

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“RELACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EL
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE
CONCRETO ARMADO, CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Kedwin Cayetano Murga Yupanqui
Jose Adel Tafur Molina

Asesor:

Dr. Ing. Omart Tello Malpartida

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por la vida, a nuestros padres por inculcar el ejemplo de esfuerzo y perseverancia; su apoyo incondicional y confianza brindada, para alcanzar cada meta trazada y ser cada día mejor, tanto personal como profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, por la oportunidad brindada para nuestra formación profesional y al asesor, Dr. Ing. Omart Tello Malpartida por compartir sus conocimientos y la orientación brindada para la elaboración de la presente tesis de investigación.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del Problema.....	26
1.3. Objetivos	27
1.3.1. Objetivo general	27
1.3.2. Objetivos específicos	27
1.4. Hipótesis.....	28
1.4.1. Hipótesis General	28
1.4.2. Hipótesis Específicas	28
1.5. Justificación	28
CAPÍTULO II. MÉTODO	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS	115
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	129
REFERENCIAS	136
ANEXOS	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Tabla de distribución de edificios de 6 niveles a más, ciudad de Cajamarca</i>	32
Tabla 2: <i>Alturas del “Edificio A” y “Edificio B”</i>	38
Tabla 3: <i>Espesor de losa aligerada por piso. “Edificación A”</i>	40
Tabla 4: <i>Espesor de losa aligerada por piso. “Edificación B”</i>	41
Tabla 5: <i>Características mecánicas del concreto</i>	42
Tabla 6: <i>Características mecánicas del acero de refuerzo</i>	42
Tabla 7: <i>Características mecánicas de albañilería</i>	43
Tabla 8: <i>Valores de cargas para losas aligeradas</i>	44
Tabla 9: <i>Valores de cargas para escalera (Losa Maciza) (e = 0.15 m)</i>	44
Tabla 10: <i>Parámetros dinámicos para “edificación A”</i>	45
Tabla 11: <i>Parámetros dinámicos para “edificación B”</i>	46
Tabla 12: <i>Coeficientes para calcular la cortante basal “Edificación A”</i>	72
Tabla 13: <i>Peso sísmico y distribución de fuerzas por niveles “Edificación A”</i>	73
Tabla 14: <i>Coeficientes para calcular la cortante basal “Edificación B”</i>	74
Tabla 15: <i>Peso sísmico y distribución de fuerzas por niveles “Edificación B”</i>	74
Tabla 16: <i>Tabla de restricciones por el confinamiento “Edificación A”</i>	81
Tabla 17: <i>Datos para la evaluación del análisis modal espectral “Edificación A”</i>	82
Tabla 18: <i>Espectro Pseudoaceleración (Sa/R) “Edificio A”</i>	83
Tabla 19: <i>Datos para la evaluación del análisis modal espectral “Edificación B”</i>	85
Tabla 20: <i>Espectro Pseudoaceleración (Sa/R) “Edificio B”</i>	86
Tabla 21: <i>Evaluación de Rigideces por Niveles</i>	91
Tabla 22: <i>Periodo fundamental / Periodo, con y sin efecto P-Delta “Edificio A”</i>	96
Tabla 23: <i>Periodo fundamental / Periodo, con y sin efecto P-Delta “Edificio B”</i>	97
Tabla 24: <i>Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “X” “Edificio A”</i>	99
Tabla 25: <i>Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “Y” “Edificio A”</i>	101
Tabla 26: <i>Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “X” “Edificio B”</i>	106
Tabla 27: <i>Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “Y” “Edificio B”</i>	106

Tabla 28: <i>Distorsión por piso en la dirección X, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	109
Tabla 29: <i>Distorsión por piso en la dirección Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	109
Tabla 30: <i>Distorsión por piso en la dirección X, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	111
Tabla 31: <i>Distorsión por piso en la dirección Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	112
Tabla 32: <i>Momentos máximos Sismo en X, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	112
Tabla 33: <i>Momentos máximos Sismo en Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	113
Tabla 34: <i>Momentos máximos Sismo en X, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	113
Tabla 35: <i>Momentos máximos Sismo en Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	114
Tabla 36: <i>Periodo fundamental, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	115
Tabla 37: <i>Periodo fundamental, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	116
Tabla 38: <i>Cortante basal, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	118
Tabla 39: <i>Cortante basal, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	118
Tabla 40: <i>Distorsión ejes X-Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	121
Tabla 41: <i>Distorsión ejes X-Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	123
Tabla 42: <i>Momentos máximos en la base “Edificio A”</i>	125
Tabla 43: <i>Momentos máximos en la base “Edificio B”</i>	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plano de aligerado del nivel 2-3 “Edificación A”	48
Figura 2: Plano de aligerado del primer nivel “Edificación B”	49
Figura 3: Plano de aligerado del nivel 2 al 6 “Edificación B”	50
Figura 4: Inicio del modelamiento de la estructura estudiada.....	52
Figura 5: Ingresamos número de Ejes X y Y, además del número de pisos.....	53
Figura 6: Cambio de Unidades del software	54
Figura 7: Modificación de los Grids de cada Eje.....	54
Figura 8: Edición de Grids conforme el desarrollo del proyecto.	55
Figura 9: Definición general del modelo con las características básicas.....	56
Figura 10: Definición del material (Concreto).....	57
Figura 11: Definición del material (Acero de refuerzo).....	58
Figura 12: Propiedades de Sección de las columnas	59
Figura 13: Propiedades de Sección de las vigas	60
Figura 14: Selección de Sslab Properties para añadir una nueva propiedad.....	61
Figura 15: Definición de las losas aligeradas.....	62
Figura 16: Definición de losa maciza para escalera	63
Figura 17: Definición de muro albañilería de espesor 0.13m	64
Figura 18: Asignación de cargas a las losas de las estructuras	65
Figura 19: Altura total y altura de entrepisos edificación A.....	66
Figura 20: Altura total y altura de entrepisos edificación B.....	66
Figura 21: Asignación de diafragmas de cada piso de la edificación	67
Figura 22: Diafragma de Primer piso de la edificación A (D1).....	67
Figura 23: Diafragmas del Segundo piso de la edificación B (D1)	68
Figura 24: Mallado de losas y muros a 0.5m	68
Figura 25: Se ingresa peso sísmico (P), según consideraciones de la NTP E.030.....	69
Figura 26: Definición de los patrones de carga.....	70
Figura 27: Periodo fundamental de la “Edificación A” ($T= 1.067s$).....	72
Figura 28: Periodo fundamental de la “Edificación B” ($T= 0.408 s$)	73
Figura 29: Definición de Fuerza Sísmica lateral para X y Y.....	75

Figura 30: Fuerzas laterales en eje X por niveles de “edificación A”	75
Figura 31: Fuerzas laterales en eje Y por niveles de “edificación A”	76
Figura 32: Fuerzas laterales en eje X por niveles de “edificación B”	76
Figura 33: Fuerzas laterales en eje Y por niveles de “edificación B”	77
Figura 34: Asignación de restricciones en la base “edificación A”	78
Figura 35: Ubicación de restricciones en la base “edificación A” (Vista en Planta).....	79
Figura 36: Ubicación de las restricciones eje 6-A en el primer piso edificación A.....	79
Figura 37: Ubicación de las restricciones eje 4-A en la primera edificación A	80
Figura 38: Ubicación de las restricciones eje 2-A en el primer piso edificación A.....	80
Figura 39: Asignación de restricciones en la base “edificación B”	81
Figura 40: Gráfica de Periodos (T) vs Pseudoaceleración (Sa/R). Edificación A	84
Figura 41: Definición espectro de Pseudoaceleración en ETABS “Edificación A”	85
Figura 42: Definición espectro de Pseudoaceleración en ETABS “Edificación B”	87
Figura 43: Definición del caso de carga SISMO X, SISMO Y. (respuesta espectral).....	88
Figura 44: Casos de carga, “Sismo en X”. Edificio A y B.....	88
Figura 45: Casos de carga, “Sismo en Y”. Edificio A y B.....	89
Figura 46: Excentricidad accidental de 0.05 para la dirección “X” y “Y”	90
Figura 47: Inclusión del Efecto P-Delta.....	92
Figura 48: Asignamos las cargas para el análisis.....	93
Figura 50: Determinamos los datos para el Efecto P-Delta.....	94
Figura 51: Modelación completa “Edificio A”	94
Figura 52: Modelación completa “Edificio B”	95
Figura 53: Fuerza Cortante Basal por Sismo X, sin Efecto P-Delta “Edificio A”	98
Figura 54: Fuerza Cortante Basal por Sismo X, con Efecto P-Delta “Edificio A”	99
Figura 55: Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, sin Efecto P-Delta “Edificio A”	100
Figura 56: Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, con Efecto P-Delta “Edificio A”	101
Figura 57: Fuerza Cortante Basal por Sismo X, sin Efecto P-Delta “Edificio B”	102
Figura 58: Fuerza Cortante Basal por Sismo X, con Efecto P-Delta “Edificio B”	103
Figura 59: Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, sin Efecto P-Delta “Edificio B”	104
Figura 61: Distorsión máxima, sin efecto P-Delta “Edificio A”.....	107

Figura 62: <i>Distorsión máxima, con efecto P-Delta “Edificio A”</i>	108
Figura 63: <i>Distorsión máxima, sin efecto P-Delta “Edificio B”</i>	110
Figura 64: <i>Distorsión máxima, con efecto P-Delta “Edificio B”</i>	111
Figura 65: <i>Grafica de incremento del periodo fundamental “Edificio A”</i>	116
Figura 66: <i>Grafica de incremento del periodo fundamental “Edificio B”</i>	117
Figura 67: <i>Grafica de incremento de la cortante basal “Edificio A”</i>	119
Figura 68: <i>Grafica de incremento de la cortante basal “Edificio B”</i>	119
Figura 69: <i>Incremento de la distorsión con y sin efecto P-Delta ejes X-Y “Edificio A”</i>	122
Figura 70: <i>Incremento de la distorsión con y sin efecto P-Delta ejes X-Y “Edificio B”</i>	124
Figura 71: <i>Momentos máximo con y sin efecto P-Δ en ejes X-Y. “Edificio A”</i>	126
Figura 72: <i>Momentos máximo con efecto P-Delta ejes X-Y “Edificio B”</i>	127

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: <i>Fórmula para calcular la cortante basal</i>	71
Ecuación 2: <i>Fórmula para la distribución de la fuerza sísmica por niveles</i>	71
Ecuación 3: <i>Fórmula las Pseudoaceleración (Sa)</i>	82

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como principal objetivo determinar la relación del efecto P-Delta (P- Δ) en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021. El tipo de investigación es de tipo aplicada, nivel explicativo con un diseño de cuasiexperimental. La población lo conformaron la totalidad de edificios mayores a seis pisos de la ciudad de Cajamarca, y la muestra fue no probabilística, de dos edificios de concreto armado, uno aporticado de 7 pisos y otro de albañilería confinada de 6 niveles. Se logró modelar en el software ETABS dichas edificaciones y entre los principales resultados se muestran incrementos cuando se incluye el efecto P-Delta (P- Δ); como valores máximos para los indicadores se tiene: periodo fundamental (1.499%), cortante basal (1.47%), distorsión (2.019%), momentos máximos (1.258%). Se determinó que hay relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, porque estos efectos incrementan todas las sollicitaciones en las estructuras estudiadas, tomando valores máximos en la edificación A, por presentar irregularidad y ser de mayor altura que la edificación B.

Palabras clave: Efecto P-Delta, periodo fundamental, cortante basal, distorsión, momentos máximos

ABSTRACT

The main objective of this work was to determine the relationship of the P-Delta effect in the seismic behavior of reinforced concrete buildings, Cajamarca 2021. The type of research is applied, explanatory level with a quasi-experimental design. The population was made up of all buildings greater than six floors in the city of Cajamarca, and the sample was non-probabilistic, consisting of two reinforced concrete buildings, one with 7-storey and the other with 6-level confined masonry. These buildings were modeled in the ETABS software and the main results show increases when the P-Delta effect is included; The maximum values for the indicators are: fundamental period (1.499%), basal shear (1.47%), distortion (2.019%), maximum moments (1.258%). It was determined that there is a relationship between the P-Delta effect in the seismic behavior, because these effects increase all the stresses in the structures studied, taking maximum values in building A, as they present irregularity and are taller than building B.

Keywords: P-Delta effect, fundamental period, basal shear, distortion, maximum moments

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente los registros de sismicidad de todo el mundo muestran un incremento en la frecuencia de la actividad telúrica mundial, que en algunos escenarios son tan severos, que sus efectos ocasionan pérdidas materiales cuantiosas y pérdidas de vidas humanas lamentables en las zonas donde ocurren, por ejemplo el monto estimado de los daños y pérdidas ocasionados por un solo desastre sísmico (Pisco, Perú 2007); “calculado en base a la información remitida por las instituciones públicas y privadas a diciembre del 2008; ascendieron a S/. 3 977.8 millones, de los cuales S/. 3 186.6 millones (80.1%) corresponde a los daños directos y S/. 791.2 millones (19.9%) a los daños indirectos”. (INDECI, 2011, p. 7). Los registros de estos sismos se encuentran identificados y delimitados en zonas de gran actividad tectónica; donde identificamos el Cinturón de Fuego del Pacífico; que se caracteriza por tener las zonas de subducción más importantes del planeta. (Ramirez Calixto, 2019). La actividad sísmica de nuestro país, tiene su origen en el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, este proceso es responsable de la ocurrencia de sismos de diversas magnitudes, que se producen frente a la línea de costa y a profundidades menores a 60 km, que tienen la peculiaridad de ser frecuentes y con magnitudes $M_L \geq 4.5$, registrándose así sismos significativos como el de Ica, Pisco, que ocurrió el 15 de agosto del 2007 con una magnitud de $M_w = 7.3$, sismo que produjo daños importantes en edificaciones de la ciudad de Pisco, (Hernando et al., 2007), asimismo el Instituto Geofísico del Perú hasta finales del 2019, reportan más de 400 sismos; sumado al de Ica; uno de los más representativos es el ocurrido el 13 de julio del 2018, localizado a 22 Km al Oeste de Jumbilla, Bongara-Amazonas, a una profundidad de 25 km con una magnitud de 4.1 M_L . Según los estudios hechos en el tiempo se ha determinado las zonas de sismicidad en nuestro país, donde vemos que una gran parte

del territorio nacional se encuentra en zonas de sismicidad 3 y 4. (Norma Diseño Sismoresistente E030, 2019).

La otra perspectiva a la cual debemos poner interés es a la condición de las edificaciones en nuestra región, pues sumado a la informalidad y al poco asesoramiento técnico especializado, se demuestra que el riesgo por efectos sísmicos puede llegar a ser considerable y hasta devastador, Alcántara Vera (2014) menciona que: “por sismos de mediana intensidad ($M_w > 4.5$), el 53.3 % de viviendas de un sector de la ciudad de Cajamarca, estarían en un riesgo sísmico alto”.

La ciudad de Cajamarca se encuentra en una zona de sismicidad 3, es decir no está libre de la ocurrencia de un sismo, además de ello Cajamarca está en el denominado silencio sísmico debido a su formación geológica y naturaleza de los suelos, aún no ha ocurrido un sismo de gran intensidad, siendo esto más peligroso, porque que mientras más grande sea el periodo de retorno de un sismo en dicha ciudad, mayor será la cantidad de energía que se liberada, con grandes posibilidades de desatar una catástrofe (Gonzalez, 2017). Las mejoras de diseño en las edificaciones que se exigen en la normatividad de diseño sismorresistente E030 (2019) donde se describe: “Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las sollicitaciones sísmicas prescritas con esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados”; resulta la constante búsqueda de parámetros para el diseño óptimo en pro de mejor respuesta sísmica en las edificaciones. Entre los estudios para la mejora del diseño sismorresistente en edificios, se encuentra el análisis del efecto P-Delta.

Ahora, para tener una idea más clara sobre los términos que se utilizaran en esta investigación se presenta **bases definiciones conceptuales y teorías**:

El efecto P-Delta (Conocido como análisis de segundo orden), son esfuerzos adicionales tales que una fuerza externa (horizontal) es lo suficientemente significativa para

producir excentricidades que originan ese esfuerzo extra a la estructura. Por ello el cálculo de los efectos P-Delta determinan defectos de deformación debido a cargas que afectan la distribución de esfuerzo internos de la estructura, surgiendo momentos adicionales que producen esfuerzos excesivos de las cargas y de los momentos. (Dlubal Software GmbH, 2017).

El **comportamiento sísmico** de las estructuras de concreto armado son el resultado de realizar un análisis sísmico de una estructura en particular, considerando las variables que determinan dicho comportamiento ante situaciones de sismicidad. Este tipo de estudios se basan en realización de análisis de sismicidad de las estructuras de concreto armado, que son las que predominan en el Perú (Sistema constructivo muy recurrente, debido a su versatilidad y economía). La rigidez de estas estructuras puede ser utilizada para minimizar las deformaciones sísmicas y, por lo tanto, reducir el daño en los elementos estructurales y no estructurales; no obstante, para que estas puedan tener un comportamiento adecuado ante acciones sísmicas, es necesario que posean la característica de ductilidad. En líneas generales, el comportamiento sísmico de una edificación tiende a mejorar cuando se tienen en cuenta los siguientes aspectos: Simetría estructural, tanto en la distribución de masas como rigideces, el peso mínimo, especialmente en los pisos altos, también teniendo en cuenta la selección y uso adecuado de los materiales de construcción, asimismo, verificación de la resistencia adecuada frente a las cargas laterales, que tienen que ver con la continuidad estructural, tanto en planta como elevación, la ductilidad, que viene a ser la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico, asimismo la deformación lateral elástica, consideraciones de las condiciones locales, evaluando geografía y situación de ubicación de la estructura, por último, la buena práctica constructiva y supervisión estructural correcta y rigurosa. (Eche & Pérez, 2018).

El **análisis estático**, según se define en la norma E030, se considera como un método que representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuantes en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Por tanto, se podrán analizar mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el artículo 28, de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares. (Norma Diseño Sismorresistente E030, 2019). Respecto del **análisis dinámico modal espectral**, cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en la norma de Diseño sismorresistente E030, artículo 29 (2019).

Consideramos que el **análisis estático lineal** es el método de análisis que se usa para analizar estructuras, siendo un método eficiente para resolver una estructura, ya que supone que la estructura se comporta de manera elástica. Este tipo de análisis considera dos principios fundamentales: El comportamiento de la estructura es lineal. (debe obedecer la ley de Hooke), es decir que las fuerzas son linealmente proporcionales a la deformación, es decir que si aumentamos (Si duplicamos la carga, por ejemplo), la respuesta también se duplica (desplazamientos, tensiones). El estrés es proporcional al esfuerzo que está soportando la estructura. Ahora bien, cuando dicha carga se retira, el material debe volver a su forma original (Sin que experimente deformación plástica). Ahora, la carga es considerada estática cuando la magnitud y la dirección no cambian con el tiempo, es así que todas las cargas se aplican lenta y gradualmente hasta alcanzar su magnitud máxima. Por tanto, las propiedades de inercia y amortiguación se ignoran debido a las aceleraciones y velocidades que son consideradas irrelevantes dentro del estudio realizado. Las cargas variables que en el tiempo inducen esfuerzos considerables de inercia y/o amortiguación pueden justificar un análisis dinámico. Por lo anterior, el análisis lineal es suficiente para la solución de la mayoría de

análisis estructurales pues con las mismas estructuras se determina que tienen pequeñas deformaciones. Es necesario tener en cuenta que las normas de diseño están delimitadas de tal manera que ya existe un gran factor de seguridad en el diseño de un cada elemento estructural. (Barrueto Zamora, 2019).

Ahora, haciendo alusión al **análisis no lineal**, consideramos que es aquel que toma en cuenta el comportamiento de tensión – deformación de los materiales y la no linealidad geométrica. Sobre todo, para estructuras de hormigón, el comportamiento elástico-lineal difiere en gran medida del observado experimentalmente, especialmente cuando éstas se encuentran bajo niveles elevados de carga. Esto se debe a los fenómenos intrínsecos de los materiales que componen a estas estructuras (Como el agrietamiento del concreto, plastificación del acero, etc.), su interacción y su proceso constructivo. (Barboza, 2018).

En el campo de la ingeniería civil, la **estructura** está referida a la disposición de los diferentes elementos estructurales que lo conforman, de una manera ordenada y con una funcionalidad determinada, para que cumpla un cierto desempeño o función estructural, desde el desalojo inmediato en caso de incendio o evento sísmico. (Imram & Kalwane, 2018). Es el proceso de cálculo y el estudio de las estructuras, que consiste en determinar los esfuerzos y las deformaciones a las que se exponen la estructura por la acción de agentes externos. Las estructuras están compuestas de una o más piezas ligadas entre sí y el medio exterior en el que se encuentran. Es decir que en conjunto son capaces de recibir cargas externas (vibraciones), resistirlas y hacer la transmisión a sus apoyos; con este análisis se debe asegurar que la edificación cumpla con los requerimientos mínimos según sea la importancia de esta. (Kazemi et al., 2018). Toda **edificación** debe contar con un sistema estructural que permita el flujo adecuado de las fuerzas que generan las distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación. Debe

contar además con una cimentación que garantice la correcta transmisión de dichas fuerzas al subsuelo. (Ardila Valencia, 2016).

Se conoce como **distorsión** de entrepiso o deriva al cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso (Δ_i/h_{ei}), este valor para edificios de concreto armado no debe de exceder los límites en la Tabla N° 11 de la Norma Diseño Sismoresistente E030 (2019).

Todo **elemento estructural** sometido a la acción de cargas se tiende a deformar, por lo que podemos definir a la deformación de un elemento estructural como una alteración del estado físico debido a una fuerza externa, una variación de temperatura, a una falla en sus apoyos; dicha alteración puede ser de varios tipos. Asimismo, y en relación a este concepto, la definición de **concreto armado** u hormigón es una constructiva, formado fundamentalmente por un **aglomerante** al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos. En lo que respecta a la composición del concreto armado, hay que destacar que es el resultado de la mezcla de uno o más conglomerantes, como el caso del **cemento**, que es el empleado con mayor frecuencia. (Kazemi et al., 2018).

Una vez realizada la revisión de conceptos y teorías en las cuales se basa nuestra investigación, contamos con una idea más clara de conceptos y causalidades que nos permiten entender de manera precisa la perspectiva de estudio de la investigación.

Entre los **antecedentes** más relevantes para la investigación podemos citar a los siguientes:

Mangukiya, Arpit, et al., (2016), en su investigación titulada “*Study of “P-Delta” Analysis for R.C. Structure*”, determinan que generalmente los análisis sismorresistentes de edificios se realizan a través de métodos elásticos lineales, que son análisis estructurales considerados de primer orden, donde los desplazamientos de análisis y la fuerza interna se evalúan en relación con la estructura geométrica de la edificación no deformada, es decir que

no considera condiciones de cambio como el pandeo y el rendimiento del material. De lo anterior se desprende su **objetivo** que considera necesario establecer un análisis de las deformaciones y las fuerzas internas, y si son proporcionales a las cargas aplicadas, sin embargo, en algunos casos, la desviación de la estructura puede tener un efecto geométrico de segundo orden en el comportamiento de la estructura, que no se evalúa mediante el análisis lineal de primer orden, por tanto, es necesario *hacer un análisis complementario*. En su estudio de **tipo** experimental, que tenía como muestra el estudio estructural de un edificio de gran altura, considerando su modalidad constructiva, donde usarán el software de análisis estructural ETABS y también el SAP 2000, buscando analizar que la no linealidad causada por grandes deformaciones se conoce como no linealidad geométrica y es que se determina que con ecuaciones lineales de esfuerzo-deformación y donde los inconvenientes relacionados con la no linealidad geométrica surgen de cambios determinados por la geometría estructural en general. Entre los principales **resultados**, se tiene que las combinaciones de carga tienen un aumento representativo en cada uno de los pisos y direcciones analizadas, como son desplazamientos en el piso superior, por ejemplo: EQ X+ (de 123,2 mm a 141,2 mm de desplazamiento, con y sin efecto P-Delta respectivamente, que representa 14.61 % de aumento), EQ X- (113,1 mm a 129,9 mm de desplazamiento, con y sin efecto P-Delta respectivamente, que representa 14.85 %). De las combinaciones de carga EQ Y+ de 129.2 mm a 152.6 mm (Con y sin efecto P-Delta) que representa 18.11 %, por otro lado, el análisis EQ Y- (164.5 mm a 192.2 mm con y sin efecto P-Delta respectivamente, que representa 16.84 %). Del análisis 1.2 (DL + LL + EQ Y-), donde se tuvo resultados de desplazamiento de 197.4 mm a 230.7 mm (con y sin efecto P-Delta respectivamente) que representa 16.87 % de cambio en la distorsión de entrepiso, por último, del análisis 0.9 DL + 1.5 EQ Y-, considera un desplazamiento de 246.7 mm a 288.3 mm, que representa un 16.86 % de aumento. Por tanto, se **concluye** de este estudio que tras un análisis en edificios de gran altura

(G-24), con análisis estático lineal, el efecto P-Delta considera un cambio que demuestra un desplazamiento de 12 % a 20 % en el resultado. También considerando en el momento flector para la combinación EQ Y- muestra una variación de 5% a 20%, así como en las otras formas de modo, también son variables, es así, que se determina tras el estudio, que se debe considerar el análisis del efecto P-Delta en estructuras elevadas necesariamente. (Mangukiya, Arpit, et al., 2016).

En el estudio de Rafea M. & Ruaa A. (2016), titulado “*Effects of P-Delta and Concrete Cracking on Modal Analysis for the Seismic Response of High Rise Reinforced Concrete Buildings*”, tiene como **objetivo** estudiar el efecto de agrietamiento del concreto y el efecto geométrico de segunda orden de P-Delta en el análisis modal del análisis sísmico en edificios de concreto armado de gran altitud. El estudio de tipo analítico-experimental, que se ha enfocado en la **población** de edificios de la ciudad de Bagdad, tenido como **muestra** la evaluación de un edificio de gran altitud, enfocándose en los niveles G+9, G+19, G+29, G+39, G+49, es decir edificio de gran altitud. Los instrumentos de análisis empleados han sido, entre otros el análisis de segundo orden y su repercusión en la respuesta del concreto y el agrietamiento del mismo ante posibles fallas del edificio a través del software estructural ETABS. Los principales **resultados** han sido que los efectos del agrietamiento y el periodo fundamental con y sin efecto P-Delta donde se ve un incremento de 22.7 % a 23.1 % de incremento, para el G+19 se ve un incremento de 38.0% a 41.5 %, para el G+29 el incremento se vio desde 33.1% a 37.7 %, del G+39 se observa el incremento de 26.8% a 31.6% y por último del G+49 se observa un incremento de 22.7 % a 23.1 %. De lo anterior, el presente estudio tiene como **conclusiones** en ha basado en el estudio de un edificio de concreto armado de gran altura, analizando el modo de la misma y el efecto P-Delta, con la repercusión del mismo en el agrietamiento del concreto armado de la estructura. El estudio revela que los períodos de tiempo de vibración son alargados cuando se considera los efectos de segundo

orden de P-Delta, también se consideran un factor dentro del análisis del incremento del mismo, es así que los resultados del estudio del análisis modal se ven significativamente afectados por el agrietamiento del concreto armado, sin embargo, se ve un aumento significativo sobre todo en edificios de gran altitud (50 pisos), con aumentos del 15 % de la respuesta del efecto P-Delta, no teniendo la misma respuesta, es decir, en menor medida para éstos efectos de segundo orden para edificios menores a 20 pisos dentro del análisis realizado. En ambos casos es necesario incluir el análisis de efecto P-Delta en el diseño de edificios de gran altitud. (Abdulhameed & Abbas, 2016).

Los investigadores Imran & Kalwane (2018), en su estudio “Concrete Composite Structure With consideration of Non-Linear P-Delta Analysis” (Estructura de concreto armado con consideración del análisis P-Delta no lineal), han tenido como **objetivo** de investigación es analizar la literatura científica para considerar un estudio comparativo de edificios de concreto armado de gran altitud con muro cortantes versus edificios de gran altitud y con las mismas características, pero esta vez considerando el efecto P-Delta. El **tipo** de estudio fue del tipo analítico-comparativo entre los edificios de gran altitud, para el análisis bajo la modalidad de software estructural ETABS (v 13.1), comparativa de resultados con y sin efecto P-Delta, en edificios de G+24 (25 pisos a más), las cuales se toman de una **población** de estudios de análisis estructural en general, donde se toman en cuenta los estudios a comparar donde se analiza con y sin efecto P-Delta siendo ese su muestra de trabajo. Entre los **resultados** que se han encontrado en la presente investigación se ha logrado determinar que para un análisis de P-Delta se ha encontrado un desplazamiento del 12% al 20%; para el momento flector (En la combinación EQ Y-) se observa una variación del 2% al 20%; la variaron mayor se presenta según la cantidad de pisos, el grado de asimetría (irregularidad); y altitud de las edificaciones, el 2% para el Edificio de 7 pisos con asimetría,

y va incrementando el valor hasta el 20% para el Edificio de 30 cuando hay asimetría en la edificación.

Asimismo, la interacción de la asimetría de la construcción en el efecto P-Delta en los rangos de comportamiento elásticos e inelásticos son considerados como contribuciones del sistema de carga lateral resistente, cantidad de pisos el grado de asimetría y altitud de las edificaciones. Cuatro edificios con 7, 14, 20 y 30 pisos presentan una modalidad de diseño estándar, también su diseño con los rangos estática elásticos e inelásticos además del comportamiento dinámico, considerando y sin considerar los efectos P-Delta, vemos aumento en las excentricidades del 0%, 10%, 20% y 30%. (Imran & Kalwane, 2018).

Kazemi F. & Mohebi B. (2018), presentaron el estudio “*Evaluation of the P-Delta Effect on Collapse Capacity of Adjacent Structures Subjected to Far-field Ground Motions*” (Evaluación del efecto P-Delta sobre la capacidad de colapso de estructuras adyacentes sometidas a movimientos telúricos). Esta investigación ha tenido como **objetivo** evaluar la capacidad de colapso sísmico de las estructuras, considerando las estructuras cercanas o adyacentes, así como el efecto P-Delta. Esta investigación ha sido del **tipo** analítica-experimental, donde de una **población** de estructuras moderadamente dúctiles o altamente dúctiles, se ha considerado una **muestra** de tres edificios moderadamente dúctiles de 2, 4 y 6 pisos, mientras que se considera dos edificios con características altamente dúctiles de 6 y 8 pisos. Los **instrumentos empleados** han sido enfoques de modelación en software computacional utilizados (OpenSees) para calcular la repercusión además de la evaluación del comportamiento no lineal de las estructuras descritas. Entre los **resultados** encontrados dentro de esta investigación, para los modelos de múltiples grados de libertad o MDOF (Multiple Degrees Of Freedom) no lineales de 2, 4, 6 y 8 pisos, la capacidad media de colapso presenta la capacidad media de colapso de los pisos de 2 y 8 pisos, que son consideradas adyacentes, según este análisis, tomando el P-Delta efecto en cuenta, la capacidad media de colapso de las

estructuras de 2 pisos y 8 pisos disminuye en un promedio de 6% y 45%, respectivamente.

Por lo tanto, es obvio que tener en cuenta el efecto P-Delta tiene más influencia en la mediana capacidad de colapso de la estructura más alta. Tomando en cuenta lo anterior, se **concluyó** que al considerar el efecto P-Delta aumenta significativamente las fuerzas de impacto. En el caso de golpes entre una estructura más corta y una más alta, el efecto P-Delta tiene más influencia en la mediana capacidad de colapso de la estructura más alta. Por lo tanto, en el golpeteo de dos estructuras adyacentes con diferentes alturas, el efecto P-Delta es el factor principal que causa el colapso de la estructura más alta; según los resultados, se puede ver que teniendo en cuenta el efecto P-Delta provoca una disminución en la capacidad de colapso mediano de cada una de las estructuras de adyacentes, una particularidad para los edificios de 2 y 8 pisos adyacentes, cuando se tienen una separación de 0.00 m los desplazamientos laterales de las caras adyacentes tienen un desplazamiento casi nulo hasta el piso 2.

En el caso de fuerzas entre una estructura más corta y una más alta, el efecto P-Delta tiene más influencia en la mediana capacidad de colapso de la estructura más alta. Por lo tanto, entre dos estructuras adyacentes con diferentes alturas, el efecto P-Delta es el factor principal que causa el colapso de la estructura más alta. (Kazemi et al., 2018).

Rajath & Ramegowda (2016), “*Análisis p-delta del edificio RC de múltiples niveles*”. Artículo científico en International Journal of Research in Engineering and Technology donde el investigador tiene el **objetivo** de estudio, mostrar que es necesario hacer un análisis de segundo orden que contrarreste el equilibrio y la relación cinemática en la deformada de la estructura; además de mostrar que las cargas aplicadas generan esfuerzos adicionales debido a la deformación que se da al considerar los efectos segundo orden en la edificación: **el tipo investigación** es aplicada con diseño experimental, el **muestreo** es no probabilístico, donde la **muestra** es la estructura de 20 pisos para el análisis, la **metodología** es aplica para esta investigación. En este estudio, el análisis sísmico y análisis de carga de viento de un edificio

RC sin y con efectos de P-Delta es analizado con el software estructural ETABS, la ubicación es en la zona V donde el factor es 0.36 para el análisis, los datos tanto el desplazamiento lateral como la distorsión con respecto a las cargas sísmicas sin los efectos P- Δ son insignificantes a comparación de cuando se incluyen estos efectos de segundo orden. El estudio muestra que cuando los elementos estructurales son sometidos a una fuerza axial se presenta de forma notoria los efectos P Delta que se da en la estructura, este efecto tiene relación con el desplazamiento, momentos y fuerza la axial aplicada, esto se debe a que el P-Delta es no lineal y ocurre en todas las estructuras con mayor o menor medida en relación directa a sus características físico, mecánicas, donde están asociado con la magnitud de la carga axial que se aplica (P) y un desplazamiento (delta). Las conclusiones de esta investigación es que al considerar la no linealidad geométrica las solicitaciones se incrementarán, para esta edificación en particular la fuerza horizontal en la base o cortante basal sufre un incremento del 4%, y los desplazamientos aumentan en un 5% en comparación de la evaluación sin los efectos P-Delta, por lo que se recomienda considerar estos efectos de segundo orden para el análisis sísmico

Rodríguez Cruz, (2020) en su tesis titulada “*Influencia del efecto P-Delta en Edificios de Concreto Armado con y sin Muros de corte, Lima 2019*”, donde el investigador ha tenido como **objetivo** de su estudio ha sido analizar la influencia del efecto P-Delta en edificios de concreto armado con y sin muro de corte, donde su **tipo de investigación** es aplicada con diseño experimental. La **población** de estudio son todas las edificaciones de 9 a 13 niveles de la avenida 28 de Julio (distrito de Miraflores), el **muestreo** es no probabilístico, donde se estudia una **muestra** que vendría a ser una edificación de 13 pisos en la dirección antes descrita. La **metodología** aplicada en esta investigación consideró estructuras de varios pisos, donde el área de edificación de la estructura del edificio es de 345,6 m, así también la altura del piso inferior es 3,75 m y otros pisos de altura son 3 y tienen una uniforme distribución

masiva sobre su altura. Se realiza el análisis no iterativo de P-Delta utilizando el software ETABS para todos los modelos junto con no lineal análisis estático. Entre los **resultados** obtenidos han sido los siguientes vemos que las derivas de la edificación estudiada sin muros de corte, donde se nota el cambio, por ejemplo, desde el nivel 3 (G +2). 0.006138 a 0.00672, nivel 5 (G +4) 0.005868 a 0.006306, nivel 10 (G +9) 0.003762 a 0.003822. Como **conclusiones** determina el investigador que los resultados tras evaluar la edificación de concreto armado con y sin muros de corte, que los desplazamientos y fuerzas de corte de la estructura varían considerablemente cuando se considera el efecto P-Delta. Para el tema de derivas, considerando el efecto P-Delta hay variaciones muy pequeñas respecto de este análisis, asimismo, las fuerzas cortantes también tienen variación, pero no es significativa. Se determina de lo anterior que los desplazamientos posteriores al análisis determinan estar muy cercanos a lo estipulado en la norma E030 donde se contempla la deriva máxima de 0.007 lo cual es muy cercano, pues se obtuvo 0.006168, por tanto, a pesar de considerarse el efecto P-Delta, los cambios no son considerables para el edificio estudiado.

Torres, C. & Zavala, D. (2021), en su estudio de investigación titulada *“Influencia del efecto P-Delta y la irregularidad en masa en el comportamiento estructural de una estructura de mediana altura”*, donde los investigadores han tenido como **objetivo** el analizar la influencia de la irregularidad de la masa y del efecto P Δ sobre el comportamiento estructural de una edificación de 15 pisos, el **tipo de investigación** es aplicada experimental. La **población** son los edificios de la zona de investigación, de donde se establece una **muestra** de 1 edificio, planteando 4 casos con irregularidades y 4 casos de efectos P- Δ . La **metodología** usada en el presente supuso realizar análisis dinámico lineal, determinando así la respuesta estructural en términos de derivas, fuerza cortante basal y momento. Seguidamente, se realiza el análisis estático no lineal, o también conocido como Push over y se construye la curva de capacidad de la estructura, a partir de ésta se obtienen los desplazamientos último y de

fluencia, y se estima la ductilidad global de todo el sistema, por tanto, con estas consideraciones ya se procede a determinar el desempeño sísmico, evaluando los niveles propuestos en los casos de análisis. Entre los **resultados** obtenidos para los cortante por piso, del edificio regular son de 2.50 % para el caso 1, 5.0 %; del caso 2, 2.4% para el caso 3, 3.8% del Caso 4 es de 3.60%; por lo tanto, analizamos que los casos diferentes, el caso más crítico es el piso 3, debido a que genera mayor porcentaje de fuerza cortante en la base. Al analizar los momentos de las estructuras irregulares con efecto P- Δ , se obtuvo una variación de hasta 5.60% con respecto a la edificación regular, de modo que se tiene mayor incremento de los momentos cuando en el análisis estructural de una estructura con irregularidad de la masa se considera el efecto P- Δ . Se ha generado un incremento de la variación de la rigidez en el caso 1 cuando se considera el efecto P- Δ , en la dirección x-x se obtuvo una variación de hasta 73.06 % y 77.76% en la dirección y-y. Entre sus **conclusiones** propone que Los cambios de desplazamientos de derivas, fuerza cortante y momentos por piso, del caso regular vs el caso 4 con p delta, la variación es de 25%, por esto es significativo, lo cual modificaría totalmente el diseño de la estructura, por lo que se recomienda hacer un nuevo diseño considerando la irregularidad en masa y el efecto P- Δ .

1.2. Formulación del Problema

La **formulación del problema** quedaría detallada de la siguiente manera: ¿Cuál es la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
- Analizar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
- Evaluar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la distorsión de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
- Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto de los momentos máximos en la base de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
- El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
- El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto de la distorsión de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
- El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto de los momentos máximos en la base de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.

1.5. Justificación

La justificación de nuestro estudio radica en que nos permitirá calcular la variación en las solicitaciones al incluir los efectos P-Delta y la relación con el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado estudiados, haciendo un análisis en donde se contempla los efectos de segundo orden para los edificios de la presente investigación. Nuestra tesis brindará un aporte significativo puesto que servirá para hacer una comparación de los valores obtenidos cuando se considera el efecto P-Delta analizando la influencia en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado que estamos estudiando, determinando así la importancia de los efectos de segundo orden y su comportamiento ante un

evento sísmico. Los resultados que se obtengan de la presente investigación podrán ser utilizados como referencia para otras investigaciones y servirá a estudiantes e ingenieros a conocer la importancia de considerar los efectos de segundo orden (P-Delta) en el diseño estructural de edificaciones.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación de nuestro estudio es del tipo **aplicada**, pues se centra en la resolución de problemas en un contexto determinado, es decir, busca la aplicación o utilización de conocimientos, desde una o varias áreas especializadas, con el propósito de implementarlos de forma práctica para satisfacer necesidades concretas, proporcionando una solución a problemas del sector social o productivo. (Hernández et al., 2015), pues nuestra investigación describe las características de una población o fenómeno en estudio, como es el análisis del efecto P-Delta en edificios de concreto armado. El nivel es **explicativa**, que según Hernández et al., (2015), nos permite ampliar el conocimiento existente sobre un determinado tema del cual conocemos relativamente poco, de ésta manera nos centramos en detalles que nos van a permitir conocer más a fondo el fenómeno del estudio, es decir que desde una perspectiva general de investigación se pretende llegar a un análisis de aspectos más concretos y en profundidad.

2.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de nuestra investigación es de carácter **cuantitativa**, pues utiliza la recolección y el análisis de datos (Usando el software ETABS V18) para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (Hernández et al., 2015).

2.3. Diseño de Investigación

Nuestra investigación corresponde a un modelo de investigación **cuasi experimental** que según Hernández et al., (2015) “son diseños de investigación que manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes. En los diseños cuasiexperimentales, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se integraron es independiente o aparte del experimento)”. Este tipo de estudio nos permite realizar muestreos no probabilísticos por conveniencia, lo que es propicio para nuestro estudio en particular. Así también nuestra investigación contempla para su desarrollo tres etapas principales para el diseño de investigación, la primera es la recolección, donde a través de nuestros criterios de inclusión y exclusión, búsqueda, clasificación, categorización se llega a la selección de fuentes primarias para el estudio que aporten al objetivo de nuestro estudio. La segunda es la medición de los resultados encontrados y la tercera, que es parte del objetivo central de nuestra investigación es el análisis de datos.

