



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Comportamiento sísmico aplicando el método no lineal estático  
en la I.E. N° 10410, Chaupelanche, Chota, Cajamarca.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Tenorio Carranza, Jorge Romain (ORCID: 0000-0002-9213-4780)

**ASESOR:**

Mg. Marín Bardales, Noé Humberto (ORCID: 0000-0003-3423-1731)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**CHICLAYO – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

**A mis queridos hijos: Diego y Jordano**

el cual día a día me dan fuerzas, son mi fuente de vida que me motiva a seguir adelante.

**A mi esposa Guisela,** por estar siempre a mi lado dándome su apoyándome incondicional para cada decisión que doy; a mis padres Artidoro y Flor por su apoyo incondicional que me brindan siempre.

**Jorge**

## **Agradecimiento**

A Dios por todas las bendiciones que me ha dado y haberme permitido concretar mi objetivo trazado.

A mis abuelitos Rosa e Indalecio quienes han sabido guiarme con el ejemplo y han sido mi soporte para poder culminar, sin ellos no hubiese sido posible alcanzar esta meta anhelada.

Al asesor de la tesis Mg. Marín Bardales Noe Humberto, por su apoyo, asistencia, entereza; quien cumplió un papel importante en la mejora del trabajo de investigación.

**Jorge**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variables y operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	13
3.6. Métodos de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS .....	15
4.1. Verificación del predimensionamiento de los elementos estructurales .....	15
4.2. Método no lineal estático Pushover .....	18
4.3. Análisis estático y dinámico según Norma E.030 .....	24
V. DISCUSIÓN .....	27

VI. CONCLUSIONES.....	31
VII. RECOMENDACIONES .....	32
REFERENCIAS.....	3333
ANEXOS .....	400

## Índice de tablas

Tabla 1: Sistema estructural.....	7
Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo.....	7
Tabla 3: Factor de suelo “S” .....	7
Tabla 4: Períodos “ $T_p$ ” y “ $T_L$ ” .....	7
Tabla 5: Límites de deriva según ATC-40 .....	9
Tabla 6: Límites de deriva según el comité visión 2000 .....	9
Tabla 7: Niveles de desempeño según el comité visión 2000 .....	10
Tabla 8: Niveles de investigación .....	11
Tabla 9: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
Tabla 10: Predimensionamiento de las columnas .....	16
Tabla 11: Verificación del predimensionamiento de las columnas de la I.E. 10410 – Chaupelanche .....	16
Tabla 12: Predimensionamiento de las vigas .....	16
Tabla 13: Verificación del predimensionamiento de las vigas de la I.E. 10410 ....	17
Tabla 14: Predimensionamiento de la losa de la escalera .....	17
Tabla 15: Verificación del predimensionamiento de la losa de la I.E. 10410 – Chaupelanche .....	17
Tabla 16: Fórmulas para la estimación de la demanda sísmica.....	20
Tabla 17: Verificación del predimensionamiento del módulo I.....	27
Tabla 18: Punto de desempeño en la dirección x, del módulo I .....	28
Tabla 19: Punto de desempeño de la escalera .....	28
Tabla 20: Desplazamiento relativo promedio de la I.E. 10410 .....	29

## Índice de figuras

Figura 1: Zonas sísmicas .....	6
Figura 2: Objetivos de desempeño, Visión 2000 .....	10
Figura 3: Diseño de investigación no experimental transversal descriptivo .....	11
Figura 4: Fuerzas laterales en el sentido de X e Y, módulo I .....	18
Figura 5: Fuerzas laterales en el sentido de X e Y, escalera .....	18
Figura 6: Curva de capacidad del módulo I y escalera.....	19
Figura 7: Puntos de desempeño del módulo I .....	21
Figura 8: Punto de desempeño frente a un sismo de servicio, escalera .....	21
Figura 9: Punto de desempeño frente a un sismo de diseño, escalera.....	22
Figura 10: Punto de desempeño frente a un sismo máximo, escalera.....	22
Figura 11: Puntos de desempeño de la I.E. N° 10410 del centro poblado Chaupelanche .....	23
Figura 12: Desplazamiento absoluto, módulo I .....	24
Figura 13: Desplazamiento absoluto, escalera.....	24
Figura 14: Desplazamientos relativos en X e Y, módulo I – Anexo 5.1 y 5.2 .....	24
Figura 15: Desplazamiento relativo en X e Y, escalera – Anexo 5.3 y 5.4 .....	25
Figura 16: Fuerza cortante estática y dinámica, módulo I .....	26
Figura 17: Fuerza cortante estática y dinámica, escalera .....	26
Figura 18: Factores de escala F.E. (X, Y) para el análisis de la escalera .....	26

## Resumen

Cuando ocurre un evento telúrico, se espera que la edificación pueda soportar la fuerza sísmica, a un cierto nivel, sin daño significativo. La investigación tuvo como objetivo “Analizar el comportamiento sísmico aplicando el método no lineal estático en la I.E. N° 10410 Centro Poblado Chaupelanche, Chota, para determinar el nivel de desempeño que tendría la estructura luego de un evento sísmico”. El estudio aplicado, tuvo como muestra al módulo I y escalera de la I.E. N° 10410. Se realizó una calicata con el fin de tipificar el suelo según la norma E.030. Se modeló la estructura en el software ETABS vs. 2018 estudiantil, aplicando el método estático y dinámico normado en la E.030 y el método estático no lineal Pushover normado por el FEMA 440 y el ATC-40. Se concluyó que, la escalera cumple con las derivas y desplazamientos en el eje “X” y “Y”, así mismo, según el análisis Pushover frente a un sismo de diseño sigue manteniendo su funcionalidad, en cambio, el módulo I presenta derivas en el eje “X” superiores a 0.007, y según el análisis Pushover frente a un sismo máximo tendría un nivel de pre-colapso, por tanto, requiere el reforzamiento estructural en la dirección “X”.

**Palabras clave:** análisis estático-dinámico, Pushover, reforzamiento.

## **Abstract**

When a seismic event occurs, it is expected that the building can withstand the seismic force, at a certain level, without significant damage. The objective of the research was "To analyze the seismic behavior by applying the nonlinear static method in the I.E. N° 10410 Centro Poblado Chaupelanche, Chota, to determine the level of performance that the structure would have after a seismic event". The study applied, had as a sample the module I and staircase of the I.E. N° 10410. A test pit was made in order to typify the soil according to the E.030 standard. The structure was modeled in the ETABS software vs. 2018 student, applying the static and dynamic method standardized in the E.030 and the Pushover nonlinear static method standardized by the FEMA 440 and the ATC-40. It was concluded that the stairway complies with the drifts and displacements in the "X" and "Y" axis, and also, according to the Pushover analysis, it still maintains its functionality in the face of a design earthquake; however, module I presents drifts in the "X" axis higher than 0.007, and according to the Pushover analysis in the face of a maximum earthquake it would have a pre-collapse level, therefore, it requires structural strengthening in the "X" direction.

**Keywords:** static-dynamic analysis, Pushover, strengthening.

## I. INTRODUCCIÓN

Cuando ocurre un terremoto, se espera que el edificio pueda soportar la fuerza sísmica a un cierto nivel sin daño significativo a la estructura (SURIANSYAH, y otros, 2020 pág. 4), pero para garantizar la eficiencia estructural, es necesario conocer la respuesta sísmica de los edificios mediante enfoques simplificados basados en análisis de desplazamientos (AŞIKOĞLU, y otros, 2020 pág. 11).

“Un análisis de desplazamiento representa el análisis no lineal estático para determinar el comportamiento de colapso de un edificio o estructura” (PRASETYO, y otros, 2020 pág. 40). Los procedimientos de análisis no lineales han ganado popularidad en la actualidad (SANDILYA, y otros, 2020 pág. 1). El análisis Pushover tiene las ventajas de la simplicidad conceptual y la efectividad computacional (GUO, y otros, 2019 pág. 17), además permite una evaluación más realista de la vulnerabilidad sísmica, ya que representa un mayor número de posibles mecanismos de falla que otros análisis sísmicos convencionales (KALKBRENNER, y otros, 2019 pág. 1)

Perú, se encuentra en el anillo de fuego del pacífico, lo que hace que experimente terremotos frecuentes, por la intersección de las placas tectónicas. Los terremotos en el país a menudo cobran vidas, pero la causa de los decesos no es directamente el evento telúrico, sino los daños en las edificaciones, mismas que terminan colapsando (PRASETYO, y otros, 2020 pág. 42).

Cajamarca, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020 pág. 4), se encuentra ubicada entre la zona sísmica 2 y 3, peligro sísmico de moderado a alto. En la última década las provincias cajamarquinas han sido epicentro de eventos sísmicos de 3 a 5 grados en la escala de Richter, que han tenido como referencia Bambamarca, Chota, Jaén, Cajamarca y San Marcos (RPP NOTICIAS, 2019).

El distrito y provincia de Chota, destaca por su especial geolocalización en el territorio regional, su conectividad vial cada vez más articulada a las demás regiones, su equipamiento urbano y económico (MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA, 2018 pág. 15), pero generalmente los suelos

chotanos son arcillosos con alta plasticidad y contracción, por lo que las edificaciones del ámbito urbano y rural requieren un estudio estructural previo, más aún, al tratarse de edificaciones esenciales destinadas al rubro de la salud o educación (MVCS, 2020 pág. 6).

La I.E. N° 10410 está ubicada en el Centro Poblado Chaupelanche, distrito y provincia de Chota, alberga un aproximado de 200 personas entre alumnos, docentes y personal administrativo (ESCALE, 2019 pág. 1). La infraestructura del plantel fue construida durante el periodo 2012-2013, basando su diseño en las normas estructurales del año 2006 (MVCS, 2006 pág. 6), no obstante, en el año 2018 por resolución ministerial N° 355-2018 la norma E.030 sufre modificaciones, lo que genera que a la fecha no se pueda respaldar la resistencia sísmica de la edificación, a pesar que es el centro de estudios de muchos escolares. De ocurrir un evento sísmico es probable que se pierdan vidas humanas por el desconocimiento de la capacidad de desempeño estructural de la infraestructura académica, razón por la que es imprescindible ***Realizar la evaluación estructural aplicando el método no lineal estático en la I.E. N° 10410, Centro Poblado Chaupelanche, Chota***, a fin de que los responsables del manejo de la I.E. tomen medidas preventivas que eludan el riesgo sísmico.

**La Formulación del problema** es: ¿Cuál es el comportamiento sísmico aplicando el método no lineal estático en la I.E. N° 10410, Chaupelanche, Chota, ¿Cajamarca?

**El objetivo general es** Analizar el comportamiento sísmico aplicando el método no lineal estático en la I.E. N° 10410 Centro Poblado Chaupelanche, Chota, para determinar el nivel de desempeño que tendría la estructura luego de un evento sísmico.

**Los Objetivos específicos son:** Verificar el predimensionamiento de los elementos estructurales (losa aligerada, columnas y vigas). Aplicar el método no lineal estático Pushover para encontrar la curva de desempeño. Comparar las derivas y desplazamientos de la I.E. N° 10410, según el análisis sísmico estático y dinámico, con la norma E.030. Proponer el reforzamiento de los

posibles puntos de colapso de la infraestructura de la I.E. N° 10410, Centro Poblado Chaupelanche, Chota.

**La justificación del estudio es:** El método Pushover permite estimar las zonas posibles de colapsar en una edificación frente a un evento sísmico (SHETH, y otros, 2018 pág. 10) dando la facilidad a que los responsables de la I.E. N° 10410, Centro Poblado Chaupelanche, Chota, tomen las medidas de prevención del caso, con la finalidad de eludir el riesgo sísmico. En otras palabras, el desarrollo de la investigación ha validado la resistencia sísmica de la estructura I.E. 10410, según la normatividad del RNE-2020 (MVCS, 2020), debido a que la edificación fue construida con la RNE-2006 (MVCS, 2006) por tanto, no se ajusta a las últimas modificaciones dadas por el MVCS y no se podría respaldar su resistencia estructural frente a un evento sísmico, así mismo, la aplicación del método Pushover, garantiza una evaluación por desempeño, de tal forma que se ha identificado el comportamiento de la edificación frente a un evento sísmico moderado a alto. De igual manera, el estudio comparativo ha ofrecido una revisión útil de las metodologías de análisis estructural: estático, dinámico y análisis no lineal estático (Pushover) para edificaciones de concreto armado y mampostería (ENDO, y otros, 2017 pág. 1234).

**La Hipótesis que se plantea es:** El comportamiento sísmico que tendría la I.E. N° 10410 luego de un evento sísmico según el método no lineal estático en el Centro Poblado Chaupelanche, Chota, es Pre-colapso.

## II. MARCO TEÓRICO

### Como trabajos previos

En Japón (PRASETYO, y otros, 2020), en su artículo científico “Evaluasi kinerja struktur bangunan menggunakan pushover analysis dengan metode ATC-40 dan FEMA 356” tuvieron como objetivo determinar el punto de desempeño basado en ATC-40 y FEMA 356 de un Hospital, para ello utilizaron el espectro de respuesta con el SAP2000 v14. Concluyeron que el Hospital Dental y Bucal de la UGM Prof. Soedomo, estaba en el nivel de desempeño de ocupación inmediata (IO), lo que significa que el edificio aún es seguro y podría ser reutilizado después de un terremoto. (p. 46)

En Indonesia (KUSUMO, y otros, 2019) en su tesis doctoral “Evaluasi kinerja struktur bangunan gedung kuliah c unisa yogyakarta menggunakan pushover analysis dengan metode FEMA 356 dan ATC-40” evaluaron el edificio de conferencias C Unisa Yogyakarta en la provincia de D.I.Y. utilizando el método de análisis Pushover basado en las disposiciones del ATC-40 con niveles de rendimiento de ocupación inmediata. Realizaron el modelamiento con el programa ETABS v16.2.1., y concluyeron que el nivel de rendimiento del edificio utilizando la directriz ATC-40 es ocupación inmediata (IO). (p. 3)

En Indonesia (ARTANTY, y otros, 2019) en su tesis doctoral “Evaluasi kinerja gedung rsud tipe b kota mungkid magelang menggunakan pushover analysis dengan metode FEMA 356 dan ATC-40” determinaron los puntos de desempeño basado en ATC-40 y FEMA 356 del hospital Tipo B de la ciudad de Mungkid, Magelang, provincia de Java Central. El método utilizó la respuesta de espectro con el programa SAP200 v14. Concluyeron que el Hospital Tipo B en la ciudad de Mungkid Magelang tiene un comportamiento que permite una ocupación inmediata, lo que significa que el edificio sigue siendo seguro y puede reutilizarse después de la ocurrencia de un terremoto. (p. 1)

En el mismo país (JUMIANTO, 2019) realizó la investigación “Evaluasi kinerja struktur gedung xyz menggunakan pushover analysis berdasarkan metode ATC-40 & FEMA 356” donde tuvo como objetivo determinar el desempeño del edificio XYZ construido y compararlo con el desempeño

después de modificar la sección de la columna. Utilizó un análisis basado en los métodos ATC-40 y FEMA 356, con ayuda del software ETABS v9.7.2. Los resultados de la evaluación de la estructura del edificio XYZ para las direcciones X e Y están en el nivel de desempeño de ocupación inmediata (IO). (p. 1)

En el Cairo, (ABD-ELHAMED, y otros, 2017) en su artículo científico “Nonlinear static analysis of reinforced concrete framed buildings-A case study on Cairo earthquake” evalúa el efecto del terremoto sucedido en el Cairo en edificios de concreto armado, haciendo uso de la metodología estática no lineal Pushover, con la finalidad de determinar que estructuras tienen daños reparables. La investigación tuvo como resultado que las edificaciones correctamente diseñadas se comportan bien bajo el nivel de carga sísmica.

En Chiclayo, (PEREZ, 2019) en su tesis de maestría “Evaluación del desempeño sísmico en edificaciones esenciales mediante la aplicación del análisis inelástico por desplazamientos” aplicó el análisis estático Pushover para el diseño estructural de una edificación. Concluyó que la edificación tiene un comportamiento operacional, sin perjuicios en la edificación, con una conducta elástica, esto frente a una aceleración semejante a movimientos sísmicos frecuentes y ocasionales. La estructura presenta un comportamiento funcional. (p. 7)

(VEGA, y otros, 2019) en su artículo científico “Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis no lineal estático, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo” evaluaron el desempeño sísmico mediante el análisis no lineal estático, vivienda-comercio miura grill, Chiclayo, por el método Pushover con la aplicación de la norma FEMA 356 y ATC 40. Generaron el modelo analítico en el software Etabs. Concluyeron que la estructura no cumple con las derivas permitidas por la norma E.030, así mismo, según el análisis Pushover la estructura colapsaría frente a un evento sísmico. (p. 39)

(URTEAGA, 2019) en su tesis de maestría “Nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la institución educativa San Ramón (Anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura” analizó el edificio de la I.E. San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, por la norma FEMA 420 y la

normativa E.030. Los efectos en el diseño por capacidad de la estructura, muestran que durante un sismo de 6.1 a 6.9 en la escala de Richter, se producirían perjuicios moderados e inclusive llegar a precolapso, concluyendo que el edificio está en un nivel de seguridad limitada esto según ATC-40. (p. 8)

## Teorías relacionadas al tema

### Comportamiento sísmico

El comportamiento sísmico representa la evaluación estructural de una edificación en base a las normas técnicas de cada país. (DE LA TORRE, y otros, 2004 pág. 4).

a) **Parámetros sísmicos.** Los parámetros de diseño son: **La zonificación**, el Perú está dividido en cuatro zonas sísmicas, basado en la distribución espacial de la sismicidad observada (Fig. 1). **La categoría de las edificaciones**, las edificaciones están divididas según su nivel de importancia o esencialidad después de un evento sísmico (Factor 1.5 edificaciones esenciales, tales como instituciones educativas). El **sistema estructural**, se enfoca en los materiales usados y el método de estructuración sísmica de la edificación, tal como se detalla en la Tabla 1. Los **tipos de suelos**, se definen según las velocidades de propagación de onda de corte ( $V_s$ ), el valor SPT ( $N_{60}$ ) y la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ), tal como se muestra en la Tabla 2. (MVCS, 2020 pág. 6)

Figura 1: Zonas sísmicas



Fuente: RNE, Norma E.030 (MVCS, 2020).

Tabla 1: Sistema estructural

Sistema Estructural	Coefficiente de reducción (R)
Acero	
<i>Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos</i>	9.50
Otras estructuras de acero:	
<i>Arriostres excéntricos</i>	6.50
<i>Arriostres en cruz</i>	6.00
Concreto armado	
<i>Pórticos</i>	8.00
<i>Dual</i>	7.00
<i>De muros estructurales</i>	6.00
<i>Muros de ductilidad limitada</i>	4.00
<i>Albañilería armada o confinada</i>	3.00
<i>Madera (Por esfuerzos admisibles)</i>	7.00

Fuente: RNE, Norma E.030 (MVCS, 2020 pág. 7).

Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo

Perfil	Tipo de suelo	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	<i>Roca dura</i>	$> 1500 \text{ m/s}$		
$S_1$	<i>Roca o suelos rígidos</i>	$500 \text{ a } 1500 \text{ m/s}$	$> 50$	$> 100 \text{ kPa}$
$S_2$	<i>Suelos intermedios</i>	$180 \text{ a } 500 \text{ m/s}$	$15 \text{ a } 50$	$50 \text{ a } 100 \text{ kPa}$
$S_3$	<i>Suelos blandos</i>	$< 180 \text{ m/s}$	$< 15$	$25 \text{ a } 50 \text{ kPa}$
$S_4$	<i>Condiciones excepcionales: Clasificación basada en el EMS</i>			

Fuente: RNE, Norma E.030 (MVCS, 2020 pág. 5).

Tabla 3: Factor de suelo "S"

Zona Suelo	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0.80	1.00	1.05	1.10
$Z_3$	0.80	1.00	1.15	1.20
$Z_2$	0.80	1.00	1.20	1.40
$Z_1$	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: RNE, Norma E.030 (MVCS, 2020 pág. 6).

Tabla 4: Períodos " $T_p$ " y " $T_L$ "

	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
$T_L$ (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: RNE, Norma E.030 (MVCS, 2020 pág. 6).

b) **El análisis estático**, se establece mediante la estimación de la fuerza tajante en la base, la cual está definida por la expresión (V), y por el ciclo esencial de agitación, definido por la expresión (T). (MVCS, 2020 pág. 10)

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

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i \times d_i^2)}{(g \times \sum_{i=1}^n f_i \times d_i)}}$$

Donde:

- $d_i$  = desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$
- $f_i$  = fuerza lateral en el nivel  $i$ ,

**c) El análisis dinámico modal espectral**, considera el análisis de los “Modos de vibración”, para determinarlos se procederá por un método apropiado que considere la inflexibilidad y repartición de masas de la edificación; la “Aceleración espectral” definida por la fórmula  $S_a$ ; y por la “Fuerza cortante mínima en la base”, misma que no podrá ser menor al 80% y 90% del valor calculado para estructuras regulares e irregulares respectivamente. (MVCS, 2020 pág. 10)

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

**d) Análisis no lineal Pushover.** Para establecer si una edificación alcanza con el objetivo de desempeñarse, los resultados que arroje el método no lineal Pushover, en el punto de desempeño, esto van a ser comparado con los respectivos límites y determinar el nivel de desempeño, que conforman los juicios de aceptación para estructuras. El límite de respuesta se divide en dos categorías: (LIU, y otros, 2017 pág. 4195)

- **Límites de aceptabilidad global del edificio:** Incluyen requisitos para la capacidad de cargas verticales, la resistencia frente a cargas laterales y la deriva lateral. (BHANDARI, y otros, 2018 pág. 534)
- **Límites de aceptabilidad de elementos y componentes:** Cada componente (pórtico, muro, o diafragma) debe cotejarse para establecer si sus elementos están dentro de lo permitido aceptado. (SULLIVAN, y otros, 2018 pág. 7)

Tabla 5: Límites de deriva según ATC-40

Deriva límite de entrespiso	Nivel de desempeño			
	Ocupación inmediata	Control de daño	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Deriva total máxima	0.01	0.001-0.002	0.02	$0.33 \times \frac{V_i}{P_i}$
Deriva inelástica máxima	0.005	0.005-0.015	Sin limite	Sin limite

Fuente: (ATC-40, 1996)

Donde:  $\begin{cases} V_i = \text{cortante total} \\ P_i = \text{carga de gravedad total en el piso } i \end{cases}$

Tabla 6: Límites de deriva según el comité visión 2000

Deriva	Nivel de desempeño				
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de vida	Prevención de colapso	Colapso
Deriva total máxima	< 0.002	< 0.005	< 0.005	< 0.025	> 0.025
Deriva inelástica máxima	Despreciable	Despreciable	< 0.005	< 0.025	> 0.025

Fuente: (SEAOC, 1995)

### Método no lineal estático

Es un método de valoración aproximado en el que la estructura se somete a fuerzas laterales que aumentan monótonamente con una distribución invariante en altura hasta que se llega al deslizamiento objetivo (SANGAMNERKAR, y otros, 2019 pág. 5). El Método de Espectro de Capacidad (MEC), ha sido incluido por (ATC-40, 1996) y en diversos documentos por (FEMA 356, 2000) y (FEMA 440, 2005). Esta metodología hace una comparación de una edificación para resistir fuerzas laterales con la demanda sísmica, representadas a través de diagramas espectrales (SURIANSYAH, y otros, 2020 pág. 2). La superposición de la capacidad de la estructura con la demanda sísmica da origen al punto de desempeño. (MEDINA, y otros, 2018 pág. 63)

**a) Niveles de desempeño.** Los códigos para realizar el análisis Pushover determinan varios niveles de desempeño sísmico. Tales como, los que se muestran en la Tabla 5.

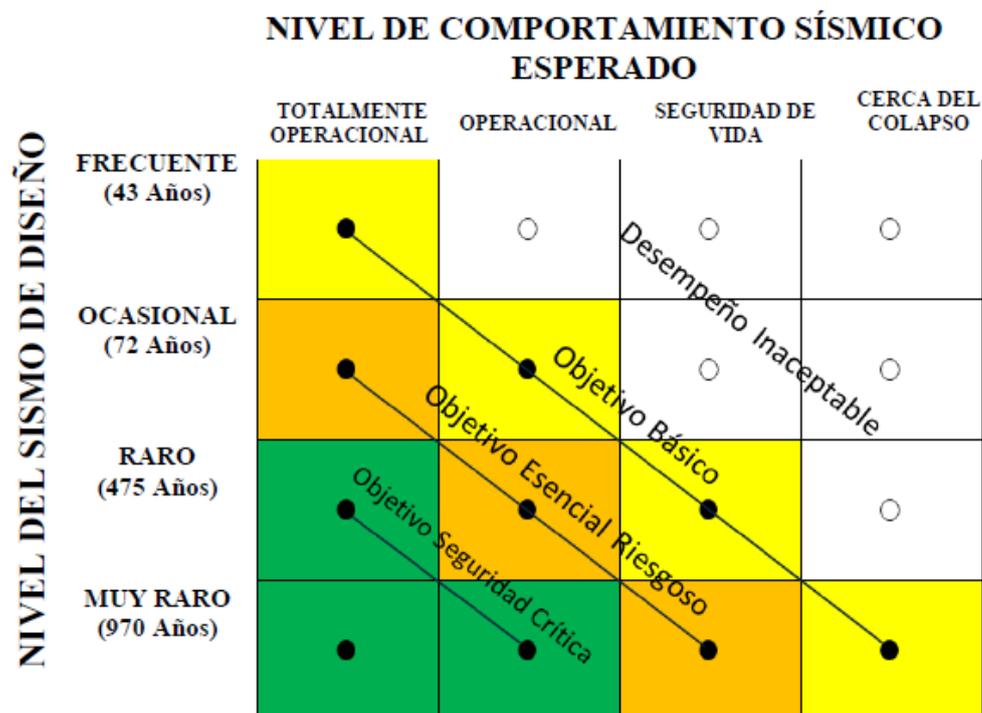
- b) Matriz de desempeño.** Los objetivos que persigue el desempeño sismorresistente se enmarcan por la agrupación de entre los niveles de comportamientos deseados y los comportamientos de amenaza sísmica esperada teniendo en cuenta la categoría de la estructura. (CALVO, y otros, 2018 pág. 15)
- c) Curva de capacidad.** Esta gráfica viene determinada por un análisis no lineal estático. Dentro de esto lo que más se utiliza es la técnica del empuje, que también se le denomina como análisis incremental de colapso. (CALVO, y otros, 2018 pág. 17)

Tabla 7: Niveles de desempeño según el comité visión 2000

<i>Estado de daño</i>	<i>Nivel de desempeño</i>	<i>Características</i>
Despreciable	Totalmente operacional	Daño nulo
Ligero	Operacional	Daños ligeros
Moderado	Seguridad	Daños moderados
Moderado	Pre-Colapso	Falla de elementos estructurales
Moderado	Colapso	Colapso estructural

Fuente: (SEAOC, 1995)

Figura 2: Objetivos de desempeño, Visión 2000



Fuente: (CALVO, y otros, 2018 pág. 15)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El estudio fue de tipo APLICADA, ha seguido un procedimiento ordenado, normado por el FEMA, ATC-40, SEAOC y norma E.030, para evaluar el objeto de estudio (CHEN, 2019). Éste puede tener una clasificación teniendo en cuenta los niveles de estudio.

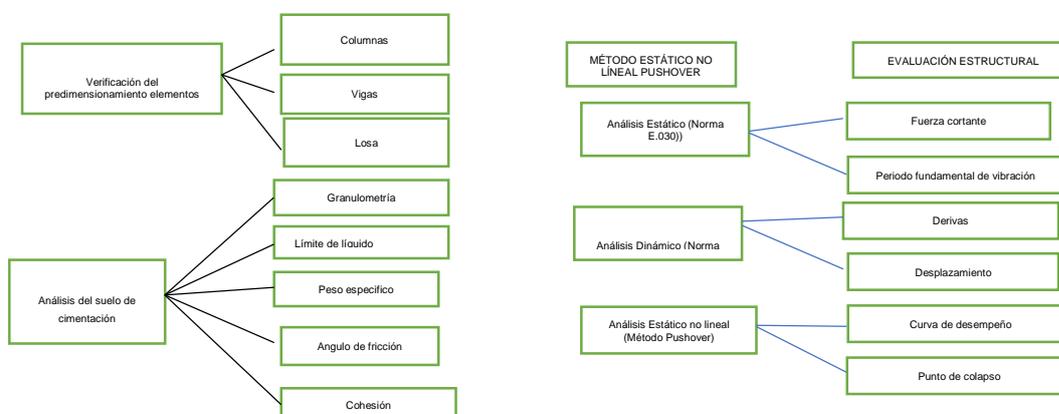
Tabla 8: Niveles de investigación

Ítem	Nivel de investigación
<i>Según su finalidad</i>	<i>Aplicada</i>
<i>Según el alcance</i>	<i>Descriptiva</i>
<i>Según el papel del investigador</i>	<i>No experimental</i>
<i>Según la temporalización</i>	<i>Transversal</i>

Fuente: (SANCA, 2011 pág. 624)

El diseño de investigación, está relacionada a la no experimentación de tipo transversal descriptivo, debido a que se buscaba representar el fenómeno de análisis tal como se encuentra en el medio natural sin alterar sus condiciones físicas, mediante la medición de las variables, para predecir un suceso (ROJAS, 2015 pág. 14); en este caso el aspecto que se deseaba predecir eran los puntos de colapso frente a un evento telúrico para la I.E. N° 10410-Chaupelanche, por el método no lineal estático “Pushover”, análisis por desempeño.

Figura 3: Diseño de investigación no experimental transversal descriptivo



Fuente: Elaboración propia.

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable dependiente:** Comportamiento sísmico

El comportamiento sísmico representa la evaluación estructural de una edificación en base a las normas técnicas de cada país (DE LA TORRE, y otros, 2004 pág. 4). Tiene como dimensiones:

- Parámetros sísmicos de análisis
- Análisis estático (Norma E.030)
- Análisis dinámico (Norma E.030)
- Análisis Pushover

**Variable independiente:** Método no lineal estático

La metodología de análisis en el que la estructura se somete a fuerzas laterales que aumentan monótonamente hasta que se llega al desplazamiento objetivo (SANGAMNERKAR, y otros, 2019 pág. 2). Tiene como dimensiones:

- Capacidad
- Demanda
- Desempeño

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

El universo y muestra de análisis fue no probabilística, determinada por conveniencia, conformada por la I.E. N° 10410 ubicado en el Centro Poblado Chaupelanche, Chota.

La Institución Educativa de educación primaria N° 10410 se encuentra ubicada en el centro poblado Chaupelanche, distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca, a 3090 m.s.n.m., entre las coordenadas UTM 766968.00 m E y 9268724.00 m S. Este centro educativo alberga a 127 alumnos matriculados en el presente año, siendo la población escolar ascendente cada año. La infraestructura de este centro educativo fue mejorada en el año 2012, por lo que al plantear su diseño no se consideró las actuales modificaciones de la norma E.030, E.020, E.050, E.060 y E.070.

