu es la deformación ultima de una barra sometida a carga axial y que para consideraciones practicas se considera como 60 εy.

Esta grafica con el parámetro de predicción modificado muestra para cualquier relación s/db, un valor mínimo para $\varepsilon p*$, sobre el cual se supone ya debería darse pandeo.

2.1.5 Predicción analítica del punto de falla por pandeo del acero longitudinal considerando a las columnas en voladizo con carga axial y lateral (análisis simplificado).

Observación: Si no se hubiera considerado a la columna en voladizo, la relación entre el desplazamiento y las ductilidades de curvatura seria compleja debido a que para los marcos de niveles múltiples la distribución de las cargas de inercia es complicada.

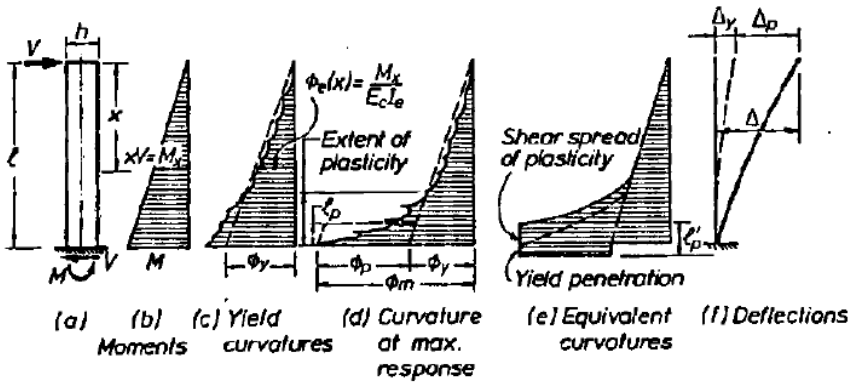


Figura 13.- *Relación entre el momento curvatura y deflexión para una columna en cantilever.*

El desplazamiento del último nivel del muro, Δu antes del inicio del pandeo del elemento se puede definir como:

$$\Delta u = \Delta y + \Delta p*$$

Dónde:

$\Delta y = \phi y * (hw^2)/3$ … Desplazamiento de fluencia.

$\Delta p* = (Mcd/MACI - 1)\ \Delta y + Lp\ (\phi cd - \phi y)\ (hw - 0.5Lp)$ ... Desplazamiento inelástico.

La longitud plástica del elemento según Priestley se define como:

$Lp = 0.08hw + 0.022*fy*db$.

2.1.6 Curva fuerza desplazamiento – envolvente bilineal según (FEMA440):

El proceso para poder graficar la envolvente de varios ciclos histerético se visualiza en la figura 13, a partir de esta figura se puede realizar una aproximación bilineal para determinar el punto de fluencia Según el FEMA 440 y por lo tanto determinar la ductilidad del elemento.

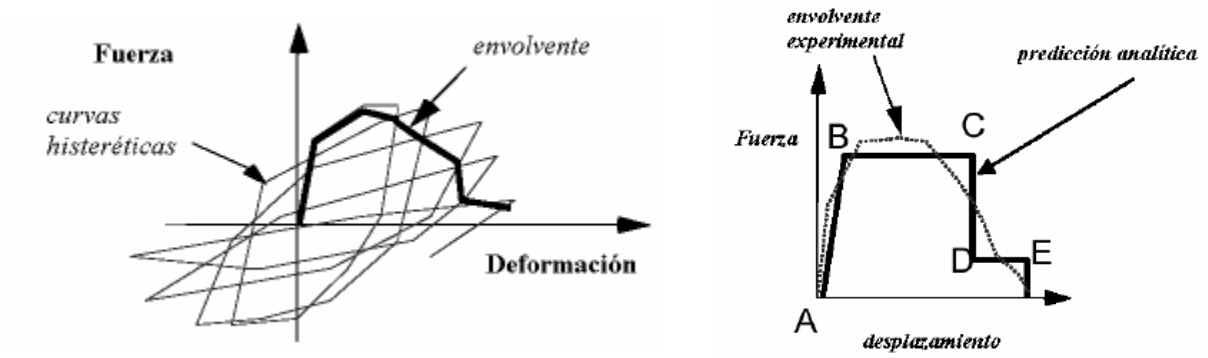


Figura 14.- *Envolvente de ciclos histeréticos.*

Según la figura se puede observar una respuesta lineal hasta la fluencia en B, un endurecimiento por deformación entre B y C, una degradación por resistencia hasta el punto D y el colapso final y la pérdida de capacidad resistente ante cargas de gravedad en el punto E.

2.1.7 Definición de términos básicos

- **Falla estructural.-** Es una condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe. Una falla no necesariamente produce colapso o catástrofe. La falla de un objeto estructural puede significar la falla del sistema al que pertenece. Ejemplo: La falla de una tubería que pertenece al circuito primario de refrigeración de una central nuclear puede detener la central, hacerla fallar
- **Falla dúctil.-** La falla dúctil se da cuando – para el caso en estudio – el acero del concreto armado fluye o se "estira" antes de romperse, de manera paulatina, avisando mediante pequeñas fisuras en el concreto ,que el elemento estructural fallara.
- **Falla frágil.-** La falla frágil se da cuando – para el caso en estudio – el elemento de concreto armado, placa o columna, falla debido a su poco límite de fluencia, es decir la falla ocurre de manera súbita, el concreto se aplasta sin aviso previo de la falla.
- **Ductilidad.-**Se conoce como ductilidad a la propiedad de aquellos materiales que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin llegar a romperse. Estos materiales, como ciertos metales o asfaltos, se conocen como dúctiles. En cambio, los materiales que no poseen esta propiedad se califican como frágiles. Esto quiere decir que los materiales dúctiles pueden experimentar importantes deformaciones antes de romperse, mientras que los frágiles se rompen casi sin deformación.
- **Elemento vertical.-** Para la presente investigación se entenderá como elemento vertical a aquellos elementos de concreto armado que soporten carga vertical (llámese placas o columnas)
- **Comportamiento no lineal.-** Un comportamiento lineal se da cuando la fuerza aplicada a un elemento de un determinado material se deforma en forma proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada y por cada incremento de fuerza se incrementara

proporcionalmente la deformación, pero hay un punto en todo material en el que al aplicarle más fuerza, el material se deforma más allá de sus proporciones, y por cada incremento de fuerza se deforma más, este es un estado peligroso para los materiales estructurales y siempre se procura diseñar en el límite elástico es decir en donde tiene el comportamiento lineal, ya que pasa este límite comienza el límite plástico (inicia el comportamiento no lineal de la estructura), y es cuando con poca carga se tienen grandes deformaciones y después se llega a una resistencia ultima y luego falla.

- **Rótula plástica.-**Estado plástico que alcanzan todas las fibras de un elemento estructural al producirse una articulación en la sección transversal del mismo. Se forma cuando en la sección más solicitada de una estructura se produce plastificación, cuando el acero entra en la fase plástica y las deformaciones son permanentes, es decir, no son recuperables. (Sólo se recupera la deformación elástica) A partir del momento en que se produce la dicha rótula plástica y consecuentemente la redistribución de esfuerzos la estructura ya no recuperará su estado inicial.
- **Curva de capacidad del elemento.-** La curva de capacidad es la curva que grafica el desplazamiento que va soportando el elemento estructural versus la carga que este va soportando hasta llegar a su punto de falla en que el elemento estructural deja de trabajar (para este caso de estudio, este punto de falla es el inicio del desplazamiento - por pandeo del acero longitudinal –de los elementos verticales)
- **Análisis estático no lineal (Pushover).-**El análisis estático no lineal Pushover es el método más simple y de menos esfuerzo computacional que incorpora las características no lineales de los materiales (acero y concreto) para evaluar la capacidad de desplazamiento de las estructuras.

3 METODO

3.1 Tipo de investigación.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo (se usarán las correlaciones de los datos obtenidos, para probar la hipótesis, con base en mediciones numéricas, para establecer patrones en el comportamiento de los elementos verticales del edificio en mención)

De tipo cuasi experimental (ya que los sujetos analizados, elementos verticales de la edificación, no han sido asignados al azar -se les considera grupos intactos- sino que son un grupo de elementos elegidos con anticipación, no aleatoriamente para su estudio)

La formulación del problema indica que la investigación corresponde a un trabajo correlacional causa – efecto con un fin último explicativo, (se pretende evaluar la relación que existe entre las variables causa, con respecto a las variables efecto) para el presente caso, se pretende estudiar la curva de capacidad simplificada de desplazamiento de los elementos verticales de la "Municipalidad de San Miguel" y comparar los resultados con los obtenidos del análisis estático no lineal Pushover.

3.2 Ámbito temporal y espacial.

El edificio en estudio es la "Municipalidad del distrito de San Miguel" ubicado en la Av. Federico Gallese Mz. 12 – Lote B y C, cuenta con 5 pisos y 1 azotea, posee un área perimetral de 604 m2 .Es una edificación destinada a oficinas, este cuenta con un ascensor y una escalera principal.

3.3 Variables.

- **Variable Independiente:** Curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal.
- **Variable Dependiente:** Análisis estático no lineal Pushover.

3.3.1 Operacionalización de variables

Tabla 3.-*Operacionalización de las variables.*

.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio " Municipalidad de San Miguel”por falla de pandeo del acero longitudinal. (VI)	Evalúa el camino de desplazamiento vs fuerza cortante que puede soportar un elemento estructural hasta su falla por pandeo del acero longitudinal.	adimensional	Distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales.
		ton-f	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales.
Análisis estático no lineal Pushover. (VD)	Evalúa los puntos de falla de los elementos estructurales - vigas, columnas y placas - mediante formación de rotulas plásticas.	adimensional	Distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER.
		ton-f	Cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER.

3.4 Población y muestra.

3.4.1 Unidad de estudio.

La unidad de estudio son los elementos verticales de la edificación "Municipalidad Distrital de San Miguel “, ubicada en el distrito de San Miguel Av. Federico Gállese N°370 – Perú.

3.4.2 Población o universo.

En la presente investigación, se considera como población infinita a los elementos verticales de todos los edificios localizados en la zona costera del departamento de lima, con las características siguientes:

Elementos verticales de concreto armado (columnas), capaces de soportar cargas axiales y desplazamiento horizontal, diseñados y construidos entre los años 2000 y 2018.

3.4.3 Muestra

El subgrupo representativo de la población elegido será una muestra no probabilística dirigida, a juicio del investigador, no probabilística ya que la elección de los elementos no dependerá de la probabilidad, sino de la decisión del investigador de elegir ciertas unidades que se deseen estudiar en función a los objetivos de la investigación.

De la población infinita de elementos verticales existentes en la zona costera del departamento de lima, se elegirá un cuidadoso y controlado conjunto de elementos con ciertas características específicas.

La muestra que va a ser estudiada son los elementos estructurales más esforzados de la edificación "Municipalidad de San Miguel “, llámense todas las columnas que lleguen a la fluencia, al ser analizadas mediante el método Pushover.

3.5 Instrumentos.

3.5.1 Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de resultados.

El siguiente ítem consisten en la obtención de resultados y como los voy a recolectar.

3.5.1.1 Técnica observacional:

La técnica empleada para la recolección de datos y resultados en la presente investigación consistirá en la observación y análisis de las características más resaltantes de los elementos de estudio para su posterior análisis. Concretamente la técnica se empleara para obtener datos de los planos estructurales del edificio en mención, organizarlos y analizarlos.

3.5.1.2 Instrumentos de recolección de datos:

El instrumento elegido para realizar la recolección de datos y resultados será la **ficha técnica (anexo)**, donde se tendrán organizados los datos del análisis, para su posterior procesamiento e interpretación.

3.5.1.2.1 Contenido de la ficha técnica:

Como primera etapa del desarrollo de la investigación tenemos la recolección de datos de las unidades de estudio; se determinará:

- Que columna se analizará, ubicación, carga axial, características del diseño del elemento características de los materiales de elemento (curva esfuerzo deformación del concreto y acero)

Como segunda etapa del desarrollo de la investigación tenemos la obtención de datos del análisis de las unidades de estudio, se determinará:

- La gráfica bilineal momento curvatura del elemento considerando la curvatura del inicio de la fluencia del acero longitudinal y la curvatura cuando el acero longitudinal empiece a pandear, como curvatura ultima.
- Con estos datos del elemento y de la sección se podrá obtener la curva de capacidad simplificada del elemento con la cual se podrá saber cuál es el desplazamiento de fluencia y desplazamiento último del elemento antes que pandee el acero longitudinal del mismo, con lo cual se considerara que el elemento ha fallado.

3.5.1.2.2 Validación de los instrumentos por juicio de expertos

La ficha técnica creada ha sido llevada a evaluación de dos expertos en ingeniería sismo resistente y concreto armado:

1.-Msc. Tello Malpartida Omart Demetrio

2.- Dr. Torres Matos Miguel Ángel

Los cuales han validado la ficha en mención y está a sido aprobada para su uso como herramienta para recolección de datos (Anexo)

3.6 Procesamiento de datos.

Para procesar los datos una vez que se obtuvieron los planos estructurales de la presente edificación, se procedió a obtener los datos del diseño de los elementos verticales de la misma, llámense dimensiones y detallado estructural de las columnas, con los cuales se determinó mediante cálculos la capacidad de desplazamiento de los mismos antes del inicio del pandeo del refuerzo vertical interno.

Se generarán gráficos de barras, para la visualización de los datos, así mismo estos datos se tendrán que agrupar en cuadros para visualizar mejor los resultados a analizar.

3.7 Análisis de datos.

Para el análisis e interpretación de la información, se generarán cuadros de datos donde se observará el porcentaje de error del grado de exactitud de los resultados obtenidos de la comparación de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER.

Del mismo modo se generarán cuadros de datos donde se observará el porcentaje de error del grado de exactitud de los resultados obtenidos de la comparación del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER.

Con estos porcentajes de error se podrá corroborar la hipótesis planteada o desestimar la misma.

4 RESULTADOS

4.1 Caso de aplicación

4.1.1 Descripción del caso.

En la presente investigación se evaluaran las columnas del edificio “Municipalidad de San Miguel” para determinar la curva de capacidad simplificada de las mismas solo en el eje “x” antes del inicio del pandeo del refuerzo vertical interno y se cotejaran los resultados con los del análisis estático no lineal Pushover para evaluar la precisión de los resultados.

4.1.2 Parámetros de sismicidad:

Sistema estructural: dual con pórticos y muros de concreto armado en los 2 sentidos.

Desplazamiento máximo del último nivel (Análisis Estático lineal):

Dx: 0.68 cm Dy: 0.84 cm

Desplazamiento máximo de entrepiso (Análisis Estático lineal):
Dx: 0.37 cm Dy: 0.47 cm

4.1.3 Resistencia de los materiales:

fy: 4200 kg/cm2 f’c: 210 kg/cm2

4.1.4 Códigos utilizados:

Norma E-020 (cargas)

Norma E-030 (diseño sismoresistente)

Norma E-060 (concreto armado)

Norma E-070 (albañilería)

4.1.5 Cargas de diseño:

Concreto armado.- 2400 kg/m3

Unidades de albañilería solida: 1800 kg/m3

Aligerado: 300 kg/m2

Sobrecargas: 250 kg/m2

4.1.6 Diseño en planta:

La planta de la edificación es típica y tiene la siguiente configuración:

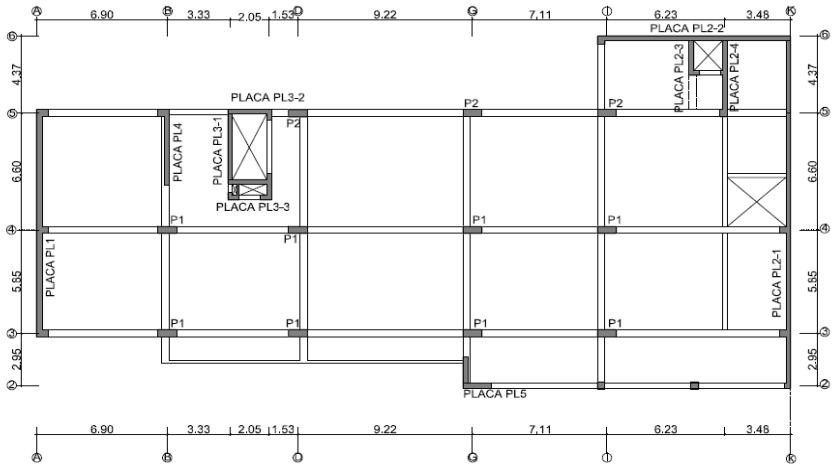


Figura 15.- Planta de la edificación.

4.1.7 Diseño en elevación:

A continuación se muestra un corte típico de la edificación corte B-B

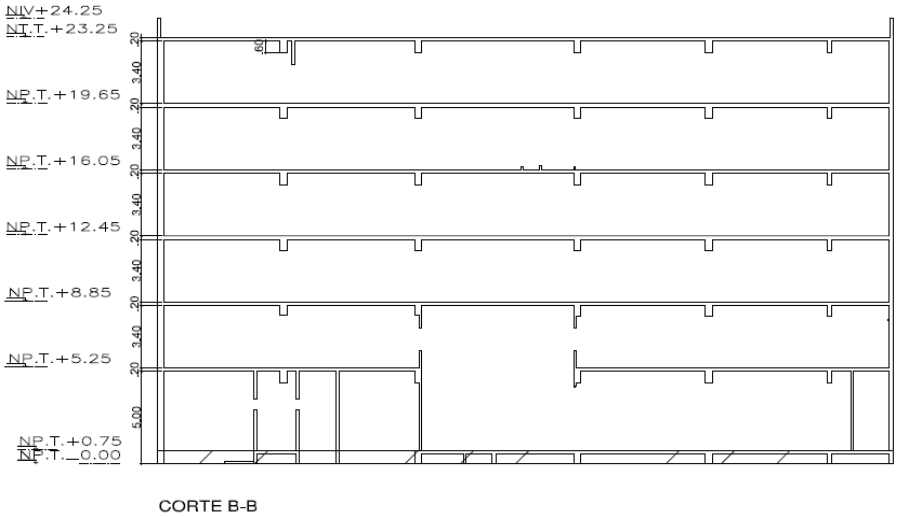


Figura 16.-Corte B-B de la edificación.

Se pueden notar los siguientes elementos estructurales verticales por piso:

Tabla 4.-*Cuadro de columnas.*

COLUMNAS		
C 3-B (P1)	***C*** 4-B (P1)	***C 5***-D (P2)
C 3-D (P1)	***C*** 4-D (P1)	***C 5***-G (P2)
C 3-G (P1)	***C*** 4-G (P1)	***C 5***-I (P2)
C 3-I (P1)	***C*** 4-I (P1)	

PLACAS		
PL *1*	***PL*** *2-4*	***PL*** *4*
PL *2-1*	***PL*** *3-1*	
PL *2-2*	***PL*** *3-2*	
PL *2-3*	***PL*** *3-3*	

De los metrados hechos, se tiene las siguientes relaciones tentativas P/Ag*f'c de las columnas:

Tabla 5.-*Metrado de cagas axiales (relación P/Ag*f'c) por columna.*

Relacion P/Ag*fc						
metrado	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6
C 3-B	0.11	0.09	0.09	0.07	0.04	0.02
C 3-D	0.15	0.12	0.12	0.09	0.06	0.03
C 3-G	0.16	0.13	0.13	0.09	0.06	0.03
C 3-I	0.18	0.14	0.14	0.10	0.07	0.03
C 4-B	0.16	0.13	0.13	0.09	0.06	0.03
C 4-D	0.18	0.14	0.14	0.10	0.07	0.03
C 4-G	0.18	0.15	0.15	0.11	0.07	0.03
C 4-I	0.18	0.15	0.15	0.11	0.07	0.03
C 5-D	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.02
C 5-G	0.14	0.12	0.09	0.07	0.04	0.02
C 5-I	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.02
PL *1*	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
PL *2-1*	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01
PL *2-2*	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00
PL *2-3*	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
PL *2-4*	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
PL *3-1*	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01
PL *3-2*	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00
PL *3-3*	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
PL *4*	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01

4.1.8 Características de las columnas:

Las columnas a analizar son:

COLUMNAS		
C 3-B (P1)	***C*** 4-B (P1)	***C 5***-D (P2)
C 3-D (P1)	***C*** 4-D (P1)	***C 5***-G (P2)
C 3-G (P1)	***C*** 4-G (P1)	***C 5***-I (P2)
C 3-I (P1)	***C*** 4-I (P1)	

A continuación se muestran las secciones transversales de las columnas, las cuales se pueden clasificar como columnas tipo I, II y III de 1.00*0.50m; 1.00*0.40m.

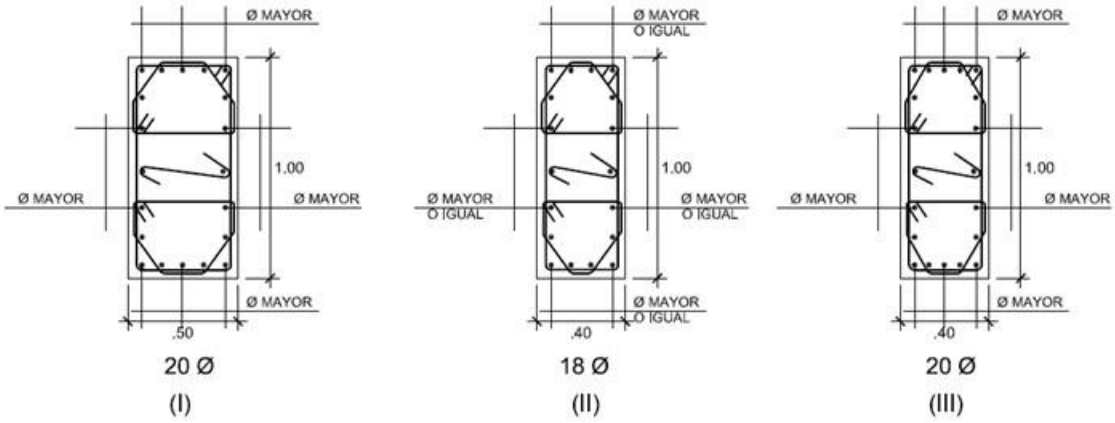
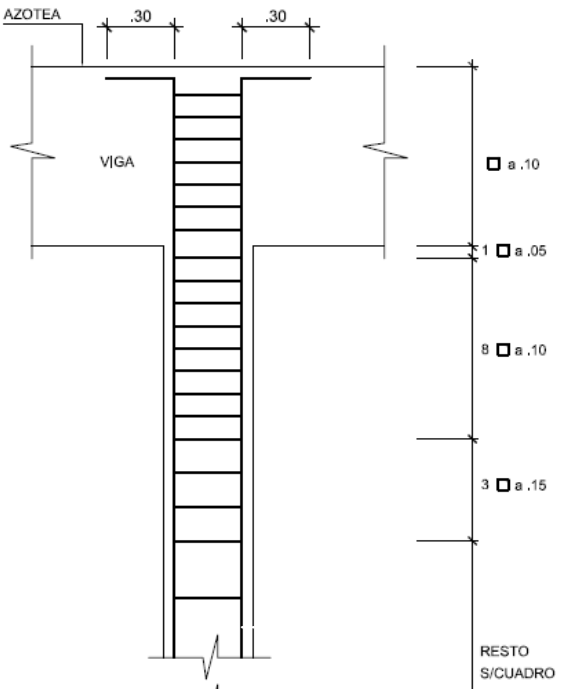


Figura 17.-*Secciones típicas de las columnas a ser analizadas.*

El acero en detalle se muestra a continuación:

Tabla 6.-*Detallado del acero longitudinal y transversal por columna.*

PISO	CONCRETO fc'(Kg/cm2)	P1	P2
1º PISO	210	50x100 20 Ø 1" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (I)	40x100 20 Ø 1" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (III)
2º PISO	210	50x100 10 Ø 1" + 10 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (I)	40x100 10 Ø 1" + 10 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (III)
3º PISO	210	40x100 10 Ø 1" + 10 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (III)	40x100 10 Ø 1" + 10 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (III)
4º PISO	210	40x100 18 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (II)	40x100 18 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (II)
5º PISO	210	40x100 18 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (II)	40x100 18 Ø 3/4" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (II)
6º PISO	210	40x100 8 Ø 3/4" + 10 Ø 5/8" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (II)	40x100 8 Ø 3/4" + 10 Ø 5/8" 3 3/8"+1 3/8"@.25 (II)



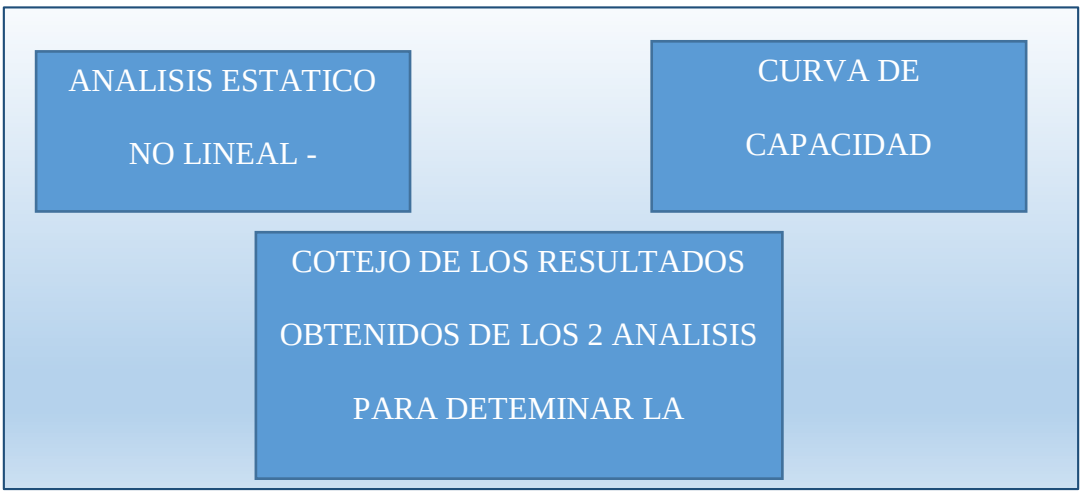
El detalle del confinamiento típico de estribos en las columnas se muestra en la figura.

Se puede observar que la separación promedio entre estribos es de 10 cm.

Para todas las columnas la longitud de rotula plástica es menor a 80 cm, por lo que la relación S/db será de 3.94.

Figura 18.-*Detallado del espaciamiento entre estribos para todas las columnas.*

4.2 Evaluación del caso.



4.2.1 Análisis estático no lineal Pushover.

Se evidenciará a grandes rasgos los pasos más resaltantes seguidos para la realización del análisis Pushover, para mayor detalle del análisis, se pueden revisar los manuales del programa ETABS.

- Primero se creó el modelo en el programa computacional ETABS.

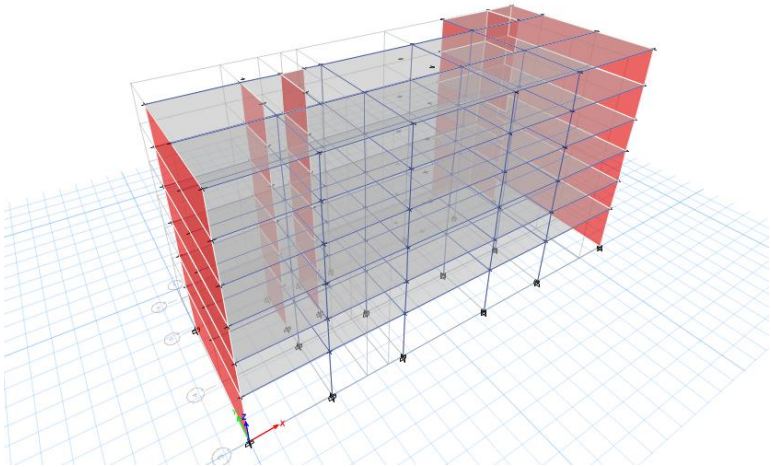


Figura 19.- *Vista 3D del edificio analizado en el programa ETABS.*

Obs: todo el análisis se realizara en la dirección del eje más desfavorable para la estructura, eje “x”, ya que los esfuerzos en el eje “y” estarán controlados por las placas.

Para esto se procedió a definir los materiales y sus características no lineales; que conforman a la estructura (concreto f'c 252 kgf/cm2 y acero5040 kgf/cm2)

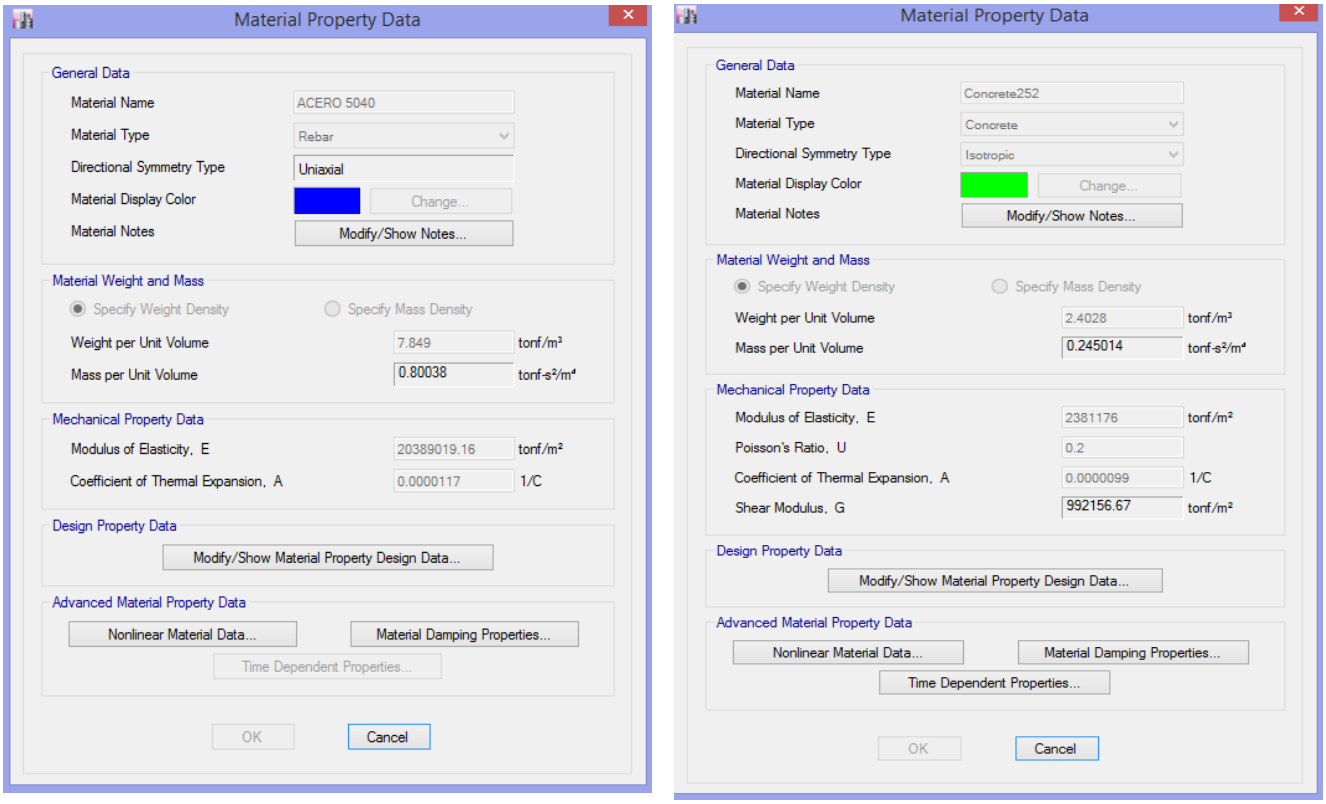


Figura 20.- *Definición de materiales (concreto y acero) en el modelo analizado.*

- luego se procedió a asignar todas las secciones que se evaluaran de todas las columnas, con su respectivo detallado de acero.

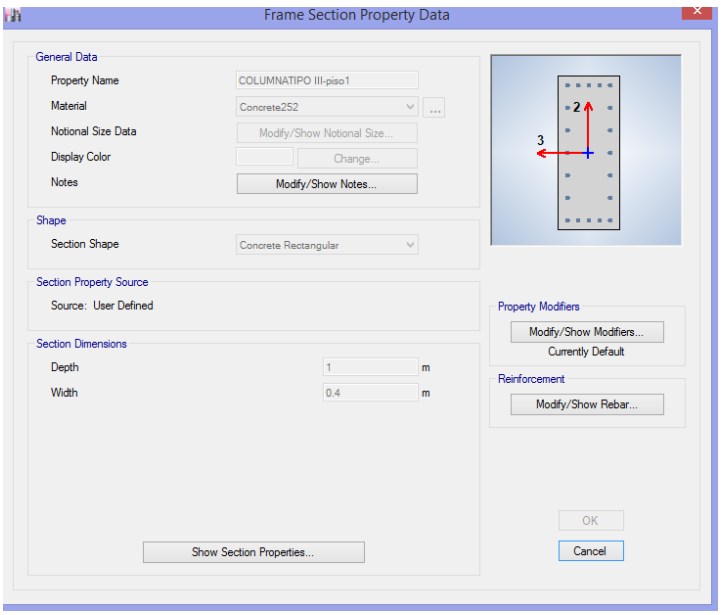


Figura 21.- *Definición de las secciones a los elementos.*

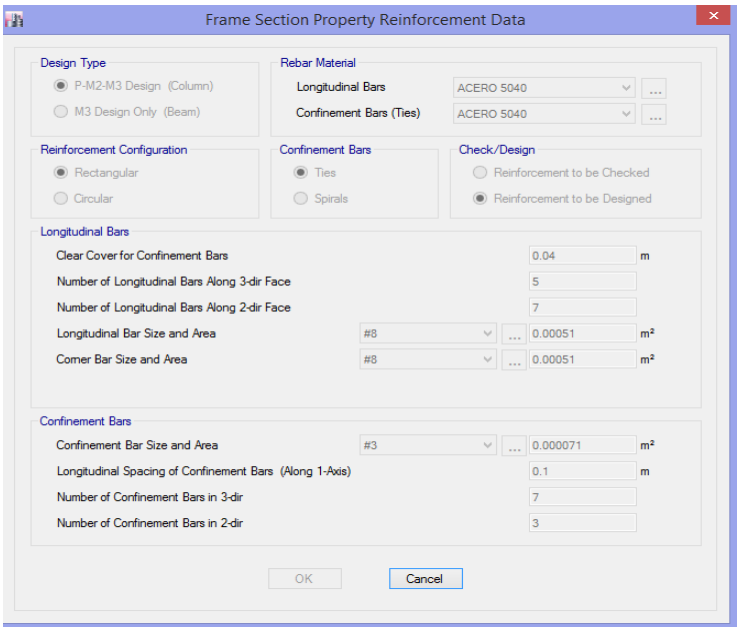


Figura 22.- *Definición del acero de las secciones en los elementos*.

- Una vez se tiene la estructura detallada, se procede a la definición de patrones de carga y asignación de cargas.

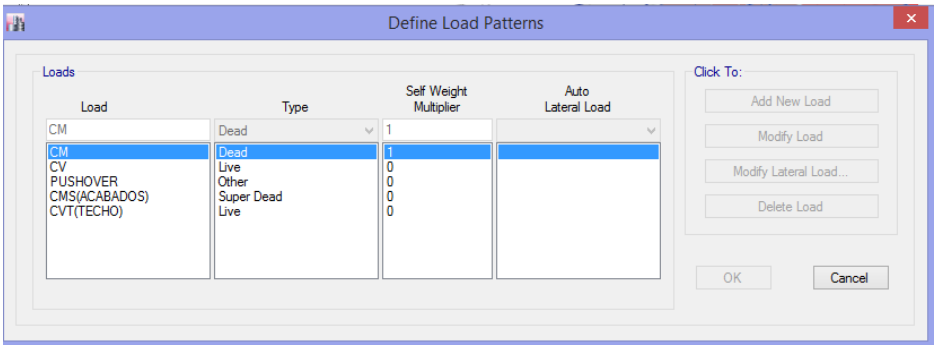


Figura 23.- *Definición de las cargas en la estructura.*

- Luego se definen los casos de carga y para el caso NONINEAR STATIC, se evalúa el desplazamiento de control.

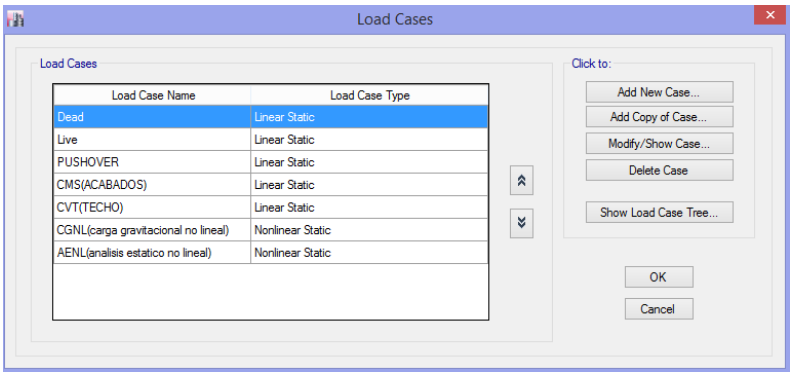


Figura 24.- *Definición del punto y desplazamiento de control.*

- Se define el espectro de respuesta que se va a utilizar para el análisis.