2.4. Población

Ahora bien, dentro de lo que es la población, que, según Hernández et al., (2015) puntualiza a la población como “el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes o semejantes y que pueden ser observables en un lugar y en un momento determinado”, y para nuestra investigación analizaremos edificios de concreto armado de 6 niveles a más, ubicados dentro de la ciudad de Cajamarca, donde hay una población de 36 edificaciones con estas características

Tabla 1

Tabla de distribución de edificios de 6 niveles a más, ciudad de Cajamarca

Edificios	Cantidad	Porcentaje %
6 niveles	29	80.6
7 niveles	4	11.1
8 niveles	3	8.3
TOTAL	36	100.0

Nota: Edificios de la Ciudad de Cajamarca 2021

2.5. Muestra

La muestra que según Hernández et al., (2015) se considera que es “una parte de la población de provecho y es este donde se tomarán datos, los cuales deben estar bien definidos y determinados, habiendo mucha exactitud entre ellos, pues se tiene que presentar una parte representativa y simbólica de la población”. Nuestra muestra es no aleatoria y no probabilística que se desprende del diseño cuasiexperimental, pues para el análisis de nuestro estudio, se eligen dos edificios representativos; uno con sistema aporticado y el segundo con sistema de albañilería confinada, por ser los sistemas constructivos las más comunes dentro de nuestra población. Caso del edificio A, se selecciona por ser un edificio irregular, de mayor altura, y su sistema constructivo es aporticado. Caso del edificio B, es un edificio con geometría regular de albañilería confinada. Ambas edificaciones representan las características típicas de las edificaciones de la ciudad de Cajamarca.

2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Dentro de las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos, al ser nuestra investigación **explicativa**, necesitaremos acudir a la “**observación**”. Según Baena Paz, (2014), “La observación consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar, donde

se suele decir que saber observar es saber seleccionar lo necesario para la investigación, que nos ayude a cumplir con los objetivos de nuestro estudio. Existen diversos tipos de observación, dependiendo del grado en que el científico se involucra con lo observado, entre las que podemos citar a la observación simple, no regulada, participante y no participante. Es necesario mencionar, sin embargo, que la mayor parte de nuestra información encontrada la obtenemos de una observación no regulada, ya sea con participación o sin ella. Es necesario por tanto que el investigador debe “sumergirse” en los datos, aprender de ellos al máximo, para poder definir la situación del entorno en estudio. A la investigación exploratoria de esta naturaleza se le ha llamado “observación participante”, la cual es un procedimiento particularmente adecuado para evaluación de diversas formas de conducta estructural ante eventos sísmicos”.

Para hacer el desarrollo de esta técnica de trabajo; vamos a utilizar **como instrumento** a las **fichas técnicas para recolección de datos**, con las cuales procederemos a la recolección de la información tras el análisis de todas las variables dependientes que estamos estudiando. Baena Paz, (2014), explica que la **ficha técnica** de recolección de datos es un documento donde consta la metodología y el proceso que se ha seguido para realizar el estudio. Para nuestro caso, (Que es un **estudio cuantitativo**), la información que se **debe incluir** en cada ficha técnica usada debe considerar el título y objetivo del estudio, descripción de las variables de estudio y periodo de recolección de los datos de trabajo.

La Ficha técnica para la recolección de datos es un elemento realmente **útil** de un estudio ya que **sirve** para, disponer de la información necesaria para **interpretar** de forma correcta los **resultados** que allí se presentan. (Baena Paz, (2014).

Para nuestra investigación vamos a observar los datos del análisis con efecto P-Delta y sin efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de los edificios modelados en el software ETABS V18, para determinar la relación que existe entre el efecto P-Delta y el

comportamiento sísmico de los edificios estudiados. A continuación presentamos el listado de fichas técnicas:

- Ficha técnica 01: para indicador periodo fundamental. (Anexo 05).
- Ficha técnica 02: para indicador de cortante basal. (Anexo 06).
- Ficha técnica 03: para indicador de distorsión. (Anexo 07).
- Ficha técnica 04: para indicador de momentos máximos. (Anexo 08).

2.7. Criterios de Inclusión e Exclusión

Entre los criterios de inclusión y exclusión, determinan que los artículos encontrados en las bases de datos y herramientas virtuales presentadas con las respectivas palabras claves, han pasado un proceso de inclusión y exclusión para filtrar la información que será más útil para nuestra investigación, con una antigüedad máxima de 5 años anteriores a la propuesta de nuestro estudio.

2.8. Validez y confiabilidad del Instrumento

La validez del instrumento de trabajo para la presente investigación que según Hernández et al., (2015) refieren que “con la finalidad de demostrar la validez de la actual tesis se realizará el juicio de expertos, el cual se constituye en aseverar que el instrumento determinado tiene la confiabilidad acorde con los especialistas del tema en evaluar las variables de estudio”.

El uso del software especializado ETABS V18, determina que los datos y los análisis se obtendrán de una manera especializada y técnica, pues se tiene conocimiento en el modelamiento computacional, así como el procesamiento de datos en nuestro estudio, lo cual será validado por los siguientes profesionales:

- Experto 01: Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán. (Anexo 09)

- Experto 02: Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos. (Anexo 10)
- Experto 03: Ing. Víctor Martín Vargas Salazar. (Anexo 11)

La confiabilidad que según Hernández et al., (2015) refieren que “la confianza de una herramienta de control hace reseña a la disposición en que su atención provoque derivaciones similares si lo recurrimos en el semejante elemento o individuo”. Por lo tanto, esta investigación está apoyada en fichas técnicas con validación de expertos para la recolección de datos de los indicadores de nuestro estudio.

El software ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) es una herramienta confiable, fácil y sencillo la modelación de **estructuras** simples, así como los más grandes y complejos **modelos de edificios**, incluyendo un amplio rango de comportamientos no lineales, haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales en la industria de la construcción. Para el desarrollo de nuestro proyecto hemos usado este software con el aval de la empresa distribuidora CSI Spain, de donde hemos solicitado el permiso correspondiente a través de una versión de prueba, descarga de la página oficial para la realización correcta del modelo de trabajo, bajo la clave siguiente:

TRIAL-9B47C9F24ADA7B1DCE4E8D9804, para realizar el modelamiento y el cálculo correspondiente que nos exige el estudio. (Ver anexo 15). Se realizan los siguientes pasos de trabajo, para el correcto desempeño del software (CSI SPAIN, 2021):

- Descargue el instalador desde el enlace a continuación.
- Ejecute el instalador descargado en la máquina que planea usar para evaluar ETABS V18.
- Cuando esté listo para comenzar su prueba, ejecute ETABS desde el acceso directo en su escritorio o desde el menú Inicio de Windows.
- Cuando se le solicite una clave de activación, ingrese la clave de activación de prueba que se muestra a continuación.

- ETABS ahora se ejecutará el software.
- Puede seleccionar continuar cada vez que ejecute ETABS hasta el final del período de prueba.

2.9. Procedimiento

El procedimiento **de Recolección de Datos**, ha tenido como secuencia realizada por parte de los investigadores para la recolección de datos son los siguientes:

Etapa I: Selección y verificación estructural de los edificios a modelar.

Caso del edificio A, se selecciona por ser un edificio irregular, de gran altitud, y su sistema constructivo es aporticado.

Caso del edificio B, es un edificio con geometría regular de albañilería confinada.

Etapa II: Solicitud de permisos para uso de datos en el estudio. (Anexos 12 y 13).

Se abordó a cada dueño de la edificación y nos brindaron las facilidades para realizar el estudio en sus respectivas edificaciones, para lo cual hemos hecho firmar el permiso de uso de datos (planos, medidas, fotos, etc.) con fines académicos y acorde a los aspectos éticos de nuestra investigación.

Etapa III: Planos y levantamiento de información a nivel de detalles. (Anexos 15 y 16).

Aquí se realiza el recojo de la información es a partir de los planos de estructuras donde se encuentran las especificaciones técnicas de los materiales, longitudes entre ejes y secciones de los elementos estructurales. (Descripción de los edificios).

Etapa IV: Modelamiento en el software ETABS V18.

El modelo de ETABS, tiene por finalidad representar fielmente los edificios en el software propuesto, describiendo dimensiones, secciones, otorgando las propiedades de materiales, y corroborando los datos asignados al software según la normatividad vigente.

Etapa V: Análisis estructural de los modelos.

Usamos la normativa sismorresistente E030, aprobada con Resolución Ministerial 043 del año 2019, por el Ministerio de Vivienda; y la normativa de Cargas E020 aprobada por el Decreto Supremo 011 del año 2006, para tomar los datos y consideraciones que serán utilizados como base para el desarrollo de la investigación, donde evaluamos cada una de las edificaciones analizando sus aspectos técnicos previo al modelamiento de las estructuras, que denominaremos respectivamente edificio “A” y edificio “B”. Ambas serán descritas de una perspectiva general, previa a realizar la extracción de los datos propios para la evaluación de nuestro estudio.

2.9.1. ETAPA I: Selección y verificación estructural de los edificios a modelar.

Esta etapa consiste en identificar los edificios.

- a. Se identificaron los edificios a estudiar.
- b. Contacto con los propietarios para solicitar el permiso de uso datos.
- c. Para el edificio A: Una vez ubicado se conversa con el propietario, quien menciona que ha construido su edificación con planos iniciales para 5 niveles, sin embargo, no los ha respetado y con asesoría empírica, ya construido 7 pisos, para lo cual hemos abordado la vivienda y tomado medidas de las diferentes áreas, elementos estructurales, alturas de entresijos, y demás componentes estructurales.
- d. Para el edificio B: Se conversa con el propietario de la edificación y se mostró de acuerdo a realizar el análisis de su edificación, proporcionándonos los planos de su estructura (Anexo 16).

2.9.2. ETAPA II

Por política de la Universidad Privada del Norte, se realiza la solicitud formal a cada propietario y se procede a llenar la ficha y solicitar su firma en señal de conformidad de la misma para el trabajo con los datos de sus estructuras correspondientes (Anexo 12 y 13).

2.9.3. Etapa III

La evaluación de la estructura nos ayudará a determinar las condiciones de trabajo de la edificación la cual está conformada por niveles, según veremos en la tabla 2.

Tabla 2:

Alturas del “Edificio A” y “Edificio B”

Piso	Edificio “A”		Edificio “B”	
	Altura Entrepiso	Altura Total	Altura Entrepiso	Altura Total
Piso 7	2.67	21.93	-	-
Piso 6	2.67	19.26	2.70	18.67
Piso 5	2.67	16.59	2.70	15.77
Piso 4	2.67	13.92	2.70	12.87
Piso 3	2.9	11.25	2.70	9.97
Piso 2	5.2	8.35	2.70	7.07
Piso 1	3.15	3.15	3.79	4.17

Nota: Alturas de entrepiso en (m) “Edificio A” y “Edificio B”

✓ Ubicación y características “Edificio A”:

La primera estructura tiene una ubicación en la Av. Pariamarca (Sector La Paccha), distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento Cajamarca, cuyas coordenadas Este son 776539.33 m E; y las coordenadas Norte son 9204662.39 N m. (Ver Anexos 01 y 02) Dentro de las características de la estructuración, contamos con una altura entrepisos variable, como vemos en la tabla 2.

Entre los datos más sobresalientes, podemos mencionar la edificación A tienen un frontis de 6 metros, con un fondo de 16 metros, tiene 7 Pisos, es una vivienda multifamiliar, el sistema estructural de esta edificación es de pórticos de concreto armado, considera volados de 1 metro para frontis y zona lateral derecha. Además, entre sus elementos estructurales se tiene las siguientes secciones de estructurales:

- Columnas rectangulares de:
 - 0.40 x 0.60 m (2 frontales, primer eje)
 - 0.60 x 0.40 m (8 distribuidos en 4 ejes)
- Vigas principales (VP)
 - 0.30 x 0.40 m
- Vigas secundarias (VS)
 - 0.20 x 0.25 m
 - 0.20 x 0.20 m
 - 0.20 x 0.17 m

La “edificación A” tiene losas aligeradas en una sola dirección en todos los niveles en la dirección “Y”, con un espesor variable, las características de los materiales a emplearse para la construcción de dicho edificio, se indican más adelante (Tabla 05 y 06, características físico – mecánicas de los materiales.). Para las escaleras son losas macizas de 0.15 m de espesor para todos los niveles; el Piso 1 de la edificación esta confinada en 3 de sus lados, la parte frontal por la carretera que esta al mismo nivel, los otros 2 lados por las construcciones vecinas, quedando libre solo un lado; por este motivo se modela la estructura teniendo estas consideraciones y aplicando las restricciones donde corresponda.

Tabla 3:

Espesor de losa aligerada por piso. “Edificación A”

Nro. Piso	Losas (m)
Piso 7	0.17
Piso 6	0.17
Piso 5	0.17
Piso 4	0.20
Piso 3	0.20
Piso 2	0.20
Piso 1	0.25

Nota: Espesor de losas aligeradas.

✓ Ubicación y características **“Edificio B”**:

La segunda estructura tiene una ubicación en la Avenida Héroes del Cenepa (Cerca de la vía de Evitamiento Sur), distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento del Cajamarca, cuyas coordenadas Este son 776910.43 m E; y las coordenadas Norte 9206043.12 m S (Ver Anexos 03 y 04). Dentro de la estructuración, contamos con una altura como se detalla en la tabla 2.

Entre los datos más sobresalientes, podemos mencionar que la edificación B tienen un frontis de 8.40 metros, con un fondo de 10.80 metros, tiene 6 Pisos y es una vivienda multifamiliar, el sistema estructural de esta edificación es de albañilería confinada; entre sus elementos estructurales se tiene las siguientes secciones:

- Columnas rectangulares de:
 - 0.30 x 0.70 m
 - 0.30 x 0.40 m
 - 0.15 x 0.30 m
- Vigas principales (VP)
 - 0.30 x 0.65 m

- 0.30 x 0.45 m
- Vigas secundarias (VS)
 - 0.30 x 0.40 m
 - 0.25 x 0.40 m
 - 0.15 x 0.20 m

La “edificación B” tiene losas aligeradas en una sola dirección en todos los niveles en la dirección “Y”, con un espesor de 0.20 m, las características de los materiales a emplearse para la construcción de dicho edificio, se indican más adelante (Tabla 05 y 06, características físico – mecánicas de los materiales). Para las escaleras son losas macizas de 0.15 m de espesor para todos los niveles.

Tabla 4:

Espesor de losa aligerada por piso. “Edificación B”

Nro. Piso	Losas (m)
Piso 6	0.20
Piso 5	0.20
Piso 4	0.20
Piso 3	0.20
Piso 2	0.20
Piso 1	0.20

Nota: Espesor de losas aligeradas.

✓ **Concreto Armado**

Para ambas estructuras, tanto “edificación A”, como “edificación B”, para las características del concreto armado, tendremos las siguientes especificaciones descritas en la tabla 5.

Tabla 5:
Características mecánicas del concreto

Característica de Concreto Armado	Símbolo	Valor o medida
Resistencia a la compresión del Concreto	F'_c	210 kgf/cm ²
Módulo de Elasticidad del Concreto	E_c	15100 f'_c ^{0.5}
	E_{c-210}	218819.79 kgf/cm ²
Peso específico del Concreto	γ	2300.0 kgf/m ³ (Concreto simple)
	γ	2400.0 kgf/m ³ (Concreto armado)
Relación de Poisson del Concreto	μ	0.15 – 0.20
Esfuerzo de Fluencia del Acero	F'_y	4200.0 kgf/cm ²

Nota: Datos teóricos ingresados para el modelo en ETABS V18.

✓ Acero estructural

Para la evaluación del acero estructural, tendremos en cuenta las siguientes características:

Tabla 6:
Características mecánicas del acero de refuerzo

Característica del Acero	Símbolo	Valor o medida
Peso Unitario	γ_a	7850.0 kgf/m ³
Módulo de Elasticidad	E_c	2.10 x 10 ⁶ kgf/cm ²
Relación de Poisson	μ	0.30
Módulo de Corte	G	8 x 10 ⁵ kgf/cm ²
Esfuerzo de Fluencia	F'_y	4200.0 kgf/cm ²
Resistencia a la tracción	F_u	4080.0 kgf/cm ²

Nota: Datos teóricos ingresadas para el modelo en ETABS V18.

✓ **Albañilería confinada**

Características que usaremos para la “Edificación B”

Tabla 7:

Características mecánicas de albañilería

Característica del Elemento	Valor o medida
Peso por Unidad de Volumen	1800 kgf/m ³
Módulo de Elasticidad	32500 kgf/cm ²
Relación de Poisson	0.25

Nota: Datos teóricos ingresadas para el modelo en ETABS V18.

✓ **Pesos específicos**

Para los **pesos específicos** de los materiales de la edificación, determinamos los siguientes valores:

- Concreto Armado: Valor: 2400 kfg/m³
- Acero estructural: Valor: 7850 kfg/m³
- Albañilería: Valor: 1800 kfg/m³

✓ **Cargas del Edificio**

Validando las **cargas de los edificios** estudiados, definimos en primera instancia que las **cargas muertas o permanentes** corresponden al peso propio de los elementos estructurales, incluyendo aquellos elementos que permaneces fijos dentro de la estructura (materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación). Así mismo, al referirnos a **la carga viva**, es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación (Norma Técnica E.020 - Cargas, 2014). Detallamos a continuación los valores de cargas para las edificaciones estudiadas que son viviendas multifamiliares.

Tabla 8: *Valores de cargas para losas aligeradas*

Valores de cargas para losas aligeradas

LOSA ALIGERADA	VALOR SOBRECARGA MUERTA (CM)	VALOR CARGA VIVA (CV)
Peso Propio	-	-
Piso terminado	100 kgf/m ²	-
Tabiquería	100 kgf/m ²	-
Sobrecarga Viva	-	200 kgf/m ²
TOTAL	200 kgf/m²	200 kgf/m²

Nota: Las cargas asignadas están según la normativa E020.

Tabla 9:

Valores de cargas para escalera (Losa Maciza) (e = 0.15 m)

LOSA ALIGERADA	VALOR SOBRECARGA MUERTA (CM)	VALOR CARGA VIVA (CV)
Peso Propio	-	-
Acabados	100 kgf/m ²	-
Sobrecarga Viva	-	200 kgf/m ²
TOTAL	100 kgf/m²	200 kgf/m²

Nota: Las cargas asignadas están según la normativa E020.

* El **peso propio** de la edificación lo calcula directamente el software.

✓ **Cargas de Sismos**

Dentro de nuestra investigación, hemos considerado las cargas sísmicas al momento del diseño de la estructura, la cual nos hemos guiado para su desarrollo de la norma peruana de “diseño sismorresistente E.030” actualizada el año 2019, donde se ha generado los cálculos correspondientes para hallar los espectros de pseudo aceleraciones.

✓ **Factores para el análisis sísmico de cada edificación**

Seguidamente se verificará los datos de cada edificio con las características necesarias para la evaluación sísmica, luego se hace la comparativa y análisis de los efectos P-Delta en la estructura. En la Tabla 10 se definen cada uno de los parámetros de análisis apoyados en la norma peruana sismorresistente E.030 del 2019, evaluados para cada edificio:

Tabla 10:
Parámetros dinámicos para “edificación A”

DATOS EVALUADOS	DESCRIPCIÓN	NTP- E030	NOTACIÓN	VALOR
FACTOR DE ZONA	Locación: Av. Argentina Cdra. 9 – Cajamarca (Zona 3)	Tabla 1	Z	0.35
FACTOR DE IMPORTANCIA	Categoría "C". Vivienda	Tabla 5	U	1
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	Valor en función de T, TL y TP	Ítem 2.5	C	Variable
FACTOR DE SUELO	Z3/S2 (Zona Sísmica 3/Suelo Intermedio)	Tabla 3	S	1.15
COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN	Sistema Aporticado	Tabla 7	Ro	8
FACTOR DE IRREGULARIDAD EN ALTURA	Irregularidad de Masa y Peso y Geometría Vertical	Tabla 8	Ia	0.75
FACTOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA	Irregularidad de Esquinas Entrantes	Tabla 9	Ip	1
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN FINAL	R = Ro. Ia. Ip	Ítem 3.8	Rx, Ry	6
PERIODO (TL): Define el inicio de la zona del espectro con desplazamientos constantes.	Periodos (seg.) - En función del suelo	Tabla 4	TL	2
PERIODO (TP): Define la plataforma de la estructura.	Periodos (seg.) - En función del Suelo	Tabla 4	TP	0.6
COEFICIENTE PARA ESTIMAR EL PERIODO FUNDAMENTAL DEL EDIFICIO	Sistema Aporticado	Ítem 4.5.4	CT	35
ALTURA TOTAL DE LA EDIFICACIÓN	Evaluación de la estructura	-	Hn	21.93
GRAVEDAD	Unidades m/s ²	-	g	9.81

Nota: Parámetros para sistema aporticado “Edificio A” Norma E030.

Tabla 11:
Parámetros dinámicos para “edificación B”

DATOS EVALUADOS	DESCRIPCIÓN	NTP- E030	NOTACIÓN	VALOR
FACTOR DE ZONA	Locación: Av. Argentina Cdra. 9 – Cajamarca (Zona 3)	Tabla 1	Z	0.35
FACTOR DE IMPORTANCIA	Categoría "C". Vivienda	Tabla 5	U	1
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	Valor en función de T, TL y TP	Ítem 2.5	C	Variable
FACTOR DE SUELO	Z3/S2 (Zona Sísmica 3/Suelo Intermedio)	Tabla 3	S	1.15
COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN	Sistema Aporticado	Tabla 7	Ro	3
FACTOR DE IRREGULARIDAD EN ALTURA	Irregularidad de Masa y Peso y Geometría Vertical	Tabla 8	Ia	1
FACTOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA	Irregularidad de Esquinas Entrantes	Tabla 9	Ip	1
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN FINAL	R = Ro. Ia. Ip	Ítem 3.8	Rx, Ry	3
PERIODO (TL): Define el inicio de la zona del espectro con desplazamientos constantes.	Periodos (seg.) - En función del suelo	Tabla 4	TL	2
PERIODO (TP): Define la plataforma de la estructura.	Periodos (seg.) - En función del Suelo	Tabla 4	TP	0.6
COEFICIENTE PARA ESTIMAR EL PERIODO FUNDAMENTAL DEL EDIFICIO	Sistema Aporticado	Ítem 4.5.4	CT	60
ALTURA TOTAL DE LA EDIFICACIÓN	Evaluación de la estructura	-	Hn	18.67
GRAVEDAD	Unidades m/s ²	-	g	9.81

Nota: Parámetros para sistema de albañilería confinada “Edificio B” norma E030.

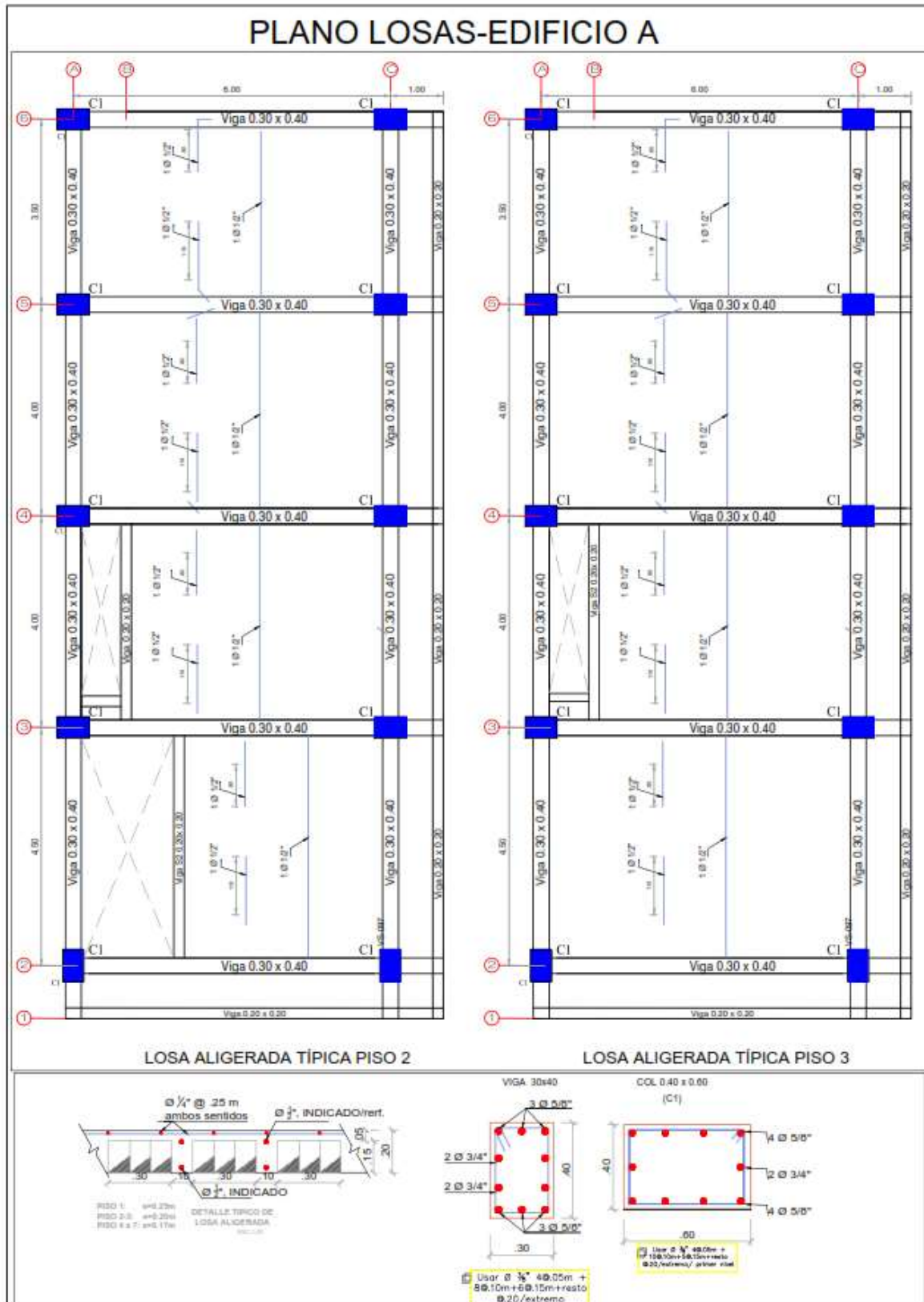
Para el análisis de datos, se procede con la evaluación de los parámetros que tiene cada edificación, según la normativa sismorresistente E030, estos datos son el resultado de las características de cada una de las estructuras en estudios como se muestra en la tabla 10 y 11, para cada edificación.

Para el **modelamiento de la estructura estudiada** (tanto edificio A como edificio B), es necesario determinar y comprobar, en cada uno de los niveles evaluados, las alturas entrepiso, para lo cual es necesario tener en cuenta el plano estructural de la edificación. De esta manera vamos a proceder a modelar dicha estructura en el software ETABS V18.

Para dicho fin es necesario además conocer las dimensiones de los diferentes elementos estructurales de la edificación, su respectiva ubicación en ejes y cada una de las particularidades que tendría la estructura, para lo cual nos basaremos en los planos estructurales que nos han facilitado los propietarios de los edificios estudiados.

Figura 1:

Plano de aligerado del nivel 2 y 3 “Edificación A”(Anexo 15)



Nota: Plano estructuras “Edificio A” en planta 2do y 3er Nivel.

Figura 2:

Plano de aligerado del primer nivel “Edificación B” (Anexo 16)



Nota: Plano estructuras “Edificio B” en planta 1er Nivel.

Figura 3:

Plano de aligerado del nivel 2 al 6 “Edificación B”



Nota: Plano estructuras “Edificio B” en planta 2do al 6to Nivel.

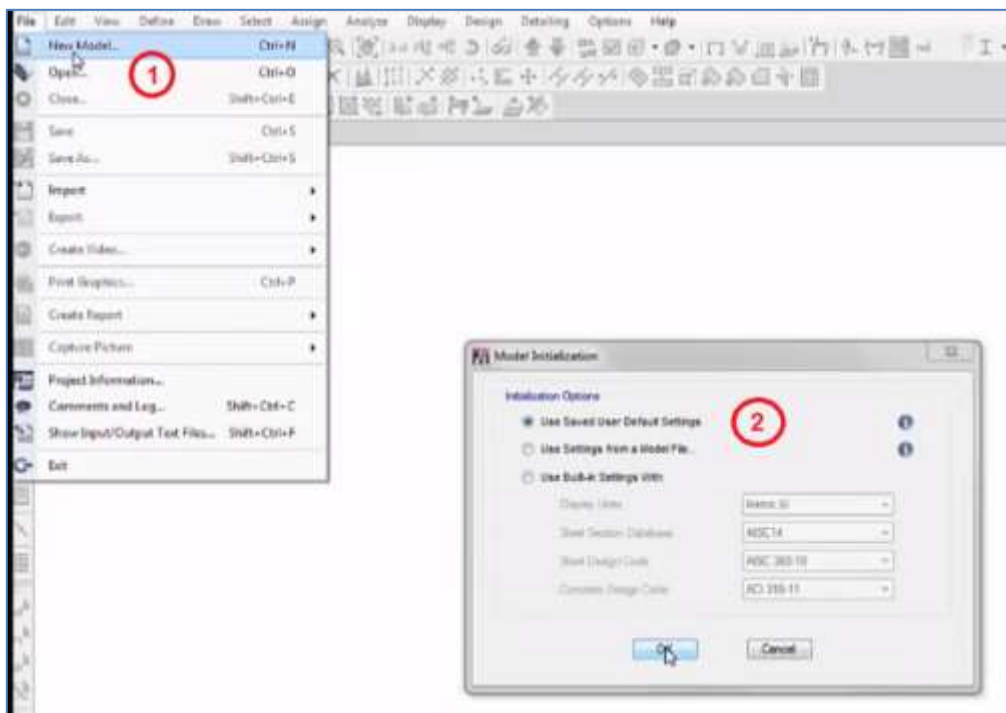
Con los planos estructurales que nos servirán de guía para el modelamiento de las estructuras a evaluar, se procede con el modelamiento en el software estructural ETABS V18 siendo cuidadosos en las dimensiones y las propiedades de los materiales para tener datos correctos de las edificaciones a analizar, se termina el modelamiento convencionalmente y luego de terminar este diseño se incluye los efectos P-Delta

El modelamiento para las 2 estructuras seguirá el mismo procedimiento razón por la cual no se presenta capturas a detalle de ambas edificaciones, salvando las diferencias en el caso del espectro de respuesta y otras particularidades para cada una de las estructuras estudiadas, se presenta la secuencia de pasos que a continuación detallaremos:

2.9.4. Etapa IV: Modelamiento en software ETABS

Figura 4:

Inicio del modelamiento de la estructura estudiada

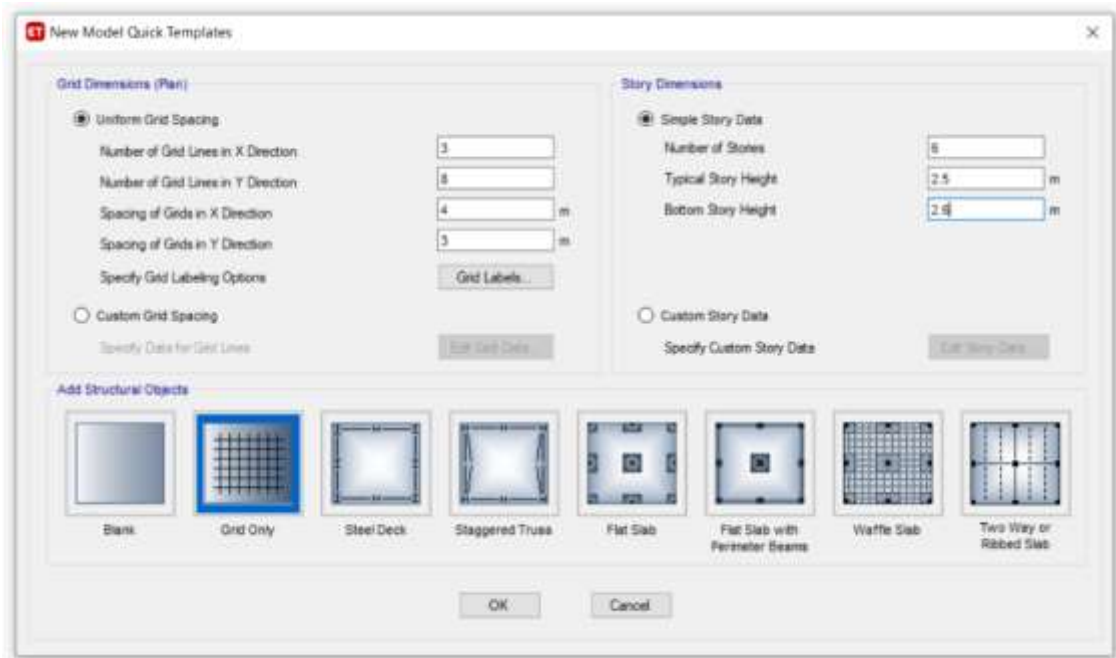


Nota: Captura software ETABS V18.

El trabajo en éste nuevo modelo toma por defecto la norma ACI 318-14 ACI (American Concrete Institute) para el concreto, las unidades del trabajo serán cambiadas a conveniencia para facilitar el desarrollo del modelamiento.

Figura 5:

Ingresamos número de Ejes X y Y, además del número de pisos



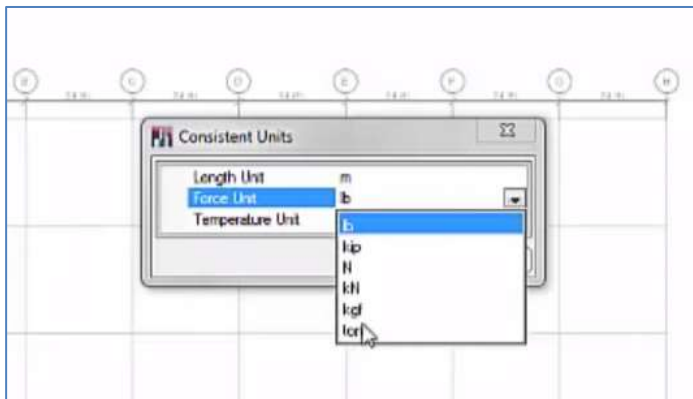
Nota: Captura software ETABS V18.

En el análisis del edificio A para nuestro estudio, el edificio tiene una distribución de 3 x 8 ejes (en X y Y) respectivamente, con 7 pisos. Mismo procedimiento para el edificio B.

Se continua con el cambio de unidades para facilitar el trabajo en el modelamiento.

Figura 6

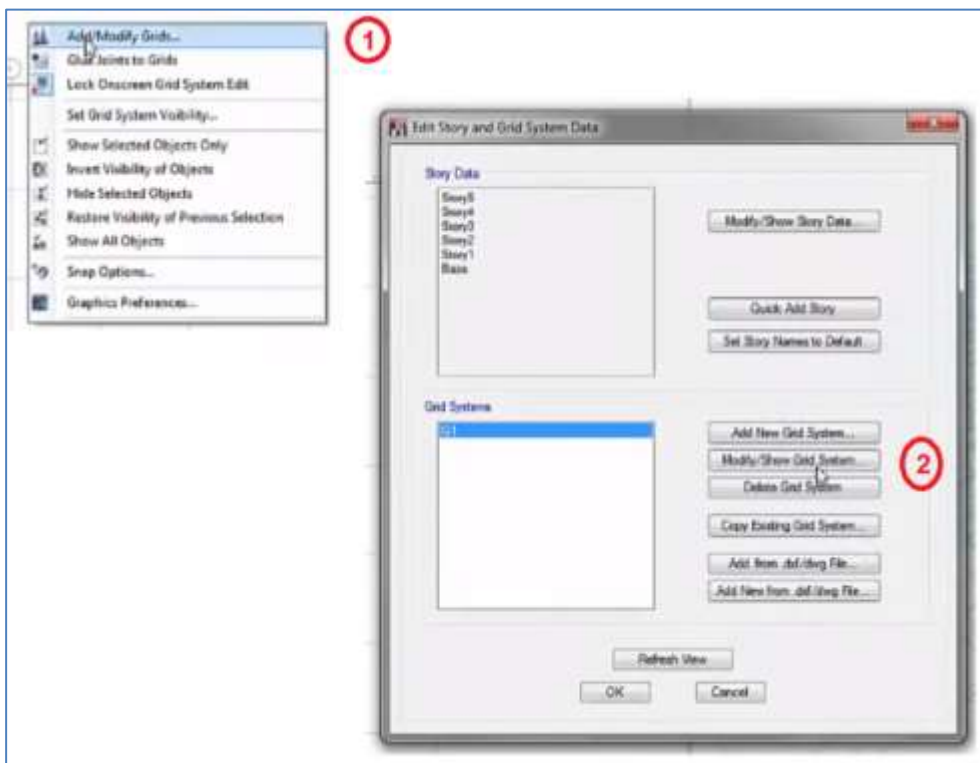
Cambio de Unidades del software



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 7

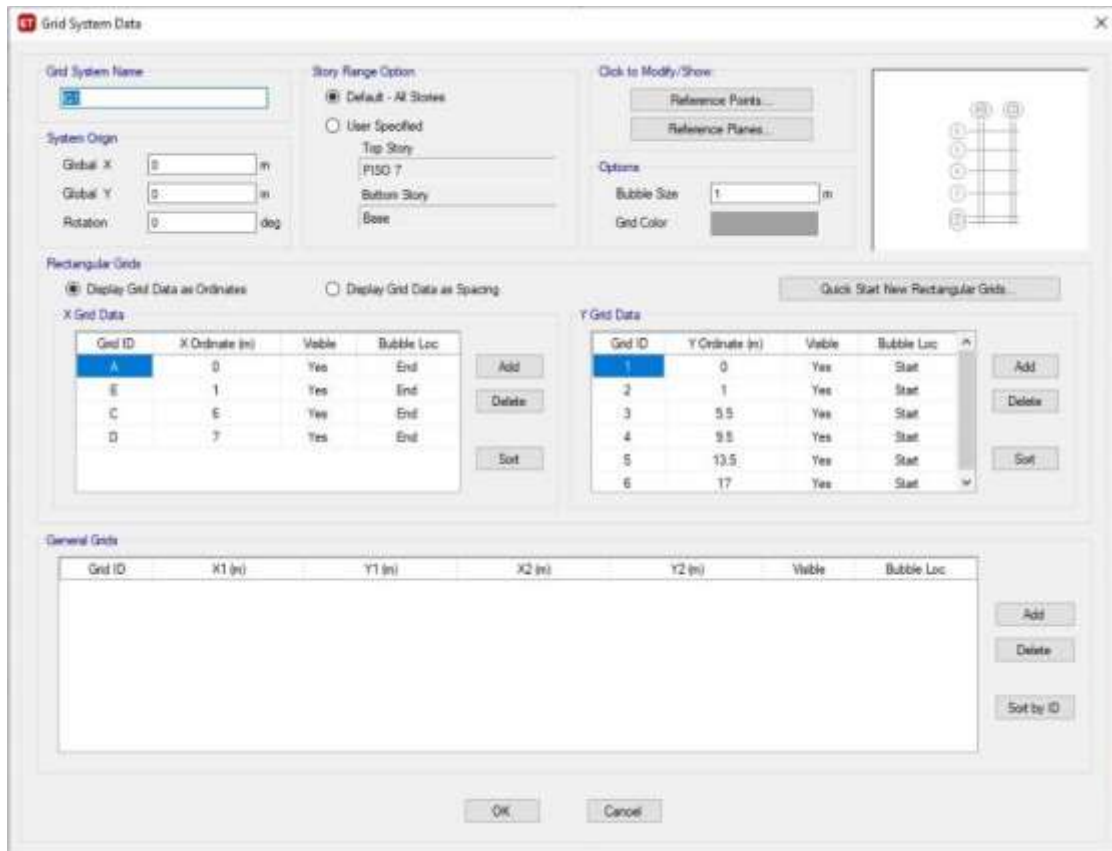
Modificación de los Grids de cada Eje



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 8

Edición de Grids conforme el desarrollo del proyecto.

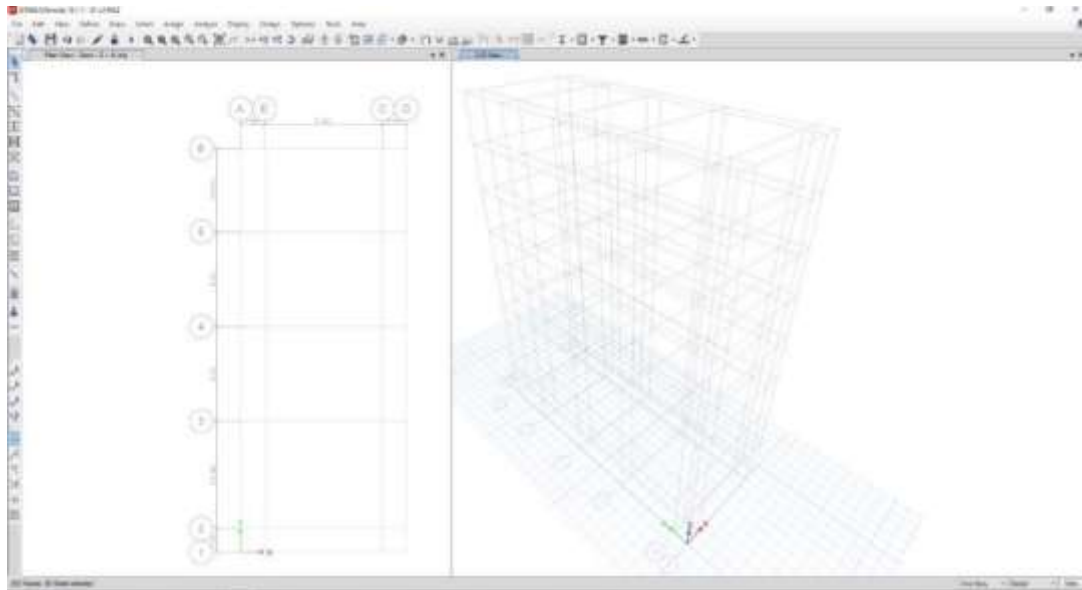


Nota: Captura software ETABS V18.

Este paso es muy necesario para modificar los espaciamientos de nuestra estructura analizada en cada uno de los ejes evaluados (X y Y) así como las alturas entre pisos. Mismo procedimiento para el edificio B.