### Características de la edificación

- Número de niveles: 02
- Uso: Educación
- Sistema estructural: Aporticado en el eje X y albañilería confinada en el eje Y.
- Irregularidades: Es una estructura regular

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 9: *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<i>Técnicas</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Observación</i>	- <i>Cuaderno de campo</i>
<i>Estudio de mecánica de suelos</i>	- <i>Curva granulométrica</i> - <i>Curva de fluidez</i> - <i>Carta de plasticidad</i> - <i>Formato para corte directo</i>
<i>Análisis estructural</i>	- <i>Formato Excel de predimensionamiento</i> - <i>Modelo digital de la edificación en ETABS</i> - <i>Hoja Excel de registro de análisis estático</i> - <i>Hoja Excel de registro del análisis dinámico</i> - <i>Hoja Excel de registro del análisis Pushover</i>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Procedimientos

Se ha realizado el siguiente proceso:

- a) Verificación de dimensiones de los elementos estructurales en la institución educativa.
- b) Extracción de muestra inalterada para ensayo de corte directo.
- c) Estudio de mecánica de suelos para determinar la capacidad portante.
- d) Verificación del predimensionamiento de los elementos estructurales.
- e) Modelamiento de la edificación en el software ETABS 2018 versión estudiantil.
- f) Aplicación del método estático no lineal Pushover.
- g) Aplicación del método estático y dinámico según norma E.030.

- h) Identificación de rotulas plásticas para definir elemento a reforzar.
- i) Propuesta de reforzamiento estructural.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

Para realizar el estudio investigativo se ha hecho uso de los softwares:

- AutoCAD 2018
- ETABS 2018 vs estudiantil
- Microsoft Excel 2016

### 3.7. Aspectos éticos

Los criterios éticos han sido: (NOREÑA, y otros, 2012 pág. 272)

- **Credibilidad.** Valor de la verdad / autenticidad.
- **Conformabilidad.** La información recabada en campo no debe sufrir manipulación y presentarse tal como se han tomado.
- **Relevancia.** El estudio debe de ser de importancia para la ciudadanía.
- **Aplicabilidad.** Debe contar con información técnica que puedan ser utilizados para realizar propuestas técnicas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Verificación del predimensionamiento de los elementos estructurales

Para verificar el predimensionamiento se realizó el metrado de cargas por piso, tomando en cuenta la sobrecarga estructural (carga viva) y el peso de los elementos estructurales y no estructurales (carga muerta).

- Sobrecarga de la estructura= 250 kg/cm<sup>2</sup>
- Total, de la carga muerta= 660 kg/m<sup>2</sup>
  - o Peso de aligerado= 300 kg/m<sup>2</sup>
  - o Tabiquería= 100 kg/m<sup>2</sup>
  - o Acabados= 100 kg/m<sup>2</sup>
  - o Peso de viga= 100 kg/m<sup>2</sup>
  - o Peso de columna= 60 kg/m<sup>2</sup>

$$\text{Peso unitario por piso} = P. \text{muerto} + P. \text{viva} = 660 + 250 = 910 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Se considera} \rightarrow \text{Peso unitario} = 1000 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ tn/m}^2$$

De acuerdo al cálculo, el peso unitario por piso era equivalente a 1 tn/m<sup>2</sup>. Con dicha carga se comprobó el predimensionamiento de las columnas en base a la fórmula  $P/(0.35 \cdot f_c)$  para columnas internas y  $P/(0.45 \cdot f_c)$  para columnas externas. Para verificar el predimensionamiento de vigas se consideró como dimensión del ancho de viga a la mitad del peralte y como dimensión del peralte al resultado de dividir la luz libre ( $l_n$ = distancia entre columnas) entre 12 para vigas principales, entre 16 para vigas secundarias y entre 8 para vigas en voladizo. Para verificar el predimensionamiento de la losa aligerada se tuvo en cuenta la fórmula dada por el ACI, que menciona que el espesor de losa equivale a la división de la mayor luz libre ( $l_n$ =distancia entre vigas) entre 18.50, debido a que tiene un extremo continuo. También se ha verificado el espesor de la losa de la escalera, considerándola como una losa maciza, por tanto, su predimensionamiento se ha estimado por medio de la división de la menor luz libre entre 40, tal como se muestra en la Tabla 14, verificando que el peralte de la losa de la

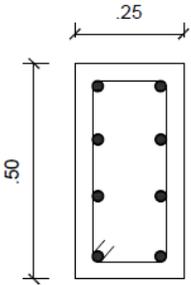
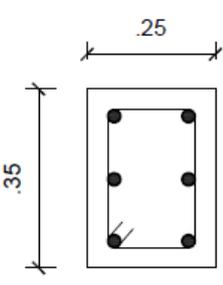
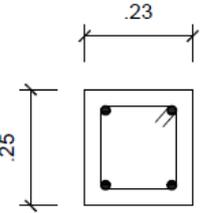
escalera (0.15) es superior al estimado con el predimensionamiento por tanto cumple con el mismo.

Tabla 10: Predimensionamiento de las columnas

Datos	C1	C2	C3
F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	210	210	210
Largo tributario (m)	1.94	1.815	1.59
Ancho tributario (m)	4.685	3.19	1.565
Área tributaria (m <sup>2</sup> )	9.0889	5.7899	2.4884
Peso unitario (tn/m <sup>2</sup> )	1	1	1
Número de pisos	2	2	2
Carga de servicio (P)	18.18 tn	11.58	4.98
Tipo de columna	Col. interna	Col. externa	Col. interna
Área de col.	247.32 cm <sup>2</sup>	122.54	67.71
Fórmula	$A= P/(0.35*f'c)$	$A=P/(0.45*f'c)$	$A= P/(0.35*f'c)$
Ancho de columna (a)	16 cm	11 cm	8 cm
Largo de columna (b)	16 cm	11 cm	8 cm
Asumimos columnas	25 x 35 cm	25 x 30 cm	25 x 25 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Verificación del predimensionamiento de las columnas de la I.E. 10410 – Chaupelanche

Columna	C-1	C-2	C-3
I.E. N° 10410, centro poblado Chaupelanche			
<b>Predimensionamiento</b>	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Predimensionamiento de las vigas

Datos	Vigas principales	Vigas secundarias	Vigas en voladizo
Luz libre (ln)	5.7 m	3.63 m	1.35 m
Fórmula	$h=ln/12$	$h=ln/16$	$h=ln/8$
Peralte de viga (h)	0.48 m	0.23 m	0.17 m
Ancho de viga (b)	0.25 m	0.25 m	0.25 m
Asumimos bxh	25 x 50 cm	25 x 35 cm	25 x 20 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Verificación del predimensionamiento de las vigas de la I.E. 10410

– Chaupelanche

Vigas	VP-101	VS-101	Viga en voladizo
I.E. N° 10410, centro poblado Chaupelanche			
<b>Predimensionamiento</b>	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Predimensionamiento de la losa de la escalera

Datos	Losa aligerada módulo I	Losa de la escalera
Luz libre (ln)	3.63 m	3.40 m
Fórmula	$h=ln/18.50$	$h=ln/40$
Peralte de losa (h)	0.20 m	0.009 m
Asumimos un espesor (e)	0.20 m	0.15 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Verificación del predimensionamiento de la losa de la I.E. 10410 – Chaupelanche

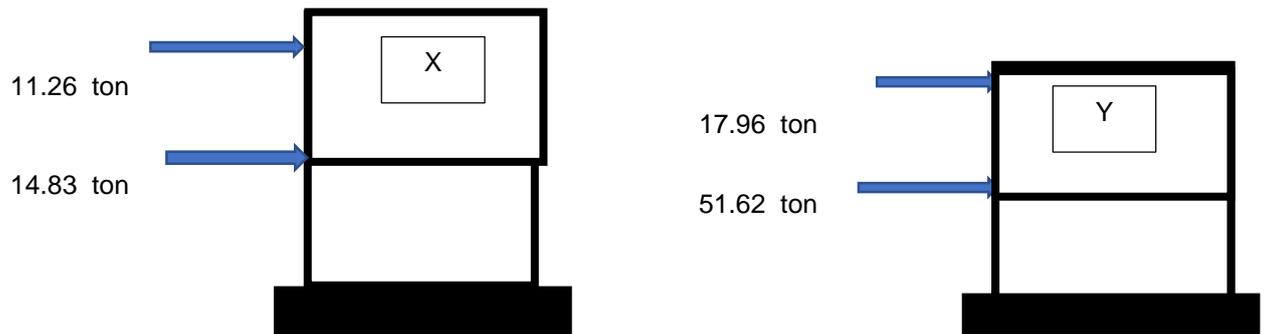
Losa	Losa aligerada (e= 20 cm)
I.E. N° 10410, centro poblado Chaupelanche	
<b>Predimensionamiento</b>	Cumple

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Método no lineal estático Pushover

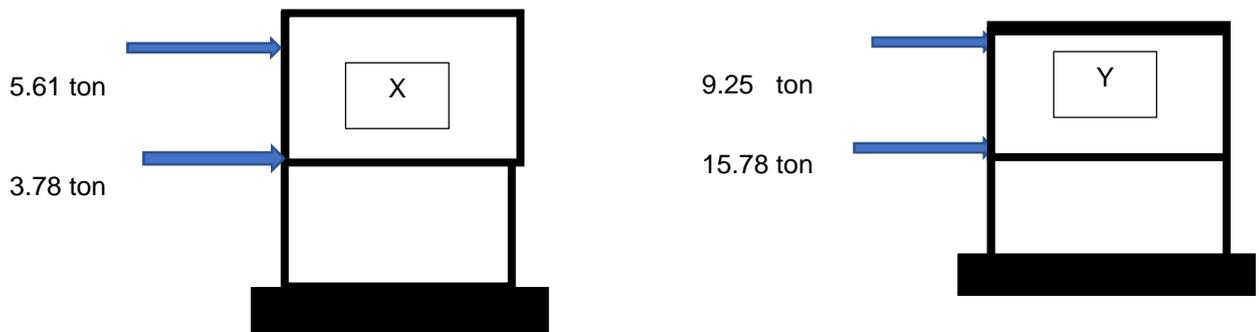
Este método consiste someter a la estructura a fuerzas laterales la cual debe ir incrementándose uniformemente hasta que la edificación llegue a la máxima deriva (Fig. 4 y Fig. 5), según la metodología de FEMA 356.

Figura 4: *Fuerzas laterales en el sentido de X e Y, módulo I*



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: *Fuerzas laterales en el sentido de X e Y, escalera*

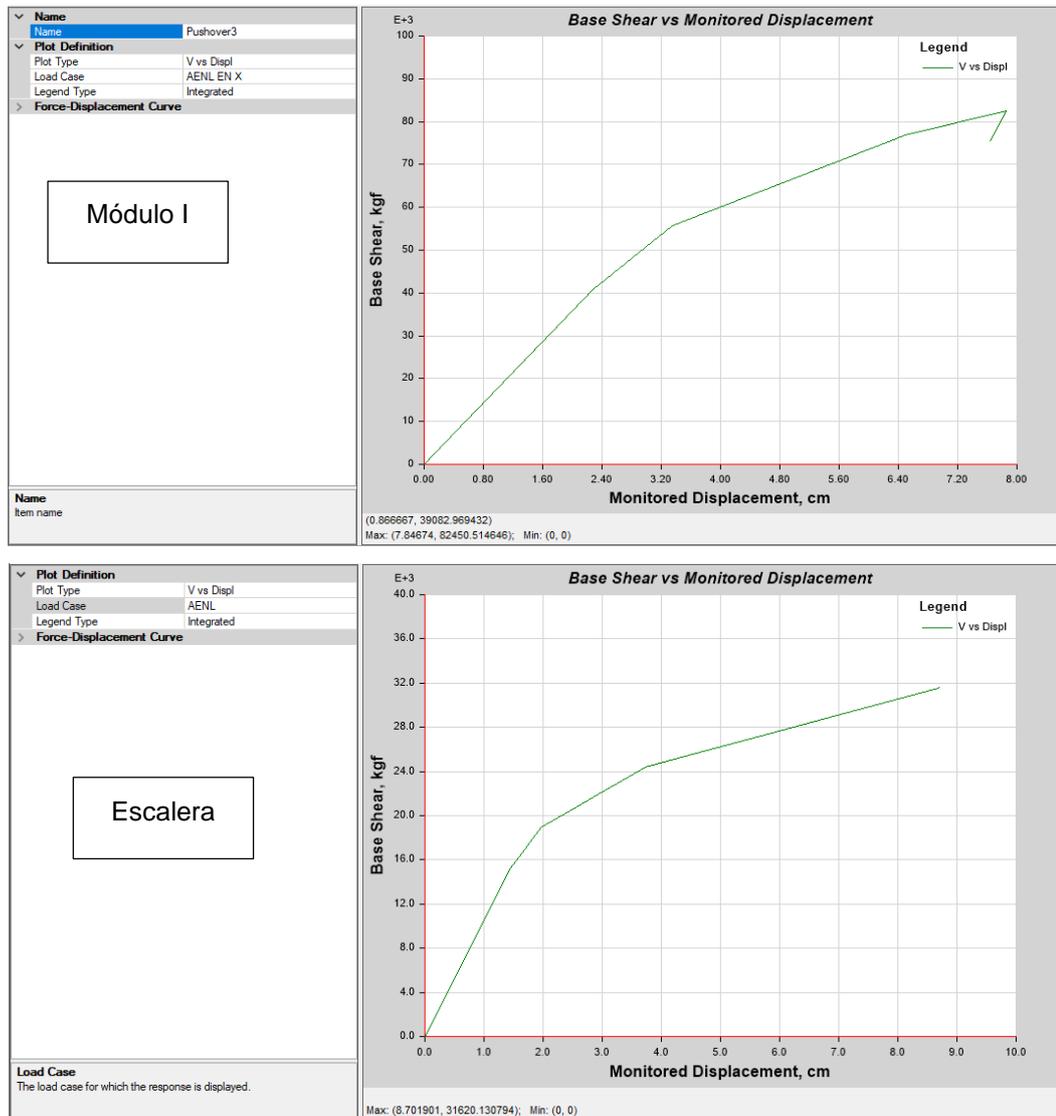


Fuente: Elaboración propia

La estructura del módulo I alcanza su capacidad última cuando se alcanza un movimiento de 7.84 cm y un cortante basal de 82.45 ton. Se concluye cuando, se logra un movimiento máximo de 7.84 cm, se considera a este el valor para el que la edificación en estudio alcance su capacidad máxima y colapse. La estructura de la escalera llega a su capacidad ultima cuando se

desplaza 8.70 cm y un cortante basal de 31.62 ton. Se concluye, que se detiene el análisis cuando se logra un movimiento máximo de 8.70 cm se considera un valor la cual la estructura en estudio alcanza su capacidad máxima y colapsa.

Figura 6: Curva de capacidad del módulo I y escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Luego se construye los espectros demanda sísmica en base al sismo de diseño, tanto para la dirección "X" como para la dirección "Y", tomando en cuenta las consideraciones dadas por el ATC-40, para el sismo de servicio (sismo frecuente), sismo de diseño (sismo dado en la norma E.030) y sismo máximo (sismo raro).

Tabla 16: Fórmulas para la estimación de la demanda sísmica

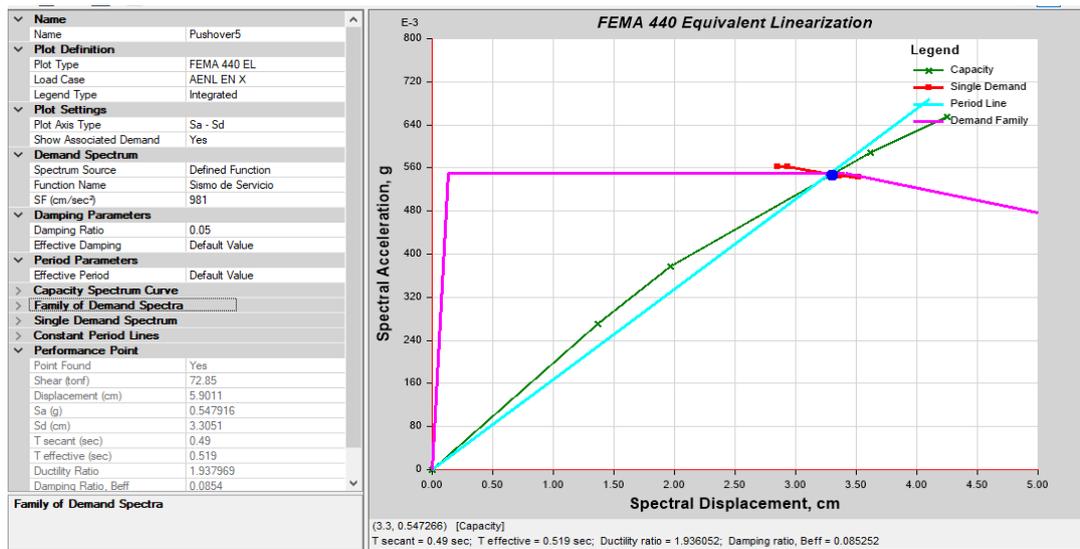
Sismo de servicio (SS)	0.255 g	0.5 SD
Sismo de diseño (SD)	0.450 g	SD
Sismo máximo (SM)	0.562 g	1.25 SD

Fuente: Elaboración propia

Una vez encontrada la curva de capacidad y definidos los espectros de demanda (Para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo), estos se interrelacionan para definir el punto de desempeño de la estructura en la dirección "X". El punto de desempeño de la estructura del módulo I con un amortiguamiento inicial de 5% para un sismo de servicio, va a soportar un cortante de 54.93 ton, va a tener un desplazamiento espectral "Sd" de 3.30 cm con un periodo de "T effective (sec)" de 0.519. Para un sismo de diseño soportará una cortante de 65.52 Tnf con un desplazamiento de 4.25 cm llegando a un nivel de servicio después de un evento sísmico de seguridad de vida. Mientras que para el sismo máximo la edificación presentaría rasgos de Pre colapso, con una cortante basal máxima de 74.50 Tnf y un desplazamiento de 6.10 cm.

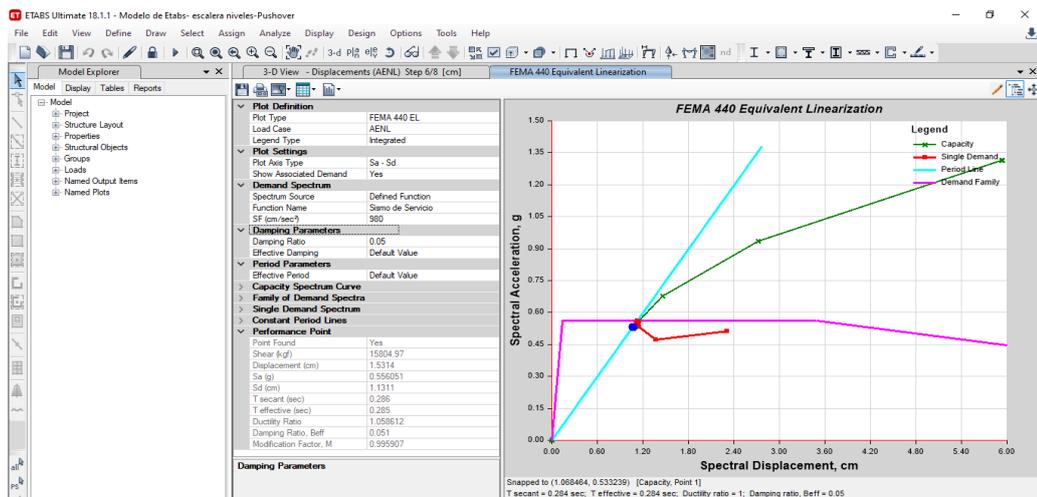
El punto de desempeño de la estructura de la escalera con un amortiguamiento inicial de 5%, va a soportar un cortante de 15.80 ton, va a tener un desplazamiento espectral "Sd" de 1.13 cm para un sismo de servicio. Para un sismo de diseño soportará una cortante de 24.60 Tnf con un desplazamiento de 2.82 cm llegando a un nivel de servicio después de un evento sísmico de seguridad de vida. Mientras que para el sismo máximo la edificación presentaría rasgos de Seguridad de vida, con una cortante basal máxima de 30.70 Tnf y un desplazamiento de 5.56 cm.

Figura 7: Puntos de desempeño del módulo I



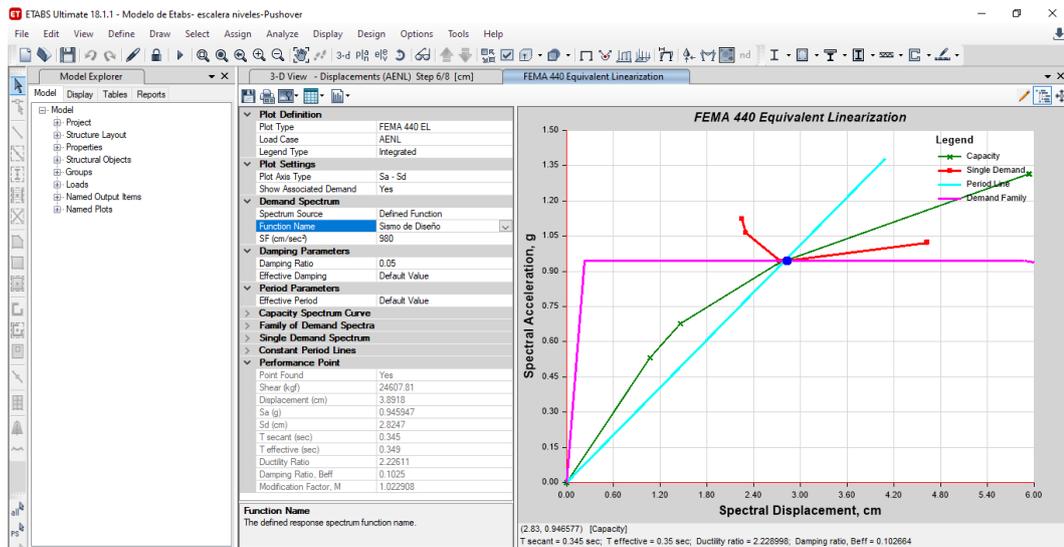
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 8: Punto de desempeño frente a un sismo de servicio, escalera



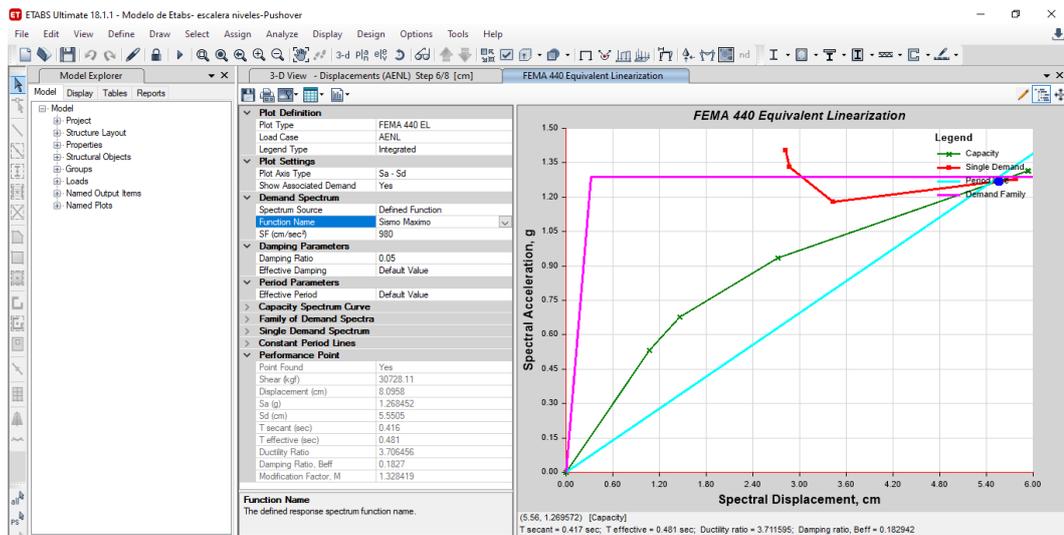
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 9: Punto de desempeño frente a un sismo de diseño, escalera



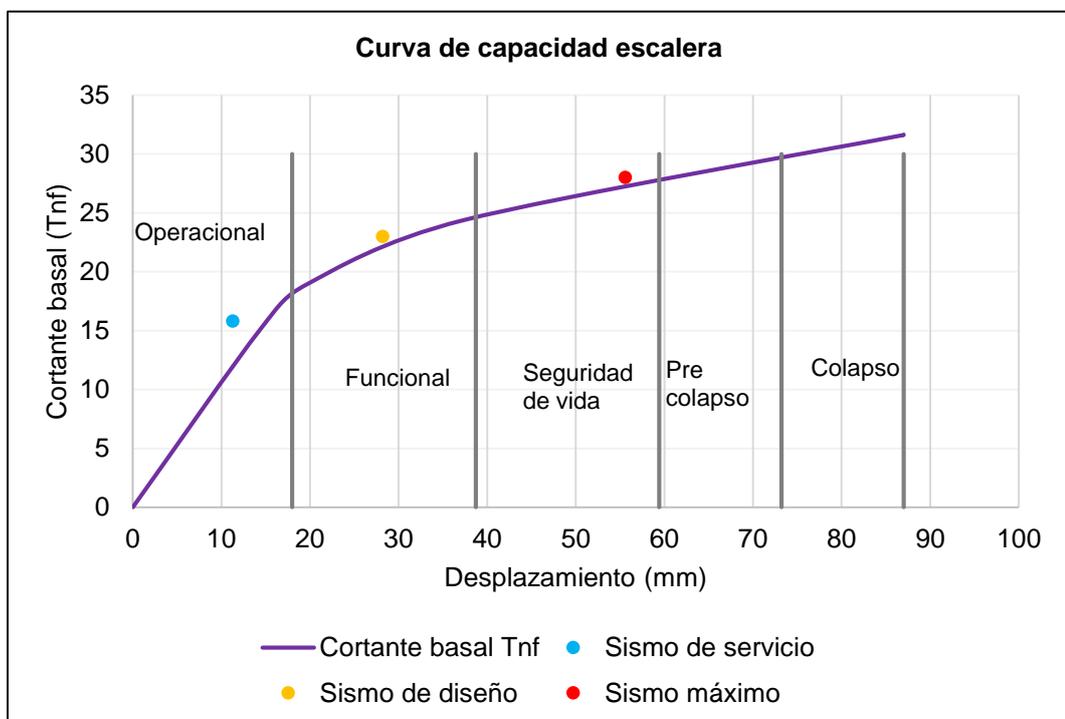
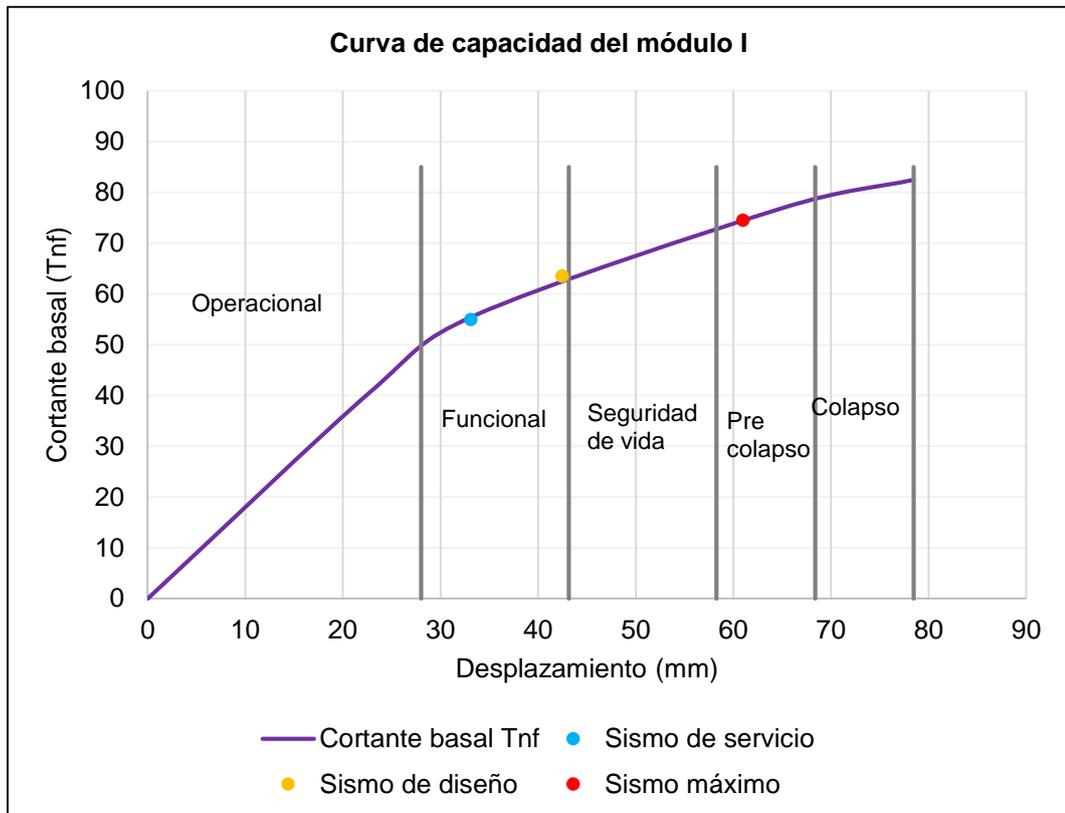
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 10: Punto de desempeño frente a un sismo máximo, escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 11: Puntos de desempeño de la I.E. N° 10410 del centro poblado Chaupelanche

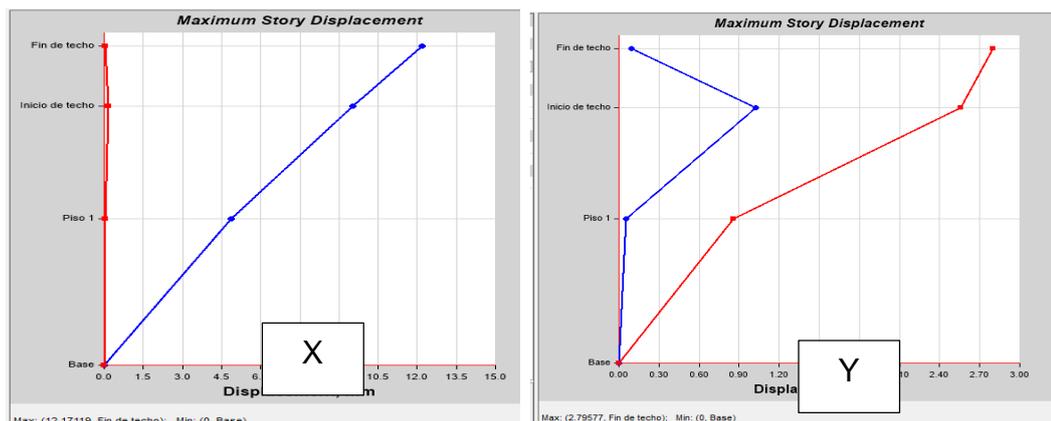


Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Análisis estático y dinámico según Norma E.030