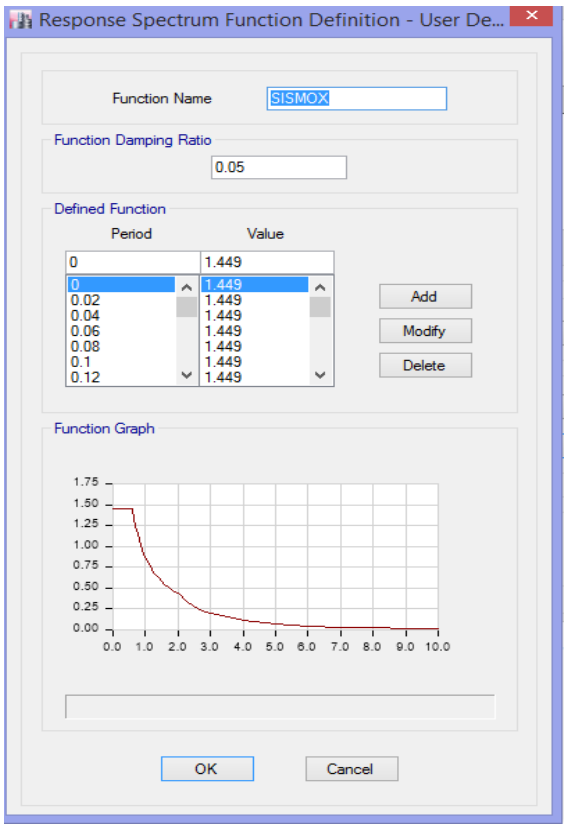


Figura 25.- *Definición del espectro según norma de diseño sísmico.*

- Por último se definen las rotulas plásticas.

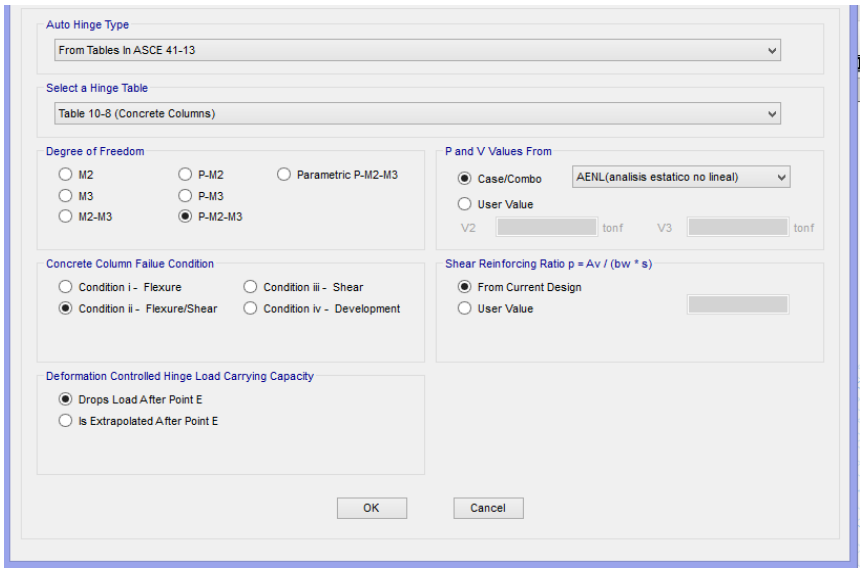


Figura 26.- *Definición y asignación de las rotulas plásticas.*

4.3 Resultados del análisis no lineal Pushover.

De los resultados obtenidos del análisis estático no lineal PUSHOVER, se tiene 5 pasos generados para obtener la curva de capacidad de la estructura; cada paso generado aplica desplazamientos a la misma y debido a estos, se generan esfuerzos en los elementos estructurales – vigas placas y columnas – según lo mencionado, se evaluará en cada paso generado, que columnas empiezan a fallar por rotulas plásticas – se evaluar**á** que columnas llegan a incurrir en la primera fluencia.

De los elementos estructurales que empiecen a evidenciar rotulas plásticas, se obtendrá la distorsión y el cortante de falla de los mismos, estos datos se tendrán que comparar con los resultados obtenidos de la curva de capacidad simplificada (cortante vs desplazamiento) del elemento dado, evaluado del comportamiento no lineal de los materiales y de la sección.

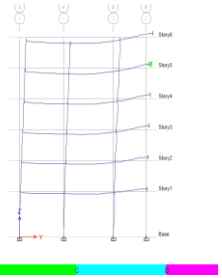
De este análisis hecho se podrá corroborar o desechar las hipótesis planteadas en la presente investigación.

- El grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER.
- El grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER.

De las tablas 7 al 13 se puede visualizar la distorsión y cortante por pasos de los 6 pisos del análisis estático no lineal Pushover.

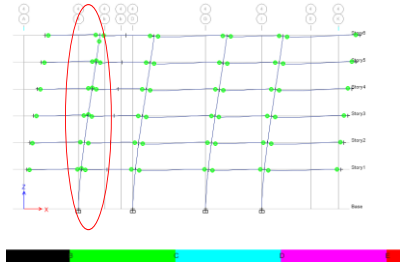
Tabla 7.-*Puntos de primera fluencia en el paso 1 y 2 del análisis PUSHOVER.*

paso 1



Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.

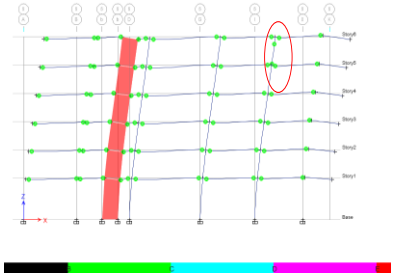
paso 2 | EJE 4B



Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas y columnas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.

columna	4B - PISO 2	columna	4B - PISO 4	columna	4B - PISO 5	columna	4B - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.024	3.4	0.057	3.4	0.074	3.4	0.090	3.4
0.011		0.040		0.057		0.074	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.0038	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.005	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.005	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.005
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.000	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	34.500	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	47.400

paso 2 | EJE 5I

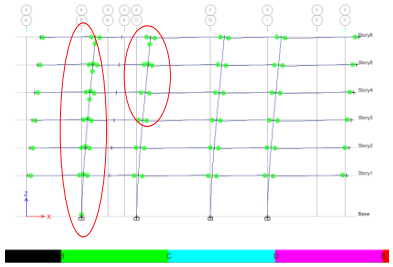


columna	5I - PISO 6
Desplazamiento	altura
0.088	3.4
0.072	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.0046
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.000

Tabla 8.- *Puntos de primera fluencia en el paso 3 del análisis PUSHOVER.*

paso 3	EJE 4

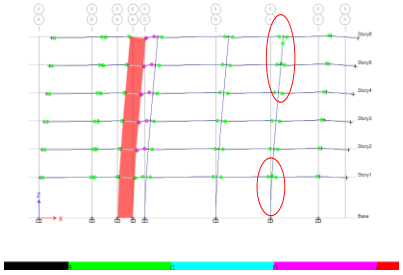
Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas y columnas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.



columna	4B - PISO 1	columna	4B - PISO 2	columna	4B - PISO 3	columna	4B - PISO 4
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.020	5	0.045	3.4	0.075	3.4	0.107	3.4
0.000		0.020		0.045		0.075	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.004	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.007	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.009	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.010
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	31.100	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.900	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	42.500	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	35.700

columna	4B - PISO 5	columna	4B - PISO 6	columna	4D - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.140	3.4	0.172	3.4	0.172	3.4
0.107		0.140		0.140	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.010	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.009	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.009
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	32.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	49.100	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	33.700

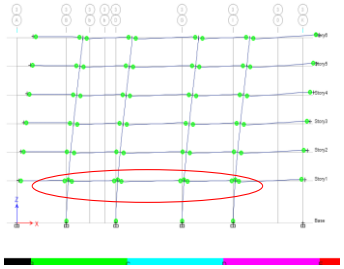
paso 3	EJE 5



columna	5I - PISO 2	columna	5I - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.043	3.4	0.167	3.4
0.019		0.137	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.007	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.009
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	31.700	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.800

Tabla 9.- *Puntos de primera fluencia en el paso 4 del análisis PUSHOVER.*

paso 4	EJE 3



Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas y columnas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.

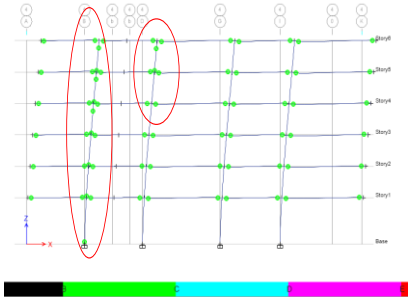
columna	3B - PISO 1	columna	3B - PISO 2	columna	3D - PISO 1	columna	3D - PISO 2
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.030	5	0.067	3.4	0.030	5	0.067	3.4
0.000		0.030		0.000		0.030	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	30.200	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	45.500	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.700	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	45.500

columna	3G - PISO 1	columna	3G - PISO 2	columna	3I - PISO 1	columna	3I - PISO 2
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.030	5	0.067	3.4	0.030	5	0.067	3.4
0.000		0.030		0.000		0.030	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	28.900	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	44.100	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.300	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	45.500

Tabla 10.-*Puntos de primera fluencia en el paso 4 del análisis PUSHOVER.*

paso 4	EJE 4

Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas y columnas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.



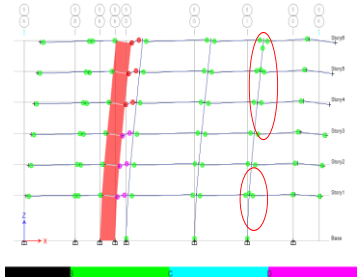
columna	4B - PISO 1	columna	4B - PISO 2	columna	4B - PISO 3	columna	4B - PISO 4
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.029	5	0.065	3.4	0.109	3.4	0.156	3.4
0.000		0.029		0.065		0.109	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.013	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.800	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.700	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	46.100	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.000

columna	4B - PISO 5	columna	4B - PISO 6	columna	4D - PISO 1	columna	4D - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.204	3.4	0.250	3.4	0.029	5	0.250	3.4
0.156		0.204		0.000		0.204	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	35.400	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	49.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.500	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	33.300

columna	4G - PISO 1	columna	4G - PISO 6	columna	4I - PISO 1	columna	4I - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.029	5	0.250	3.4	0.029	5	0.250	3.4
0.000		0.204		0.000		0.204	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.500	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.300	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	39.300	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	36.000

Tabla 11.-*Puntos de primera fluencia en el paso 4 y 5 del análisis PUSHOVER.*

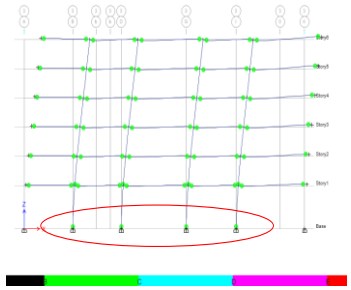
paso 4	EJE 5



Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas a un nivel crítico; mientras que en las columnas las fallas siguen siendo moderadas.

columna	5G - PISO 1	columna	5I - PISO 1	columna	5I - PISO 2	columna	5I - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.029	5	0.029	5	0.063	3.4	0.244	3.4
0.000		0.000		0.028		0.199	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.010	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.013
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	39.700	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	39.800	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	30.000	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.400

paso 5	EJE 3



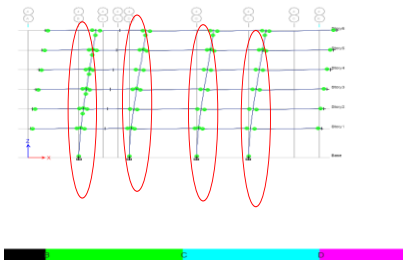
Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas y columnas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.

columna	3B - PISO 1	columna	3B - PISO 2	columna	3D - PISO 1	columna	3D - PISO 2
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.031	5	0.069	3.4	0.031	5	0.069	3.4
0.000		0.031		0.000		0.031	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	30.400	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	44.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	45.110

columna	3G - PISO 1	columna	3G - PISO 2	columna	3I - PISO 1	columna	3I - PISO 2
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.031	5	0.069	3.4	0.031	5	0.069	3.4
0.000		0.031		0.000		0.031	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	28.800	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	43.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.200	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	44.900

Tabla 12.-*Puntos de primera fluencia en el paso 5 del análisis PUSHOVER.*

paso 5	EJE 4



Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas y columnas pero a un nivel que no representa mucha importancia en la seguridad estructural.

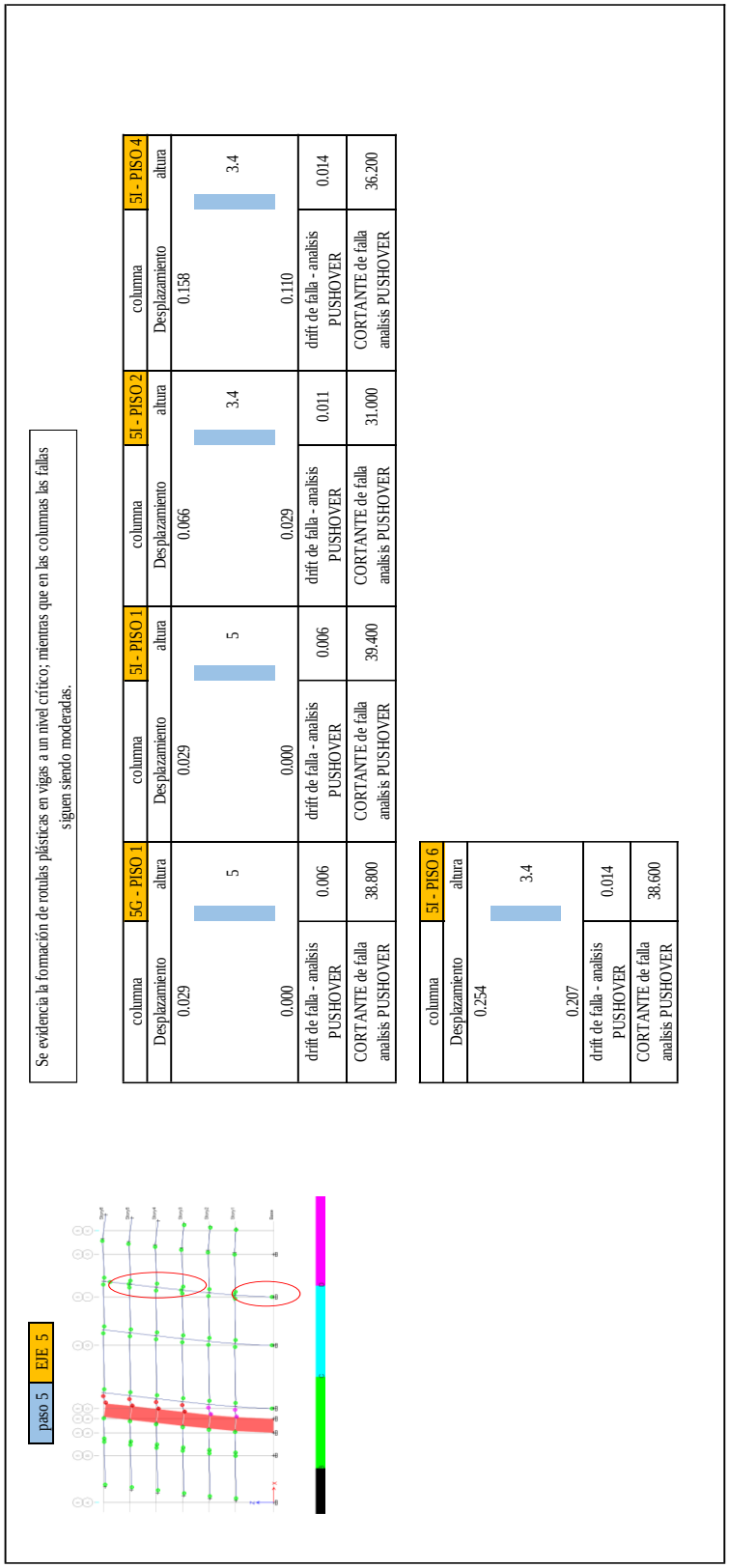
columna	4B - PISO 1	columna	4B - PISO 2	columna	4B - PISO 3	columna	4B - PISO 4
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.030	5	0.068	3.4	0.113	3.4	0.162	3.4
0.000		0.030		0.068		0.113	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.013	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	29.680	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.750	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	46.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.000

columna	4B - PISO 5	columna	4B - PISO 6	columna	4D - PISO 1	columna	4D - PISO 2
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.212	3.4	0.260	3.4	0.029	5	0.068	3.4
0.162		0.212		0.000		0.030	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.015	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	35.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	49.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	36.800	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	41.500

columna	4D - PISO 4	columna	4D - PISO 6	columna	4G - PISO 1	columna	4G - PISO 2
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.029	5	0.250	3.4	0.030	5	0.068	3.4
0.000		0.204		0.000		0.030	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	32.700	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	33.300	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	36.600	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	44.600

columna	4G - PISO 6	columna	4I - PISO 1	columna	4I - PISO 6
Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura	Desplazamiento	altura
0.260	3.4	0.029	5	0.250	3.4
0.210		0.000		0.204	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.015	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006	drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	37.360	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.120	CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	35.900

Tabla 13.- *Puntos de primera fluencia en el paso 5 del análisis PUSHOVER.*



paso 5	EJE 5

Se evidencia la formación de rotulas plásticas en vigas a un nivel crítico; mientras que en las columnas las fallas siguen siendo moderadas.

columna	5G - PISO 1
Desplazamiento	altura
0.029	5
0.000	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.800

columna	5I - PISO 1
Desplazamiento	altura
0.029	5
0.000	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.006
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	39.400

columna	5I - PISO 2
Desplazamiento	altura
0.066	3.4
0.029	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.011
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	31.000

columna	5I - PISO 4
Desplazamiento	altura
0.158	3.4
0.110	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	36.200

columna	5I - PISO 6
Desplazamiento	altura
0.254	3.4
0.207	
drift de falla - analisis PUSHOVER	0.014
CORTANTE de falla analisis PUSHOVER	38.600

4.4 Curvas de capacidad de los elementos verticales que han evidenciado rotulas plásticas por fluencia:

Para la obtención de la curva de capacidad simplificada de los elementos verticales que han fallado por rotulas plásticas en el análisis Pushover, se ha utilizado una ficha técnica elaborada con base en el análisis de los planos de diseño de la edificación y los datos del mismo, los resultados del análisis de los 28 elementos verticales evaluados se encuentran en el ANEXO 02.

4.5 Curvas de capacidad y primera fluencia de elementos verticales.

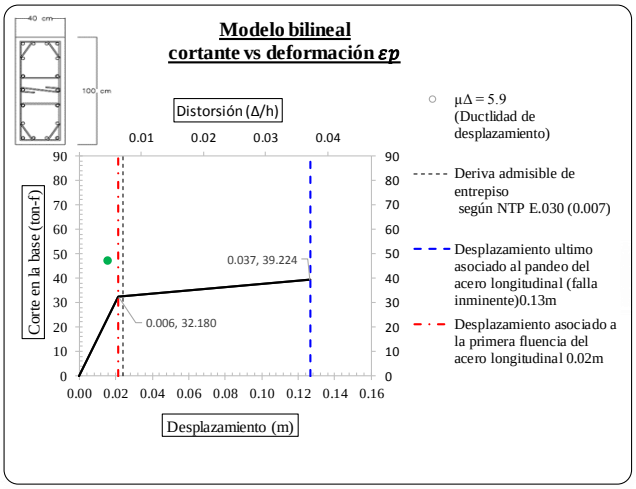
En este acápite, se verá reflejado el punto de primera fluencia (punto en el que los elementos verticales que han iniciado su incursionado en el rango no lineal, con rotulas plásticas; evidencian un nivel de daño mínimo) del análisis estático no lineal PUSHOVER en la curva de capacidad simplificada generada de cada elemento estructural.

El daño por el que la estructura falla son principalmente rotulas plásticas en vigas que conectan placas con columnas.

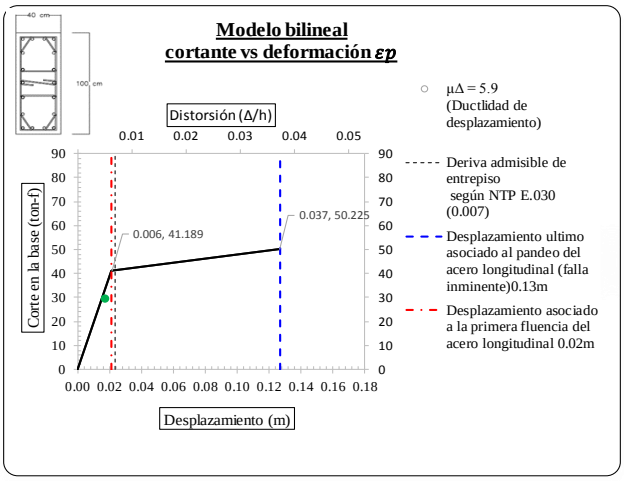
El daño en elementos estructurales verticales es mínimo y hay daños menores en elementos no estructurales, el riesgo a la ocupación inmediata es muy bajo para la demanda impuesta.

En el programa ETABS esto se evidencia mediante un color verde fosforescente en la rótula plástica. En este punto el elemento estructural recién se encuentra ingresando al estado no lineal – cerca al punto de fluencia de la estructura.

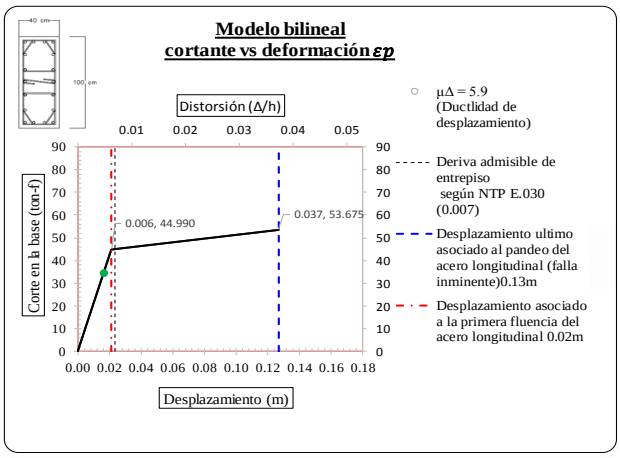
4.5.1 Paso 2 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia.



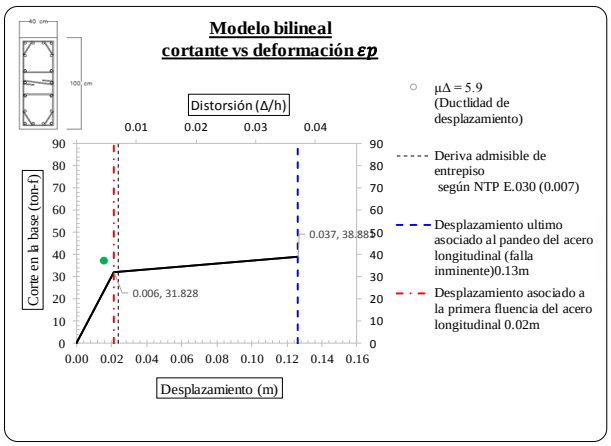
COLUMNA (4B - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 2*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.0047	47.300
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton f)
	0.006	32.18



COLUMNA (4B - PISO 5) - INDICADORES - *PASO 2*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.005	29.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	41.18



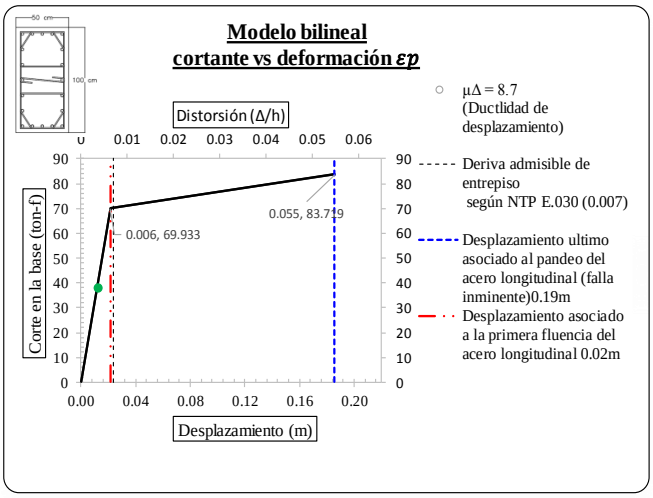
COLUMNA (4B - PISO 4) - INDICADORES - *PASO 2*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.0049	34.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.007	44.99



COLUMNA (5I - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 2*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.0046	37.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	31.82

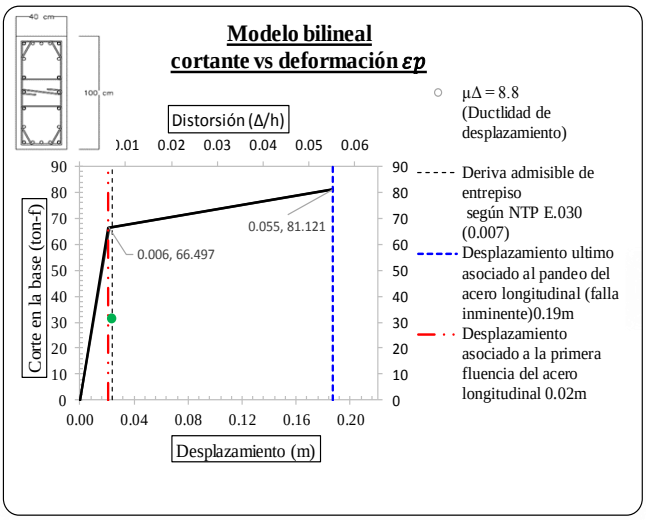
Grafico 1.- *Cuadros 1, 2, 3,4 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

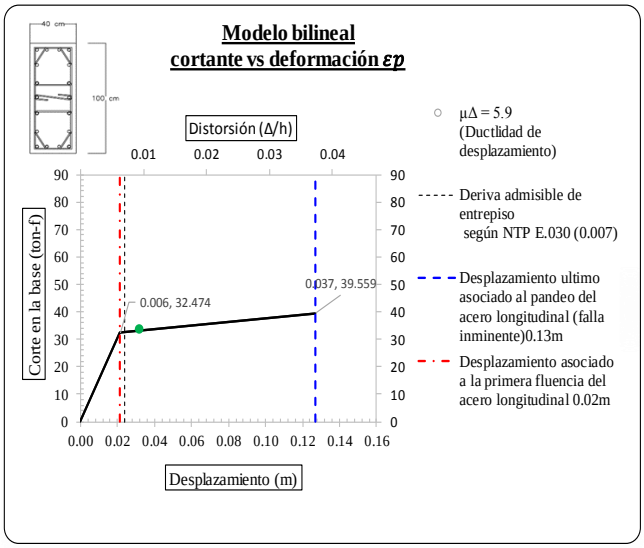
De los cuadros del 1 al 5 se obtiene el punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal línea roja y el punto de fluencia por análisis PUSHOVER paso 2 del mismo (punto verde tabulado en los cuadros).



COLUMNA (4B - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 2*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.0038	38.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	69.9

4.5.2 Paso 3 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia.

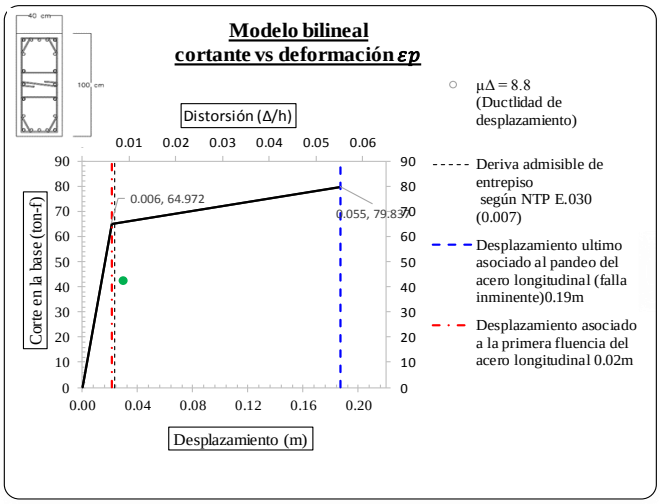




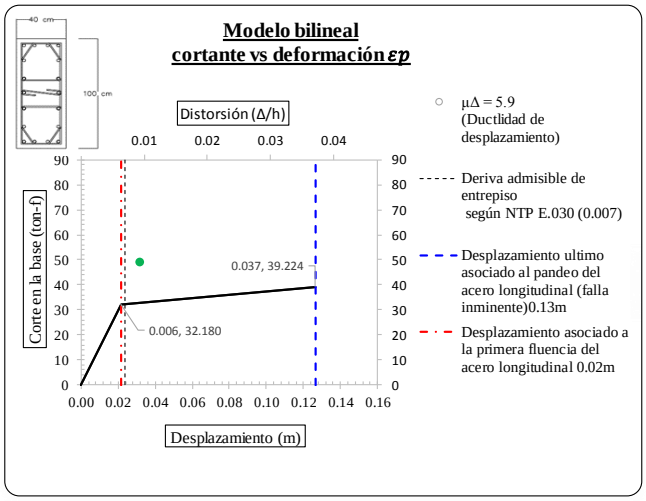
COLUMNA (5I - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.007	31.700
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	66.49

COLUMNA (4D - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.009	33.730
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.47

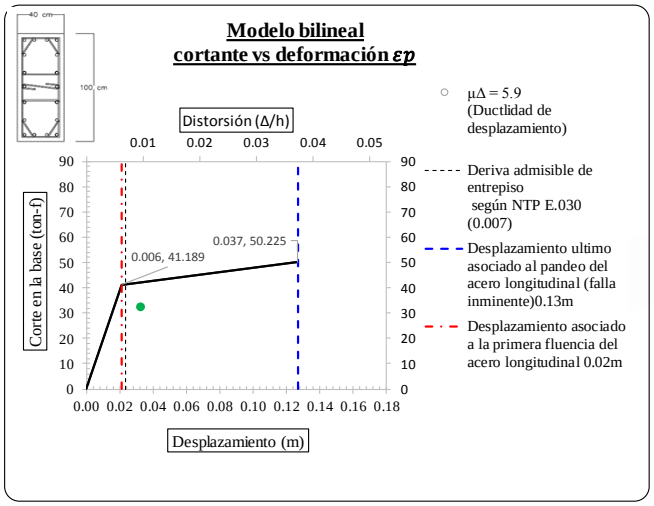
Grafico 2.- *Cuadros 5, 6,7 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*



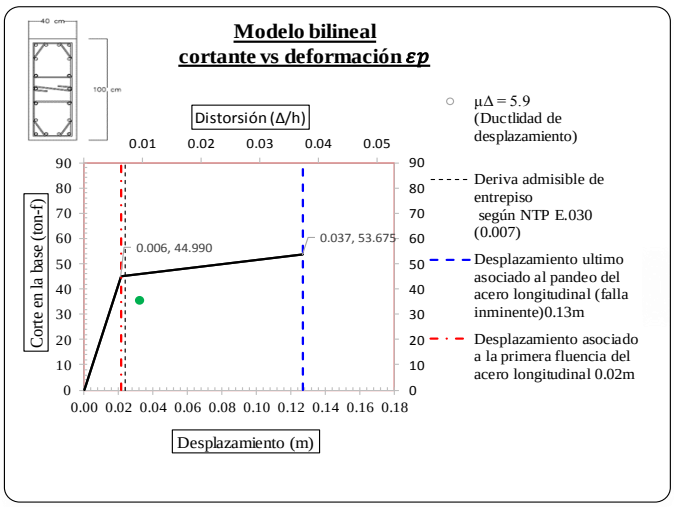
COLUMNA (4B - PISO 3) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.009	42.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	64.9



COLUMNA (4B - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.009	49.110
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.18

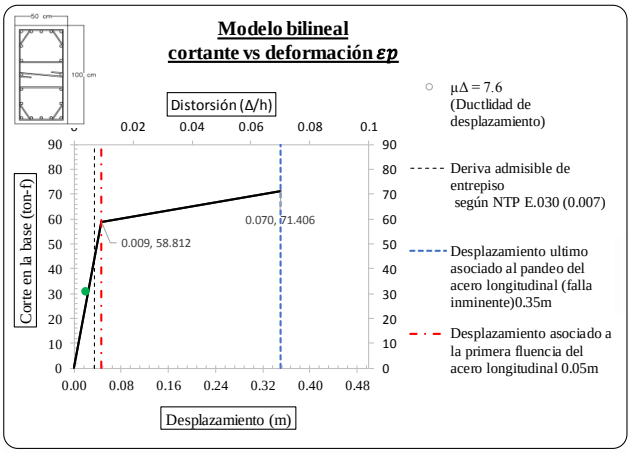


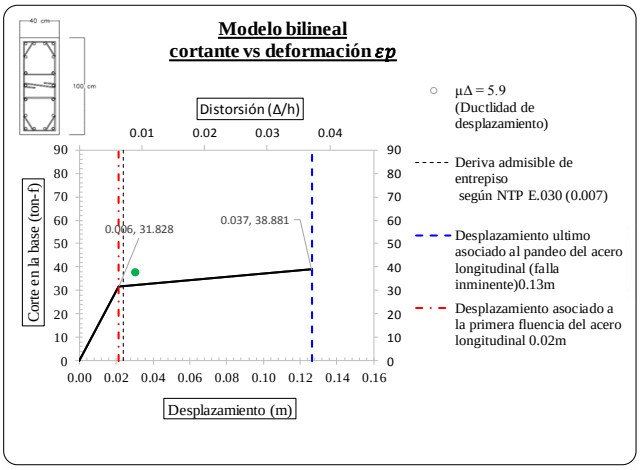
COLUMNA (4B - PISO 5) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.010	32.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	41.19



COLUMNA (4B - PISO 4) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.010	35.700
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	44.99

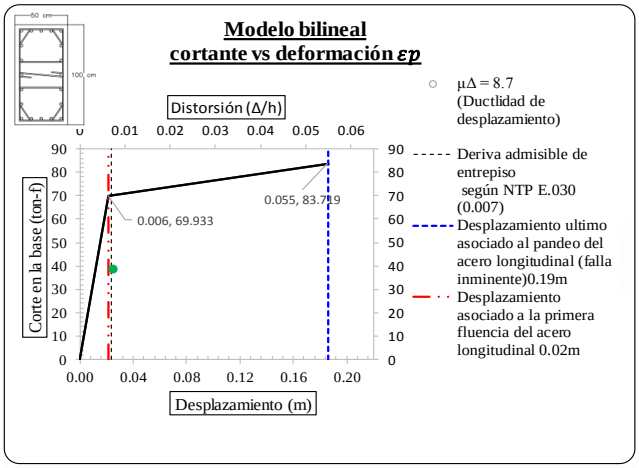
Grafico 3.-*Cuadros 8, 9, 10,11 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*





COLUMNA (4B - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.004	31.130
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	58.8

COLUMNA (5I - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.009	37.800
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	31.8

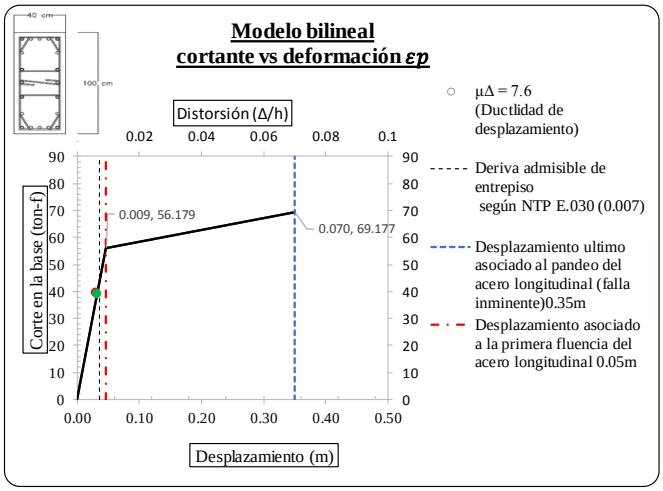


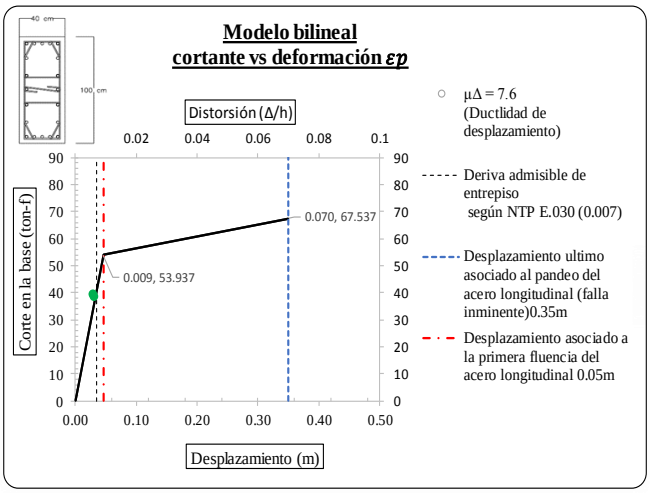
COLUMNA (4B - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 3*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.007	38.800
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	69.9

Grafico 4.-*Cuadros 12, 13, 14 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

De los cuadros del 6 al 14 se obtiene el punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal línea roja y el punto de fluencia por análisis PUSHOVER paso 3 del mismo (punto verde tabulado en los cuadros).

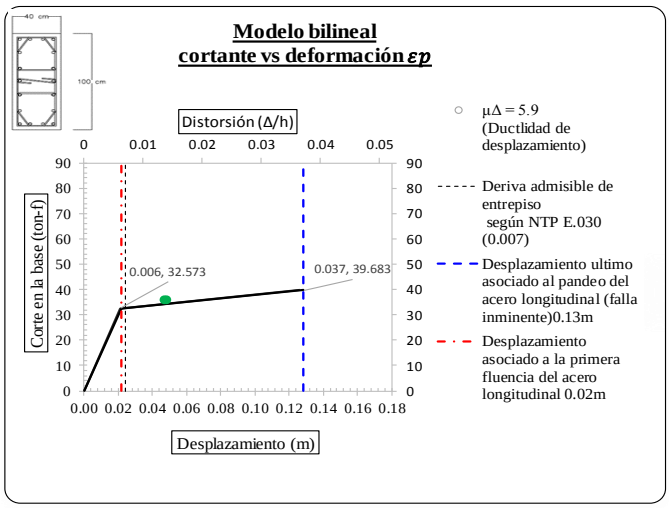
4.5.3 Paso 4 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia.