Figura 9

Definición general del modelo con las características básicas

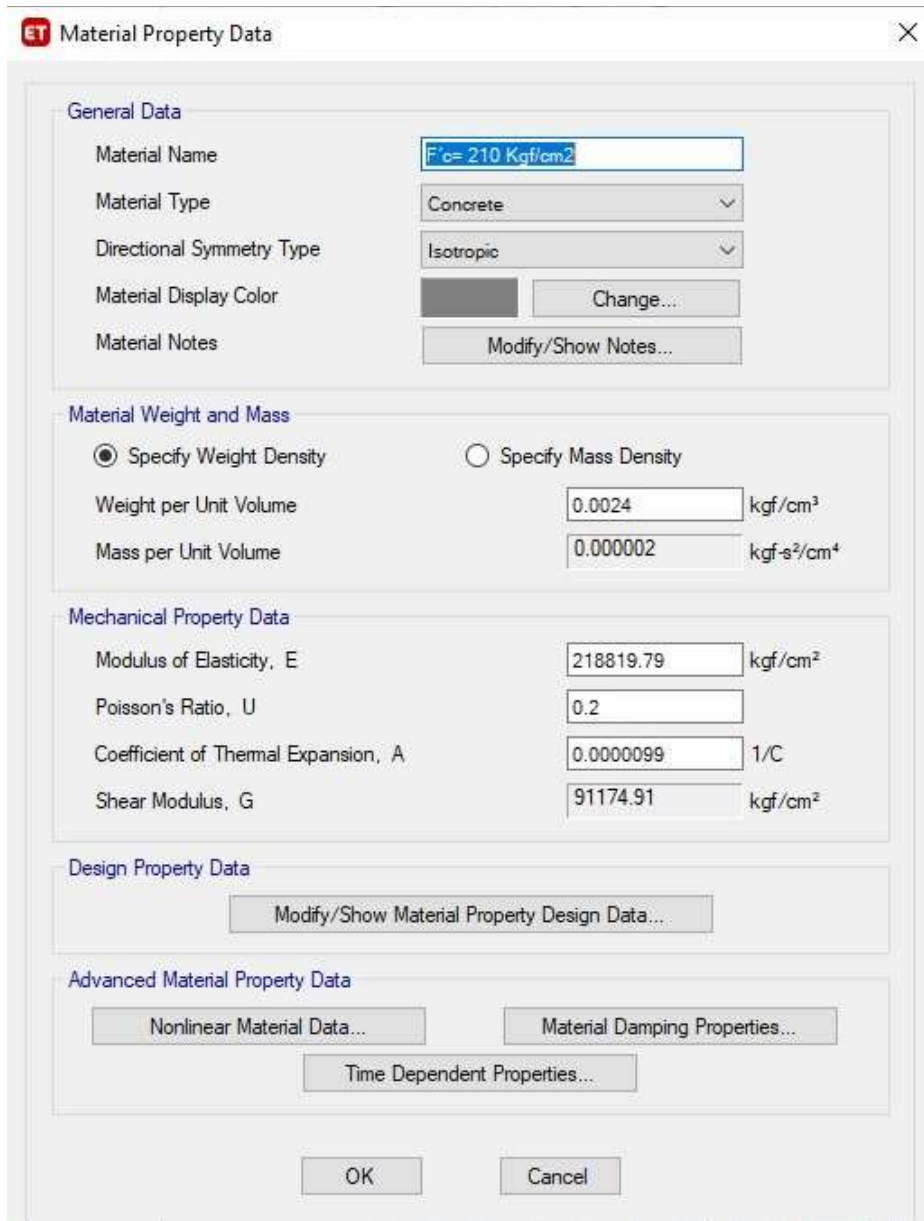


Nota: Captura software ETABS V18.

Una vez actualizados todos los rangos básicos para el desarrollo del trabajo de modelamiento, podemos cambiar cada una de las propiedades del modelo, acorde a la estructura estudiada. Lo siguiente será poner las condiciones propias de cada material estudiado, en la estructura especificada. Para las características mecánicas de los materiales, es necesario precisar las propiedades para cada elemento de cada una de las edificaciones analizadas, por lo tanto, recurriremos a las tablas antes descritas, como son la tabla 5, 6 y 7 de este estudio. Mismo procedimiento para el edificio B.

Figura 10

Definición del material (Concreto)



ET Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/cm³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/cm²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: kgf/cm²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

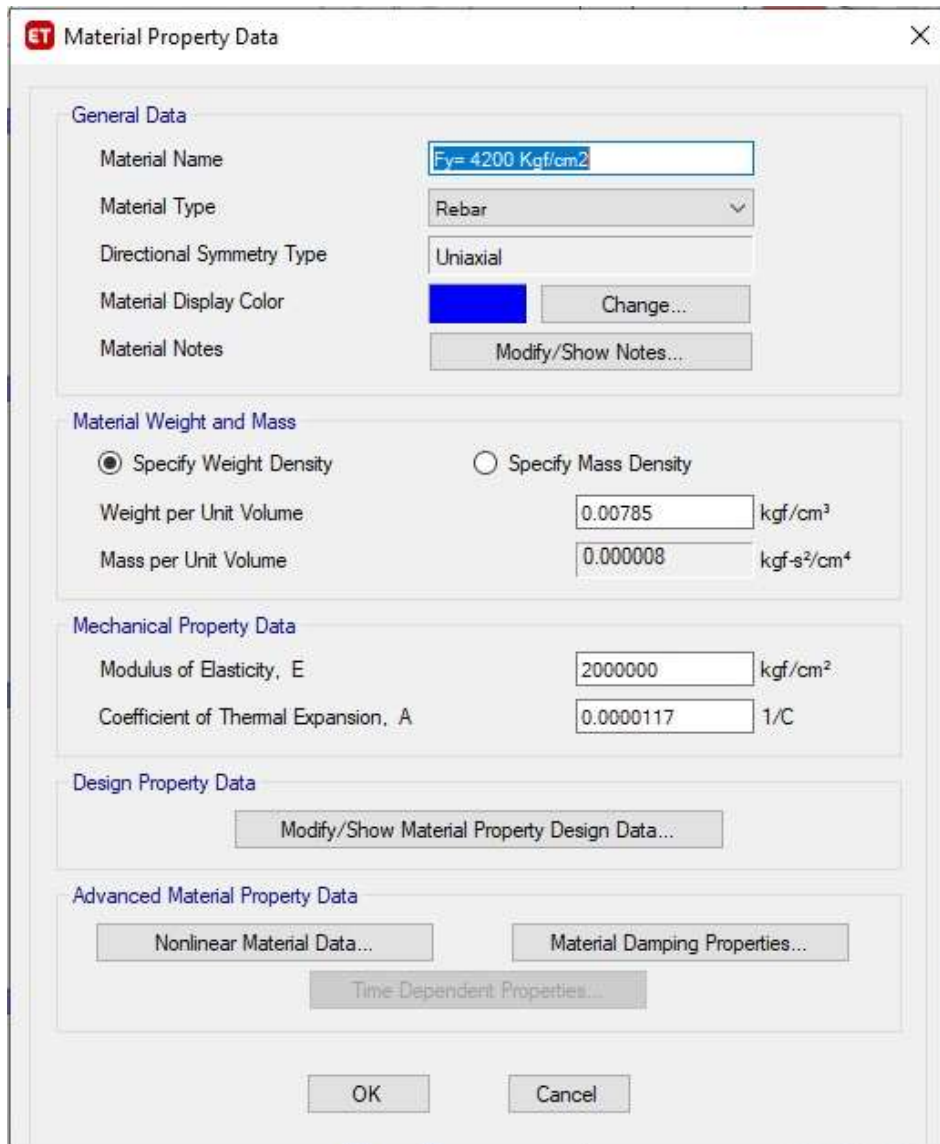
Nota: Captura software ETABS V18.

Entre las propiedades mecánicas de los materiales, es necesario recalcar el peso específico del concreto (expresado en kilogramos fuerza por centímetros cúbicos kgf/cm³). Otro valor que determina gran importancia para el cálculo es determinar el módulo de elasticidad (E). Mismo procedimiento para el edificio B.

Seguidamente, consideraremos las propiedades del acero de refuerzo de la estructura estudiada, para tener los mejores resultados, respecto del análisis propuesto en el software:

Figura 11

Definición del material (Acero de refuerzo)



Nota: Captura software ETABS V18.

Dentro de los elementos estructurales, tenemos en consideración las columnas y vigas, con sus respectivos reforzamientos, los cuales realizaremos las capturas propias de la modelación. Mismo procedimiento para el edificio B.

Figura 12

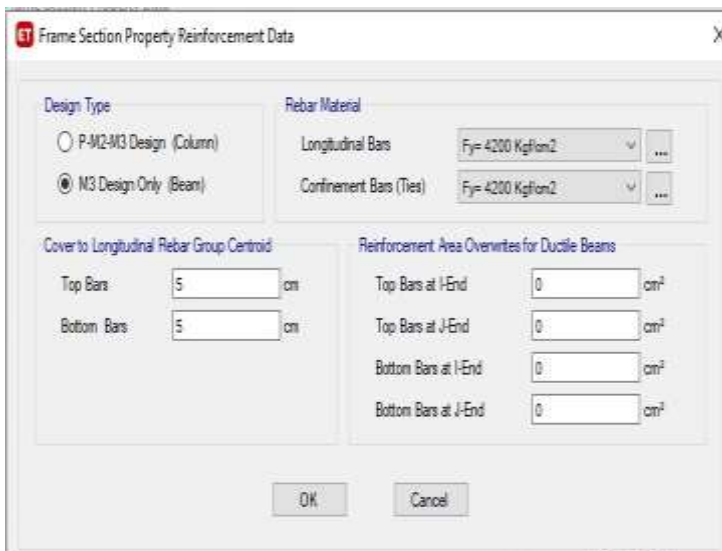
Propiedades de Sección de las columnas




Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 133

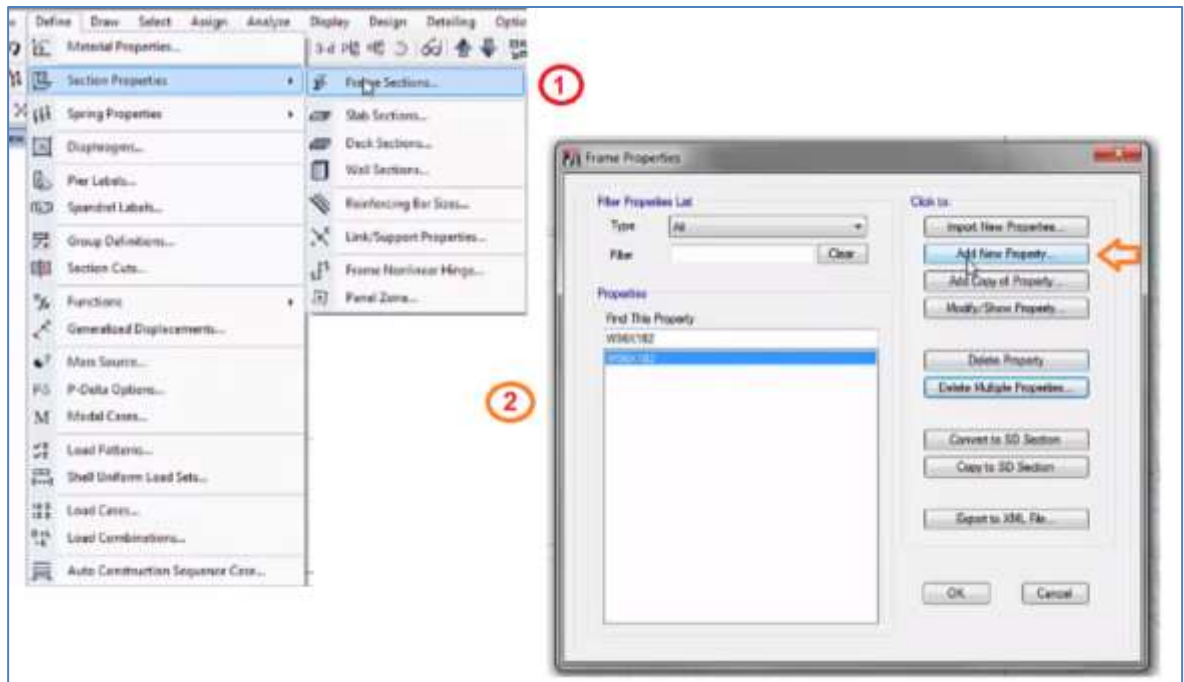
Propiedades de Sección de las vigas

Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 144

Selección de Slab Properties para añadir una nueva propiedad

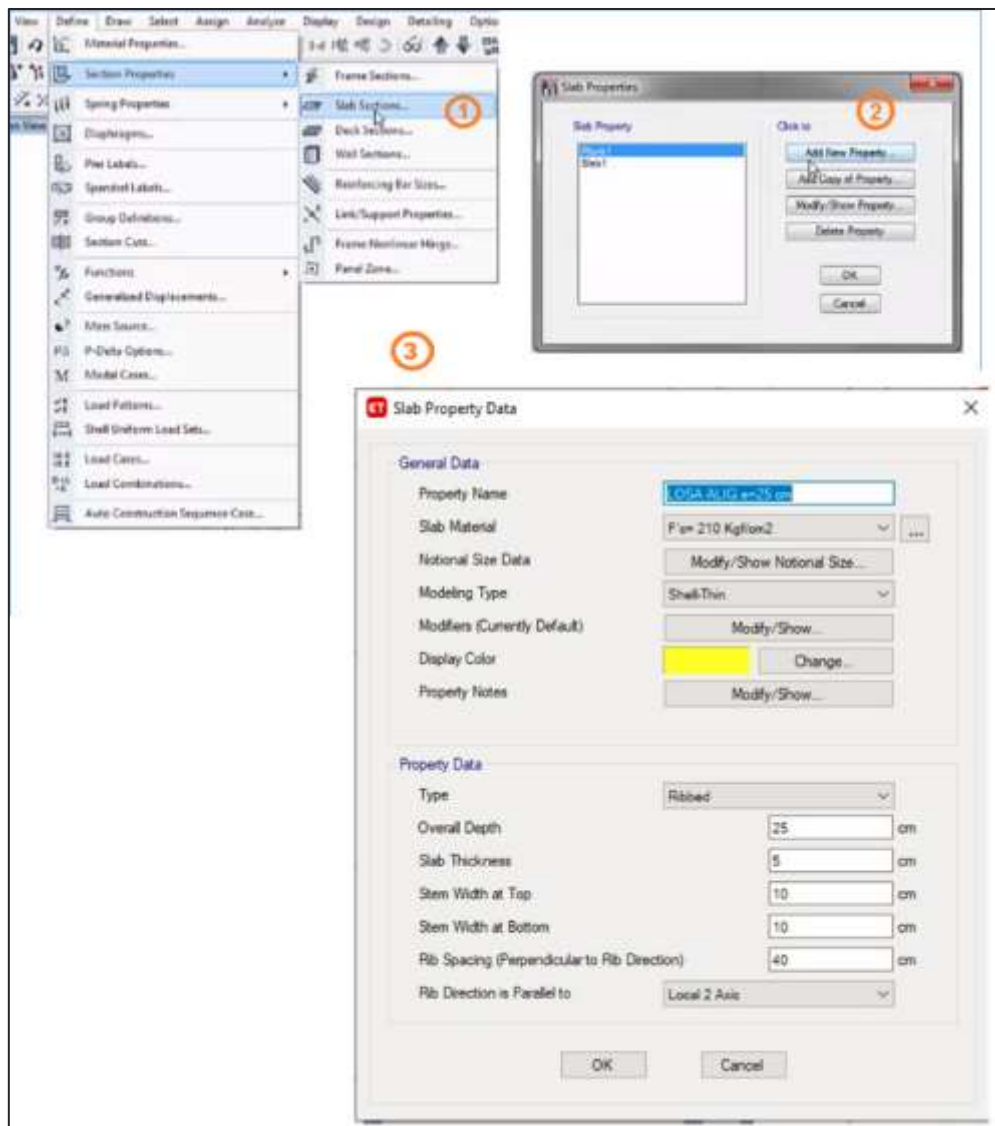


Nota: Captura software ETABS V18.

Se agrega una nueva propiedad donde definimos las losas aligeradas en una dirección con las características propias para cada edificio, son losas típicas, pero tienen variación en su peralte, que va desde los 0.17 m hasta 0.25 m. Se presenta la definición para la losa 0.25 m como ejemplo, además se define las losas macizas para las escaleras que es de un espesor de 0.15 m para los dos edificios.

Figura 15

Definición de las losas aligeradas



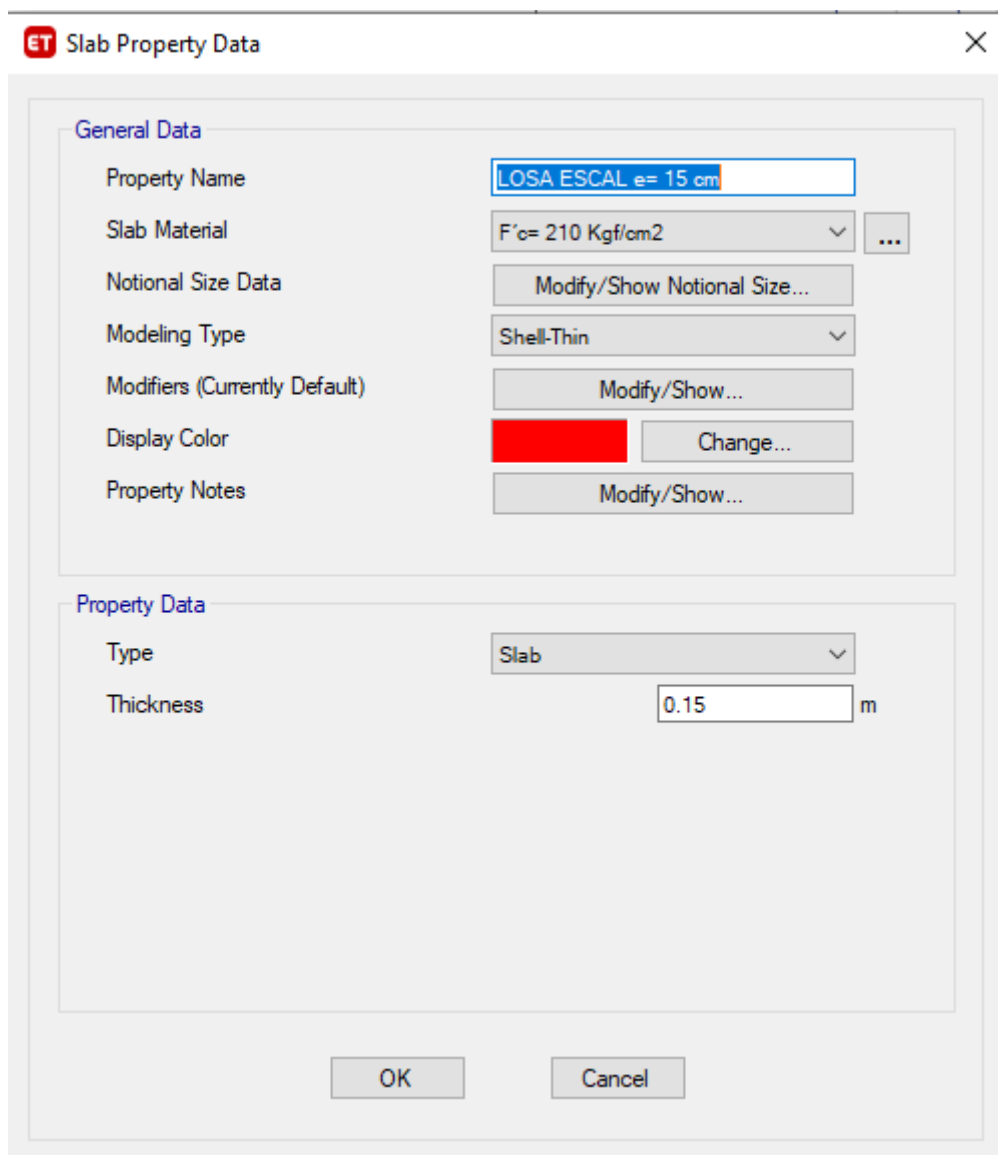
Nota: Captura software ETABS V18.

Colocamos el espesor del aligerado según el plano, el espesor de las viguetas, la separación entre ejes de las mismas y la losa en la parte superior, cabe mencionar que este es un aligerado típico que es utilizado para ambos edificios en estudio, con la consideración que varía sus espesores según se muestra en la tabla 3 y 4.

Ambas edificaciones cuentan con la losa maciza que formará parte de la escalera, dentro del programa procedemos a registrar los datos respectivos. Por otro lado, es necesario tomar en cuenta la evaluación de la estructura de la losa maciza que formará parte de la escalera, dentro del programa procedemos a registrar los datos respectivos.

Figura 16

Definición de losa maciza para escalera



ET Slab Property Data

General Data

Property Name: LOSA ESCAL e= 15 cm

Slab Material: F'c= 210 Kg/cm2

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

Modeling Type: Shell-Thin

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

Display Color: [Red Color Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

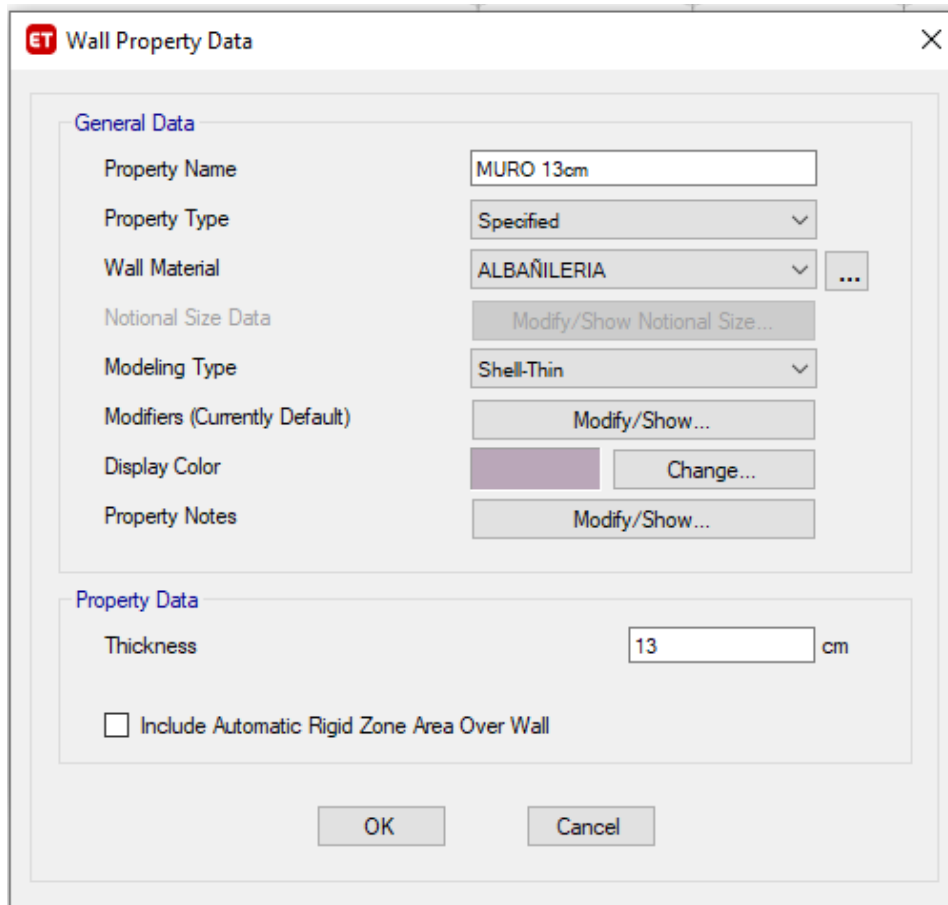
Thickness: 0.15 m

OK Cancel

Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 17

Definición de muro albañilería de espesor 0.13m



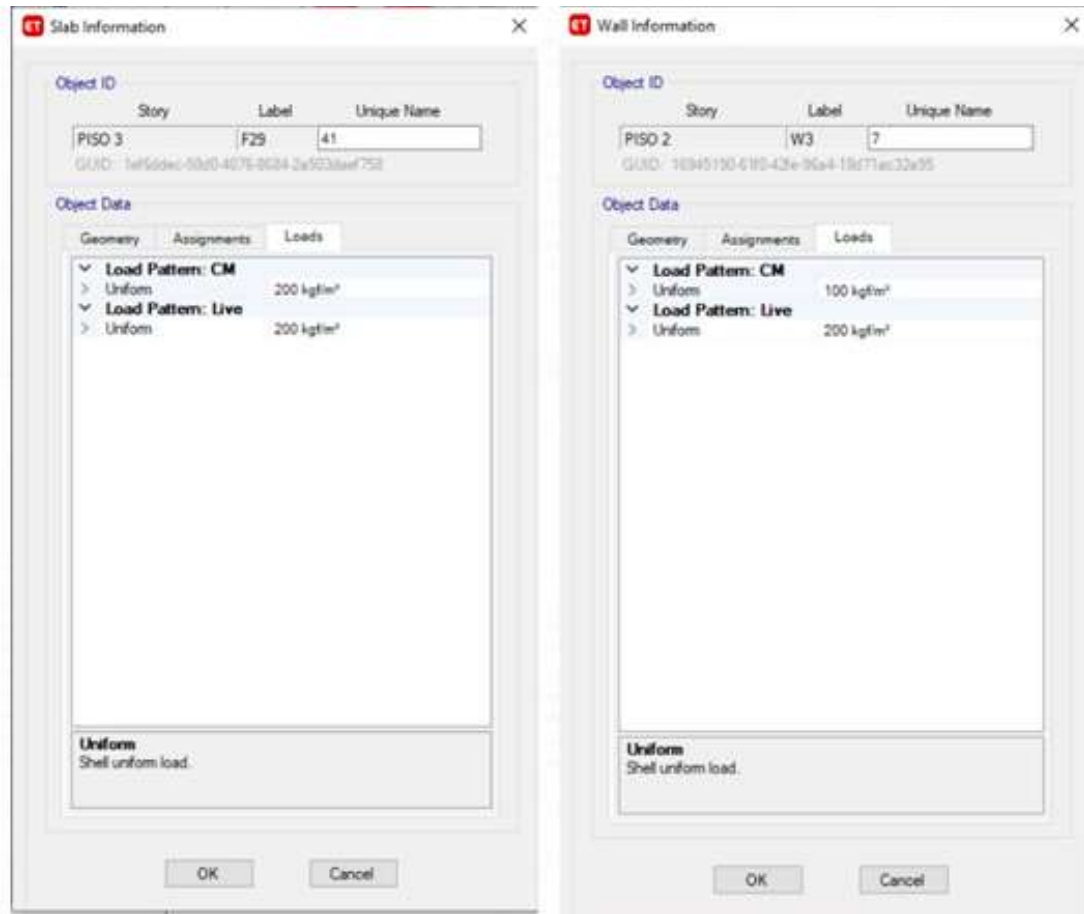
Field	Value
Property Name	MURO 13cm
Property Type	Specified
Wall Material	ALBAÑILERIA
Modeling Type	Shell-Thin
Thickness	13 cm

Nota: Captura software ETABS V18.

Se procede con la **asignación de cargas** distribuidas a las losas según la tabla 8, tanto cargas muertas y vivas, que corresponden a las losas de la edificación que están en base a la normativa E020, ingresando dentro del software en “Asign”, “Shell Loads”, “Uniform”:

Figura 18

Asignación de cargas a las losas de las estructuras

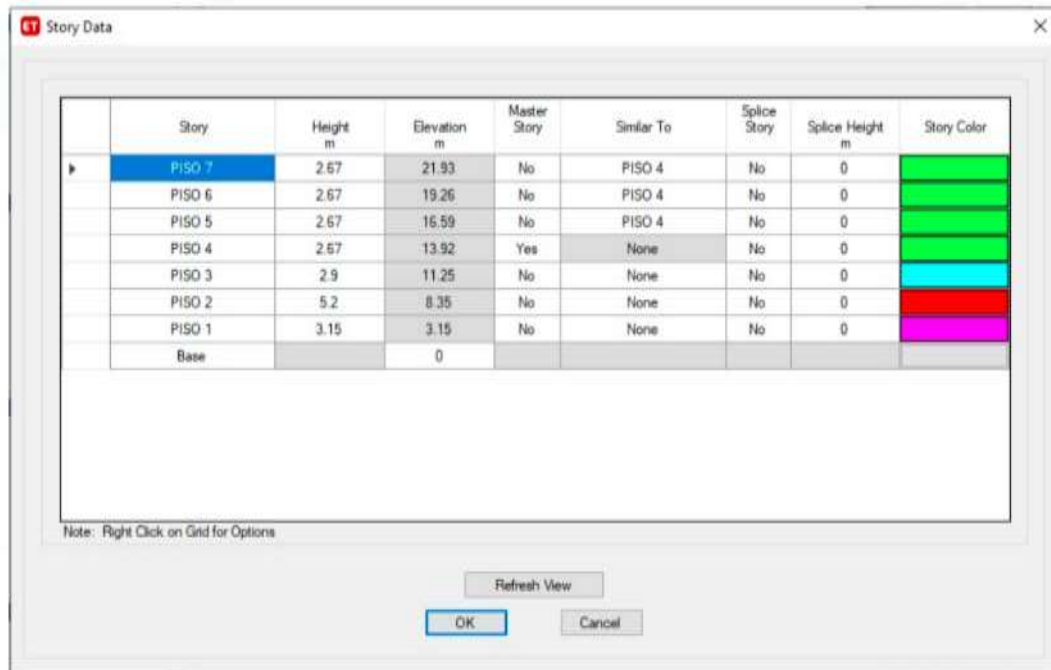


Nota: La carga en el lado izquierdo es para la losa de la escalera.

Las cargas ingresadas a las losas están en función a la tabla 8 y 9, donde podemos verificar estos valores, no consideramos el peso propio puesto que el software hará el cálculo respectivo.

Figura 19

Altura total y altura de entrepisos edificación A



Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
PISO 7	2.67	21.93	No	PISO 4	No	0	Green
PISO 6	2.67	19.26	No	PISO 4	No	0	Green
PISO 5	2.67	16.59	No	PISO 4	No	0	Green
PISO 4	2.67	13.92	Yes	None	No	0	Green
PISO 3	2.9	11.25	No	None	No	0	Cyan
PISO 2	5.2	8.35	No	None	No	0	Red
PISO 1	3.15	3.15	No	None	No	0	Magenta
Base		0					

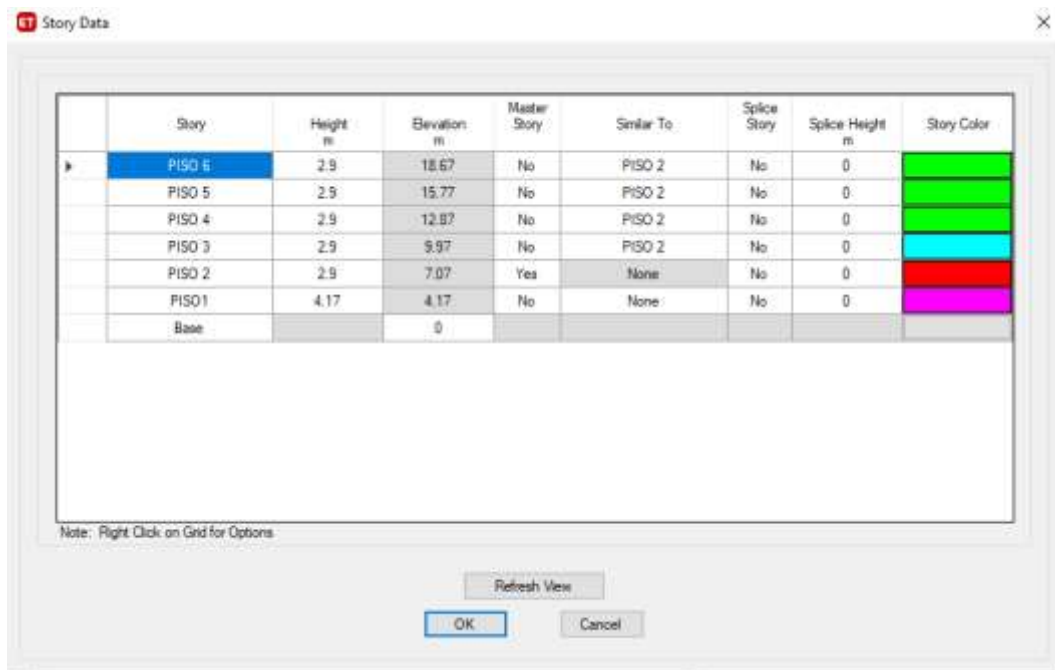
Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View
OK Cancel

Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 20

Altura total y altura de entrepisos edificación B



Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
PISO 6	2.9	18.67	No	PISO 2	No	0	Green
PISO 5	2.9	15.77	No	PISO 2	No	0	Green
PISO 4	2.9	12.87	No	PISO 2	No	0	Green
PISO 3	2.9	9.97	No	PISO 2	No	0	Cyan
PISO 2	2.9	7.07	Yes	None	No	0	Red
PISO 1	4.17	4.17	No	None	No	0	Magenta
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

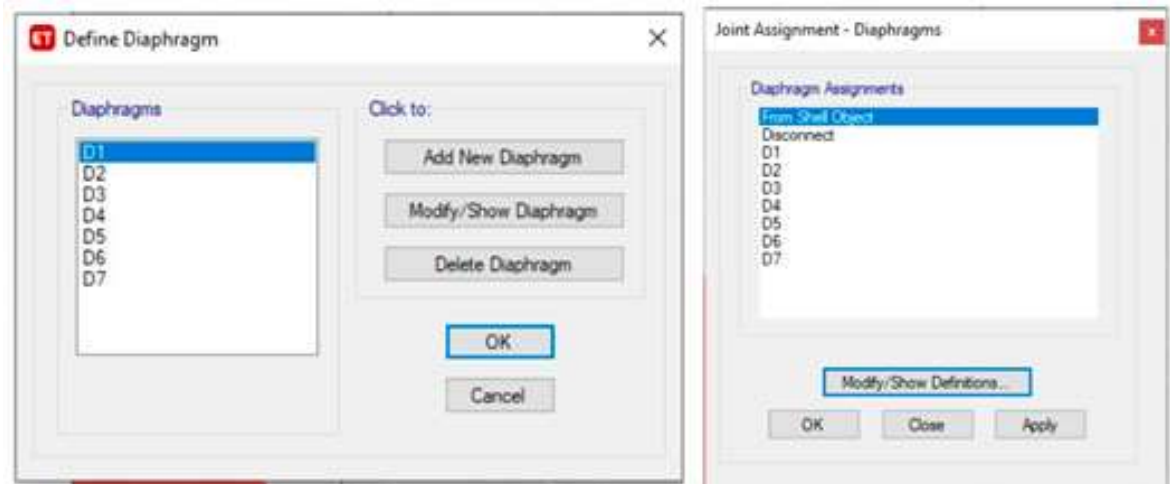
Refresh View
OK Cancel

Nota: Captura software ETABS V18.

Para la asignación de los **diafragmas rígidos**, dentro del software vamos a “Assign”, “Join”, “Diaphragms”, donde procedemos a asignar el diafragma de cada piso:

Figura 21

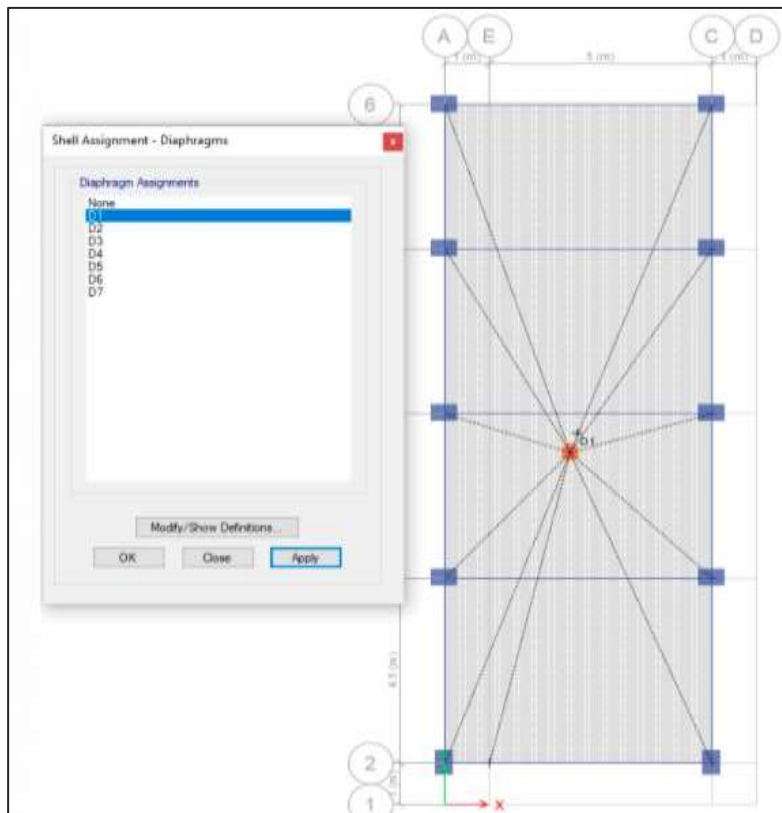
Asignación de diafragmas de cada piso de la edificación



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 22

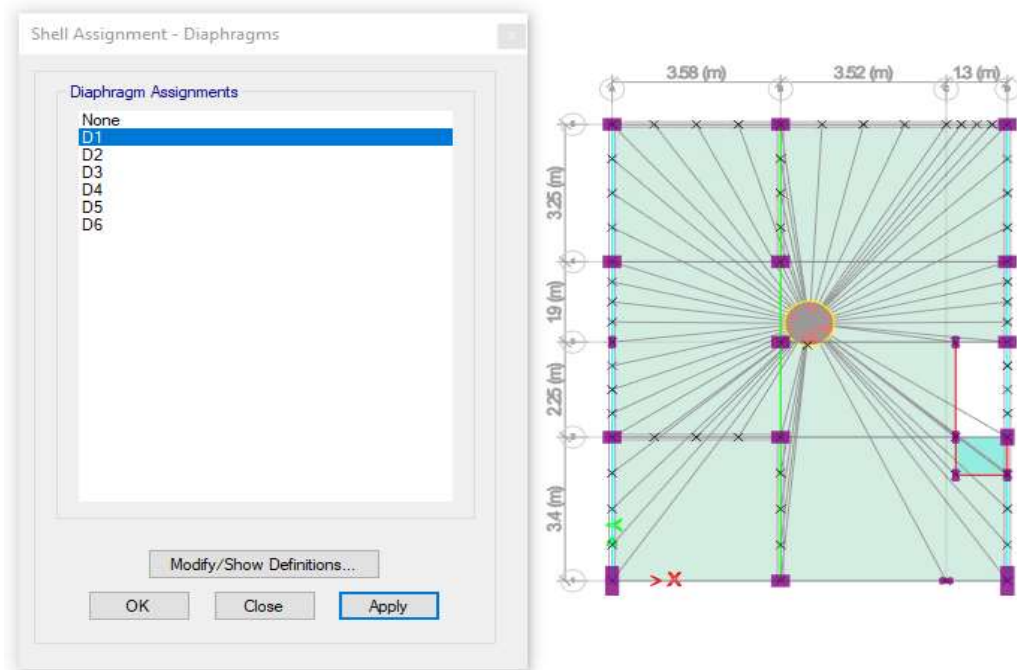
Diafragma de Primer piso de la edificación A (D1)



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 23

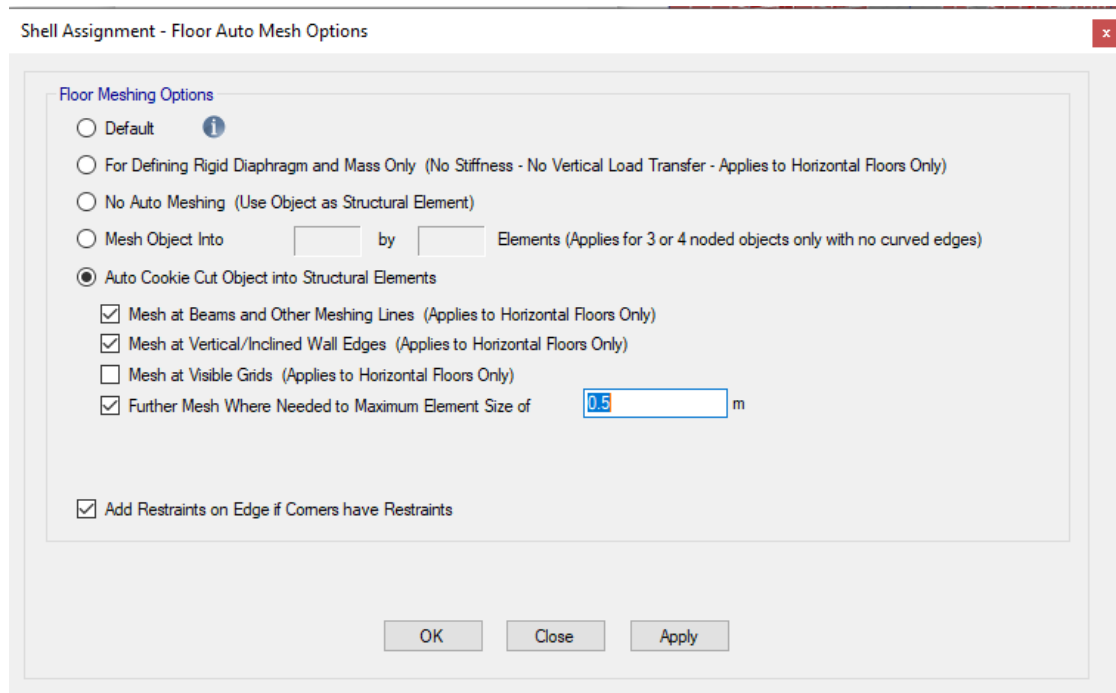
Diafragmas del Segundo piso de la edificación B (D1)



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 24

Mallado de losas y muros a 0.5m



Nota: Captura software ETABS V18.