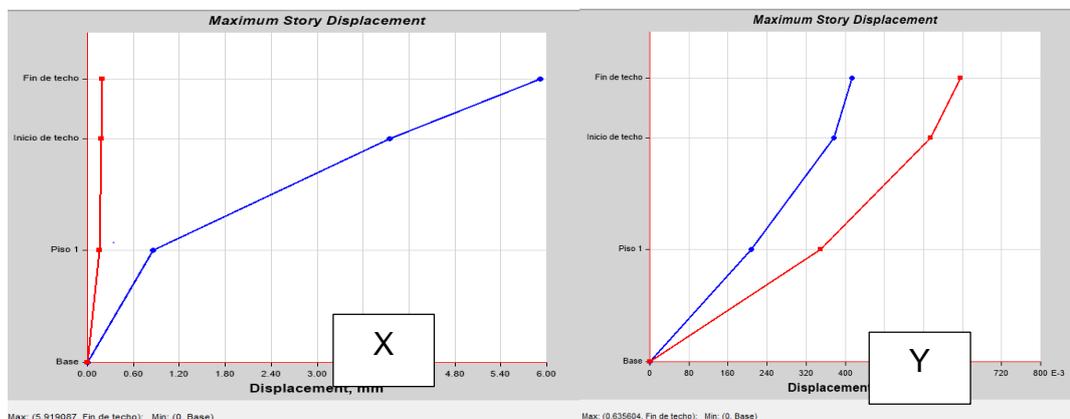
Para el análisis sísmico estático y dinámico se ha definido el espectro de respuesta en la dirección “X” y “Y”, según los parámetros sísmicos, luego se ha realizado el análisis modal y espectral. La edificación tiene dos módulos de traslación y un módulo de rotación. Con los resultados del análisis estático de la edificación se muestran los desplazamientos y derivas relativas en “X” y “Y” por piso, determinando que las derivas de la dirección “X” para el módulo I no cumplen con las especificaciones de la norma E.030 (MVCS, 2020). El desplazamiento absoluto de la estructura del módulo I por carga de sismo en la dirección “X” equivale a 12.17 mm y en dirección “Y” es 2.97 mm. El desplazamiento absoluto de la estructura de la escalera por carga de sismo en la dirección “X” equivale a 5.91 mm y en dirección “Y” es 0.63 mm

Figura 12: *Desplazamiento absoluto, módulo I*



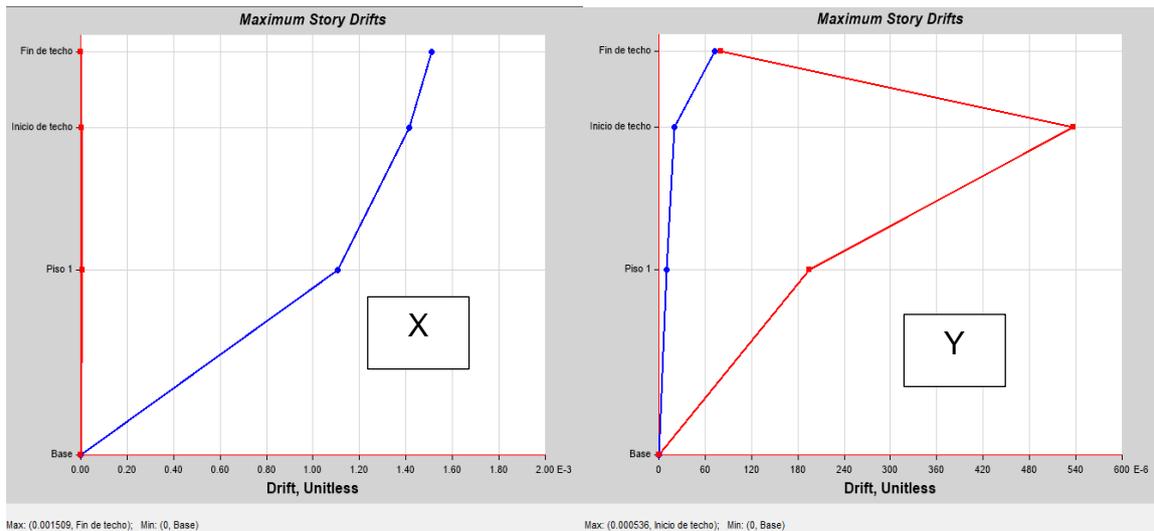
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 13: *Desplazamiento absoluto, escalera*



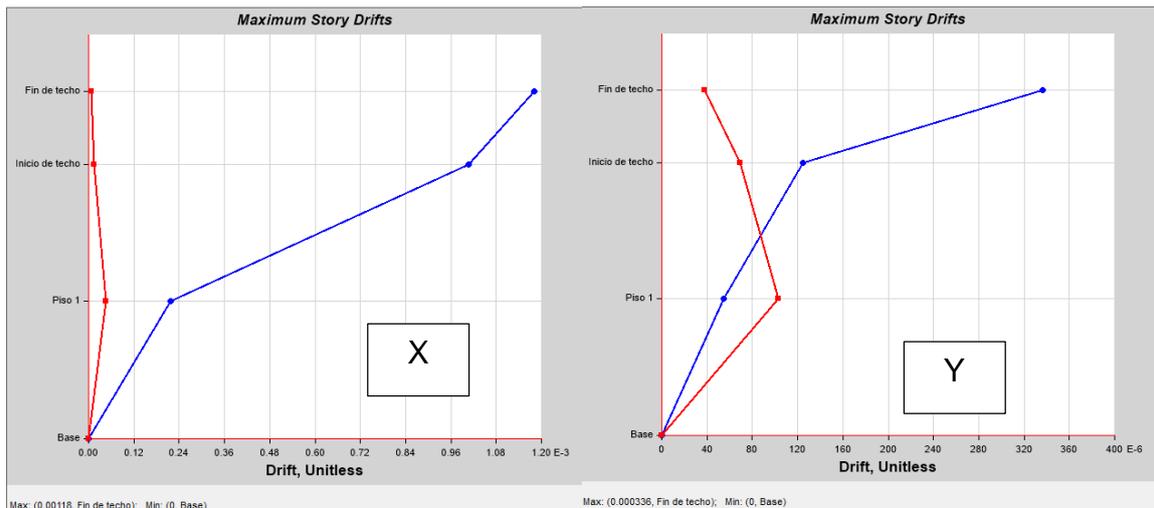
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 14: Desplazamientos relativos en X e Y, módulo I – Anexo 5.1 y 5.2



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 15: Desplazamiento relativo en X e Y, escalera – Anexo 5.3 y 5.4



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Así mismo, se observa que la cortante dinámica del módulo I es el 87% en la dirección X, entonces cumple con la condición, así mismo, se observa que la cortante dinámica es el 83% en la dirección Y, entonces también cumple con la condición. La cortante dinámica de la estructura de la escalera en la dirección "X" es 52% y en la dirección "Y" es 79%, entonces se incrementa la cortante, porque es necesario lograr que la fuerza cortante obtenida mediante el método dinámico sea igual o por lo menos el 80% de la fuerza cortante obtenida mediante el método estático descrito por la norma de

diseño sismo resistente, por lo que se debe encontrar los factores de escala para el análisis de la escalera.

Figura 16: *Fuerza cortante estática y dinámica, módulo I*

Cortante estática			
La fuerza cortante en dirección X : $V_x=$		26.09ton	
La fuerza cortante en dirección X : $V_y=$		69.57ton	

Cortante dinámica			
Piso	Caso de carga	Shear X	Shear y
		ton	ton
Nivel 1	sismo X	22.7944	
Nivel 1	sismo Y		57.5731

Fuente: elaboración propia

Figura 17: *Fuerza cortante estática y dinámica, escalera*

Cortante estática	
La fuerza cortante en dirección X : $V_x=$	9.39ton
La fuerza cortante en dirección X : $V_y=$	25.03ton

Cortante dinámica			
Piso	Caso de carga	Shear X	Shear y
		ton	ton
Nivel 1	sismo X	4.90089	
Nivel 1	sismo Y		19.67341

Fuente: elaboración propia

Figura 18: *Factores de escala F.E. (X, Y) para el análisis de la escalera*

Factor de escala F.E.			
Z=	0.25	<b>F.E.</b>	<b>F.E.</b>
U=	1.5	X (m/s <sup>2</sup> )	Y(m/s <sup>2</sup> )
S=	1.2	0.552	1.472
Rx	8	Factor constante de la curva de espectro F.E. =Z*U*S*g/Rx	
Ry	3		
G	9.81 m/s <sup>2</sup>		

Fuente: elaboración propia

Para la escalera el nuevo Factor de Escala F.E. en dirección "X" es 0.85 y en dirección "Y" es 1.50, estos nuevos factores F.E. no afectan a los desplazamientos, solo al diseño.

## V. DISCUSIÓN

La edificación de análisis fue la institución educativa de nivel primario N° 10410 del centro poblado Chaupelanche, distrito y provincia de Chota. Para el análisis sísmico de la estructura, primero se realizó la verificación del predimensionamiento de los elementos estructurales: vigas, columnas y losa (CLEMENTI, y otros, 2018), obviando el diseño de cimentaciones, debido a que la predicción del estudio se basa en el comportamiento estructural de la súper estructura tal como argumenta (FORMISANO, y otros, 2018). Las dimensiones de los elementos estructurales cumplen con los lineamientos del ACI, tal como en otras investigaciones (PEREZ, 2019 pág. 115), (ZHANG, y otros, 2019), (SETIEN, y otros, 2019) y (RÖCK, y otros, 2018).

Tabla 17: Verificación del predimensionamiento del módulo I

<b>Estructura</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>Resultado</b>
Columna interna C1	25x50	Cumple
Columna interna C2	25x35	Cumple
Columna interna C3	23x25	Cumple
Vigas principales	25x50	Cumple
Vigas secundarias	25x35	Cumple
Vigas en voladizo	25x35	Cumple
Espesor de losa de la escalera	15	Cumple
Espesor de losa aligerada	20	Cumple

Fuente: elaboración propia

Para realizar el análisis sísmico Pushover, análisis estático y análisis dinámico, primero se cuantificaron los parámetros sísmicos y propiedades de los materiales, tal como argumentan (AMARO-MELLADO, y otros, 2018), (AMARO-MELLADO, y otros, 2017), y (LIU, y otros, 2017). Para calificar los parámetros sísmicos, tales como "Tipo de suelo" se realizó el estudio de mecánica de suelos en la I.E. N° 10410, determinando que se trataba de una arcilla altamente plástica, con límite líquido 56.40% e índice de plasticidad de 26.70%, así mismo la cohesión y ángulo de fricción interna del suelo alcanzan valores de 0.26 kg/cm<sup>2</sup> y 17.5°, respectivamente, por lo que la capacidad de carga admisible (q<sub>adm</sub>) para cimentación cuadrada es 0.85 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de

cimentación (Df) de 1.50 m, clasificándose como suelos intermedios según la norma E.030, con probabilidad de asentamientos según (ALEMDAĞ, y otros, 2017). Para definir las propiedades de los materiales no se ha creído conveniente determinar la calidad de los mismos, tales como el concreto por medio de ensayos de esclerometría, debido a que durante la vida útil de la edificación no se ha suscitado un evento sísmico de gran intensidad (> 5 grados), tal como argumentan (SHRESTHA, y otros, 2017), por tanto, las propiedades de los materiales fueron colocadas en el modelo según los valores dados en el Expediente Técnico, pues es éste el documento técnico de mayor fiabilidad para conocer los procedimientos realizados durante la construcción de una edificación, tal como lo avalan (EL-DIRABY, y otros, 2017), (ZOLOTUKHIN, y otros, 2018), (DJURAYEV, y otros, 2019) y (YEMELYANOV, y otros, 2018).

De los resultados obtenidos del análisis estático no lineal (pushover) se determinó que la estructura en la dirección x, se encuentra en el nivel de seguridad de vida y pre-colapso para un sismo según el espectro de la norma E.030 y un sismo máximo según el ATC40, con un desplazamiento de 42.47 mm y 61.00 mm respectivamente, mientras que en la dirección Y la edificación mantiene sus niveles de serviciabilidad luego de un evento sísmico, por tanto el reforzamiento estructural debe darse en la dirección "X".

Tabla 18: *Punto de desempeño en la dirección x, del módulo I*

Tipo de espectro de demanda	Desplazamiento (mm)	Cortante basal (Tnf)
Sismo de servicio	33.11	54.93
Sismo de diseño	42.47	65.52
Sismo máximo	61.00	74.50

Fuente: elaboración propia

Tabla 19: *Punto de desempeño de la escalera*

Tipo de espectro de demanda	Desplazamiento (mm)	Cortante basal (Tnf)
Sismo de servicio	1.13	15.80
Sismo de diseño	2.82	24.60
Sismo máximo	5.56	30.70

Fuente: elaboración propia

El análisis del comportamiento sísmico de la I.E. N° 10410 del centro poblado Chaupelanche para determinar las derivas y desplazamientos, se realizó según el análisis sísmico estático y dinámico dado por la norma E.030 del 2020 (MVCS, 2020 pág. 10), debido a que la norma actual presenta variaciones respecto a la norma de diseño de la estructura E.030-2006 (MVCS, 2006 pág. 10). Considerando actualmente la deriva máxima de distorsión del entrepiso no debe superar a 0.007, por ende, la valoración estática como la dinámica el comportamiento de la edificación no es satisfactorio en la dirección X, donde las derivas sobrepasan el límite, con valores de 0.00738, 0.008904 y 0.008892 para el piso 1, inicio de techo y fin de techo respectivamente, tal como argumenta (LAGOMARSINO, y otros, 2018). En el análisis sísmico estático ha determinado que la trayectoria más vulnerable ante una determinada sollicitación sísmica es la trayectoria Y, donde la cortante basal en esta trayectoria es de 69.57 tonf, mientras que en la trayectoria X es de 26.09 tonf, valores similares a los dados por PEREZ, 2019; VEGA Y OTROS, 2019, sin embargo, por los valores determinados respecto a las derivas y desplazamientos en X, (CHERKAS, y otros, 2017), (HOPKINSON, y otros) y (TRAVUSH, y otros, 2018) consideran necesario plantear el reforzamiento estructural en dicha dirección, lo cual también se ha validado por medio del análisis Pushover (TSO, y otros, 2019).

Tabla 20: *Desplazamiento relativo promedio de la I.E. 10410*

<b>Deriva máxima</b>	<b>Dirección</b>	<b>Deriva</b>	<b>En X, derivax0.75xR&lt;0.007 En Y, derivax0.75xR&lt;0.005</b>	<b>Resultado</b>
Módulo I	X	0.001509	0.009054	No cumple
Módulo I	Y	0.000536	0.003216	Cumple
Escalera	X	0.000218	0.001308	Cumple
Escalera	Y	0.000103	0.00023175	Cumple

Fuente: elaboración propia

Según los resultados alcanzados el método estático no lineal “Pushover” es relevante debido a que permite no solo conocer si una edificación cumple con el diseño estructural, sino coadyuba a conocer cuál sería su nivel de desempeño después de un evento sísmico tal como lo validan en sus estudios (JALILKHANI, y otros, 2020), (BERGAMI, y otros, 2017), y (SHEHU, 2021). Siendo así algunas de las fortalezas de la metodología son: Es el análisis sísmico más completo

que existe en la actualidad (MÁS, y otros, 2019), permite conocer la variación del tiempo de cualquier respuesta de la edificación (NAIR, y otros, 2019), el método Pushover tradicional es más exacto que otros métodos dinámicos (MORA, y otros, 2006), permite la identificación de los componentes estructurales críticos, por medio de las rotulas plásticas o puntos de colapso (RESTREPO, y otros, 2017) y las debilidades más comunes que tiene son: es una metodología complicada por la que generalmente se utilizan otras metodologías más sencillas de implementar aunque menos exactas (ENDO, y otros, 2017), los diferentes reglamentos como FEMA 440 o ATC-40, generan variabilidad en los resultados respecto a los valores del punto de desempeño, pero mantienen su nivel de desempeño estructural.

La relevancia de la investigación en relación con el contexto científico-social en el que se desarrolla es la determinación del nivel de desempeño estructural de una estructura destinada al uso de educación, por medio de la aplicación de la metodología estático no lineal Pushover, para conocer el desempeño de la edificación después de un evento sísmico de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, siendo así, esta investigación ha sido importante también, porque ha permitido identificar el punto de colapso para plantear el reforzamiento de la edificación, mismo que se presenta como aporte de la presente investigación.

## VI. CONCLUSIONES

- 1) Los elementos estructurales de la I.E. N° 10410 del centro poblado de Chaupelanche: columnas, vigas y losa, cumplen con el predimensionamiento. Las columnas principales (C1, C2 y C3) presentan dimensiones de 25x50, 35x25 y 25x23 cm, respectivamente. Las vigas principales, secundarias y en voladizo tienen dimensiones de 25x50 cm, 35x25 y 25x35 cm. La losa aligerada del módulo del plantel educativo tiene un espesor de 20 cm, y la losa aligerada de la escalera un espesor de 15 cm.
- 2) La curva de desempeño de la I.E. N° 10410, según el método no lineal estático Pushover muestra que la edificación presenta un desplazamiento de 61.00 mm antes del colapso en la dirección x para un sismo máximo, y para un sismo de diseño presenta un desplazamiento de 42.47 mm, mientras que en la dirección y la edificación mantiene sus niveles de serviciabilidad luego de un evento telúrico.
- 3) Las derivas y desplazamientos de la I.E. N° 10410, según el análisis sísmico estático y dinámico, con la norma E.030, no deberían sobrepasar el límite de distorsión de 0.007, pero en la dirección "X" alcanza valores de 0.009, 0.008 y 0.006 para el fin de techo, inicio de techo y piso 1, por lo que no cumple con las especificaciones en la dirección "X", mientras que en la dirección "Y" los desplazamientos y derivas máximas por piso alcanzan valores entre 0.00048 y 0.0032, están dentro del límite de distorsión normado.
- 4) El reforzamiento estructural de la infraestructura de la I.E. N° 10410, Centro Poblado Chaupelanche, Chota, debe darse en la dirección "X", y para el caso del estudio se han propuesto dos columnas de 25 x 15 cm que acompañan a la columna C1 (de los ejes 4-4 y 6-6) y C2 (del eje 3-3 y 7-7) para formar una sola placa, así mismo la columna C2 del eje 5-5 se ha reforzado con una columna de dimensiones 20x25 cm. Todas las columnas de reforzamiento estarán formadas por 4 varillas de ½ pulg.

## VII. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda a los docentes, ingenieros civiles y demás interesados en realizar el análisis estructural de alguna edificación ya construida, primero realizar la verificación del predimensionamiento de los elementos estructurales, las características de los materiales y el tipo de suelo de cimentación.
- 2) Se sugiere utilizar los EUROCÓDIGOS estructurales, debido a que son un conjunto de normas europeas que pretenden unificar criterios y normativas para el diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras y elementos prefabricados de una edificación. Estas normativas incluyen el análisis Pushover como parte de su estudio.
- 3) Se aconseja a los proyectistas, ingenieros civiles y demás personas dedicadas al rubro de la construcción e ingeniería civil, diseñar las estructuras para prevenir el colapso, utilizando métodos avanzados como es el caso del análisis estático no lineal que permite determinar el nivel de desempeño sísmico de la edificación.
- 4) Como la estructura es flexible en la dirección "x" incluso llega a colapsar para un sismo según el espectro de la norma E.030. Se sugiere a la UGEL – Chota o a la Municipalidad Provincial de Chota, realizar el mejoramiento con columnas de reforzamiento a forma de placa o un muro estructural o muro de corte, con la finalidad de mantener su estabilidad. Si no es posible mejorar la edificación es preciso señalar e identificarla como zona peligrosa en caso de ocurrencia de sismo.

## REFERENCIAS

ABD-ELHAMED, Ayman y MAHMOUD, Sayed. 2017. Sayed. Nonlinear static analysis of reinforced concrete framed buildings-A case study on Cairo earthquake. s.l. : Journal of Engineering Research, 2017. Vol. 4, 4.

ALEMDAĞ, Selçuk, CİNOĞLU, Aslıhan y GACENER, Elif. 2017. The importance of amount of settlement in determining the bearing capacity of soils. s.l. : Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 2017. Vol. 154, 154. p. 169-180.

AMARO-MELLADO, J.L., y otros. 2017. Comparing seismic parameters for different source zone models in the Iberian Peninsula. s.l. : Tectonophysics, 2017. Vol. 717, 1. p. 449-472.

AMARO-MELLADO, José L., MORALES-ESTEBAN, Antonio y MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, Francisco. 2018. Mapping of seismic parameters of the Iberian Peninsula by means of a geographic information system. s.l. : Central European Journal of Operations Research, 2018. Vol. 26, 3. p. 739-758.

ARTANTY, Sinta Dea Sri y KURNIATI, Dwi. 2019. *Evaluasi kinerja gedung rsud tipe b kota mungkid magelang menggunakan pushover analysis dengan metode FEMA 356 dan ATC-40*. Doctoral dissertation. Yogyakarta : University Technology Yogyakarta, 2019.

AŞIKOĞLU, Abide, y otros. 2020. Pushover analysis of unreinforced irregular masonry buildings: Lessons from different modeling approaches. s.l. : Engineering Structures, 2020. Vol. 1, 218. 110830.

ATC-40. 1996. *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. Redwood City, USA : Applied Techonology Council, 1996.

BERGAMI, AV, y otros. 2017. Proposal of a incremental modal pushover analysis (IMPA). s.l. : Earthq. Struct, 2017. Vol. 13, 6. p. 539-549.

BHANDARI, M., y otros. 2018. Assessment of proposed lateral load patterns in pushover analysis for base-isolated frames. s.l. : Engineering Structures, 2018. Vol. 175, 1, págs. 531-548.

CALVO, Raphael y CHAVEZ, Franklin Fidel. 2018. *Diseño sísmico por desempeño para una edificación de uso multifamiliar en la ciudad de Huaraz-2018*. Tesis de grado (Ingeniería Civil). s.l. : Universidad César Vallejo, 2018.

CHEN, Junjun. 2019. Research review on teacher emotion in Asia between 1988 and 2017: Research Topics, research types, and research methods. 2019. Vol. 10, 1. p. 1628.

CHERKAS, Alina y RIMSHIN, Vladimir. 2017. Application of composite reinforcement for modernization of buildings and structures. s.l. : En MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2017. Vol. 1, 1. p. 0027.

CLEMENTI, Francesco, y otros. 2018. Seismic assessment of a monumental building through nonlinear analyses of a 3D solid model. s.l. : Journal of Earthquake Engineering, 2018. Vol. 22, 1. p. 35-61.

DE LA TORRE, O., y otros. 2004. Evaluación estructural y comportamiento de las reparaciones efectuadas a edificaciones históricas. Distrito Federal, México : Revista de Ingeniería Sísmica, 2004. Vol. 1, 70, págs. 1-26.

DJURAYEV, U. y MINGYASHAROVA, A. 2019. Determination of the technical condition of buildings and structures on the basis of verification calculations. s.l. : Problems of Architecture and Construction, 2019. Vol. 1, 4. p. 37-39.

EL-DIRABY, Tamer, KRIJNEN, Thomas y PAPAGELIS, Manos. 2017. BIM-based collaborative design and socio-technical analytics of green buildings. s.l. : Automation in Construction, 2017. Vol. 82, 1. p. 59-74.

ENDO, Yohei, PELÁ, Luca y ROCA, Pere. 2017. Review of Different Pushover Analysis Methods Applied to Masonry Buildings and Comparison with Nonlinear Dynamic Analysis. s.l. : Journal of Earthquake Engineering, 2017. Vol. 21, 8, págs. 1234-1255.

ESCALE. 2019. Estadística de la calidad educativa. *Ficha de datos de la institución educativa N° 10410, centro poblado Choctapata, distrito de Chota, provincia de Chota*. [En línea] 2019. [Citado el: 18 de noviembre de 2020.] <https://afly.co/1bc4>.

FEMA 356. 2000. *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. Washington DC, USA : Federal Emergency Management Agency, 2000.

FEMA 440. 2005. *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. Washington DC, USA : Federal Emergency Management Agency, 2005.

FORMISANO, Antonio, y otros. 2018. Seismic vulnerability of Italian masonry churches: The case of the Nativity of Blessed Virgin Mary in Stellata of Bondeno. s.l. : Journal of Building Engineering, 2018. Vol. 20, 1. p. 179-200.

GUO, Wei, y otros. 2019. Seismic Performance Evaluation of Typical Piers of China's High-Speed Railway Bridge Line Using Pushover Analysis. s.l. : Mathematical Problems in Engineering, 2019. Vol. 19, 1, págs. 1-17.

HOPKINSON, Peter, y otros. Recovery and reuse of structural products from end-of-life buildings. s.l. : En Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability. Thomas Telford Ltd. Vol. 1, 1. p. 119-128.

JALILKHANI, Maysam, GHASEMI, Seyed Hooman y DANESH, Masood. 2020. Masood. A multi-mode adaptive pushover analysis procedure for estimating the seismic demands of RC moment-resisting frames. s.l. : Engineering Structures, 2020. Vol. 213, 1. 110528.

JUMIANTO, Ari. 2019. *Evaluasi kinerja struktur gedung xyz menggunakan pushover analysis berdasarkan metode ATC-40 & FEMA 356*. Doctoral dissertation. s.l. : Universita Mercu Buana Jakarta, 2019.

KALKBRENNER, Philip, PELÁ, Luca y SANDOVAL, Cristián. 2019. Multi directional pushover analysis of irregular masonry buildings without box behavior. s.l. : Engineering Structures, 2019. Vol. 1, 201. 109534.

KUSUMO, Sidik y KURNIATI, Dwi. 2019. *Evaluasi kinerja struktur bangunan gedung kuliah c unisa Yogyakarta menggunakan pushover analysis dengan metode FEMA 356 dan ATC-40*. Doctoral dissertation. Yogyakarta : University Technology Yogyakarta, 2019.

LAGOMARSINO, Sergio, y otros. 2018. Seismic assessment of existing irregular masonry buildings by nonlinear static and dynamic analyses. s.l. : En European

Conference on Earthquake Engineering Thessaloniki, Greece. Springer, Cham, 2018. Vol. 1, 1. p. 123-151.

LIU, Naihao, y otros. 2017. Time–frequency analysis of seismic data using a three parameters S transform. s.l. : IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2017. Vol. 15, 1. p. 142-146.

LIU, Yang y KUANG, J.S. 2017. Spectrum-based pushover analysis for estimating seismic demand of tall buildings. 10 s.l. : Bulletin of Earthquake Engineering, 2017. Vol. 15, págs. 4193-4214.

MÁS, Sanket y MULEY, PV. 2019. Review on Seismic Retrofitting using Pushover Analysis and Dampers. s.l. : Journal of engineering practices and futuristic technologies, 2019. Vol. 2, 1. ISSN 2581-6594.

MEDINA, Ricardo y MUSIC, Juan. 2018. Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. s.l. : Obras y proyectos, 2018. Vol. 1, 23, págs. 63-77.

MORA, Mauricio Alexander, VILLALBA, Jesús Daniel y MALDONADO, Esperanza. 2006. Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas de las metodologías de análisis sísmico no lineal. s.l. : Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2006. Vol. 5, 9. 2248-4094.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA. 2018. *Plan de desarrollo urbano - Chota, PDU 2017-2027*. Chota-Cajamarca : Consorcio de Arq., 2018.

MVCS. 2006. *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030*. Lima : Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006.

—. 2020. *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030*. Lima : Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020.

NAIR, Jyothi, KANNUR, Kerala y MATHEW, Biju. 2019. Comparative Study Between Conventional and Adaptive Pushover Analysis Using ETABS Software. s.l. : International Journal of Applied Engineering Research, 2019. Vol. 14, 12. 0973-4562.

NOREÑA, Ana, y otros. 2012. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. 2012. Vol. 12, 3, págs. 263-274.

PEREZ, Alberto. 2019. *Evaluación del desempeño sísmico en edificaciones esenciales mediante la aplicación del análisis inelástico por desplazamientos*. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil con mención en Estructuras). s.l. : Universidad César Vallejo, 2019.

PRASETYO, Hendarto, KURNIATI, Dwi y PRIHADI, Bambang Kusuma. 2020. Evaluasi kinerja struktur bangunan menggunakan pushover analysis dengan metode ATC-40 dan FEMA 356. s.l. : Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil, 2020. Vol. 9, 1, págs. 40-46.

RESTREPO, JI, y otros. 2017. Detailed nonlinear FE pushover analysis of Alto Rio building. Santiago, Chile : En 16th world conference on earthquake engineering, 2017. Vol. 1, 1.

RÖCK, Martin, HOLLBERG, A. y PASSER, A. 2018. LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages. s.l. : Building and environment, 2018. Vol. 140, 1. p. 153-161.

ROJAS, Marcelo. 2015. Tipo de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. s.l. : Revista de veterinaria, 2015. Vol. 16, 1, págs. 1-14.

RPP NOTICIAS. 2019. Un sismo de magnitud 3.4 se sintió esta noche en Cajamarca. *RPP Noticias*. 5 de junio de 2019.

SANCA, Miler Daen. 2011. Tipos de investigación científica. s.l. : Revista de Actualización Clínica, 2011. Vol. 9, 1, págs. 621-624.

SANDILYA, Ankit y TRIPATRHI, Rajesh Kumar. 2020. To Compare ATC 40 and FEMA 440 Methods for Computation of Performance Point. [ed.] K. PATHAK, J.M.S. BANDARA y R. AGRAWAL. s.l. : Recent Trends in Civil Engineering: Lecture Notes in Civil Engineering, 2020. Vol. 77, 1.

SANGAMNERKAR, P., SONI, Prabhat K. y DUBEY, S.K. 2019. *Pushover analysis for assessment of structural behavior of high rise building*. USA : Housing & Infrastructure Development Board Bhopal, 2019.

SEAOC. 1995. *Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings*. Sacramento, USA : Vision 2000 Committe and California Office of Emergency Servies , 1995.

SETIEN, Iñaki, y otros. 2019. Empirical methodology to determine inherent strains in additive manufacturing. s.l. : Computers & Mathematics with Applications, 2019. Vol. 78, 7. p. 2282-2295.

SHEHU, Rafael. 2021. Implementation of Pushover Analysis for Seismic Assessment of Masonry Towers: Issues and Practical Recommendations. s.l. : Buildings, 2021. Vol. 11, 2. 71.

SHETH, Rutyik, PRAJAPATI, Jayesh y SONI, Deyesh. 2018. Comparative study nonlinear static pushover analysis and displacement based adaptive pushover analysis method. s.l. : International Journal of Structural Engineering, 2018. Vol. 9, 1, págs. 1-10.

SHRESTHA, S., y otros. 2017. Digital recording and nondestructive techniques for the understanding of structural performance for rehabilitating historic strctures at the kathmandy valley after Gorkha Earthquake 2015. s.l. : ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 2017. Vol. 4, 1.

SULLIVAN, Timothy J., y otros. 2018. Simplified Pushover Analysis of Moment Resisting Frame Structures. s.l. : Journal of Earthquake Engineering, 2018. Vol. 1, págs. 1-28.