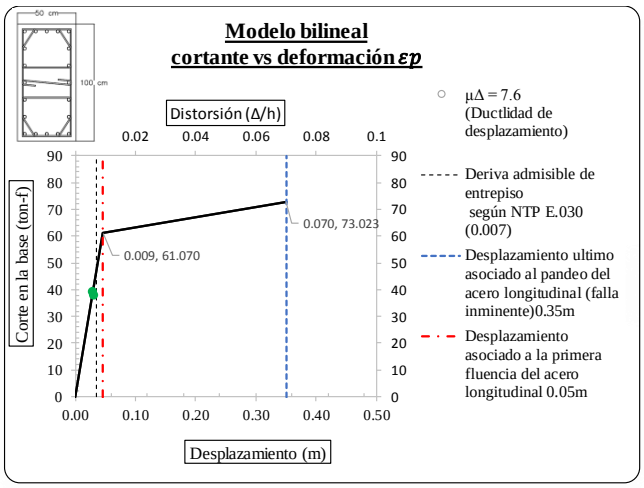




COLUMNA (5I - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	39.800
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	56.17

COLUMNA (5G - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	39.700
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	53.94

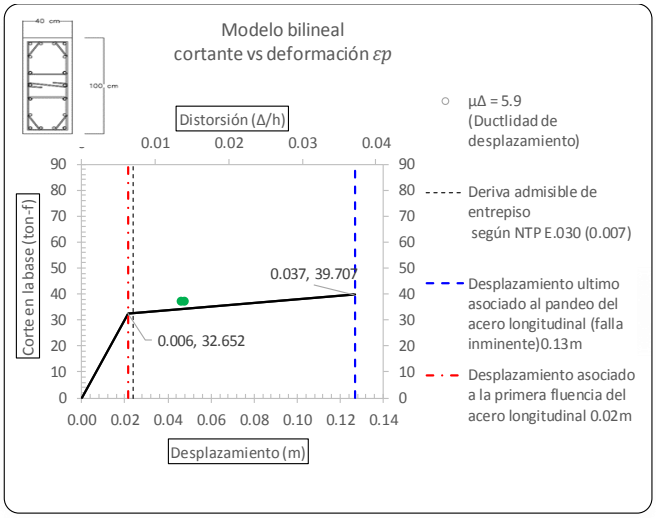


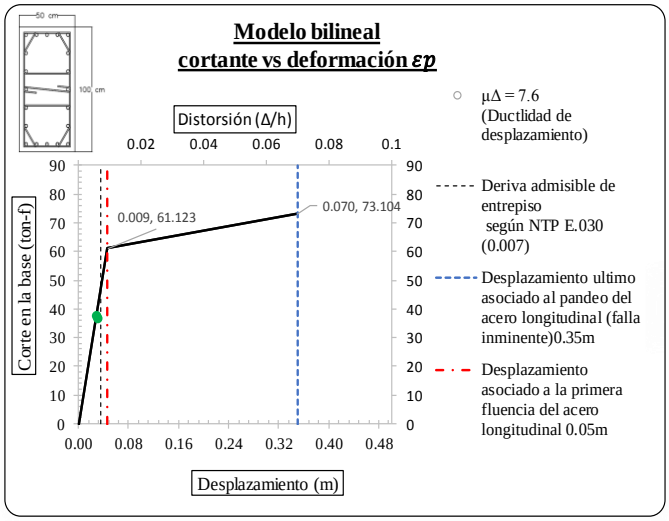


COLUMNA (4I - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	35.950
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.57

COLUMNA (4I - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	39.290
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	61.07

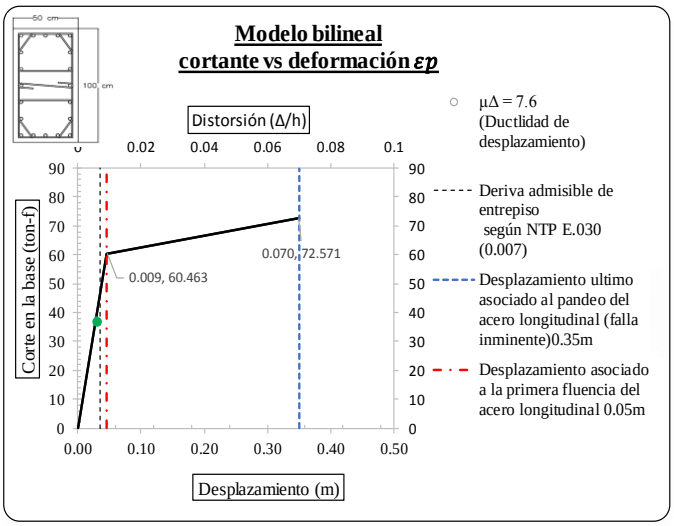
Grafico 5.-*Cuadros 15, 16, 17,18 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

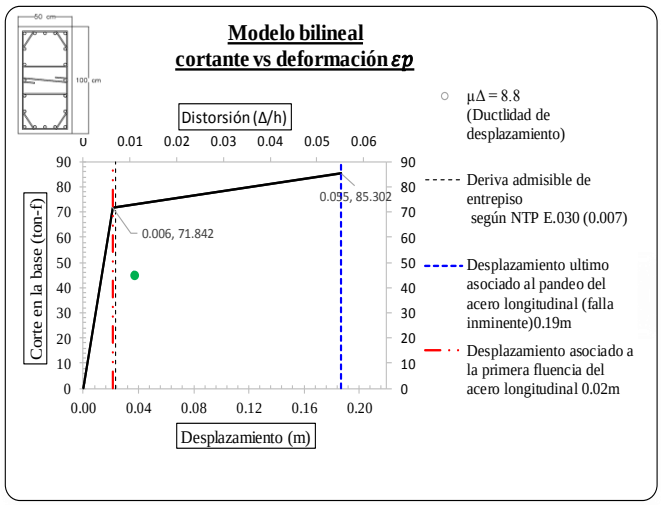




COLUMNA (4G - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	37.340
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.65

COLUMNA (4G - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	37.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	61.12

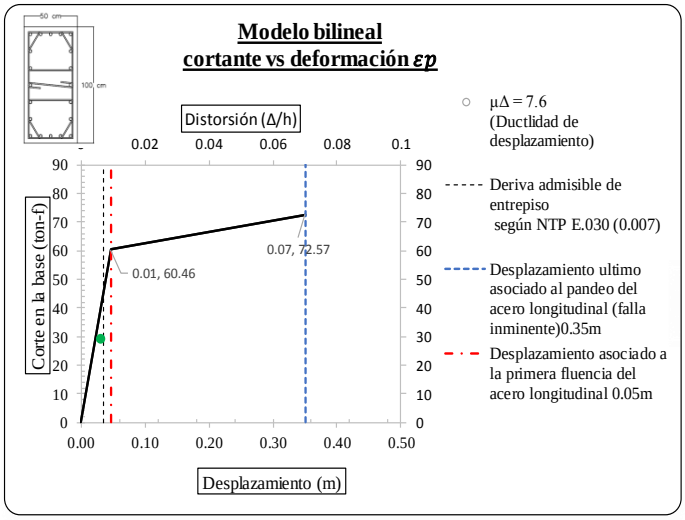


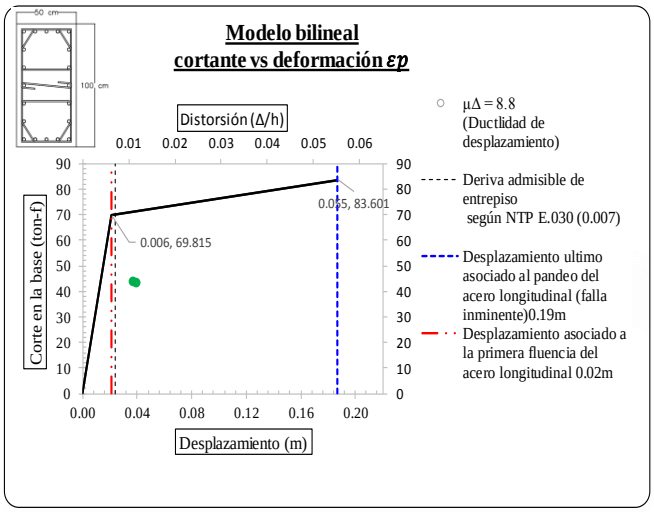


COLUMNA (4D - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN	Cortante de primera fluencia por
	0.006	37.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero
	0.009	60.46

COLUMNA (3I - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.010	45.450
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	71.84

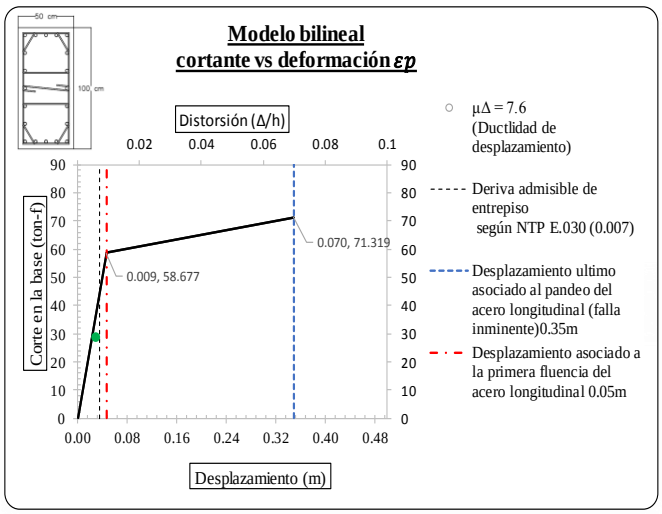
Grafico 6.-*Cuadros 19,20, 21,22 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

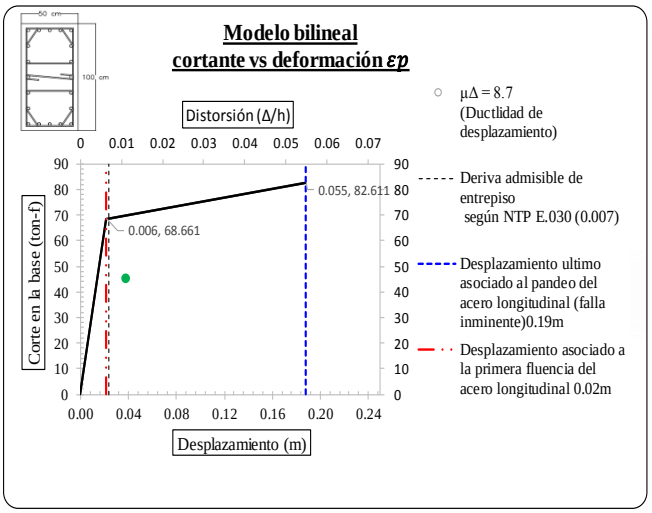




COLUMNA (3I - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	29.300
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.010	60.49

COLUMNA (3G - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.010	44.100
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	69.81

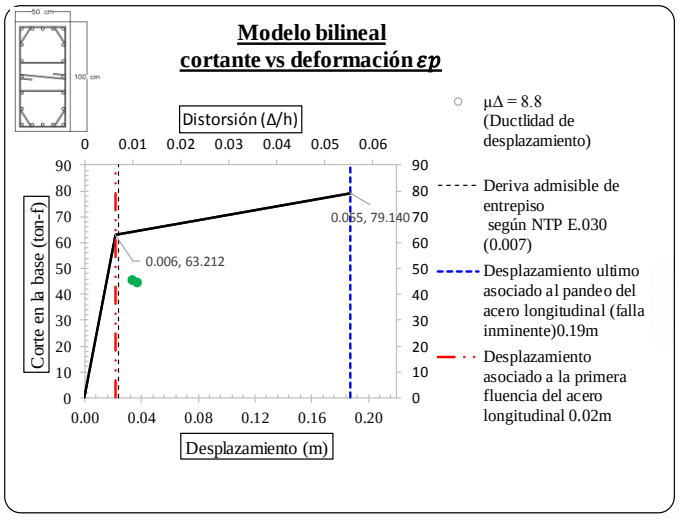


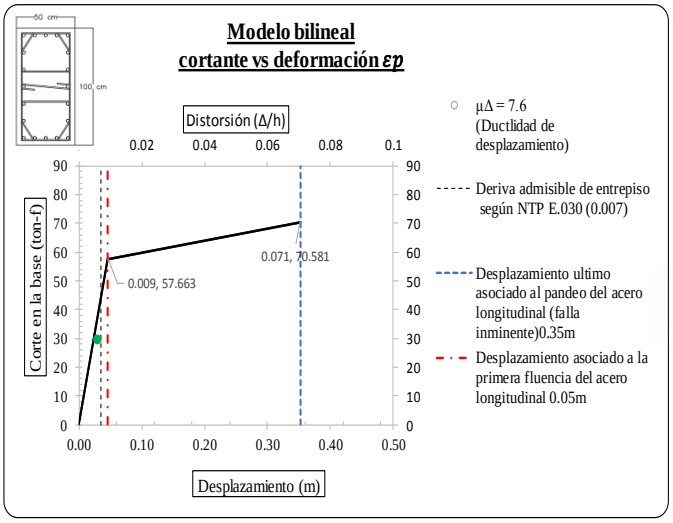


COLUMNA (3G - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	28.900
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	58.6

COLUMNA (3D - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	45.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	68.66

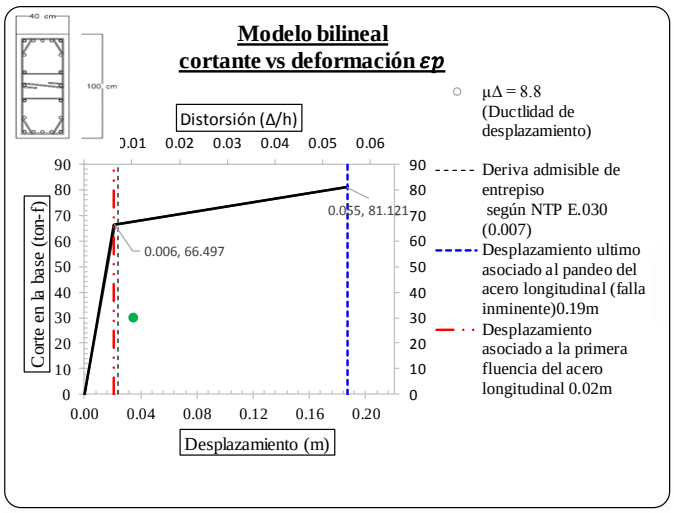
Grafico 7.-*Cuadros 23,24, 25,26 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

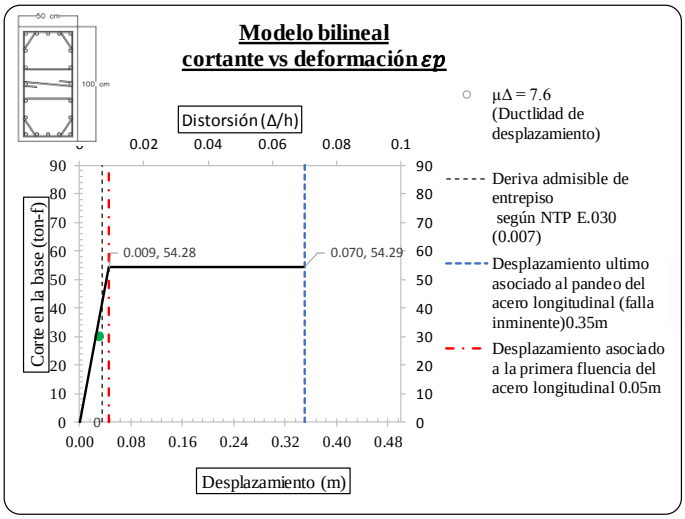




COLUMNA (3B - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	45.500
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	63.21

COLUMNA (3D - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	29.700
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	57.66

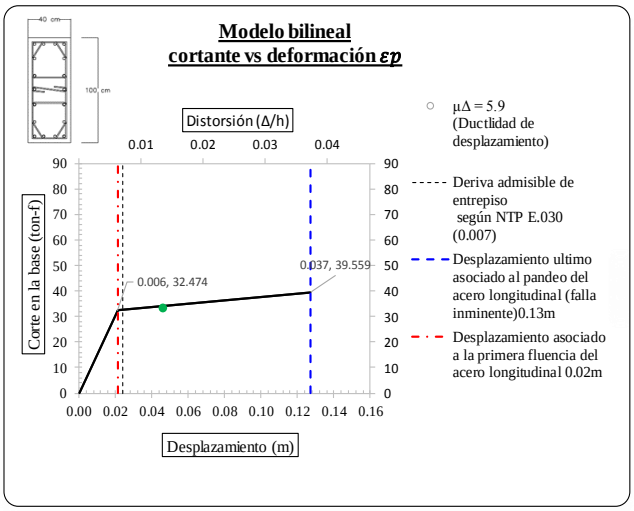




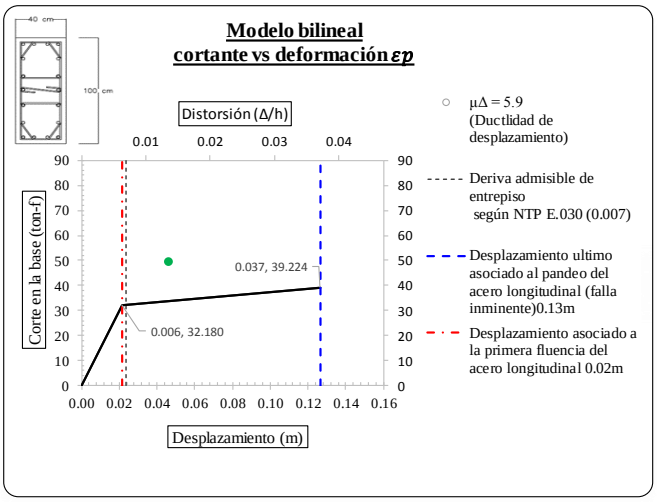
COLUMNA (5I - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.010	30.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	66.48

COLUMNA (3B - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	30.170
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	54.29

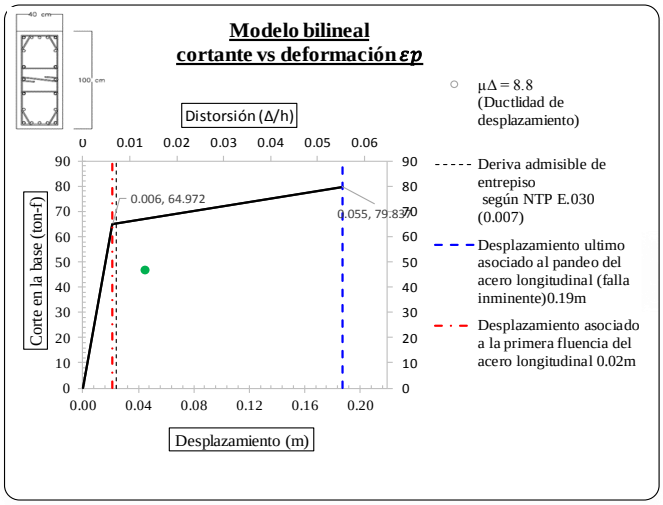
Grafico 8.-*Cuadros 27,28, 29,30 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*



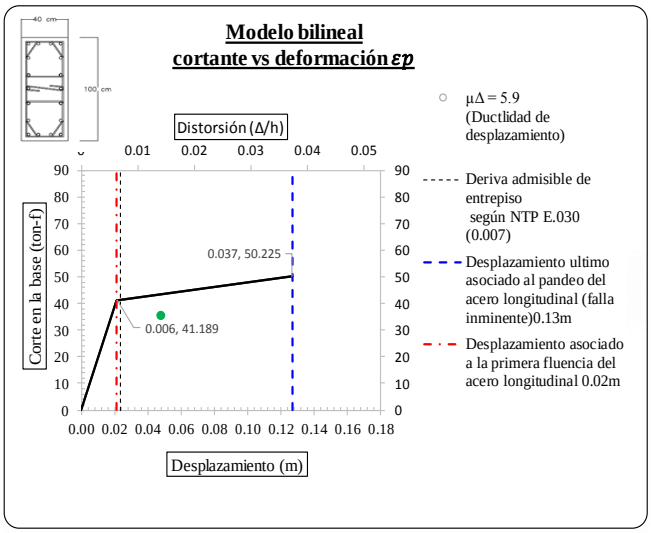
COLUMNA (4D - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	33.300
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.47



COLUMNA (4B - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	49.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.18



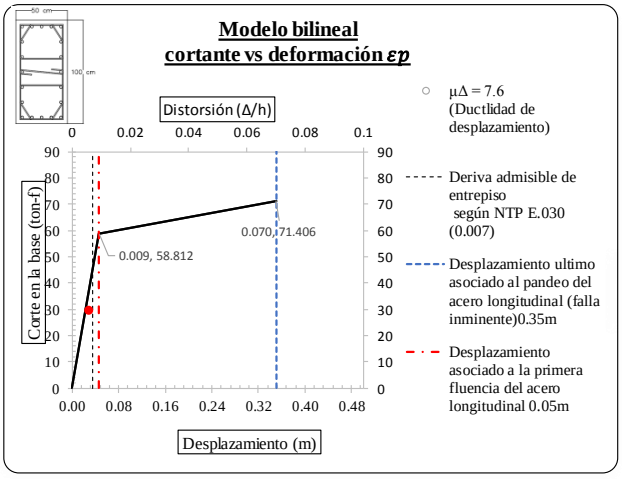
COLUMNA (4B - PISO 3) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.013	46.130
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	64.97

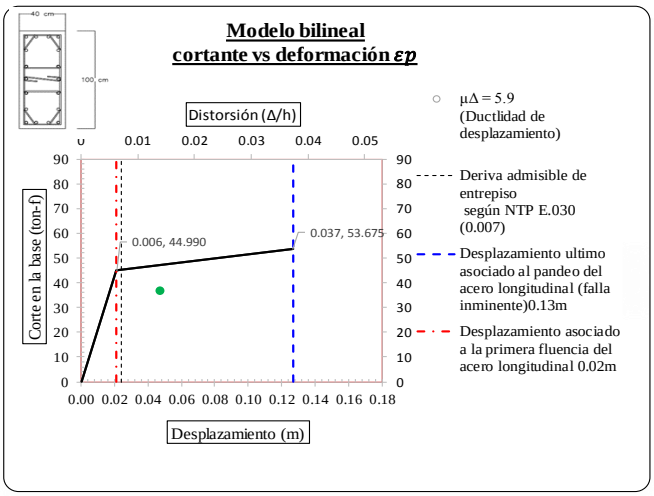


COLUMNA (4B - PISO 5) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN
	0.014	35.400
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero
	0.006	41.19

Grafico 9.-*Cuadros 31,32, 33,34 comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal*

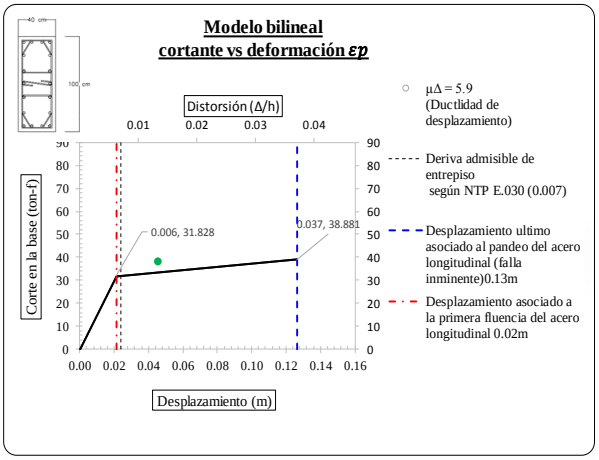
.

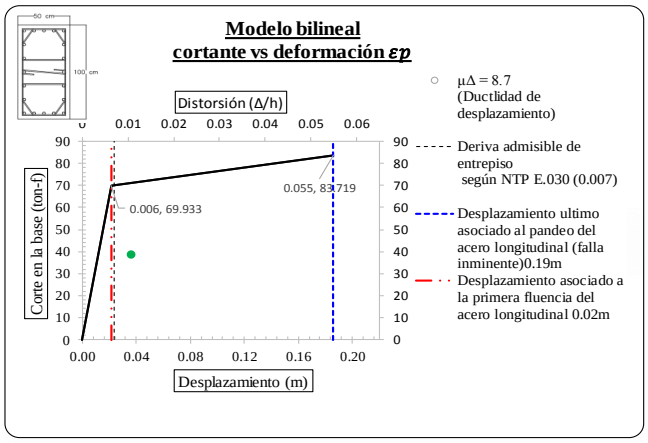




COLUMNA (4B - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	29.750
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	58.81

COLUMNA (4B - PISO 4) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	37.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	44.99





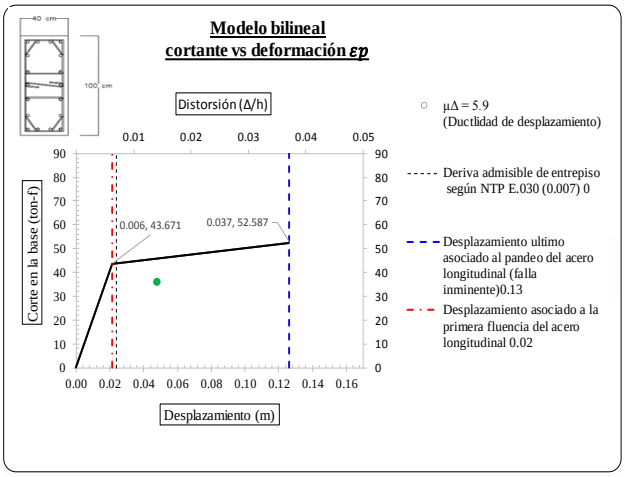
COLUMNA (5I - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.013	38.400
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	31.82

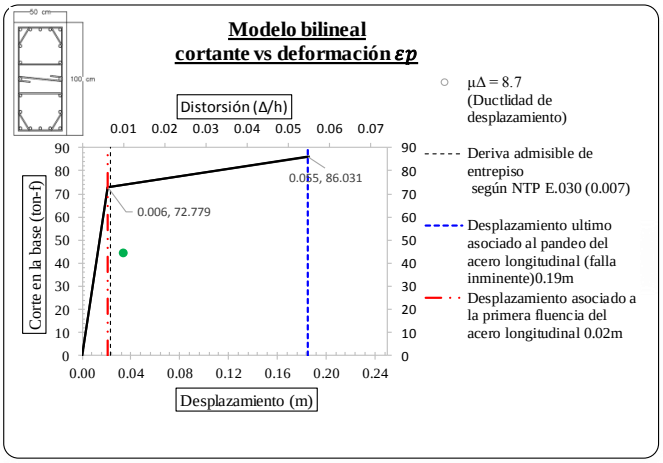
COLUMNA (4B - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 4*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	38.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	69.9

Grafico 10.-*Cuadros 35,36, 37,38 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

De los cuadros del 15 al 38 se obtiene el punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal línea roja y el punto de fluencia por análisis PUSHOVER paso 4 del mismo (punto verde tabulado en los cuadros).

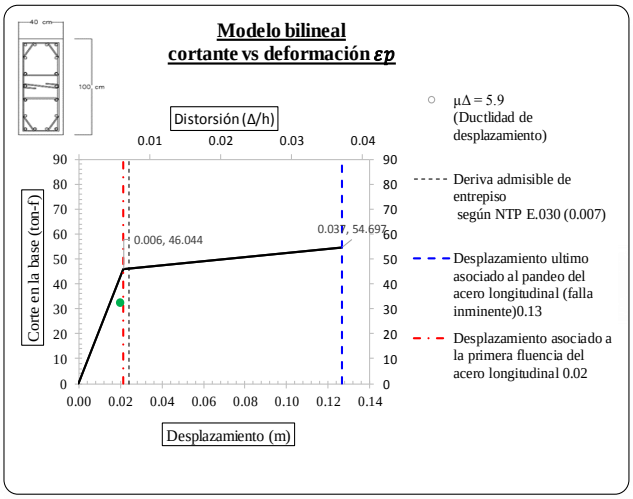
4.5.4 Paso 5 análisis de los elementos que han incurrido en primera fluencia.

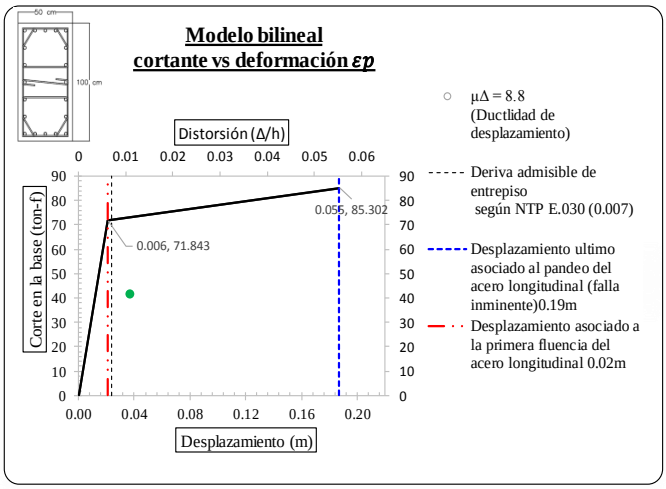




COLUMNA (5I - PISO 4) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	36.200
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	43.67

COLUMNA (4G - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.010	44.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	72.77

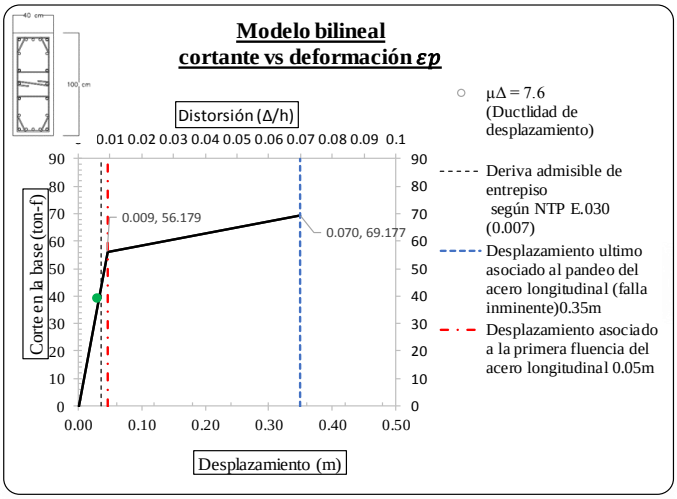


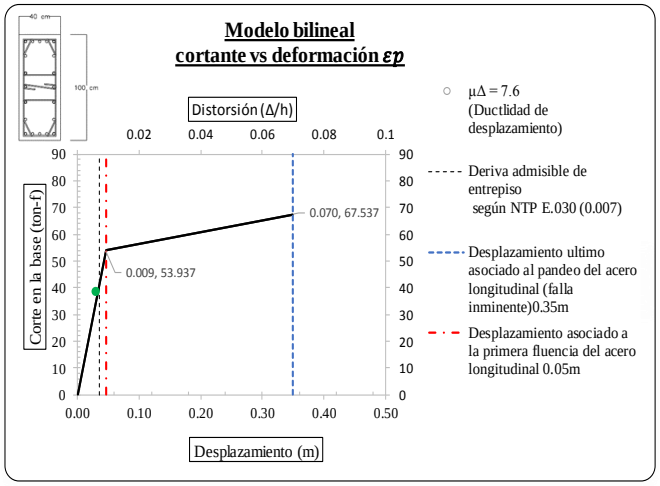


COLUMNA (4D - PISO 4) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.0140	32.700
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	46.04

COLUMNA (4D - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	41.5
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	71.8

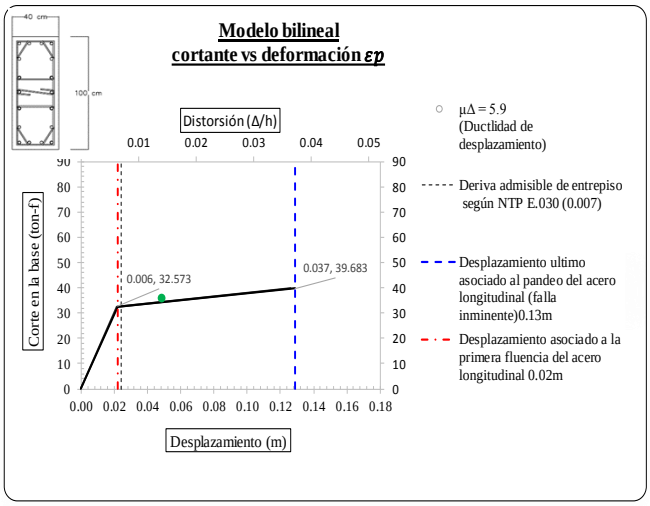
Grafico 11.-*Cuadros 39,40, 41,42 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

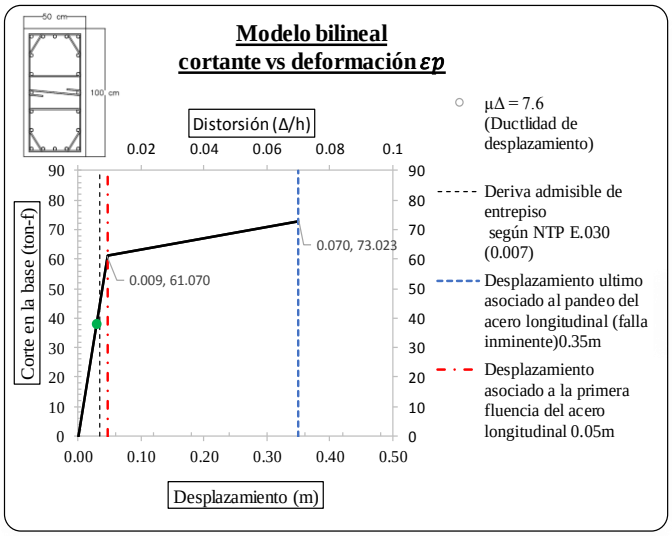




COLUMNA (5I - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	39.400
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	56.17

COLUMNA (5G - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	38.8
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	53.9

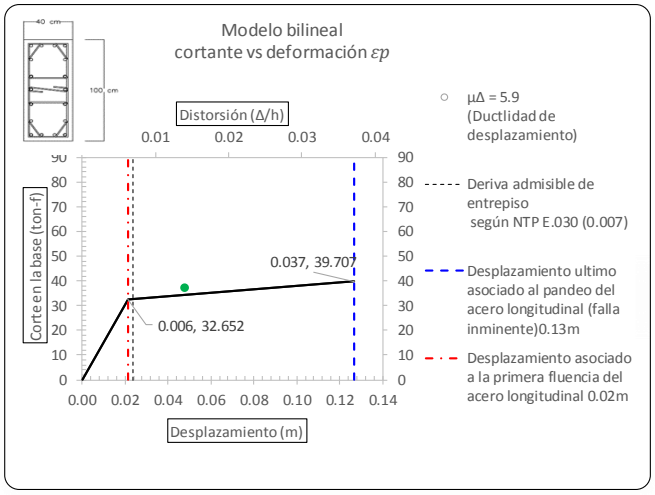


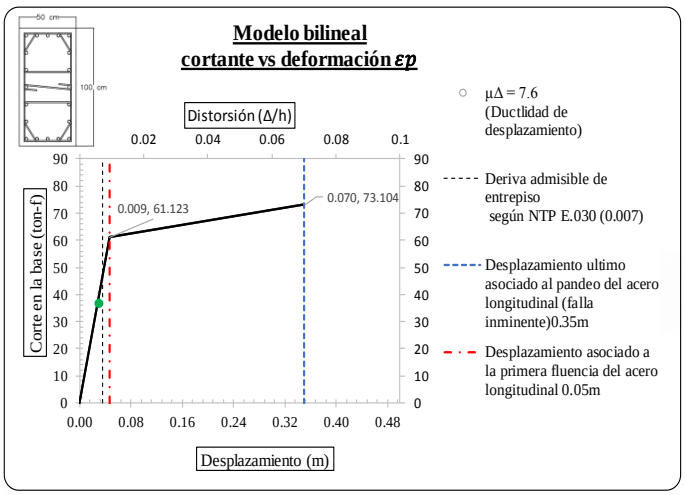


COLUMNA (4I - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	35.930
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.57

COLUMNA (4I - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN	Cortante de primera fluencia por
	0.006	38.120
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero
	0.009	61.07

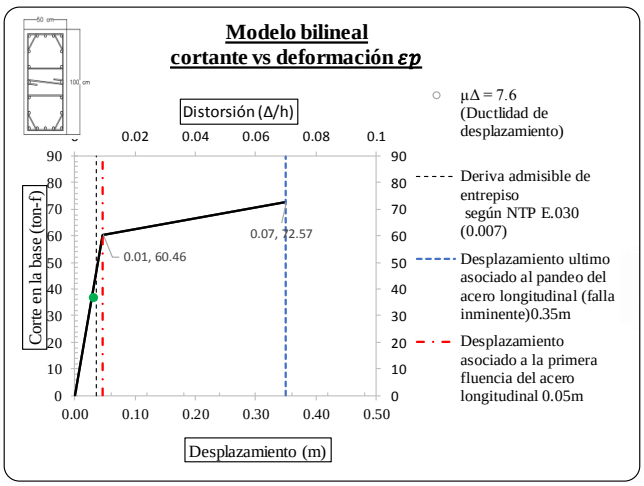
Grafico 12.-*Cuadros 43,44, 45,46 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

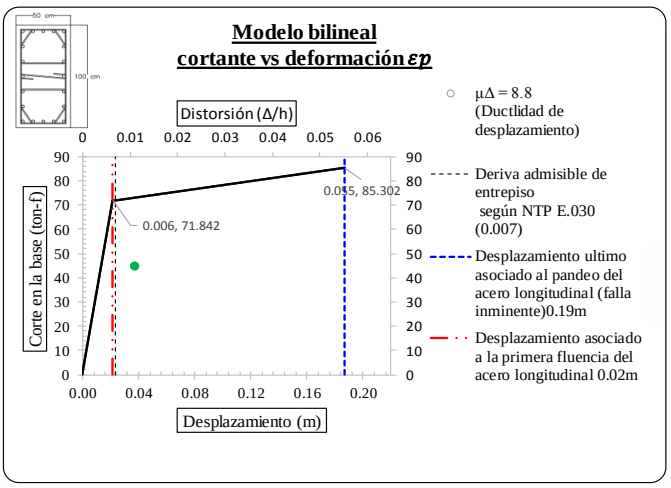




COLUMNA (4G - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	37.360
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.65