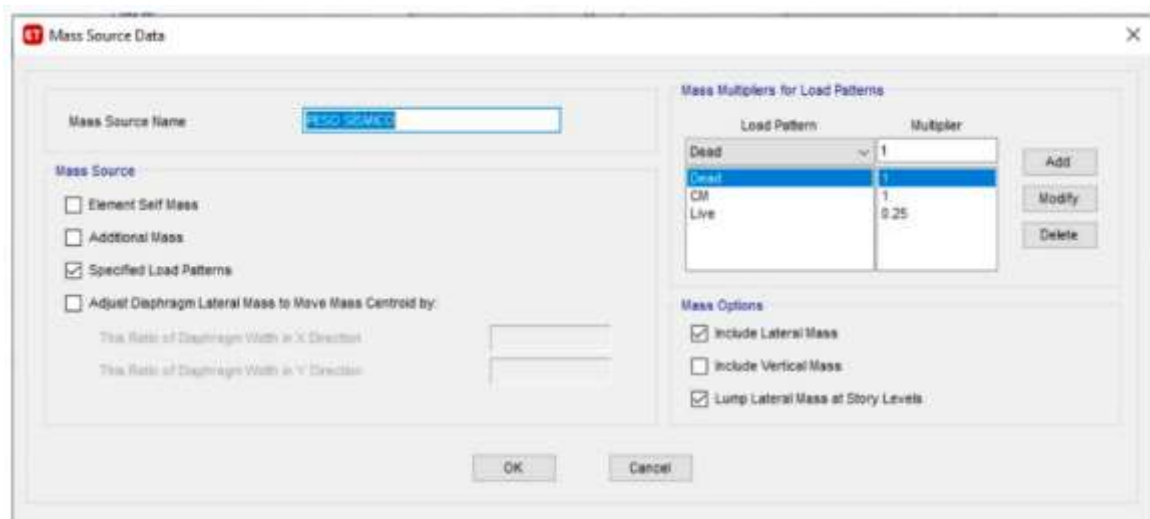
En lo que respecta al **peso sísmico (P)**, se calculará adicionando a la carga permanente y total de toda la edificación, un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.

Para nuestro estudio, vemos que la categoría C, toma el 100 % de la carga muerta más el 25 % de la carga viva, según el ítem 4.3.b de la Norma Sismorresistente E.030. Para estar en este apartado dentro del ETABS, vamos a los ítems “define”, “mass source”, y denotamos los datos en la siguiente ventana de trabajo:

Figura 25

Se ingresa peso sísmico (P), según consideraciones de la NTP E.030

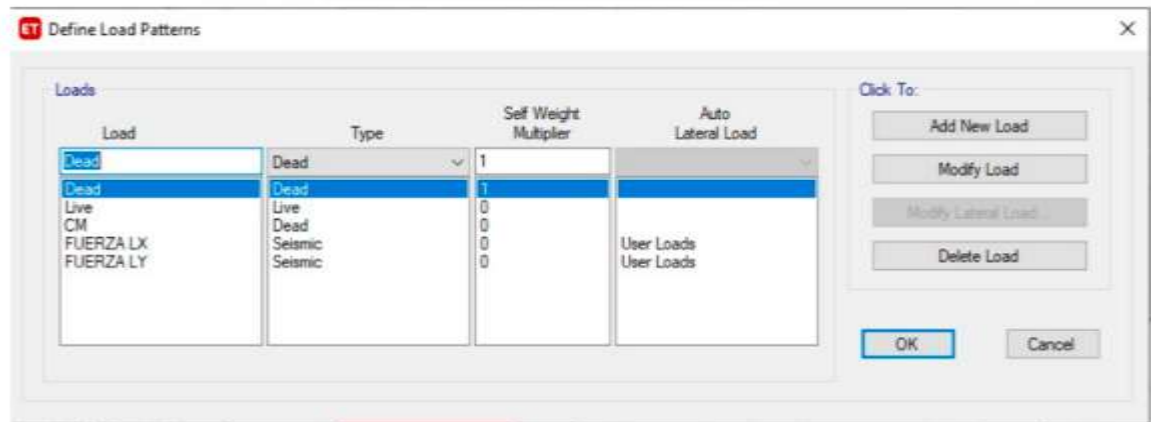


Nota: Captura software ETABS V18.

Para las definiciones de patrones de carga de la estructura, procedemos a ingresar en “define”, luego vamos a “load patters”, para determinar las condiciones propicias para el posterior cálculo:

Figura 26

Definición de los patrones de carga.



Nota: Captura software ETABS V18.

En los patrones de carga se indica el factor “1” para Dead para que el programa considere el peso propio de la estructura.

Accediendo uno de los patrones de carga a evaluar, procedemos a modificar en la opción “Modify Load”, donde se hace los ajustes pertinentes para la posterior evaluación de la carga sísmica.

Para definir las cargas laterales, para el análisis estático, el cual nos servirá para escalar el sismo dinámico en el caso de ser necesario, se procede a calcular la cortante basal

Para desarrollar una evaluación de **análisis estático**, debemos calcular la cortante basal (artículo 28 E.030) y luego hacer la distribución de la fuerza sísmica en altura (Según ítem 4.5.3 E.030). se hace mención que las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1

Fórmula para calcular la cortante basal.

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

Nota: Captura Norma E030.

Ecuación 2

Fórmula para la distribución de la fuerza sísmica por niveles

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$
$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Nota: Captura Norma E030.

Podemos considerar que el valor de “n” es el número de pisos de la edificación estudiada. El valor de “k” un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a los siguientes parámetros:

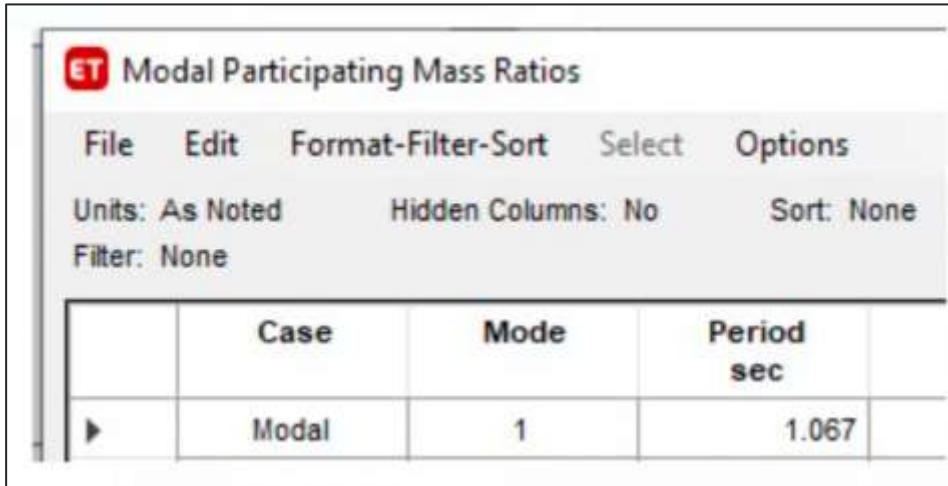
- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

Es necesario recalcar que, para el cálculo del periodo fundamental de la estructura, se puede aproximar según el ítem 4.5.4 de la norma E.030 o en nuestro caso que obtenemos el periodo fundamental de la estructura (T) del modelamiento en ETABS.

▪ **Edificio A:**

Figura 27

Periodo fundamental de la “Edificación A” ($T= 1.067s$)



Case	Mode	Period sec
Modal	1	1.067

Nota: Captura software ETABS V18.

Para el valor del periodo fundamenta “T” de 1.067 s, corresponde un coeficiente “C” de 1.40581, “K” de 1.2835.

Tabla 12

Coefficientes para calcular la cortante basal “Edificación A”

T=	1.067
C=	1.40581
Z=	0.35
U=	1
S=	1.15
R=	6

Nota: Calculo de los Indicadores.

Se procede a verificar que el valor de C/R no deberá considerarse menor que 0.125; para nuestro modelo (Edificación A) cumple porque el valor de C/R= 0.234.

Una vez realizados los cálculos aplicando la ecuación 1, tenemos un valor de **59.2076 (tnf)** para la cortante basal, para el análisis estático, el peso sísmico total de la edificación es de **627.8213 (tnf)**; la cual será distribuida en niveles según lo especifica la norma E.030.

Tabla 13

Peso sísmico y distribución de fuerzas por niveles "Edificación A"

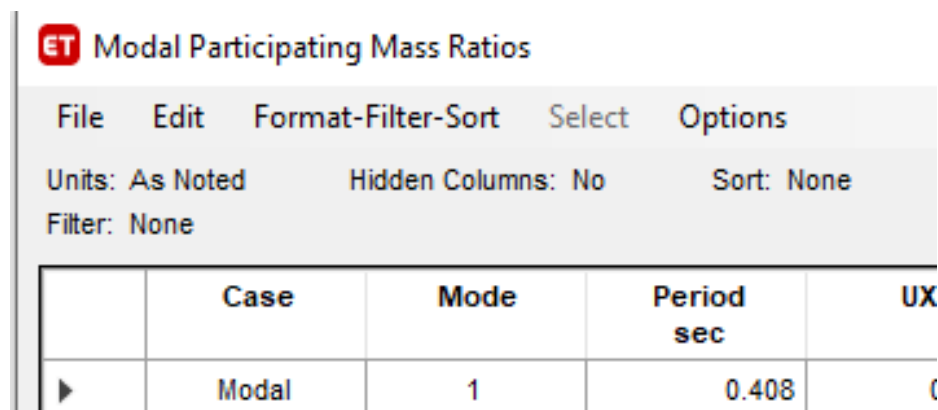
NIVEL	Altura (h)m	Peso (Tonf)	$p \cdot h^k$	α_i	Fi (tonf)
PISO 7	21.93	88.3368	4649.0578	0.254	15.02540
PISO 6	19.26	87.6447	3904.6481	0.213	12.61952
PISO 5	16.59	87.1110	3204.3949	0.175	10.35636
PISO 4	13.92	87.5870	2572.1759	0.140	8.31307
PISO 3	11.25	91.5580	2045.7404	0.112	6.61168
PISO 2	8.35	104.2633	1588.9710	0.087	5.13543
PISO 1	3.15	81.3205	354.6349	0.019	1.14615
Totales	$\Sigma =$	627.82132	18319.623		59.5076

Nota: Calculo de los Indicadores.

▪ **Edificio B:**

Figura 288

Periodo fundamental de la "Edificación B" ($T = 0.408$ s)



ET Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

	Case	Mode	Period sec	UX
▶	Modal	1	0.408	(

Nota: Captura software ETABS V18.

Para el valor del periodo fundamental "T" de 0.408 s, corresponde un coeficiente "C" de 2.5, "K" de "1".

Tabla 14
Coeficientes para calcular la cortante basal “Edificación B”

T=	0.408
C=	2.5
Z=	0.35
U=	1
S=	1.15
R=	3

Nota: Cálculo de los Indicadores.

Se procede a verificar que el valor de C/R no deberá considerarse menor que 0.125; para nuestro modelo (edificación B) cumple porque el valor de $C/R = 0.833$. Una vez realizados los cálculos aplicando la ecuación 1, tenemos un valor de **212.7149 (tnf)** para la cortante basal, para el análisis estático, el peso sísmico total de la edificación es de **634.1811 (tnf)**; la cual será distribuida en niveles según lo especifica la norma E.030.

Tabla 15
Peso sísmico y distribución de fuerzas por niveles “Edificación B”

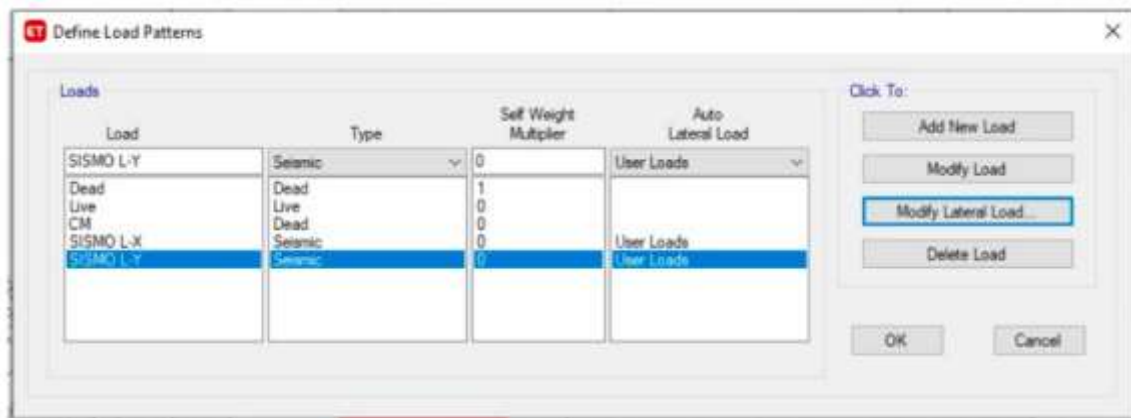
NIVEL	Altura (h)m	Peso (tnf)	$p \cdot h^k$	α_i	Fi (tnf)
PISO 6	18,67	102.028	1904.863	0.269	57.20837
PISO 5	15,77	102.028	1608.980	0.227	48.32218
PISO 4	12,87	102.028	1313.100	0.185	39.43609
PISO 3	9,97	102.028	1017.219	0.144	30.54995
PISO 2	7,07	102.028	721.337	0.102	21.66378
PISO 1	4,17	124.041	517.252	0.073	15.53454
Totales	$\Sigma =$	634.1811	7082.752		212.7149

Nota: Cálculo de los Indicadores.

Después de tener los cálculos de las fuerzas para cada nivel se introduce estas cargas al software ETABS en los *Load Patterns*.

Figura 29


Definición de Fuerza Sísmica lateral para “X” y “Y”



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 30

Fuerzas laterales en eje X por niveles de “edificación A”


 User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
PISO 7	D7	15.0254	0	0
PISO 6	D6	12.6195	0	0
PISO 5	D5	10.3564	0	0
PISO 4	D4	8.3131	0	0
PISO 3	D3	6.6117	0	0
PISO 2	D2	5.1354	0	0
PISO 1	D1	1.1462	0	0

Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 31

Fuerzas laterales en eje Y por niveles de “edificación A”

ET User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
PISO 7	D7	0	15.0254	0
PISO 6	D6	0	12.6195	0
PISO 5	D5	0	10.3564	0
PISO 4	D4	0	8.3131	0
PISO 3	D3	0	6.6117	0
PISO 2	D2	0	5.1354	0
PISO 1	D1	0	1.1462	0

Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 32

Fuerzas laterales en eje X por niveles de “edificación B”

ET User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
PISO 6	D6	57.2084	0	0
PISO 5	D5	48.3222	0	0
PISO 4	D4	39.4361	0	0
PISO 3	D3	30.5499	0	0
PISO 2	D2	21.6638	0	0
PISO 1	D1	15.5345	0	0

Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 33

Fuerzas laterales en eje Y por niveles de “edificación B”

ET User Seismic Loads on Diaphragms

Number of Load Sets

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
PISO 6	D6	0	57.2084	0
PISO 5	D5	0	48.3222	0
PISO 4	D4	0	39.4361	0
PISO 3	D3	0	30.5499	0
PISO 2	D2	0	21.6638	0
PISO1	D1	0	15.5345	0

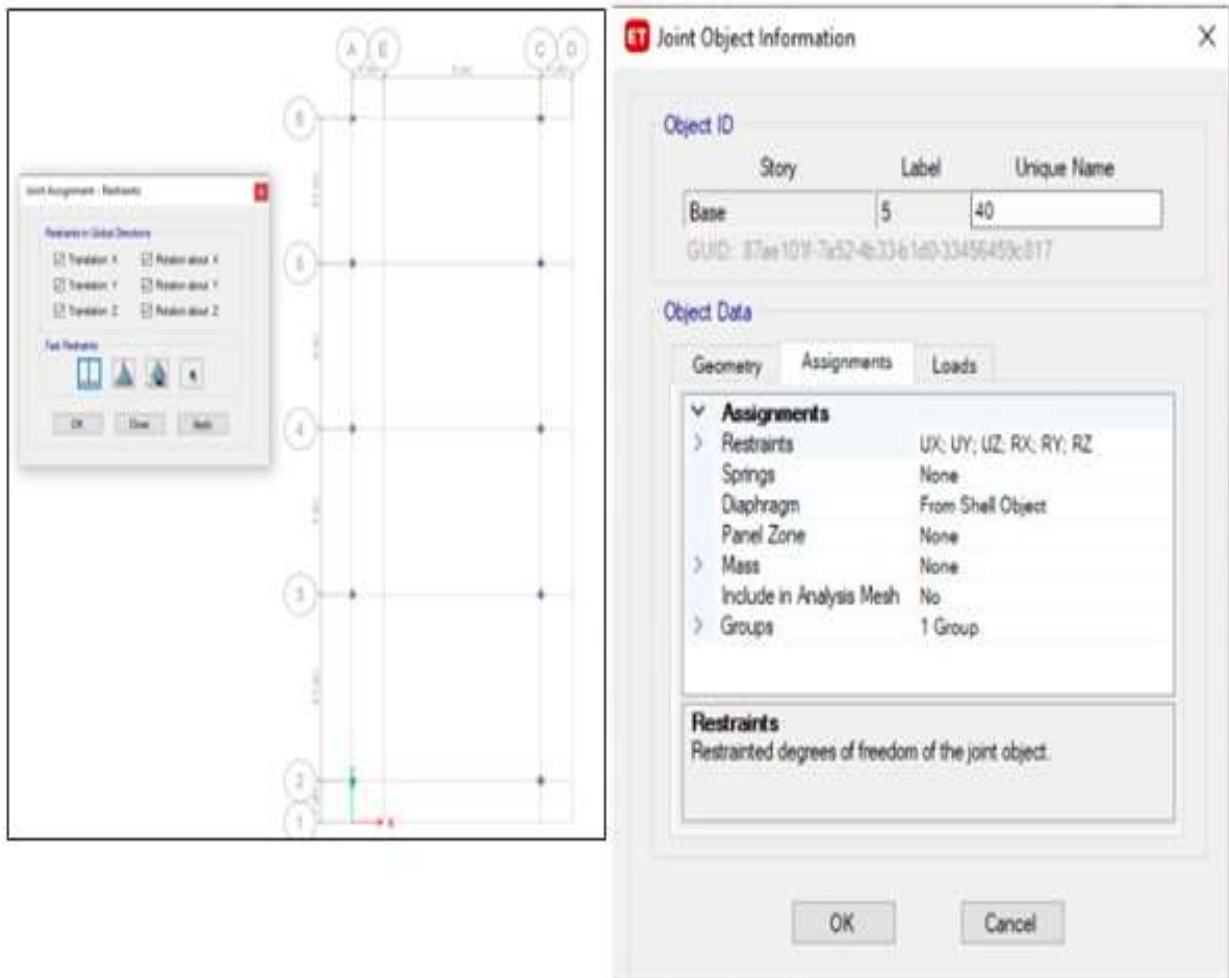
Nota: Captura software ETABS V18.

Luego de asignar las cargas laterales de sismo para el análisis estático de fuerzas equivalentes en la dirección X y en la dirección Y, para los edificios en estudio, se procede a definir las restricciones que tendrá cada edificación.

Dentro del software, se evalúa también las restricciones propias del análisis computacional, donde se hace una evaluación de los empotramientos en las bases, para evitar cálculos incorrectos. Ingresamos en “Assign”, “Joint”, “Restreints”, donde nos devuelve la ventana siguiente.

Figura 34

Asignación de restricciones en la base “edificación A”

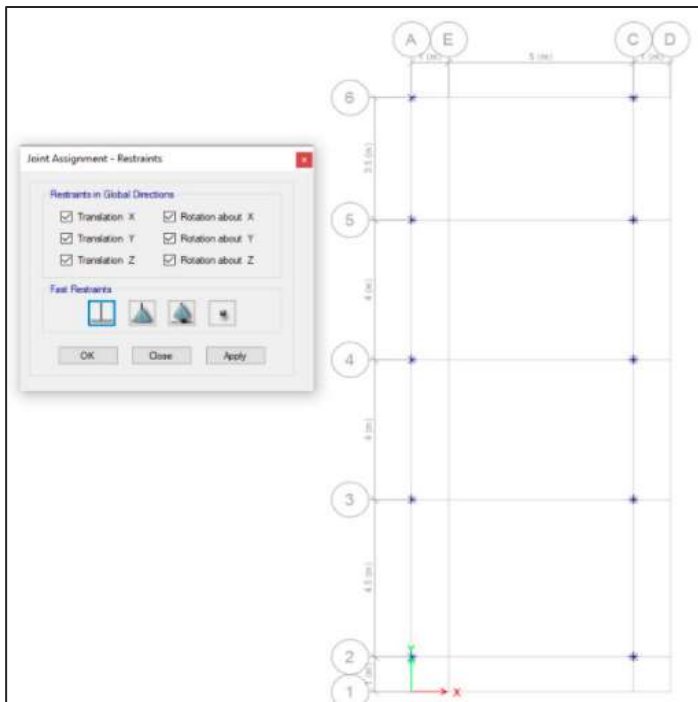


Nota: Captura software ETABS V18.

Como se muestra en la figura 34 la “edificación A”, tiene asignadas en la base de las columnas restricciones del tipo empotramiento, para la “edificación B” se aplica las mismas restricciones, esto nos permitirá hacer un correcto análisis de las estructuras en estudio.

Figura 35

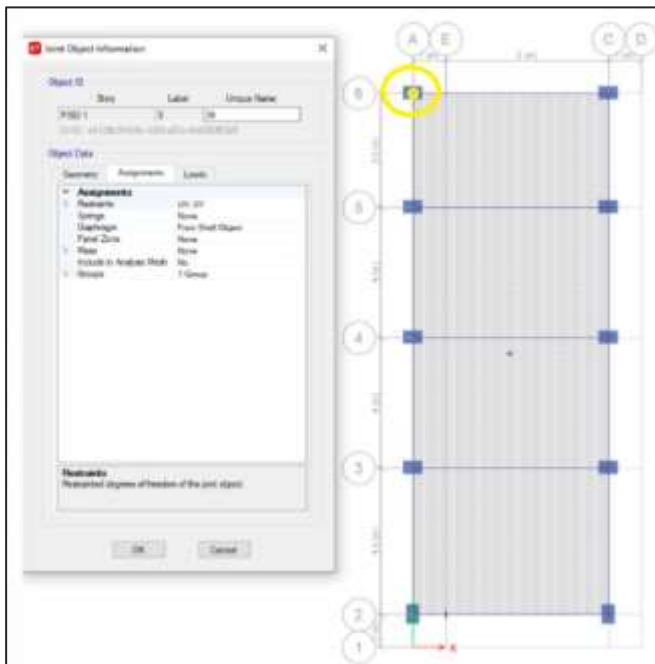
Ubicación de restricciones en la base “edificación A” (Vista en Planta)



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 36

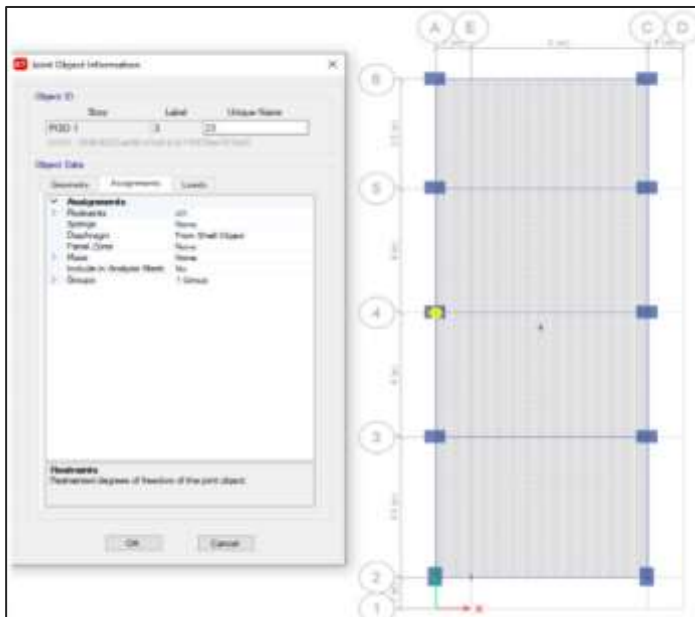
Ubicación de las restricciones eje 6-A en el primer piso edificación A



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 37

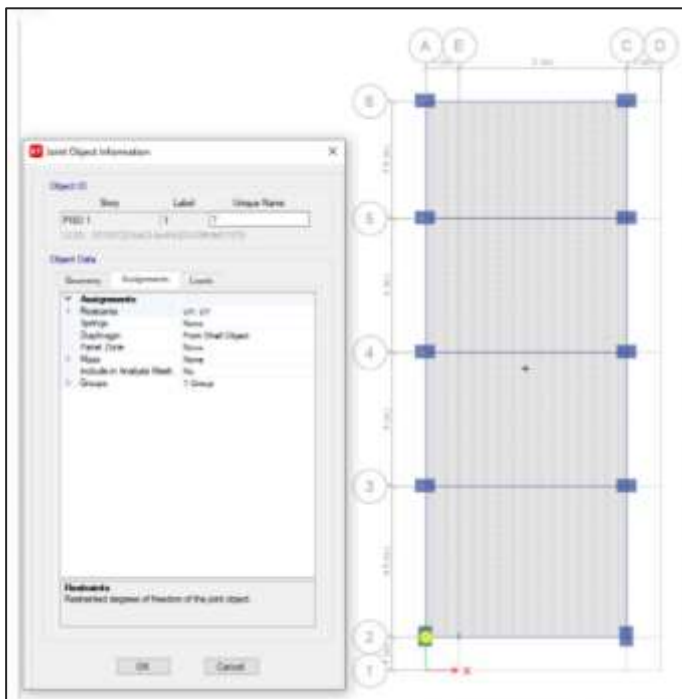
Ubicación de las restricciones eje 4-A en la primera edificación A



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 38

Ubicación de las restricciones eje 2-A en el primer piso edificación A



Nota: Captura software ETABS V18.

La edificación A, tiene asignadas restricciones en el “Piso 1” según se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

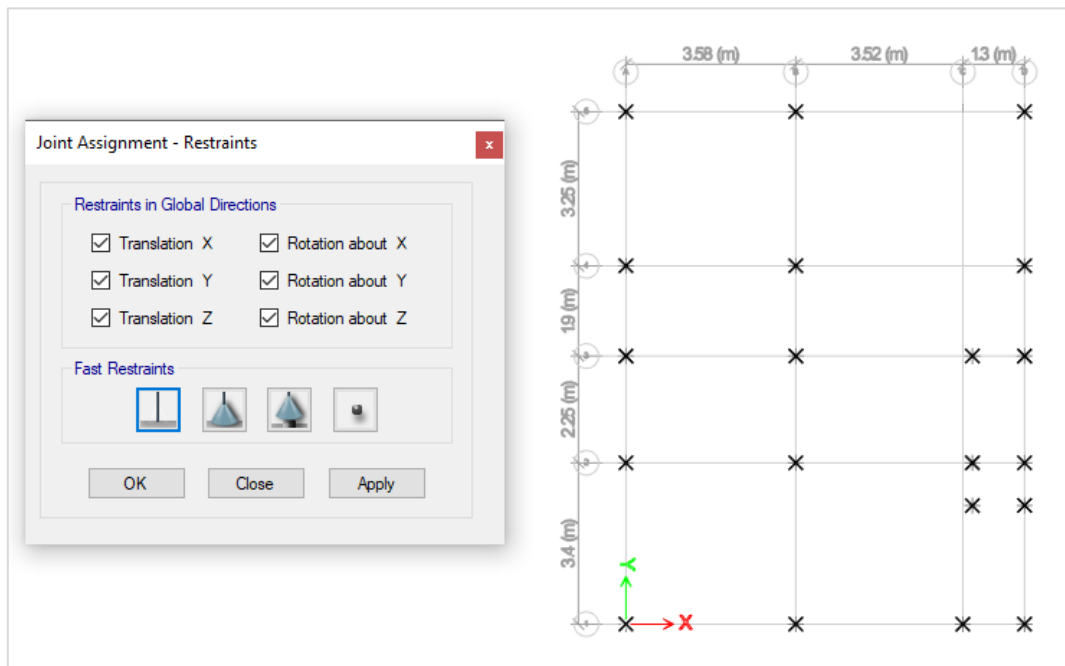
Tabla de restricciones por el confinamiento “Edificación A”

RESTRICCIONES POR EL CONFINAMIENTO EN 3 LADOS-PISO 1		
Restricción	EJE X	EJE Y
EJE 2-A	*	*
EJE 3-A	*	
EJE 4-A	*	
EJE 5-A	*	
EJE 6-A	*	*
EJE 2-C	*	*
EJE -6C	*	*

Nota: Las restricciones se ubican en el piso 1.

Figura 39

Asignación de restricciones en la base “edificación B”



Nota: Captura software ETABS V18.

Para el análisis **dinámico modal** espectral se determina en función de los modos de vibración de un sistema, que nos permite obtener el período y la forma de cada modo de vibración. Por forma del modo de vibración se entiende la relación de las amplitudes de desplazamiento de los distintos grados de libertad. Según la norma peruana sismorresistente E.030, en cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total. Por otro lado, dentro de la evaluación de la aceleración espectral se usa el espectro inelástico de pseudo aceleraciones definidos por la siguiente fórmula:

Ecuación 3

Fórmula las Pseudoaceleración (Sa)

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

Nota: Captura Norma E030.

Donde:

Tabla 17

Datos para la evaluación del análisis modal espectral “Edificación A”

DATOS PARA EVALUACIÓN	
Z (Factor de Zona)	0.35
U (Factor de Importancia)	1
C (Factor de amplificación sísmica)	Valor variable
S (Factor de suelo)	1.15
R (Coef. Reducción Final)	6
g (Gravedad) - m/s²	9.81

Nota: Cálculo de los investigadores.

Tabla 18
Espectro Pseudoaceleración (Sa/R) “Edificio A”

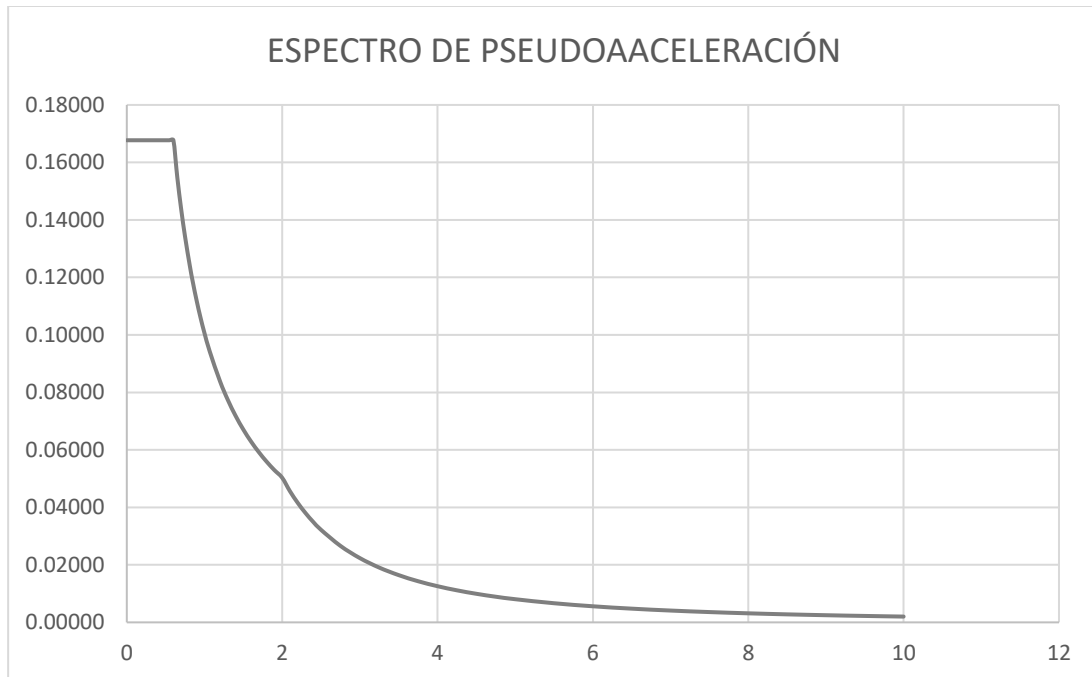
N°	T	Sa/R	N°	T	Sa/R
1	0.00	0.16771	32	1.50	0.06708
2	0.02	0.16771	33	1.60	0.06289
3	0.04	0.16771	34	1.70	0.05919
4	0.06	0.16771	35	1.80	0.05590
5	0.08	0.16771	36	1.90	0.05296
6	0.10	0.16771	37	2.00	0.05031
7	0.12	0.16771	38	2.10	0.04563
8	0.14	0.16771	39	2.20	0.04158
9	0.16	0.16771	40	2.30	0.03804
10	0.18	0.16771	41	2.40	0.03494
11	0.20	0.16771	42	2.50	0.03220
12	0.25	0.16771	43	2.75	0.02661
13	0.30	0.16771	44	3.00	0.02236
14	0.35	0.16771	45	3.25	0.01905
15	0.40	0.16771	46	3.50	0.01643
16	0.45	0.16771	47	3.75	0.01431
17	0.50	0.16771	48	4.00	0.01258
18	0.55	0.16771	49	4.25	0.01114
19	0.60	0.16771	50	4.50	0.00994
20	0.65	0.15481	51	4.75	0.00892
21	0.70	0.14375	52	5.00	0.00805
22	0.75	0.13417	53	5.50	0.00665
23	0.81	0.12408	54	6.00	0.00559
24	0.85	0.11838	55	6.50	0.00476
25	0.90	0.11181	56	7.00	0.00411
26	0.95	0.10592	57	7.50	0.00358
27	1.00	0.10063	58	8.00	0.00314
28	1.07	0.09431	59	8.50	0.00279
29	1.20	0.08385	60	9.00	0.00248
30	1.30	0.07740	61	9.50	0.00223
31	1.40	0.07188	62	10.00	0.0020125

Nota: Cálculo de los investigadores.

Del cálculo en la tabla 18, y acorde a los periodos de cálculo, podemos determinar la gráfica de periodo (T) vs espectro de Pseudoaceleración (Sa/R), la cual vemos a continuación:

Figura 40

Gráfica de Periodos (T) vs Pseudoaceleración (Sa/R). Edificación A

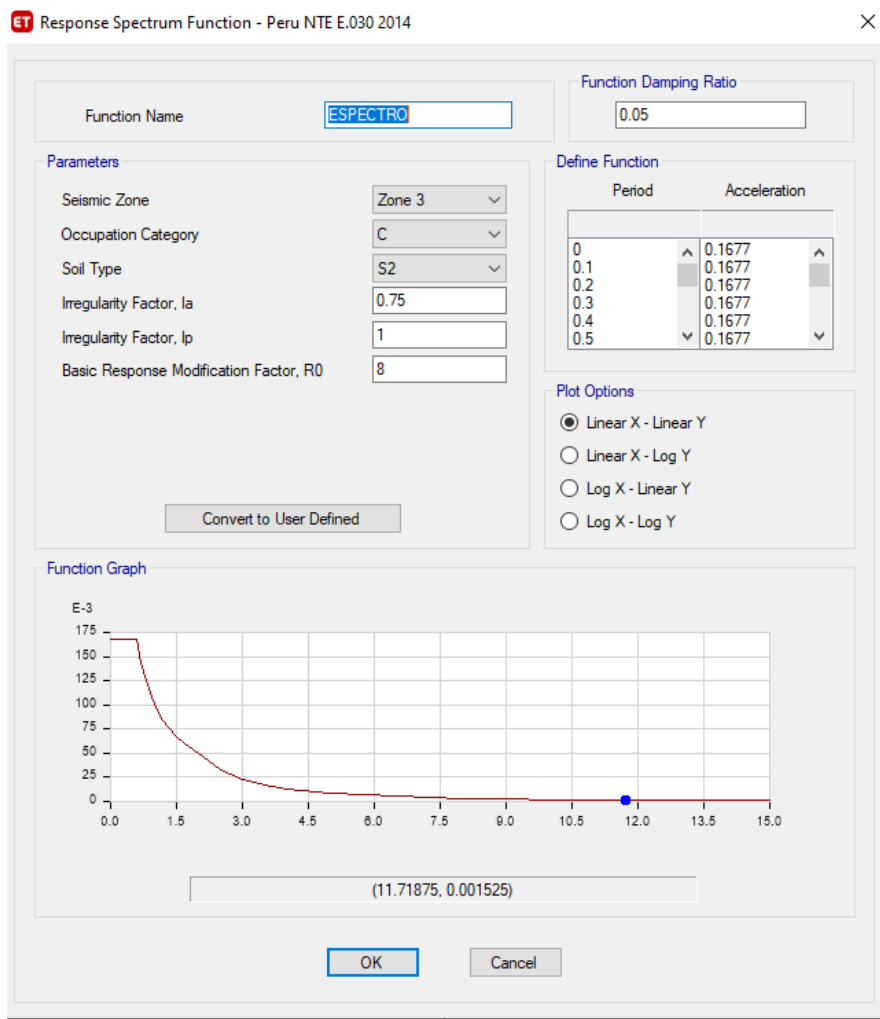


Nota: Cálculo de los investigadores.

De la tabla 18 podemos comprobar los datos con el uso del software de trabajo ETABS, ingresando “Define”, “Functions”, “Response Spectrum”; de esta manera se valida los cálculos realizados, se puede importar el espectro o definir directamente en el programa ETABS, los resultados numéricos para el pseudoaceleraciones son iguales tal como se aprecia en la figura 41.

Figura 41

Definición espectro de Pseudoaceleración en ETABS “Edificación A”



Nota: Captura software ETABS V18.

Tabla 19

Datos para la evaluación del análisis modal espectral “Edificación B”

DATOS PARA EVALUACIÓN	
Z (Factor de Zona)	0.35
U (Factor de Importancia)	1
C (Factor de amplificación sísmica)	Valor variable
S (Factor de suelo)	1.15
R (Coef. Reducción Final)	6
g (Gravedad) - m/s²	9.81

Nota: Cálculo de los investigadores.

Tabla 20

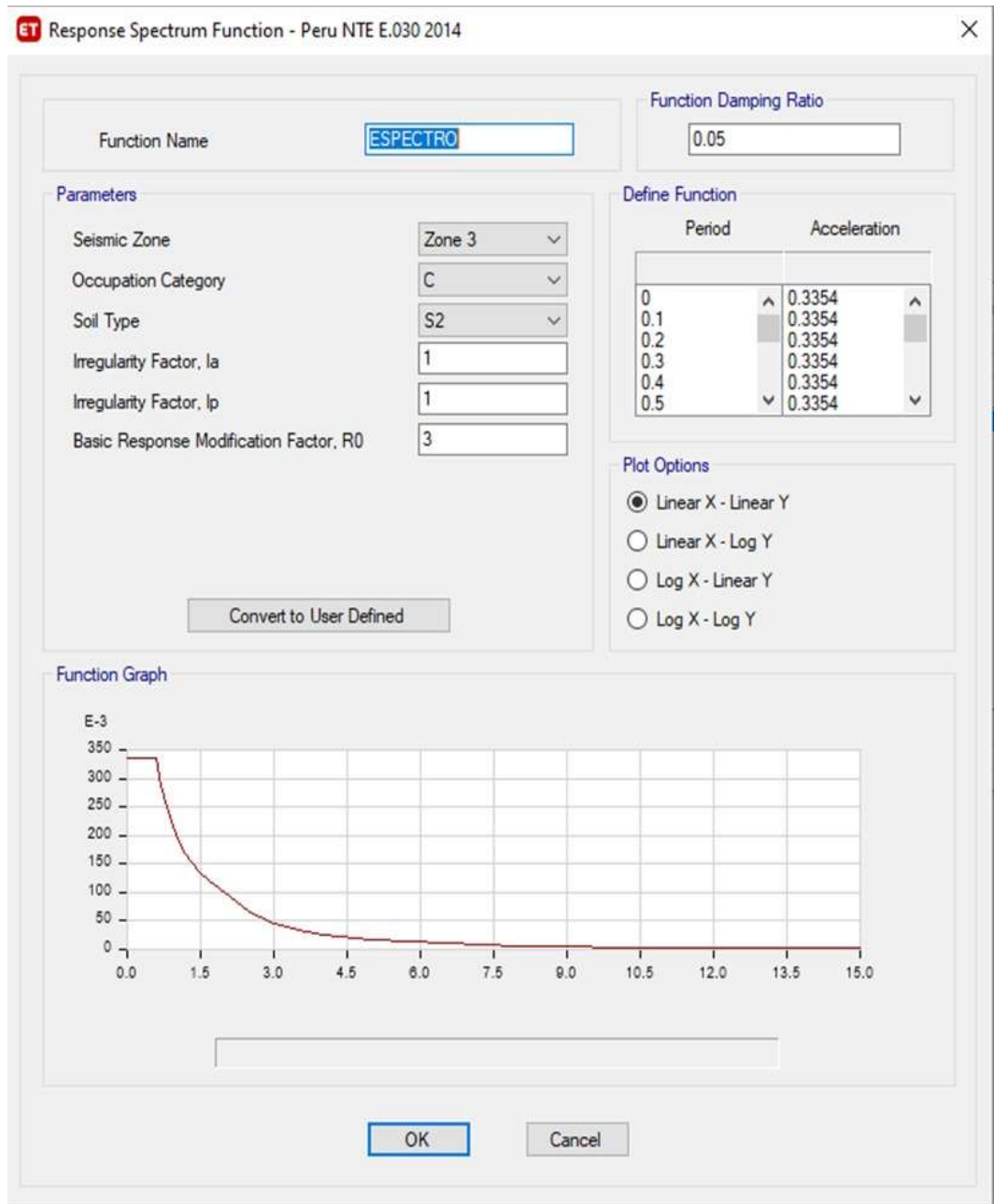
Espectro Pseudoaceleración (Sa/R) “Edificio B”

N°	T	Sa/R	N°	T	Sa/R
1	0.00	0,33542	32	1.50	0,13417
2	0.02	0,33542	33	1.60	0,12578
3	0.04	0,33542	34	1.70	0,11838
4	0.06	0,33542	35	1.80	0,11181
5	0.08	0,33542	36	1.90	0,10592
6	0.10	0,33542	37	2.00	0,10063
7	0.12	0,33542	38	2.10	0,09127
8	0.14	0,33542	39	2.20	0,08316
9	0.16	0,33542	40	2.30	0,07609
10	0.18	0,33542	41	2.40	0,06988
11	0.20	0,33542	42	2.50	0,06440
12	0.25	0,33542	43	2.75	0,05322
13	0.30	0,33542	44	3.00	0,04472
14	0.35	0,33542	45	3.25	0,03811
15	0.40	0,33542	46	3.50	0,03286
16	0.45	0,33542	47	3.75	0,02862
17	0.50	0,33542	48	4.00	0,02516
18	0.55	0,33542	49	4.25	0,02228
19	0.60	0,33542	50	4.50	0,01988
20	0.65	0,30962	51	4.75	0,01784
21	0.70	0,28750	52	5.00	0,01610
22	0.75	0,26833	53	5.50	0,01331
23	0.81	0,24815	54	6.00	0,01118
24	0.85	0,23676	55	6.50	0,00953
25	0.90	0,22361	56	7.00	0,00821
26	0.95	0,21184	57	7.50	0,00716
27	1.00	0,20125	58	8.00	0,00629
28	1.07	0,18295	59	8.50	0,00557
29	1.20	0,16771	60	9.00	0,00497
30	1.30	0,15481	61	9.50	0,00446
31	1.40	0,14375	62	10.00	0,00403

Nota: Cálculo de los investigadores.