SURIANSYAH, I., AFIFUDDIN, M. y HASAN, M. 2020. Peformance of asymmetric building structure with base isolator using Pushover analysis. s.l. : International Journal of Civil Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development, 2020. Vol. 10, 2, págs. 1-8.

TRAVUSH, VI y FEDOROVA, NV. 2018. Survivability of structural systems of buildings with special effects. s.l. : Magazine of Civil Engineering, 2018. Vol. 81, 5.

TSO, WK y MOGHADAM, AS. 2019. Seismic response of asymmetrical buildings using pushover analysis. s.l. : En Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes. Routledge, 2019. Vol. 10, 10. p. 311-321.

URTEAGA, Waldir Manuel. 2019. *Nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la institución educativa San Ramón (Anexo Chotapaccha) considerando la interacción suelo estructura*. Tesis (Mestría en ciencias). Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2019.

VEGA, Geremias y MUÑOZ, Sócrates Pedro. 2019. Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis no lineal estático, vivienda-comercio Miura Grill, Chiclayo. s.l. : Revista científica Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, 2019. Vol. 6, 2, págs. 39-56.

YEMELYANOV, Vitaliy, YEMELYANOVA, Nataliya y NEDELKIN, Alexey. 2018. Diagnostic system to determine lining condition. s.l. : En MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. Vol. 172, 1. p. 04001.

ZHANG, Lei, y otros. 2019. Study on mechanical properties of honeycomb pentamode structures fabricated by laser additive manufacturing: Numerical simulation and experimental verification. s.l. : Composite Structures, 2019. Vol. 226, 1. p. 11199.

ZOLOTUKHIN, EP, y otros. 2018. Structure of the basic software and hardware complex of the system for seismometric monitoring of the technical condition of buildings and structures. s.l. : Seismic Instruments, 2018. Vol. 54, 2. p. 134-143.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Operacionalización de variable

Tabla 21: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable dependiente Comportamiento sísmico</b>	El comportamiento sísmico representa la evaluación estructural de una edificación en base a las normas técnicas de cada país. (DE LA TORRE, y otros, 2004 pág. 4)	Representa el análisis de la estructura por la normativa peruana (análisis estático y dinámico) pero combinado con el análisis no lineal: Pushover, para el análisis del desempeño de la edificación.	Parámetros sísmicos de análisis	Tipo de suelo	Kg/cm <sup>2</sup>
				Importancia de la edificación	A, B, C
				Sistema estructural	Adim.
			Análisis estático (Norma E.030)	Fuerza cortante	kgf
				Periodo fundamental de vibración	
			Análisis dinámico (Norma E.030)	Derivas	mm
				Desplazamientos	mm
			Análisis Pushover	Curva de capacidad	cm
				Curva de demanda	cm
				Desempeño sísmico	Niveles
<b>Variable independiente Método no lineal estático</b>	Es un método de análisis en el que la estructura se somete a fuerzas laterales que aumentan monótonamente hasta que se alcanza el desplazamiento objetivo. (SANGAMNER KAR, y otros, 2019 pág. 2)	El método no lineal estático para su desarrollo se ha requerido conocer los parámetros sísmicos de análisis y el modelo estructural de la edificación.	Capacidad	Patrón de cargas laterales	Kg/m <sup>2</sup>
				Curva de capacidad	cm
				Espectro de capacidad	cm
			Demanda	Tipo de sismo	S. servicio S. diseño S. máximo
				Curva de demanda	cm
				Espectro de demanda	g
			Desempeño	Punto de desempeño	mm
				Objetivos de desempeño	Niveles

Fuente: elaboración propia.

## Anexo N° 2. Ubicación política y geográfica de la I.E. N° 10410

Figura 19: Ubicación política según ficha de datos de la I.E. N° 10410

### FICHA DE DATOS

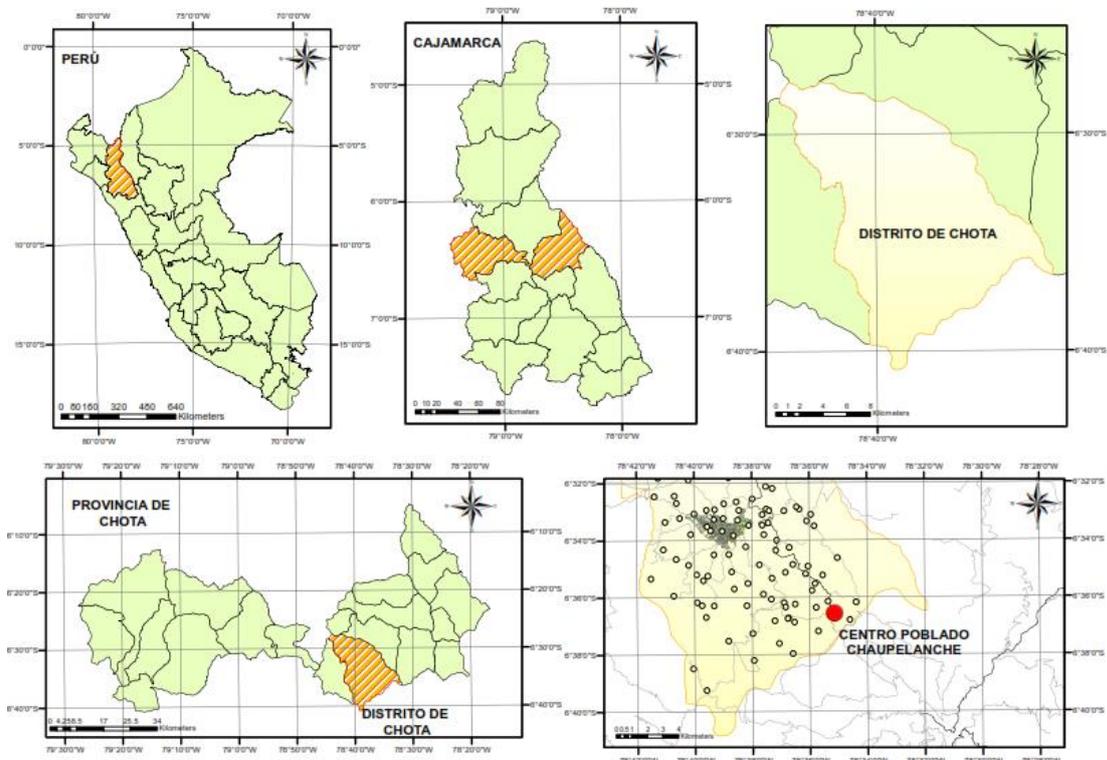
10410			
Código modular	0447383	Dirección	Carretera Chaupeplanche S/N
Anexo	0	Localidad	CHAUPELANCHE
Código de local	105295	Centro Poblado	CHAUPELANCHE
Nivel/Modalidad	Primaria	Área Censal (500 Habitantes)	Rural
Forma	Escolarizado	Distrito	Chota
Género	Mixto	Provincia	Chota
Tipo de Gestión	Pública de gestión directa	Departamento	Cajamarca
Gestión / Dependencia	Pública - Sector Educación	Código de DRE o UGEL que supervisa el S. E.	060004
Director(a)	Altamirano Torres Santos Inocente	Nombre de la DRE o UGEL que supervisa el S.E.	UGEL Chota
Teléfono		Característica (Censo Educativo 2019)	Polidocente completo
Correo electrónico		Latitud	-6.60996
Página web		Longitud	-78.58558
Turno	Continuo sólo en la mañana		
Tipo de programa	No aplica		
Estado	Activo		



Fuentes de información  
 Padrón de Instituciones Educativas, Censo Escolar 2019, Carta Educativa del Ministerio de Educación- Unidad de Estadística Educativa y cartografía de Google Maps.

Fuente: (Escale, 2019).

Figura 20: Ubicación geográfica del centro poblado Chaupeplanche



Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca

### **Anexo N° 3. Propiedades de los materiales utilizados en la edificación**

#### Concreto

- Resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad  $E_c = 1500 \times \sqrt{f'c} = 217370 \text{ kg/cm}^2$

#### Acero

- Resistencia a la fluencia  $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad  $E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

#### Muro de albañilería

- Resistencia a la compresión  $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$
- Unidad de albañilería *Ladrillo k – k tipo IV*  $140 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia cortante  $vm = 8.1 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad  $E_m = 500 \times f'm = 32500 \text{ kg/cm}^2$
- Espesor del muro: 25 cm

#### **Recubrimientos mínimos (r):**

- Columnas, vigas= 4.00 cm
- Losas aligeradas= 2.50 cm
- Vigas del mismo espesor del techo, escaleras= 2.50 cm

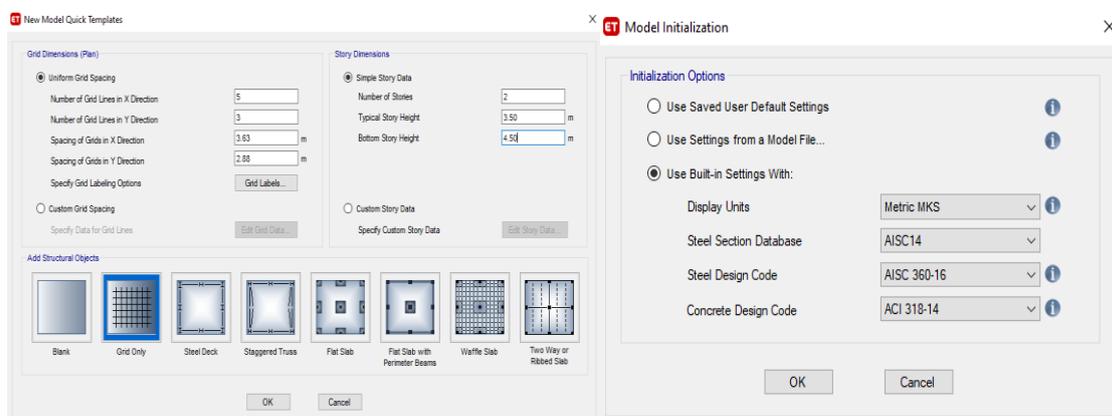
#### **Especificaciones del suelo**

- Tipo de suelo= arcilla de alta plasticidad (CH)
- Q admisible= 0.85 kg/cm<sup>2</sup>
- Df= 1.50 m

## Anexo N° 4. Modelamiento de la estructura en ETABS 2018 versión estudiantil

Para iniciar con el modelamiento estructural de la edificación I.E. 10410, se abrió el programa ETABS 2018 versión estudiantil, en la opción “File/New Model” nuevo modelo, luego en las opciones de inicialización se seleccionó “Use Built-in Settings With” con los valores establecidos como el uso del sistema métrico MKS (Sistema Internacional de Medidas), así mismo se completó la información de los ejes y el número de pisos registrando el espaciado entre cada eje, para luego pasar a la definición de propiedades de los materiales.

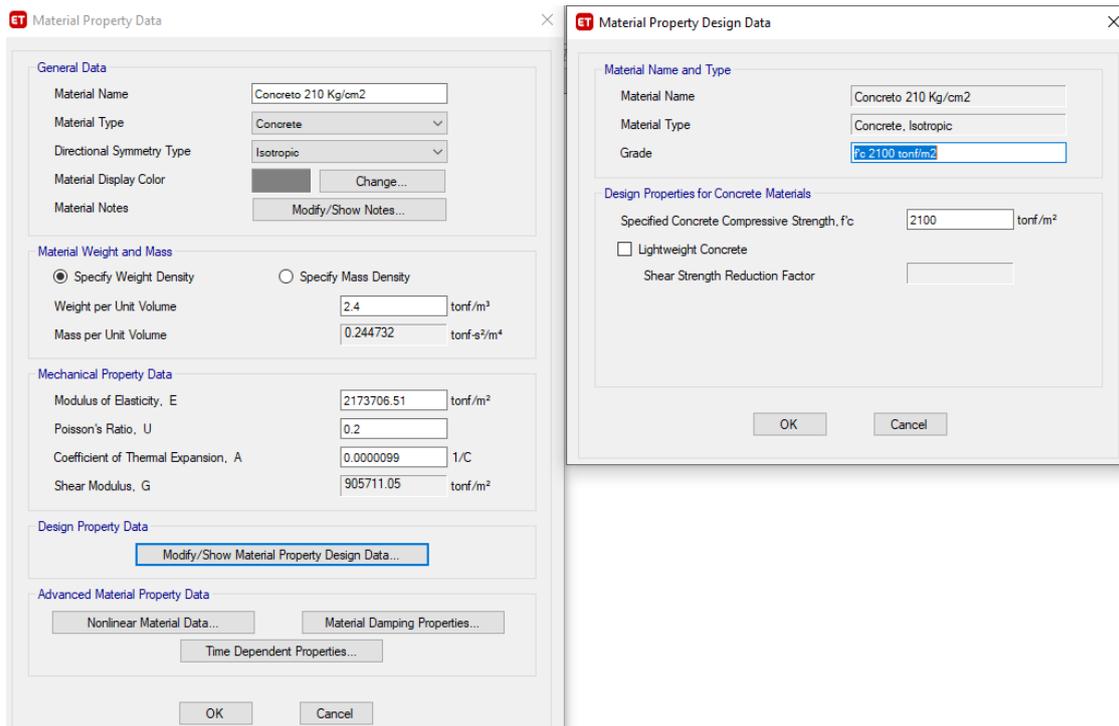
Figura 21: Configuración inicial del nuevo modelo



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

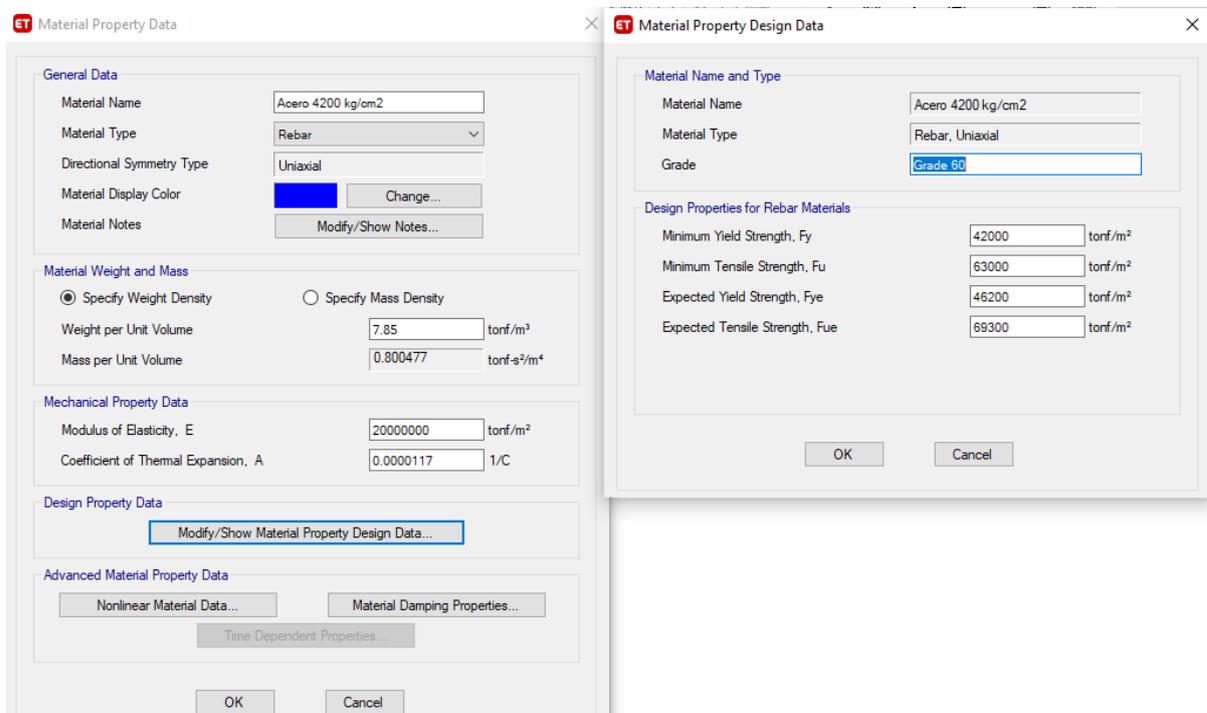
Para definir los materiales en “Define/material properties” para concreto y acero respectivamente se selecciona 4000 PSI o A615Gr60, y con ayuda de “Modify/Show material” se da el nombre del material, peso específico y módulo de elasticidad, mientras que para albañilería se da clip en “Add Nuw Material” es decir se define un nuevo tipo de material (Las características se dan acorde a las especificaciones del E.T.)

Figura 22: Definición de propiedades del concreto



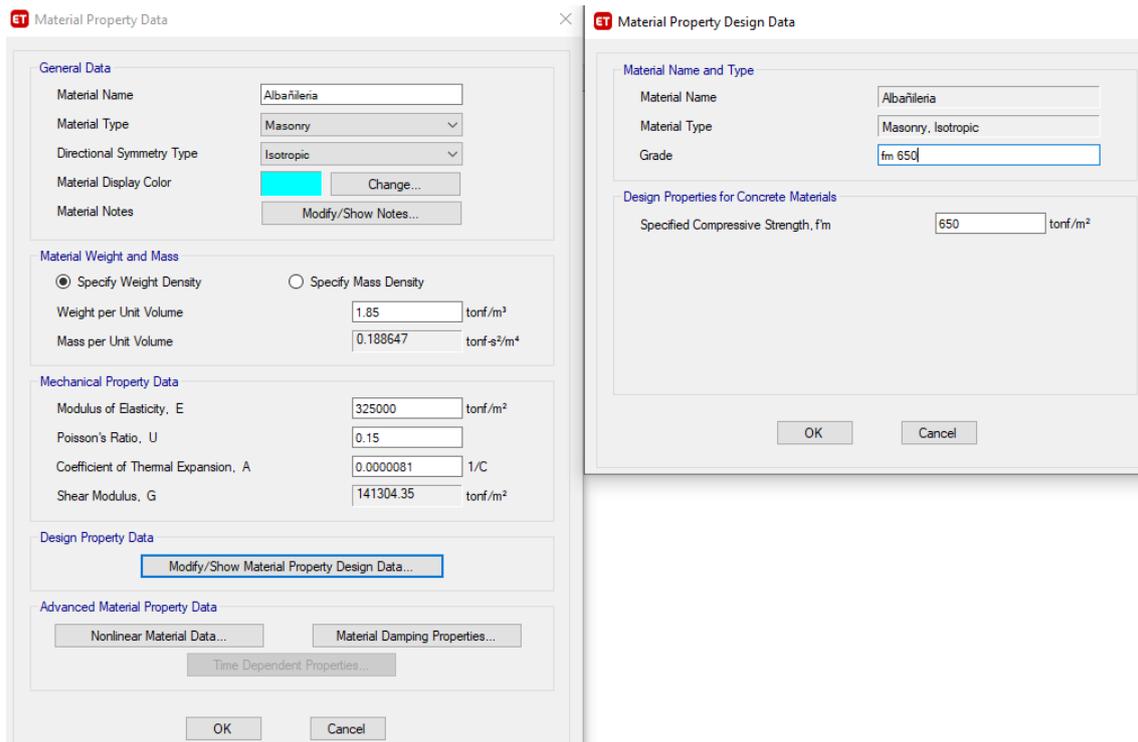
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 23: Definición de propiedades del acero



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

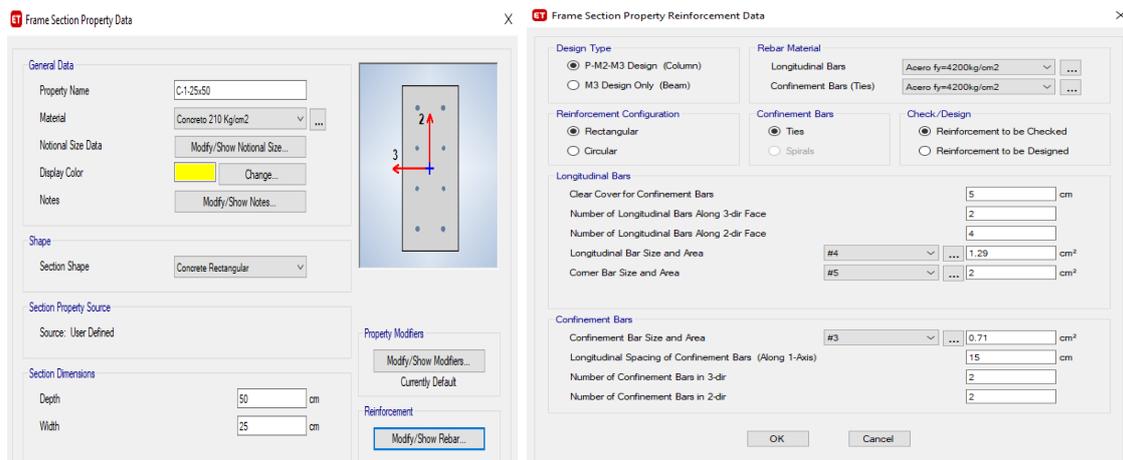
Figura 24: Definición de propiedades de la albañilería



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

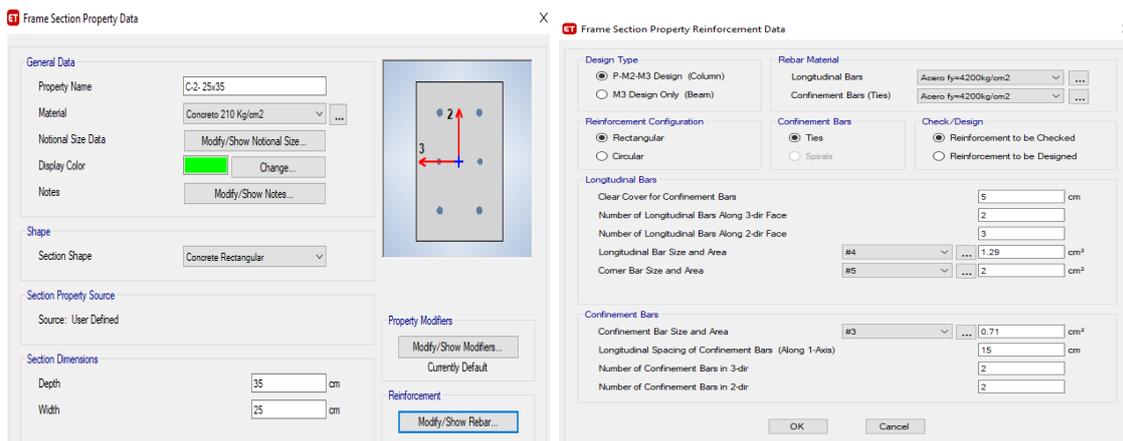
Definidos los materiales se realiza la definición de las secciones. Para columnas se definieron la C1 (25x50), C2 (25x35) y C3 (25x25) en "Define/ section properties/ Frame sections". Para C1, se realizó un análisis por chequeo en "Reinforcement to be Checked", con un recubrimiento de 5 cm, se introdujo un total de 8 barras de refuerzo longitudinal "Longitudinal Bars", 4 barras de 5/8 pulg = N° 5 y 4 barras de 1/2 pulg= N° 4; las barras de confinamiento "Confinement Bars", con un diámetro de 3/8=N° 3, y un espaciado de 15 cm. Para C2, se realizó un análisis por chequeo con un recubrimiento de 5 cm, se introdujo un total de 6 barras de refuerzo longitudinal "Longitudinal Bars", 4 barras de 5/8 pulg = N° 5 y 2 barras de 1/2 pulg= N° 4. Para C3 se siguió el mismo procedimiento.

Figura 25: Definición de secciones para C1



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

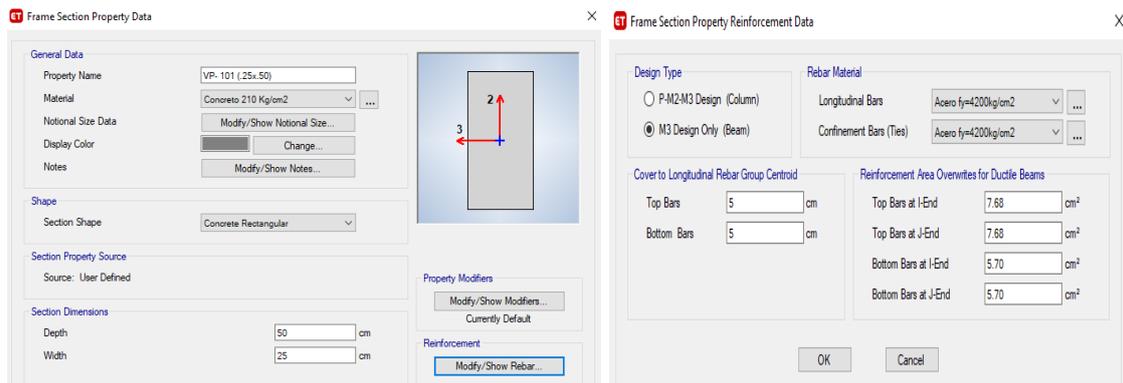
Figura 26: Definición de secciones para C2



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

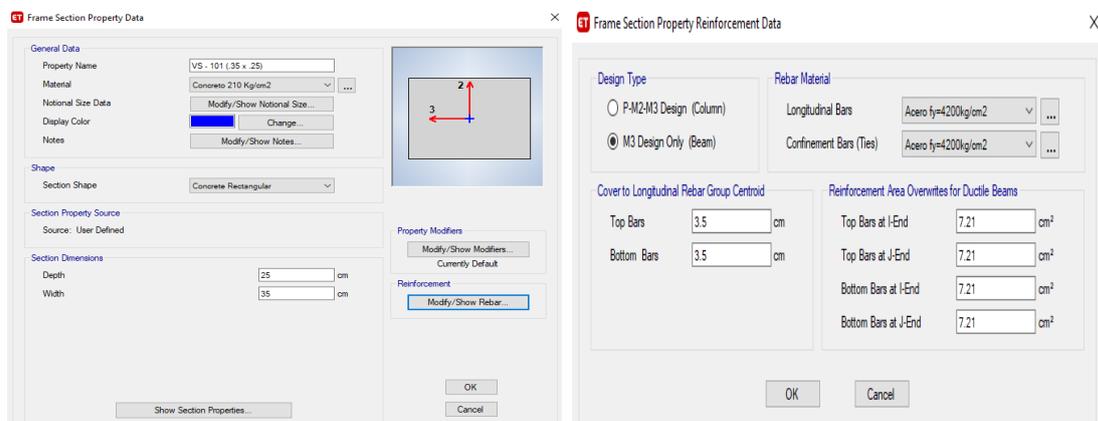
La losa se define en “Define/ Section Properties/ Slab Sections” y las vigas en “Define / section Properties / Frame Sections”. Se definieron las secciones de las vigas principales VP – 101 (25x50) que se hallan en los pórticos 4 y 6, de las vigas secundarias VS – 101 (35x25) que se hallan en los pórticos de A-A hasta C-C, y de las vigas de amarre VA – 101 (25x35) y VA – 201 (25x35) que se hallan en los pórticos 3, 5 y 7. En todos los casos al dar clip en “Modify/Show Ribar”, aparece una ventana donde se coloca el recubrimiento y la cantidad de acero de la viga, tal como se muestra en las figuras:

Figura 27: Definición de secciones para VP – 101



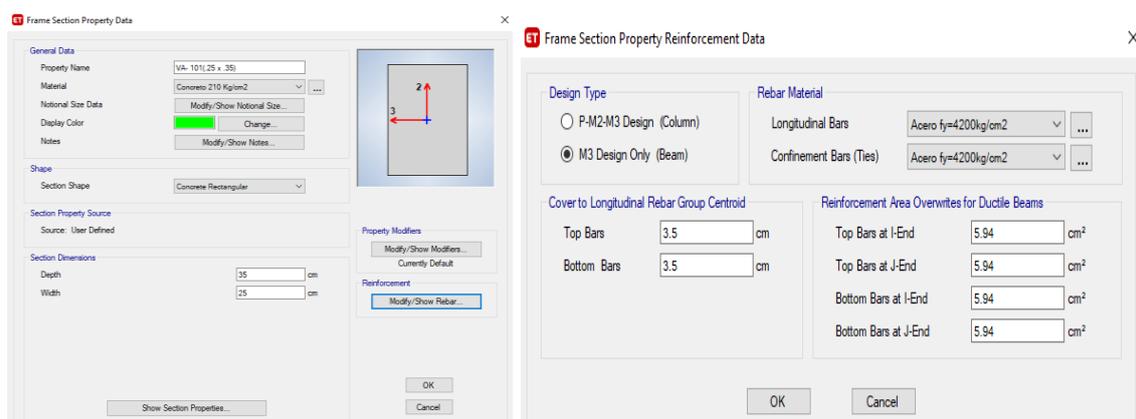
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 28: Definición de secciones para VS – 101



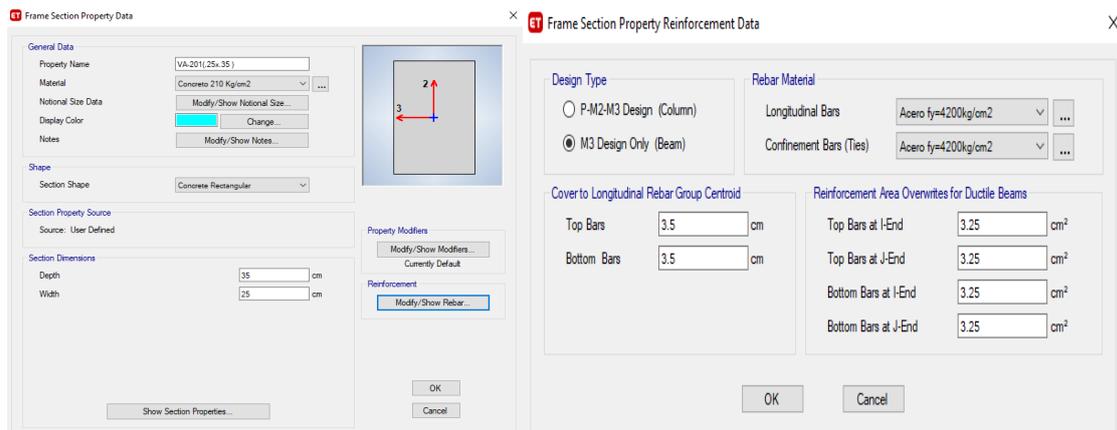
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 29: Definición de secciones para VA – 101



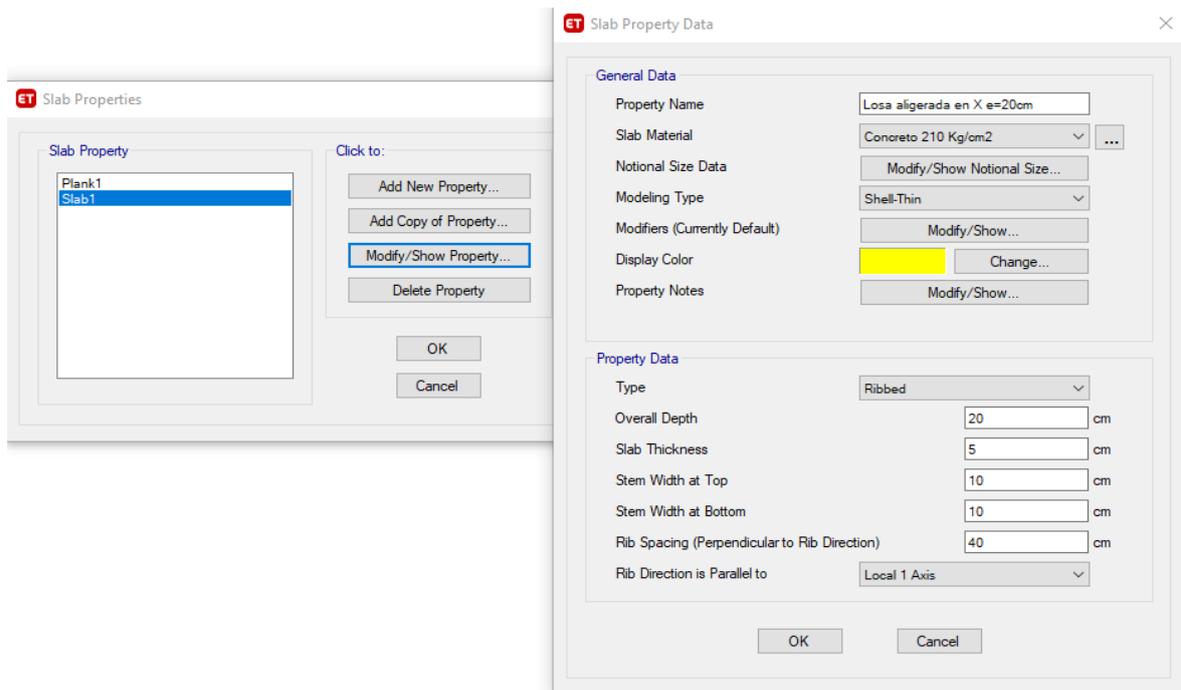
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 30: Definición de secciones para VA – 201



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

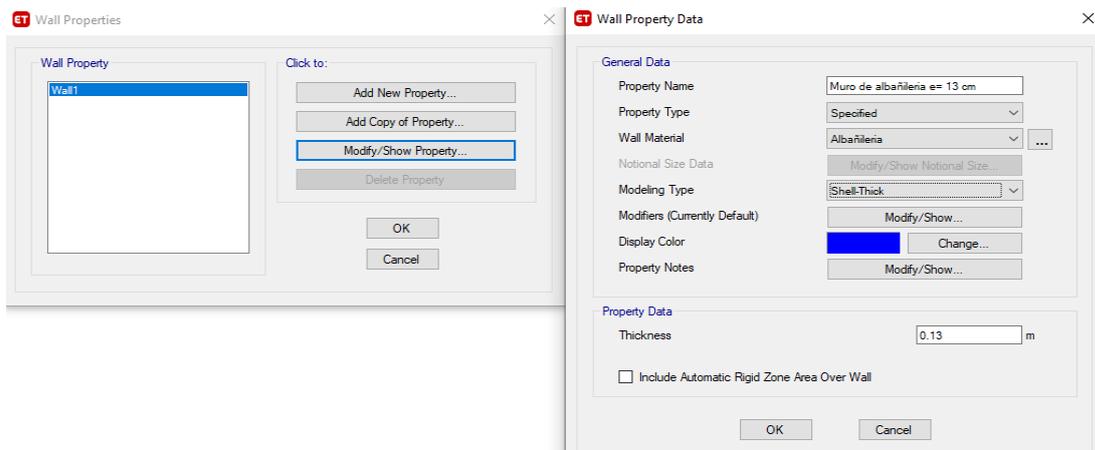
Figura 31: Definición de la losa aligerada



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Por último, antes de proceder a dibujar la edificación, se definen las secciones de los muros de albañilería en “Section properties/ Wall properties” donde por medio de “Modify/ Show property” se da las características de los muros de albañilería (e= 15 cm).