COLUMNA (4G - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	36.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	61.12

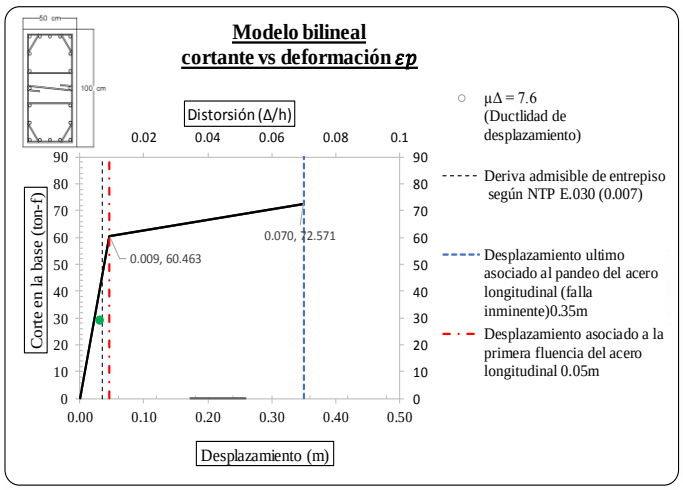


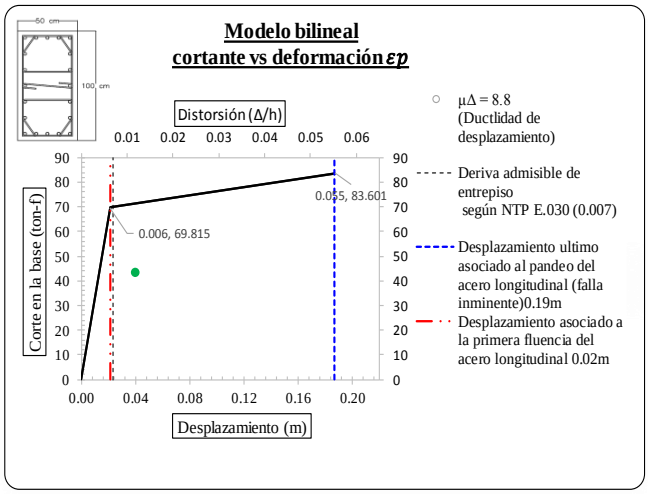


COLUMNA (4D - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	36.800
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.010	60.46

COLUMNA (3I - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	44.900
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	71.84

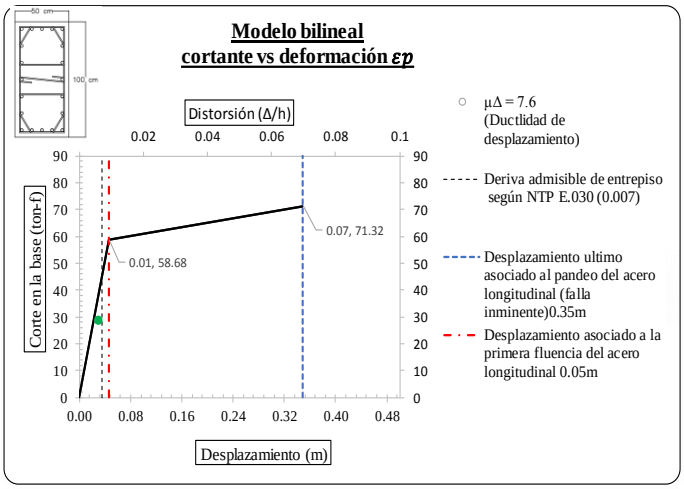
Grafico 13.-*Cuadros 47,48, 49,50 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

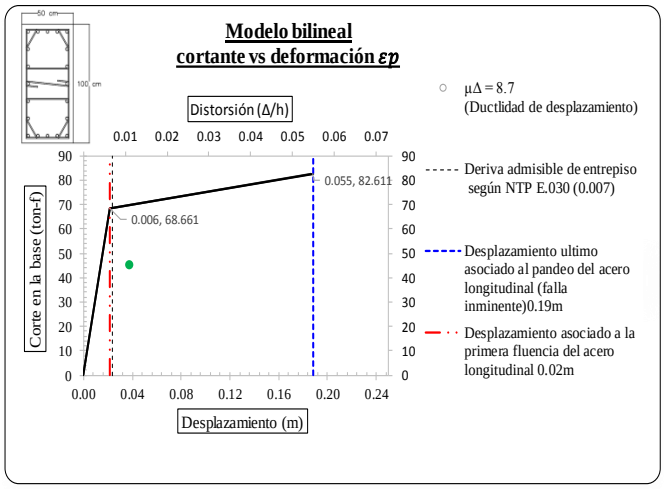




COLUMNA (3I - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	29.200
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	60.46

COLUMNA (3G - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.012	43.6
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	69.8

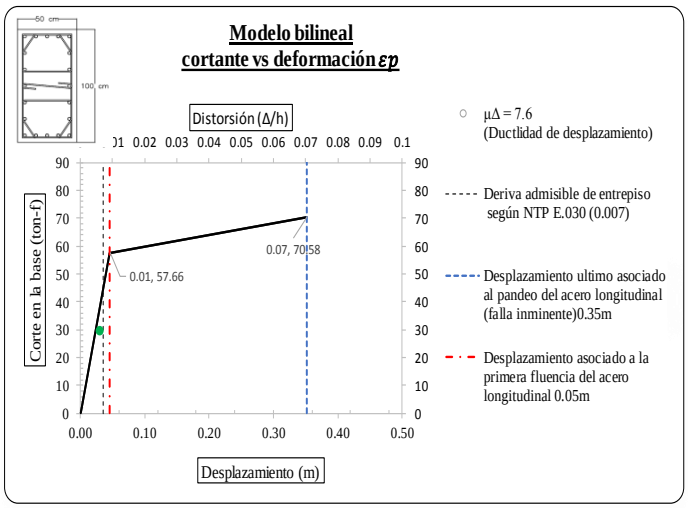




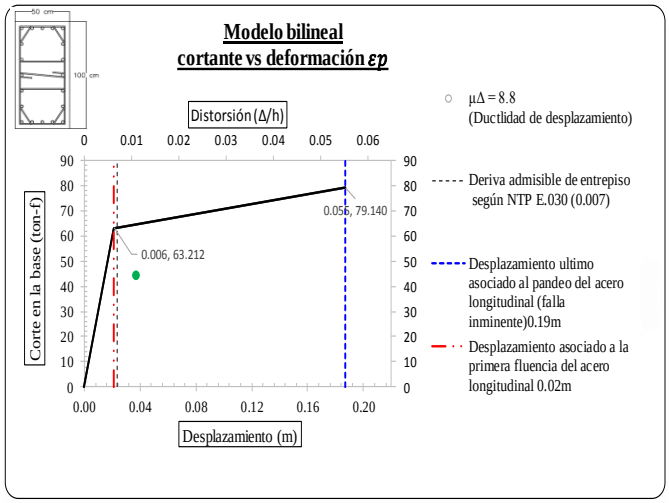
COLUMNA (3G - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	28.800
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.010	58.68

COLUMNA (3D - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	45.11
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	68.66

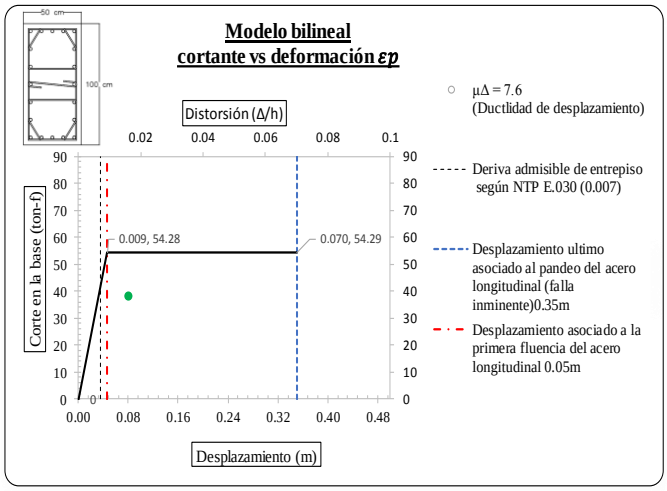
Grafico 14.-*Cuadros 51,52, 53,54 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*



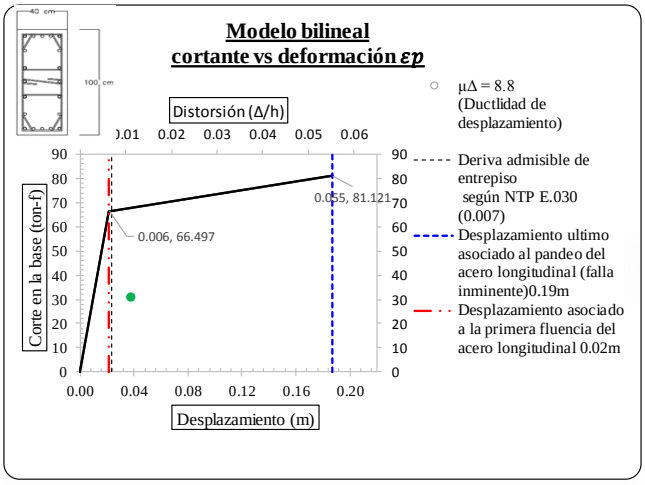
COLUMNA (3D - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	29.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.010	57.66



COLUMNA (3B - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	44.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	63.2

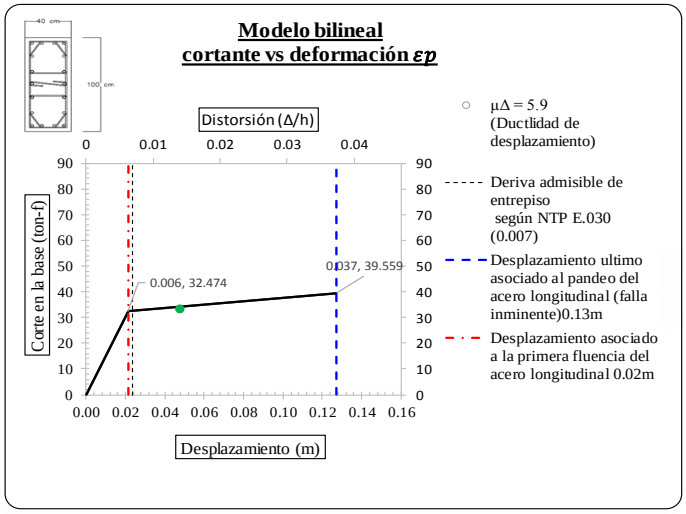


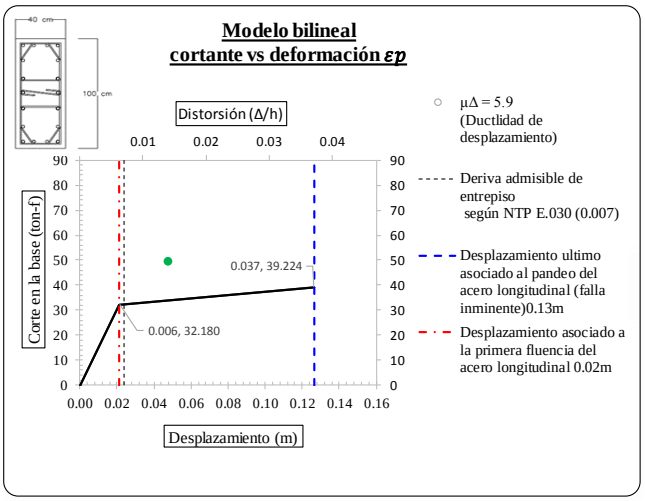
COLUMNA (3B - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	38.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	54.29



COLUMNA (5I - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	31.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	66.5

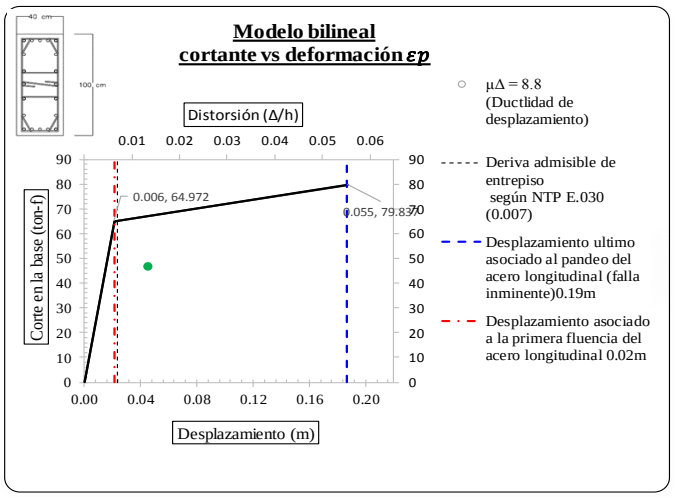
Grafico 15.-*Cuadros 55,56, 57,58 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

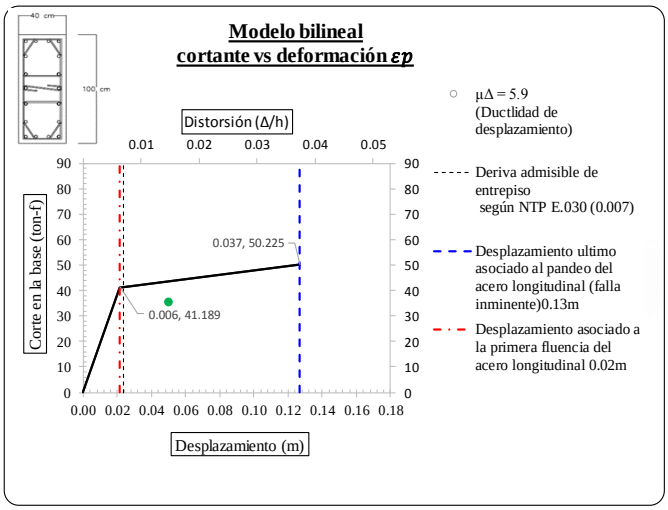




COLUMNA (4D - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	33.300
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.47

COLUMNA (4B - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	49.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	32.18

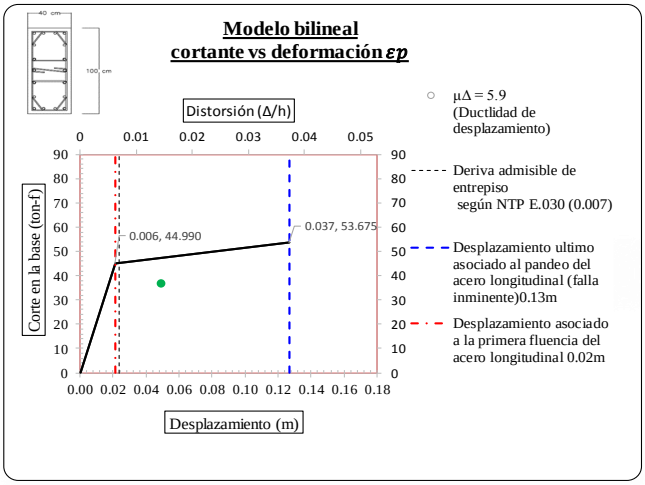


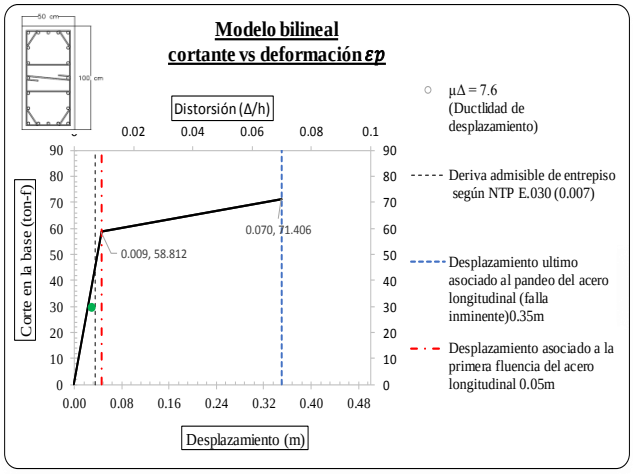


COLUMNA (4B - PISO 3) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.013	46.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	64.9

COLUMNA (4B - PISO 5) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.015	35.600
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	41.18

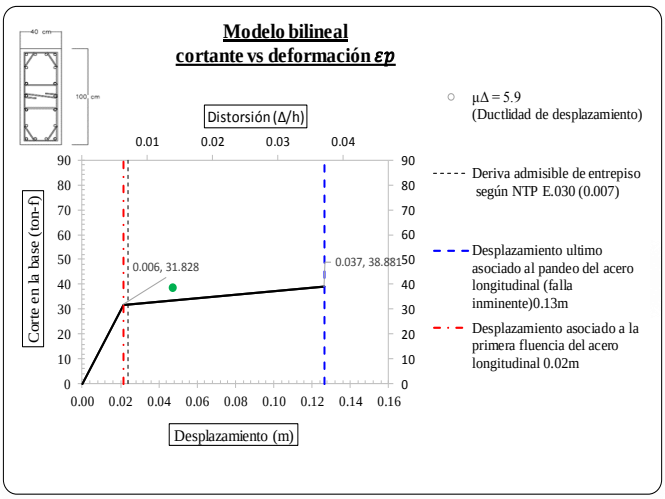
Grafico 16.-*Cuadros 59,60, 61,62 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

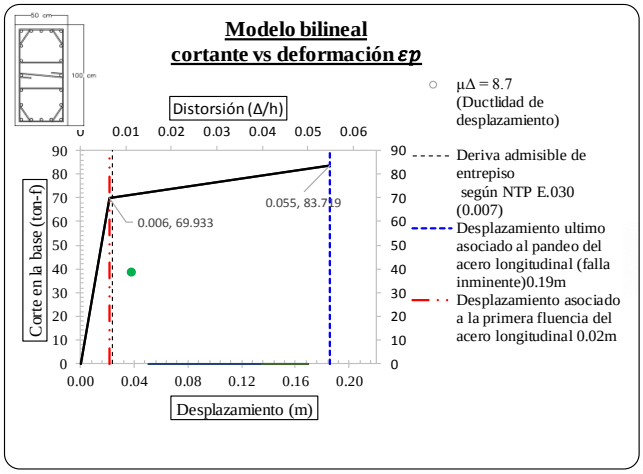




COLUMNA (4B - PISO 4) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	37.000
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	44.99

COLUMNA (4B - PISO 1) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.006	29.680
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.009	58.8





COLUMNA (5I - PISO 6) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.014	38.6
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	31.8

COLUMNA (4B - PISO 2) - INDICADORES - *PASO 5*		
VI	Drift de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)
	0.011	38.8
VD	Drift de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
	0.006	69.9

Grafico 17.-*Cuadros 63,64, 65,66 Comparativo de punto de fluencia por PUSHOVER vs punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal.*

De los cuadros del 39 al 66 se obtiene el punto de fluencia por pandeo del acero longitudinal línea roja y el punto de fluencia por análisis PUSHOVER paso 5 del mismo (punto verde tabulado en los cuadros).

5 DISCUSION DE RESULTADOS.

Del análisis hecho, se han generado las siguientes tablas de variación de distorsión y cortante por elemento estructural. Cada tabla representa un análisis hecho por paso; se han considerado 5 pasos donde los elementos estructurales han llegado como mucho al punto de fluencia, sin llegar a incursionar en el rango no lineal, esto según el análisis PUSHOVER hecho, los datos se han obtenido de los cuadros 1 al 66.

5.1 Tablas, gráficos y figuras:

5.1.1 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 2.

Tabla 14.- *Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 2.*

PASO 2				
Columna	Distorsión de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)	Distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
4B - PISO 2	0.0038	38.00	0.0060	69.9
4B - PISO 4	0.0049	34.50	0.0060	44.99
4B - PISO 5	0.0050	29.50	0.0060	41.18
4B - PISO 6	0.0047	47.30	0.0060	32.18
5I - PISO 6	0.0046	37.00	0.0060	31.82

En la tabla adjunta se pueden observar los datos de distorsión y cortante de primera fluencia determinados por análisis Pushover y por pandeo del acero longitudinal en el paso 2 del análisis no lineal PUSHOVER.

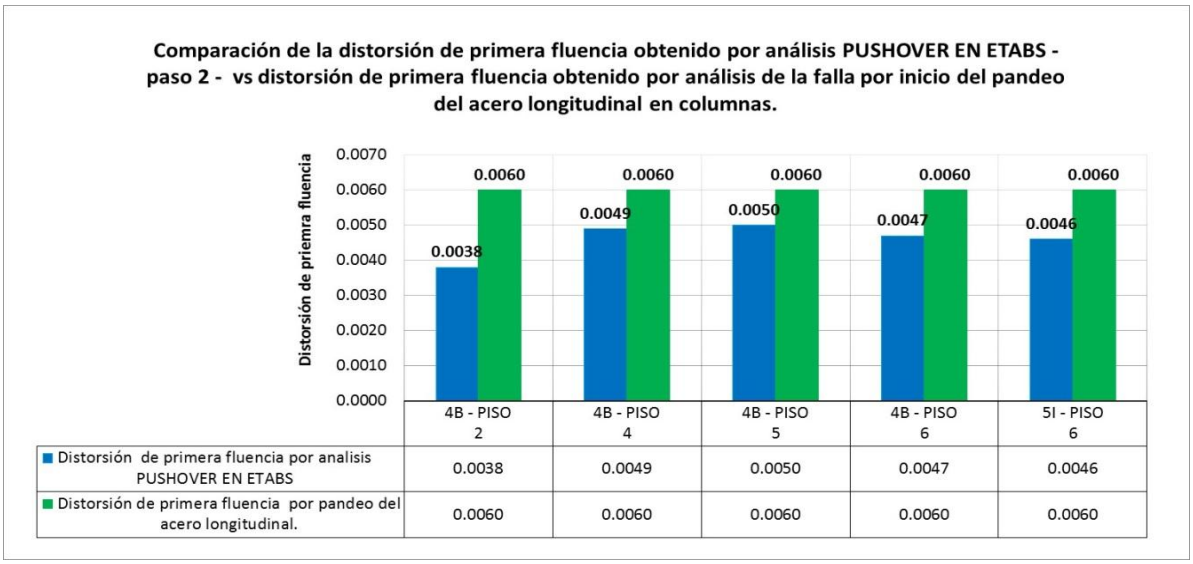


Figura 27.- *comparativo de distorsión de fluencia por PUSHOVER vs distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso2.*

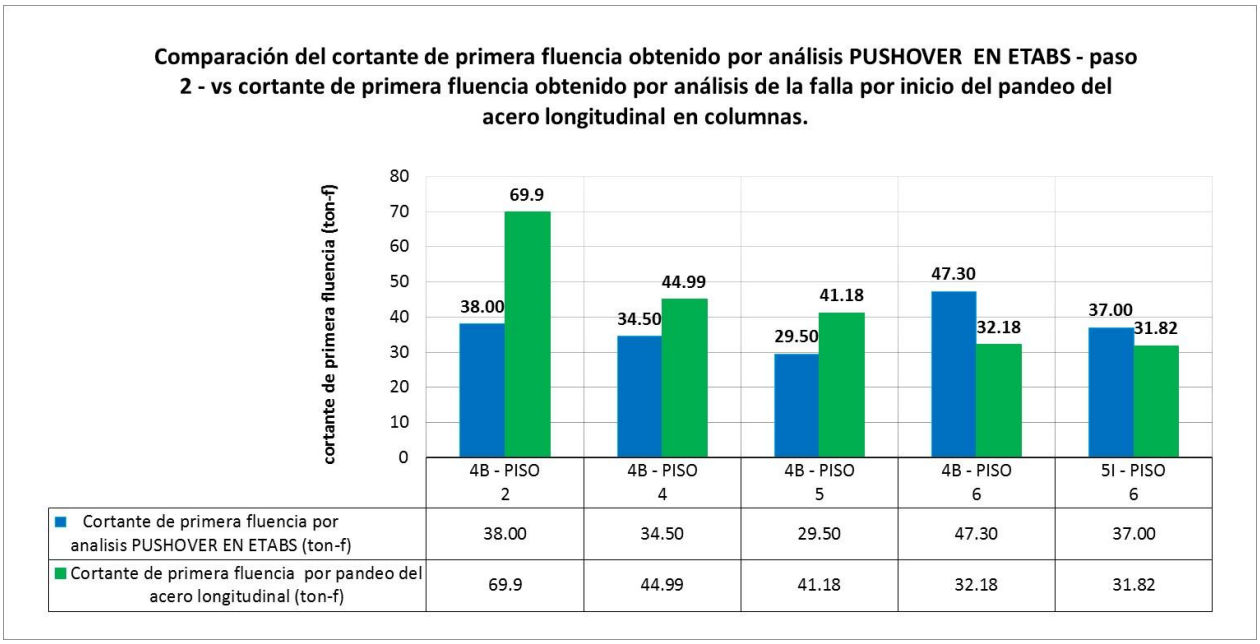
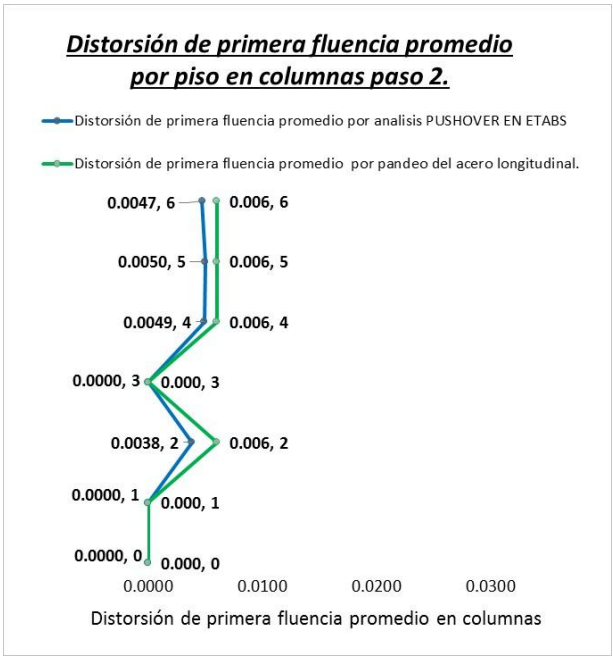


Figura 28.- *Comparativo de cortante de fluencia por PUSHOVER vs cortante de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso2.*

De las figuras adjuntas se puede observar el comparativo de la distorsión y cortante de fluencia por análisis PUSHOVER y por pandeo del acero longitudinal en el paso 2 del análisis no lineal PUSHOVER.



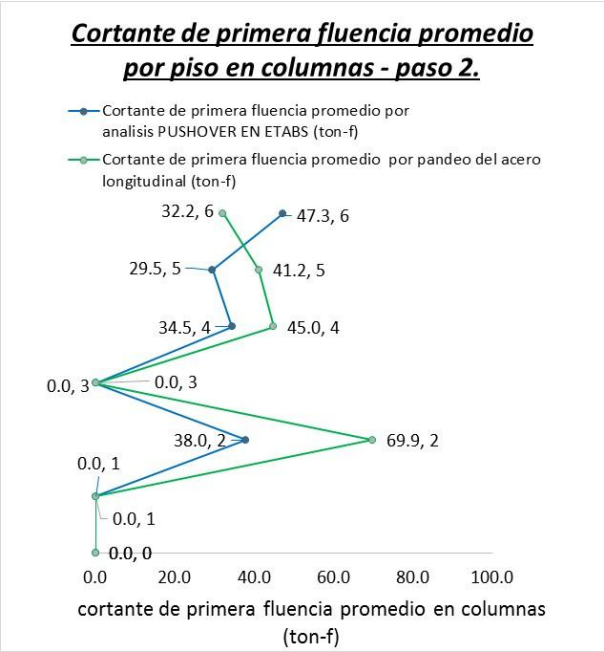


Figura 29.- *Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso) paso2.*

De las figuras adjuntas se puede observar la distorsión y cortante de primera fluencia promedio de las columnas por piso en el paso 2 del análisis no lineal PUSHOVER.

Tabla 15.-*Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 2.*

	paso 2	
Columna	% de ERROR del DISTORSION de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la DISTORSION de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS	% de ERROR del CORTANTE de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del CORTANTE de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS
4B - PISO 2	58%	84%
4B - PISO 4	22%	30%
4B - PISO 5	20%	40%
4B - PISO 6	28%	32%
5I - PISO 6	30%	14%
% ERROR	**32%**	**40%**

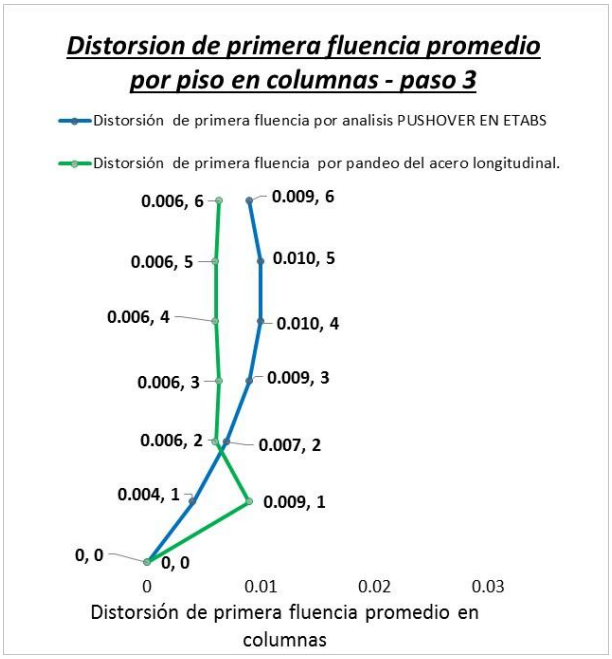
En la tabla adjunta se pueden observar el porcentaje de error de distorsión y cortante (32% y 40%) de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto de los resultados obtenidos por análisis Pushover en el paso 2 del mismo.

5.1.2 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 3.

Tabla 16.-*Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 3.*

	datos del analisis pushover		punto de primera fluencia del elemento; analisis por pandeo del acero longitudinal	
PASO 3				
Columna	Distorsión de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)	Distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
4B - PISO 1	0.004	31.130	0.009	58.8
4B - PISO 2	0.007	38.800	0.006	69.9
5I - PISO 2	0.007	31.700	0.006	66.49
4B - PISO 3	0.009	42.500	0.006	64.9
4B - PISO 4	0.010	35.700	0.006	44.99
4B - PISO 5	0.010	32.600	0.006	41.19
4B - PISO 6	0.009	49.110	0.006	32.18
4D - PISO 6	0.009	33.730	0.006	32.47
5I - PISO 6	0.009	37.800	0.006	31.8

En la tabla adjunta se pueden observar los datos de distorsión y cortante de primera fluencia determinados por análisis Pushover y por pandeo del acero longitudinal en el paso 3 del análisis no lineal PUSHOVER.



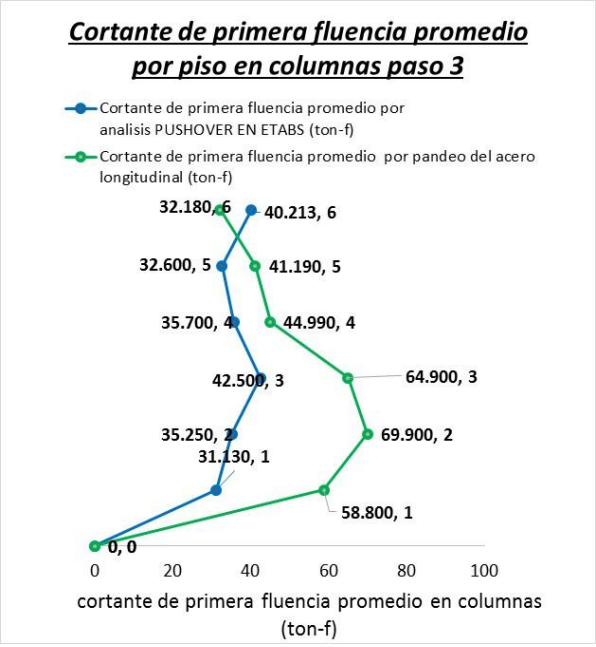
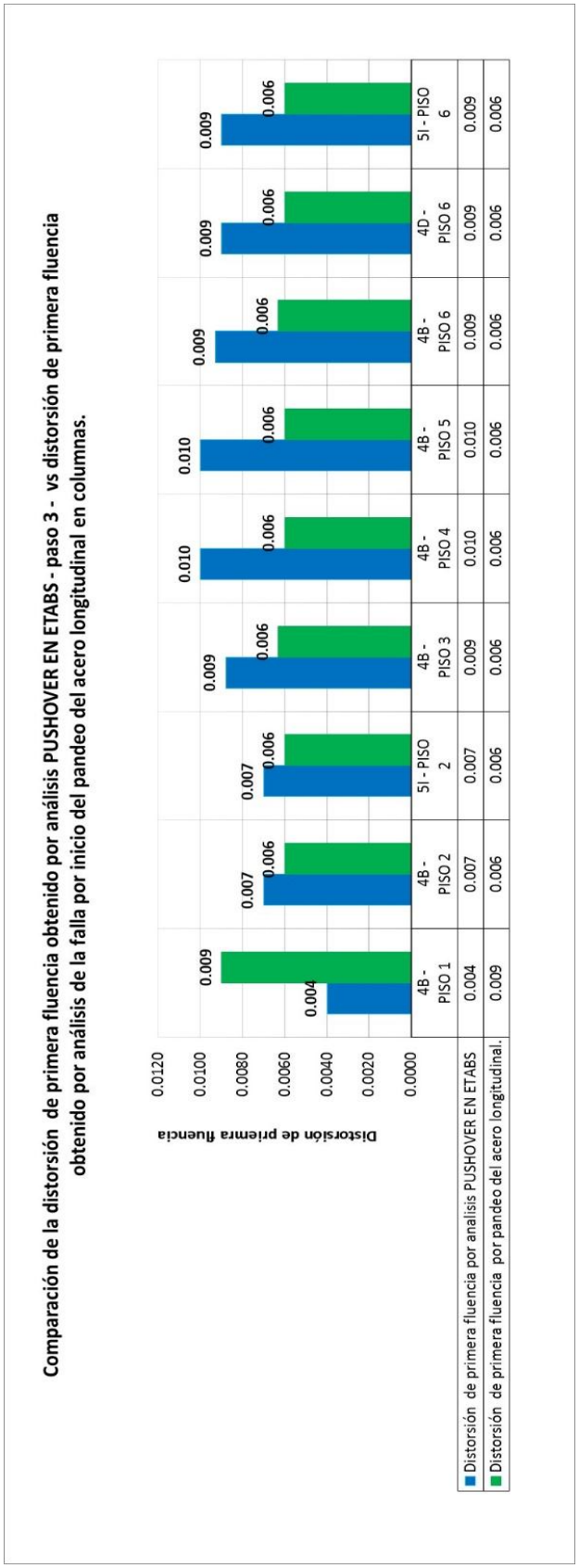


Figura 30.- *Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante-distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso) – paso3.*

Tabla 17.-*Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 3.*

	paso 3	
Columna	% de ERROR del DISTORSION de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la DISTORSION de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS	% de ERROR del CORTANTE de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del CORTANTE de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS
4B - PISO 1	125%	89%
4B - PISO 2	14%	80%
5I - PISO 2	14%	110%
4B - PISO 3	28%	53%
4B - PISO 4	40%	26%
4B - PISO 5	40%	26%
4B - PISO 6	32%	34%
4D - PISO 6	33%	4%
5I - PISO 6	33%	16%
% ERROR	**40%**	**49%**

En la tabla adjunta se pueden observar el porcentaje de error de distorsión y cortante (40% y 49%) de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto de los resultados obtenidos por análisis Pushover en el paso 3 del mismo.