Figura 42

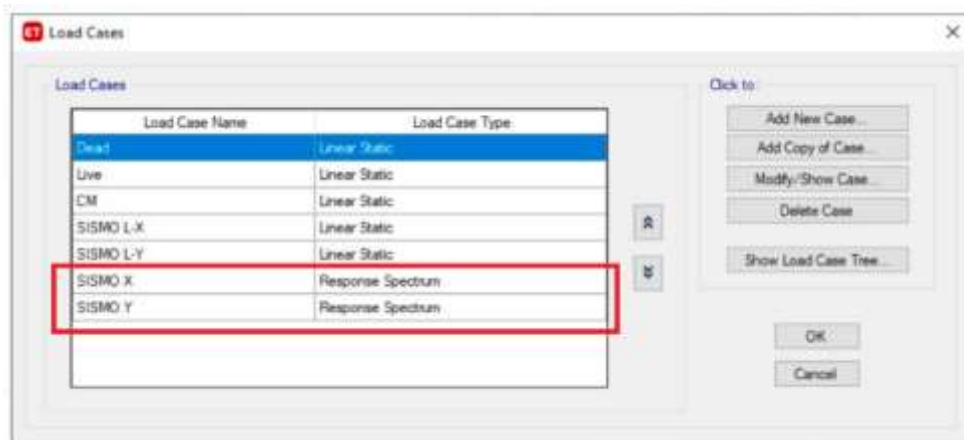
Definición espectro de Pseudoaceleración en ETABS “Edificación B”



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 43

Definición del caso de carga SISMO X, SISMO Y. (respuesta espectral)

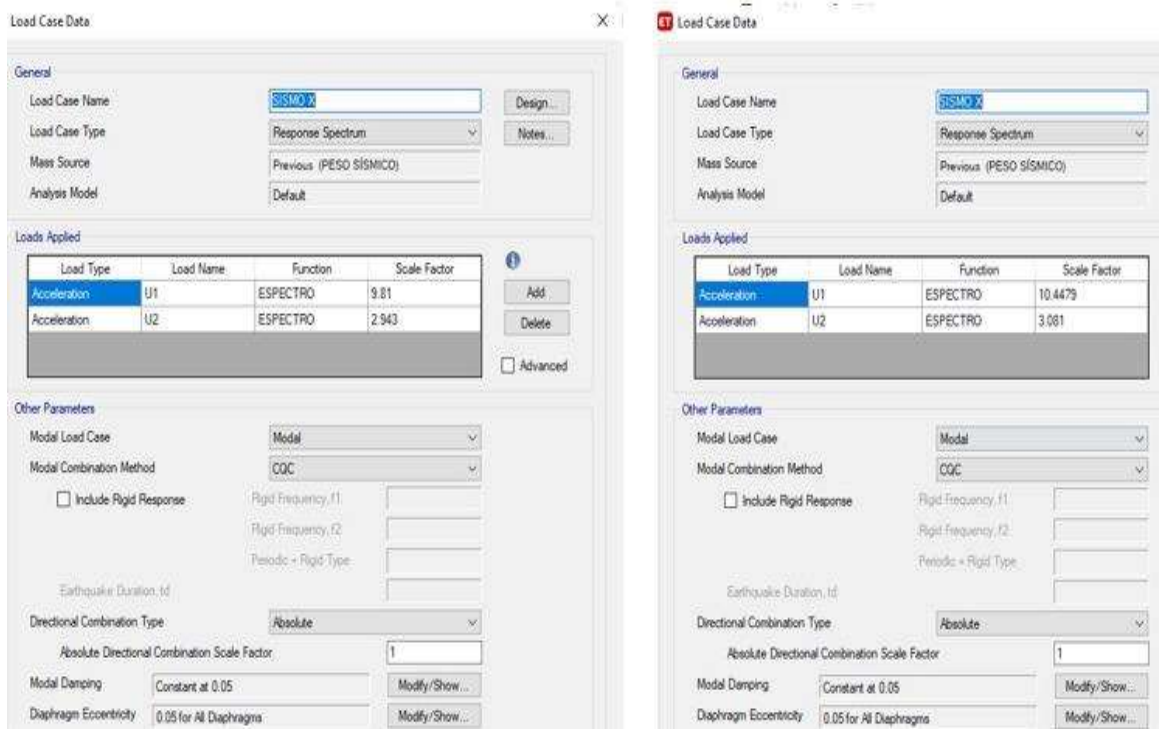


Nota: Captura software ETABS V18.

Una vez analizado el periodo (T) vs la pseudoaceleración (Pa), determinamos en el software, los casos de carga, que nos determinan sismo en X, 100% en la dirección de análisis y 30% en la otra dirección. De igual manera, sismo en Y, 100% en la dirección de análisis y 30% en la otra dirección, considerando que U1=X; U2=Y para el análisis.

Figura 44

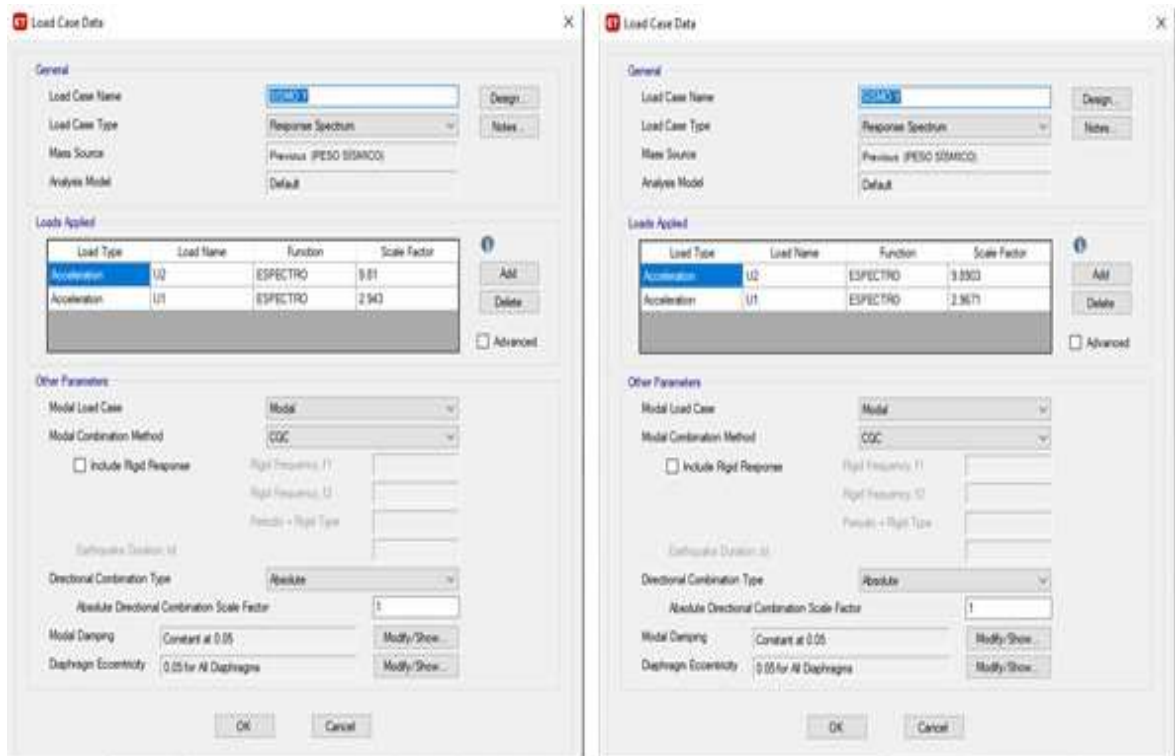
Casos de carga, "Sismo en X". Edificio A y B



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 45

Casos de carga, “Sismo en Y”. Edificio A y B



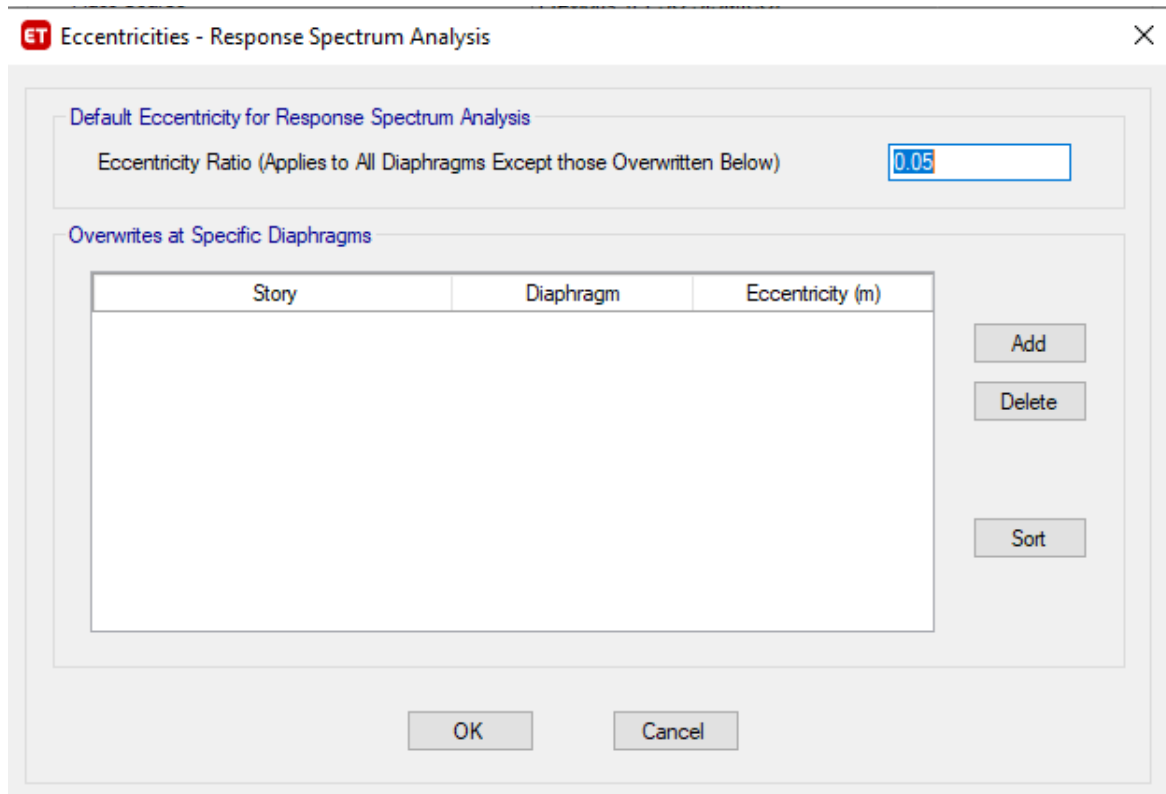
Nota: Captura software ETABS V18.

Para el “edificio B”, se ha escalado para cumplir con la cortante mínima del 80% de la cortante estática.

La excentricidad accidental (Efectos de torsión) según el ítem 4.6.5 norma E.030, en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

Figura 46

Excentricidad accidental de 0.05 para la dirección “X” y “Y”



Nota: Captura software ETABS V18.

Ahora, para la verificación de irregularidad en Altura (Ia), para la correcta verificación de la irregularidad en altura que se presenta en el “edificio A”, es necesario verificar las condiciones de rigidez del piso evaluado, donde la Norma E030 considera que la rigidez lateral del piso 2 es menor al 70 %, que la rigidez lateral del piso 3, cumpliéndose la condición para tomar el factor de irregularidad (0.75), en cualquiera de las direcciones (Tabla 8, artículo 20, E030, Norma Sismorresistente), las cuales podemos ver en la siguiente tabla de rigideces por niveles:

Tabla 21
Evaluación de Rigideces por Niveles

Piso	Rigidez por Nivel ("X") tnf/m	CONDICIÓN
PISO 7	4660.795	
PISO 6	6118.423	
PISO 5	6563.697	
PISO 4	6666.740	
PISO 3	6120.203	
PISO 2	4049.639	IRREGULAR EN ALTURA
PISO 1	0000.000	
TOTAL	$\Sigma=34179.497$	

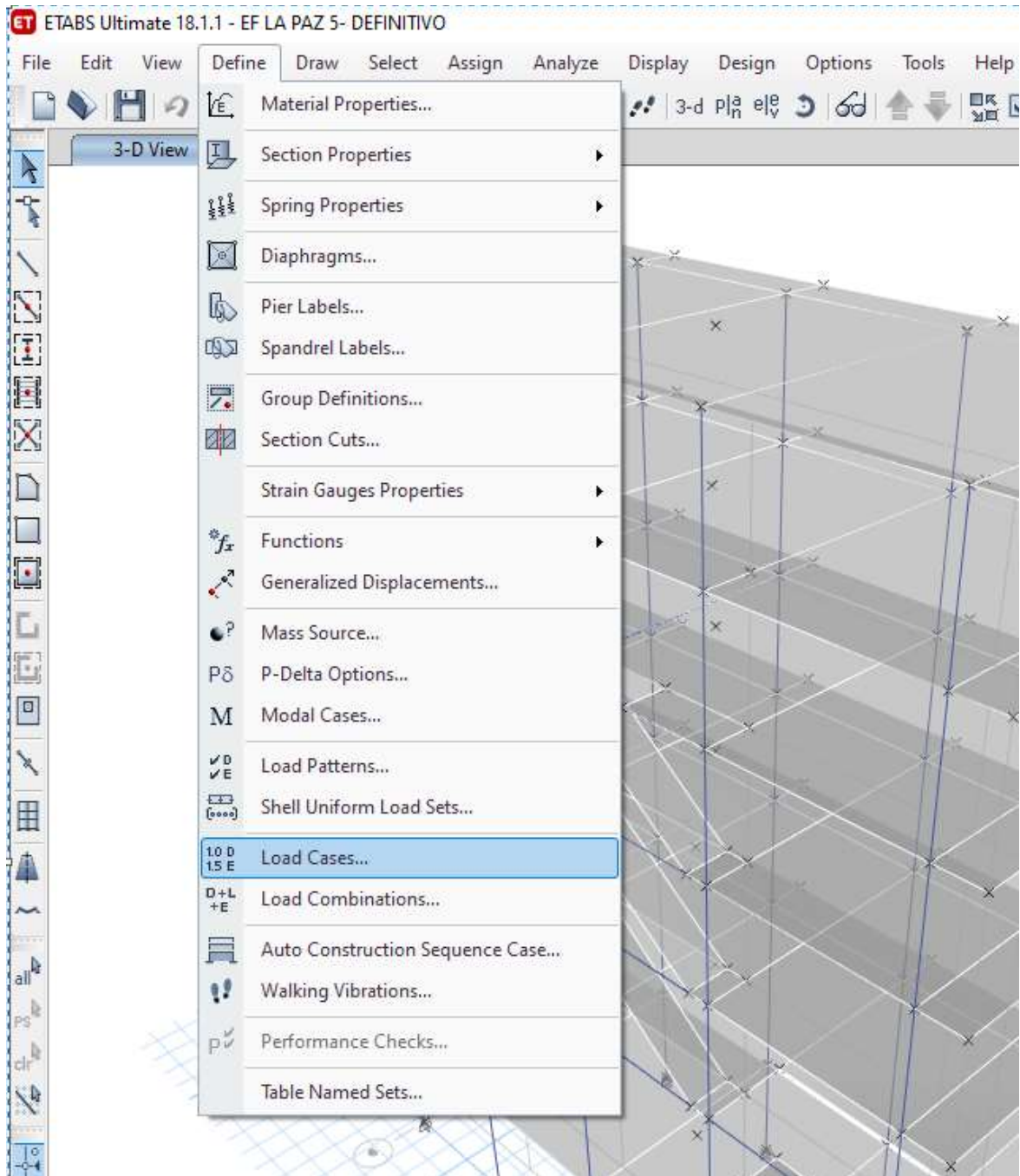
Nota: Cálculo de software ETABS V18 V18.

Para hacer la verificación del comportamiento lineal y no lineal de los elementos estructurales ante las solicitaciones sísmicas estáticas y dinámicas, se procede a incluir los efectos P-Delta en el modelamiento de la estructura, esto nos permitirá evaluar los datos para cada indicador que se plantea en este estudio, con las particularidades de cada edificación; recordando que el edificio A presenta irregularidad en altura (irregularidad de piso blando); mientras el edificio B es completamente regular.

Para ejecutar el comando de los efectos de segundo orden o efecto P-Delta en el software ETABS, procedemos del siguiente modo:

Figura 47

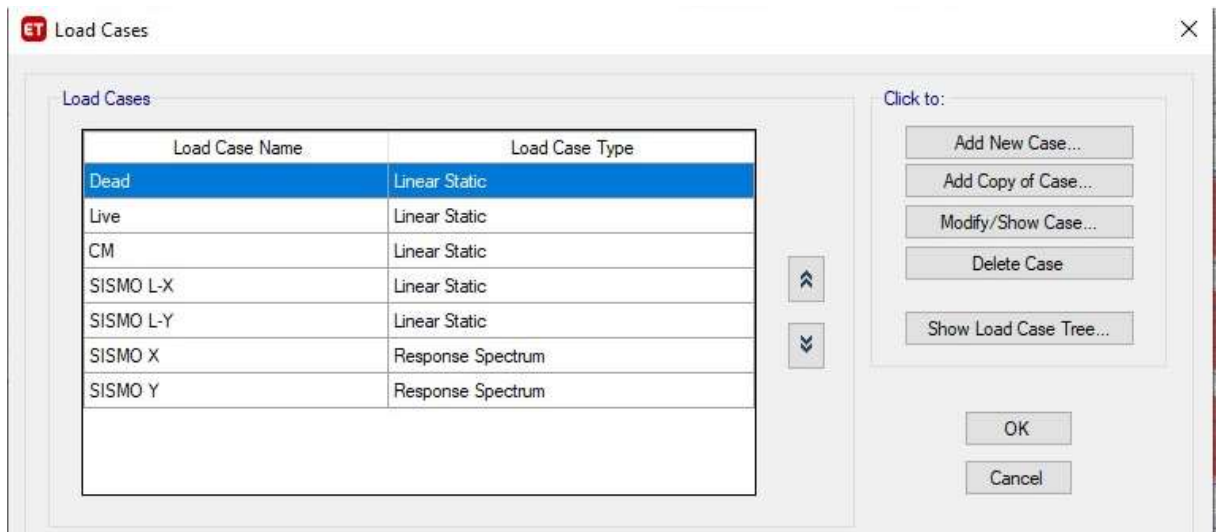
Inclusión del Efecto P-Delta



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 48

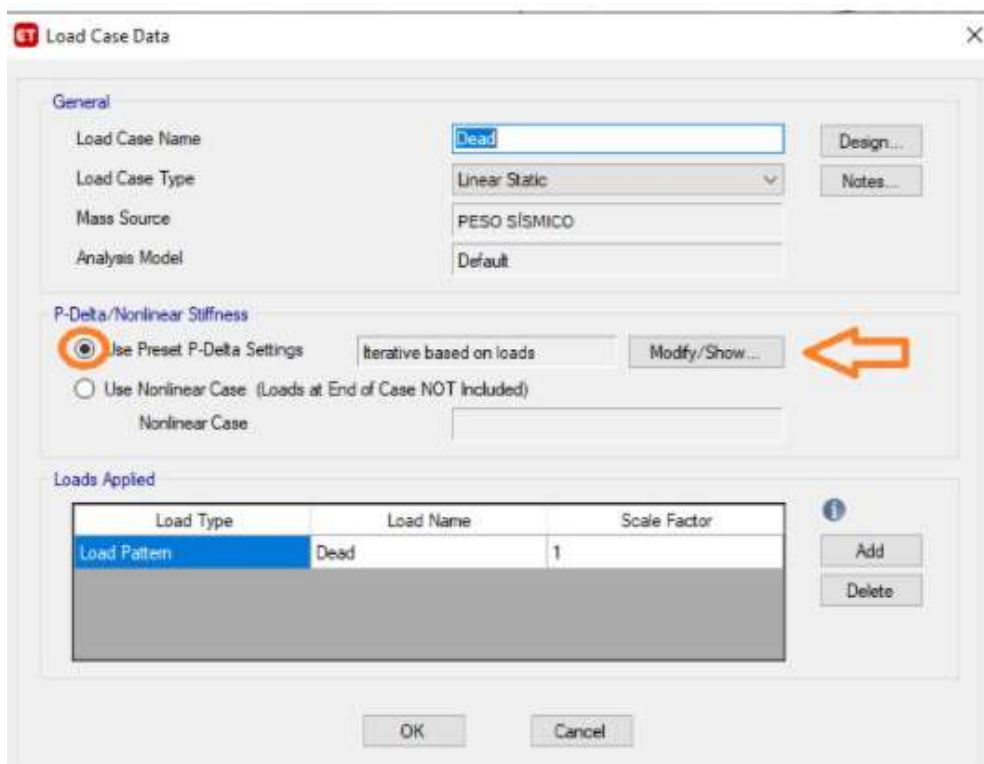
Asignamos las cargas para el análisis



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 49

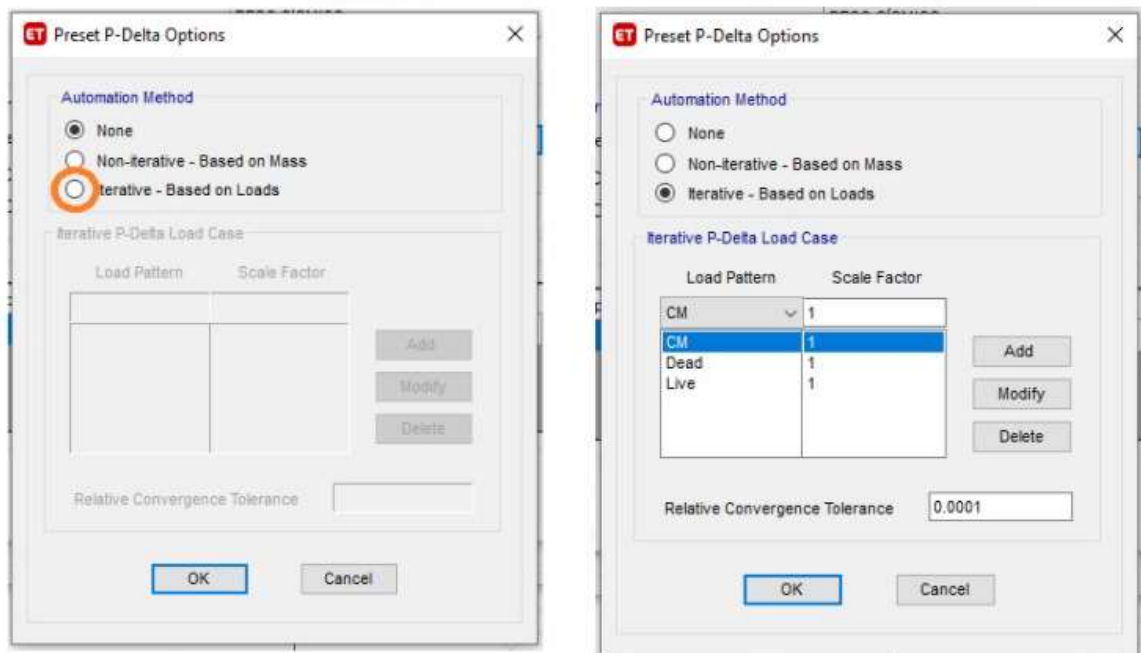
Modificamos los datos del load case



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 49

Determinamos los datos para el Efecto P-Delta



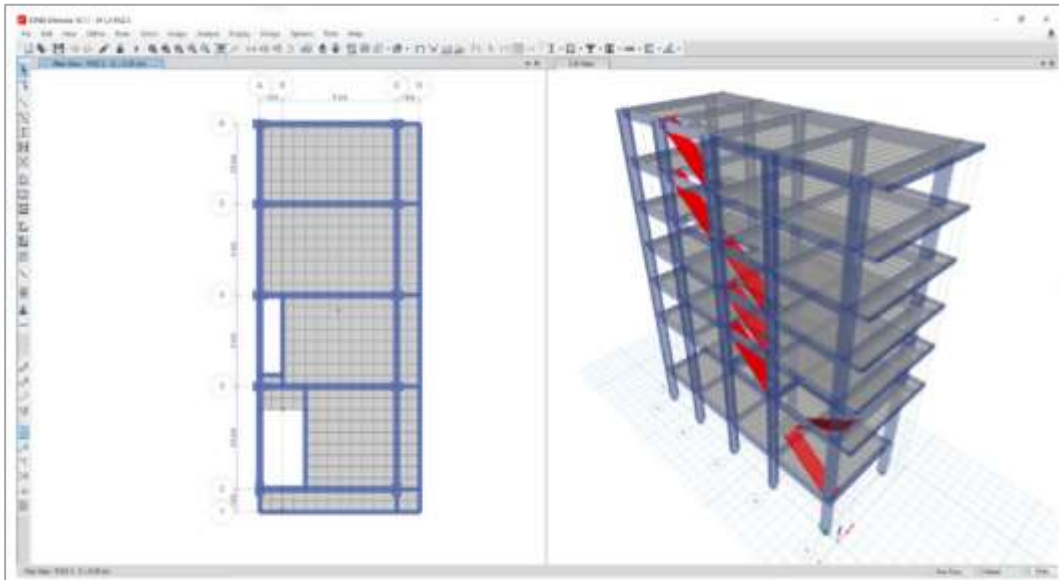
Nota: Captura software ETABS V18.

En la figura 50 podemos definir los correspondientes factores de escala y los patrones de carga como es: "dead" (Tomado como peso propio de la estructura) que es igual al 100 %, donde el efecto P-Delta será considerado para la carga total. El peso de la CM (Que se considerará como tabiquería y acabados), que será considerado para la carga total a un 100 % y, por último, 100 % de la carga viva (Live).

Para nuestro estudio, el efecto P-Delta se incluye en los (load patterns), para posteriormente utilizarlos en los casos de carga o combinaciones de carga según la necesidad de datos requeridos, (modos, desplazamientos, distorsión, momentos, cortante basal). Nuestro estudio muestra y explica de manera simplificada el proceso de inclusión de los efectos P-Delta en la estructura para luego analizar los resultados en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado.

Figura 50

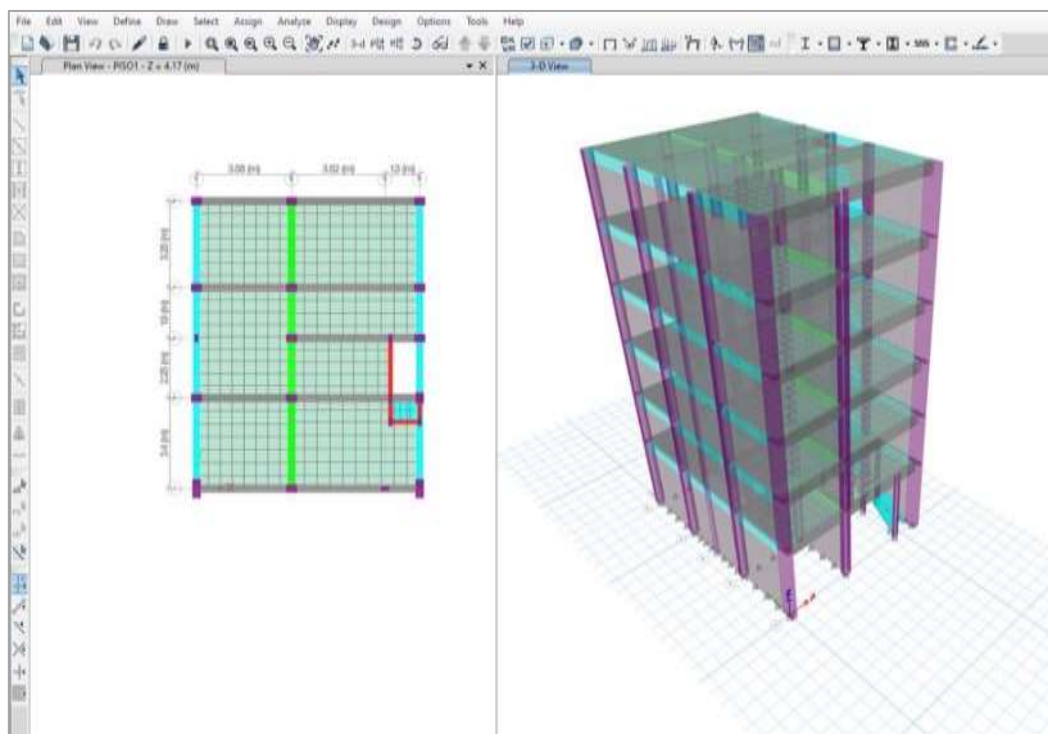
Modelación completa "Edificio A"



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 51

Modelación completa "Edificio B"



Nota: Captura software ETABS V18.

2.9.5. Etapa V: Detalle de los cálculos encontrados

Evaluación del periodo fundamental

El periodo fundamental de vibración del “edificio A/B” para nuestro análisis estructural nos sirve como un dato o parámetro clave para ver el comportamiento sísmico, cuyos valores podemos ver en la tabla 22, sin y con efecto P-Delta.

Tabla 22

Periodo fundamental / Periodo, con y sin efecto P-Delta “Edificio A”

Sin Efecto P-Δ			Con Efecto P-Δ		
Caso	Modo	Periodo Fundamental	Caso	Modo	Periodo Fundamental
Modal	1	1.067	Modal	1	1.083
T	Modo	Periodo	Caso	Modo	Periodo
Modal	2	0.895	Modal	2	0.905
Modal	3	0.663	Modal	3	0.669
Modal	4	0.309	Modal	4	0.312
Modal	5	0.254	Modal	5	0.255
Modal	6	0.168	Modal	6	0.168
Modal	7	0.151	Modal	7	0.152
Modal	8	0.124	Modal	8	0.125
Modal	9	0.098	Modal	9	0.098
Modal	10	0.090	Modal	10	0.090
Modal	11	0.074	Modal	11	0.074
Modal	12	0.059	Modal	12	0.060
Modal	13	0.056	Modal	13	0.056
Modal	14	0.048	Modal	14	0.048
Modal	15	0.043	Modal	15	0.044
Modal	16	0.040	Modal	16	0.040
Modal	17	0.038	Modal	17	0.038
Modal	18	0.031	Modal	18	0.031
Modal	19	0.027	Modal	19	0.027
Modal	20	0.017	Modal	20	0.017
Modal	21	0.013	Modal	21	0.013

Nota: Cálculo de software ETABS V18. Unidades en seg.

Se determina que la presencia del efecto P-Delta, es significativa para la evaluación del periodo fundamental dentro del análisis lineal del “Edificio A” estudiado, pues tenemos un aumento en cerca del 1.499 % de aumento de la variable analizada.

Tabla 23

Periodo fundamental / Periodo, con y sin efecto P-Delta “Edificio B”

Sin Efecto P- Δ			Con Efecto P- Δ		
Caso	Modo	Periodo Fundamental	Caso	Modo	Periodo Fundamental
Modal	1	0.408	Modal	1	0.409
Caso	Modo	Periodo	Caso	Modo	Periodo
Modal	2	0.238	Modal	2	0.238
Modal	3	0.185	Modal	3	0.185
Modal	4	0.128	Modal	4	0.128
Modal	5	0.075	Modal	5	0.075
Modal	6	0.070	Modal	6	0.070
Modal	7	0.063	Modal	7	0.063
Modal	8	0.050	Modal	8	0.050
Modal	9	0.042	Modal	9	0.042
Modal	10	0.040	Modal	10	0.040
Modal	11	0.038	Modal	11	0.038
Modal	12	0.036	Modal	12	0.036
Modal	13	0.030	Modal	13	0.030
Modal	14	0.028	Modal	14	0.028
Modal	15	0.025	Modal	15	0.025
Modal	16	0.023	Modal	16	0.023
Modal	17	0.022	Modal	17	0.022
Modal	18	0.021	Modal	18	0.021

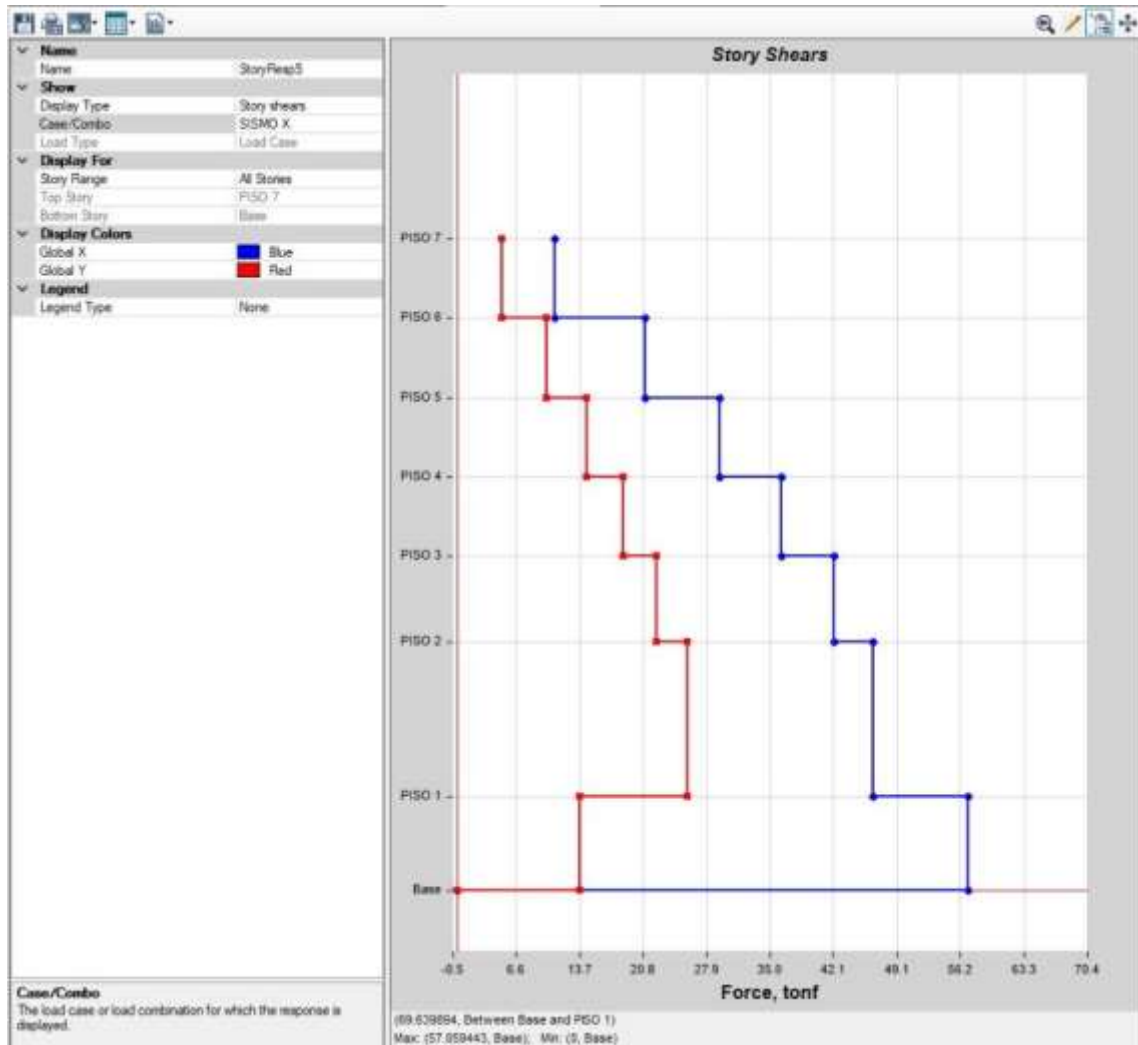
Nota: Cálculo de software ETABS V18. Unidades en seg.

Evaluación de la Cortante Basal

Evaluación de la fuerza cortante en el **edificio A**, para el caso de sismo dinámico en la dirección X, Y.

Figura 52

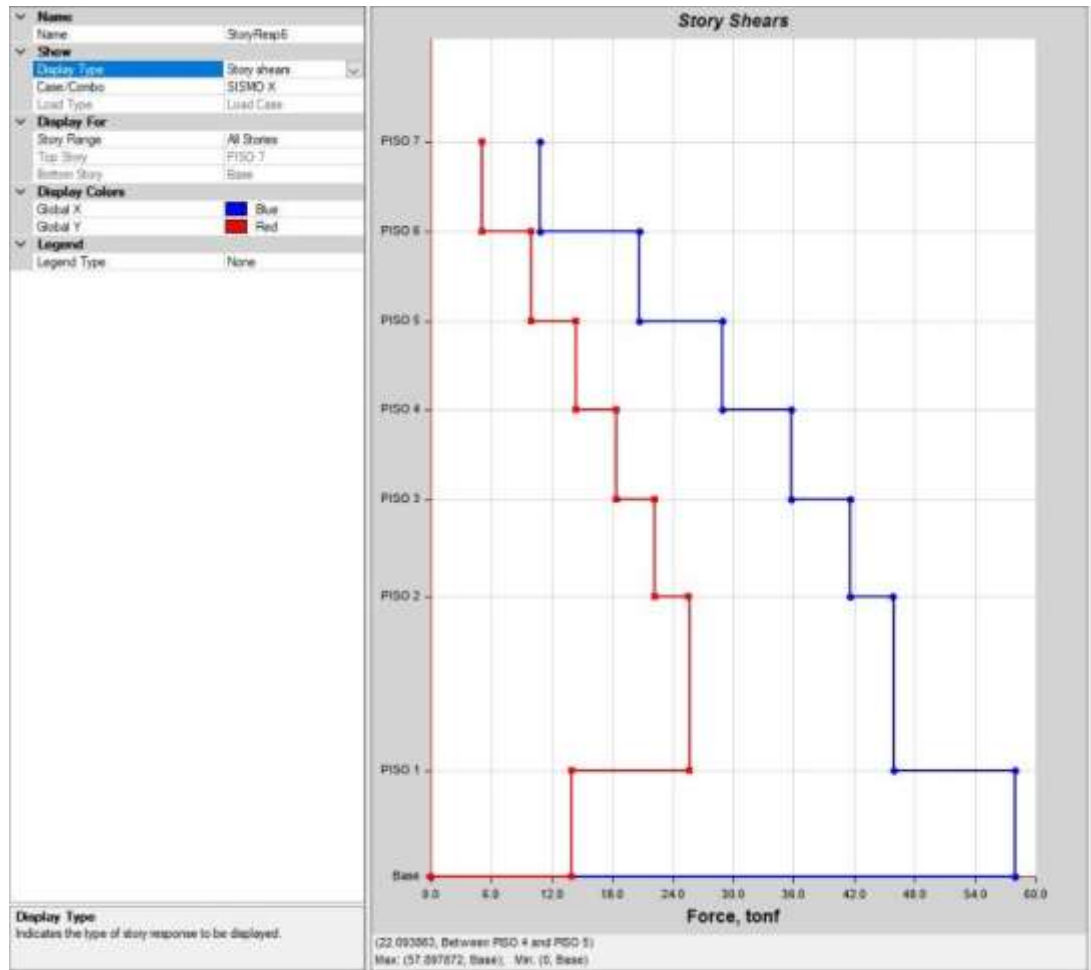
Fuerza Cortante Basal por Sismo X, sin Efecto P-Delta "Edificio A"



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 53

Fuerza Cortante Basal por Sismo X, con Efecto P-Delta “Edificio A”



Nota: Captura software ETABS V18.