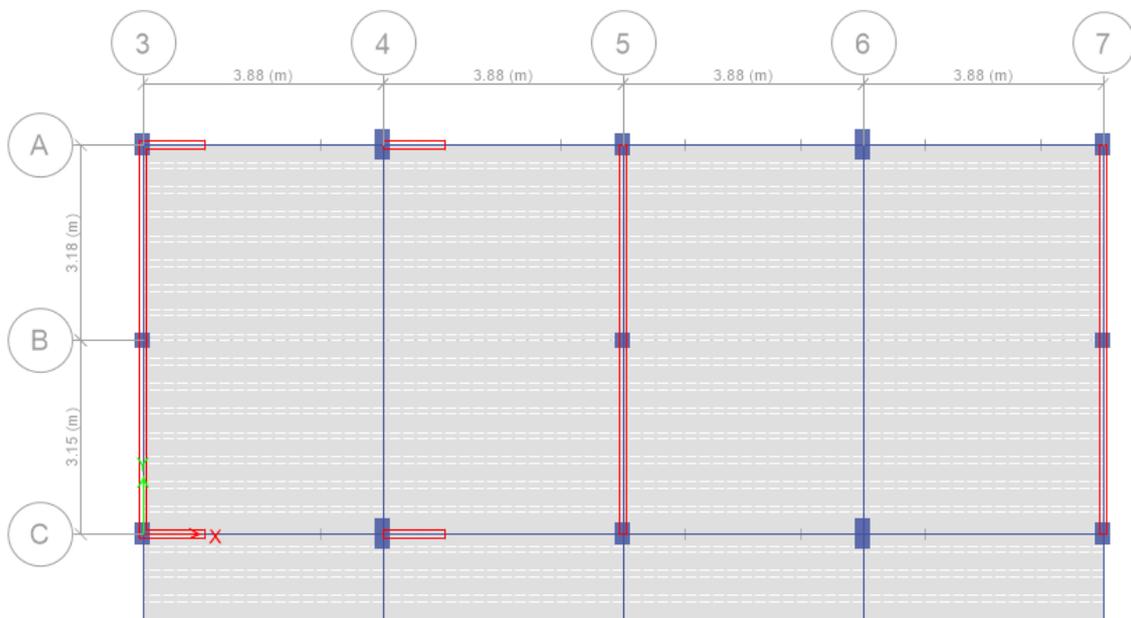
Figura 32: Definición de los muros de albañilería



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

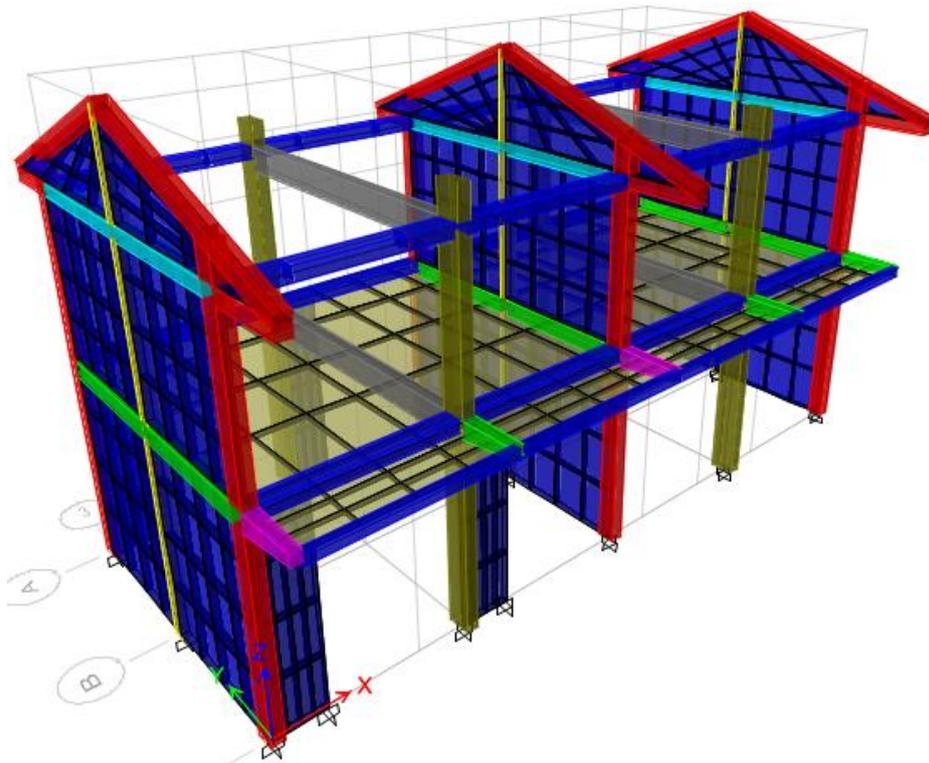
Una vez definidas las propiedades de los materiales y las características dimensionales de los elementos estructurales, se procede a dibujar las columnas, vigas, losa y muros de albañilería armada en el modelo digital, concluyendo con la siguiente imagen en planta y elevación:

Figura 33: Planta del modelo en Etabs del módulo I de la I.E. 10410



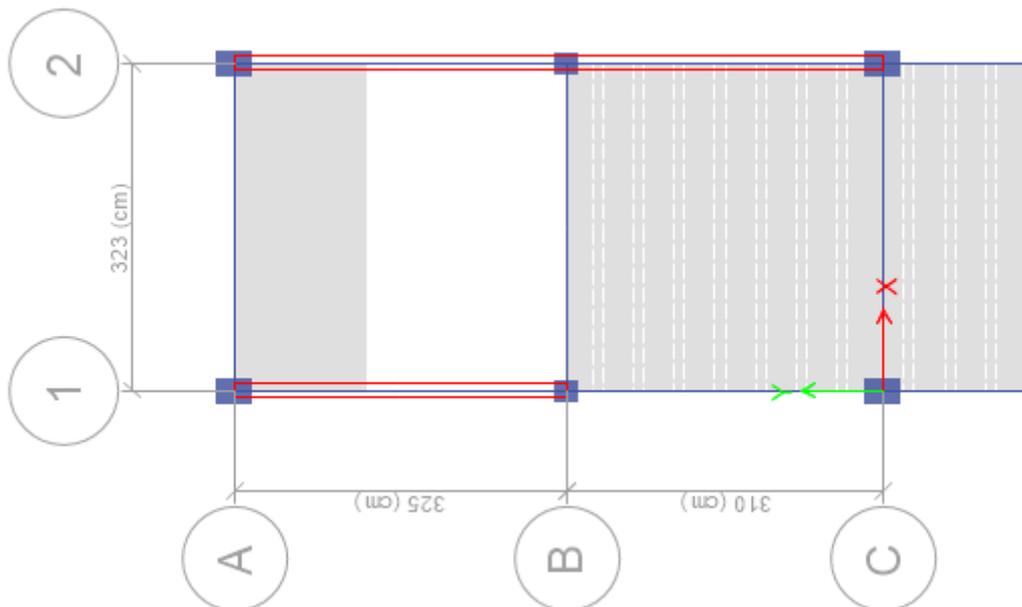
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 34: Elevación del modelo en Etabs del módulo I de la I.E. 10410



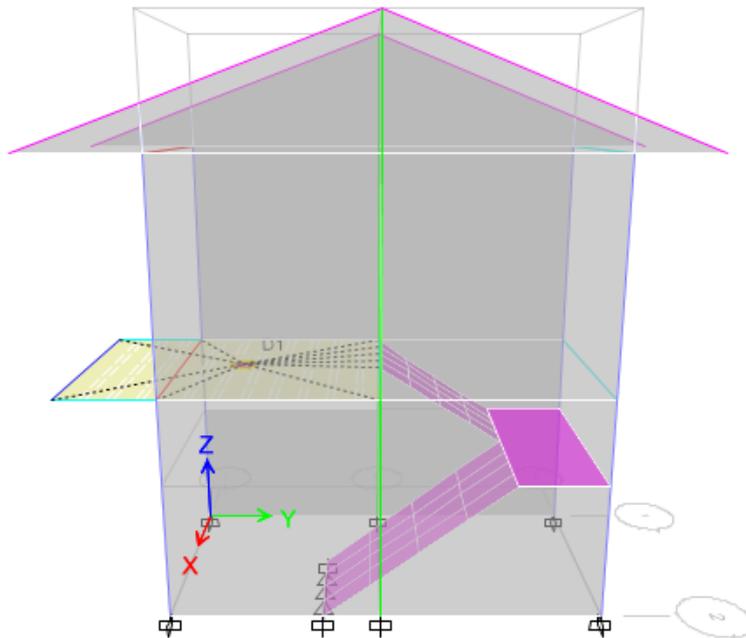
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 35: Planta del modelo en Etabs de la escalera de la I.E. 10410



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

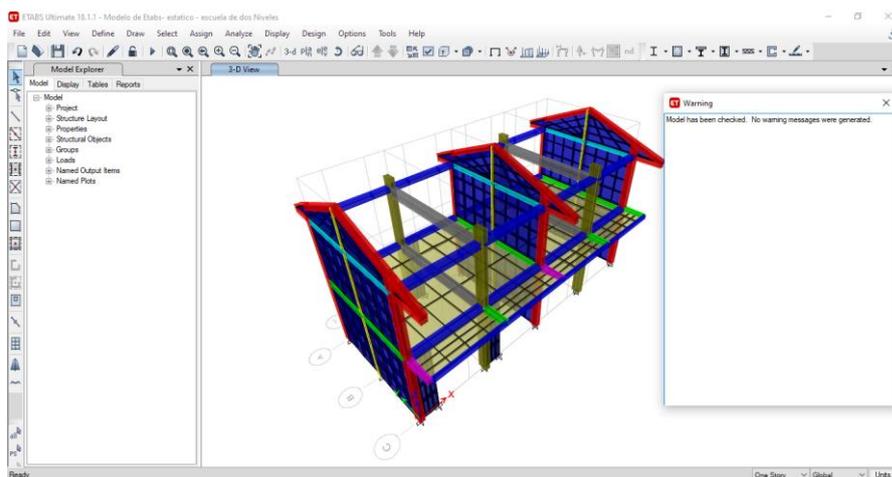
Figura 36: *Elevación del modelo en Etabs de la escalera de la I.E. 10410*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Una vez concluido el modelo en Etabs vs 2018 se realiza el chequeo del mismo “Analyze / Check Model”, con la finalidad que no haya ningún error en la edificación.

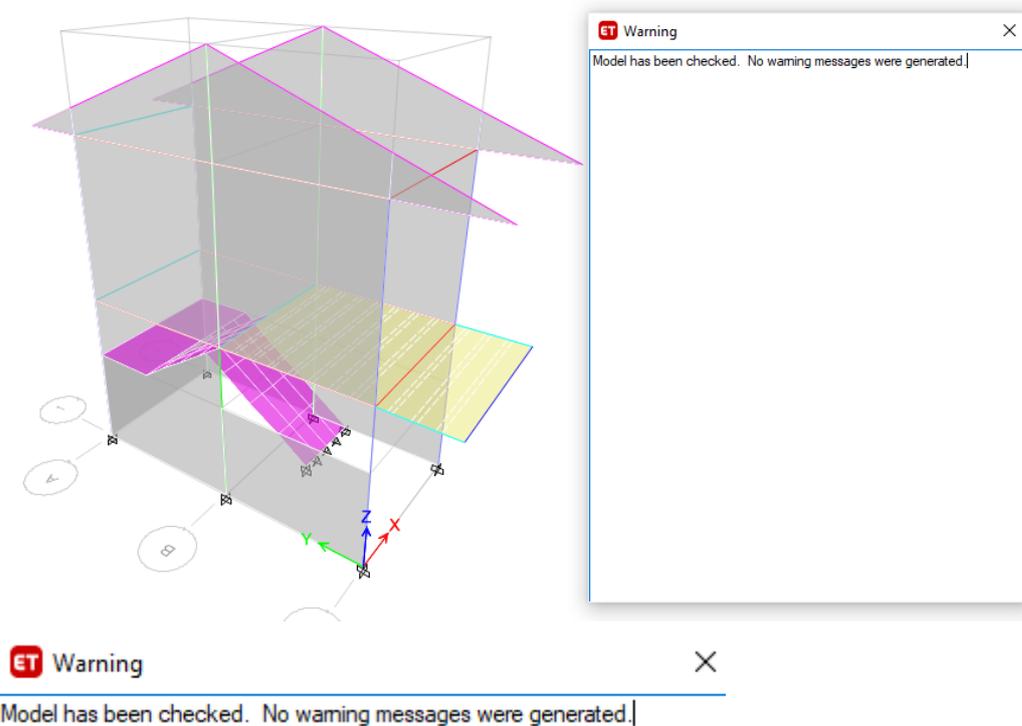
Figura 37: *Chequeo del modelo en Etabs del módulo I de la I.E. 10410*



Warning  
Model has been checked. No warning messages were generated.

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

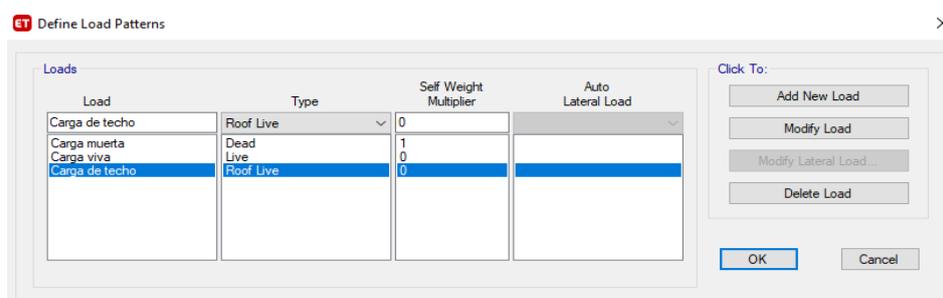
Figura 38: Chequeo del modelo en Etabs de la escalera de la I.E. 10410



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Una vez se tiene el modelo de la edificación en Etabs vs 2018, se procede a crear los tipos de carga que actuarán en la edificación mediante “Define/Load patterns”, luego en “Assign / Shell Loads / Uniform” se asigna la carga muerta para la losa y viva en aulas y pasadizos; en “Assign/ Frame Loads/ Distributed” se asigna la carga muerta en el techo, en “Assign / Joint Loads /Force”, se coloca las cargas puntuales del techo en la dirección Z negativo, además “Assign/ Frame Loads/ Distributed” se asignan las cargas distribuidas en vigas.

Figura 39: Creación de cargas de gravedad



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 40: Cargas en aulas y pasadizo del módulo I

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	<b>CARGA MUERTA</b>				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	75.0	200
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	<b>CARGA VIVA</b>				
	- Pasadizo				400
- Aulas				250	

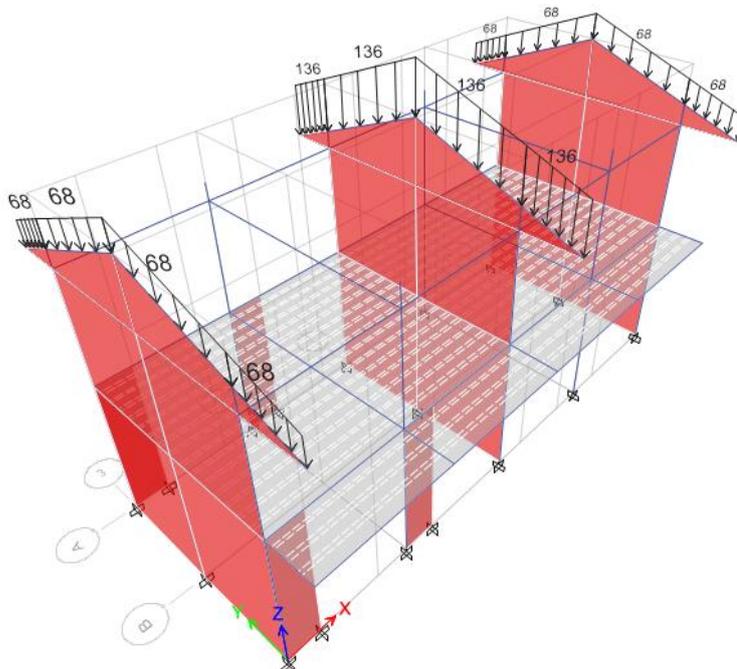
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 41: Cargas en el techo del módulo I

Calaminas Galvanizadas					Metrado de carga por metro lineal (m) en coberturas livianas					
DESCRIPCIÓN	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Peso aprox (kg)	<b>CARGA MUERTA</b>					
Dimensiones y peso	1.8	0.83	22	3.16	Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga muerta kg/m2	Peso (kg)	
TECHOS	<b>CARGA MUERTA</b>				<b>CARGA VIVA DE TECHO</b>					
	- Calaminas Galvanizadas	1.494	3.16	2.12	35.00	Eje (5-5)	3.88	1	35.00	136
	- Cielo raso			25		Eje (3-3) y Eje (7-7)	1.94	1	35.00	68
	- Otros cargas no consideradas			7.88		Eje (4-4) y Eje (6-6)	4.35	1	35.00	152
	<b>CARGA VIVA DE TECHO</b>				<b>CARGA MUERTA</b>					
	- Techos de coberturas livianas				30	Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga viva kg/m2	Peso (kg)
					Eje (5-5)	3.88	1	30.00	116	
					Eje (3-3) y Eje (7-7)	1.94	1	30.00	58	
					Eje (4-4) y Eje (6-6)	4.35	1	30.00	131	

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 42: Asignación de carga muerta en el techo del módulo I



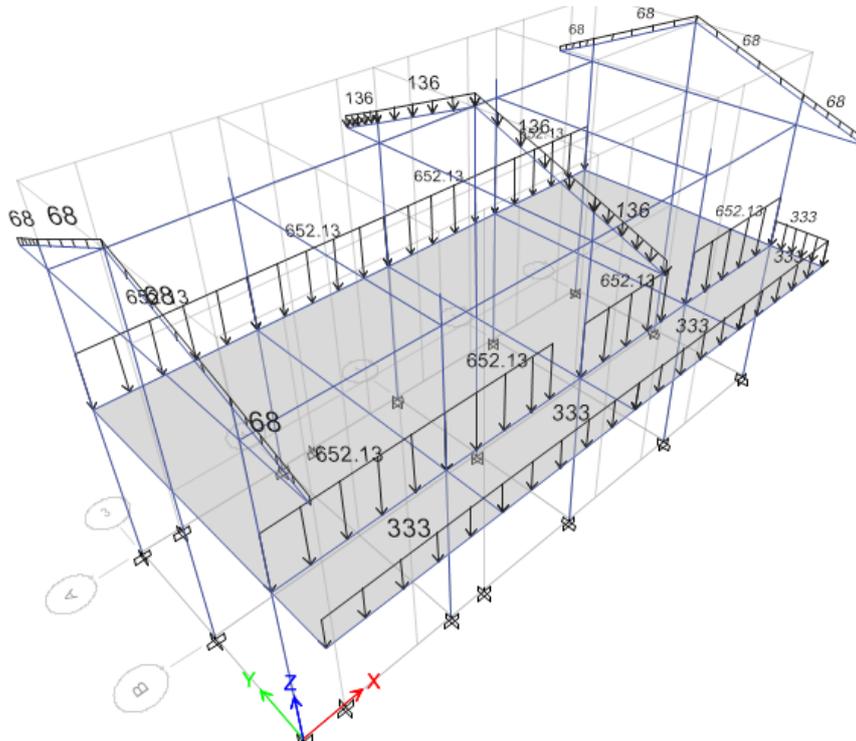
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 43: Cargas distribuidas en vigas del módulo I

Descripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
<b>CARG DISTRIBUIDA</b>					
Muro frontal	0.15	1.2	1850	1	333.00
Muro del Eje (C-C)	0.15	2.35	1850	1	652.13
Muro del Eje (A-A)	0.15	2.35	1850	1	652.13

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 44: Asignación de cargas distribuidas en vigas del módulo I



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 45: Cargas en la escalera

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
<b>CARGA MUERTA</b>					
PISO 1	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	75.0	200
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
<b>CARGA VIVA</b>					
	- Pasadizo				400
	- Aulas				250

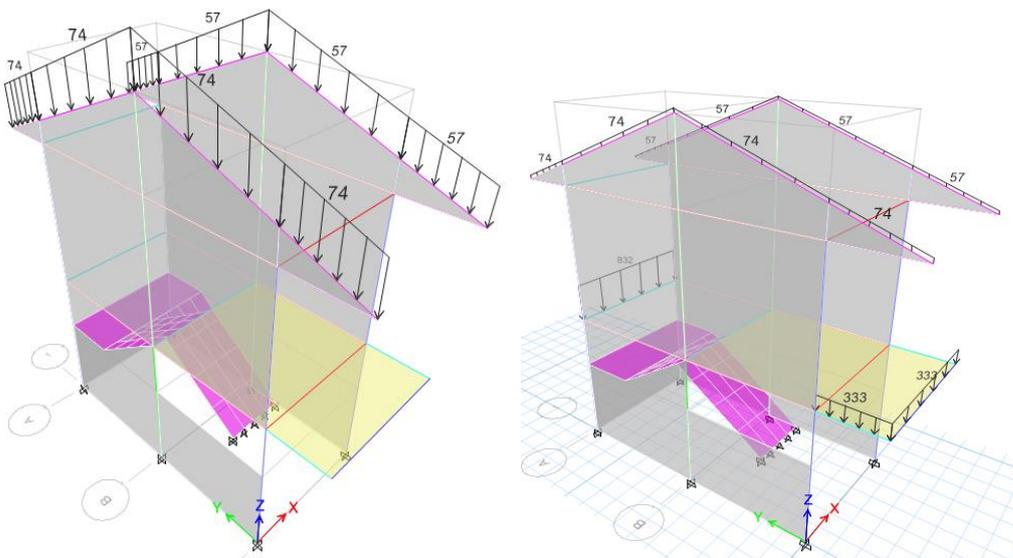
Fuente: Elaboración propia.

Figura 46: Cargas en el techo de la escalera

Calaminas Galvanizadas					
DESCRIPCIÓN	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Peso aprox (kg)	
Dimensiones y peso	1.8	0.83	22	3.16	
TECHOS	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
	CARGA MUERTA				
	- Calaminas Galvanizadas	1.494	3.16	2.12	35.00
	- Cielo raso			25	
	-Otras cargas consideradas	no		7.88	
CARGA VIVA DE TECHO					
- Techos de coberturas livianas					30
Metrado de carga por metro lineal (m) en coberturas livianas					
CARGA MUERTA					
Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga muerta kg/m2	Peso (kg)	
Eje (1-1)	2.12	1	35.00	74	
Eje (2-2)	1.62	1	35.00	57	
CARGA VIVA DE TECHO					
Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga viva kg/m2	Peso (kg)	
Eje (1-1)	2.12	1	30.00	63	
Eje (2-2)	1.62	1	30.00	48	

Fuente: Elaboración propia.

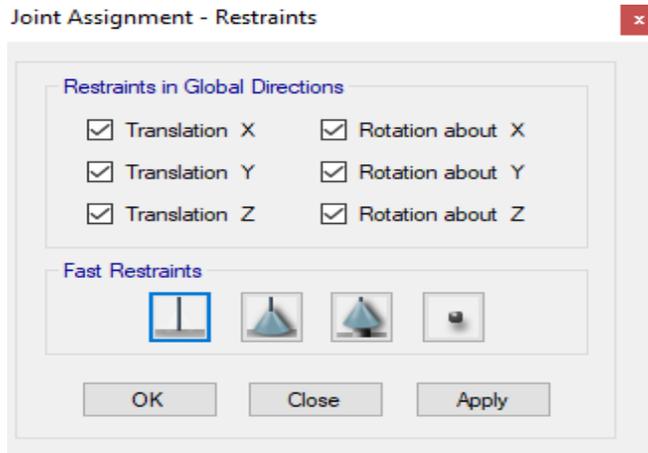
Figura 47: Asignación de carga viva y muerta en la escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

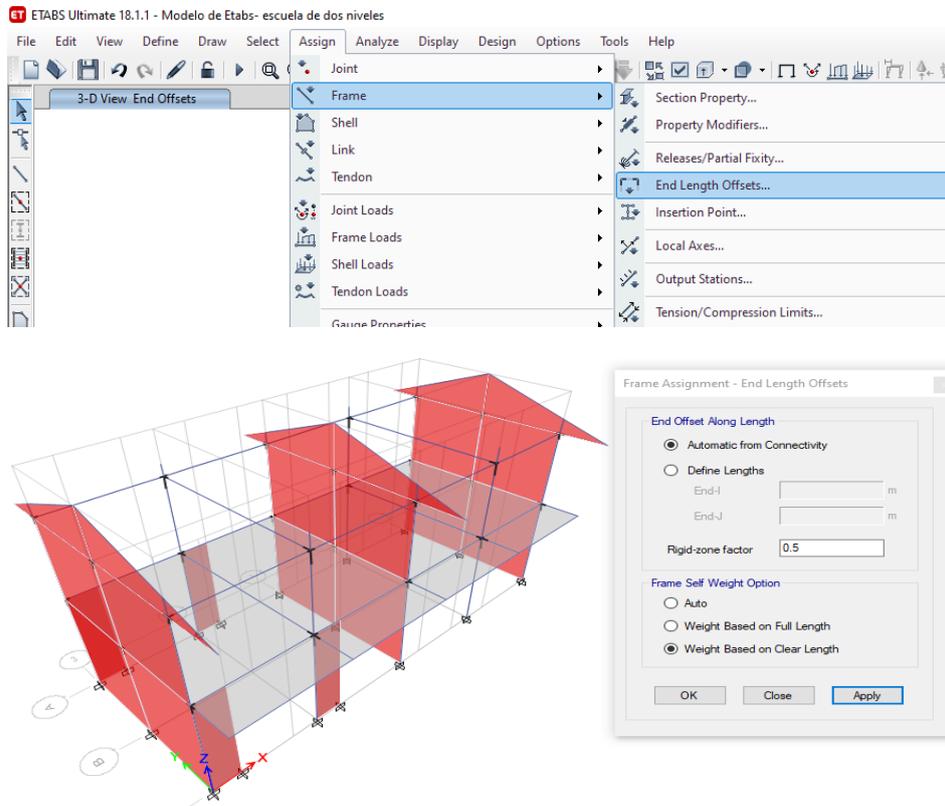
Se colocan las restricciones en la base, para ello se selecciona todos los apoyos en la base como empotramiento perfecto en la siguiente ruta “Assing / Joint/ Restraints”. Se selecciona todo el dibujo en “Select / all”, luego se asigna el brazo rígido en “Assing / Frame / End Length Offsets”.