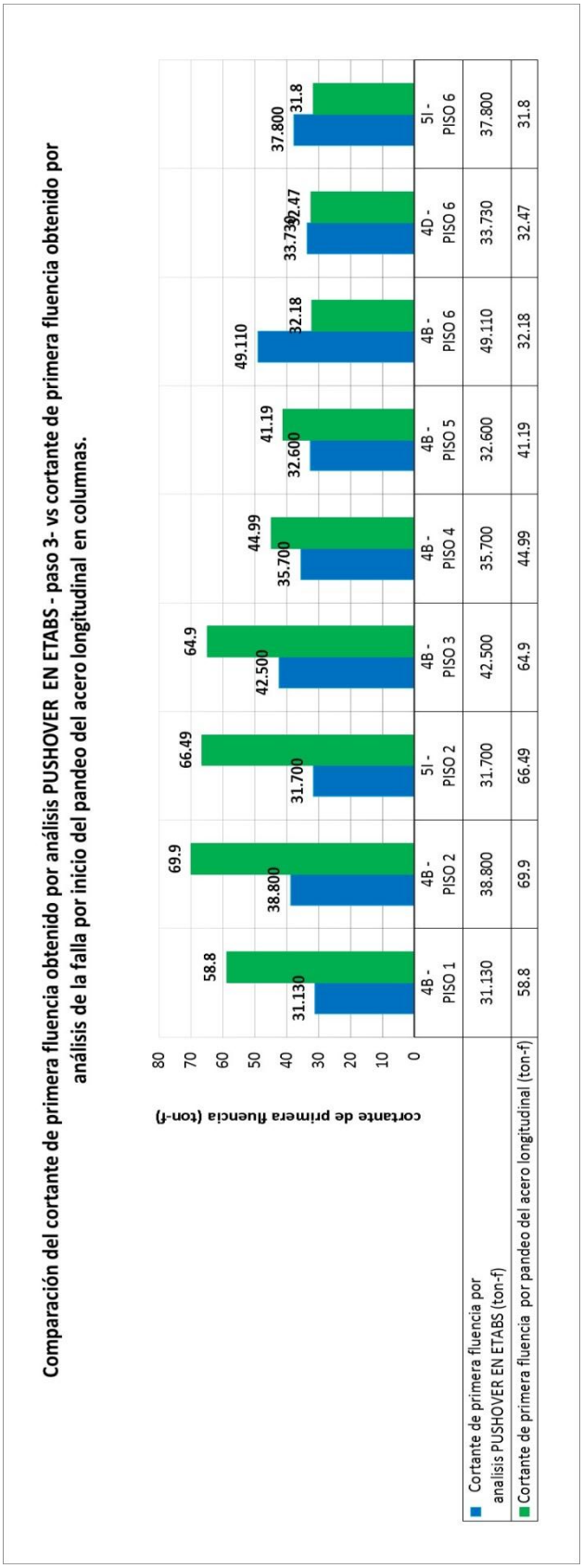


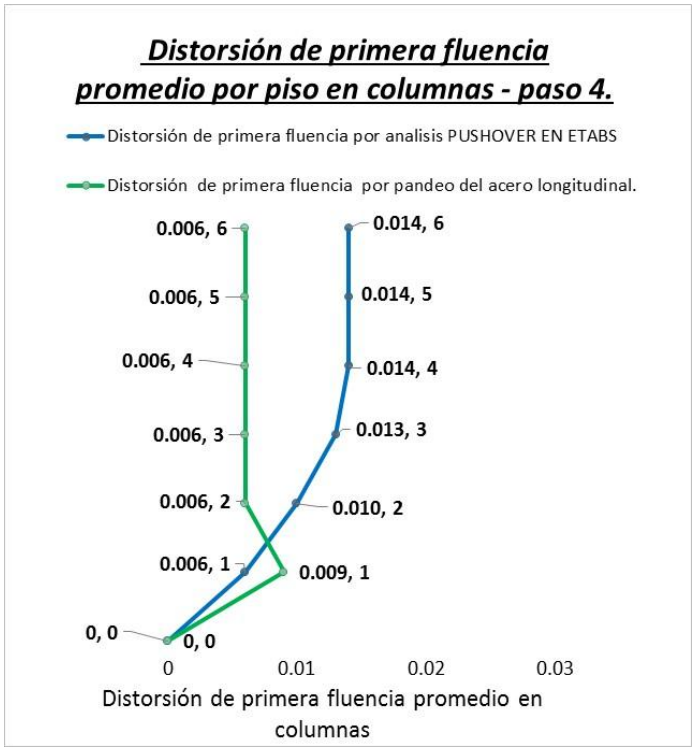
Figura 31.- *Comparativo de cortante y distorsión de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso3.*

5.1.3 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 4.

Tabla 18.-*Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 4.*

	datos del analisis pushover		punto de primera fluencia del elemento; analisis por pandeo del acero longitudinal	
PASO 4				
Columna	Distorsión de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)	Distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
3B - PISO 1	0.006	30.170	0.009	54.29
3D - PISO 1	0.006	29.700	0.009	57.66
3G - PISO 1	0.006	28.900	0.009	58.6
3I - PISO 1	0.006	29.300	0.010	60.49
4B - PISO 1	0.006	29.750	0.009	58.81
4D - PISO 1	0.006	37.500	0.009	60.46
4G - PISO 1	0.006	37.500	0.009	61.12
4I - PISO 1	0.006	39.290	0.009	61.07
5G - PISO 1	0.006	39.700	0.009	53.94
5I - PISO 1	0.006	39.800	0.009	56.17
3B - PISO 2	0.011	45.500	0.006	63.21
3D - PISO 2	0.011	45.500	0.006	68.66
3G - PISO 2	0.010	44.100	0.006	69.81
3I - PISO 2	0.010	45.450	0.006	71.84
4B - PISO 2	0.011	38.600	0.006	69.9
5I - PISO 2	0.010	30.000	0.006	66.48
4B - PISO 3	0.013	46.130	0.006	64.97
4B - PISO 4	0.014	37.000	0.006	44.99
4B - PISO 5	0.014	35.400	0.006	41.19
4B - PISO 6	0.014	49.600	0.006	32.18
4D - PISO 6	0.014	33.300	0.006	32.47
4G - PISO 6	0.014	37.340	0.006	32.65
4I - PISO 6	0.014	35.950	0.006	32.57
5I - PISO 6	0.013	38.400	0.006	31.82

En la tabla adjunta se pueden observar los datos de distorsión y cortante de primera fluencia determinados por análisis Pushover y por pandeo del acero longitudinal en el paso 4 del análisis no lineal PUSHOVER.



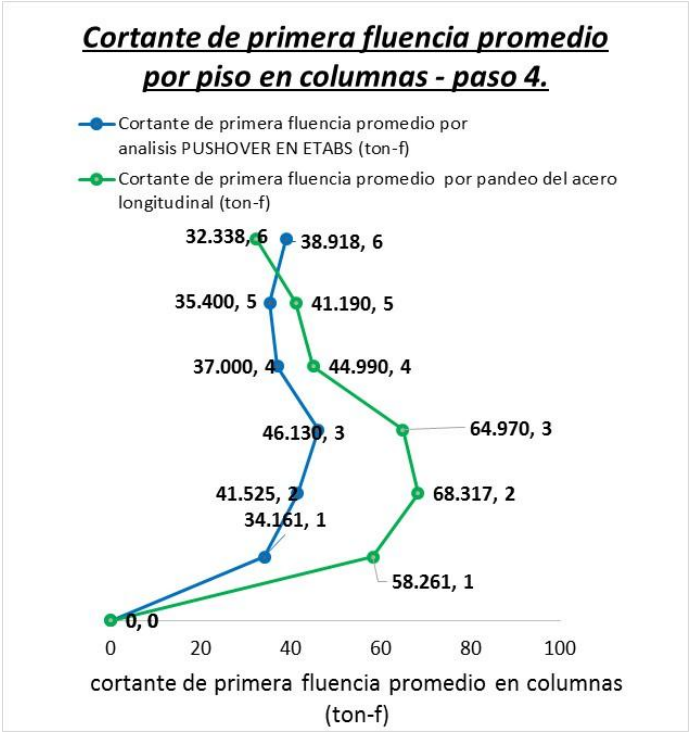


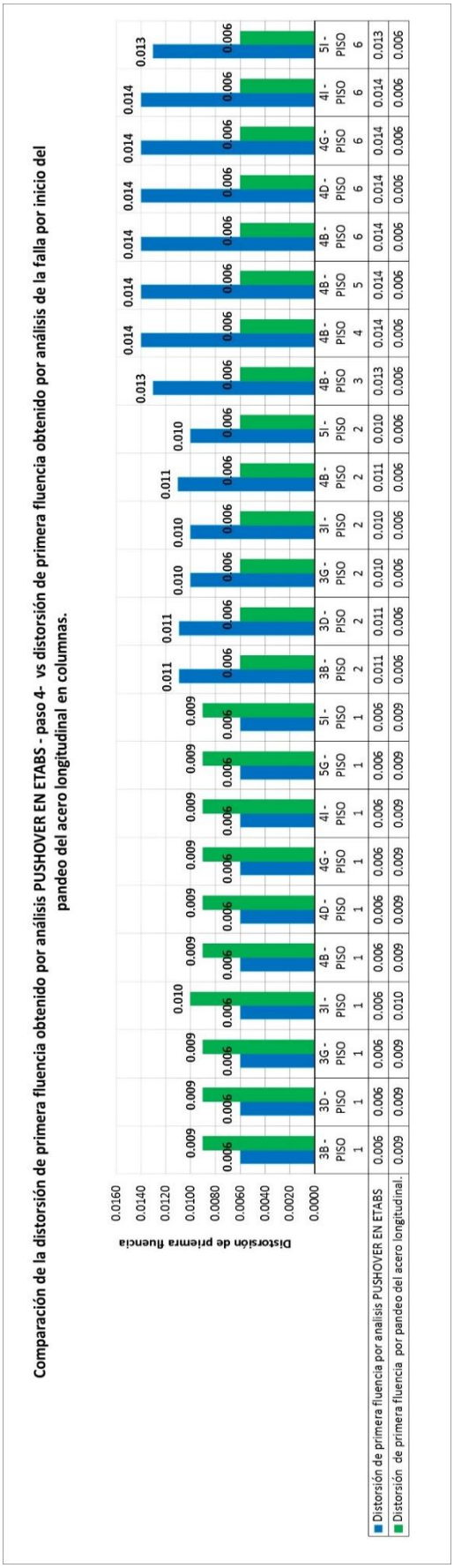
Figura 32.- *Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso) paso 4.*

De las figuras adjuntas se puede observar la distorsión y cortante de primera fluencia promedio de las columnas por piso en el paso 4 del análisis no lineal PUSHOVER

Tabla 19.-*Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 4.*

	paso 4	
Columna	% de ERROR de la DISTORSION de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la DISTORSION de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS	% de ERROR del CORTANTE de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del CORTANTE de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS
3B - PISO 1	50%	80%
3D - PISO 1	50%	94%
3G - PISO 1	50%	103%
3I - PISO 1	67%	106%
4B - PISO 1	50%	98%
4D - PISO 1	50%	61%
4G - PISO 1	50%	63%
4I - PISO 1	50%	55%
5G - PISO 1	50%	36%
5I - PISO 1	50%	41%
3B - PISO 2	45%	39%
3D - PISO 2	45%	51%
3G - PISO 2	40%	58%
3I - PISO 2	40%	58%
4B - PISO 2	45%	81%
5I - PISO 2	40%	122%
4B - PISO 3	54%	41%
4B - PISO 4	57%	22%
4B - PISO 5	57%	16%
4B - PISO 6	57%	35%
4D - PISO 6	57%	2%
4G - PISO 6	57%	13%
4I - PISO 6	57%	9%
5I - PISO 6	54%	17%
% ERROR	**51%**	**54%**

En la tabla adjunta se pueden observar el porcentaje de error de distorsión y cortante (51% y 54%) de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto de los resultados obtenidos por análisis Pushover en el paso 4 del mismo.



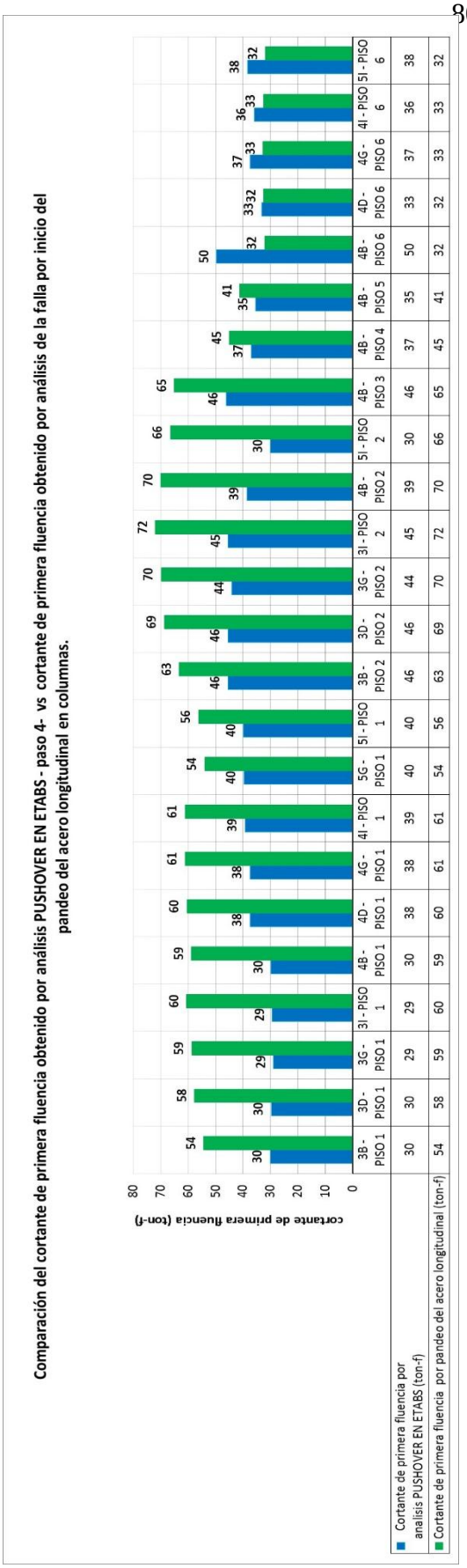


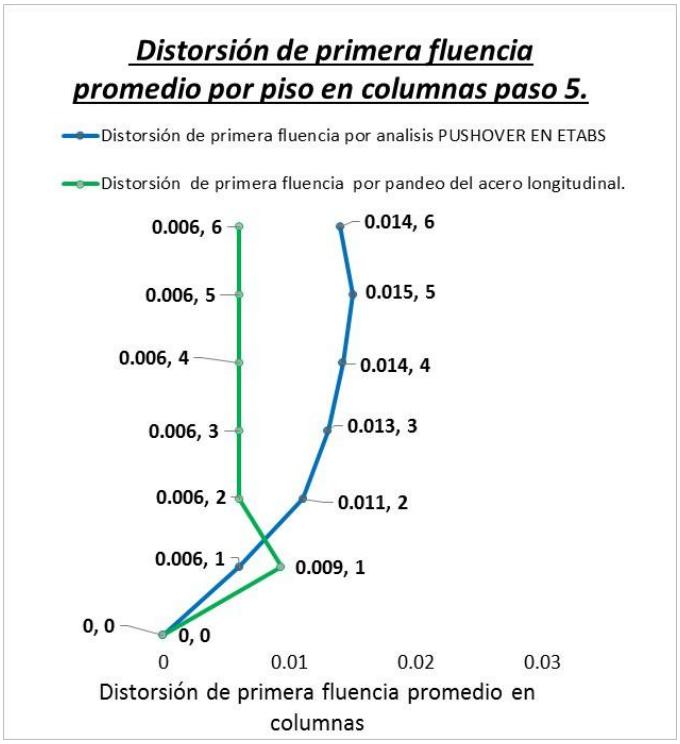
Figura 33.- *Comparativo de cortante y distorsión de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso 4.*

5.1.4 Comparación de distorsión y cortante en columnas - PASO 5.

Tabla 20.- *Indicadores obtenidos para el análisis en el paso 5.*

	datos del analisis pushover		punto de primera fluencia del elemento; analisis por pandeo del acero longitudinal	
PASO 5				
columna	Distorsión de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS	Cortante de primera fluencia por analisis PUSHOVER EN ETABS (ton-f)	Distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal.	Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal (ton-f)
3B - PISO 1	0.006	38.0	0.009	54.3
3D - PISO 1	0.006	29.6	0.010	57.7
3G - PISO 1	0.006	28.8	0.010	58.7
3I - PISO 1	0.006	29.2	0.009	60.5
4B - PISO 1	0.006	29.7	0.009	58.8
4D - PISO 1	0.006	36.8	0.010	60.5
4G - PISO 1	0.006	36.6	0.009	61.1
4I - PISO 1	0.006	38.1	0.009	61.1
5G - PISO 1	0.006	38.8	0.009	53.9
5I - PISO 1	0.006	39.4	0.009	56.2
3B - PISO 2	0.011	44.6	0.006	63.2
3D - PISO 2	0.011	45.1	0.006	68.7
3G - PISO 2	0.012	43.6	0.006	69.8
3I - PISO 2	0.011	44.9	0.006	71.8
4B - PISO 2	0.011	38.8	0.006	69.9
4D - PISO 2	0.011	41.5	0.006	71.8
4G - PISO 2	0.010	44.6	0.006	72.8
5I - PISO 2	0.011	31.0	0.006	66.5
4B - PISO 3	0.013	46.6	0.006	64.9
4B - PISO 4	0.014	37.0	0.006	45.0
4D - PISO 4	0.014	32.7	0.006	46.0
5I - PISO 4	0.014	36.2	0.006	43.7
4B - PISO 5	0.015	35.6	0.006	41.2
4B - PISO 6	0.014	49.6	0.006	32.2
4D - PISO 6	0.014	33.3	0.006	32.5
4G - PISO 6	0.014	37.4	0.006	32.7
4I - PISO 6	0.014	35.9	0.006	32.6
5I - PISO 6	0.014	38.6	0.006	31.8

En la tabla adjunta se pueden observar los datos de distorsión y cortante de primera fluencia determinados por análisis Pushover y por pandeo del acero longitudinal en el paso 5 del análisis no lineal PUSHOVER.



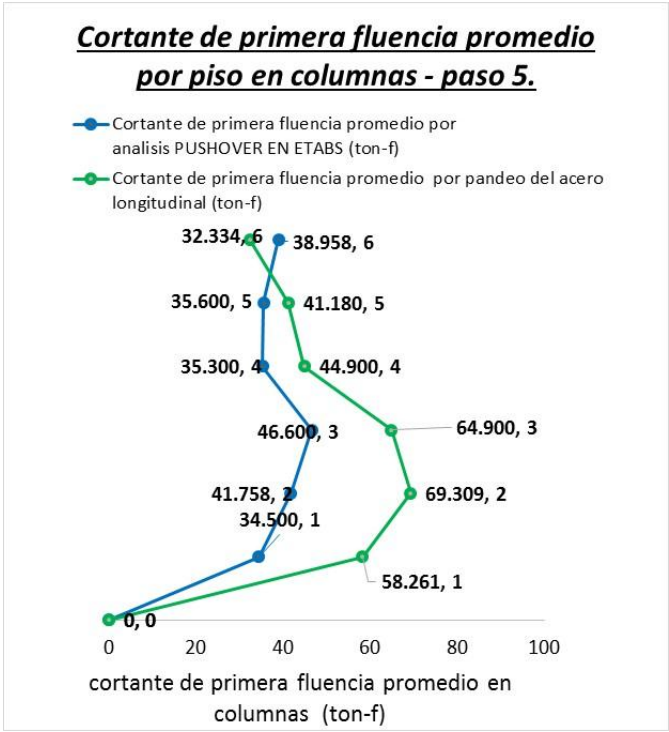


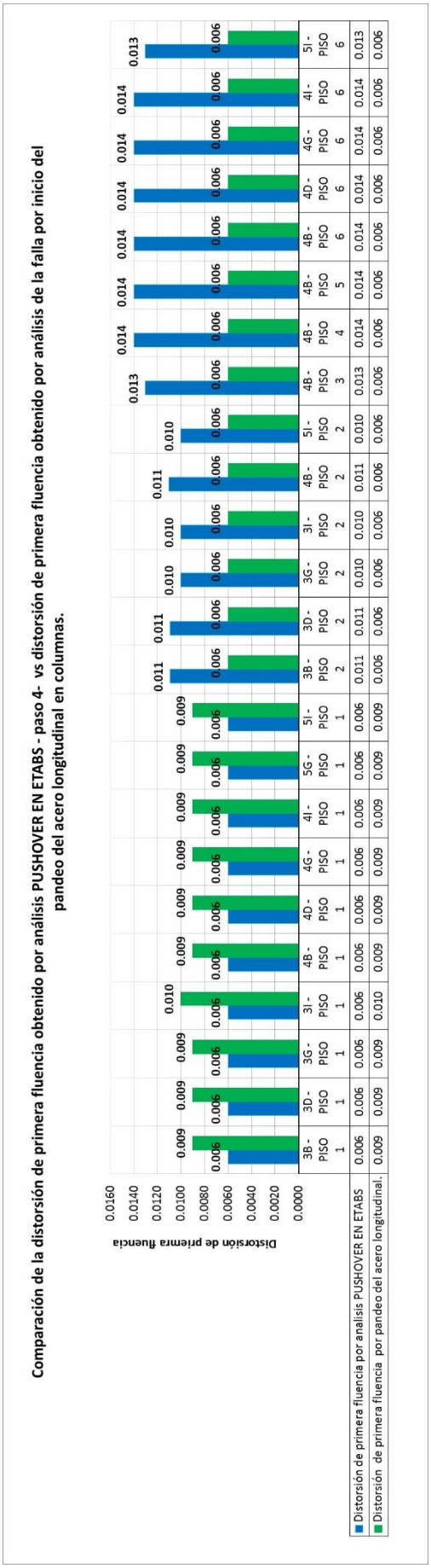
Figura 34.- *Comparativos de cortante y distorsión promedio de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal (promedio por piso).*

De las figuras adjuntas se puede observar la distorsión y cortante de primera fluencia promedio de las columnas por piso en el paso 5 del análisis no lineal PUSHOVER.

Tabla 21.- *Porcentaje de error en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER – paso 5.*

	paso 5	
Columna	% de ERROR de la DISTORSION de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la DISTORSION de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS	% de ERROR del CORTANTE de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del CORTANTE de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS
3B - PISO 1	50%	43%
3D - PISO 1	67%	95%
3G - PISO 1	67%	104%
3I - PISO 1	50%	107%
4B - PISO 1	50%	98%
4D - PISO 1	72%	64%
4G - PISO 1	55%	67%
4I - PISO 1	55%	60%
5G - PISO 1	55%	39%
5I - PISO 1	55%	43%
3B - PISO 2	46%	42%
3D - PISO 2	46%	52%
3G - PISO 2	50%	60%
3I - PISO 2	46%	60%
4B - PISO 2	46%	80%
4D - PISO 2	45%	73%
4G - PISO 2	40%	63%
5I - PISO 2	45%	115%
4B - PISO 3	55%	39%
4B - PISO 4	58%	22%
4D - PISO 4	57%	41%
5I - PISO 4	58%	21%
4B - PISO 5	59%	16%
4B - PISO 6	57%	35%
4D - PISO 6	56%	2%
4G - PISO 6	56%	13%
4I - PISO 6	56%	9%
5I - PISO 6	57%	18%
% ERROR	**54%**	**53%**

En la tabla adjunta se pueden observar el porcentaje de error de distorsión y cortante (54% y 53%) de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto de los resultados obtenidos por análisis Pushover en el paso 5 del mismo



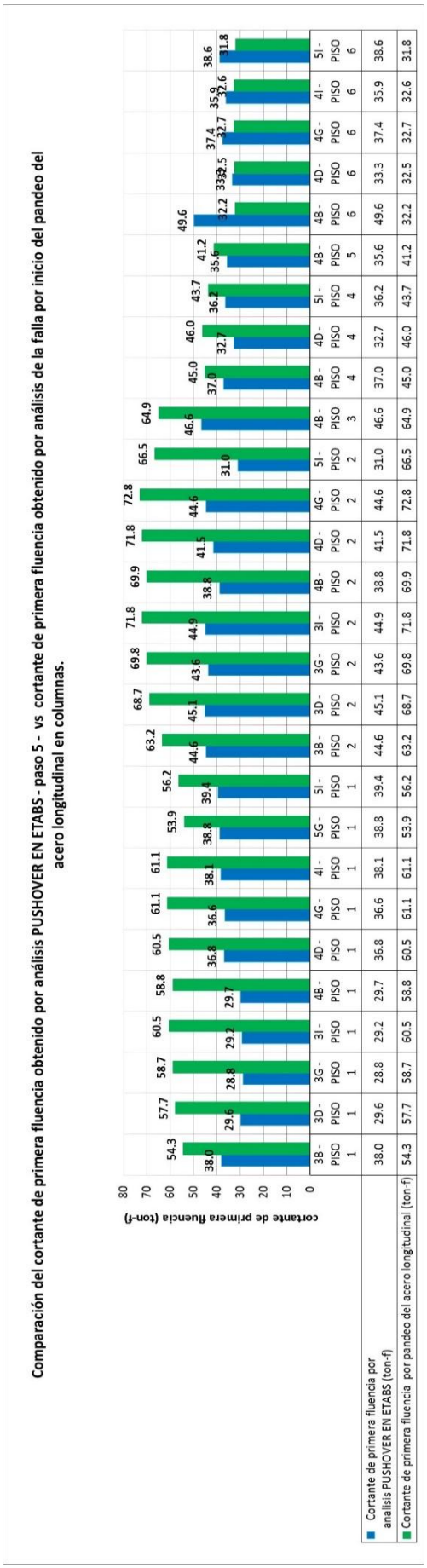


Figura 35.- *Comparativo de cortante y distorsión de fluencia por PUSHOVER vs cortante y distorsión de fluencia por pandeo del acero longitudinal – paso 5.*

Tabla 22.- *Porcentaje promedio de error de los pasos 2,3,4,5 en la comparación de los resultados del punto de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal respecto del punto de primera fluencia por análisis PUSHOVER.*

CONCLUSIONES		
PASO ANALIZADO	% de ERROR de la DISTORSION de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la DISTORSION de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS	% de ERROR de la CORTANTE de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del CORTANTE de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS
paso 2	32%	40%
paso 3	40%	49%
paso 4	51%	54%
paso 5	54%	53%
% de ERROR PROMEDIO	**44%**	**49%**
% DE EXACTITUD	**56%**	**51%**

Se observa del gráfico adjunto que el porcentaje de error promedio de la DISTORSION de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la DISTORSION de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS es de 44%, por lo que el grado de exactitud considerado es de un 56%.

Se observa del gráfico adjunto que el porcentaje de error promedio de la CORTANTE de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la CORTANTE de primera fluencia por análisis PUSHOVER EN ETABS es de 49%, por lo que el grado de exactitud considerado es de un 51%.

Por lo tanto se puede inferir que el grado de exactitud de los resultados del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio " Municipalidad de San Miguel" calculadas según falla por pandeo del acero longitudinal de las mismas, respecto de los resultados obtenidos de un análisis estático no lineal Pushover es bajo.

6 CONCLUSIONES.

- Se ha determinado que el grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER es de un 56 % según se detalla en la tabla resumen 22 de resultados, esto significa que el método simplificado usado para el cálculo de la distorsión de primera fluencia en las columnas de un edificio de varios niveles dista mucho de los resultados obtenidos en el programa computacional. Esto en parte debido a que para el cálculo del desplazamiento de fluencia por elemento se ha considerado un análisis en voladizo del elemento, sin embargo con los resultados obtenidos se corrobora que si bien este procedimiento tiene buenos resultados para el análisis de pilares de puentes, para el análisis de elementos estructurales de varios pisos como son vigas o columnas de una edificación la simplificación dada no es óptima pues la columna es una estructura biempotrada y se estaría obviando la redistribución de esfuerzos generada por la aplicación de las cargas laterales en cada paso del análisis Pushover, a la ves también es importante mencionar que la curvatura de fluencia efectiva se está considerando como la propuesta por PRIESTLEY (página 21) y es una constante ya que el peralte de las columnas es el mismo (un metro) y la deformación de fluencia del acero no varía en el análisis hecho, mientras que en el análisis Pushover, el dato de la curvatura de fluencia varía según el diagrama momento curvatura de la sección.
- Se ha determinado que el grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER es de un 51 % según se detalla en la tabla resumen 22 de resultados, igualmente para este caso se ha determinado que

el método simplificado usado para el cálculo del cortante de primera fluencia en las columnas de un edificio de varios niveles dista mucho de los resultados obtenidos en el programa computacional. Esto en parte debido a que para el cálculo del cortante de fluencia por elemento se ha considerado un análisis en voladizo del elemento, sin embargo con los resultados obtenidos se corrobora que si bien este procedimiento tiene buenos resultados para el análisis de pilares de puentes, para el análisis de elementos estructurales de varios pisos como son vigas o columnas de una edificación la simplificación dada no es óptima pues la columna es una estructura biempotrada y se estaría obviando la redistribución de esfuerzos generada por la aplicación de las cargas laterales en cada paso del análisis Pushover.

- Por lo tanto se ha determinado que el grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio "Municipalidad de San Miguel" por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover no es el esperado, esto debido a que la simplificación hecha al analizar las columnas no fue la adecuada.
- Se puede observar que de las figuras 29,30, 32 y 34 el cortante de primera fluencia promedio por pandeo del acero longitudinal y el cortante de primera fluencia promedio por análisis Pushover no tienen un variación significativa respecto de los 6 pasos analizados.
- Se puede observar que de las figuras 29,30, 32 y 34 la distorsión de primera fluencia promedio por pandeo del acero longitudinal no tiene una variación significativa respecto de los 6 pasos analizados, mientras que la distorsión de primera fluencia promedio por análisis Pushover tiene un incremento gradual respecto de los 6 pasos analizados; esto evidencia que para el programa Etabs, en

cada paso analizado, hay un aumento paulatino en el desplazamiento de entrepiso, esto implica una disminución de la rigidez gradual por paso analizado.

- En lo que respecta al analisis no lineal pushover generado, se evaluó a la edificación y se llego a la conclusión de que la estructura tiene gran capacidad de desplazamiento lateral, siendo el diseño empleado para la misma el adecuado asi mismo los elementos que estaran propensos a fallar primero ante un evento sismico son las vigas que amarran a las placas con la estructura.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para mejorar los resultados modelar el elemento estructural como biempotrado y evaluar para este caso el desplazamiento de fluencia y cortante maximos que se puedan obtener.
- El analisis no lineal pushover evalua a la estructura y sus componentes generando una redistribución del sistema de esfuerzos por paso realizado, es por esto que al ser complejo el analisis de toda la estructura se planteo el analisis simplificado,sin embargo los resultados de este distan mucho de los resultados mas exactos del analisis pushover, por lo que se recomienda extender el análisis simplificado expuesto a pilotes de puentes o placas, elementos estructurales cuya idealización como elemento en cantiliver es mas realista.

8 REFERENCIAS

Apaza A. (2017), *análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma e-030 en puno. (Tesis de Pregrado). UNA, Perú.*

Barraza E. (2008), *rehabilitación de estructuras de concreto (Maestría). UNAM, México.*

Castañeda, A.; Bravo, Y. ;(2017). *Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016,* Revista de ingeniería de construcción Vol. 32 Nº3, pp 157 – 172.

Dodd L.L., Restrepo-Posada, J.I. (1995), *Model for Predicting Cyclic Behavior of Reinforcing Steel,* Journal of Structural Engineering, ASCE, vol. 121, No. 3, marzo, pp 433-445.

FEMA 440 (2005), *improvement of nonlinear static seismic analysis procedures,* Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

J.B.Mander; M.J.N. Priestley y R. Park.;(1988). *theoretical stress-strain model for confined concrete,* ASCE Vol. 114 Nº8.

José I. Restrepo and Mario E. Rodríguez.;(2013). *On the Probable Moment Strength of Reinforced Concrete Columns,* ACI Structural Journal, Title no. 110-S56

Loayza D. (2015), *resistencia probable a flexocompresión de muros estructurales de concreto armado. (Maestría). UNI, Perú.*

Ottazzi Pasino G. *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado, (Maestría). PUCP, Perú.*

Piqué del Pozo J. ;(1995). *Diseño por capacidad: estrategia neozelandesa de diseño Sismorresistente.* CISMID-FIC-UNI.

Recuero A.; (1981). *Análisis no lineal y rediseño de estructuras de edificación de hormigón armado.* Informes de la Construcción, Vol. 32, No 329

Redacción Érica C., (31 de mayo del 2018). *10 terremotos más violentos que ha soportado el Perú. El comercio.*

R. Park; T. Paulay*;(1988) estructuras de concreto reforzado,* departamento de ingeniería civil universidad de Canterbury – MEXICO - editorial limusa.

Rodríguez M.; Botero J. ;(1997). *Evaluación del comportamiento de barras de acero de refuerzo sometidas a cargas monotónicas y cíclicas reversibles incluyendo pandeo.* Revista de ingeniería sísmica Nº56, pp 9 – 27.

Rodríguez M.; Cárdenas L. ;(2004), *evaluación del modo de falla de pandeo del acero de refuerzo longitudinal en elementos de concreto reforzado sometidos a acciones sísmicas.* Revista de ingeniería sísmica Nº56, pp 9 – 27.

San Bartolomé, A.; Quiun, D.; Silva, W.; (2010). *Observaciones relativas al tipo de falla en los muros de concreto de edificios chilenos en el sismo del 27-02-2010*. Jornadas sudamericanas de ingeniería estructural, 2, 15.

Sánchez A. (2014), *diseño sísmico de muros de concreto reforzado. Bases para el diseño por desplazamientos. (Maestría).UNAM, México.*

Tavera H.; (2008). *El terremoto de pisco (Perú) del 15 de agosto de 2007 (7.9Mw).* Instituto geofísico del Perú – dirección de sismología CNDG, Lima, Perú.

Tamayo A. (2015), *predicción de las capacidades de resistencia a flexocompresión y de desplazamiento lateral de columnas de concreto presforzado en zonas sísmicas. (Maestría). UNAM, México.*

9 ANEXOS

Matriz de consistencia.

TITULO	Grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover.

Problema General		Objetivo General		Hipotesis General		Variable Independiente - causa	Indicadores - VI	Unidades
¿Cuál es el grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover?		Determinar el grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover.		El grado de exactitud del análisis de las curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio “Municipalidad de San Miguel” por falla de pandeo del acero longitudinal en relación al análisis estático no lineal Pushover es alto.		Curvas de capacidad simplificadas de los elementos verticales del edificio " Municipalidad de San Miguel”por falla de pandeo del acero longitudinal.	Distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales.	adimencional
							Cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales.	ton-f
						Variable Dependiente - efecto	Indicador - VD	Unidades
P.E.1	¿Cuál es el grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER ?	O.E.1	Determinar el grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER.	H.E.1	El grado de exactitud de la distorsión de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto de la distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER, es alto.	Análisis estático no lineal Pushover	Distorsión de primera fluencia por análisis PUSHOVER.	adimencional
P.E.2	¿Cuál es el grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER?	O.E.2	Determinar el grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER.	H.E.2	El grado de exactitud del cortante de primera fluencia por pandeo del acero longitudinal de los elementos verticales respecto del cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER, es alto.		Cortante de primera fluencia por análisis PUSHOVER.	ton-f

Aprobación de ficha técnica 1 formato usado.

Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (t-f)

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m) Indicador (Desplazamiento inelástico Δp= m)	
Desplazamiento último (Δu) m Desplazamiento último (Δu) cm	

Modelo bilineal
cortante vs Distorsión - Desplazamiento

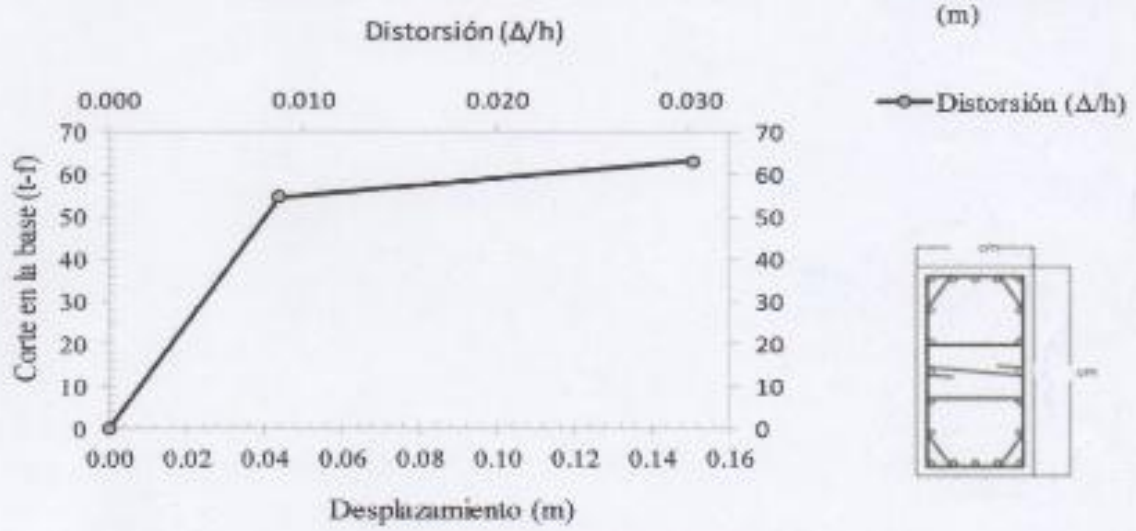


Tabla de validación de la ficha técnica	
La tabla esta a un 0-20%	80%
La tabla esta a un 20-40%	
La tabla esta a un 40-60%	
La tabla esta a un 60-80%	
La tabla esta a un 80-100%	

Formato de ficha aprobado por
Dr.Miguel Torres Matos

Aprobación de ficha técnica 2 formato usado.

Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (t-f)

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m) Indicador (Desplazamiento inelástico Δp* m)	
Desplazamiento último (Δu) m Desplazamiento último (Δu) cm	

Modelo bilineal
cortante vs Distorsión - Desplazamiento

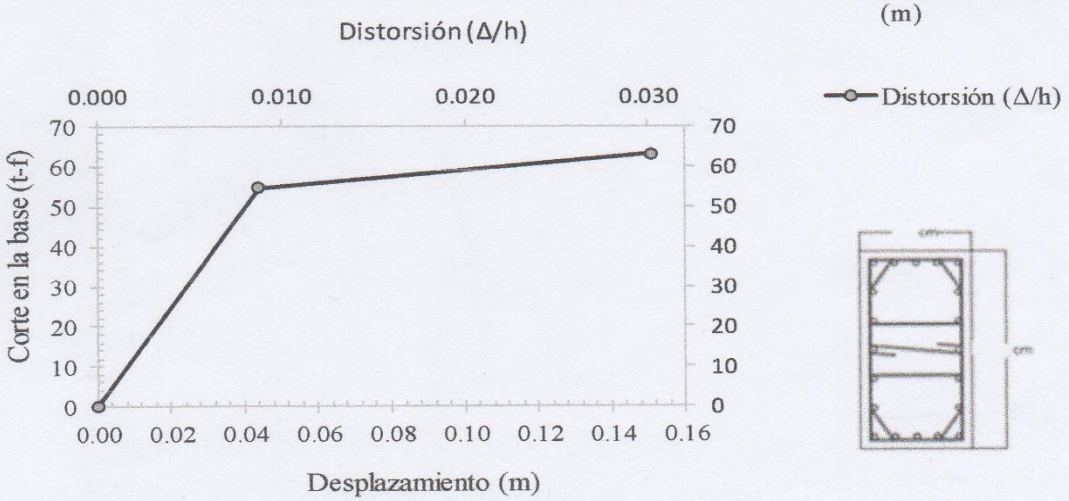


Tabla de validación de la ficha técnica	
La tabla esta a un 0-20%	
La tabla esta a un 20-40%	
La tabla esta a un 40-60%	
La tabla esta a un 60-80%	
La tabla esta a un 80-100%	

Formato de ficha aprobado por
Msc. Omart Tello Malpartida
CIP. 43599.