Tabla 24

Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “X” “Edificio A”

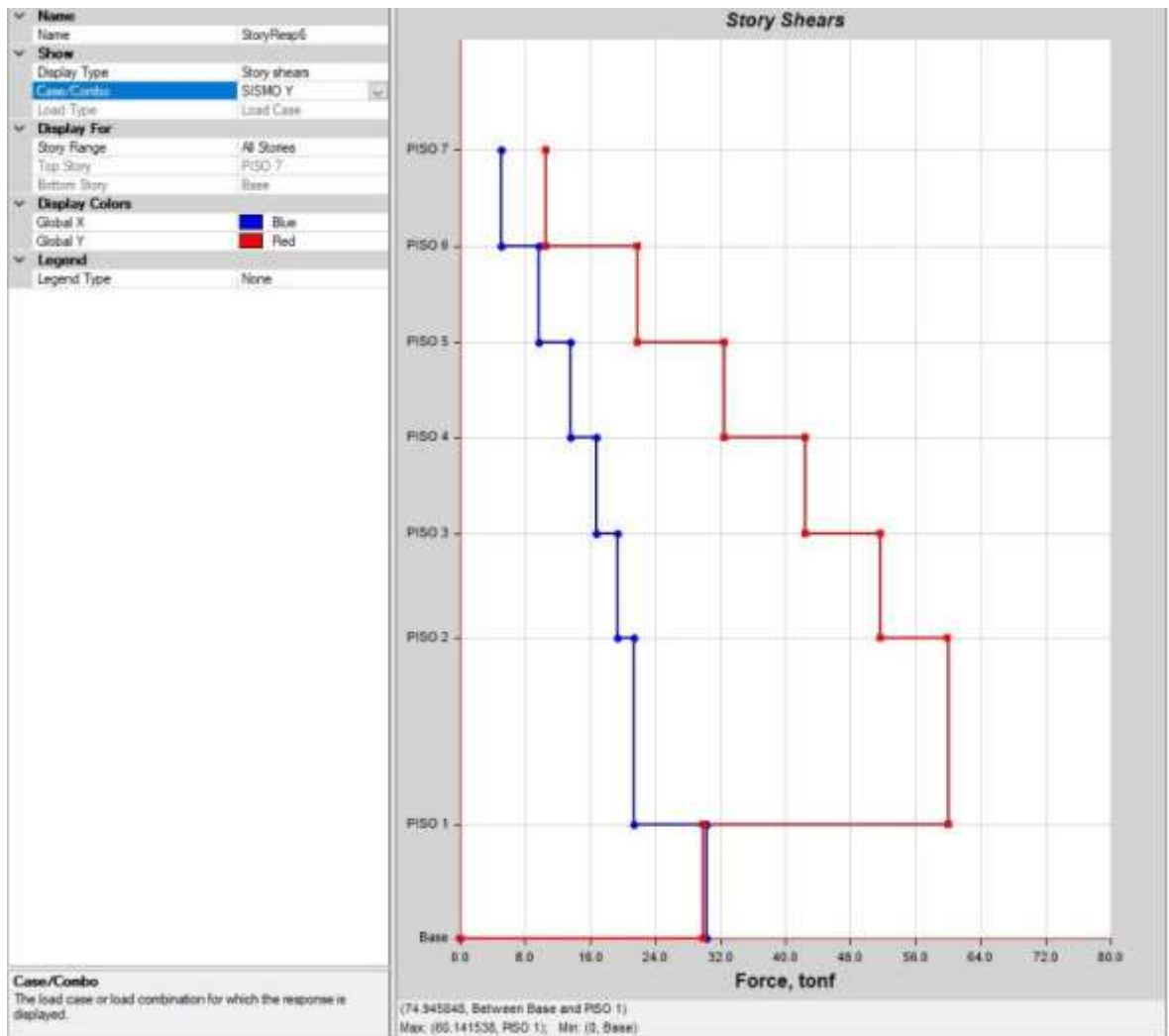
Sin Efecto P-Δ (tnf)			Con Efecto P-Δ (tnf)	
PISO	CASO	DIRECCIÓN	CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
BASE	SISMO X	X	57.0594	57.8979
PISO	CASO		CORTANTE	CORTANTE
PISO 7	SISMO X	X	10.8055	10.9513
PISO 6	SISMO X	X	20.7295	21.0141
PISO 5	SISMO X	X	28.9157	29.3160
PISO 4	SISMO X	X	35.7681	36.2611
PISO 3	SISMO X	X	41.5782	42.1403
PISO 2	SISMO X	X	45.9097	46.5131
PISO 1	SISMO X	X	57.0594	57.8979

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Para el sismo dinámico en X, vemos que para la fuerza cortante basal luego de la inclusión de la no linealidad geométrica (Efectos P-Delta), tiene un incremento de 57.0594 a 57.8979 tnf que representa un aumento de 0.8385 (1.47%).

Figura 54

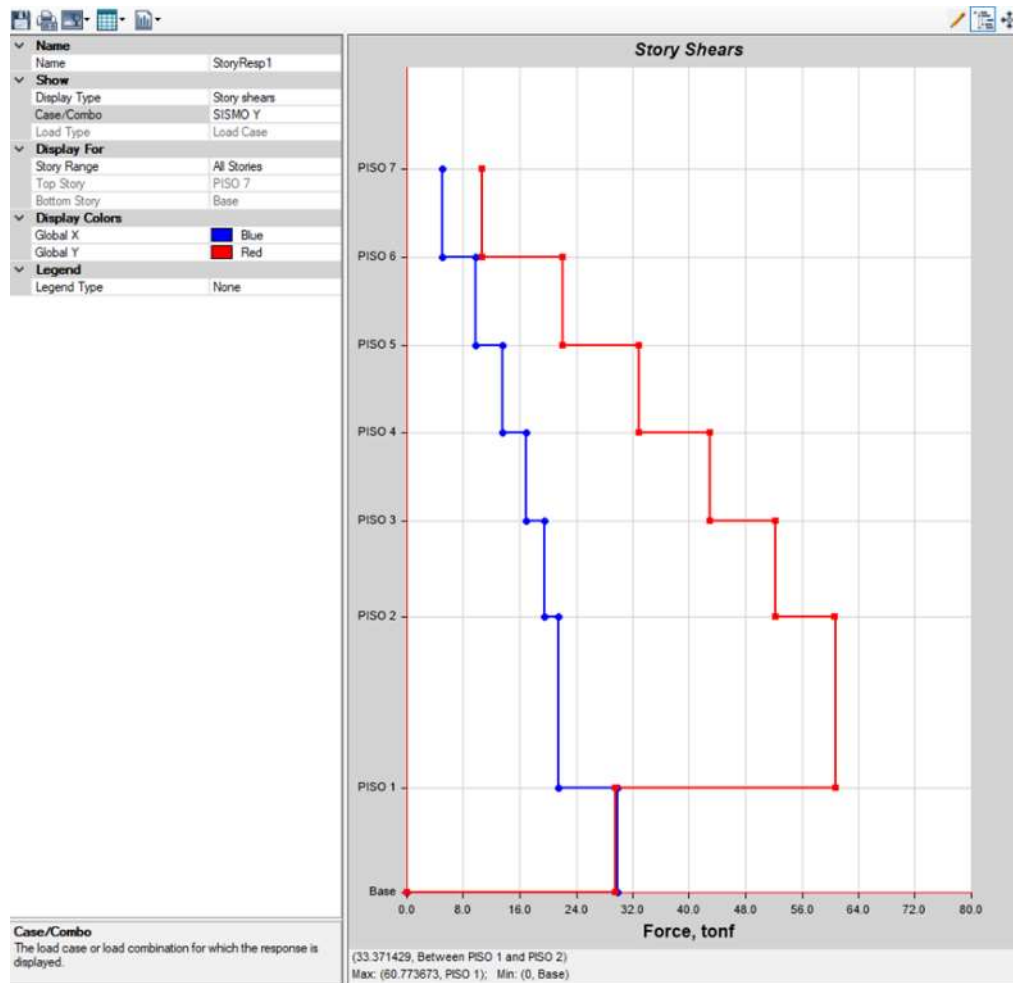
Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, sin Efecto P-Delta "Edificio A"



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 55

Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, con Efecto P-Delta "Edificio A"



Nota: Captura software ETABS V18.

Tabla 25

Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en "Y" "Edificio A"

Sin Efecto P-Δ (tnf)			Con Efecto P-Δ (tnf)	
PISO	CASO	DIRECCIÓN	CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
PISO 2	SISMO Y	Y	60.1415	60.7737
PISO	CASO		CORTANTE	CORTANTE
PISO 7	SISMO Y	Y	10.5575	10.6910
PISO 6	SISMO Y	Y	21.7898	22.0605
PISO 5	SISMO Y	Y	32.492	32.8862
PISO 4	SISMO Y	Y	42.4141	42.9113
PISO 3	SISMO Y	Y	51.7539	52.3322
PISO 2	SISMO Y	Y	60.1415	60.7737
PISO 1	SISMO Y	Y	29.6109	29.9538

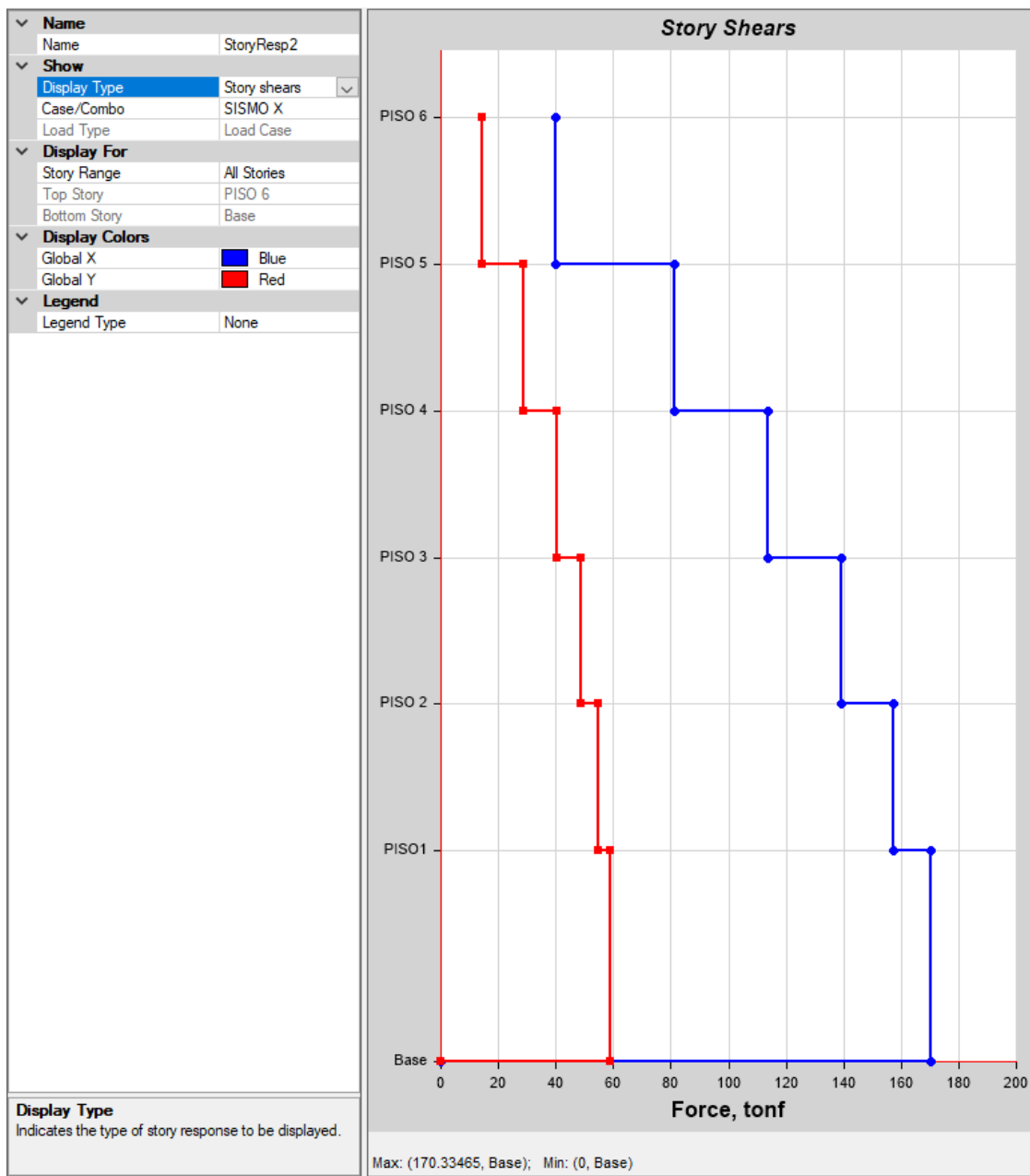
Nota: Cálculo de software ETABS V18

Para el sismo dinámico en X, vemos que para la fuerza cortante basal luego de la inclusión de la no linealidad geométrica (Efectos P-Delta), tiene un incremento de 60.1415 a 60.7737 **tnf** que representa un aumento de 0.6322 (1.051%).

Evaluación de la fuerza cortante en el **edificio B**, para el caso de sismo dinámico en la dirección X, Y.

Figura 56

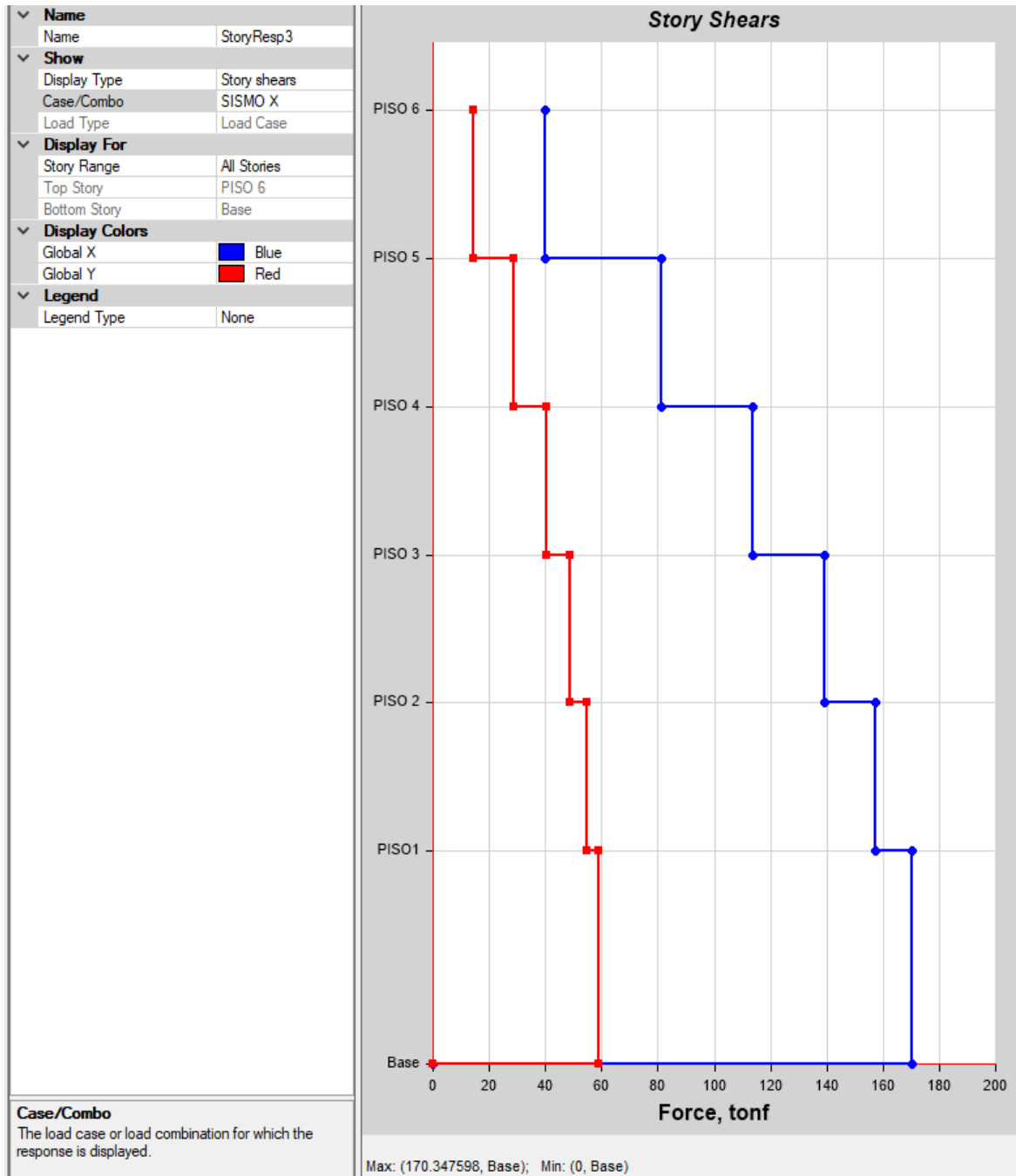
Fuerza Cortante Basal por Sismo X, sin Efecto P-Delta “Edificio B”



Nota: Captura software ETABS V18

Figura 57

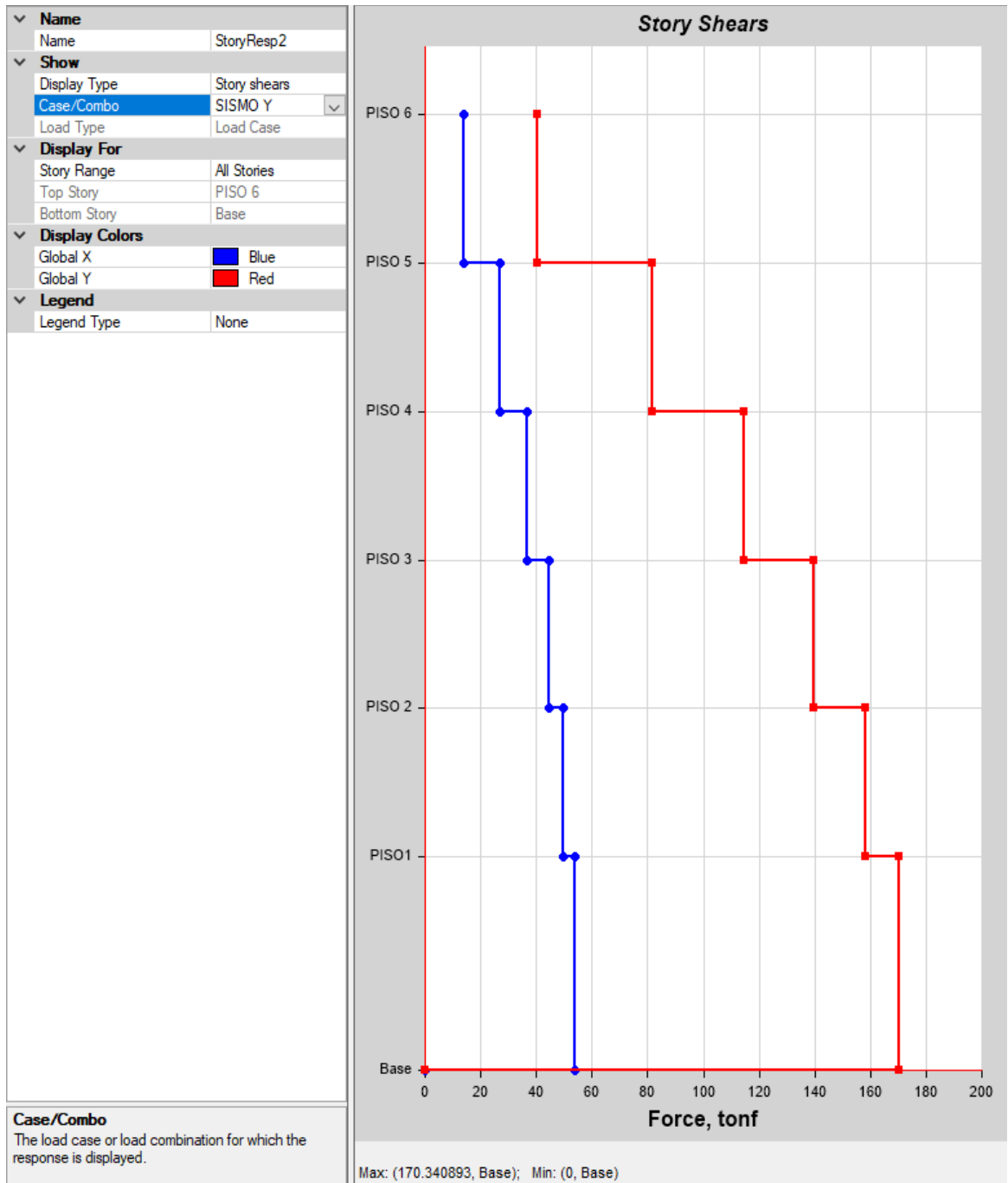
Fuerza Cortante Basal por Sismo X, con Efecto P-Delta "Edificio B"



Nota: Captura software ETABS V18

Figura 58

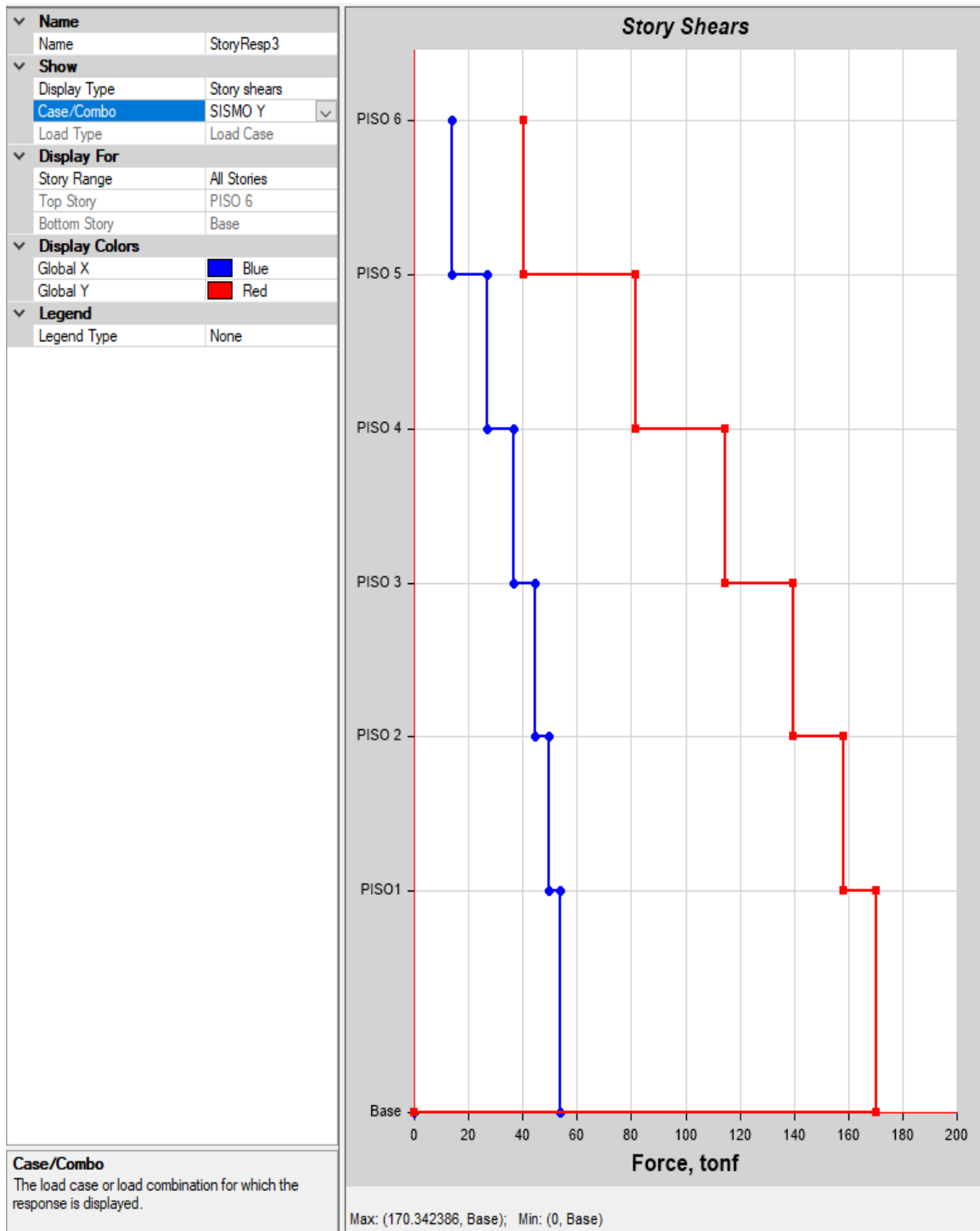
Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, sin Efecto P-Delta “Edificio B”



Nota: Captura software ETABS V18

Figura 59

Fuerza Cortante Basal por Sismo Y, con Efecto P-Delta "Edificio B"



Nota: Captura software ETABS V18

Tabla 26

Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “X” “Edificio B”

Sin Efecto P-Δ (tnf)			Con Efecto P-Δ (tnf)	
PISO	CASO	DIRECCIÓN	CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
BASE	SISMO X	X	170.3346	170.3476
PISO	CASO		CORTANTE	CORTANTE
PISO 6	SISMO X	X	39.8400	39.8440
PISO 5	SISMO X	X	81.1331	81.1347
PISO 4	SISMO X	X	113.7892	113.7990
PISO 3	SISMO X	X	139.0629	139.0669
PISO 2	SISMO X	X	157.4265	157.4346
PISO 1	SISMO X	X	170.3346	170.3476

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Para el sismo dinámico en X, vemos que para la fuerza cortante basal luego de la inclusión de la no linealidad geométrica (Efectos P-Delta), tiene un incremento de 170.3346 a 170.3476 tnf que representa un aumento de 0.0130 (0.007%).

Tabla 27

Cortante Basal/ cortantes por piso para Sismo en “Y” “Edificio B”

Sin Efecto P-Δ (tnf)			Con Efecto P-Δ (tnf)	
PISO	CASO	DIRECCIÓN	CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
BASE	SISMO Y	Y	170.3409	170.3424
PISO	CASO		CORTANTE	CORTANTE
PISO 6	SISMO Y	Y	40.1513	40.1586
PISO 5	SISMO Y	Y	81.7908	81.7980
PISO 4	SISMO Y	Y	114.6141	114.6154
PISO 3	SISMO Y	Y	139.8130	139.8148
PISO 2	SISMO Y	Y	158.0300	158.0308
PISO 1	SISMO Y	Y	170.3409	170.3424

Nota: Cálculo de software ETABS V18

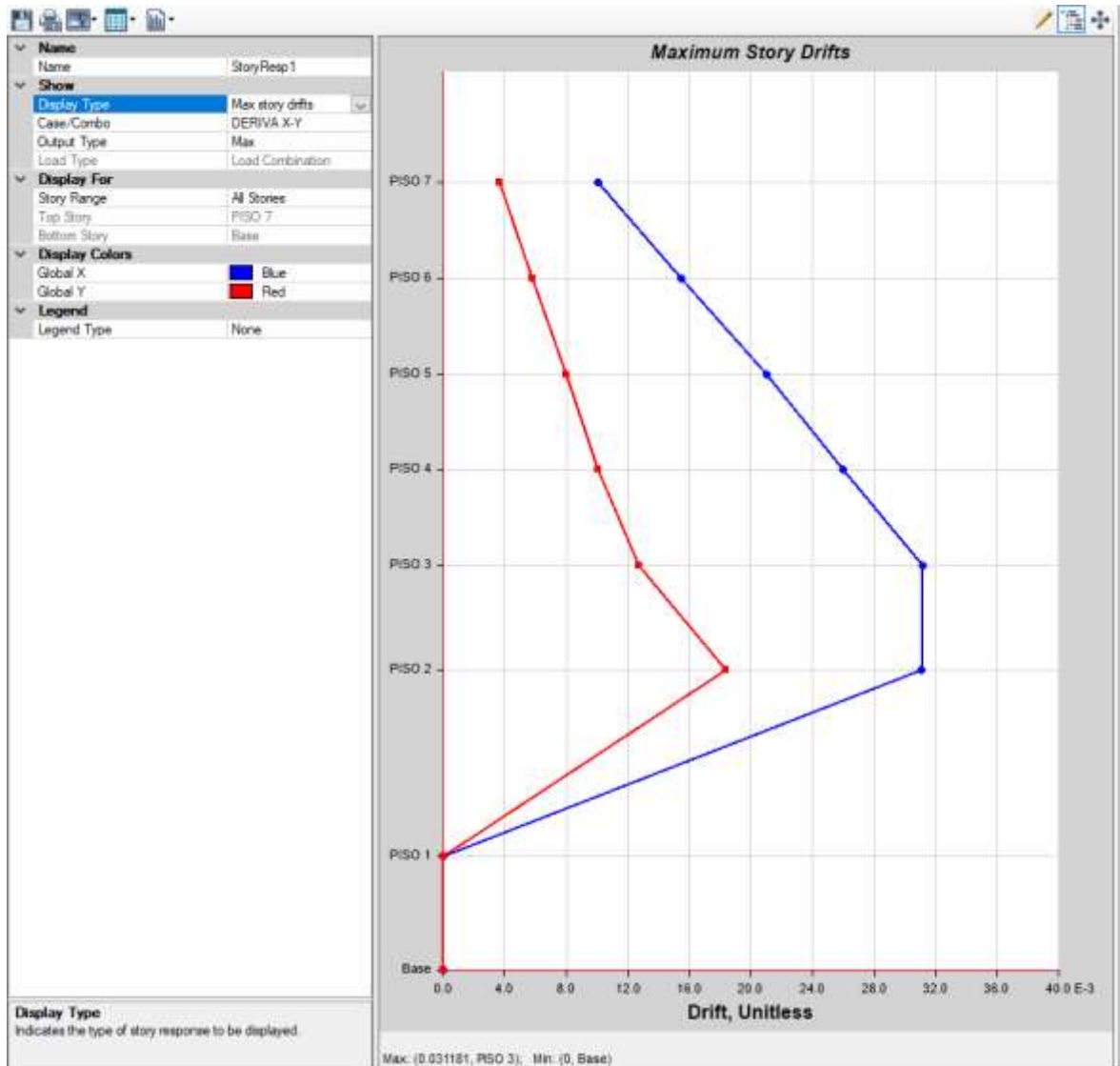
Para el sismo dinámico en X, vemos que para la fuerza cortante basal luego de la inclusión de la no linealidad geométrica (Efectos P-Delta), tiene un incremento de 170.3409 a 170.3424 tnf que representa un aumento de 0.0015 tnf (Representa un 0.00088%).

Evaluación de la distorsión

Para este análisis de distorsión del “edificio A”, mostramos los siguientes valores: La distorsión inelástica, es el resultado de la distorsión elástica por el coeficiente ($R \cdot 0.85$) para la edificación irregular, como es el caso de este edificio.

Figura 60

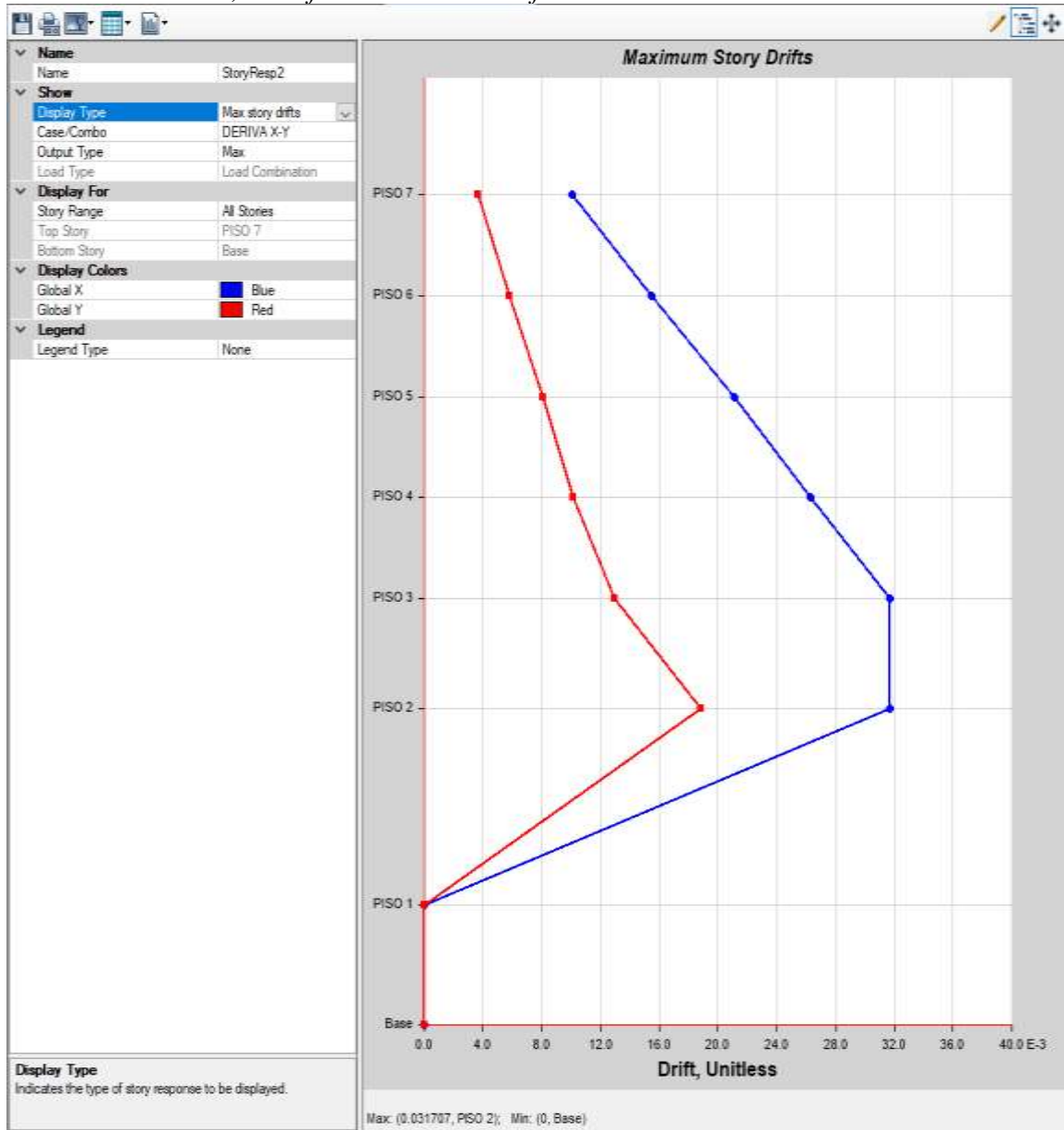
Distorsión máxima, sin efecto P-Delta “Edificio A”



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 61

Distorsión máxima, con efecto P-Delta “Edificio A”



Nota: Captura software ETABS V18.

Tabla 28

Distorsión en cada piso en la dirección X, sin y con efecto P-Delta "Edificio A"

EDIFICIO A		DISTORSIÓN EJE "X"	
Nivel	ALTURA (m)	Sin P- Δ	Con P- Δ
P 7	21.93	0.010054	0.010067
P 6	19.26	0.015461	0.015495
P 5	16.59	0.021001	0.021133
P 4	13.92	0.025984	0.026273
P 3	11.25	0.031181	0.031690
P 2	8.35	0.031083	0.031707
P 1	3.15	0,000000	0,000000

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Tabla 29

Distorsión por piso en la dirección Y, sin y con efecto P-Delta "Edificio A"

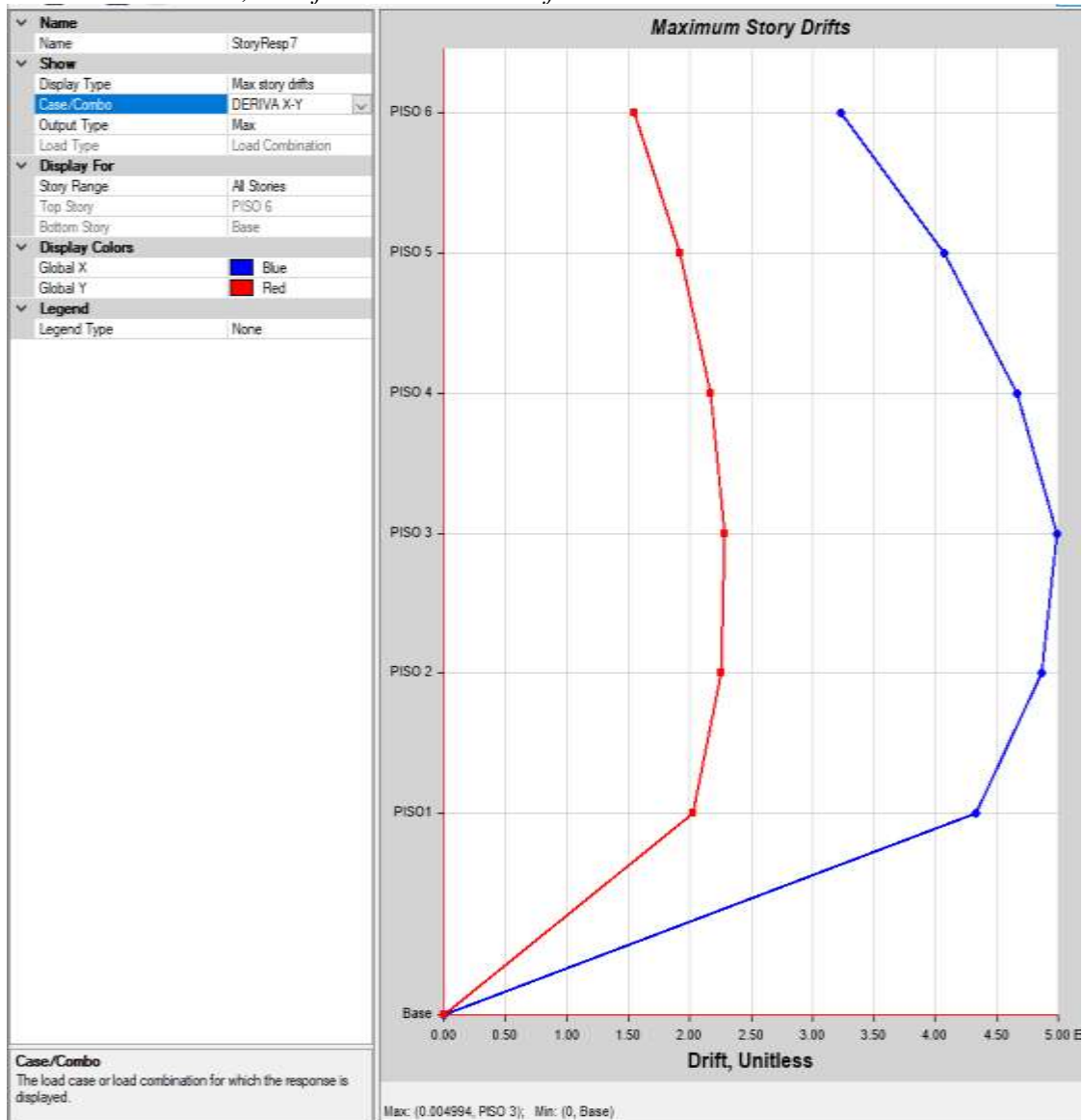
EDIFICIO A		DISTORSIÓN EJE "Y"	
Nivel	ALTURA (m)	Sin P- Δ	Con P- Δ
P 7	21.93	0.003638	0.003643
P 6	19.26	0.005773	0.005794
P 5	16.59	0.008003	0.008055
P 4	13.92	0.010037	0.010151
P 3	11.25	0.012706	0.012925
P 2	8.35	0.018393	0.018781
P 1	3.15	0,000000	0,000000

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Para este análisis de distorsión del “edificio B”, mostramos los siguientes valores: La distorsión inelástica, es el resultado de la distorsión elástica por el coeficiente ($R \cdot 0.75$) para la edificación regular, como es el caso de este edificio.

Figura 62

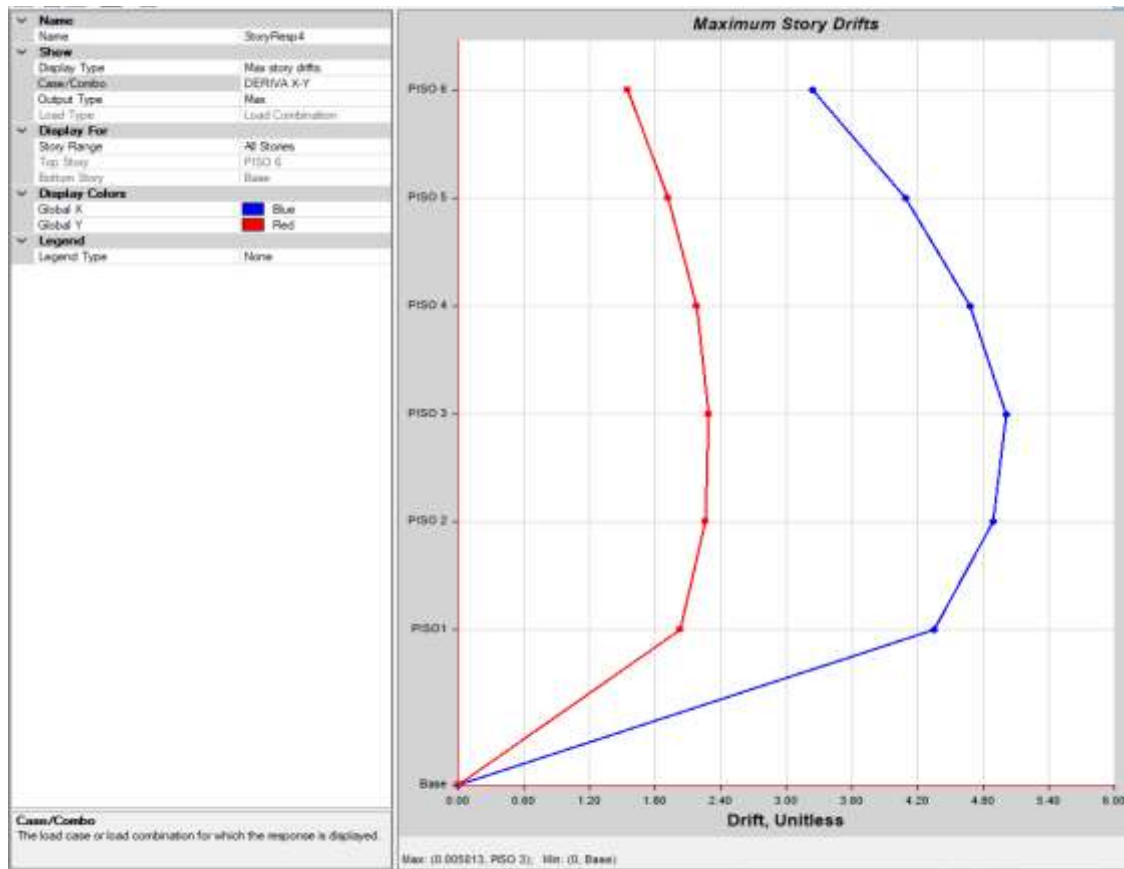
Distorsión máxima, sin efecto P-Delta “Edificio B”



Nota: Captura software ETABS V18.