Figura 48: Restricciones en la base



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

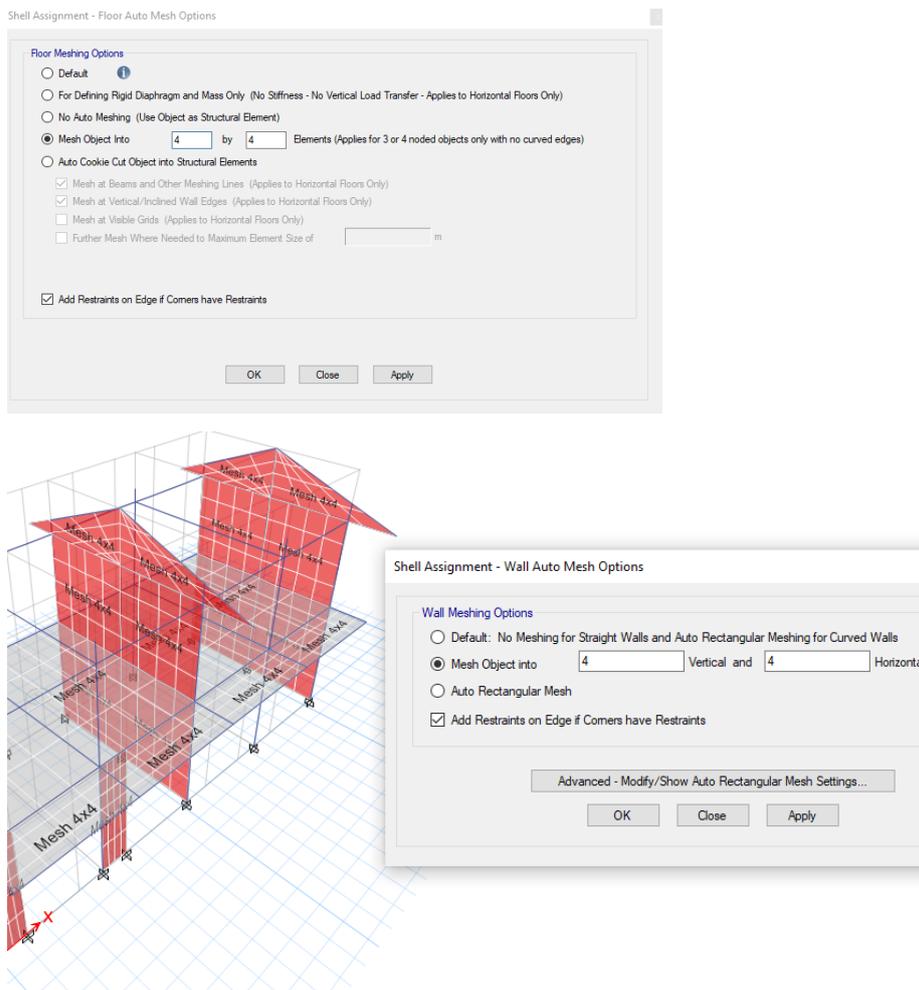
Figura 49: Creación de brazos rígidos



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

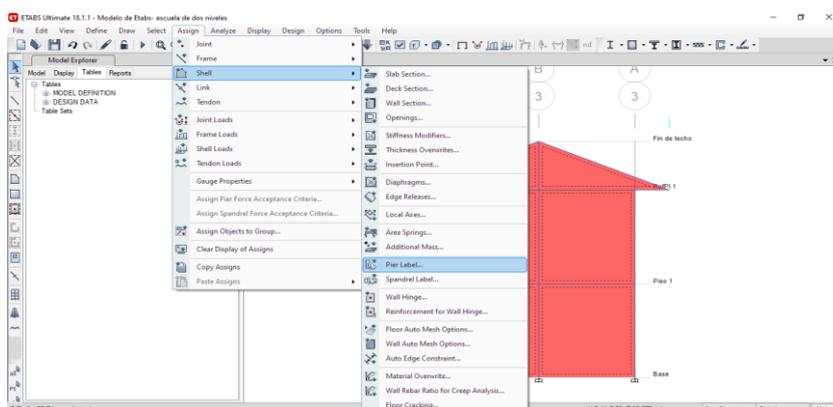
Se realiza la discretización de losas aligeradas en “Floor Auto Mesh Options”, u para muros de albañilería en “Assing / Shell /Wall Auto Mesh Options”. También para que se transfieran las cargas adecuadamente de losas a vigas y de vigas a columnas, se selecciona todo el dibujo y en “Frame Assignment – Frame floor meshing option” se selecciona “Include Selected Frame Objetcs in mesh” para que incluya el mallado en vigas, así mismo para generar la adecuada transferencia de cargas donde no hay continuidad de mallado se selecciona todo el dibujo y en “Assign / Shell / auto Edge Constraint” se selecciona “Create Edge Constraint Around” para que todo este amarrado monolíticamente. Por último, se aginan los piers en muros de albañilería para luego proceder al análisis sísmico estático, dinámico y estático no lineal.

Figura 50: *Discretización de elementos estructurales*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 51: Asignación de Piers en muros de albañilería



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para el análisis sísmico estático en “Define response spectrum functons” se selecciona la norma peruana “NTP E.030 2014”, donde se realizarán las modificaciones dadas en los “Parámetros para el análisis sísmico de la I.E. 10410 – Chapelanche”, para adaptarlo a las condiciones actuales de la norma E.030-2020, y obtener el espectro de respuesta en la dirección X y Y.

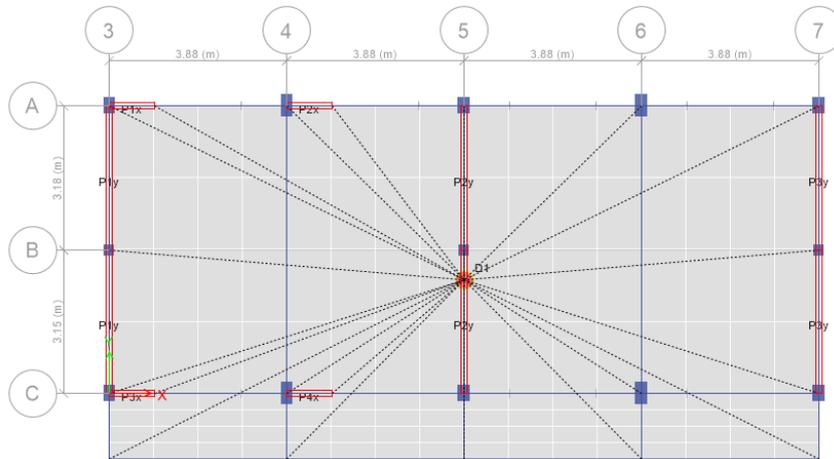
Figura 52: Parámetros sísmicos

ANÁLISIS SISMICO ESTÁTICO LINEAL				
ITEM	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR	OBSERVACIÓN
1	Factor de zona	Z	0.25	Zona 2 - Chota
2	Factor de uso e importancia	U	1.5	A2 : Centro educativo
3	Factor de suelo	S	1.2	S2: suelo intermedio
4	Periodo que define la plataforma del factor C	TP	0.6	
5	Factor de Irregularidad en altura	la	1	Regular
6	Factor de Irregularidad en planta	lp	1	Regular
7	Coeficiente de reducción sísmica	Rx	8	Pórticos
		Ry	3	Albañilería confinada
8	Periodo de vibración de la estructura	Tx	0.14seg	T= hn/CT
		Ty	0.25seg	T= hn/CT
		hn	8.6	Desde el nivel 0 + 00
		CT	60	Albañilería
		CT	35	Pórticos
9	Coeficiente de amplificación sísmica	C	2.5	En dirección x como en dirección y
		T < TP	C=2.5	
10	<b>Coeficiente de cortante en la base</b>	Vx	Vy	
	$V_x = \frac{ZUCS}{R_x}$ $V_y = \frac{ZUCS}{R_y}$	0.141	0.375	
DESCRIPCIÓN				
	* El valor de C/R no deberá considerarse menor que:			
	en el eje x	C/R ≥ 0.11=	0.313	ok
	en el eje y	C/R ≥ 0.11=	0.833	ok

Fuente: Elaboración propia.

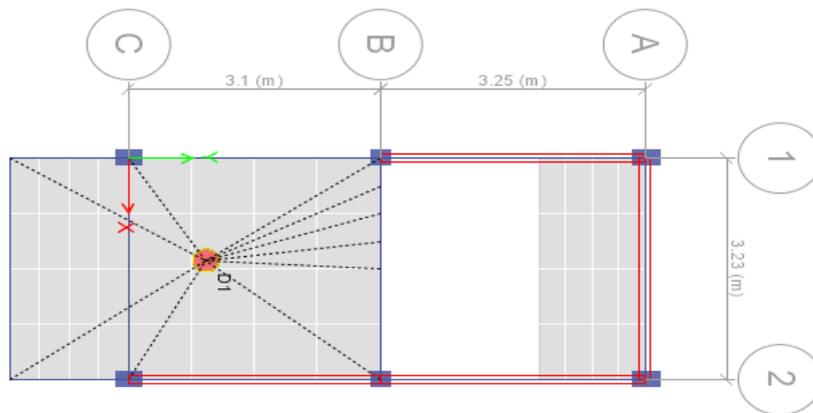
Así mismo se asigna diafragmas rígidos a los entrepisos como se indica en la norma E-030, los diagramas deben tener tres grados de libertad, dos desplazamientos y un giro.

Figura 53: Asignación del diafragma rígido al módulo I



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

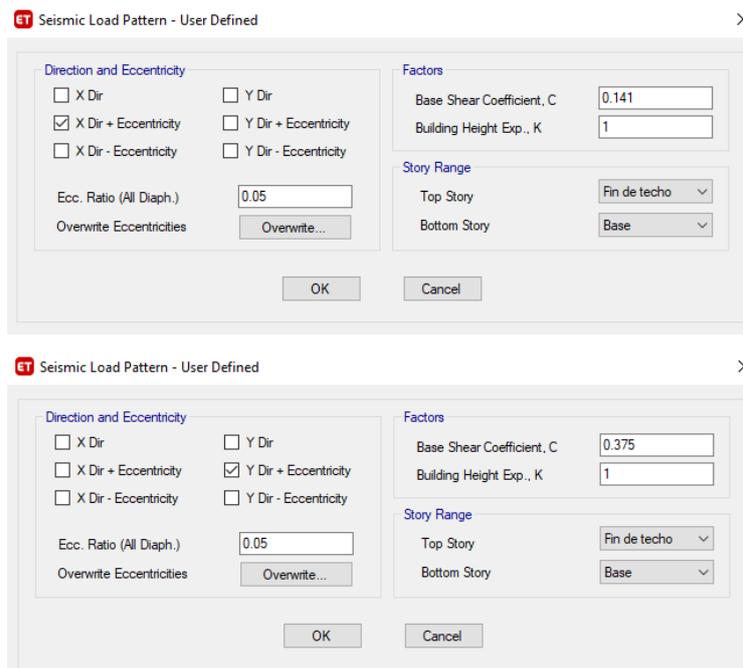
Figura 54: Asignación del diafragma rígido a la escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

En “Define Load Patterns”, se crea el sismo en (X) :(SIS X-X) y el sismo en la dirección (Y): (SIS -Y-Y). También, en la dirección “x se coloca el coeficiente de cortante base que es de 0.141 y el valor de  $k_x= 1$ , con una excentricidad de 5%; en la dirección “y” se coloca el coeficiente de cortante base que es de 0.375 y el valor de  $k_x= 1$ , con una excentricidad de 5%.

Figura 55: *Coefficiente de cortante base*

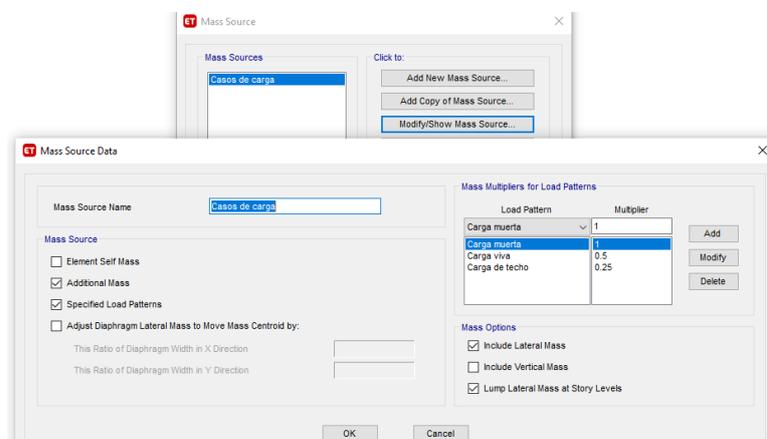


Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para el análisis estático, se debe definir el peso de la edificación (masa de la estructura) según la Norma peruana en E.030 (MVCS, 2020), el peso (P), se calcula adicionando la carga permanente y total de la edificación con un porcentaje de la carga viva o sobre carga que se determina de la siguiente manera:

- En edif. de categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En techos de azoteas se tomará el 25 % de la carga viva.

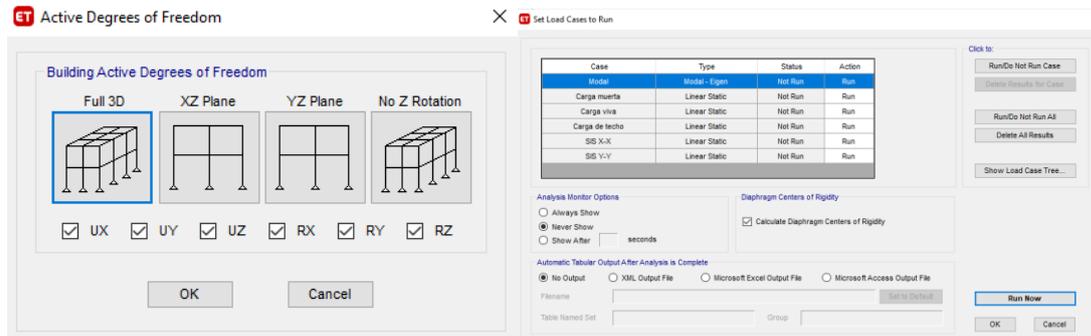
Figura 56: *Definición del peso de la edificación*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para ejecutar el análisis estático se configura las opciones de análisis Full 3D en a ruta “Analyze / Set Active of Freedom” y en “Analyze / Set Load Cases to Run”, se selecciona “Calculate Diaphragm Centers of Rigdty”, para que calcule el centro de rigidez del diafragma y finalmente se corre el programa en “Run Mow”.

Figura 57: Ejecución del análisis estático

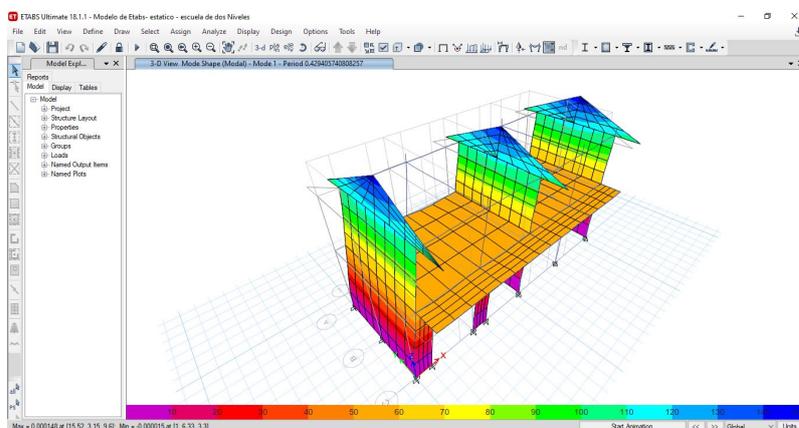


Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Una vez corrido el modelo se realiza dos chequeos que es el análisis modal y espectral. Los modos de vibración de la estructura han sido tomados siguiendo los siguientes criterios:

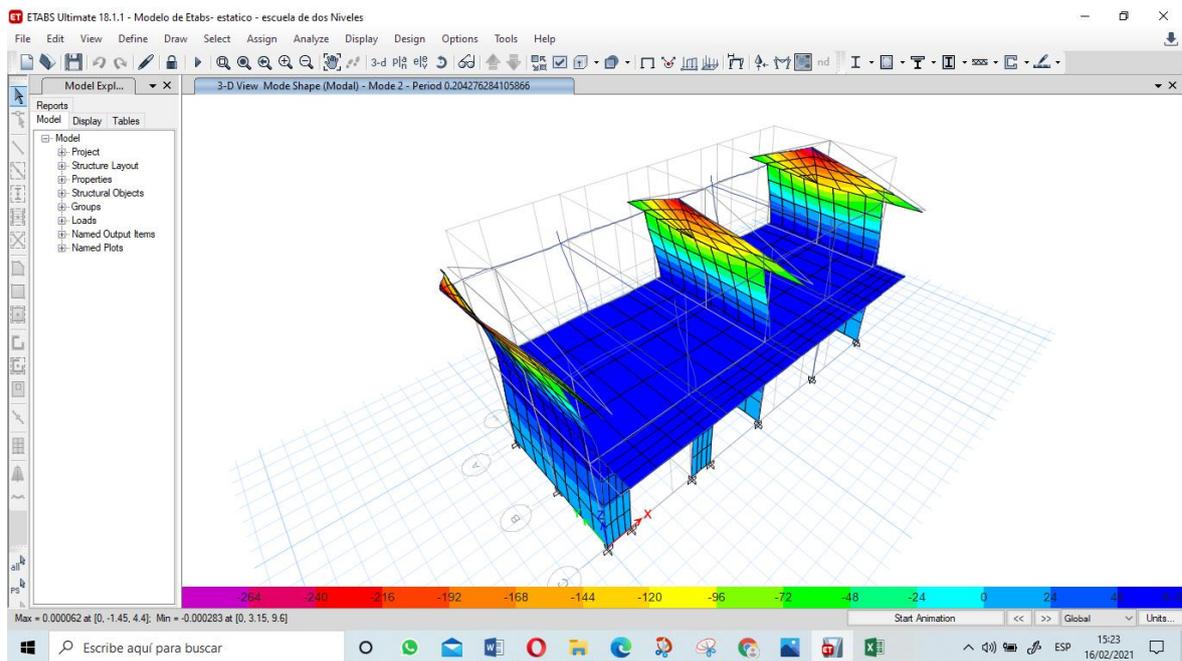
- El número mínimo de modos es tres (dos de traslación y uno de rotación).
- En cada dirección se consideran los modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total.

Figura 58: Modo de vibración N° 1 del análisis estático, módulo I



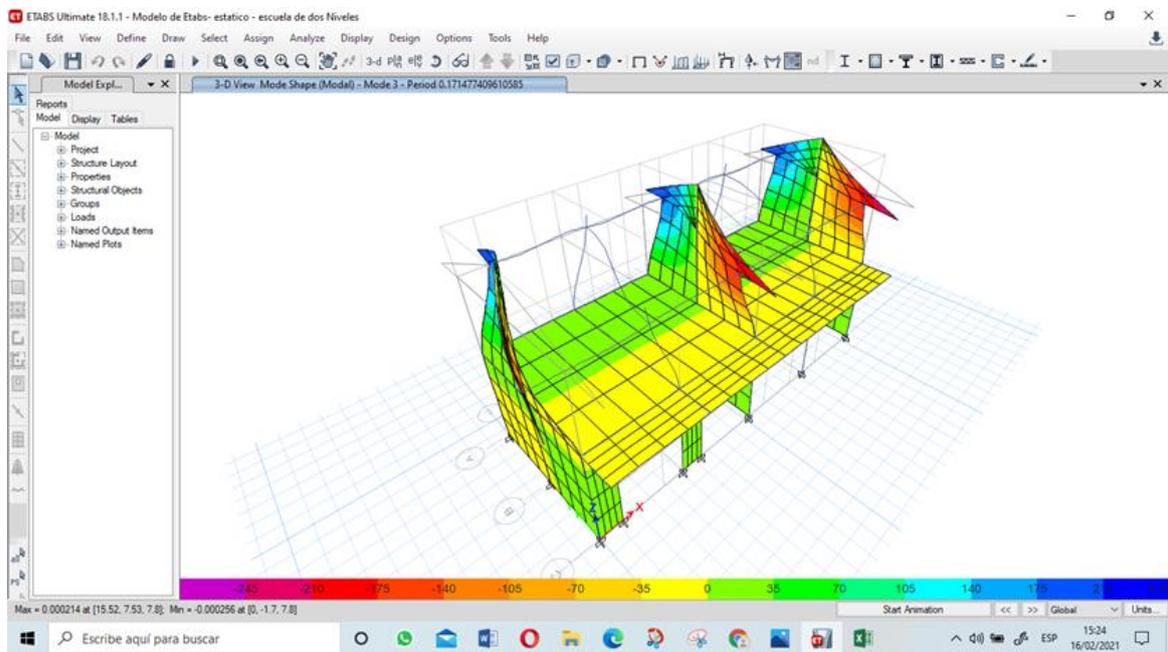
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 59: *Modo de vibración N° 2 del análisis estático, módulo I*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 60: *Modo de vibración N° 3 del análisis estático, módulo I*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 61: *Períodos y masas participativas en cada modo del análisis estático, modulo I*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.429	0.8671	0	0	0.8671	0	0	0	0.2301	2.095E-06	0	0.2301	2.095E-06
Modal	2	0.204	0.0961	0	0	0.9632	0	0	0	0.5354	0.0016	0	0.7655	0.0016
Modal	3	0.171	3.019E-06	3.982E-06	0	0.9632	4.153E-06	0	1.007E-05	3.371E-06	0.0872	1.039E-05	0.7655	0.0888
Modal	4	0.154	1.165E-05	0	0	0.9632	4.327E-06	0	0	3.553E-05	4.102E-05	1.067E-05	0.7656	0.0889
Modal	5	0.152	0	0	0	0.9632	4.604E-06	0	0	0.0001	6.231E-06	1.095E-05	0.7656	0.0889
Modal	6	0.119	0.0033	1.878E-05	0	0.9665	2.339E-05	0	9.155E-06	0.0386	0.0028	2.011E-05	0.8052	0.0917
Modal	7	0.108	0	0.8079	0	0.9665	0.0079	0	0.1969	0	0.0027	0.1969	0.8052	0.0944
Modal	8	0.098	0.0001	0.002	0	0.9666	0.0098	0	0.0003	0.0003	0.4948	0.1972	0.8055	0.5892
Modal	9	0.09	0.0002	0.0001	0	0.9668	0.01	0	0	0.0009	0.1258	0.1972	0.8065	0.715
Modal	10	0.08	1.689E-06	0.0007	0	0.9668	0.0107	0	0.0001	0	0.1459	0.1973	0.8065	0.8608
Modal	11	0.079	0.0013	2.679E-05	0	0.968	0.0107	0	0	0.0059	0.0691	0.1973	0.8124	0.9299
Modal	12	0.078	0.0005	0	0	0.9685	0.0107	0	0	0.0026	1.294E-06	0.1973	0.8151	0.9299
Modal	13	0.073	0	0.131	0	0.9685	0.0417	0	0.0386	0	0.0003	0.2359	0.8151	0.9302

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

La fuerza cortante total en la base de la estructura correspondiente a la dirección considerada, se ha determina por la siguiente expresión:

Z	=	0.25
U	=	1.5
S	=	1.2
Rx	=	8
Ry	=	3
C	=	2.5

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

**Masa y peso obtenido**

Nº	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
2	4881.91	4881.91	47891.54	47891.54
1	14030.76	14030.76	137641.76	137641.76

Peso en X= 185533.29      Peso en y= 185533.29

**La fuerza cortante en dirección X : Vx= 26090.62      26.09ton**

**La fuerza cortante en dirección Y : Vy= 69574.98      69.57ton**

**Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura.**

está determinado por la siguiente expresión

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

Donde:

V= Cortante basal

ai = Factor de F

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) ≤ 2,0.

Donde K= 1

kx = 1

ky = 1

### Càlculo de cargas laterales en el eje X

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	Pi * (hi) <sup>k</sup>	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
2	47891.54	9.6	459758.76	0.43	11201.35	11.20
1	137641.76	4.44	611129.39	0.57	14889.27	14.89
<b>∑= Peso edif</b>	<b>185533.29</b>	<b>∑ = Pi * (hi)<sup>k</sup></b>	<b>1070888.15</b>	<b>1.00</b>	<b>26090.62</b>	<b>26.09</b>

### Càlculo de cargas laterales en el eje y

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	Pi * (hi) <sup>k</sup>	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
2	47891.54	9.6	47891.54	0.26	17959.33	17.96
1	137641.76	4.44	137641.76	0.74	51615.66	51.62
<b>∑= Peso edif</b>	<b>185533.29</b>	<b>∑ = Pi * (hi)<sup>k</sup></b>	<b>185533.29</b>	<b>1.00</b>	<b>69574.98</b>	<b>69.57</b>

### Fuerza cortante en la base, módulo I

Z	=	0.25
U	=	1.5
S	=	1.2
Rx	=	8
Ry	=	3
C	=	2.5

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

### Masa y peso obtenido

N <sup>a</sup>	Masa (Kgf-s2/m)		peso (Kgf)	
	X	Y	X	Y
2	2514.59	2514.59	24668.13	24668.13
1	4288.47	4288.47	42069.89	42069.89

Peso en X= 66738.02

Peso en y= 66738.02

La fuerza cortante en dirección X : V<sub>x</sub>= 9385.03 9.39ton

La fuerza cortante en dirección X : V<sub>y</sub>= 25026.76 25.03ton

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

Donde:

V= Cortante basal

ai = Factor de F

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) ≤ 2,0.

Donde K= 1

k<sub>x</sub> = 1

k<sub>y</sub> = 1

## Cálculo de cargas laterales en el eje X.

Nivel	$P_i$ (kg)	$h_i$ (m)	$P_i * (h_i)^k$	$a_i$	$F_i$ (kg)	$F_i$ (ton)
2	24668.13	8.6	212145.90	0.60	5605.54	5.61
1	42069.89	3.4	143037.63	0.40	3779.49	3.78
$\Sigma =$ Peso edif.	<b>66738.02</b>	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	<b>355183.53</b>	<b>1.00</b>	<b>9385.03</b>	<b>9.39</b>

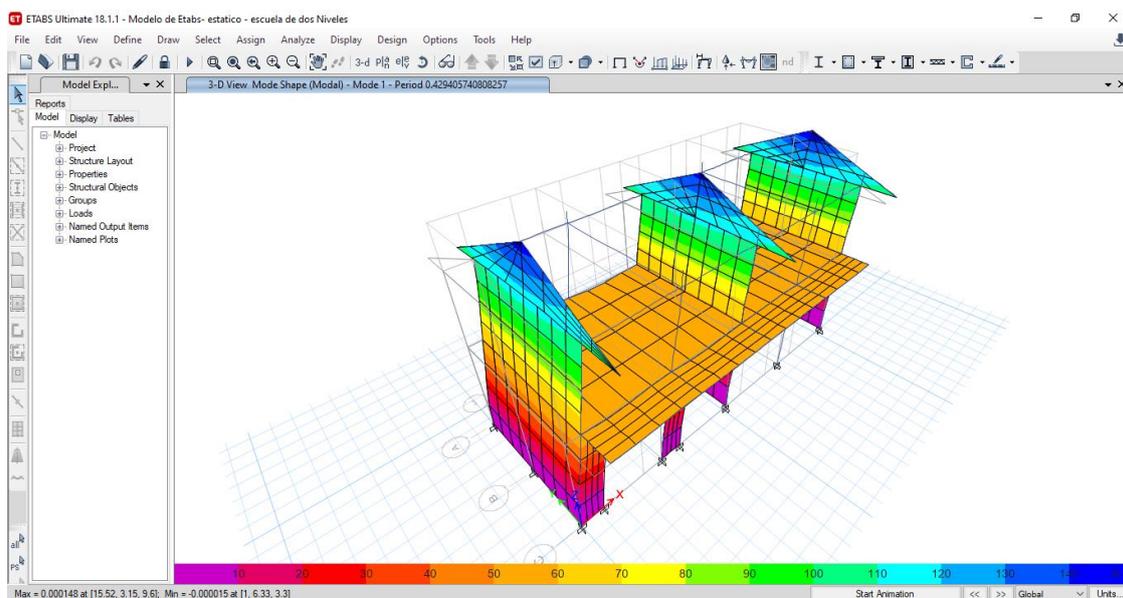
## Cálculo de cargas laterales en el eje y

Nivel	$P_i$ (kg)	$h_i$ (m)	$P_i * (h_i)^k$	$a_i$	$F_i$ (kg)	$F_i$ (ton)
2	24668.13	9.6	24668.13	0.37	9250.55	9.25
1	42069.89	4.44	42069.89	0.63	15776.21	15.78
$\Sigma =$ Peso edif.	<b>66738.02</b>	$\Sigma = P_i * (h_i)^k$	<b>66738.02</b>	<b>1.00</b>	<b>25026.76</b>	<b>25.03</b>

### Fuerza cortante en la base, escalera

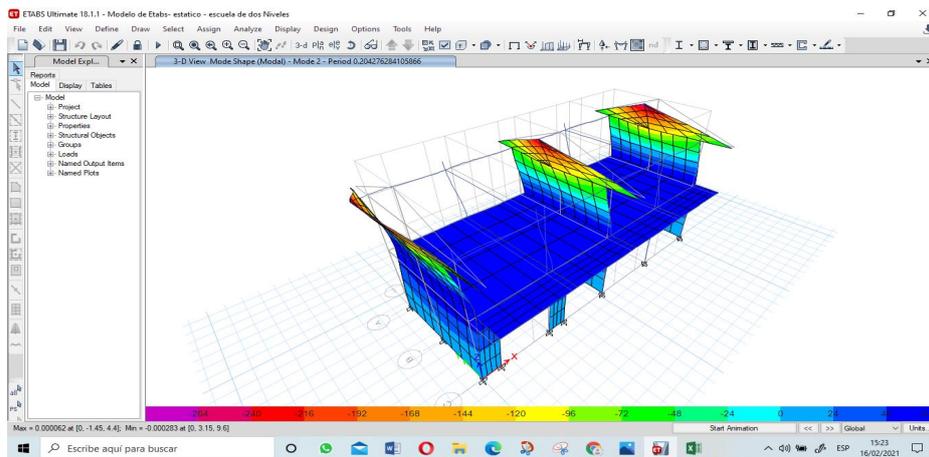
Para el análisis sísmico dinámico de la I.E. 10410 – Chaupelanche, se ha configurado las opciones de análisis Full 3D, en “Analyze / Set Active of Freedom”. En “Analyze / Set Load Cases to Run”, se selecciona “Calculate Diaphragm Centers of Rigidity”, para que calcule el centro de rigidez del diafragma y finalmente se corre el programa en “Run Now”. Una vez corrido el modelo tal como en el análisis estático, se realiza dos chequeos: el análisis modal y espectral.