0.80

Columna típica piso 1.

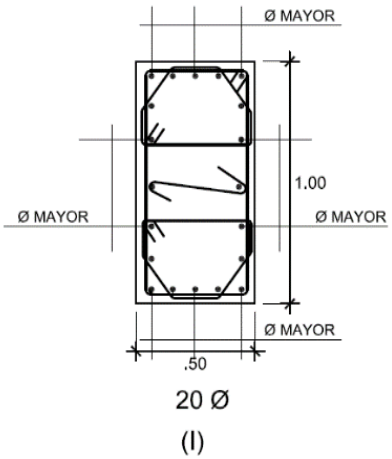
FICHA TECNICA PARA LA EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES.

Identificación columna tipo 3-B (piso 1)

Características de los materiales y del elemento estructural datos Input :

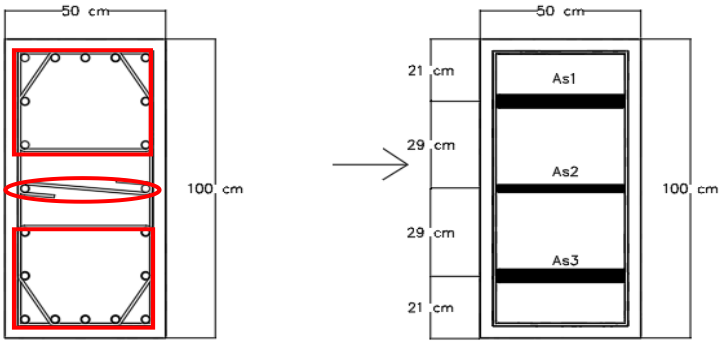
Dimensiones:	a : 0.5 m b : 1.0 m h : 5.0 m

	Valor Nominal	Valor Real	Dimensión
S (separación entre estribos)	10.00	10.00	cm
d.est (diámetro del estribo)	0.95	0.95	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo I	2.54	2.54	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo II	2.54	2.54	cm
f'c (resistencia del concreto no confinado)	210	252	kg-f/cm^2
Indicador VI (f"cc resistencia del concreto	390.1	390.1	kg-f/cm^2
fy (resistencia fluencia del acero)	4200	5040	kg-f/cm^2
ξcu (deformación última del concreto)	0.003	0.003	adimensional
ξsu (deformación última del acero)	0.12	0.12	adimensional
Ec (Modulo de elasticidad del concreto)	217371	238118	kg-f/cm^2
Es (Modulo de elasticidad del acero)	2000000	2000000	kg-f/cm^2
Cuantía longitudinal (ρ_L)	2.03%	2.03%	adimensional
Cuantía transversal (ρ_T)	1.11%	1.11%	adimensional
Indicador VI (Relacion S/db)	3.94	3.94	adimensional
Indicador VI (Relacion P/Ag*fc)	0.11	0.11	adimensional



Distribución de acero longitudinal equivalente para el cálculo de los datos output

Para todos los elementos verticales – placas y columnas - se asumirá que el área total de refuerzo longitudinal estará colocada en 3 zonas como se verá a continuación; cada zona se caracteriza porque agrupa al área total igual a la suma de las áreas de acero longitudinal en dicha zona.



Características:

Tipo de estribo:	Estribos rectangulares

Así se tienen 3 zonas delimitadas para poder agrupar las áreas de acero longitudinal.

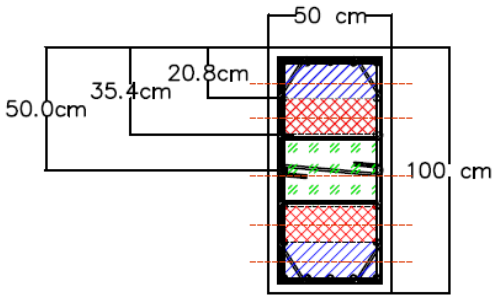
As1 (Área de acero equivalente 1):	45.60	cm^2
As2 (Área de acero equivalente 2):	10.13	cm^2
As3 (Área de acero equivalente 3):	45.60	cm^2

Distribución del acero en la columna

	elementos de acero	ϕ (pulg.)	cm	area cm2	canti.	a.total cm2
	estribo (secc. Trans)	3/8	0.9525	0.713	---	---
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x1	1	2.54	5.067	9.000	45.604
	seccion longitudinal -a2 x1	0	0	0.000		0.000
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x2	1	2.54	5.067	2.000	10.134
	seccion longitudinal -a2 x2	0	0	0.000		0.000
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x3	1	2.54	5.067	9.000	45.604
	seccion longitudinal -a2 x3	0	0	0.000		0.000
						101.341 2.03%

Influencia de la distribución de los estribos en las diferentes curvas esfuerzo deformación del concreto confinado f´cc del elemento.

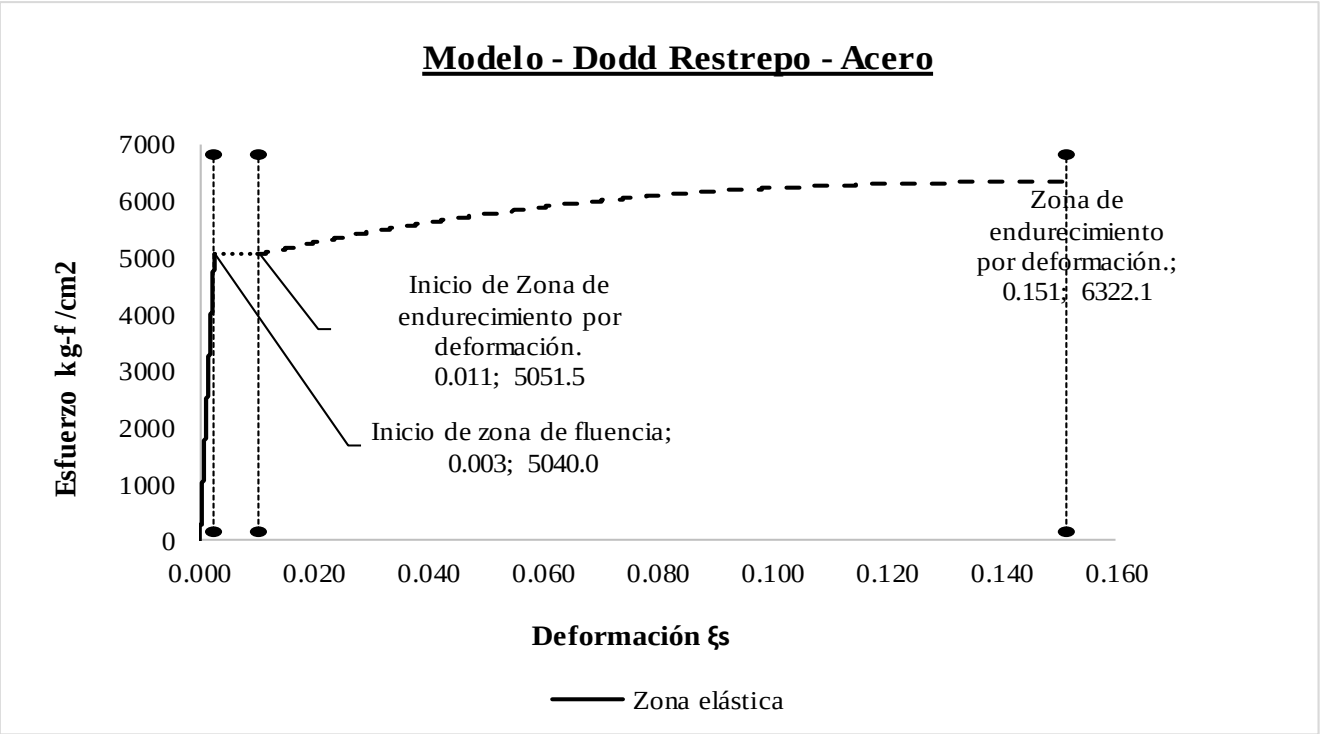
Según el análisis de la distribución de los estribos en el elemento estructural, se encontraron 3 zonas en las cuales el comportamiento del concreto confinado es diferente, debido al detallado del refuerzo transversal empleado, por lo que se muestran 3 graficas esfuerzo deformación del concreto confinado, para las3 zonas mencionadas.

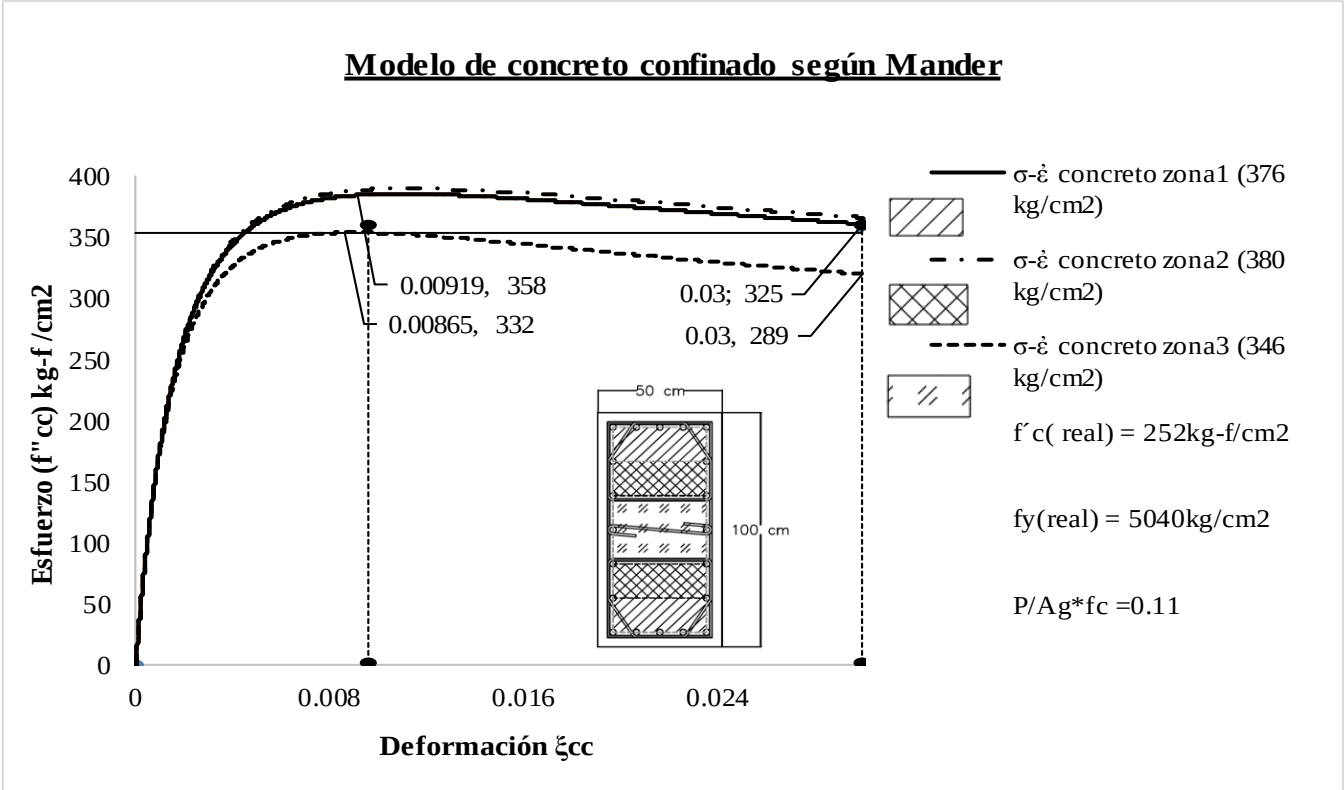


En la dirección de la aplicación de la carga de sismo "y", existen 3 zonas de confinamiento diferentes por lo que se presentara 3 curvas diferentes de carga esfuerzo vs deformación del elemento para las 3 zonas mencionadas.

Zona de confinamiento tipo 1.
Zona de confinamiento tipo 2.
Zona de confinamiento tipo 3.

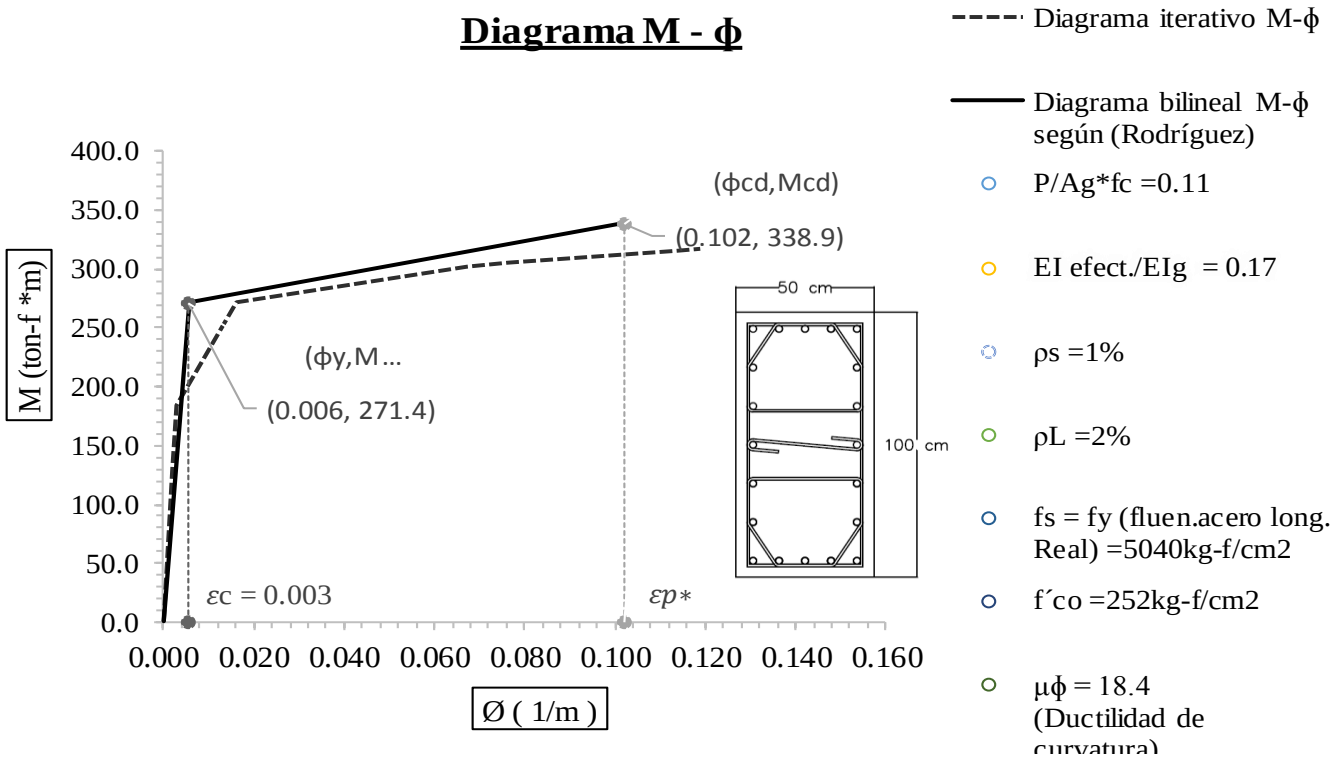
Características del elemento estructural datos Output :





Gráfica Momento Curvatura de la sección.

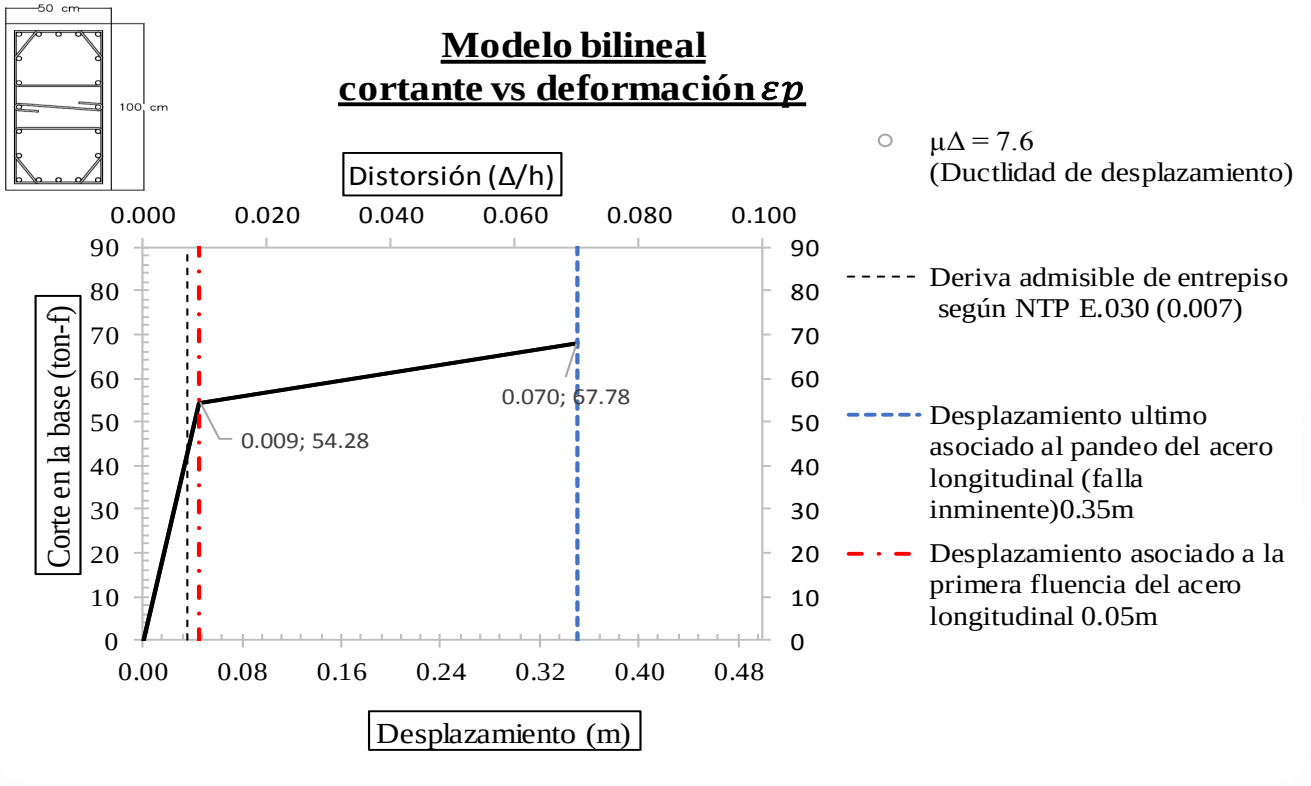
Se obtuvo la gráfica momento curvatura mediante el modelo iterativo y mediante el modelo bilineal – para la curvatura última del modelo iterativo, se consideró la deformación última del concreto confinado (ε̇cu), **mientras que para la curvatura última del modelo bilineal se consideró la deformación asociada al inicio del pandeo de las barras longitudinales** .



Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (ton-f)
0.00	0
0.05	54
0.35	68

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m)	0.05
Indicador (Desplazamiento inelástico $\Delta p*$ m)	0.30
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) m (VD)	0.350
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) cm	35.04



Columna típica piso 2

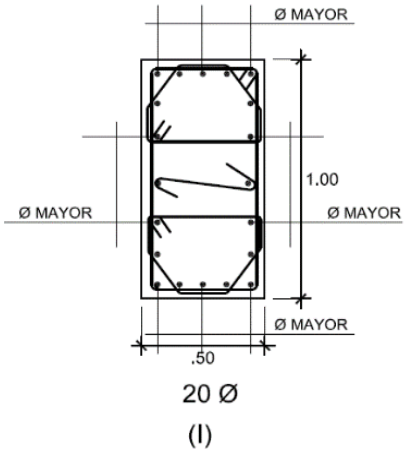
FICHA TECNICA PARA LA EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES.

Identificación columna tipo 3-B (piso 2)

Características de los materiales y del elemento estructural datos Input :

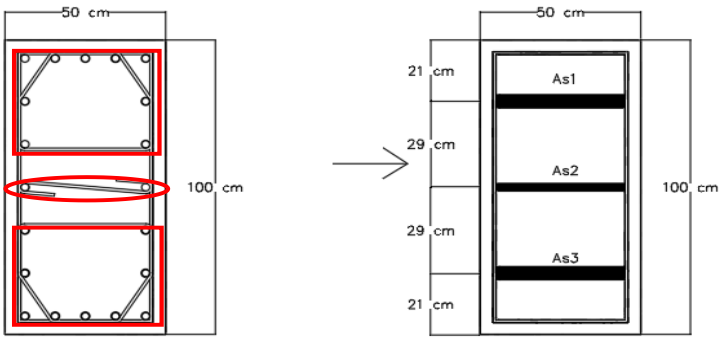
Dimensiones:	a : 0.5 m b : 1.0 m h : 3.4 m

	Valor Nominal	Valor Real	Dimensión
S (separación entre estribos)	10.00	10.00	cm
d.est (diámetro del estribo)	0.95	0.95	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo I	2.54	2.54	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo II	1.905	1.905	cm
f'c (resistencia del concreto no confinado)	210	252	kg-f/cm^2
Indicador VI (f"cc resistencia del concreto	389.4	389.4	kg-f/cm^2
fy (resistencia fluencia del acero)	4200	5040	kg-f/cm^2
ξcu (deformación última del concreto)	0.003	0.003	adimensional
ξsu (deformación última del acero)	0.12	0.12	adimensional
Ec (Modulo de elasticidad del concreto)	217371	238118	kg-f/cm^2
Es (Modulo de elasticidad del acero)	2000000	2000000	kg-f/cm^2
Cuantía longitudinal (ρ_L)	1.58%	1.58%	adimensional
Cuantía transversal (ρ_T)	1.11%	1.11%	adimensional
Indicador VI (Relacion S/db)	3.94	3.94	adimensional
Indicador VI (Relacion P/Ag*fc)	0.09	0.09	adimensional



Distribución de acero longitudinal equivalente para el cálculo de los datos output

Para todos los elementos verticales – placas y columnas - se asumirá que el área total de refuerzo longitudinal estará colocada en 3 zonas como se verá a continuación; cada zona se caracteriza porque agrupa al área total igual a la suma de las áreas de acero longitudinal en dicha zona.



Características:

Tipo de estribo:	Estribos rectangulares

Así se tienen 3 zonas delimitadas para poder agrupar las áreas de acero longitudinal.

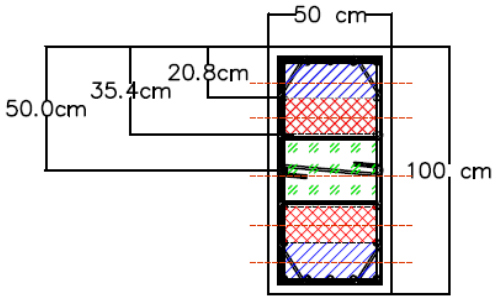
As1 (Área de acero equivalente 1):	36.74	cm^2
As2 (Área de acero equivalente 2):	5.70	cm^2
As3 (Área de acero equivalente 3):	36.74	cm^2

Distribución del acero en la columna.

	elementos de acero	ϕ (pulg.)	cm	area cm2	canti.	a.total cm2	
	estribo (secc. Trans)	3/8	0.9525	0.713	---	---	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x1	1	2.54	5.067	5.000	25.335	
	seccion longitudinal -a2 x1	3/4	1.905	2.850	4.000	11.401	36.736
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x2	3/4	1.905	2.850	2.000	5.700	
	seccion longitudinal -a2 x2	0	0	0.000		0.000	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x3	1	2.54	5.067	5.000	25.335	
	seccion longitudinal -a2 x3	3/4	1.905	2.850	4.000	11.401	36.736
						79.173	1.58%

Influencia de la distribución de los estribos en las diferentes curvas esfuerzo deformación del concreto confinado f´cc del elemento.

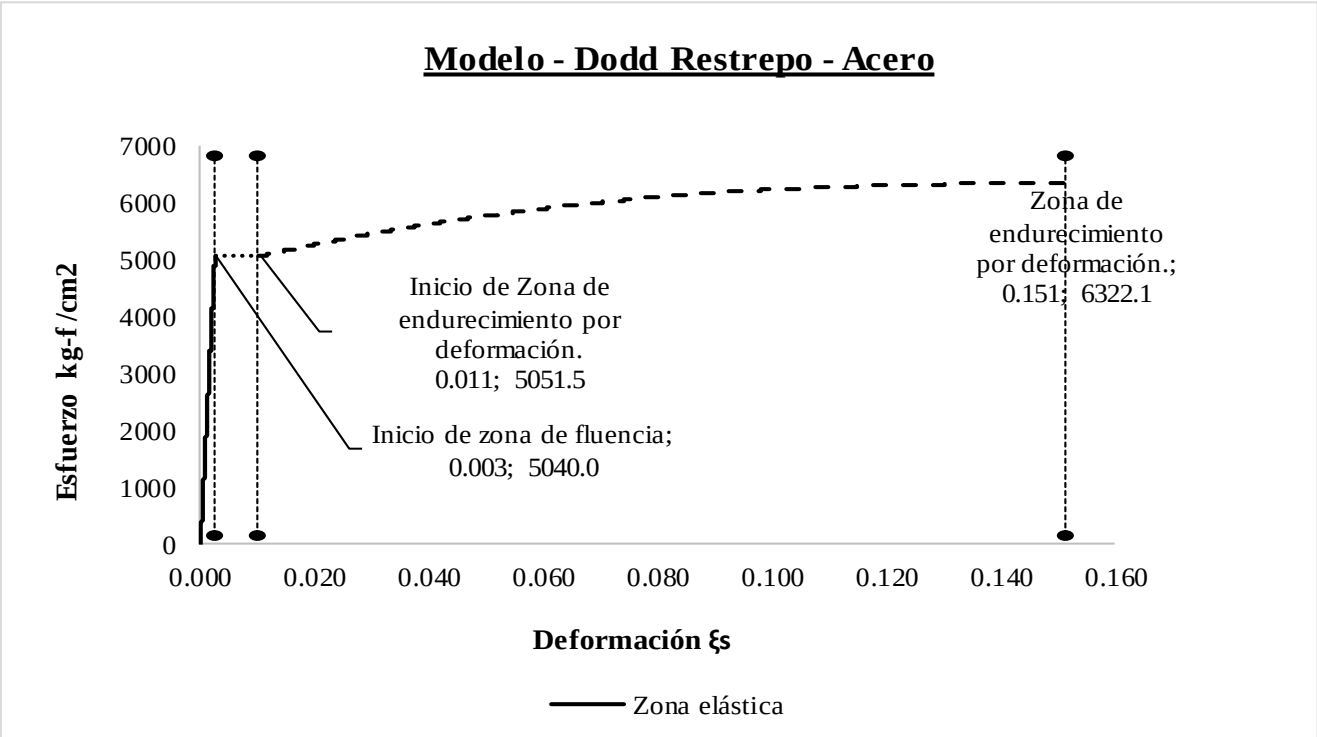
Según el análisis de la distribución de los estribos en el elemento estructural, se encontraron 3 zonas en las cuales el comportamiento del concreto confinado es diferente, debido al detallado del refuerzo transversal empleado, por lo que se muestran 3 graficas esfuerzo deformación del concreto confinado, para las3 zonas mencionadas.

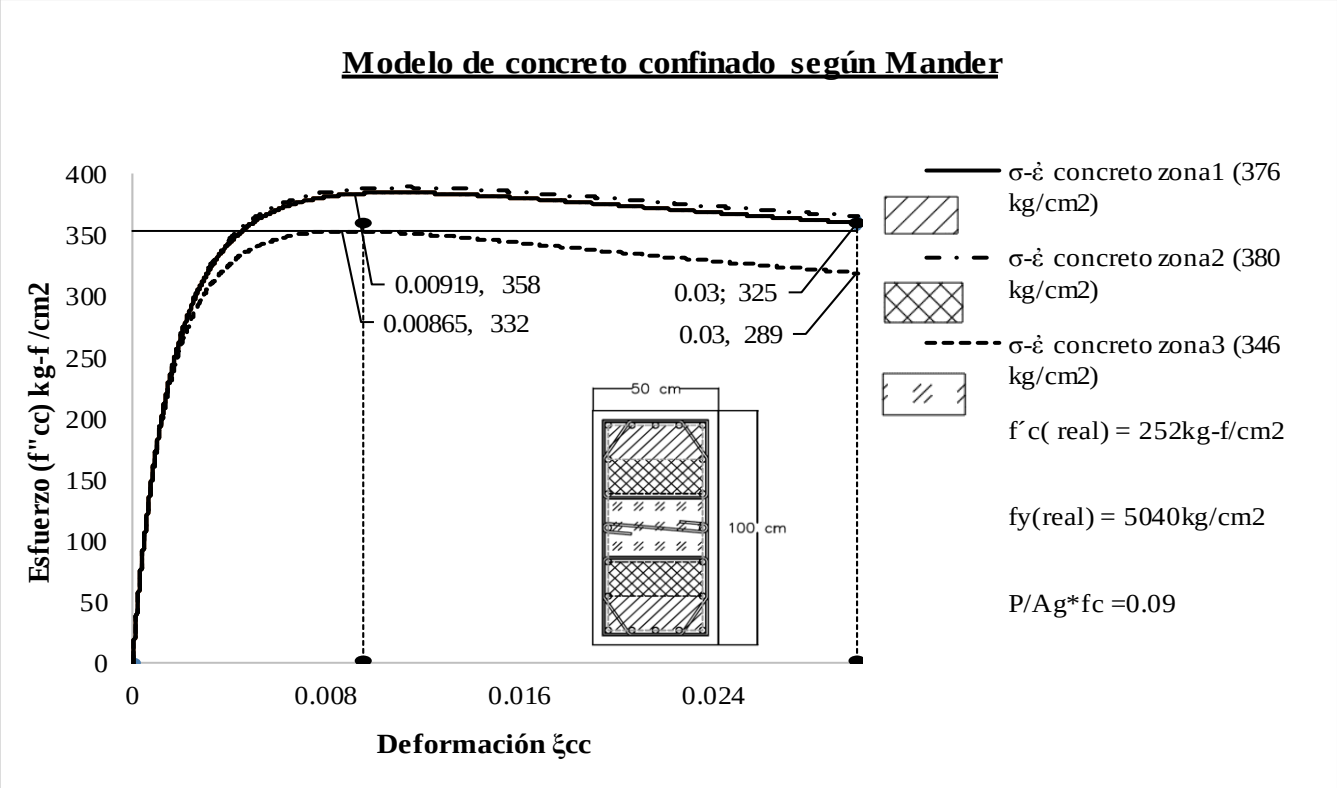


En la dirección de la aplicación de la carga de sismo "y", existen 3 zonas de confinamiento diferentes por lo que se presentara 3 curvas diferentes de carga esfuerzo vs deformación del elemento para las 3 zonas mencionadas.

- Zona de confinamiento tipo 1.
- Zona de confinamiento tipo 2.
- Zona de confinamiento tipo 3.

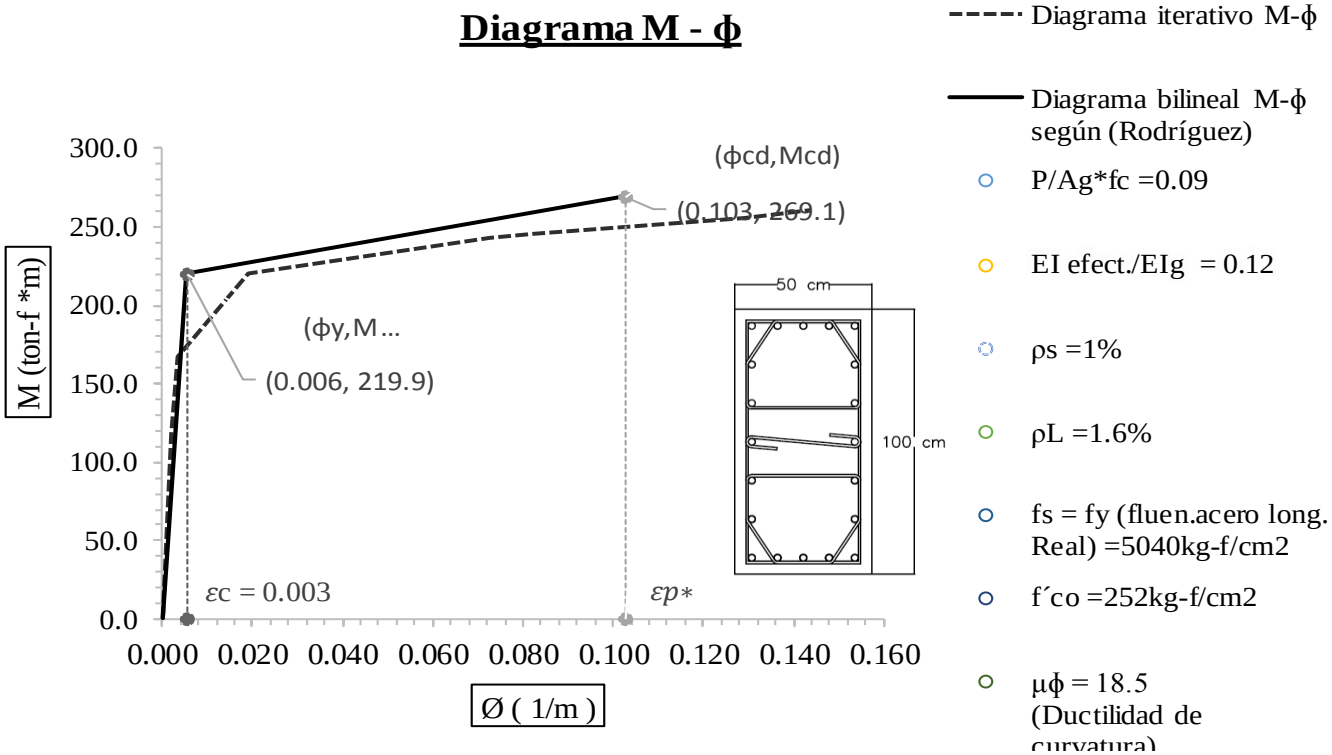
Características del elemento estructural datos Output :





Gráfica Momento Curvatura de la sección.

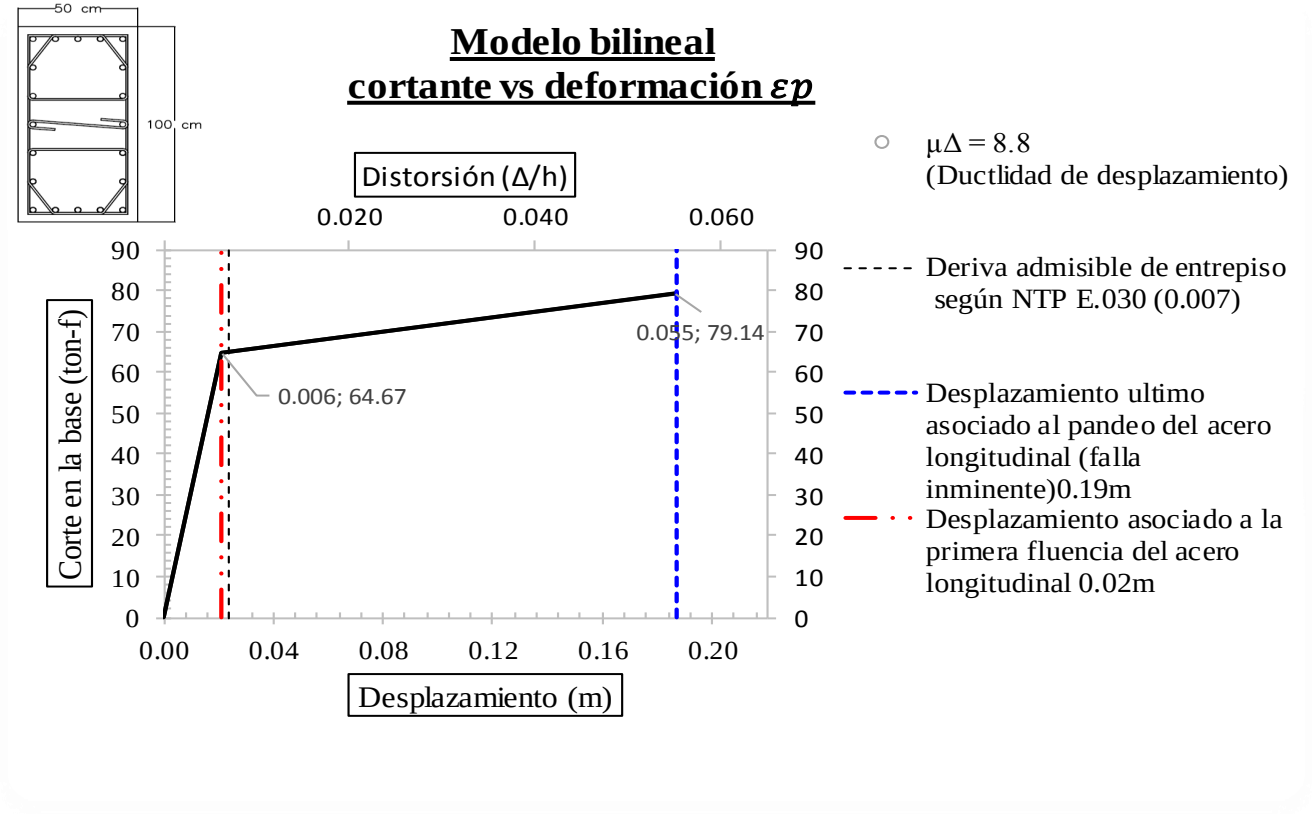
Se obtuvo la gráfica momento curvatura mediante el modelo iterativo y mediante el modelo bilineal – para la curvatura última del modelo iterativo, se consideró la deformación última del concreto confinado (ε̇cu), **mientras que para la curvatura última del modelo bilineal se consideró la deformación asociada al inicio del pandeo de las barras longitudinales** .



Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (ton-f)
0.00	0
0.02	65
0.19	79

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m)	0.02
Indicador (Desplazamiento inelástico $\Delta p*$ m)	0.17
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) m (VD)	0.188
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) cm	18.79



Columna típica piso 3

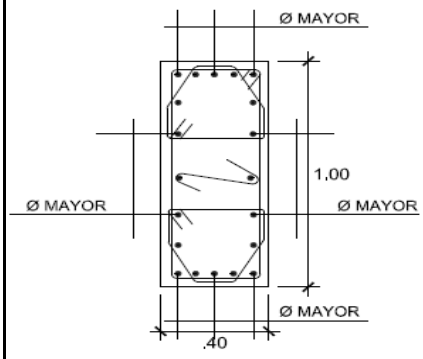
FICHA TECNICA PARA LA EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES.

Identificación columna tipo 4-B (Piso 3)

Características de los materiales y del elemento estructural datos Input :

Dimensiones:	a : 0.4 m b : 1.0 m h : 3.4 m

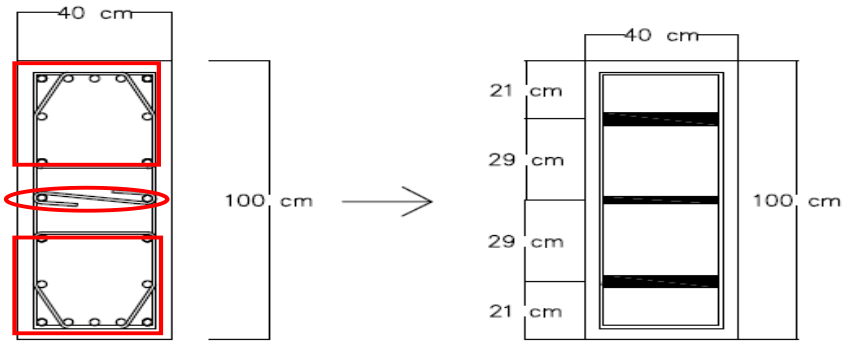
	Valor Nominal	Valor Real	Dimensión
S (separación entre estribos)	10.00	10.00	cm
d.est (diámetro del estribo)	0.95	0.95	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo I	2.54	2.54	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo II	1.905	1.905	cm
f'c (resistencia del concreto no confinado)	210	252	kg-f/cm^2
Indicador VI (f"cc resistencia del concreto	397.4	397.4	kg-f/cm^2
fy (resistencia fluencia del acero)	4200	5040	kg-f/cm^2
ξcu (deformación última del concreto)	0.003	0.003	adimensional
ξsu (deformación última del acero)	0.12	0.12	adimensional
Ec (Modulo de elasticidad del concreto)	217371	238118	kg-f/cm^2
Es (Modulo de elasticidad del acero)	2000000	2000000	kg-f/cm^2
Cuantía longitudinal (ρ_L)	1.98%	1.98%	adimensional
Cuantía transversal (ρ_T)	1%	1%	adimensional
Indicador VI (Relacion S/db)	3.94	3.94	adimensional
Indicador VI (Relacion P/Ag*fc)	0.13	0.13	adimensional



20 Ø
(III)

Distribución de acero longitudinal equivalente para el cálculo de los datos output

Para todos los elementos verticales – placas y columnas - se asumirá que el área total de refuerzo longitudinal estará colocada en 3 zonas como se verá a continuación; cada zona se caracteriza porque agrupa al área total igual a la suma de las áreas de acero longitudinal en dicha zona.



Características:

Tipo de estribo:	Estribos rectangulares

Así se tienen 3 zonas delimitadas para poder agrupar las áreas de acero longitudinal.

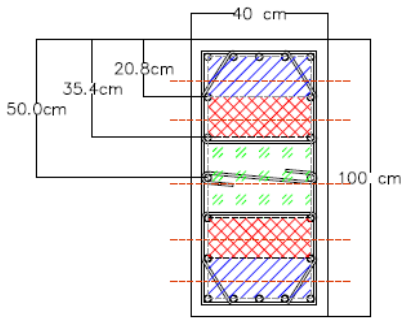
As1 (Área de acero equivalente 1):	36.74	cm^2
As2 (Área de acero equivalente 2):	5.70	cm^2
As3 (Área de acero equivalente 3):	36.74	cm^2

Distribución del acero en la columna.

	elementos de acero	ϕ (pulg.)	cm	area cm2	canti.	a.total cm2	
	estribo (secc. Trans)	3/8	0.9525	0.713	---	---	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x1	1	2.54	5.067	5.000	25.335	
	seccion longitudinal -a2 x1	3/4	1.905	2.850	4.000	11.401	36.736
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x2	3/4	1.905	2.850	2.000	5.700	
	seccion longitudinal -a2 x2	0	0	0.000		0.000	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x3	1	2.54	5.067	5.000	25.335	
	seccion longitudinal -a2 x3	3/4	1.905	2.850	4.000	11.401	36.736
						79.173	1.98%

Influencia de la distribución de los estribos en las diferentes curvas esfuerzo deformación del concreto confinado f´cc del elemento.

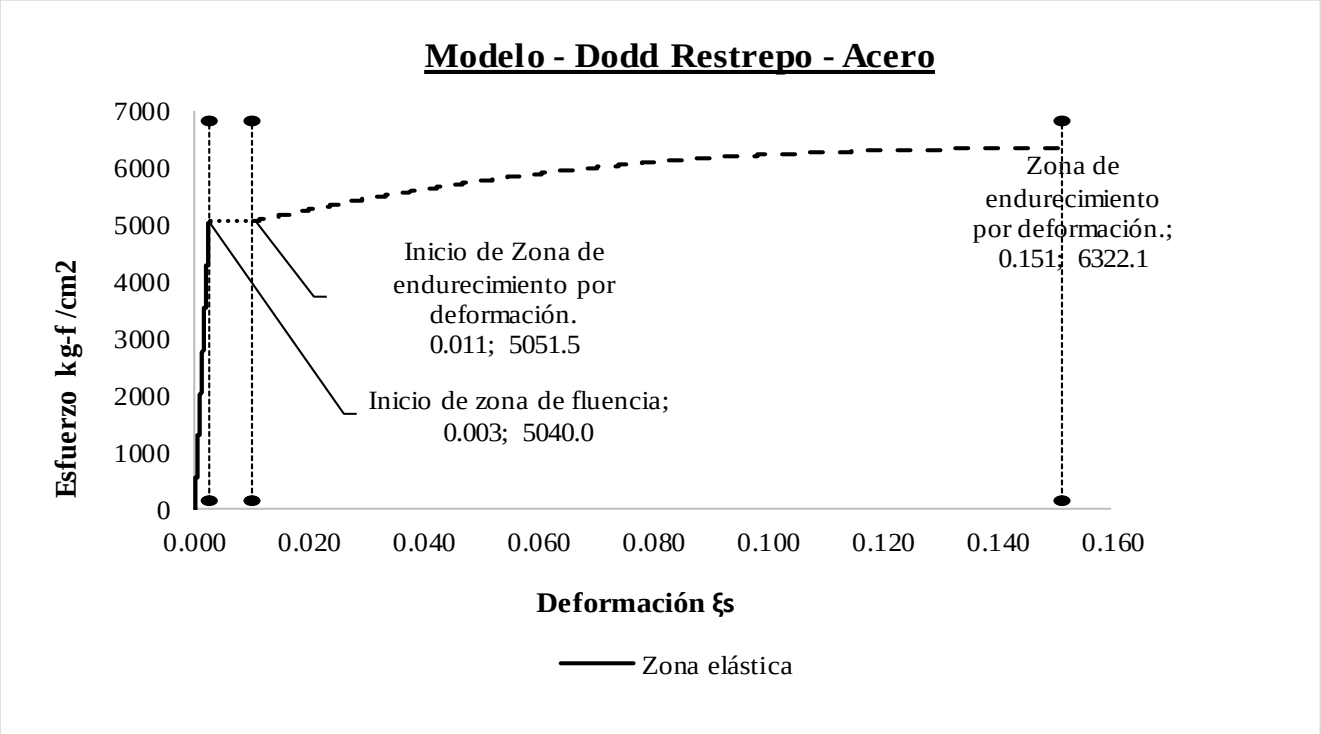
Según el análisis de la distribución de los estribos en el elemento estructural, se encontraron 3 zonas en las cuales el comportamiento del concreto confinado es diferente, debido al detallado del refuerzo transversal empleado, por lo que se muestran 3 graficas esfuerzo deformación del concreto confinado, para las3 zonas mencionadas.

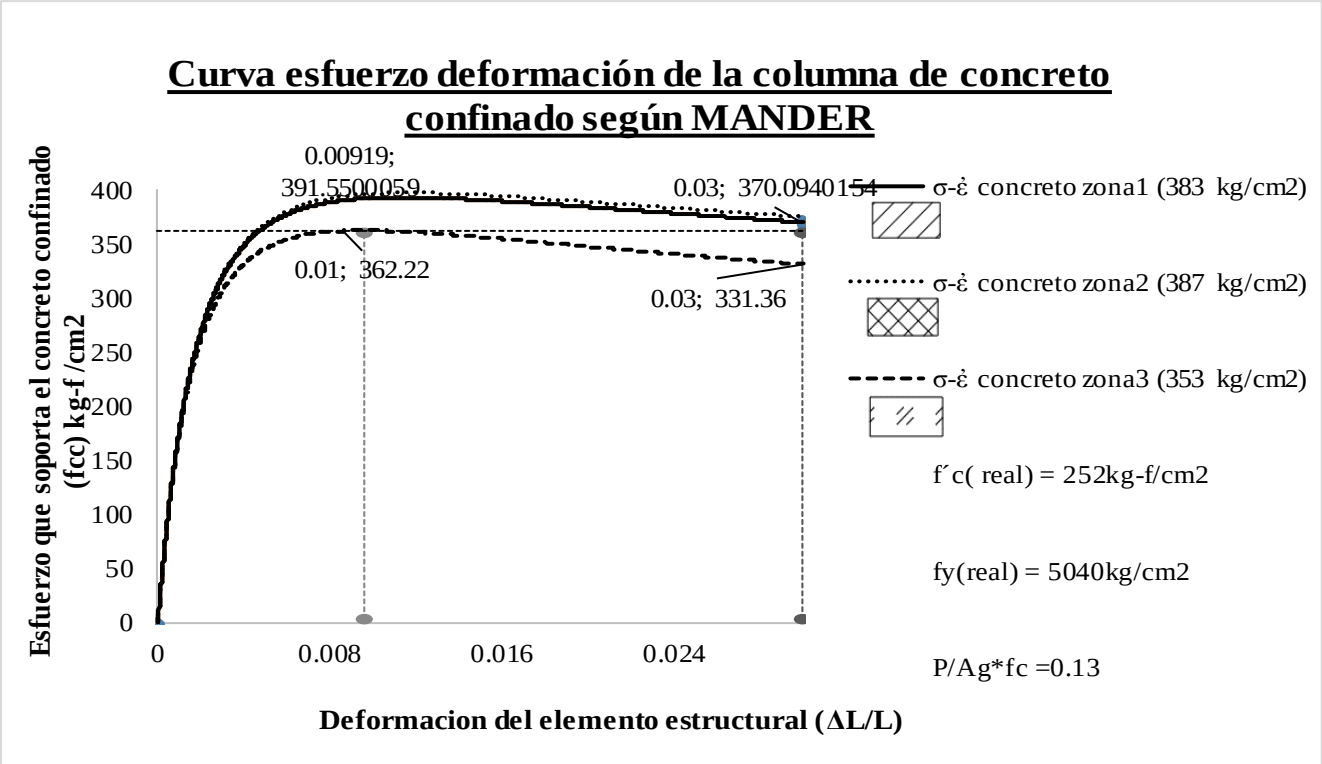


En la dirección de la aplicación de la carga de sismo "y", existen 3 zonas de confinamiento diferentes por lo que se presentara 3 curvas diferentes de carga esfuerzo vs deformación del elemento para las 3 zonas mencionadas.

- Zona de confinamiento tipo 1.
- Zona de confinamiento tipo 2.
- Zona de confinamiento tipo 3.

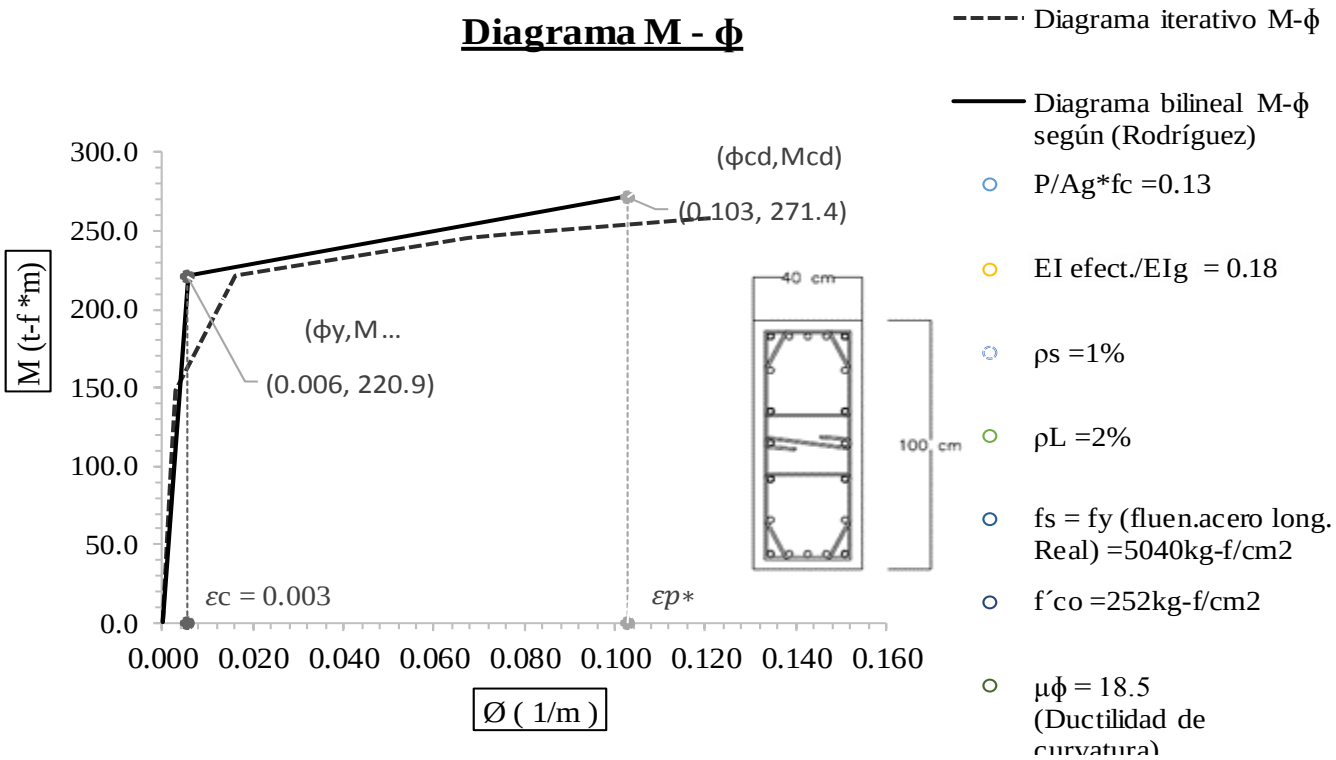
Características del elemento estructural datos Output :





Gráfica Momento Curvatura de la sección.

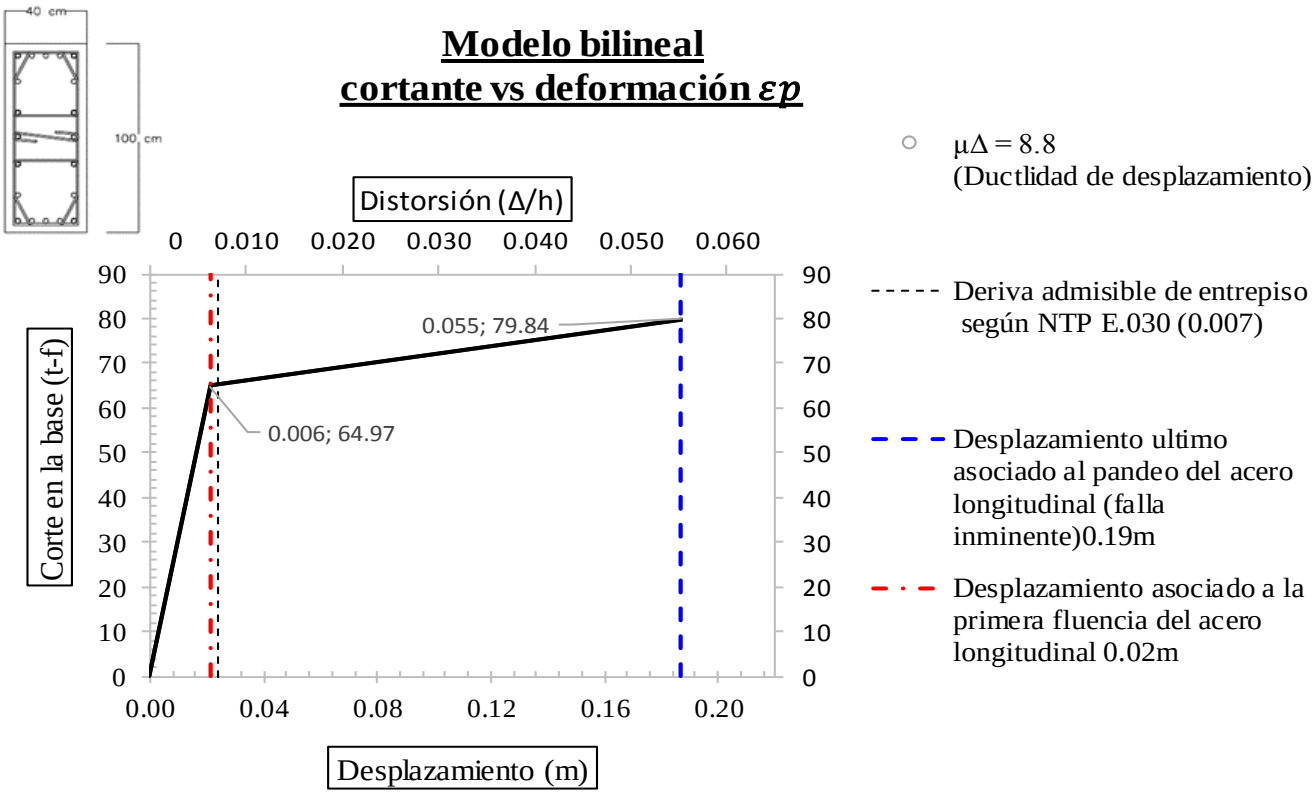
Se obtuvo la gráfica momento curvatura mediante el modelo iterativo y mediante el modelo bilineal – para la curvatura última del modelo iterativo, se consideró la deformación última del concreto confinado (ε̇cu), **mientras que para la curvatura última del modelo bilineal se consideró la deformación asociada al inicio del pandeo de las barras longitudinales** .



Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (t-f)
0.00	0
0.02	65
0.19	80

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m)	0.02
Indicador (Desplazamiento inelástico $\Delta p*$ m)	0.17
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) m (VD)	0.188
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) cm	18.79



Columna típica piso 4

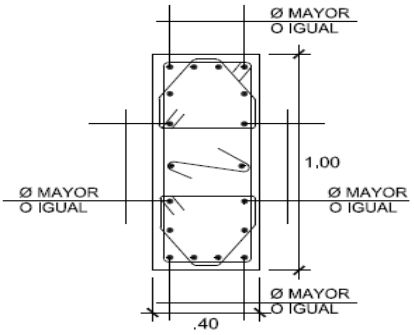
FICHA TECNICA PARA LA EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES.

Identificación columna tipo 4-B (Piso 4)

Características de los materiales y del elemento estructural datos Input :

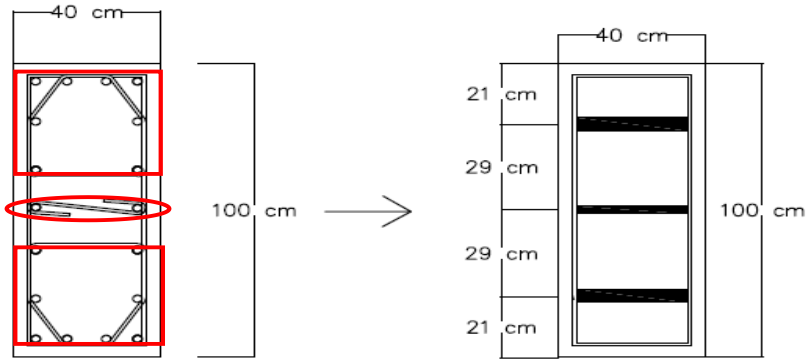
Dimensiones:	a : 0.4 m b : 1.0 m h : 3.4 m

	Valor Nominal	Valor Real	Dimensión
S (separación entre estribos)	10.00	10.00	cm
d.est (diámetro del estribo)	0.95	0.95	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo I	1.905	1.905	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo II	1.905	1.905	cm
f'c (resistencia del concreto no confinado)	210	252	kg-f/cm^2
Indicador VI (f"cc resistencia del concreto	393.0	393.0	kg-f/cm^2
fy (resistencia fluencia del acero)	4200	5040	kg-f/cm^2
ξcu (deformación última del concreto)	0.003	0.003	adimensional
ξsu (deformación última del acero)	0.12	0.12	adimensional
Ec (Modulo de elasticidad del concreto)	217371	238118	kg-f/cm^2
Es (Modulo de elasticidad del acero)	2E+06	2000000	kg-f/cm^2
Cuantía longitudinal (ρ_L)	1.28%	1.28%	adimensional
Cuantía transversal (ρ_T)	1.39%	1.39%	adimensional
Indicador VI (Relacion S/db)	5.25	5.25	adimensional
Indicador VI (Relacion P/Ag*fc)	0.09	0.09	adimensional



Distribución de acero longitudinal equivalente para el cálculo de los datos output

Para todos los elementos verticales – placas y columnas - se asumirá que el área total de refuerzo longitudinal estará colocada en 3 zonas como se verá a continuación; cada zona se caracteriza porque agrupa al área total igual a la suma de las áreas de acero longitudinal en dicha zona.



Características:

Tipo de estribo:	Estribos rectangulares

Así se tienen 3 zonas delimitadas para poder agrupar las áreas de acero longitudinal.

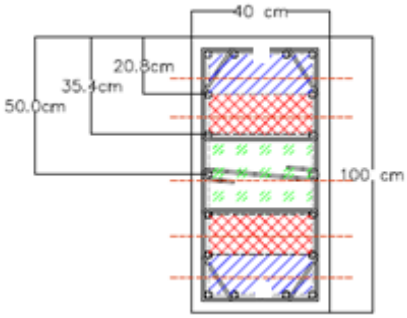
As1 (Área de acero equivalente 1):	22.80	cm^2
As2 (Área de acero equivalente 2):	5.70	cm^2
As3 (Área de acero equivalente 3):	22.80	cm^2

Distribución del acero en la columna.

	elementos de acero	ϕ (pulg.)	cm	area cm2	canti.	a.total cm2	
	estribo (secc. Trans)	3/8	0.9525	0.713	---	---	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x1	3/4	1.905	2.850	8.000	22.802	
	seccion longitudinal -a2 x1	3/4	1.905	2.850	0.000	0.000	22.802
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x2	3/4	1.905	2.850	2.000	5.700	
	seccion longitudinal -a2 x2	0	0	0.000		0.000	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x3	3/4	1.905	2.850	8.000	22.802	
	seccion longitudinal -a2 x3	3/4	1.905	2.850	0.000	0.000	
						51.304	1.28%

Influencia de la distribución de los estribos en las diferentes curvas esfuerzo deformación del concreto confinado f´cc del elemento.

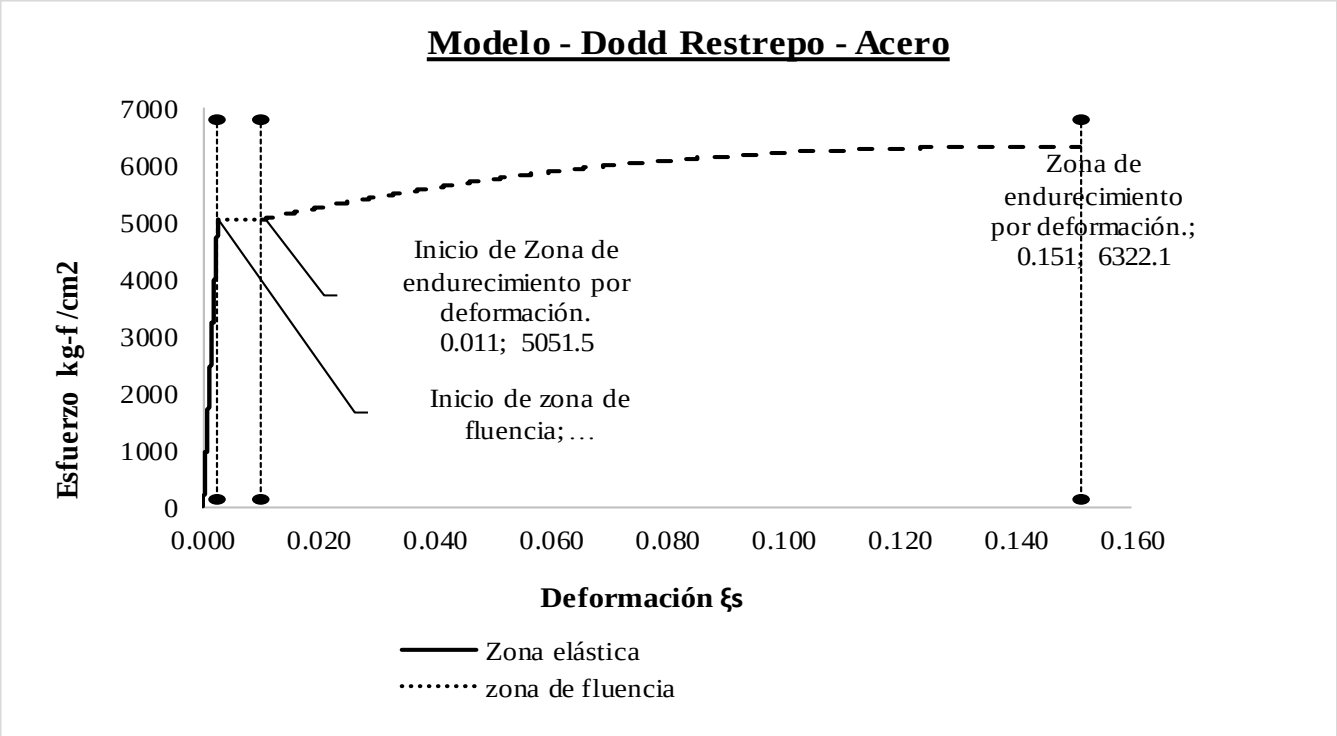
Según el análisis de la distribución de los estribos en el elemento estructural, se encontraron 3 zonas en las cuales el comportamiento del concreto confinado es diferente, debido al detallado del refuerzo transversal empleado, por lo que se muestran 3 graficas esfuerzo deformación del concreto confinado, para las3 zonas mencionadas.

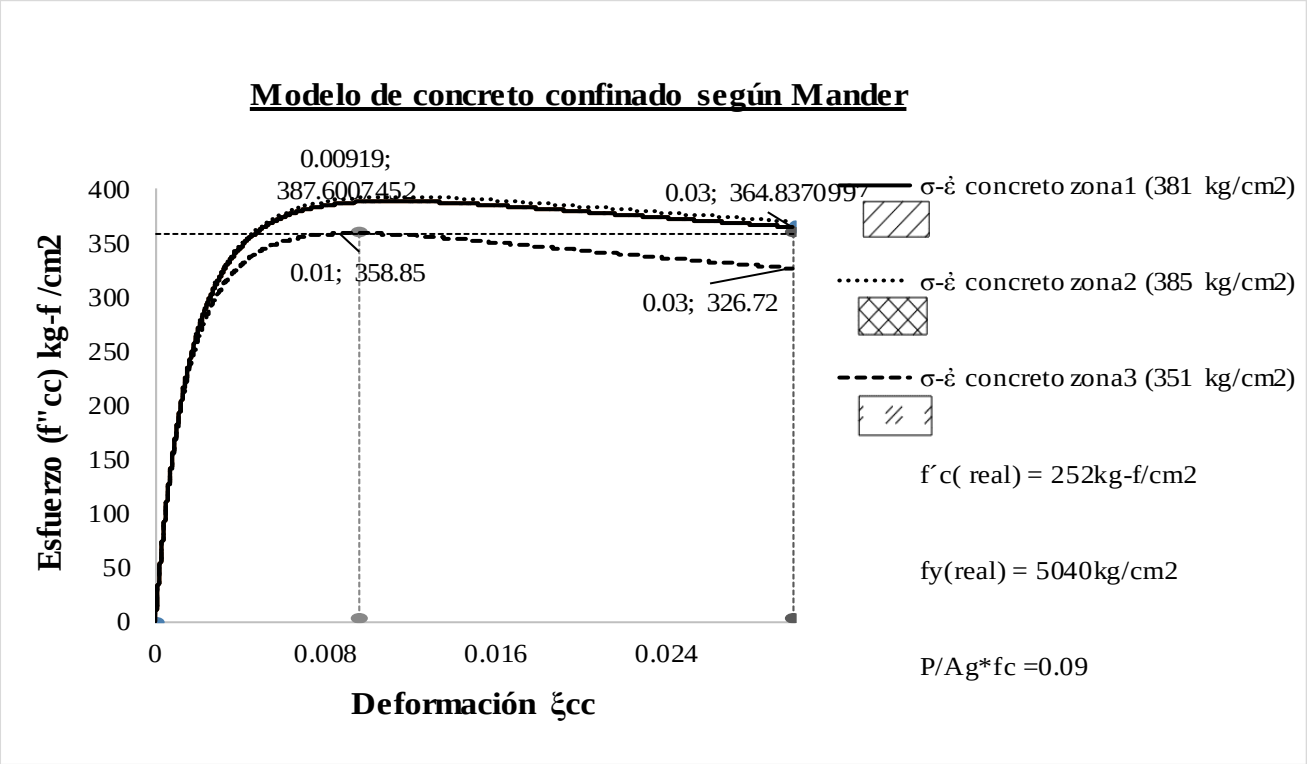


En la dirección de la aplicación de la carga de sismo "y", existen 3 zonas de confinamiento diferentes por lo que se presentara 3 curvas diferentes de carga esfuerzo vs deformación del elemento para las 3 zonas mencionadas.

- Zona de confinamiento tipo 1.
- Zona de confinamiento tipo 2.
- Zona de confinamiento tipo 3.

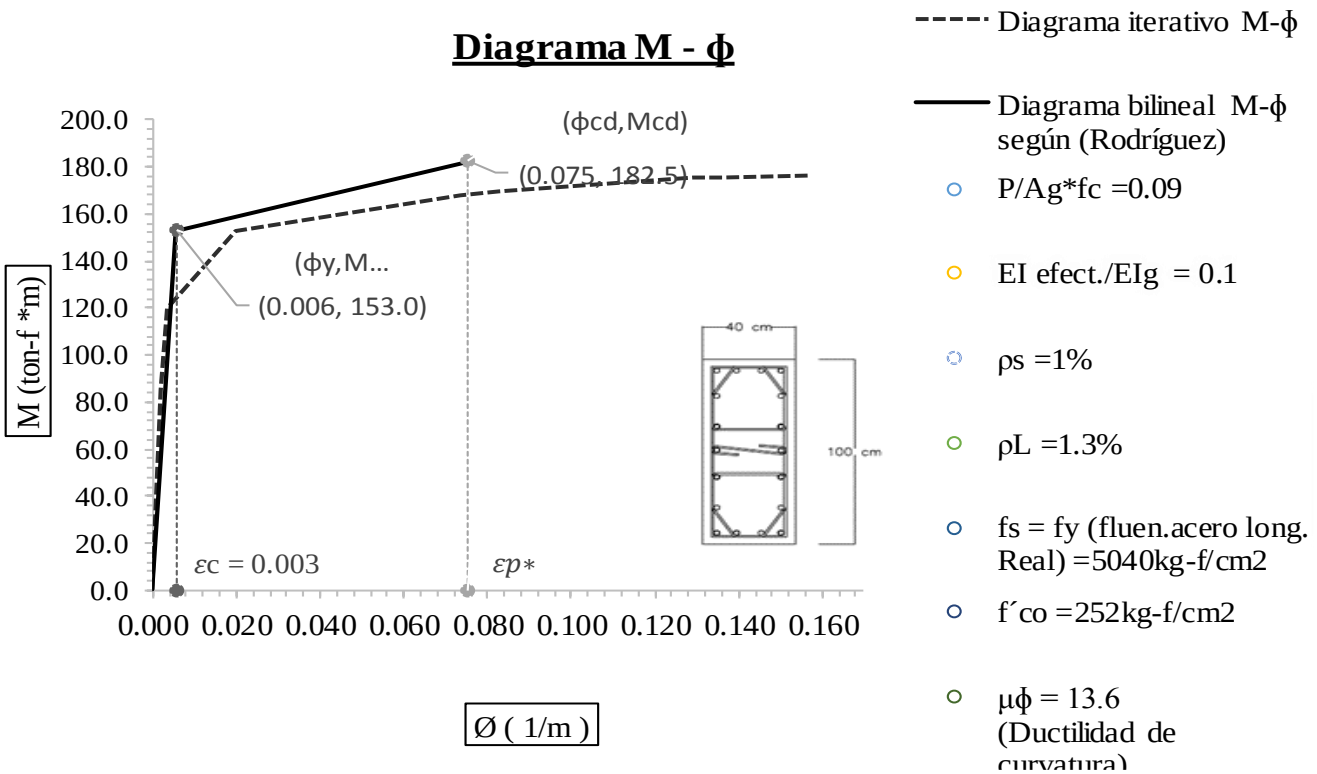
Características del elemento estructural datos Output :





Gráfica Momento Curvatura de la sección.

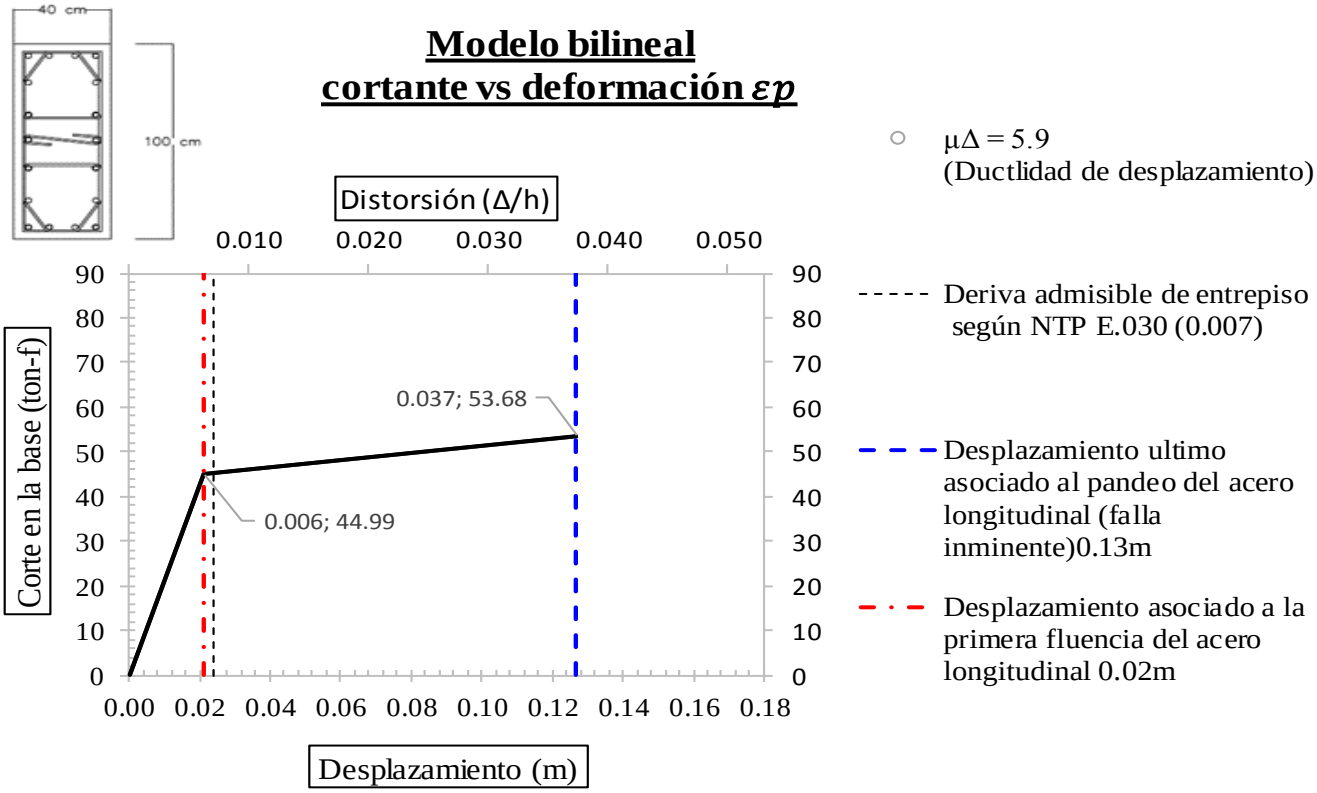
Se obtuvo la gráfica momento curvatura mediante el modelo iterativo y mediante el modelo bilineal – para la curvatura última del modelo iterativo, se consideró la deformación última del concreto confinado (ε̇cu), **mientras que para la curvatura última del modelo bilineal se consideró la deformación asociada al inicio del pandeo de las barras longitudinales** .



Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (ton-f)
0.00	0
0.02	45
0.13	54

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m)	0.02
Indicador (Desplazamiento inelástico $\Delta p*$ m)	0.11
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) m (VD)	0.127
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) cm	12.70



Columna típica piso 5

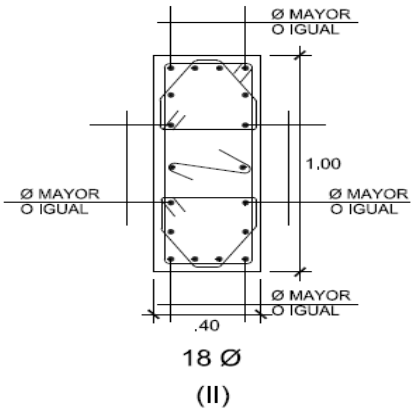
FICHA TECNICA PARA LA EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES.

Identificación columna tipo 4-B (Piso 5)

Características de los materiales y del elemento estructural datos Input :

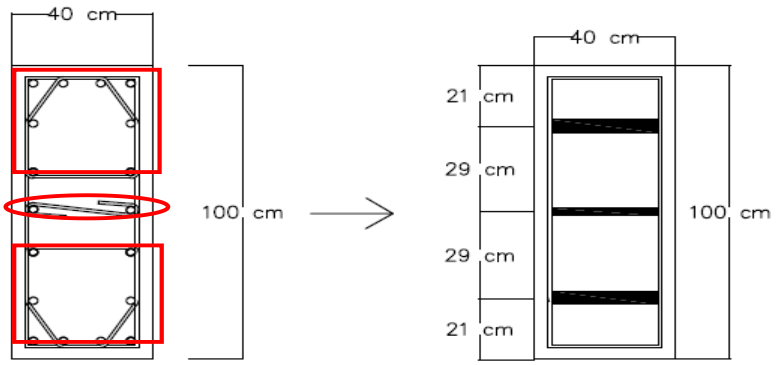
Dimensiones:	a : 0.4 m b : 1.0 m h : 3.4 m

	Valor Nominal	Valor Real	Dimensión
S (separación entre estribos)	10.00	10.00	cm
d.est (diámetro del estribo)	0.95	0.95	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo I	1.905	1.905	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo II	1.905	1.905	cm
f'c (resistencia del concreto no confinado)	210	252	kg-f/cm^2
Indicador VI (f"cc resistencia del concreto	393.0	393.0	kg-f/cm^2
fy (resistencia fluencia del acero)	4200	5040	kg-f/cm^2
ξcu (deformación última del concreto)	0.003	0.003	adimensional
ξsu (deformación última del acero)	0.12	0.12	adimensional
Ec (Modulo de elasticidad del concreto)	217371	238118	kg-f/cm^2
Es (Modulo de elasticidad del acero)	2E+06	2000000	kg-f/cm^2
Cuantía longitudinal (ρ_L)	1.28%	1.28%	adimensional
Cuantía transversal (ρ_T)	1.39%	1.39%	adimensional
Indicador VI (Relacion S/db)	5.25	5.25	adimensional
Indicador VI (Relacion P/Ag*fc)	0.06	0.06	adimensional



Distribución de acero longitudinal equivalente para el cálculo de los datos output

Para todos los elementos verticales – placas y columnas - se asumirá que el área total de refuerzo longitudinal estará colocada en 3 zonas como se verá a continuación; cada zona se caracteriza porque agrupa al área total igual a la suma de las áreas de acero longitudinal en dicha zona.



Características:

Tipo de estribo:	Estribos rectangulares

Así se tienen 3 zonas delimitadas para poder agrupar las áreas de acero longitudinal.

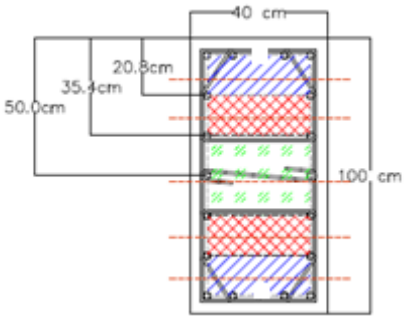
As1 (Área de acero equivalente 1):	22.80	cm^2
As2 (Área de acero equivalente 2):	5.70	cm^2
As3 (Área de acero equivalente 3):	22.80	cm^2

Distribución del acero en la columna.

	elementos de acero	ϕ (pulg.)	cm	area cm2	canti.	a.total cm2	
	estribo (secc. Trans)	3/8	0.9525	0.713	---	---	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x1	3/4	1.905	2.850	8.000	22.802	
	seccion longitudinal -a2 x1	3/4	1.905	2.850	0.000	0.000	22.802
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x2	3/4	1.905	2.850	2.000	5.700	
	seccion longitudinal -a2 x2	0	0	0.000		0.000	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x3	3/4	1.905	2.850	8.000	22.802	
	seccion longitudinal -a2 x3	3/4	1.905	2.850	0.000	0.000	
						51.304	1.28%

Influencia de la distribución de los estribos en las diferentes curvas esfuerzo deformación del concreto confinado f´cc del elemento.

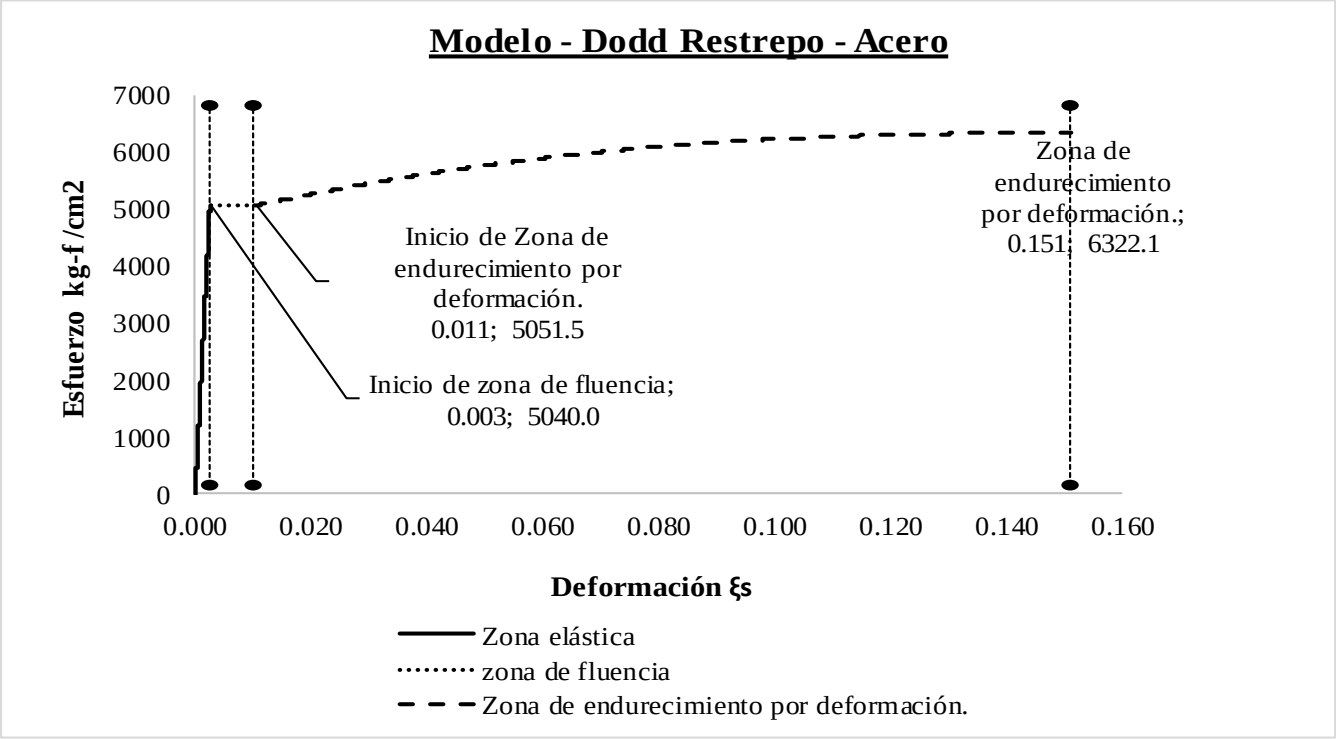
Según el análisis de la distribución de los estribos en el elemento estructural, se encontraron 3 zonas en las cuales el comportamiento del concreto confinado es diferente, debido al detallado del refuerzo transversal empleado, por lo que se muestran 3 graficas esfuerzo deformación del concreto confinado, para las3 zonas mencionadas.

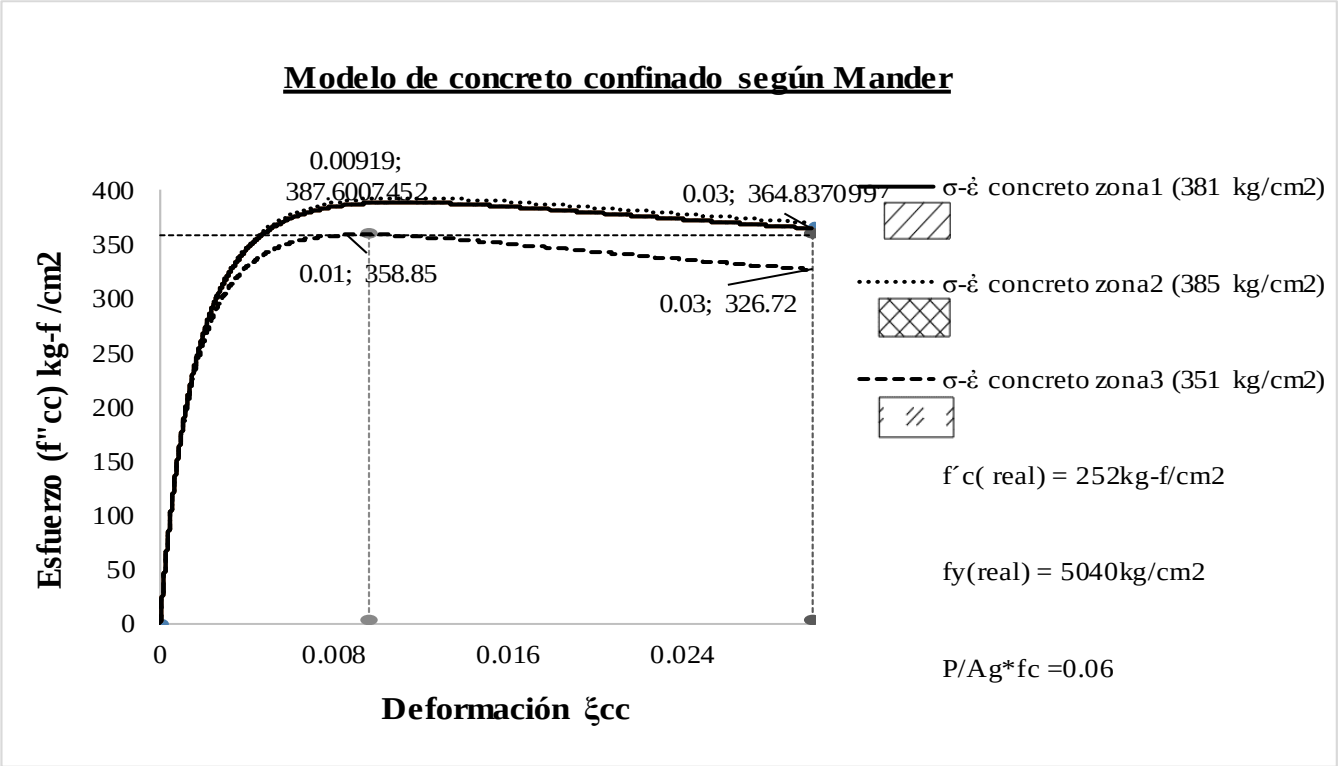


En la dirección de la aplicación de la carga de sismo "y", existen 3 zonas de confinamiento diferentes por lo que se presentara 3 curvas diferentes de carga esfuerzo vs deformación del elemento para las 3 zonas mencionadas.

- Zona de confinamiento tipo 1.
- Zona de confinamiento tipo 2.
- Zona de confinamiento tipo 3.

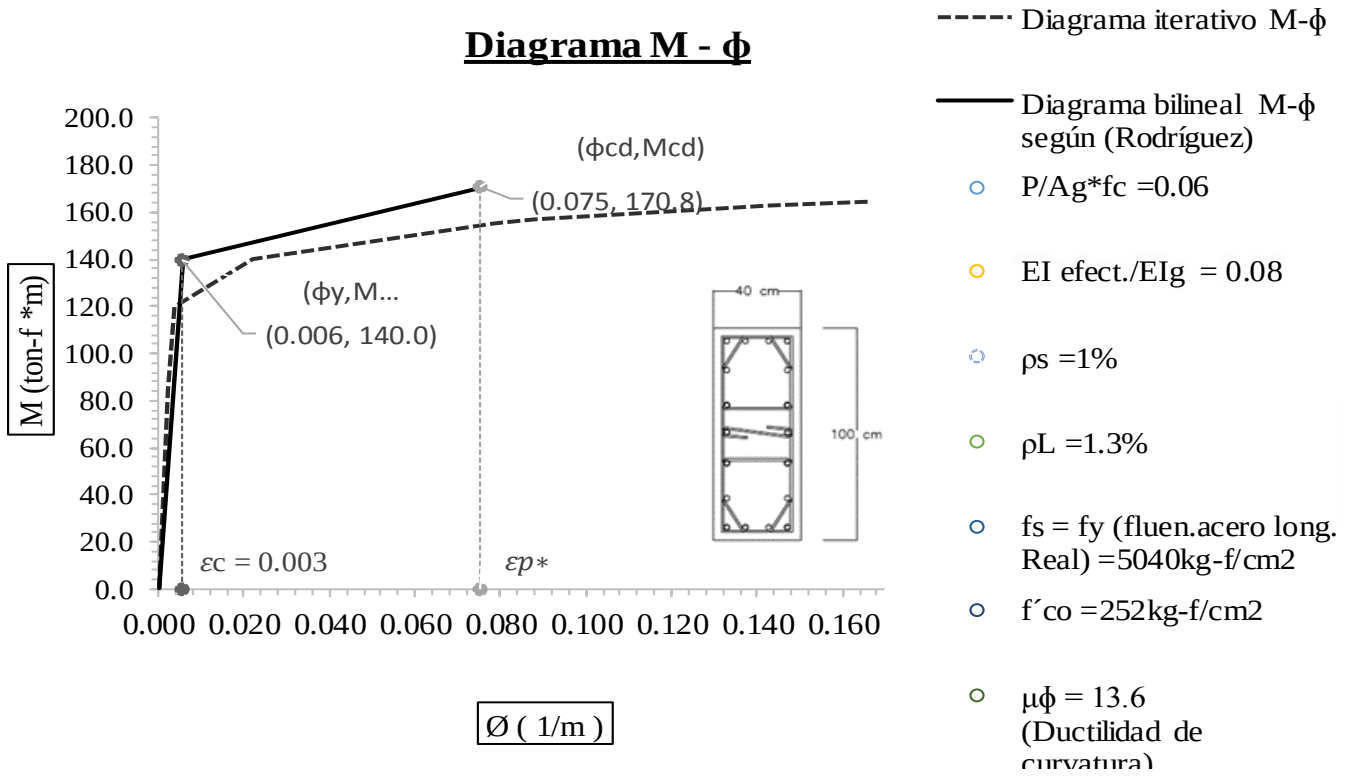
Características del elemento estructural datos Output :





Gráfica Momento Curvatura de la sección.

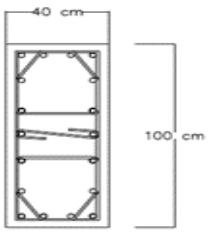
Se obtuvo la gráfica momento curvatura mediante el modelo iterativo y mediante el modelo bilineal – para la curvatura última del modelo iterativo, se consideró la deformación última del concreto confinado (ἐcu), **mientras que para la curvatura última del modelo bilineal se consideró la deformación asociada al inicio del pandeo de las barras longitudinales** .

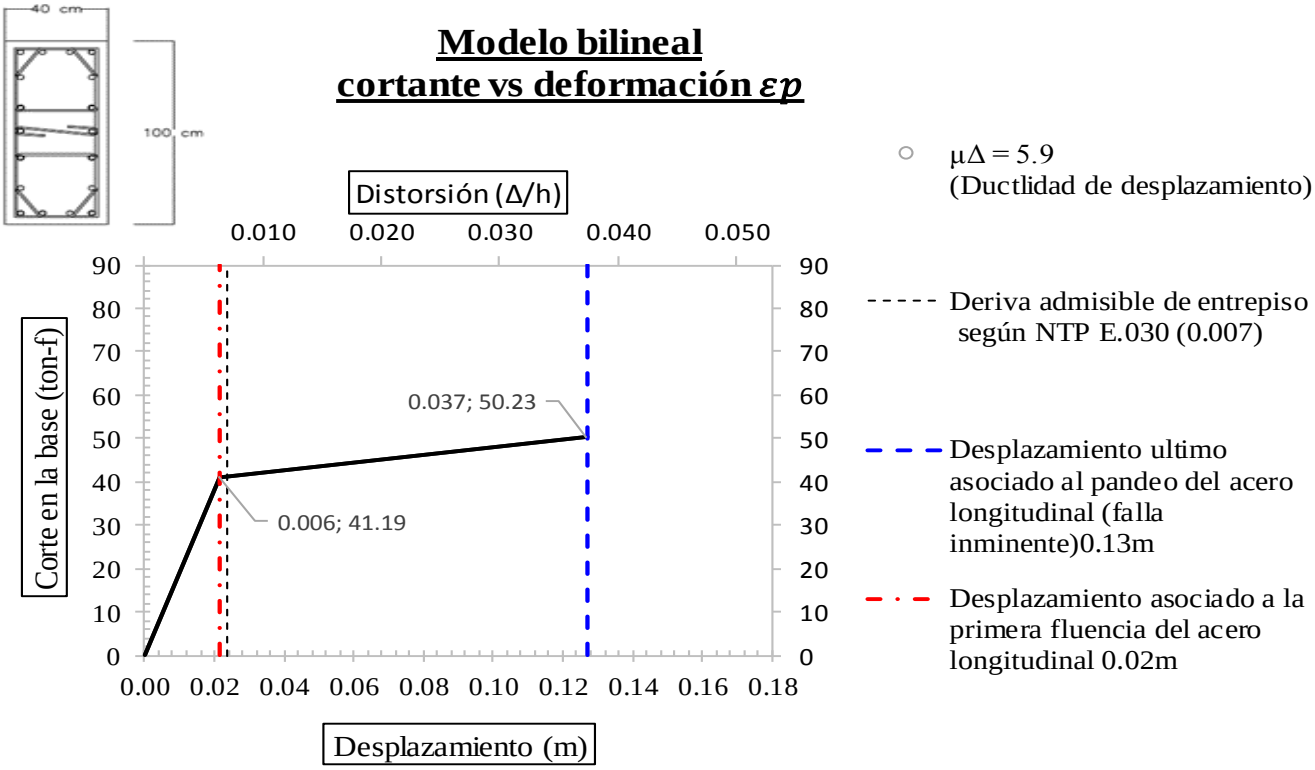


Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (ton-f)
0.00	0
0.02	41
0.13	50

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m)	0.02
Indicador (Desplazamiento inelástico $\Delta p*$ m)	0.11
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) m (VD)	0.127
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) cm	12.70





Columna típica piso 6

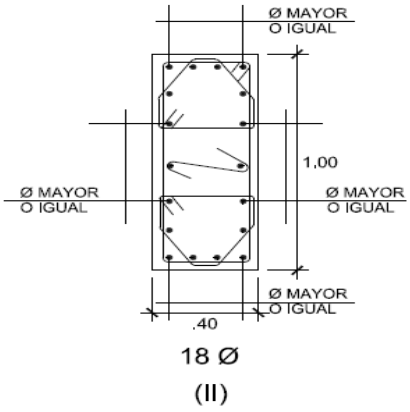
FICHA TECNICA PARA LA EVALUACIÓN DE ELEMENTOS VERTICALES.

Identificación columna tipo 4-B (Piso 6)

Características de los materiales y del elemento estructural datos Input :

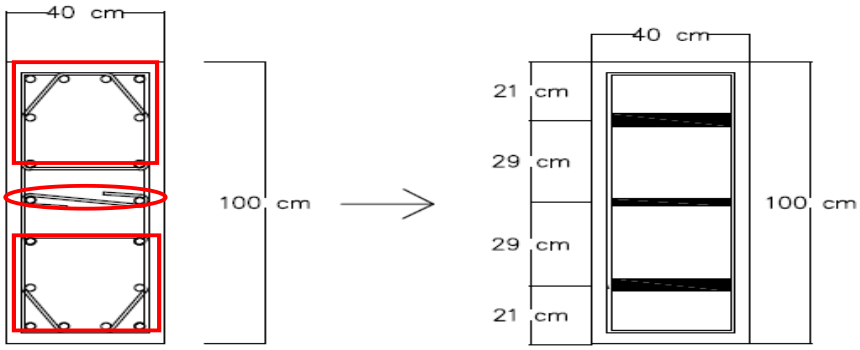
Dimensiones:	a : 0.4 m b : 1.0 m h : 3.4 m

	Valor Nominal	Valor Real	Dimensión
S (separación entre estribos)	10.00	10.00	cm
d.est (diámetro del estribo)	0.95	0.95	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo I	1.905	1.905	cm
db (diámetro barra longitudinal) - tipo II	1.5875	1.588	cm
f'c (resistencia del concreto no confinado)	210	252	kg-f/cm^2
Indicador VI (f"cc resistencia del concreto	392.7	392.7	kg-f/cm^2
fy (resistencia fluencia del acero)	4200	5040	kg-f/cm^2
ξcu (deformación última del concreto)	0.003	0.003	adimensional
ξsu (deformación última del acero)	0.12	0.12	adimensional
Ec (Modulo de elasticidad del concreto)	217371	238118	kg-f/cm^2
Es (Modulo de elasticidad del acero)	2000000	2000000	kg-f/cm^2
Cuantía longitudinal (ρ_L)	1.06%	1.06%	adimensional
Cuantía transversal (ρ_T)	1.39%	1.39%	adimensional
Indicador VI (Relacion S/db)	5.25	5.25	adimensional
Indicador VI (Relacion P/Ag*fc)	0.03	0.03	adimensional



Distribución de acero longitudinal equivalente para el cálculo de los datos output

Para todos los elementos verticales – placas y columnas - se asumirá que el área total de refuerzo longitudinal estará colocada en 3 zonas como se verá a continuación; cada zona se caracteriza porque agrupa al área total igual a la suma de las áreas de acero longitudinal en dicha zona.



Características:

Tipo de estribo:	Estribos rectangulares

Así se tienen 3 zonas delimitadas para poder agrupar las áreas de acero longitudinal.

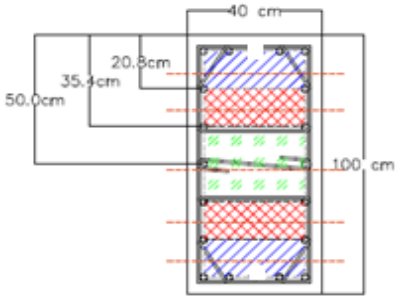
As1 (Área de acero equivalente 1):	19.32	cm^2
As2 (Área de acero equivalente 2):	3.96	cm^2
As3 (Área de acero equivalente 3):	19.32	cm^2

Distribución del acero en la columna.

	elementos de acero	ϕ (pulg.)	cm	area cm2	canti.	a.total cm2	
	estribo (secc. Trans)	3/8	0.9525	0.713	---	---	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x1	3/4	1.905	2.850	4.000	11.401	
	seccion longitudinal -a2 x1	5/8	1.5875	1.979	4.000	7.917	19.318
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x2	5/8	1.5875	1.979	2.000	3.959	
	seccion longitudinal -a2 x2	0	0	0.000		0.000	
ϕ princ.	seccion longitudinal -a1 x3	3/4	1.905	2.850	4.000	11.401	
	seccion longitudinal -a2 x3	5/8	1.5875	1.979	4.000	7.917	19.318
						42.595	1.06%

Influencia de la distribución de los estribos en las diferentes curvas esfuerzo deformación del concreto confinado f´cc del elemento.

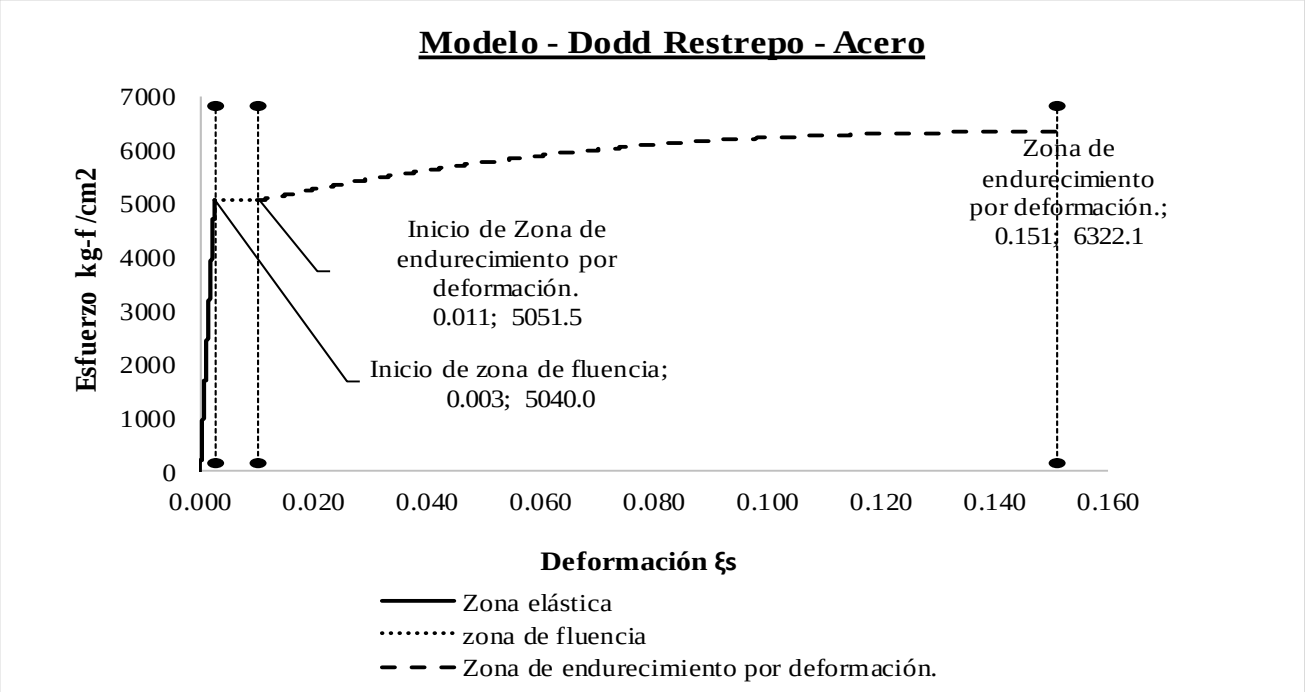
Según el análisis de la distribución de los estribos en el elemento estructural, se encontraron 3 zonas en las cuales el comportamiento del concreto confinado es diferente, debido al detallado del refuerzo transversal empleado, por lo que se muestran 3 graficas esfuerzo deformación del concreto confinado, para las3 zonas mencionadas

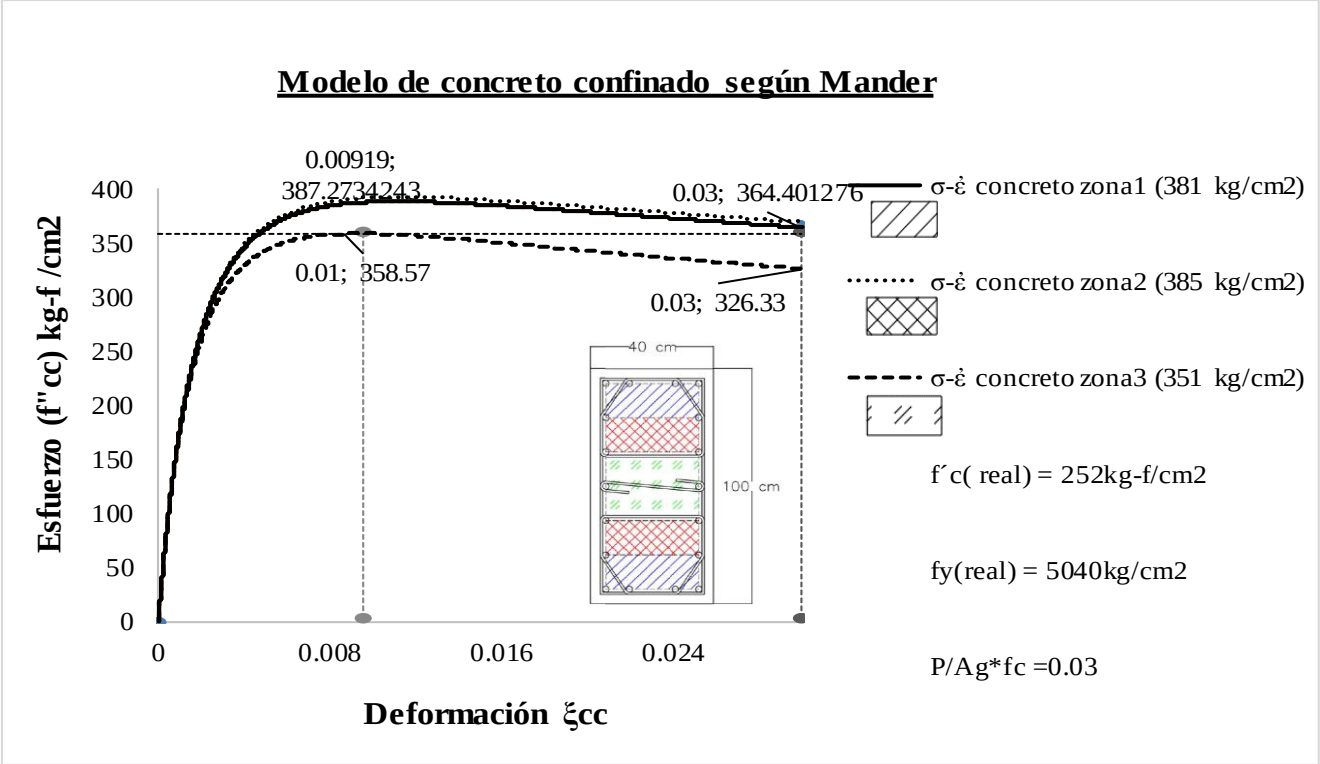


En la dirección de la aplicación de la carga de sismo "y", existen 3 zonas de confinamiento diferentes por lo que se presentara 3 curvas diferentes de carga esfuerzo vs deformación del elemento para las 3 zonas mencionadas.

- Zona de confinamiento tipo 1.
- Zona de confinamiento tipo 2.
- Zona de confinamiento tipo 3.

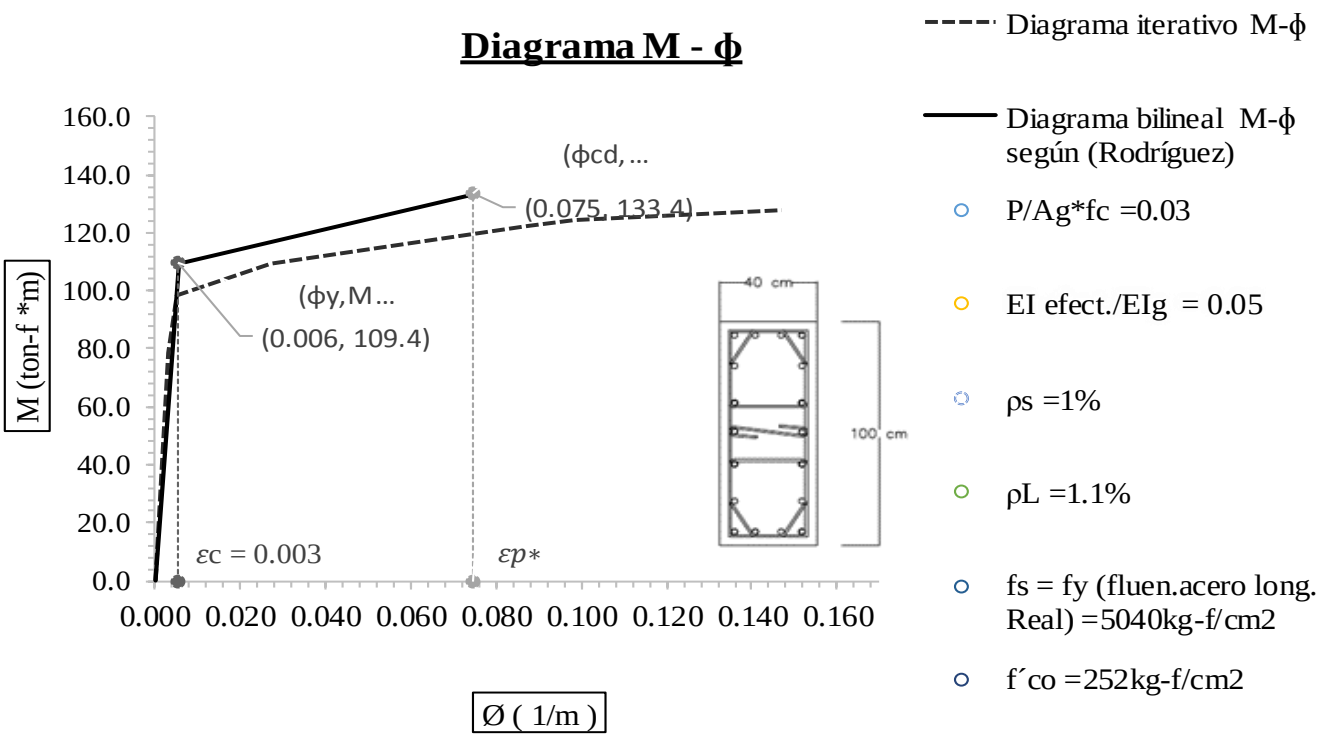
Características del elemento estructural datos Output :



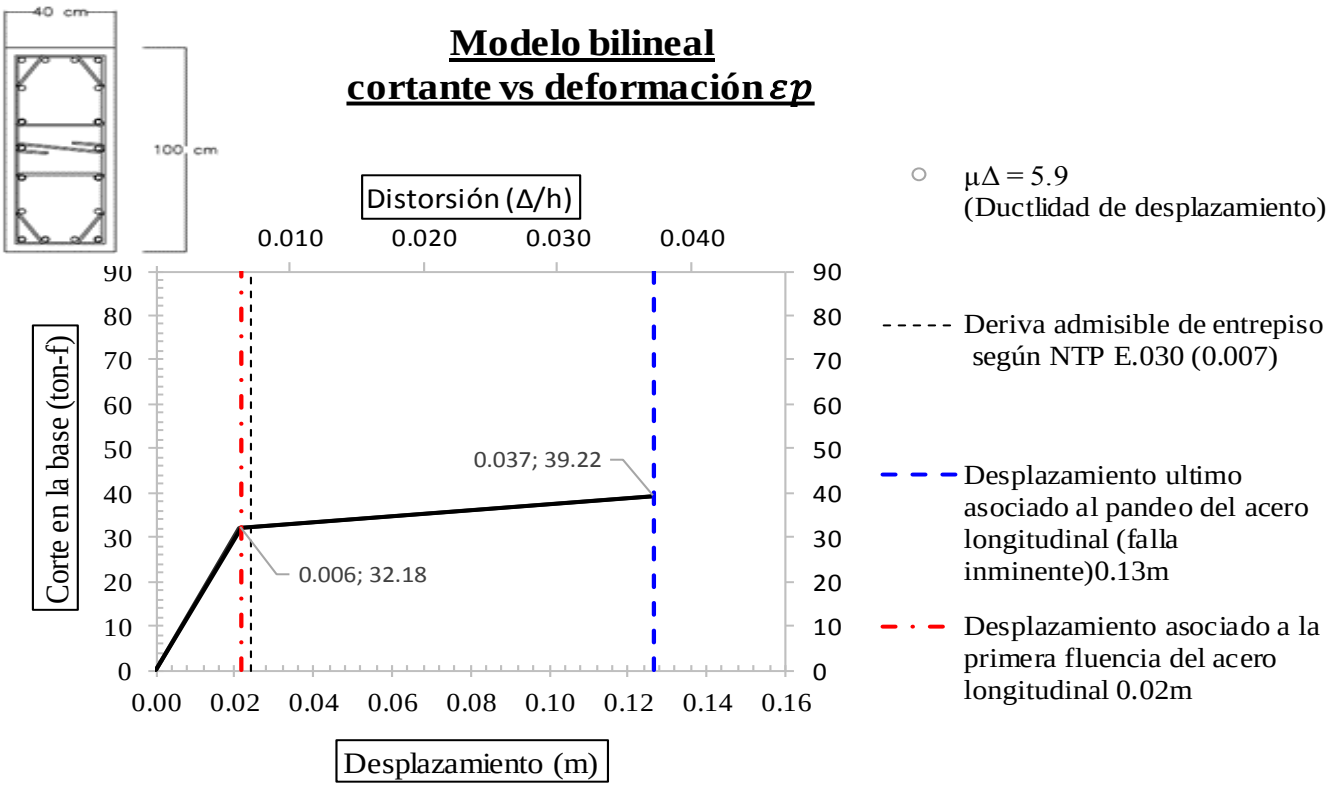


Gráfica Momento Curvatura de la sección.

Se obtuvo la gráfica momento curvatura mediante el modelo iterativo y mediante el modelo bilineal – para la curvatura última del modelo iterativo, se consideró la deformación última del concreto confinado (ε̇cu), **mientras que para la curvatura última del modelo bilineal se consideró la deformación asociada al inicio del pandeo de las barras longitudinales** .



Gráfica Cortante - (Desplazamiento - Distorsión) del elemento.

Modelo bilineal Cortante vs deformación	
Deformación (m)	Corte (ton-f)
0.00	0
0.02	32
0.13	39

Calculo del desplazamiento último antes del pandeo.	
Indicador (Desplazamiento asociado a la 1ra fluencia Δy m)	0.02
Indicador (Desplazamiento inelástico $\Delta p*$ m)	0.10
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) m (VD)	0.126
Desplazamiento último asociado al pandeo de las barras longitudinales extremas (Δu) cm	12.63