Figura 63

Distorsión máxima, con efecto P-Delta “Edificio B”



Nota: Captura software ETABS V18.

Tabla 30

Distorsión en cada piso en la dirección X, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”

Nivel	EDIFICIO B		DISTORSIÓN EJE "X"	
	ALTURA (m)	Sin P-Δ	Con P- Δ	
P 6	18,47	0,001545	0.001548	
P 5	15,57	0,001918	0.001922	
P 4	12,67	0,002174	0.002179	
P 3	9,77	0,002281	0.002287	
P 2	6,87	0,002257	0.002263	
P 1	3,97	0,002028	0.002034	

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Tabla 31
Distorsión en cada piso en la dirección Y, sin y con efecto P-Delta "Edificio B"

EDIFICIO B		DISTORSIÓN EJE "Y"	
Nivel	ALTURA (m)	Sin P-Δ	Con P- Δ
P 6	18,47	0,003230	0,003240
P 5	15,57	0,004076	0,004088
P 4	12,67	0,004669	0,004685
P 3	9,77	0,004994	0,005013
P 2	6,87	0,048700	0,004890
P 1	3,97	0,043280	0,004347

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Evaluación de los momentos Máximos

Los momentos máximos para el caso de sismo dinámico en las direcciones X, Y, serán evaluados sin y con efectos P-Delta, **edificio A** es el primero en ser evaluado, las unidades para los momentos se presentan en tnf-m conforme vemos en tabla 32 y 33:

Tabla 32
Momentos máximos Sismo en X, sin y con efecto P-Delta "Edificio A"

EDIFICIO A		Sin P-Δ (tnf-m)			Con P-Δ (tnf-m)		
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO X	282,7747	441,2304	599,7843	284,4804	446,0076	607,3314
PISO 7	SISMO X	13,5326	29,0848	105,7052	13,5739	29,2401	107,167
PISO 6	SISMO X	40,0323	84,9042	204,884	40,1248	85,1113	207,7885
PISO 5	SISMO X	78,358	162,5534	287,6465	78,415	162,6776	291,7524
PISO 4	SISMO X	127,295	257,612	357,3722	127,3845	258,7086	362,4378
PISO 3	SISMO X	191,0726	376,7482	415,4363	191,5863	379,8618	421,207
PISO 2	SISMO X	322,9179	612,6646	458,6988	326,212	620,1445	464,8995
PISO 1	SISMO X	282,7747	441,2304	599,7843	284,4804	446,0076	607,3314

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Tabla 33
Momentos máximos Sismo en Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”

EDIFICIO A		Sin P-Δ (tnf-m)			Con P-Δ (tnf-m)		
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO Y	662,3054	195,7837	464,9213	662,7424	199,0408	472,4058
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
PISO 7	SISMO Y	28,2214	13,4457	82,7329	28,5451	13,4504	83,5074
PISO 6	SISMO Y	86,4521	39,3041	165,1408	87,3769	39,4325	166,645
PISO 5	SISMO Y	173,4034	75,2301	236,5395	174,9823	75,7276	238,6362
PISO 4	SISMO Y	286,9207	119,4615	297,8492	289,1762	120,6757	300,399
PISO 3	SISMO Y	437,5467	174,873	348,9289	440,2396	177,3419	351,8148
PISO 2	SISMO Y	754,3083	284,4122	387,078	755,2999	289,3705	390,2042
PISO 1	SISMO Y	662,3054	195,7837	464,9213	662,7424	199,0408	472,4058

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Los momentos máximos para el caso de sismo dinámico en las direcciones X, Y, serán evaluados sin y con efectos P-Delta para el **edificio B**, se presenta en la tabla 34 y 35.

Tabla 34
Momentos máximos Sismo en X, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”

EDIFICIO B		Sin P-Δ (tnf-m)			Con P-Δ (tnf-m)		
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO X	775,6860	2216,0475	1071,7956	776,6844	2224,1921	1071,8847
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
PISO 6	SISMO X	41,3331	115,5360	242,8599	41,3637	115,7352	242,9137
PISO 5	SISMO X	124,7392	350,1656	499,4763	124,8563	350,9631	499,5712
PISO 4	SISMO X	240,3916	677,4177	706,6643	240,6560	679,3022	706,7836
PISO 3	SISMO X	379,8638	1074,6598	868,5794	380,3300	1078,1137	868,6978
PISO 2	SISMO X	535,6970	1521,8087	988,0683	536,3978	1527,1473	988,1771
PISO 1	SISMO X	775,6860	2216,0475	1071,7956	776,6844	2224,1921	1071,8847

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Tabla 35
Momentos máximos Sismo en Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”

EDIFICIO B		Sin P-Δ (tnf-m)			Con P-Δ (tnf-m)		
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO Y	2226.5529	701.7775	918.3323	2229,2809	704,3649	918,4592
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
PISO 6	SISMO Y	116,4387	40,1125	210,2174	116,5074	40,1985	210,2728
PISO 5	SISMO Y	352,9752	118,1279	430,3586	353,2514	118,4402	430,4626
PISO 4	SISMO Y	682,7081	222,7923	607,3442	683,3587	223,4794	607,4772
PISO 3	SISMO Y	1082,3658	347,2986	745,7396	1083,551	348,494	745,8802
PISO 2	SISMO Y	1531,4926	486,2112	847,7639	1533,3265	487,9791	847,9017
PISO 1	SISMO Y	2226,5529	701,7775	918,3323	2229,2809	704,3649	918,4592

Nota: Cálculo de software ETABS V18

b. Aspectos Éticos

Para nuestra investigación y en salvaguarda de la propiedad intelectual de los investigadores y autores de las diferentes fuentes científicas, aprovechando las bondades del gestor bibliográfico Mendeley, se ha citado y precisado las fuentes bibliográficas donde se las ha referenciado dentro de nuestra investigación, por lo que se ha buscado en todo momento:

- Respeto a los derechos de autor, con las debidas citas de cada fuente científica consultada.
- Obtención de las fuentes primarias a través de bases científicas internacionalmente acreditadas y que dan respaldo al autor, siendo éstas de libre descarga y consulta sin previa autorización, las cuales se han citado anteriormente con detalle.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Dentro de nuestra investigación, el presente capítulo muestra los principales resultados para los casos de sismos dinámicos en las direcciones “X” y “Y”; referente a cada una de las evaluaciones realizadas, determinando aspectos generales y específicos dentro del desarrollo del análisis del efecto P-Delta en cada uno de los edificios evaluados, considerando la normativa sismorresistente E.030. además de apoyarnos en el instrumento de recolección de información planteado, para verificar la información a estudiar. Por tanto, analizaremos cada indicador de nuestro estudio:

3.1. Periodo Fundamental

Tabla 36

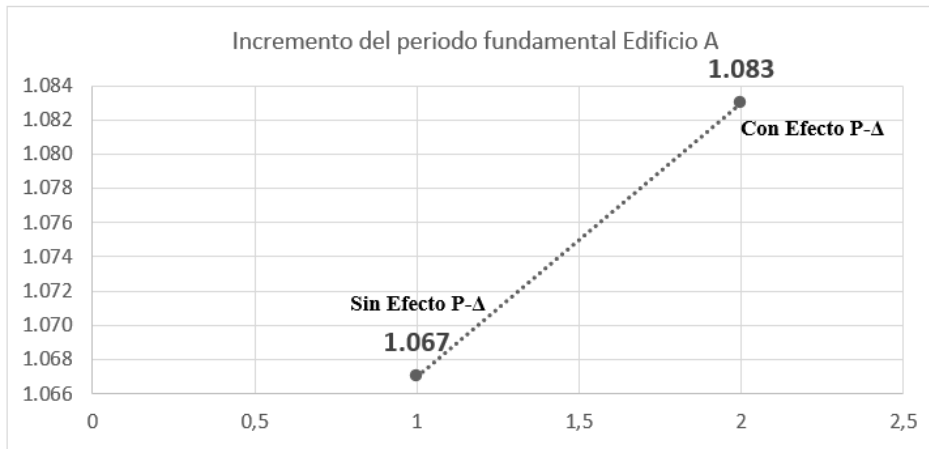
Periodo fundamental, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”

Sin Efecto P-Δ			Con Efecto P-Δ		
Caso	Modo	Periodo Fundamental (Seg)	Caso	Modo	Periodo Fundamental (Seg)
Modal	1	1.067	Modal	1	1.083
INCREMENTO					
VALOR NUMÉRICO (seg)			VALOR PORCENTUAL (%)		
0.016 seg			1.499 %		

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Figura 64

Grafica de incremento del periodo fundamental “Edificio A”



Nota: Elaboración propia (T en segundos).

Tabla 37

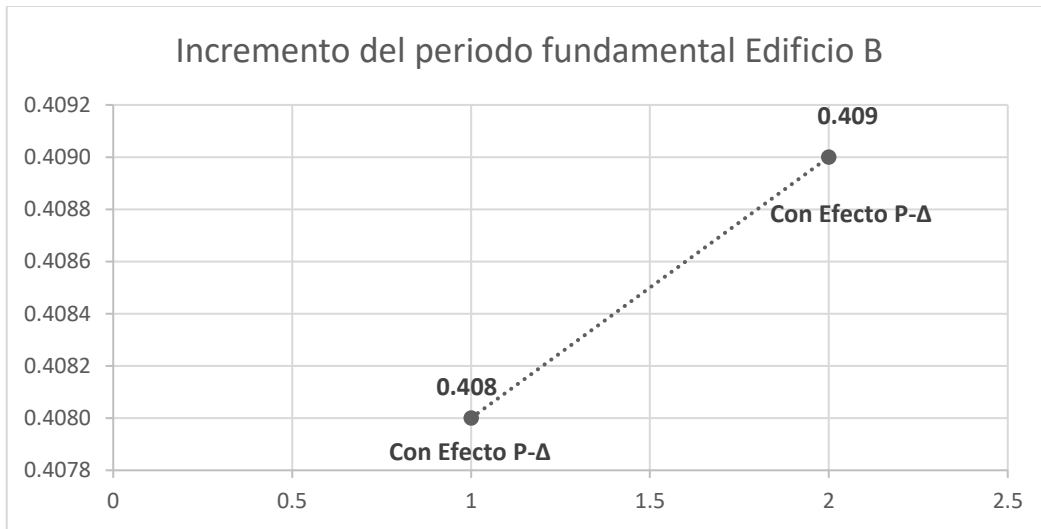
Periodo fundamental, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”

Sin Efecto P-Δ			Con Efecto P-Δ		
Caso	Modo	Periodo Fundamental (Seg)	Caso	Modo	Periodo Fundamental (Seg)
Modal	1	0.408	Modal	1	0.409
INCREMENTO					
VALOR NUMÉRICO (seg)			VALOR PORCENTUAL (%)		
0.001 seg			0.254 %		

Nota: Elaboración propia (T en segundos).

Figura 65

Grafica de incremento del periodo fundamental “Edificio B”



Nota: Elaboración propia (T en segundos).

En las tablas 36 y 37 vemos que los resultados del periodo fundamental muestran claramente un incremento cuando se incluye el efecto P-Delta, en ambos edificios evaluados, donde se observa un aumento del 1.49 % en la evaluación del edificio A, mientras que la evaluación del edificio B muestra un aumento menos significativo de 0.245 %. Para la edificación A el 1.49 % representa un periodo de vibración que aumenta en 0.213 segundos, mientras que para el edificio B, el periodo de vibración aumenta en 0.001 segundos que equivale al 0.3 %. El efecto P-Delta tiene mayor influencia en el “Edificio A” debido a que la estructura presenta irregularidad y es de mayor altura; en cuanto al “Edificio B” la influencia es menor por ser un edificio regular y de menor altura.

La hipótesis se acepta, porque el efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico de los dos edificios incrementando su periodo fundamental.

3.2. Cortante basal

Tabla 38

Cortante basal, sin y con efecto P-Delta “Edificio A”

CASO	DIRECCIÓN	Sin P-Δ (tnf)	Con P-Δ (tnf)
		CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
SISMO X	X	57.0594	57.8979
SISMO Y	Y	60.1415	60.7737
INCREMENTO			
VALOR NUMÉRICO (tnf)		VALOR PORCENTUAL (%)	
X	0.8385 tnf	1.470 %	
Y	0.6322 tnf	1.051 %	

Nota: Cálculo de software ETABS V18.

Tabla 39

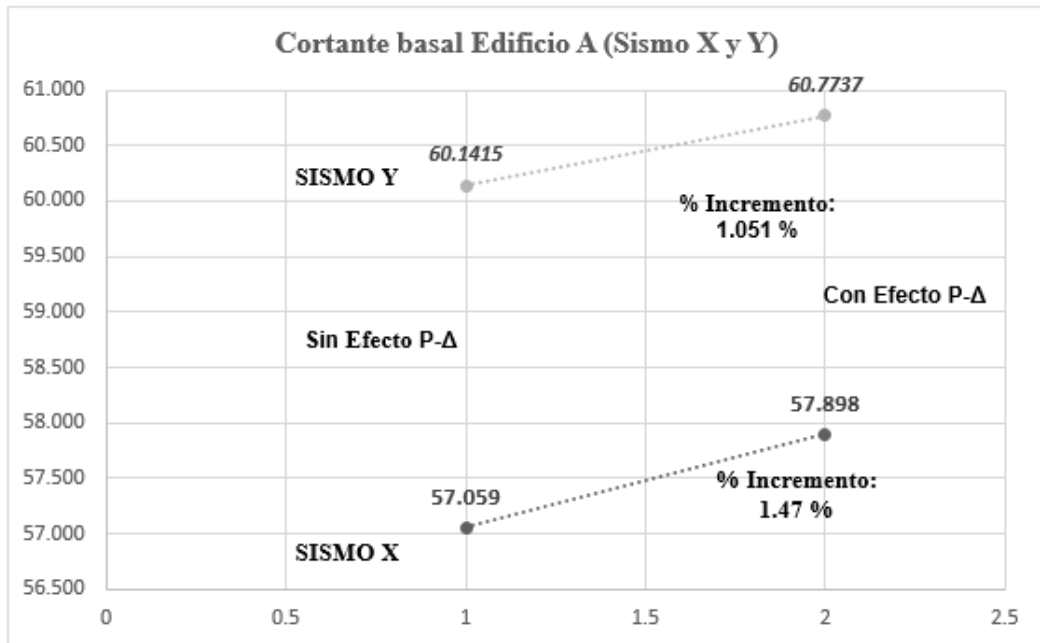
Cortante basal, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”

CASO	DIRECCIÓN	Sin P-Δ (tnf)	Con P-Δ (tnf)
		CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
SISMO X	X	170.3346	170.3476
SISMO Y	Y	170.3409	170.3424
INCREMENTO			
VALOR NUMÉRICO (tnf)		VALOR PORCENTUAL (%)	
X	0.0130 tnf	0.0076 %	
Y	0.0015 tnf	0.0009 %	

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Figura 66

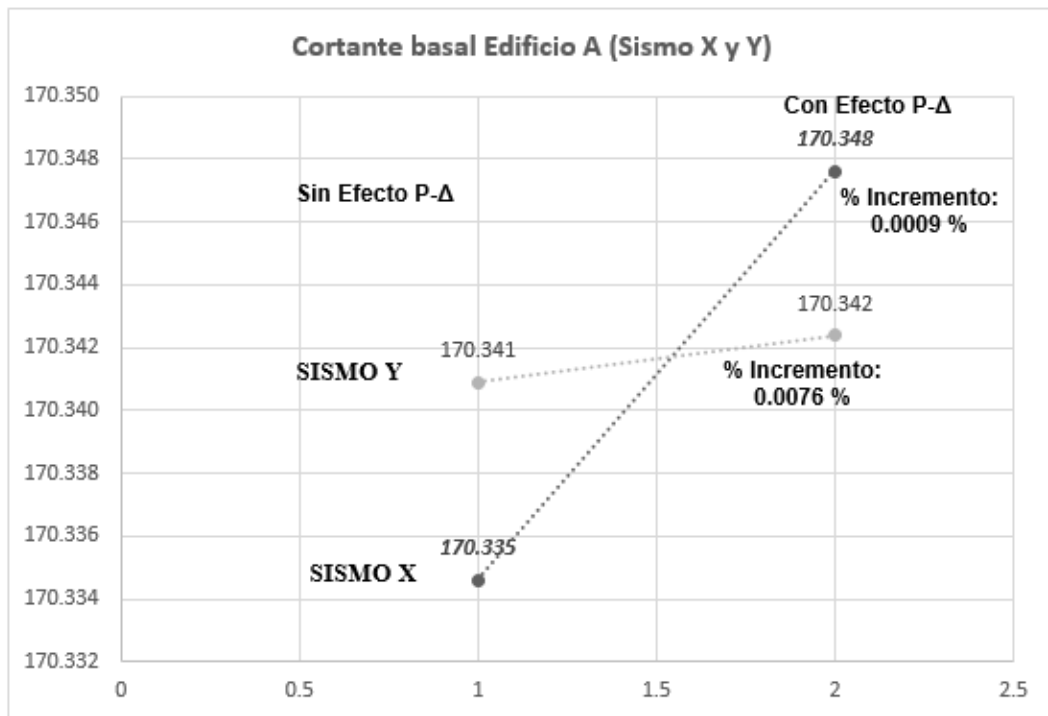
Grafica de incremento de la cortante basal "Edificio A"



Nota: Elaboración propia (unidades en tnf)

Figura 67

Grafica de incremento de la cortante basal "Edificio B"



Nota: Elaboración propia (unidades en tnf)

En las tablas 38 y 39 podemos visualizar que los resultados de la cortante basal muestran un incremento cuando se incluye los efectos de segundo orden, para ambos edificios evaluados.

La cortante basal que se presenta en el “edificio A”, evaluada en los ejes “X” y “Y”, aumentan con la inclusión del efecto P- Δ , pues, representan para el eje X un aumento de 0.8385 tnf que equivale al 1.47 %; para la evaluación en el eje Y también notamos un incremento de 0.6322 tnf, que representa un incremento de 1.051 %. En ambos casos vemos que en la cortante basal incrementa para los dos ejes en el edificio A.

Como se visualiza que la “cortante máxima” para el edificio A, se encuentra en el segundo nivel, esto se debe a las restricciones en los nodos indicados en la tabla 16.

Para el “edificio B”, los incrementos en la cortante basal en el sismo “X” y “Y” son poco significativos, donde no se llega a un máximo de 0.013 %. Sin embargo, al incluir los efectos P- Δ , de todas maneras, se observa un incremento de la cortante basal, para los casos de sismos dinámicos propuestos en “X” y “Y”; estos resultados son los esperados puesto que este edificio B es de menor altura y no presenta irregularidad a comparación del edificio A.

La hipótesis se acepta, porque el efecto P- Δ influye negativamente en el comportamiento sísmico incrementando la cortante basal de los dos edificios.

3.3. Distorsión

Para la evaluación de la distorsión, vamos a ver la variación que se presenta al incluir los efectos P- Δ en el análisis:

Tabla 40

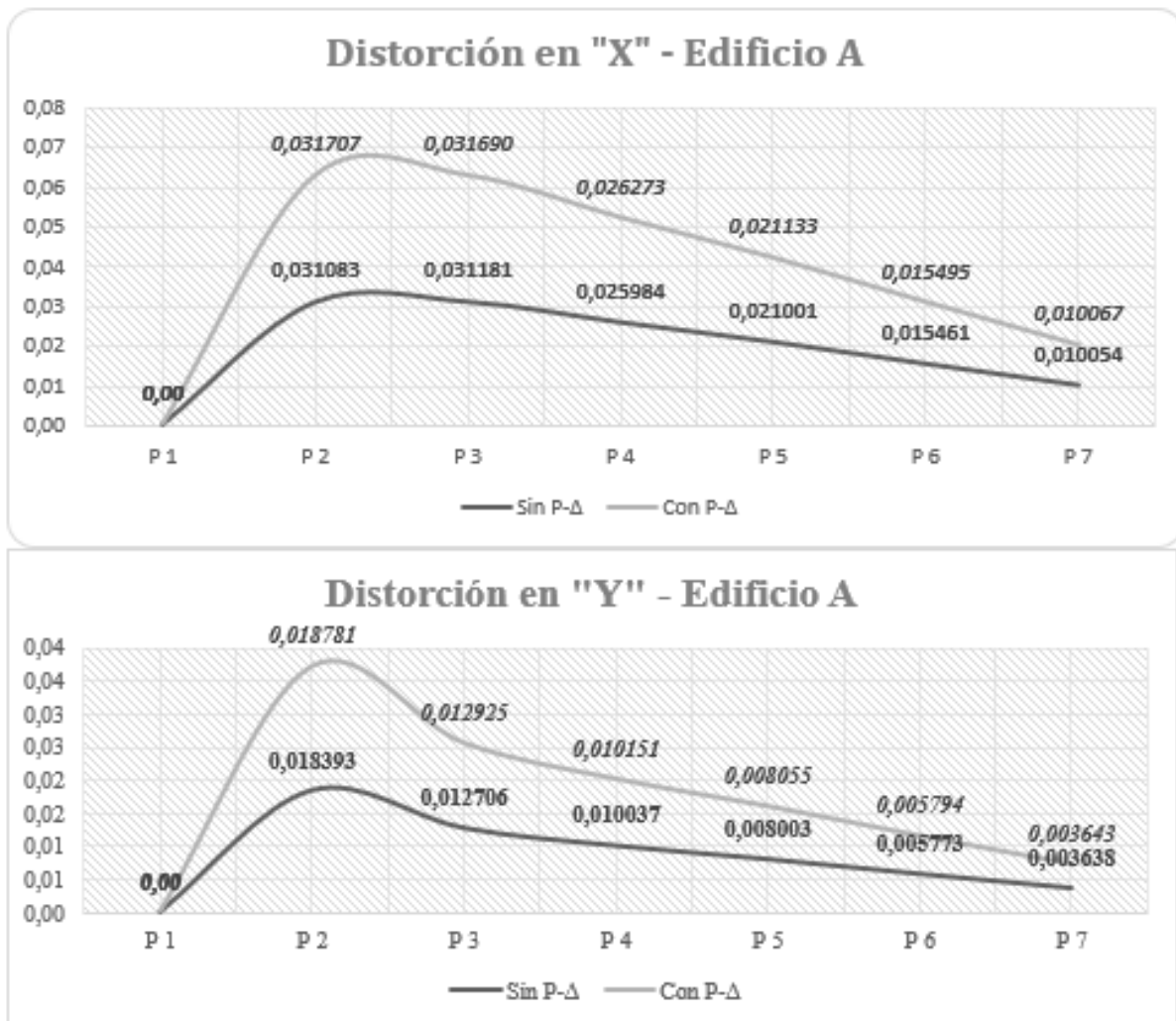
Distorsión ejes X-Y, sin y con efecto P-Delta (P- Δ) "Edificio A"

EDIFICIO A		DISTORSIÓN EJE "X"		DISTORSIÓN EJE "Y"	
Piso	Altura (m)	Sin P- Δ	Con P- Δ	Sin P- Δ	Con P- Δ
P 7	21.93	0,010054	0.010067	0,003638	0,003643
P 6	19.26	0,015461	0.015495	0,005773	0,005794
P 5	16.59	0,021001	0.021133	0,008003	0,008055
P 4	13.92	0,025984	0.026273	0,010037	0,010151
P 3	11.25	0,031181	0.031690	0,012706	0,012925
P 2	8.35	0,031083	0.031707	0,018393	0,018781
P 1	3.15	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
MÁXIMO INCREMENTO					
VALOR NUMÉRICO			VALOR PORCENTUAL %		
X	0.000624		2.007 %		
Y	0.000388		2.109 %		

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Figura 68

Incremento de la distorsión con y sin efecto P-Delta ejes X-Y "Edificio A"



Nota: Elaboración propia.

Luego de la comparativa de la distorsión por eje, además de la evaluación sin y con efecto P-Δ, vemos en la tabla 40, que la distorsión considerando la no linealidad geométrica en ambos edificios se ve incrementada.

Para el edificio A, podemos ver que la distorsión de entrepiso sin los efectos P-Delta es mayor al límite permitido por la normativa vigente que de 0.007 (Tabla 11 NTP E030) para edificaciones con sistema aporticado como es el caso de este edificio; al incluir los efectos de segundo orden, esta distorsión incrementa sobrepasando aún más el límite permitido para esta edificación.

La mayor distorsión se da en el eje “X” con un valor de 0.031083, la cual aumenta en 0.000624 lo que representa un 2.007 % de incremento con la inclusión de P-Delta; esto se da en el segundo piso justo donde se presenta la irregularidad en altura, en la figura 69 podemos visualizar el porcentaje de aumento de distorsión por piso evaluado. No se presenta distorsión en el primer piso de este edificio, pues está restringido (tabla 16) por las edificaciones cercanas y también por el terreno natural en la parte frontal de la edificación

Análisis de la “**edificación B**”; para la distorsión que se genera en las direcciones “X” y “Y”; para los casos de sismo dinámico generados por el espectro, se evalúa los resultados en cada nivel de la estructura.

Tabla 41

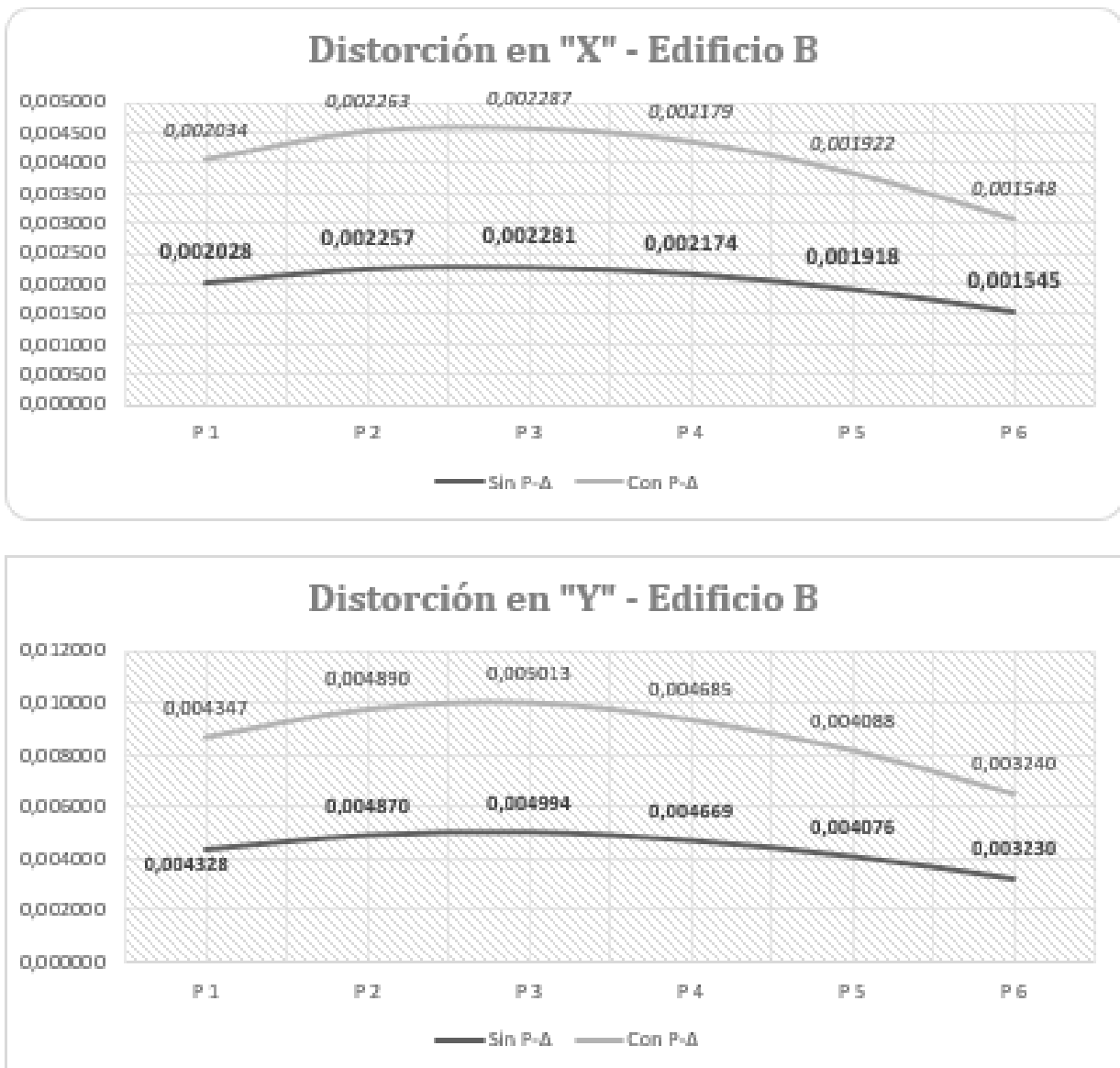
Distorsión ejes X-Y, sin y con efecto P-Delta “Edificio B”

EDIFICIO B		DISTORSIÓN EJE "X"		DISTORSIÓN EJE "Y"	
Piso	Altura (m)	Sin P-Δ	Con P-Δ	Sin P-Δ	Con P-Δ
P 6	18.67	0.001545	0.001548	0.003230	0.003240
P 5	15.77	0.001918	0.001922	0.004076	0.004088
P 4	12.87	0.002174	0.002179	0.004669	0.004685
P 3	9.97	0.002281	0.002287	0.004994	0.005013
P 2	7.07	0.002257	0.002263	0.004870	0.004890
P 1	4.17	0.002028	0.002034	0.004328	0.004347
MÁXIMO INCREMENTO					
VALOR NUMÉRICO			VALOR PORCENTUAL %		
X	0.000006		0.295 %		
Y	0.000019		0.439 %		

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Figura 69

Incremento de la distorsión con y sin efecto P-Delta ejes X-Y "Edificio B"



Nota: Elaboración propia.

Para el **edificio B**, podemos ver en la tabla 41 que la distorsión de entrepiso se encuentra dentro del límite permitido por la normativa vigente que de 0.005 (Tabla 11 NTP E030) para edificaciones de albañilería como es el caso de este edificio, de igual manera al incluir los efectos P-Delta esta distorsión aumenta.

El mayor incremento en distorsión se da en el eje “Y” con un valor de 0.004328 la cual aumenta en 0.000019 lo que representa un 0.439 % de incremento con la inclusión de P-Delta, este porcentaje de aumento poco significativo y los resultados son los esperados puesto que este edificio B es de menor altura y no presenta irregularidad; en la figura 70 podemos visualizar el porcentaje de aumento de distorsión por piso evaluado.

La hipótesis se acepta, porque el efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, incrementando la distorsión de los dos edificios evaluados.

3.4. Momento máximo

Los momentos máximos en la base serán evaluados para los casos de sismo en las direcciones “X” y “Y”, para las dos edificaciones, las unidades para los momentos están en (tnf-m).

Tabla 42

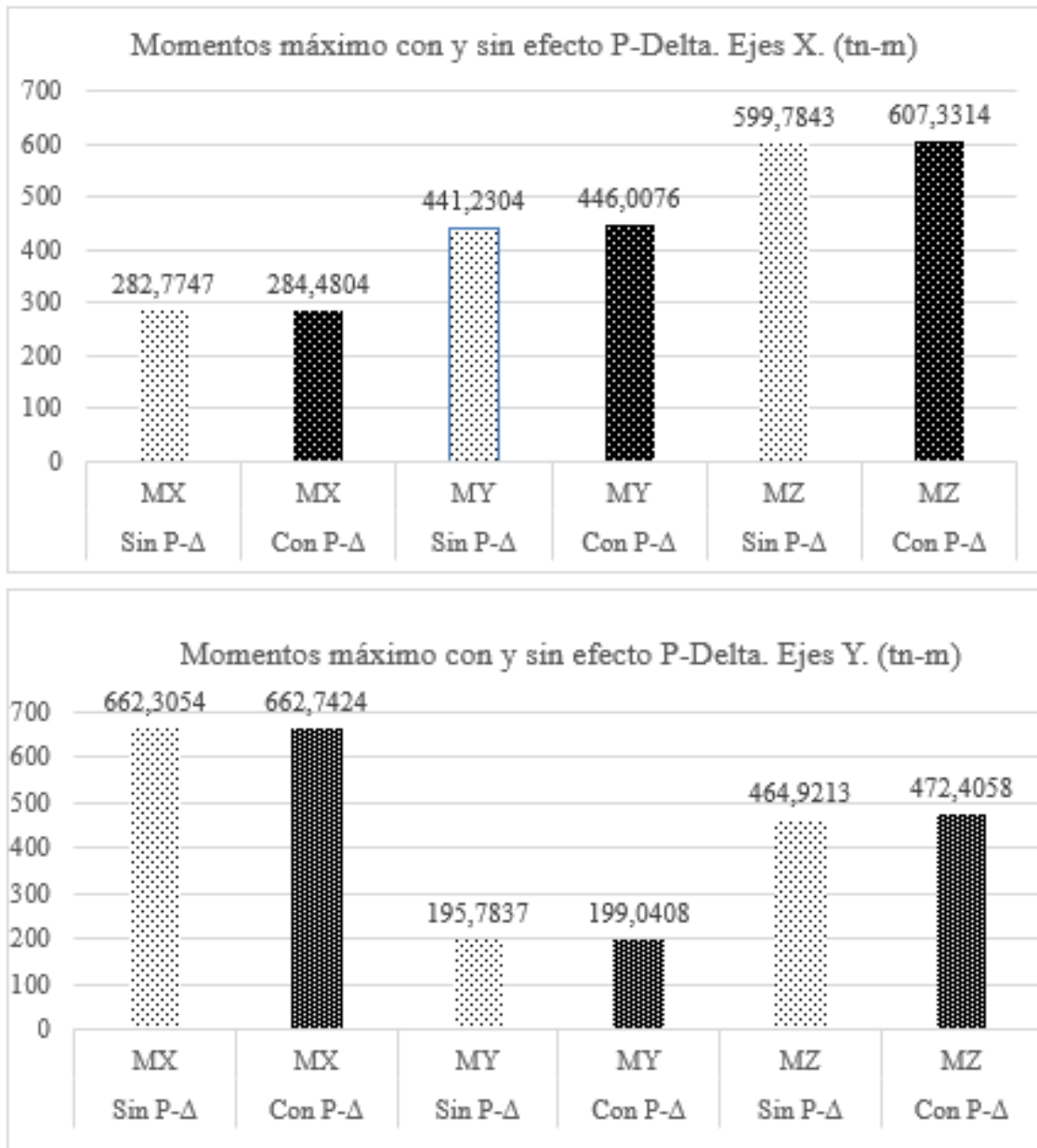
Momentos máximos en la base “Edificio A”

EDIFICIO A		Sin P-Δ			Con P-Δ		
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO X	282,7747	441,2304	599,7843	284,4804	446,0076	607,3314
BASE	SISMO Y	662,3054	195,7837	464,9213	662,7424	199,0408	472,4058
INCREMENTO							
CASO	MÁXIMO	VALOR NUMÉRICO (tnf-m)			VALOR PORCENTUAL (%)		
SISMO X	MZ	7.547 tnf-m			1.258 %		

Nota: Cálculo de software ETABS V18

Figura 70

Incremento de momentos máximo con y sin efecto P-Δ en ejes X-Y. “Edificio A”



Nota: Elaboración propia.

Tabla 43

Momentos máximos en la base “Edificio B”

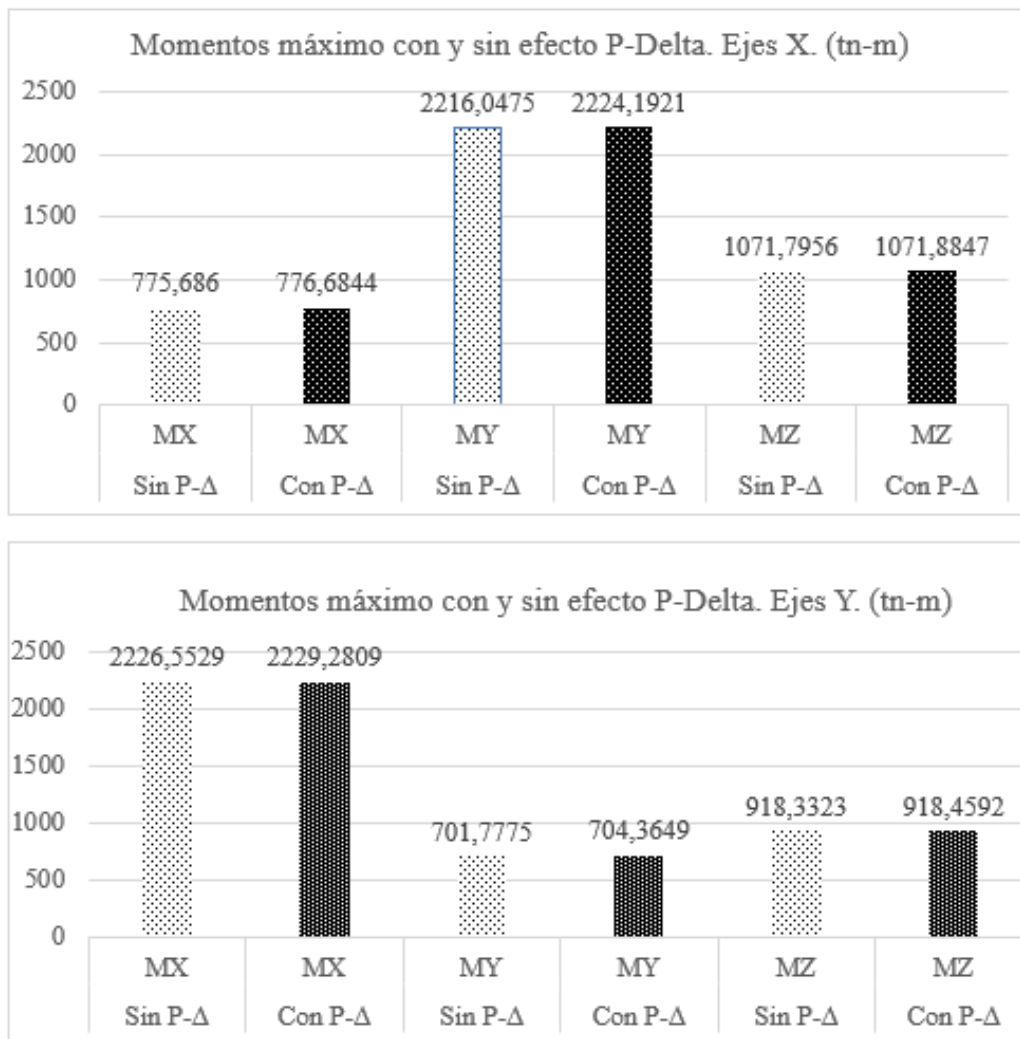
EDIFICIO A		Sin P-Δ			Con P-Δ		
PISO	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO X	775.6860	2216.0475	1071.7956	776.6844	2224.1921	1071.8847
BASE	SISMO Y	2226.5529	701.7775	918.3323	2229.2809	704.3649	918.4592

INCREMENTO			
CASO	MÁXIMO	VALOR NUMÉRICO (tnf-m)	VALOR PORCENTUAL (%)
SISMO Y	MX	2.728 tnf-m	0.1225 %

Nota: Cálculo de software ETABS V18.

Figura 71

Incremento de momentos máximo con efecto P-Delta ejes X-Y “Edificio B”



Nota: Elaboración propia.

En las tablas 42 y 43, podemos ver que los resultados de momentos máximos en la base aumentan cuando se incluyen los efectos de segundo orden, para los dos edificios, donde se observa un incremento máximo de 7.547 tnf-m que representa el 1.258% para el edificio A; en la evaluación del edificio B se muestra un aumento menor con un valor de 2.728 tnf-m que representa el 0.1225 %. Al incluir los efectos P-Delta incrementó los momentos en ambos edificios, pero, con la diferencia que en la “edificación A” tiene mayor influencia debido a que la estructura presenta irregularidad y es de mayor altitud; en el caso del “edificio B” la influencia es menor por ser una estructura regular y de menor altura.

La hipótesis se acepta, porque el efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico de los edificios evaluados incrementando los momentos máximos en la base.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Limitaciones

- En el ámbito local no se lograron encontrar precedentes de estudios semejantes de sismicidad donde se contemplan los efectos de segundo orden.
- Las edificaciones de la ciudad de Cajamarca, en su gran mayoría no tienen asesoría para el diseño estructural, además se carece de controles de calidad para los materiales de construcción utilizados, por ello, los análisis estructurales en software usamos datos teóricos.
- En la gran mayoría de edificaciones construidas en altura, no superan los 7 pisos de construcción para la ciudad de Cajamarca, lo que no deja mucho campo de acción para el estudio de efectos de segundo orden.

4.1.2. Interpretación comparativa

Periodo Fundamental

De la investigación realizada hemos obtenido que el **periodo fundamental** para el edificio “A”, ha tenido un incremento del periodo de vibración de 0.016 segundos, que representa un 1.499 % de incremento, mientras que el análisis del periodo fundamental del edificio “B”, el periodo de vibración aumentada es de 0.001 que equivale a un 0.254 % como se ve en la tabla 36 y 37. Según Rafea M. & Ruaa (2016), en su estudio del edificio de gran altitud en la ciudad de Bagdad, menciona que el periodo fundamental con y sin efecto P-Delta incrementa significativamente desde un análisis de los pisos 10 al 19, de 22.7 % a 23.1 % de incremento, para pisos 20 al 29 se ve un incremento de 38.0% a 41.5 %, para los niveles de 30 a 39 se vio desde 33.1% a 37.7 %, en general el incremento del periodo, ha aumentado

evidentemente con la inclusión del efecto P- Δ . Los resultados son similares en los análisis, sin embargo, cuando se atribuye el efecto P-Delta en el “Edificio A”, vemos que tiene mayor repercusión, debido a que la estructura presenta irregularidad y es de mayor altura; en cuanto al “Edificio B” la influencia es menor por ser un edificio regular. En el estudio de contraste, el periodo fundamental también aumenta y se hace más evidente con la altura de la edificación, por tanto, los cálculos de ambos estudios son similares, porque, en el estudio de Raffa M. & Rua (2016), del piso 10 al 19 el periodo fundamental aumenta en un 0.4 %, mientras que en nuestro estudio, para el edificio A, aumenta en 1.49 %, por condición de irregularidad, mientras que para el edificio B, tiene semejanza, pues aumenta en 0.254 %, por la característica de regularidad del mismo.