Figura 62: Modo de vibración N° 1 del análisis dinámico, módulo I



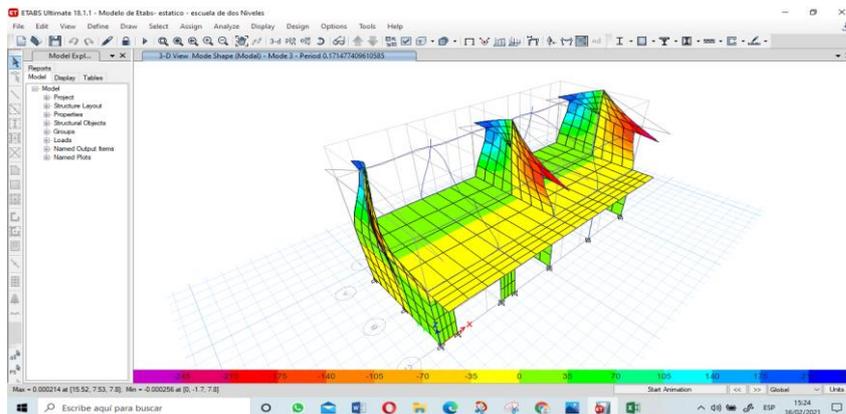
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 63: Modo de vibración N° 2 del análisis dinámico, módulo I



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 64: Modo de vibración N° 3 del análisis dinámico, módulo I



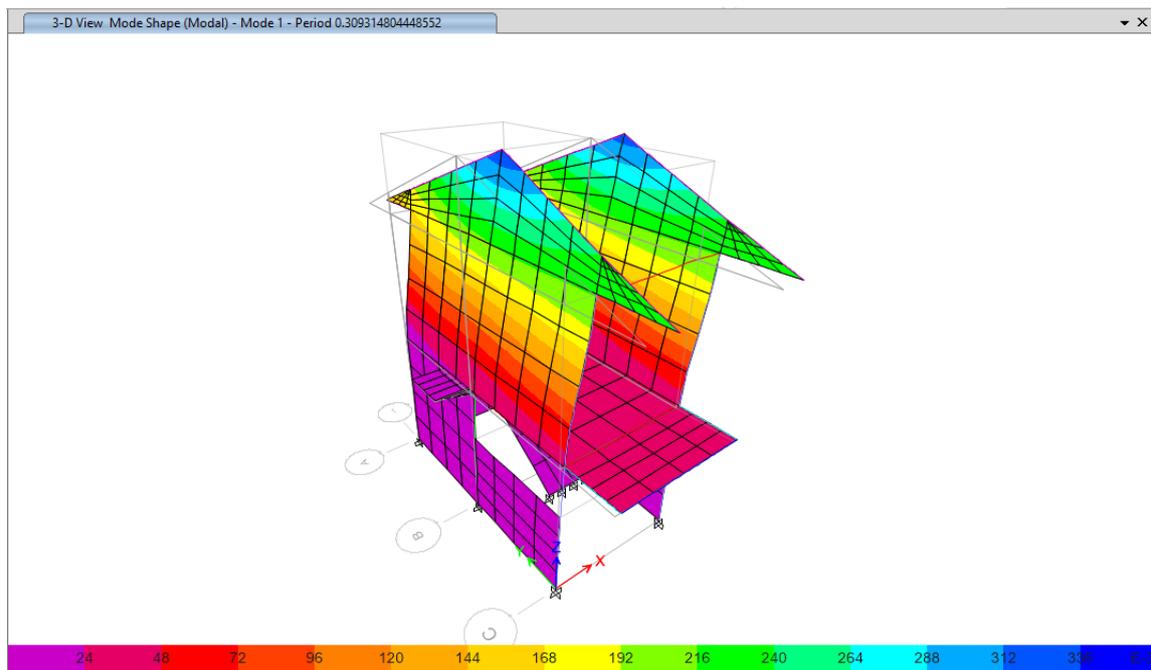
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 65: *Períodos y masas participativas en cada modo del análisis dinámico, módulo I*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.429	0.8671	0	0	0.8671	0	0	0	0.2301	2.095E-06	0	0.2301	2.095E-06
Modal	2	0.204	0.0961	0	0	0.9632	0	0	0	0.5354	0.0016	0	0.7855	0.0016
Modal	3	0.171	3.019E-06	3.962E-06	0	0.9632	4.153E-06	0	1.007E-05	3.371E-06	0.0072	1.039E-05	0.7855	0.0889
Modal	4	0.154	1.165E-05	0	0	0.9632	4.327E-06	0	0	3.553E-05	4.102E-05	1.067E-05	0.7856	0.0889
Modal	5	0.152	0	0	0	0.9632	4.604E-06	0	0	0.0001	6.231E-06	1.095E-05	0.7856	0.0889
Modal	6	0.119	0.0033	1.878E-05	0	0.9665	2.339E-05	0	9.155E-06	0.0396	0.0028	2.011E-05	0.8952	0.0917
Modal	7	0.108	0	0.8079	0	0.9685	0.8079	0	0.1969	0	0.0027	0.1969	0.8052	0.0944
Modal	8	0.098	0.0001	0.002	0	0.9666	0.8099	0	0.0003	0.0003	0.4948	0.1972	0.8055	0.5892
Modal	9	0.08	0.0002	0.0001	0	0.9668	0.81	0	0	0.0009	0.1258	0.1972	0.8065	0.715
Modal	10	0.08	1.689E-06	0.0007	0	0.9688	0.8107	0	0.0001	0	0.1459	0.1973	0.8065	0.8608
Modal	11	0.079	0.0013	2.679E-05	0	0.968	0.8107	0	0	0.0059	0.0691	0.1973	0.8124	0.9299
Modal	12	0.078	0.0005	0	0	0.9685	0.8107	0	0	0.0026	1.294E-06	0.1973	0.8151	0.9299
Modal	13	0.073	0	0.131	0	0.9685	0.8417	0	0.0386	0	0.0003	0.2359	0.8151	0.9302

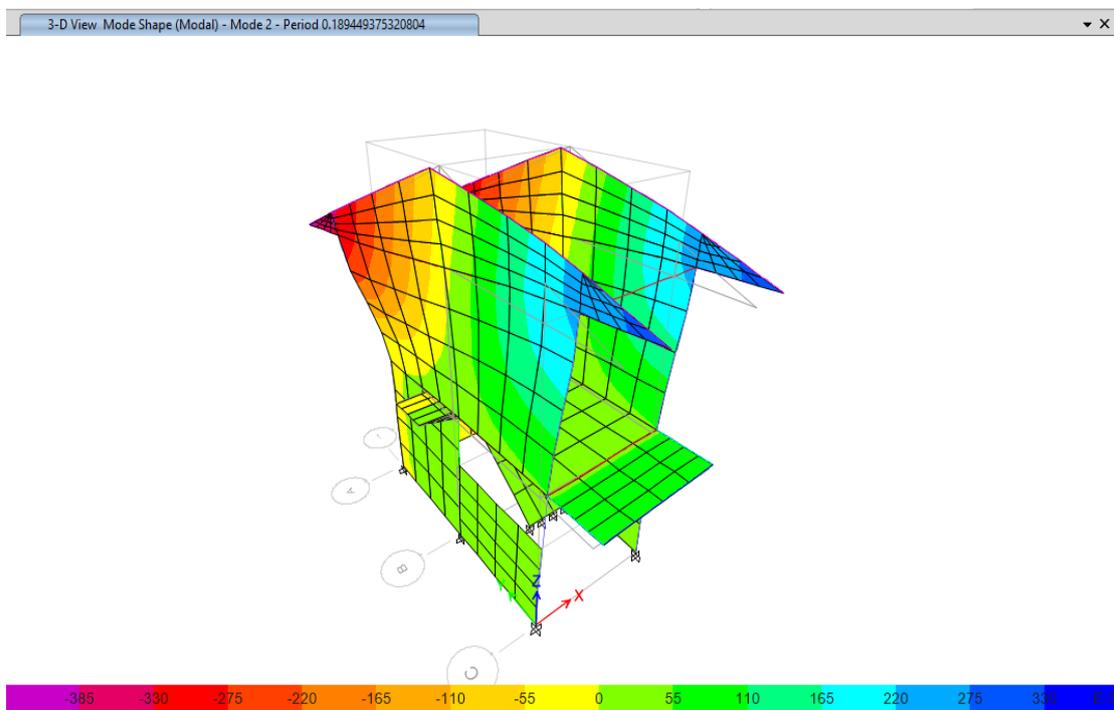
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 66: *Modo de vibración N° 1 del análisis dinámico, escalera*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 67: *Modo de vibración N° 2 del análisis dinámico, escalera*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

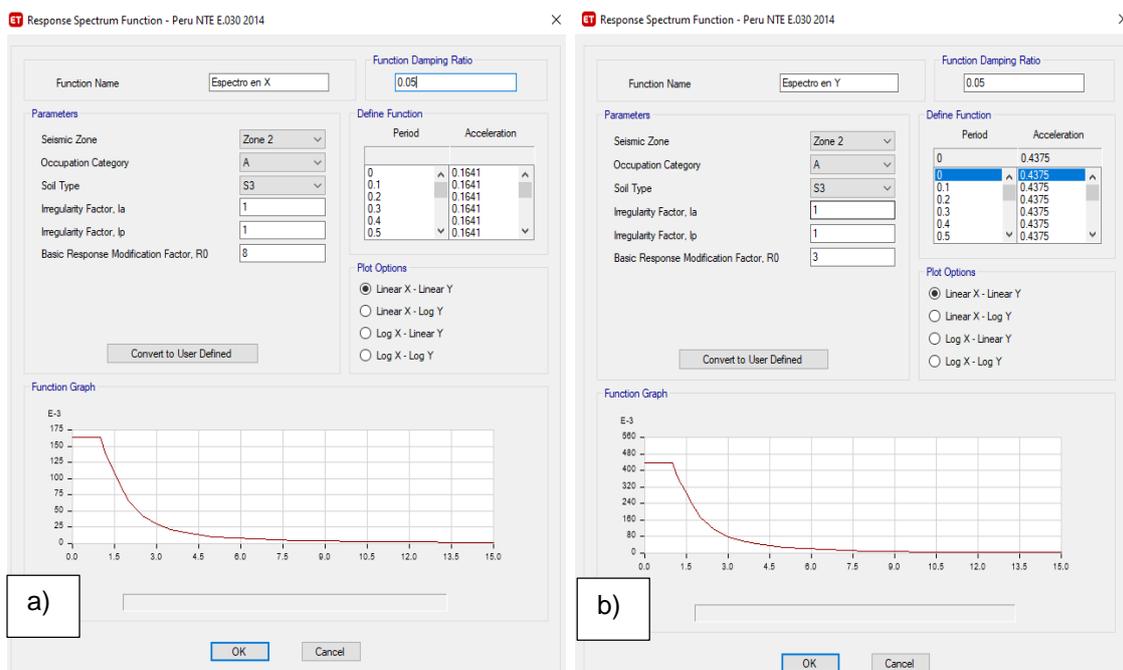
Figura 68: *Períodos y masas participativas en cada modo del análisis dinámico, escalera*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.309	0.4232	0.0001	0	0.4232	0.0001	0	2.71E-05	0.6061	0.0168	2.71E-05	0.6061	0.0168
Modal	2	0.189	0.0037	0.0004	0	0.4269	0.0005	0	0.0001	0.0178	0.3803	0.0001	0.6239	0.3971
Modal	3	0.163	2.98E-05	2.06E-06	0	0.4269	0.0005	0	0	3.23E-05	9.65E-06	0.0001	0.624	0.3971
Modal	4	0.123	0.2477	0.004	0	0.6746	0.0045	0	0.0015	0.0535	0.0855	0.0016	0.6774	0.4826
Modal	5	0.1	0.0337	0.0026	0	0.7083	0.0071	0	0.001	0.0289	0.0402	0.0026	0.7063	0.5229
Modal	6	0.08	0.0001	0.0013	0	0.7084	0.0084	0	0.0001	0.0001	0.0023	0.0027	0.7064	0.5251
Modal	7	0.075	0.0056	0.0388	0	0.714	0.0472	0	0.0084	3.95E-06	0.049	0.0111	0.7064	0.5741
Modal	8	0.067	0.0099	0.7598	0	0.7239	0.807	0	0.2161	0.0027	1.28E-05	0.2272	0.7091	0.5741
Modal	9	0.055	3.72E-05	1.17E-06	0	0.7239	0.807	0	3.33E-05	1.01E-05	0.0002	0.2273	0.7091	0.5743
Modal	10	0.054	0.09	0.0225	0	0.8139	0.8295	0	0.0191	0.0285	0.1809	0.2463	0.7376	0.7552
Modal	11	0.051	0.0168	0.0004	0	0.8307	0.8299	0	0.0002	0.0138	0.0104	0.2465	0.7513	0.7656
Modal	12	0.051	0.0093	0.0008	0	0.8401	0.8307	0	0.0011	2.71E-06	0.0438	0.2476	0.7513	0.8094
Modal	13	0.048	0.0001	1.10E-05	0	0.8401	0.8307	0	8.91E-07	2.08E-05	0.0005	0.2476	0.7514	0.81
Modal	14	0.044	0.0001	0	0	0.8403	0.8307	0	0.0001	0.0035	0.0086	0.2477	0.7549	0.8186
Modal	15	0.043	0.0017	4.62E-05	0	0.8419	0.8308	0	0	0.0048	0.0001	0.2477	0.7597	0.8187
Modal	16	0.041	0.0001	0.0001	0	0.8421	0.8308	0	0.0014	3.49E-05	0.0034	0.2491	0.7597	0.8221
Modal	17	0.041	0.001	3.69E-05	0	0.843	0.8309	0	4.01E-06	0.0002	0.0019	0.2491	0.76	0.824
Modal	18	0.039	0.0873	3.08E-05	0	0.9304	0.8309	0	0.0012	0.0614	0.1041	0.2503	0.8214	0.9281
Modal	19	0.036	0.0033	1.68E-06	0	0.9337	0.8309	0	1.00E-05	0.0001	0.0086	0.2503	0.8215	0.9367
Modal	20	0.034	0.0004	9.05E-06	0	0.9341	0.8309	0	7.68E-06	0.0009	0.0024	0.2503	0.8223	0.9391
Modal	21	0.034	0.0016	1.92E-06	0	0.9356	0.8309	0	1.30E-05	0.0038	0.0112	0.2503	0.8262	0.9503
Modal	22	0.032	0.0002	1.03E-05	0	0.9358	0.8309	0	0.0001	0	0.0008	0.2504	0.8262	0.9511
Modal	23	0.028	0.0013	0.022	0	0.9371	0.8529	0	0.1591	0.0017	0.0002	0.4095	0.8279	0.9513
Modal	24	0.028	0.0004	0.0246	0	0.9375	0.8775	0	0.1611	0.0004	1.98E-05	0.5706	0.8283	0.9513
Modal	25	0.026	0.0026	0.0183	0	0.9401	0.8958	0	0.0942	0.0019	0.0044	0.6648	0.8302	0.9557
Modal	26	0.026	0.0001	0.0061	0	0.9401	0.9019	0	0.034	4.69E-05	0.0002	0.6989	0.8303	0.9559

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para el análisis espectral en “Define response spectrum functions” se selecciona la norma peruana “NTP E.030 2014”, donde se realizarán las modificaciones dadas en la anterior Tabla 23 “Parámetros para el análisis sísmico de la I.E. 10410 – Chaupelanche”, para adaptarlo a las condiciones actuales de la norma E.030-2020, y obtener el espectro de respuesta en la dirección X y Y.

Figura 69: *Espectro de respuesta en la dirección X (a) y espectro de respuesta en la dirección Y (b)*

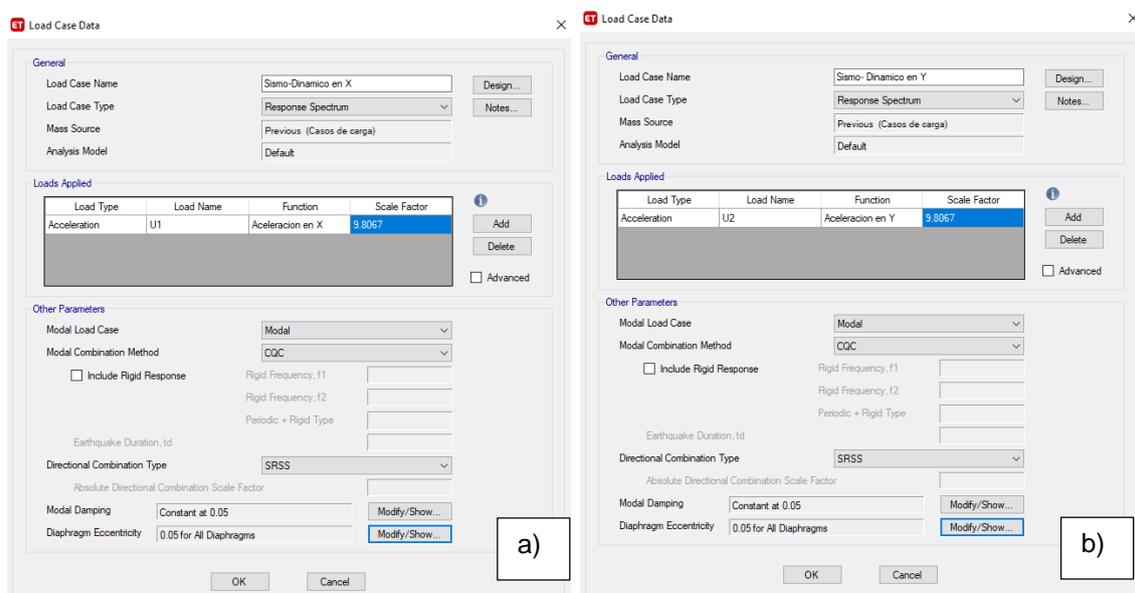


Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Definidos los espectros, se ha agregado un tipo de aceleración en función “a la aceleración en X o Y” según el caso, y el factor de escala que es la gravedad (g). El análisis sísmico se realizó empleando el método de superposición espectral considerando como criterio de superposición la combinación cuadrática completa (CQC), de los valores calculados para cada modo.

- En “Modal Damping” se trabaja con un amortiguamiento del 5% para el análisis modal.
- En “Diaphragm Eccentricity” se traja con un 5% de excentricidad del diafragma.

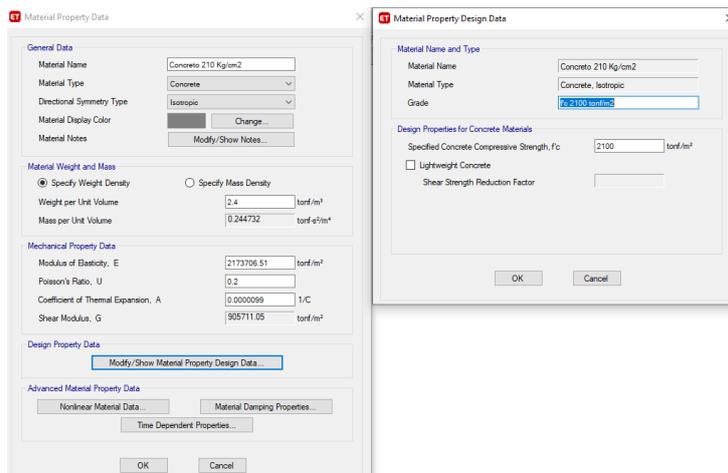
Figura 70: *Espectro de aceleración para cada dirección de análisis de la estructura*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

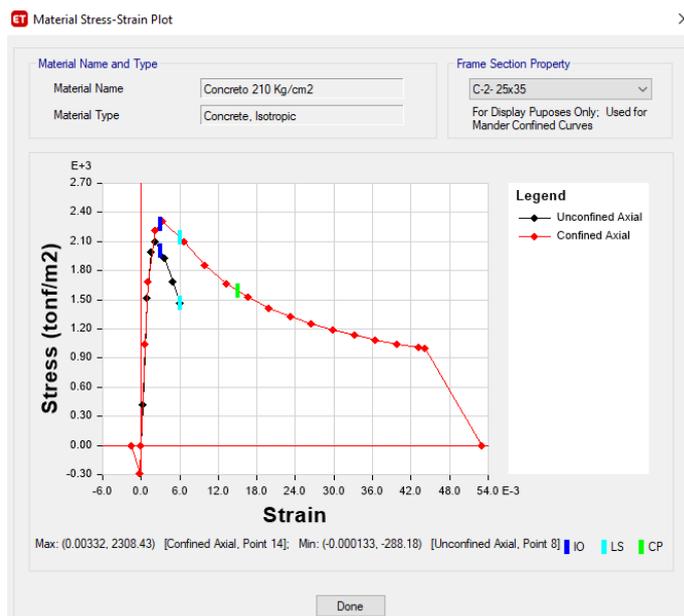
Para aplicar el método no lineal estático Pushover, en el modelo digital de la edificación en ETABS, se definen las propiedades de los materiales. Para el concreto en “Define / Material Properties” se modifica 4000Psi, por Concreto 210kg/cm<sup>2</sup>. Las propiedades no lineales del concreto se observan en “Nonlinear Material Data”, se trabajará con un tipo de curva “Hysteresis Type” del modelo de “Concreto” y la curva de esfuerzo deformación con “Mander”.

Figura 71: Definición de propiedades del concreto



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

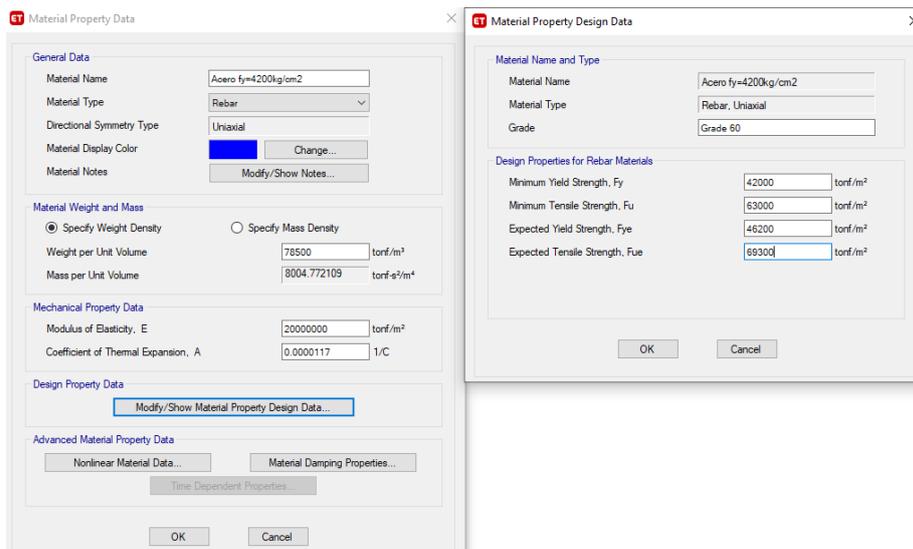
Figura 72: Curva esfuerzo deformación del concreto



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

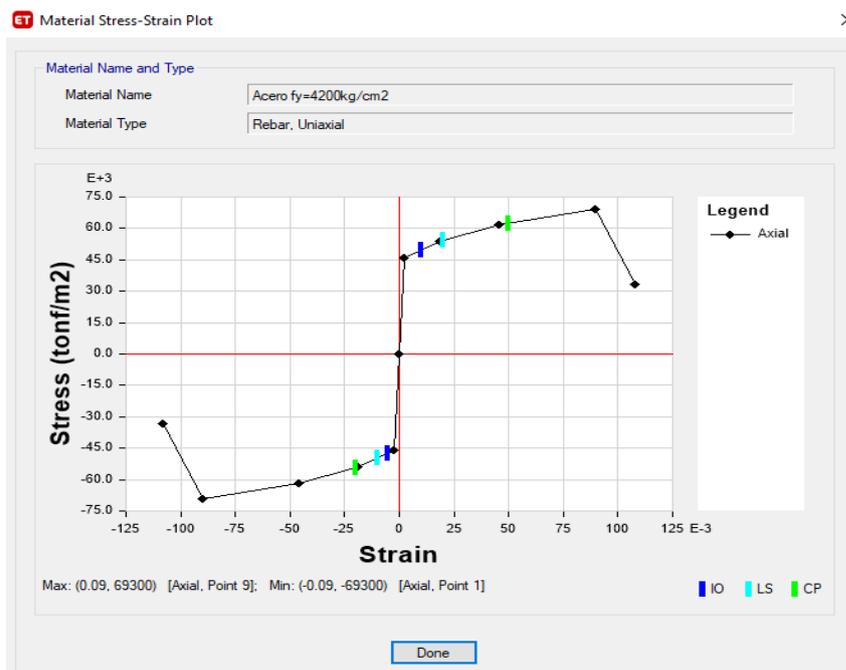
Para el acero, se modifica A615Gr60, en “Modify/ Show Material” y escribe en “Material Name”: Acero 4200 kg/cm2. Las propiedades no lineales del acero 4200 kg/cm2, se observan en “Nonlinear Material Data”, se trabajará con un tipo de curva “Hysteresis Type” del modelo de “Kinematic” y la curva de esfuerzo deformación con “Simple”

Figura 73: Definición de propiedades del acero



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

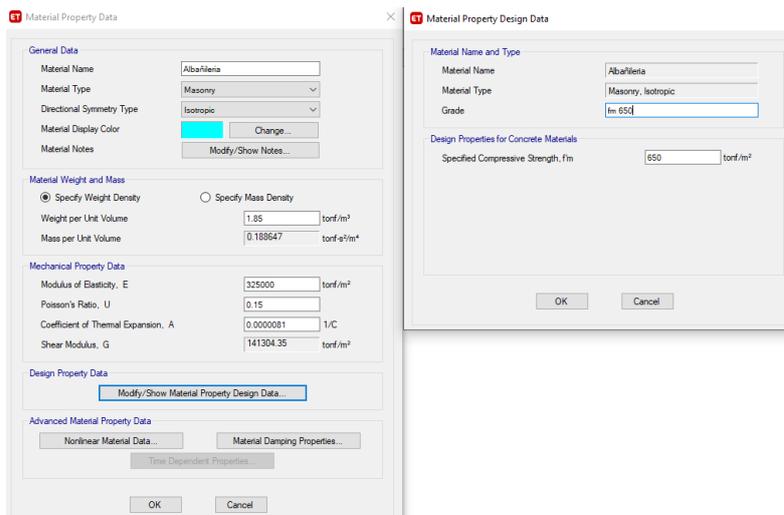
Figura 74: Curva esfuerzo deformación del acero



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

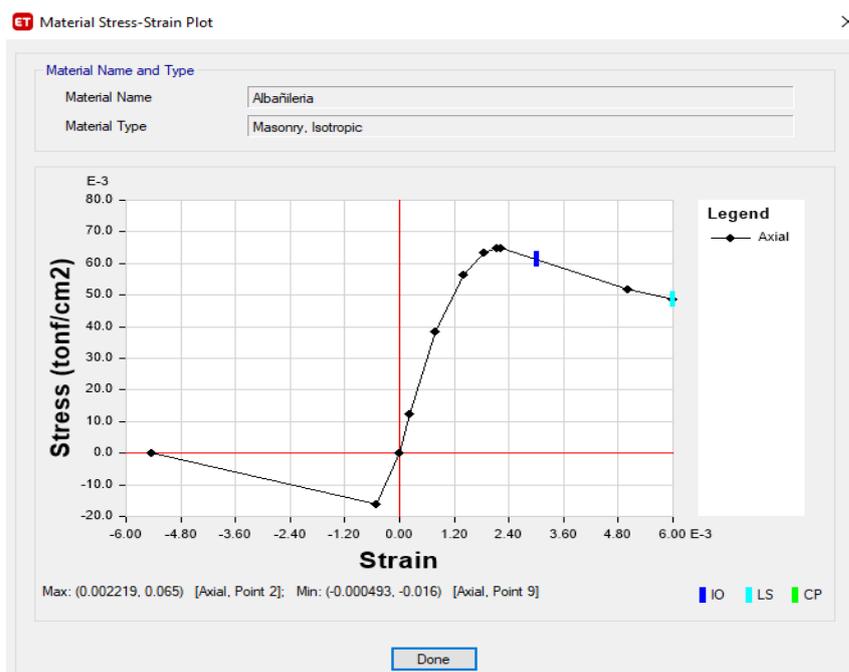
Para definir las propiedades de la albañilería se da clip en “Add Nuw Material”, y se define el peso específico del muro tarrajeado: 1850 kg/m<sup>3</sup>, módulo de elasticidad (EM)= 325000 tonf/m<sup>2</sup>, resistencia a la albañilería 650 tonf/m<sup>2</sup>. Las propiedades no lineales de la albañilería, se observan en “Nonlinear Material Data”, se ha trabajado con un tipo de curva “Hysteresis Type” del modelo de “Isotropic “.

Figura 75: Definición de propiedades de la albañilería



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 76: Curva esfuerzo deformación de la albañilería



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para el procedimiento Pushover, primero se realiza el análisis estático convencional con la finalidad de extraer las características estáticas de la estructura, para luego seguir la metodología de FEMA 356. El análisis se realiza en ambas direcciones “X” e “Y”, para obtener la curva de capacidad (pushover).

El procedimiento del análisis pushover se realizó según **FEMA 356**. Este método consiste en aplicar una distribución vertical de cargas laterales a la estructura la cual debe incrementarse monótonamente hasta que la estructura alcance el máximo desplazamiento.

Figura 77: Fuerzas laterales en el sentido de X, módulo I

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$Pi * (hi)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
2	47891.54	9.6	459758.76	0.43	11259.23	11.26
1	137641.76	4.4	605623.72	0.57	14831.39	14.83
<b>Σ= Peso edif.</b>	<b>185533.29</b>	$\Sigma=Pi * (hi)^k$	<b>1065382.48</b>	<b>1.00</b>	<b>26090.62</b>	<b>26.09</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 78: Fuerzas laterales en el sentido de Y, módulo I

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$Pi * (hi)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
2	47891.54	9.6	47891.54	0.26	17959.33	17.96
1	137641.76	4.4	137641.76	0.74	51615.66	51.62
<b>Σ= Peso edif.</b>	<b>185533.29</b>	$\Sigma=Pi * (hi)^k$	<b>185533.29</b>	<b>1.00</b>	<b>69574.98</b>	<b>69.57</b>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 79: Fuerzas laterales en el sentido de X, escalera

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$Pi * (hi)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
2	24668.13	8.6	212145.90	0.60	5605.54	5.61
1	42069.89	3.4	143037.63	0.40	3779.49	3.78
<b>Σ= Peso edif.</b>	<b>66738.02</b>	$\Sigma=Pi * (hi)^k$	<b>355183.53</b>	<b>1.00</b>	<b>9385.03</b>	<b>9.39</b>

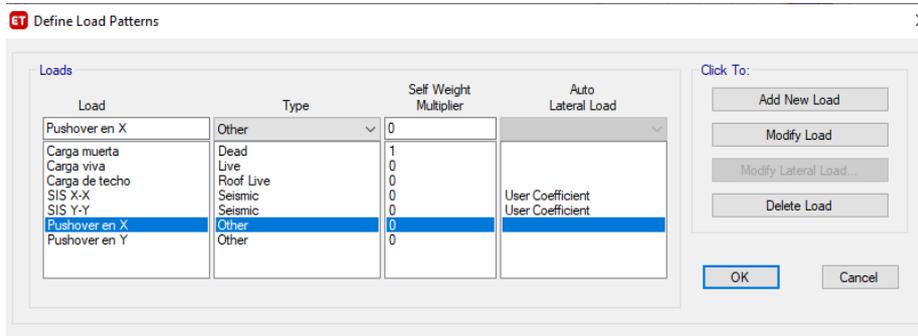
Fuente: Elaboración propia.

Figura 80: Fuerzas laterales en el sentido de Y, escalera

Nivel	Pi (kg)	hi(m)	$Pi * (hi)^k$	ai	Fi (kg)	Fi (ton)
2	24668.13	9.6	24668.13	0.37	9250.55	9.25
1	42069.89	4.44	42069.89	0.63	15776.21	15.78
<b>Σ= Peso edif.</b>	<b>66738.02</b>	$\Sigma=Pi * (hi)^k$	<b>66738.02</b>	<b>1.00</b>	<b>25026.76</b>	<b>25.03</b>

Fuente: Elaboración propia.