Cortante basal

En el análisis de la **cortante basal** en el edificio “A” muestra un incremento de en los casos de sismo dinámico en “X” con un aumento de 0.8385 tnf, (1.470%) mientras que, en el sismo dinámico en “Y” el aumento es de 0.6322 (1.051%) tnf, y para el edificio “B” el aumento de la cortante basal, evaluando el sismo dinámico en “X” ha sido de 0.013 tnf (0.0076%), y en el sismo dinámico en “Y” ha sido de 0.0015 tnf (0.0009%) tal como se muestra en la tabla 38 y 39. En el estudio de Rodríguez (2020), muestra que las cortantes máximas de la edificación que ha evaluado (sin muros de corte), han disminuido en los modelos de sismos en “X” y “Y”, en 0.9037 y 1.0254 respectivamente. El estudio de Torres, C. & Zavala, D (2021), considera cambios en la cortante basal de un edificio regular son de 2.5 % para el caso 1 (Irregularidad de masa en el piso 3), 5 %; del caso 2 (Irregularidad de masa en el piso 6), 2.4 % para el caso 3 (Irregularidad de masa en el piso 9) y 3.8 % del Caso 4 es de 3.6 % (Irregularidad de masa en el piso 12); siendo que se genera la mayor fuerza cortante en el piso 3, pues genera mayor porcentaje de fuerza cortante en la base. Del análisis de los dos estudios evaluados vemos que nuestro estudio tiene similitud con el estudio de

Torres C. & Zavala, D, pues en ambos casos las cortantes basales han aumentado, en proporciones semejantes, y considerando el análisis del edificio A, para nuestro estudio la mayor variación de cortante está ubicada en el piso 2, mientras que en el estudio de Torres C. & Zavala (2019) se presenta en el piso 3. Ambos casos determinan que el análisis de la cortante basal considerando el efecto P- Δ se ven aumentadas, sobre todo cuando hay condiciones de irregularidad en altura. Haciendo el contraste entre el antecedente y nuestro estudio, podemos ver la similitud entre ambos resultados obtenidos, con la evaluación del efecto P- Δ , que se presenta en los pisos donde hay irregularidad.

Distorsión

Para el análisis de la **distorsión** en el edificio A, al considerar el efecto P- Δ vemos que hay un incremento en la distorsión en la totalidad de los pisos evaluados, y la evaluación en el segundo nivel demuestra para los modelos sísmicos tanto para “X” y “Y” un incremento del 2.007 % y 2.109% respectivamente según la tabla 40. Es preciso mencionar que en este edificio no se cumple el límite del máximo desplazamiento descrito en la Norma E030 de concreto armado, que es de 0.007, y en todos los pisos se sobrepasa esta condición. Para el análisis del edificio B, al considerar el efecto P- Δ vemos que el incremento es también evidente en cada uno de los pisos evaluados, sin embargo, no es tan contundente dicho aumento, que no sobrepasa el 0.439 % según la tabla 41, siendo más marcado este aumento para los sismos dinámicos propuestos en “X” y “Y” en el primer nivel de la estructura evaluada, y que progresivamente disminuye conforme aumenta la altura del edificio. Asimismo, en esta edificación se cumple que en todo que todos los pisos, la distorsión no sobrepasa el 0.005 estipulado por la norma de sismo-resistencia peruana E030 para albañilería confinada. Mientas que el estudio de Rodríguez Cruz (2020), define que los cambios de las derivas al incluir los efectos P- Δ , son evidentes desde el nivel 3 de 0.006168 a 0.006780, para el nivel 5, el aumento fue de 0.005892 a 0.006306, para el nivel 10 el incremento fue de

0.003762 a 0.003822, lo que representa cambios de 0.48 %, 7.02 %, 1.59 % respectivamente. Mientras que Mangukiya, Arpit, et al. (2016), demuestra en su estudio al tomar en cuenta el efecto P-Delta, representan 16.87 % de aumento de distorsión de entrepiso en promedio, para edificios de gran altitud. Los resultados de nuestro estudio son similares en contraste con los estudios, pues las derivas cambian en todos los escenarios donde se incluyen los efectos P-Delta, y según la normatividad vigente la deriva no debe exceder la distorsión para sistemas aporticados que es de 0.007, cumpliendo con esta condición el edificio B (en sistema de albañilería confinada es del 0.005) de nuestro estudio y el edificio del estudio de Rodríguez (2020), y delimitando que, a más regularidad de la estructura, mejor comportamiento sísmico, con derivas dentro de lo estipulado por la normatividad vigente. Encontramos que hay similitud de resultados entre los antecedentes consultados y nuestro estudio, pues la gran altitud del edificio de contraste presenta la distorsión más evidente. La verificación de nuestro primer edificio evaluado hace evidente también el aumento de distorsión.

Momentos máximos

Para el análisis de los **momentos máximos** en nuestro estudio, en la evaluación del edificio A, podemos apreciar que en los momentos máximos para los sismos dinámicos en “X”, se presentan en dirección “MY”, y con el efecto P-Delta tiene un incremento marcado, sobre todo en el nivel 2, donde se manifiesta la más marcada diferencia de entre todos los niveles evaluados con un incremento de 7.547 tnf que representa el 1.258 % según la tabla 42 para el “edificio A”, ahora bien, para el análisis dinámico de sismos en “Y”, los momentos máximos se presentan en dirección “MX”, también siendo los más marcados de entre todos los niveles evaluados dentro de ésta edificación, con un 0.1 % de aumento, siendo en esta dirección el aumento de momentos por la presencia del efecto P- Δ el menos significativo. En la evaluación del edificio B, para el análisis del sismo dinámico en “X”, se presenta el momento máximo en dirección “MY” del primer nivel, donde hay un aumento de 0.36 %,

mientras que el sismo dinámico en “Y”, se presenta en el primer nivel en la dirección “MX”, donde el incremento con la presencia del efecto P- Δ es de 0.12 %. En ambos casos con la presencia de los efectos de segundo orden los momentos se ven incrementados en menos del 1 %. En el estudio de Mangukiya, Arpit, et al (2016), el momento flector para la combinación EQ-Y muestra una variación entre el 5 % al 20 %, entre más altura de entrepiso, más se nota el incremento de momentos para el análisis de cada piso de la estructura. para el momento en la combinación EQ-Y se observa una variación del 2% al 20%; donde la variaron mayor se presenta según la cantidad de pisos, el grado de asimetría (irregularidad); y altitud de las edificaciones, el 2% para el edificio de 7 pisos con asimetría, y va incrementando el valor hasta el 20% para el edificio de 30 cuando hay asimetría en la edificación; de esto se desprende que hay similitud entre los antecedentes y nuestro estudio, pues hay un incremento de los momentos máximos evaluados con la presencia del efecto P-Delta, y en contraste con los antecedentes evaluados, podemos definir que, a más altura y a más irregularidad de los edificios, los momentos máximos incrementan significativamente acorde a la altitud y a la irregularidad en altura de los edificios, por tanto, entre el antecedente consultado y nuestro estudio podemos encontrar semejanza.

4.1.3. Implicancias

- Al determinar el estudio del efecto P-Delta y su relación con el comportamiento sísmico, vemos que su inclusión de los efectos P-Delta se considera de gran importancia, teniendo en cuenta que, a futuro en Cajamarca, las edificaciones y planes habitacionales, contemplan la construcción de edificios de más altura.
- Hemos logrado comprobar la teoría de los efectos de segundo orden evaluados en las estructuras evaluadas, además de la influencia de éste, en el comportamiento sísmico. La evaluación de 2 edificios nos ha permitido verificar, comprobar y reafirmar teorías

respecto de los efectos de segundo orden, que muestran cambios significativos conforme se realizan sus inclusiones en las propuestas de sismos dinámicos en los modelos computacionales realizados, de donde se desprende que a más altura y más irregularidades en la estructura, se debe tener mucho más en cuenta al efecto P-Delta.

4.2. Conclusiones

- Se determinó que hay relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental, porque este se incrementa en un 1.499 % (Edificio A), y un 0.254 % (Edificio B) según se muestra en las tablas 36 y 37.
- Se analizó que hay relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal, porque vemos que esta aumenta en la dirección “X” 1.470 % y 1.051% en la dirección “Y” (Edificio A); para el (edificio B) el incremento es 0.0076% en la dirección “X” y un 0.009% en la dirección “Y”, tal como se muestra en las tablas 38 y 39.
- Se evaluó la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la distorsión, donde vemos que esta aumenta en la dirección “X” 2.007 % y 2.109 % en la dirección “Y” (Edificio A); para el (edificio B) el incremento es 0.295 % en la dirección “X” y un 0.439 % en la dirección “Y”, tal como se muestra en las tablas 39 y 40.
- En la investigación se determinó que hay relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a los momentos máximos en la base, porque vemos un incremento con valores máximo en la dirección “Z” 1.258% para (Edificio A); para el (edificio B) el incremento es 0.1225% en la dirección “X” tal como se muestra en las tablas 42 y 43.

- Se determinó que hay relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, porque estos efectos incrementan todas las solicitaciones en las estructuras estudiadas, siendo más evidente en la edificación A, por presentar irregularidad y ser de mayor altura que la edificación B; esto es perjudicial ante un eventual sismo.

REFERENCIAS

- Abbas, R. M., & Abdulhameed, R. A. (2016). *Efectos del P-Delta y el agrietamiento del concreto en el modo modal Análisis para la respuesta sísmica de gran altura Edificios de hormigón armado. 2016.*
- Abdulhameed, R. A., & Abbas, R. M. (2016). Effects of P-Delta and Concrete Cracking on Modal Analysis for the Seismic Response of High Rise Reinforced Concrete Building. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 7(1), 363–371.
<https://doi.org/10.21275/ART20179282>
- Alcántara Vera, W. (2014). “Riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del barrio el estanco, Cajamarca.” In *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- ARDILA VALENCIA, J. G. (2016). Evaluación del Coeficiente de Disipación de energía “R”, para edificios con un sistema estructural combinado de muros y pórticos en concreto, con diferente número de pisos. *Unidad Académica de Estructuras*, 1(1), 53–61.
<https://doi.org/10.13387/j.cnki.nmld.2013.02.001>
- Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la Investigación* (Grupo Editorial Patria (ed.); Tercera ed, Issue 2017). <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- Barboza, R. (2018). (43) Desempeño sísmico del edificio Angel Divino ubicado en la ciudad de Chota, Provincia de Chota, Región Cajamarca. In *Rueda Montoya, Rudsvi. 2018.* “Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.” 1–250. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Barrueto Zamora, J. B. (2019). *Análisis sísmico comparativo entre los sistemas de concreto armado y albañilería confinada para la construcción de un edificio de viviendas multifamiliares del distrito de Surquillo.* <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13342>
- Bisbal Sanz, A. E. B., Masana García, M. M., Flores Vila, M., Villanueva Rodríguez, E.,

- Rodríguez Ayala, J., Campos Cruzado, R., Rojas Esteven, C., Sanguinetti, Aguilar, I., Instituto Nacional de Defensa Civil, & Evaluación. (2011). *(19) Evaluación Del Impacto Socioeconómico Y Ambiental Del Sismo Ocurrido El 15 De Agosto De 2007*.
- CSI SPAIN. (2021). *CSI SPAIN - ETABS*. IGENMAN.
<https://doi.org/10.5944/reop.vol.31.num.3.2020.29273>
- Dlubal Software GmbH. (2017). *(30) Análisis de segundo orden*.
- Norma Técnica E.020 - Cargas, 1 (2014). <https://www.ici.edu.pe/brochure/normas/Norma E.020 Cargas.pdf>
- Eche, L., & Pérez, G. (2018). *Análisis DEL Comportamiento Sísmico de un edificio con Muros Estructurales Aplicando La Interacción Suelo – Estructura (Condominio Los Girasoles – Comas – Lima)*. Universidad San Martín de Porras.
- Frank J. Gonzalez Vasquez. (2017). (0) Vulnerabilidad Sísmica Del Edificio 1-I De La Universidad Nacional De Cajamarca. In *Universidad Nacional de Cajamarca*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2015). *Metodología de la Investigación* (Vol. 3, Issue 2). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Hernando, T., Isabel, B., & Salas, H. (2007). *El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw) Departamento de Ica - Perú* (Vol. 0).
- Imran, M., & Kalwane, U. (2018). A Literature Review Study on Comparative Study on Behaviour of High Rise R.C.C Structure with Shear Wall and High Rise R.C.C. Composite Structure With consideration of Non-Linear P-Delta Analysis. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 7(1), 1281–1285.
<https://doi.org/10.21275/ART20179658>
- Kazemi, F., Mohebi, B., & Yakhchalian, M. (2018). *Evaluación del efecto P-Delta sobre la capacidad de colapso de adyacentes Estructuras sometidas a movimientos terrestres de campo lejano*. 4, 1–9.

- Mangukiya, N., Ravani, A., Miyani, Y., & Bhavsar, M. B. (2016). Study of “P-Delta” Analysis for R.C. Structure. *Global Research and Development Journal for Engineering, 0(0)*, 452–455.
- Norma Diseño Sismoresistente E030, (2019). www.construccion.org
- Rajath R., & M, R. (2016). P-Delta Analysis of Multi Story RC Building. *International Journal of Research in Engineering and Technology, 05(12)*, 69–72.
<https://doi.org/10.15623/ijret.2016.0512014>
- Ramirez Calixto, R. G. (2019). “Evaluación sísmica de edificaciones en el Perú.”
- Rodríguez Cruz, J. (2020). *Influencia del efecto P-Delta en edificios de concreto armado con y sin muro de corte, Lima 2019*. Universidad César Vallejo.
- Torres, C., & Zavala, D. (2021). *Influencia del efecto P-Delta y la irregularidad en masa en el comportamiento estructural de una estructura de mediana altura*. Universidad de Ciencias Aplicadas.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Ubicación del Edificio A



Fuente : Google Earth Pro 7.3.4.8248.

Coordenadas : Zona 17 M

Este: 776539.00 m E

Sur: 9204662.00 m S

Dirección : Av. Pariamarca Nro. 225 – Ciudad de Cajamarca.

ANEXO N° 02: Foto del Edificio A (Autorizado por Propietario)



(Foto 01 / Foto 02)

- Fuente : Fotografía de los investigadores.
- Edificación : “Edificación A”
- Foto 1 : Vista esquina-frontal, lado derecho.
- Foto 2 : Vista lateral derecha.

ANEXO N° 03: Ubicación del Edificio B



Fuente : Google Earth Pro 7.3.4.8248.

Coordenadas : Zona 17 M

Este: 777026.00 m E

Sur: 9206127.00 m S

Dirección : Av. Héroes del Cenepa Nro. 185 – Ciudad de Cajamarca.

ANEXO N° 4: Fotos de edificios B (Autorizado por propietario)



Fuente : Fotografía de los investigadores.

Edificación : “Edificación B”

Foto 1 : Vista frontal.

ANEXO N° 05:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
--------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

NRO. FICHA	001
TITULO	"Relación del efecto p-delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021"
OBJETIVO (2)	Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
INDICADOR N° 01	Periodo fundamental
FECHA	02 de diciembre del 2021

TABLA DE PERIODO FUNDAMENTAL - EDIFICACIÓN A
(Sin / Con Efecto P-Delta)

Sin P-Δ			Con P-Δ		
Caso	Modo	Periodo Fundamental (seg)	Caso	Modo	Periodo Fundamental (seg)
Modal	1		Modal	1	
INCREMENTO					
VALOR NUMÉRICO (seg.)			VALOR PORCENTUAL (%)		
seg.			%		

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

TABLA DE PERIODO FUNDAMENTAL - EDIFICACIÓN B
(Sin / Con Efecto P-Delta)

Sin P-Δ			Con P-Δ		
Caso	Modo	Periodo Fundamental (seg.)	Caso	Modo	Periodo Fundamental (seg)
Modal	1		Modal	1	
INCREMENTO					
VALOR NUMÉRICO (seg.)			VALOR PORCENTUAL (%)		
seg.			%		

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

ANEXO N° 06:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS


NRO. FICHA	002
TITULO	"Relación del efecto p-delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021"
OBJETIVO	Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
INDICADOR NRO. 2	Cortante Basal
FECHA	02 de diciembre del 2021

TABLA DE CORTANTE BASAL - EDIFICACIÓN A (Sin / Con Efecto P-Delta)

EDIFICACIÓN "A"		Sin P-Δ (tnf)	Con P-Δ (tnf)
CASO	DIRECCIÓN	CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
SISMO DINÁMICO X	X		
SISMO DINÁMICO Y	Y		
INCREMENTO			
VALOR NUMÉRICO (tnf)		VALOR PORCENTUAL (%)	
X	tnf		%
Y	tnf		%

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

TABLA DE CORTANTE BASAL - EDIFICACIÓN B (Sin / Con Efecto P-Delta)

EDIFICACIÓN B"		Sin P-Δ (tnf)	Con P-Δ (tnf)
CASO	DIRECCIÓN	CORTANTE BASAL	CORTANTE BASAL
SISMO DINÁMICO X	X		
SISMO DINÁMICO Y	Y		
INCREMENTO			
VALOR NUMÉRICO (tnf)		VALOR PORCENTUAL (%)	
X	tnf		%
Y	tnf		%

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

ANEXO N° 07: (Parte 01)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

NRO. FICHA	003
TITULO	"Relación del efecto p-delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021"
OBJETIVO	Evaluar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la distorsión de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021
INDICADOR NRO. 03	DISTORSIÓN
FECHA	02 de diciembre del 2021

TABLA DE DISTORSIÓN - EDIFICACIÓN A
(Sin / Con Efecto P-Delta)

EDIFICIO A		DISTORSIÓN EJE "X"		DISTORSIÓN EJE "Y"	
Piso	Altura (m)	Sin P-Δ	Con P-Δ	Sin P-Δ	Con P-Δ
P 7	21.93				
P 6	19.26				
P 5	16.59				
P 4	13.92				
P 3	11.25				
P 2	8.35				
P 1	3.15				
MÁXIMO INCREMENTO					
DIRECCIÓN	PISO	VALOR NUMERICO		VALOR PORCENTUAL %	
X					%
Y					%

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

(Parte 02)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TABLA DE DISTORSIÓN - EDIFICACIÓN B

(Sin / Con Efecto P-Delta)

EDIFICIO B		DISTORSIÓN EJE "X"		DISTORSIÓN EJE "Y"	
Piso	Altura (m)	Sin P- Δ	Con P- Δ	Sin P- Δ	Con P- Δ
P 6	18.67				
P 5	15.77				
P 4	12.87				
P 3	9.97				
P 2	7.07				
P 1	4.17				
MÁXIMO INCREMENTO					
DIRECCIÓN	PISO	VALOR NUMERICO		VALOR PORCENTUAL	
					%
X					%
Y					%

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

ANEXO N° 08:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
--------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

NRO. FICHA	004
TITULO	"Relación del efecto p-delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021"
OBJETIVO	Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto al momento máximo de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.
VARIABLE DE ESTUDIO	Momento máximo
FECHA	02 de diciembre del 2021

TABLA DE MOMENTOS MÁXIMOS - EDIFICACIÓN A

(Sin / Con Efecto P-Delta)

EDIFICIO A		Sin P-Δ			Con P-Δ		
NIVEL	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO X						
BASE	SISMO Y						
INCREMENTO							
CASO	MÁXIMO	VALOR NUMÉRICO	tnf-m	VALOR PORCENTUAL	%		
			tnf-m		%		

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

TABLA DE MOMENTOS MÁXIMOS - EDIFICACIÓN B

(Sin / Con Efecto P-Delta)

EDIFICIO B		Sin P-Δ			Con P-Δ		
NIVEL	CASO	MX	MY	MZ	MX	MY	MZ
BASE	SISMO X						
BASE	SISMO Y						
INCREMENTO							
CASO	MÁXIMO	VALOR NUMÉRICO	tnf-m	VALOR PORCENTUAL	%		
			tnf-m		%		

Datos obtenidos con Software ETABS V18 (licenciado)

ANEXO N° 09: Validación. Experto 01

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “RELACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EL
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO,
CAJAMARCA 2021”

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos: **ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMÁN**
- 1.2. Grado académico: **MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**
- 1.3. Especialidad: **ESTRUCTURAS**
- 1.4. Institución laboral: **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**
- 1.5. Tipo de instrumento

Fichas técnicas de recolección de datos de periodo fundamental, cortante basal, distorsiones y momentos máximos en la base.

- 1.6. Lugar y fecha: **Cajamarca, diciembre del 2021.**

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	5
5	Suficiencia para medir las variables	5
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	5
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	5
	Total	47



Firma

ANEXO N° 10: Validación. Experto 02

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**TESIS: “RELACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EL
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO,
CAJAMARCA 2021”**

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos: **JANE ELIZABETH ÁLVAREZ LLANOS**
- 1.2. Grado académico: **INGENIERA CIVIL/ MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN**
- 1.3. Especialidad: **GESTIÓN DE EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN**
- 1.4. Institución laboral: **UNIVERSIDAD PRIVADA EL NORTE**
- 1.5. Tipo de instrumento

Fichas técnicas de recolección de datos de periodo fundamental, cortante basal, distorsiones y momentos máximos en la base.

- 1.6. Lugar y fecha: **Cajamarca, diciembre del 2021.**

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	4
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	5
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	5
8	Expresado en hechos perceptibles	5
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	5
	Total	46



Firma
Ing. Civil Jane Alvarez Llanos
REG. C.I.P. 78807

ANEXO N° 11: Validación. Experto 03

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: “RELACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EL
COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO,
CAJAMARCA 2021”

I. REFERENCIAS:

- 1.1. Nombre y apellidos: **VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR**
- 1.2. Grado académico: **MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**
- 1.3. Especialidad: **ESTRUCTURAS**
- 1.4. Institución laboral: **UNIVERSIDAD PRIVADA EL NORTE**
- 1.5. Tipo de instrumento

Fichas técnicas de recolección de datos de periodo fundamental, cortante basal, distorsiones y momentos máximos en la base.

- 1.6. Lugar y fecha: **Cajamarca, diciembre del 2021.**

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	4
5	Suficiencia para medir las variables	5
6	Facilita la interpretación del instrumento	5
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	5
8	Expresado en hechos perceptibles	5
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	5
	Total	48







Firma


ANEXO N° 12: Autorización para uso de datos Edificio A

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN - PROPIETARIO			
Yo <u>Juan Orlando Chugnas Tacilla</u>			
identificado con DNI <u>41982465</u> en mi calidad de <u>Propietario</u>			
de la edificación ubicada en <u>Av. Cajamarca</u>			
Nro. <u>225</u> de la ciudad/provincia/departamento			
<u>Ciudad de Cajamarca, Provincia Cajamarca, Dpto. Cajamarca.</u>			
OTORGO LA AUTORIZACIÓN,			
A los señores <u>Kedwin Cayetano Murga Yupanqui</u> , identificado con DNI: <u>47637313</u> , y <u>José Adel Tafur Molina</u> , identificado con DNI: <u>42815223</u> , egresado de la Carrera profesional de Ingeniería Civil para que utilice la siguiente información de la edificación:			
"Uso de planos y/o medidas de la edificación para modelación con software estructural ETABS, con la finalidad de analizar el efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021".			
Lo anterior servirá para desarrollar su () Trabajo de Investigación, (X) Tesis o () Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de () Bachiller, () Maestro, () Doctor o (X) Título Profesional.			
Indicar si el propietario que autoriza la información de la edificación, solicita mantener el nombre en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada:			
() Mantener en Reserva el nombre, o			
() Mencionar el nombre del propietario.			
Asimismo, se indica que la información de las edificaciones estudiadas, serán usadas solamente con fines académicos.			
 Firma del propietario del edificio DNI: <u>41982465</u>			
El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales por parte del otorgante de información, pueda ejecutar.			
 Firma del Egresado DNI: <u>47637313</u>	 Firma del Egresado DNI: <u>42815223</u>		
CÓDIGO DE DOCUMENTO	FECHA DE VIGENCIA	NÚMERO VERSIÓN	PÁGINA
	Diciembre 2021	01	Página 1 de 1

ANEXO N° 13. Autorización para uso de datos Edificio B

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN - PROPIETARIO		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
<p>Yo <u>Santos Andrés Dávila Ramos</u></p> <p>identificado con DNI <u>26722815</u> en mi calidad de <u>Propietario</u></p> <p>de la edificación ubicada en <u>Av. Héroes</u></p> <p><u>Del Cenepa 185</u> de la ciudad/provincial/departamento <u>Cajamarca</u></p> <p><u>Provincia Cajamarca, Departamento Cajamarca.</u></p>			
<p>OTORGO LA AUTORIZACIÓN,</p> <p>A los señores: <i>Kedwin Cayetano Murga Yupanqui, identificado con DNI: 47637313, y José Adel Tafur Molina, identificado con DNI 42815223, egresado de la Carrera profesional de Ingeniería Civil para que utilice la siguiente información de la edificación:</i></p> <p>"Uso de planos y/o medidas de la edificación para modelación con software estructural ETABS, con la finalidad de analizar el efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021".</p> <p>Lo anterior servirá para desarrollar su () Trabajo de Investigación, (X) Tesis o () Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de () Bachiller, () Maestro, () Doctor o (X) Título Profesional.</p> <p>Indicar si el propietario que autoriza la información de la edificación, solicita mantener el nombre en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.</p> <p>() Mantener en Reserva el nombre, o</p> <p>() Mencionar el nombre del propietario.</p> <p>Asimismo, se indica que la información de las edificaciones estudiadas, serán usadas solamente con fines académicos.</p>			
 Firma del propietario del edificio DNI: <u>26722815</u>			
<p>El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales por parte del otorgante de información, pueda ejecutar.</p>			
 Firma del Egresado DNI: <u>47637313</u>		 Firma del Egresado DNI: <u>42815223</u>	
CÓDIGO DE DOCUMENTO	FECHA DE VIGENCIA	NÚMERO VERSIÓN	PÁGINA
	Diciembre 2021	01	Página 1 de 1

ANEXO N° 14: Licencia de Software de trabajo. ETABS V18



Dear José Adel Tafur Molina,

Thank you for requesting a trial version of ETABS.

Trial Conditions

- The trial version is for evaluation purposes only, and may not be used for commercial or professional purposes.
- Use of the trial version is limited to a single machine.
- Use of the trial version is limited to 30 days, after which time you must acquire a standard license from CSI to continue using the software, whether on the same or a different machine.

Instructions

- Download the installer from the link below.
- Run the downloaded installer on the machine you plan to use for evaluating ETABS.
- When you are ready to begin your trial, run ETABS from the shortcut on your desktop or from the Windows Start menu.
- When prompted for an activation key, enter the trial activation key shown below.
- ETABS will now run in Trial mode.
- You can select Continue each time you run ETABS until the end of the Trial period.

The 30-day trial begins the first time you run ETABS, whether you enter your activation key or not, so please wait until you have time to properly evaluate the software before starting ETABS.

Download Link: [ETABS Trial](#)

ETABS TRIAL REGISTRATION DETAILS

Trial Activation Key	TRIAL-9B47C9F24ADA7B1DCE4E8D9804
Trial Duration	30 Days

For questions about ETABS or to obtain a standard license, please contact the [CSI Sales Department](#) or your local [CSI Channel Partner](#).

Thank you for your interest in CSI Products.

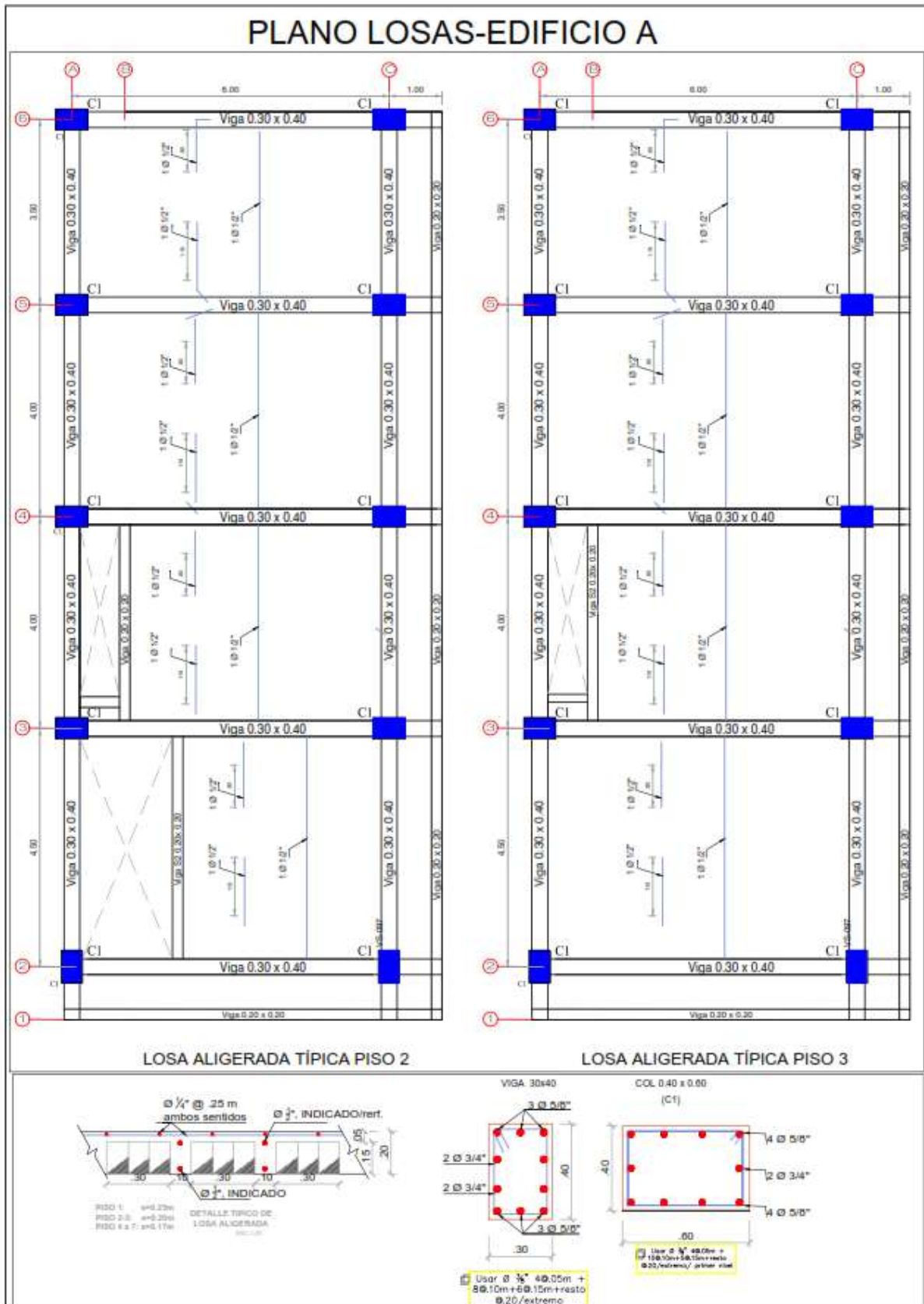
Computers and Structures, Inc.

SAP2000® ETABS® CSI Bridge® SAFE® CSI Col® Perform^{3D}® CSI Plant®

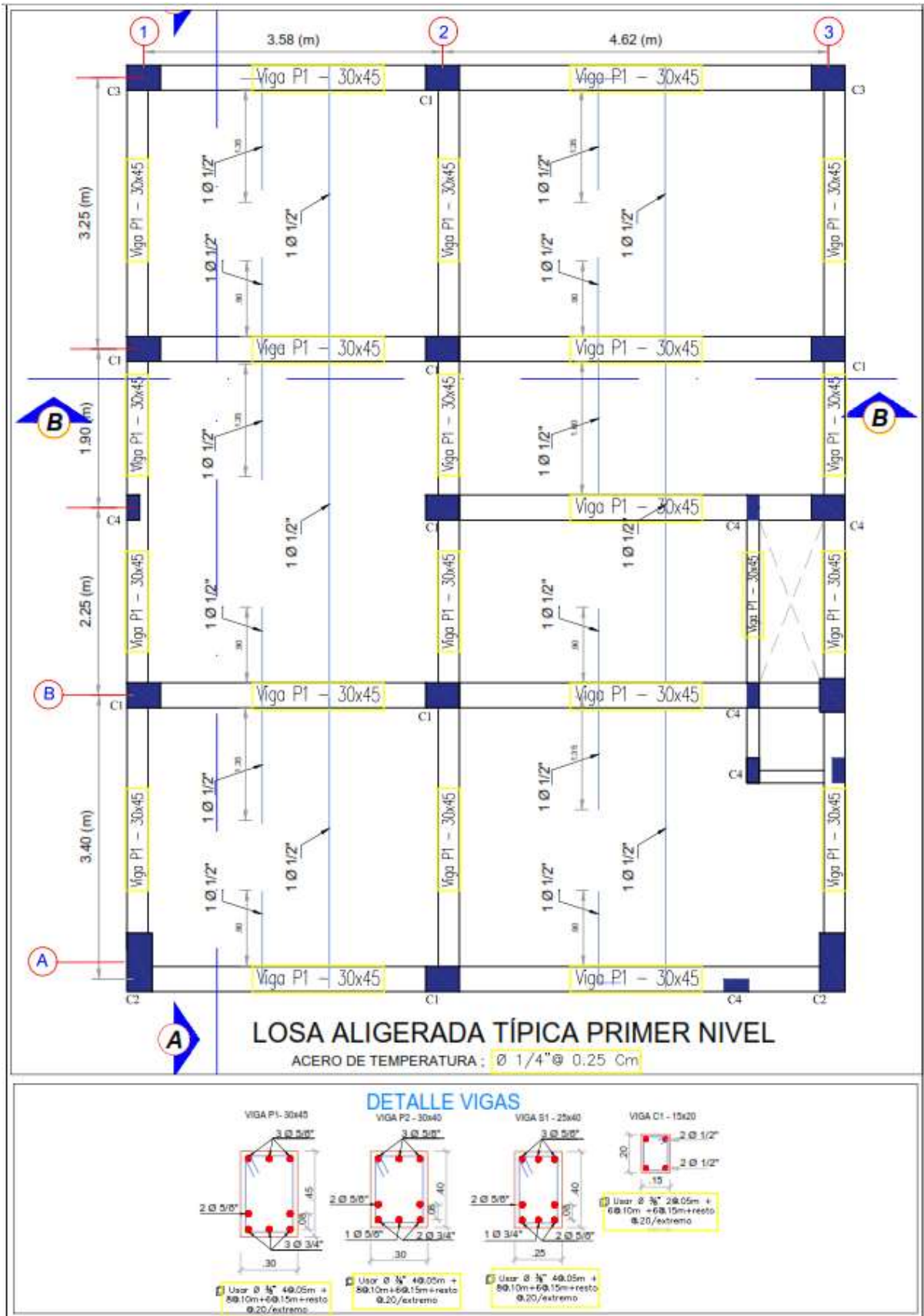
Computers and Structures, Inc. | 1646 N. California Blvd, Walnut Creek, CA 94596 USA | www.csiamerica.com

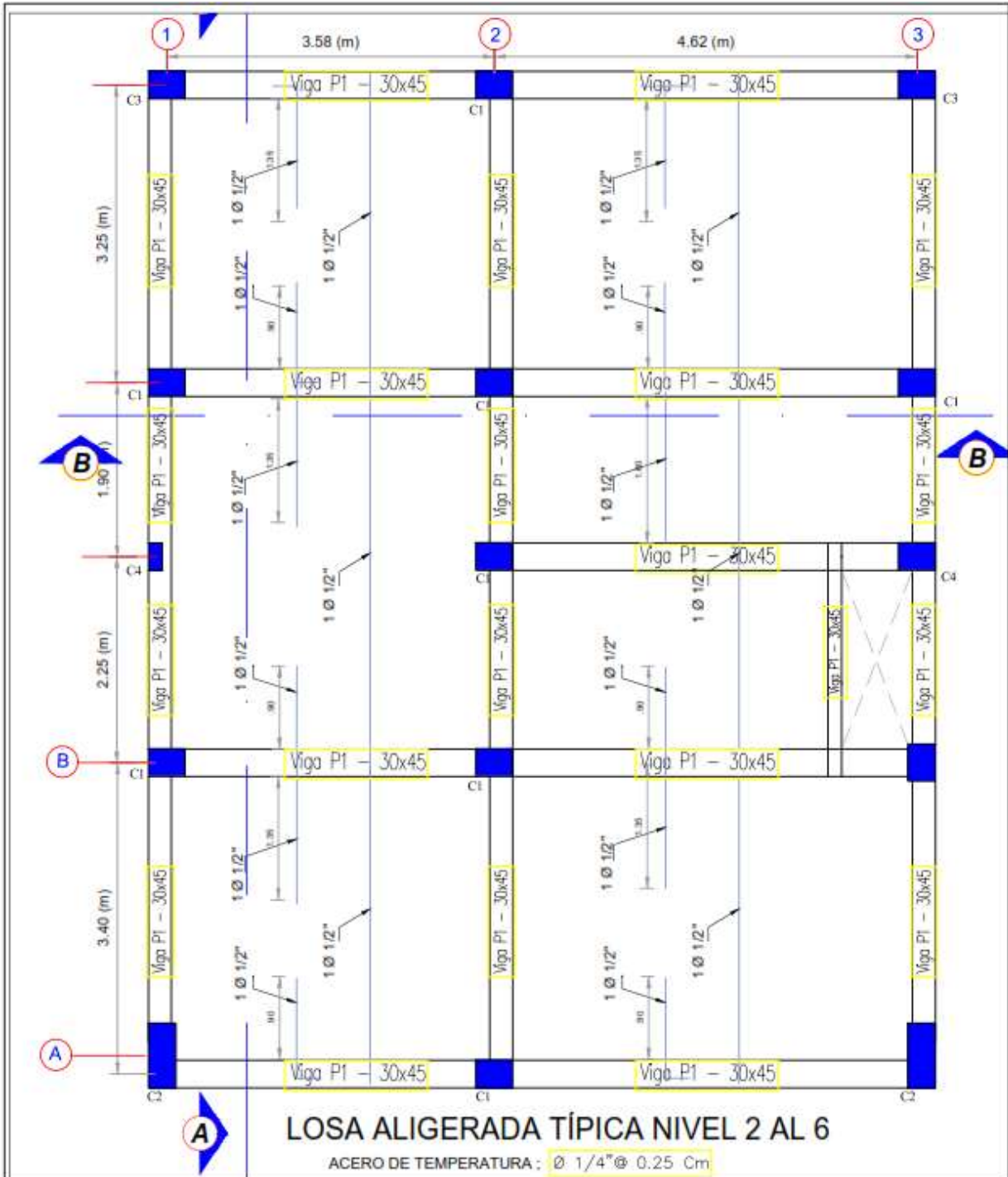
SR-168221

ANEXO N° 15. Planos de Edificación A

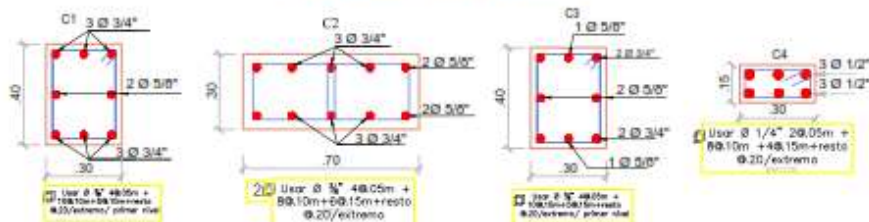


ANEXO N° 16. Planos de Edificación B





DETALLE COLUMNAS



ANEXO N° 16. Planos de Edificación B

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: RELACIÓN DEL EFECTO P-DELTA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO, CAJAMARCA 2021.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021?	Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.	El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.	Variable Independiente	El efecto P-Delta (Conocidos como efectos de segundo orden), son esfuerzos adicionales tales que una fuerza externa (horizontal) es lo suficientemente significativa para producir excentricidades que originan ese esfuerzo extra a la estructura. Por ello el cálculo de los efectos P-Delta determinan defectos de deformación debido a cargas que afectan la distribución de esfuerzo internos de la estructura, surgiendo momentos adicionales que producen esfuerzos excesivos de las cargas y de los momentos. (Dibul Software GMBH, 2017a).	Ahura de Edificación	Edificio A1. Regular
			Efecto P-Delta en edificios multifamiliares de concreto armado de 6 pisos.		Irregularidad de Edificación	Edificio A2. Irregular Ahura
Problema Especifico 1: ¿Cuál es la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021?	Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.	El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto al periodo fundamental de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.	Variable Dependiente	El comportamiento sísmico de las estructuras de concreto armado son el resultado de realizar un análisis sísmico de una estructura en particular, considerando las variables que determinan dicho comportamiento ante situaciones de sismicidad. (Eche & Pérez, 2018).	COMPORTAMIENTO LINEAL	PERIODO FUNDAMENTAL
Problema Especifico 1: ¿Cuál es la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021?	Analizar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021	El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto a la cortante basal de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.				CORTANTE BASAL
Problema Especifico 1: ¿Cuál es la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la distorsión de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021?	Evaluar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto a la distorsión de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021	El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto de la distorsión de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.	Comportamiento Sísmico.		COMPORTAMIENTO NO LINEAL	DISTORSIÓN
Problema Especifico 1: ¿Cuál es la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto de los momentos máximos en la base de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021?	Determinar la relación del efecto P-Delta en el comportamiento sísmico, respecto de los momentos máximos en la base de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021	El efecto P-Delta influye negativamente en el comportamiento sísmico, respecto de los momentos máximos en la base de edificios de concreto armado, Cajamarca 2021.				MOMENTOS MÁXIMOS EN LA BASE