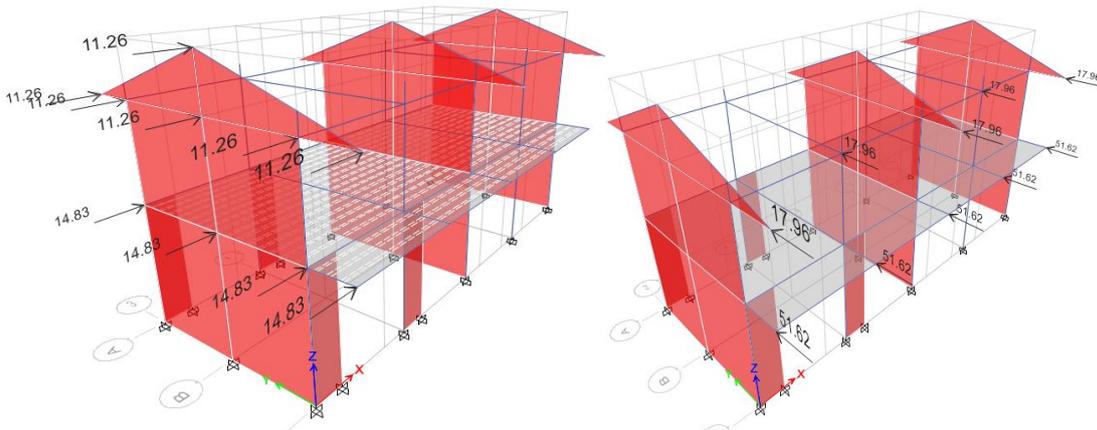
Figura 81: Definición de carga Pushover



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

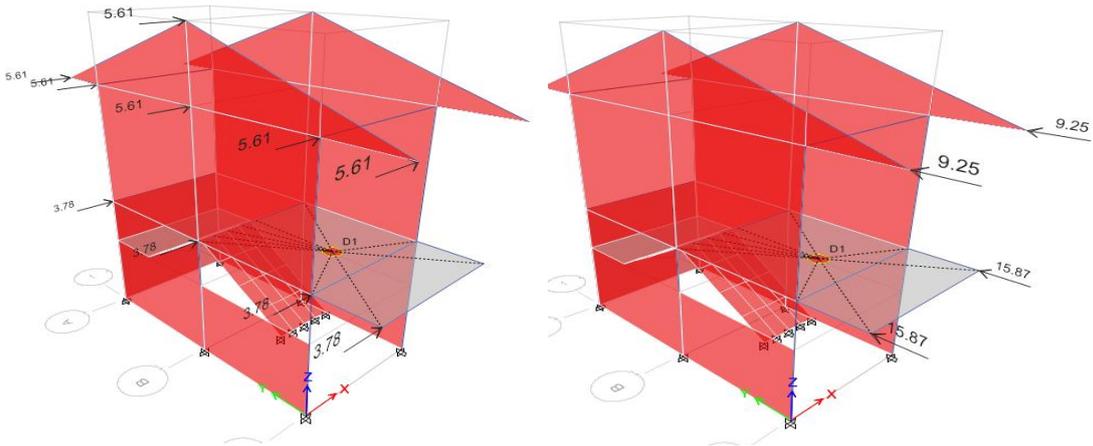
El análisis se inicia aplicando las fuerzas mostradas anteriormente en la dirección "X" y posteriormente en la dirección "Y".

Figura 82: Asignación de carga Pushover en "X" y "Y", módulo I



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

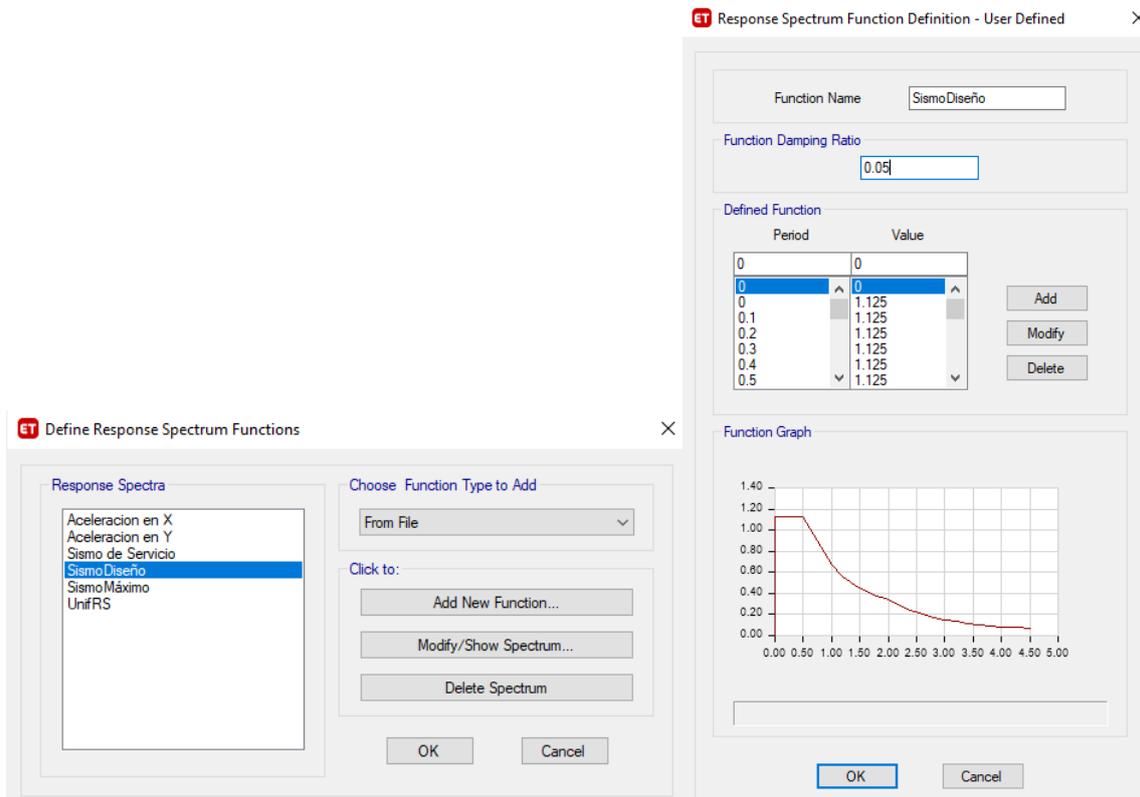
Figura 83: Asignación de carga Pushover en "X" y "Y", escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Se define el análisis modal – espectral en Define / Fuciones / Response Spectrum” se selecciona “From File”, se da clip en “Add New Function”, y arroja una ventana para subir el espectro de respuesta desde un archivo.

Figura 84: Espectro de respuesta en la dirección X Sismo de diseño



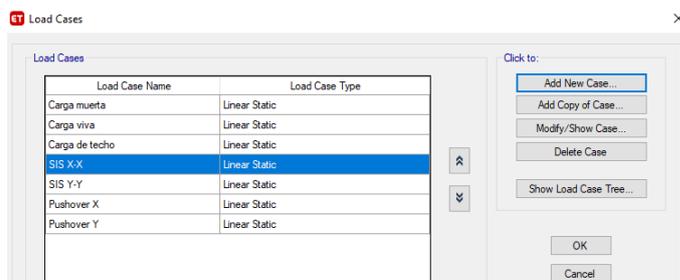
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Luego se crean dos estados de carga no lineales:

- CGNL (Carga gravitacional no lineal)
- AENL (análisis estático no lineal)

La creación de estas cargas tiene como fin generar un orden lógico para desarrollar el NSP, de esa manera primero que sean aplicadas las cargas gravitacionales, y una vez que estas hayan deformado la estructura y disminuido su rigidez, entra el proceso AENL, de esta manera se está aplicando la carga de las fuerzas lateral monotónica hasta que un nudo extremo del último piso alcance un desplazamiento máximo.

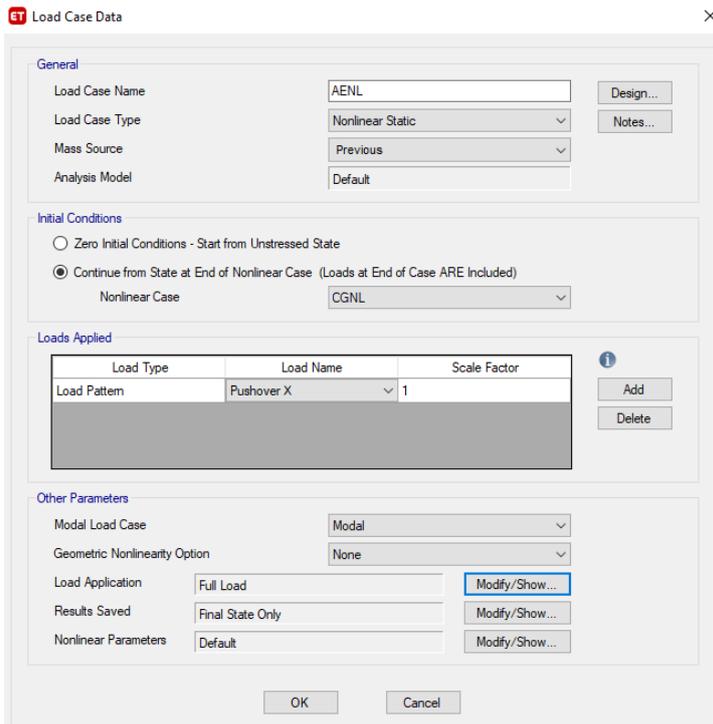
Figura 85: *Creación de carga CGNL*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para crear la carga que es AENL (Análisis Estático No Lineal) en dirección X. Se selecciona el control de desplazamiento cuando se conoce cuán lejos quiere que la estructura se mueva, pero no se conoce cuanta carga se requiere.

Figura 86: *Creación de carga AENL en X*

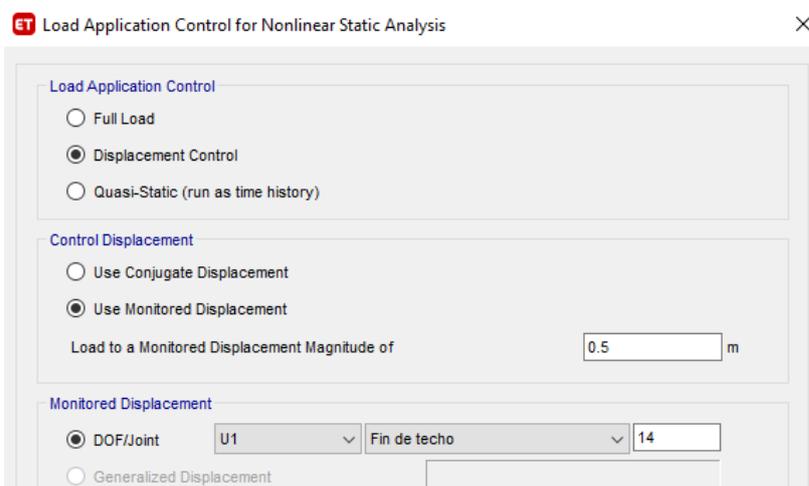


Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para la aplicación de la carga “Load Application” se da clic en “Modify / Show”.

- Se selecciona “Displacement Control”, para controlar el desplazamiento.
- En “Use Monitored Displacement”, el máximo desplazamiento que se va a monitorear es de 0.50m.
- En “Monitored Displacement”, se va a ver el desplazamiento U1, piso2 y el punto (Label = 14).

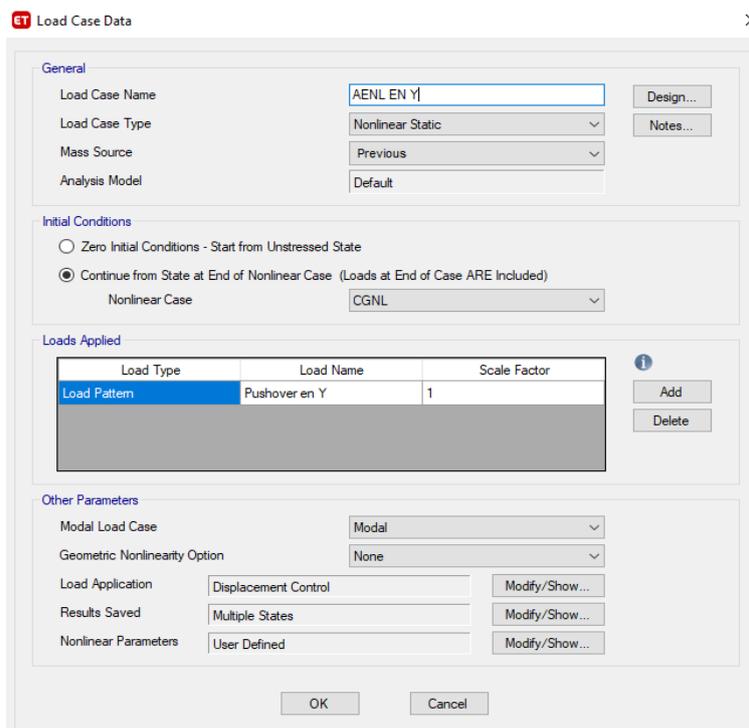
Figura 87: Aplicación de carga



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Para crear la carga que es AENL (Análisis Estático No Lineal) en dirección “Y”, se realizó de la misma manera que en la dirección “X”. Se ha evaluado en el mismo punto N° 14.

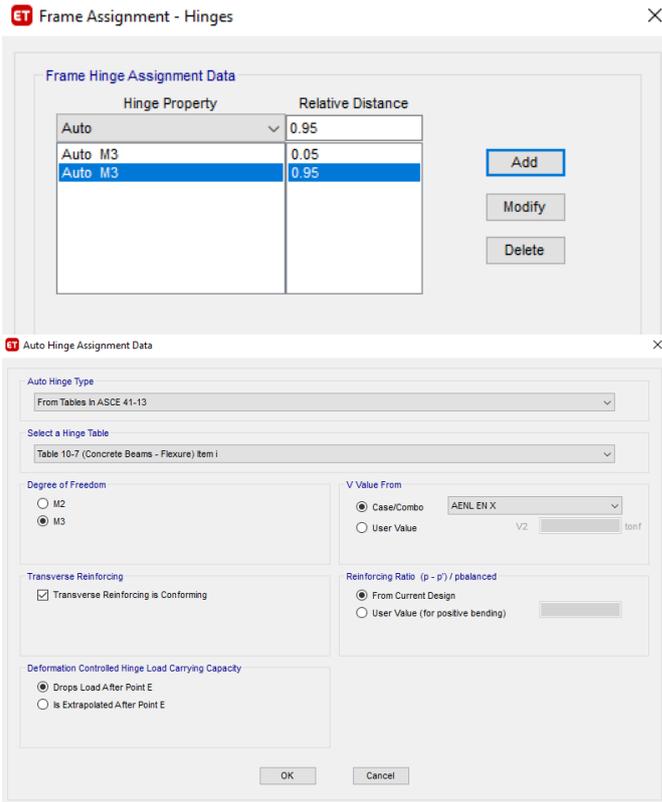
Figura 88: *Aplicación de carga AENL en “Y”*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

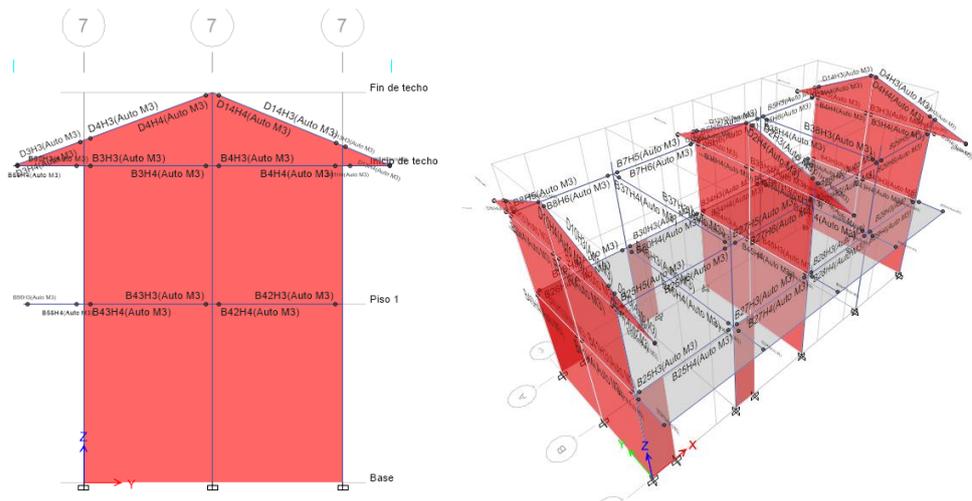
El comportamiento no lineal ocurre en puntos discretos predefinidos (hinges). Por lo que se deben asignar las rótulas plásticas a los elementos estructurales.

Figura 89: *Asignación de rótulas plásticas en vigas*



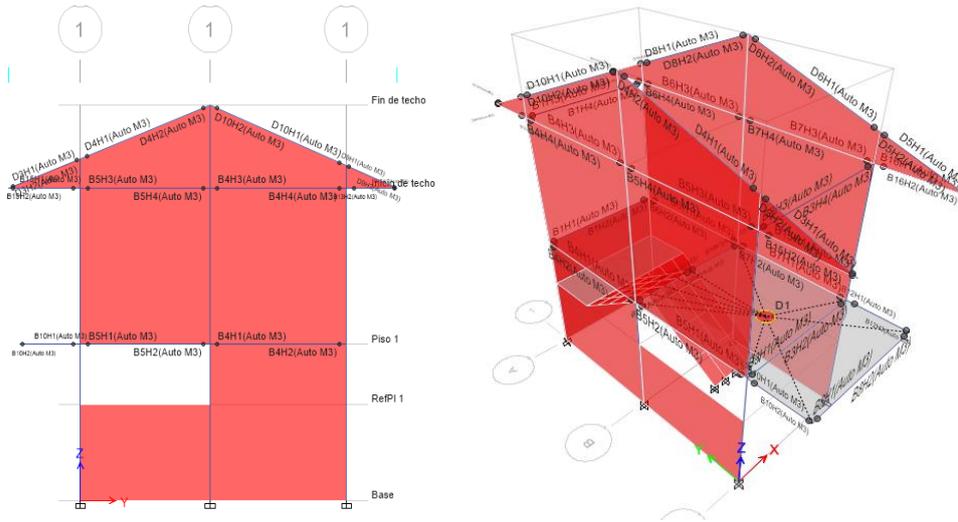
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 90: *Rótulas plásticas en vigas, módulo I*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

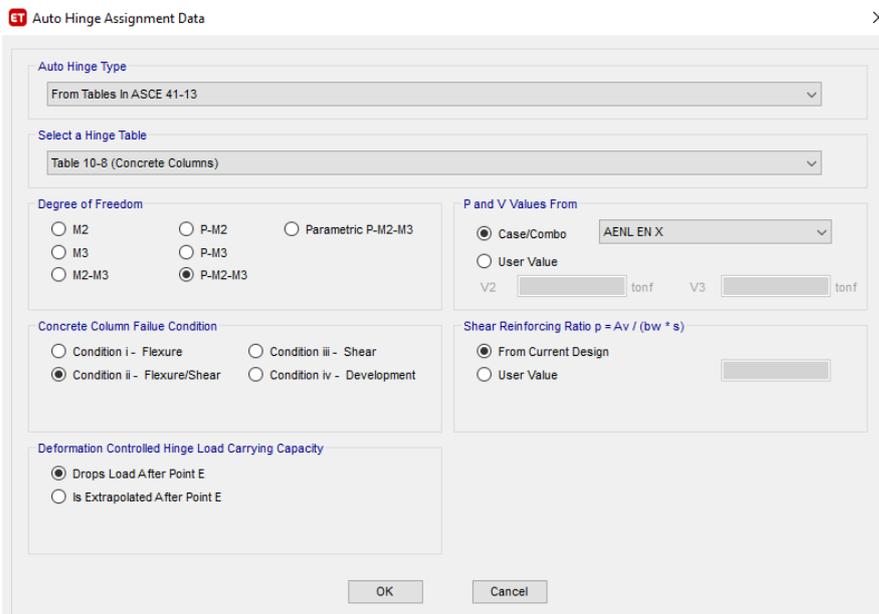
Figura 91: *Rótulas plásticas en vigas, escalera*



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

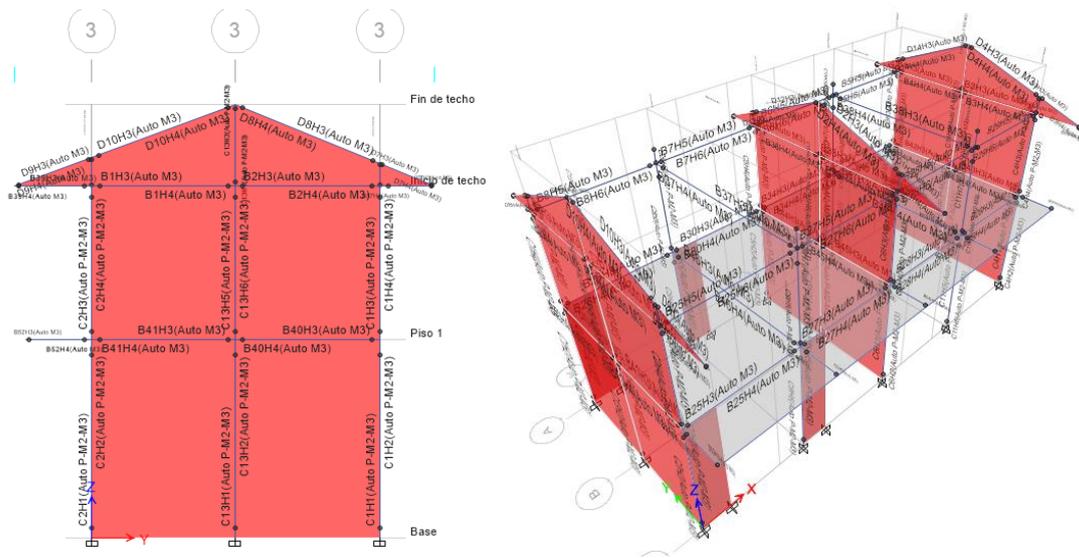
Las rótulas plásticas se buscan que se formen en las vigas antes que en las columnas. Pero también se deben asignar las rótulas plásticas en columnas, para ello se seleccionan todas las columnas, y en el menú “Asing/Frame/Hings” se coloca los parámetros para la asignación automática de rótulas a las columnas.

Figura 92: Asignación de rótulas plásticas en columnas



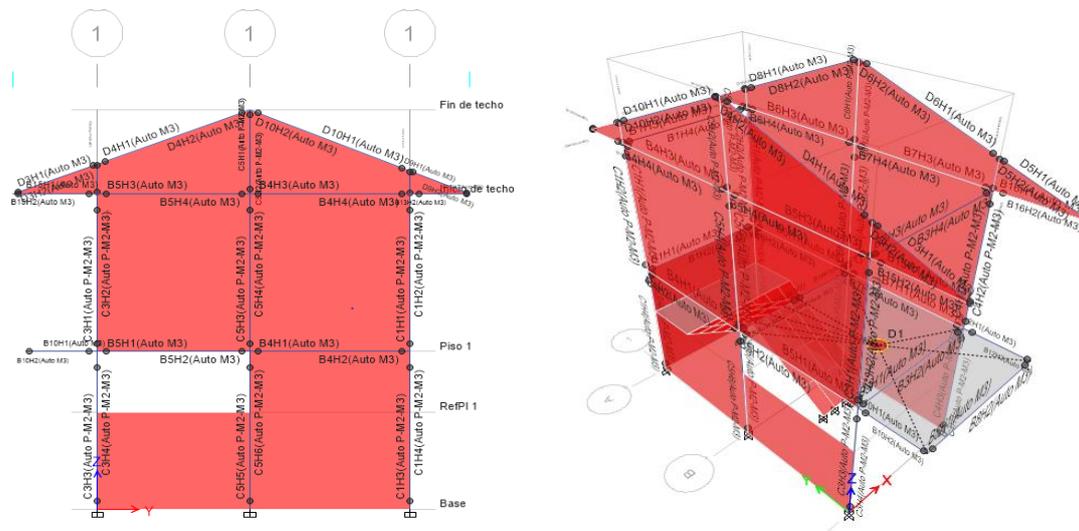
Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 93: Rótulas plásticas en columnas, módulo I



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Figura 94: Rótulas plásticas en columnas, escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

Una vez establecido los casos de carga no lineales con el patrón de fuerzas laterales se corre el modelo. Se genera la curva de capacidad: en "Display/Show Static Pushover Curve", para visualizar la curva de capacidad.

Figura 95: Se observa (5 – primeros step), módulo I

Step	Monitored Displ cm	Base Force kgf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	196	0	0	0	0	196	0	0	0	196
1	2.2864	40788.82	195	1	0	0	0	196	0	0	0	196
2	3.3438	55687.9	178	18	0	0	0	195	0	0	1	196
3	6.4984	76858.35	158	38	0	0	0	184	10	0	2	196
4	7.8467	82450.51	155	40	1	0	0	180	7	4	5	196
5	7.6413	75509.56	155	38	2	0	1	180	7	4	5	196

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

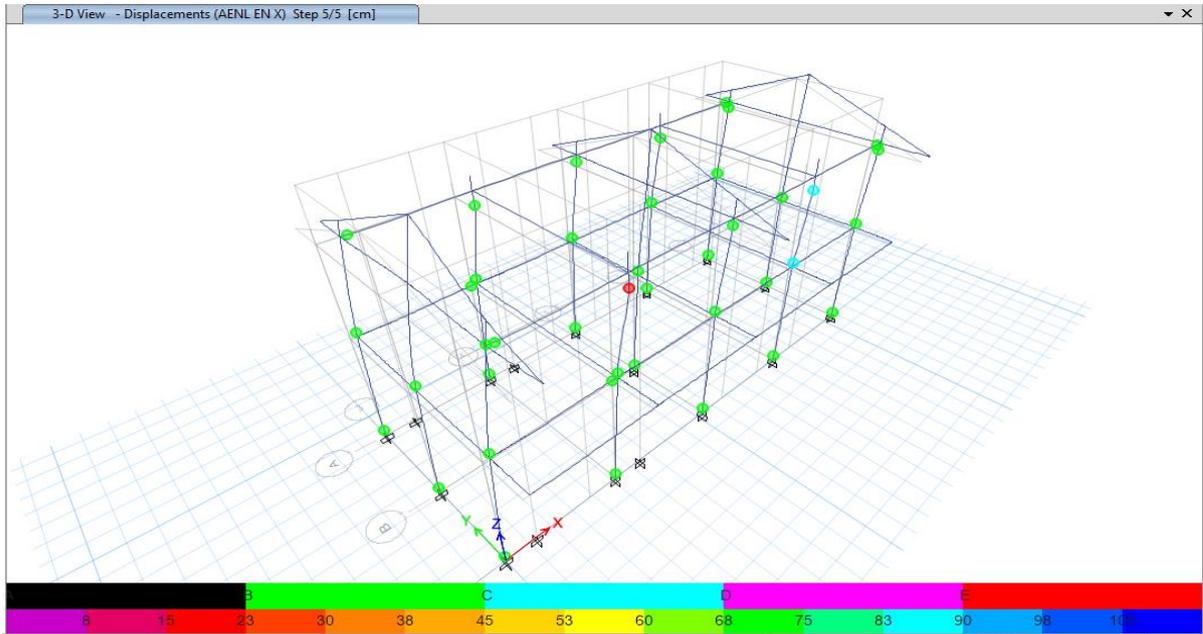
Figura 96: Se observa (8 – primeros step), escalera

Step	Monitored Displ cm	Base Force tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	94	0	0	0	0	94	0	0	0	94
1	1.4484	15.208	92	2	0	0	0	94	0	0	0	94
2	1.9668	18.9353	88	6	0	0	0	94	0	0	0	94
3	3.7345	24.3788	82	12	0	0	0	94	0	0	0	94
4	8.6848	31.5857	82	11	1	0	0	84	6	3	1	94
5	8.6992	31.6198	82	11	1	0	0	84	6	3	1	94
6	8.6997	31.6161	82	11	1	0	0	84	6	3	1	94
7	8.7011	31.6183	82	11	1	0	0	84	6	3	1	94
8	8.7019	31.6201	82	11	1	0	0	84	6	3	1	94

Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

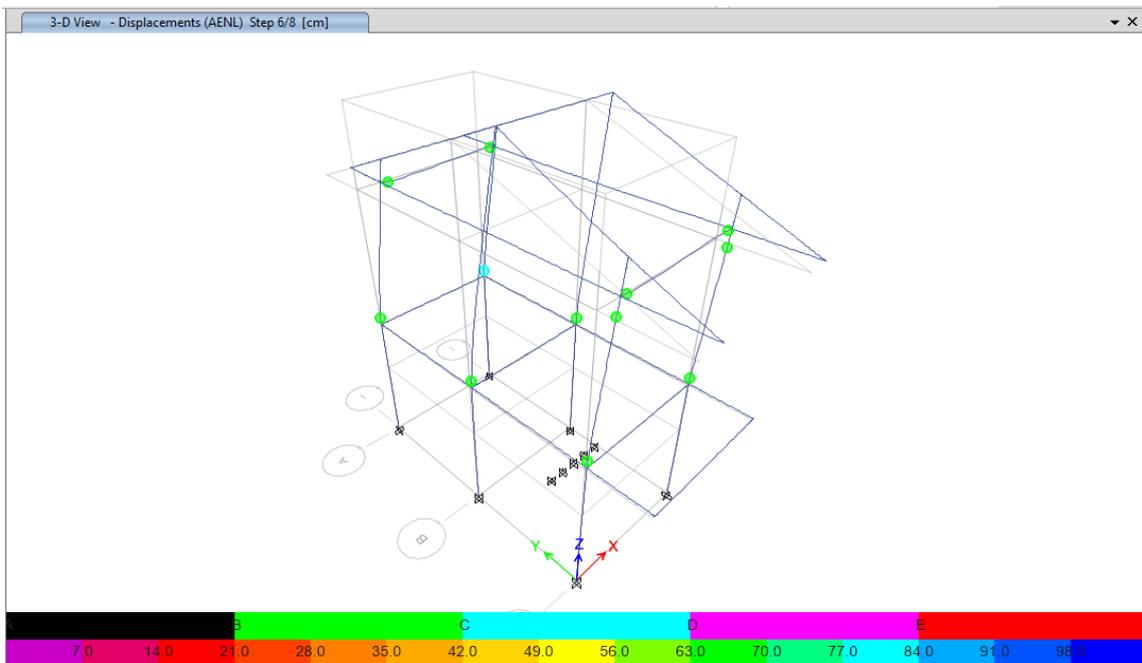
Finalmente se muestra las rotulas plásticas de los elementos estructurales, realizado por el programa ETABS, el color de las rotulas plásticas está relacionado con el ASCE.

Figura 97: Modelo con rótulas generado por el análisis AENL – Dirección X, módulo I



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil..

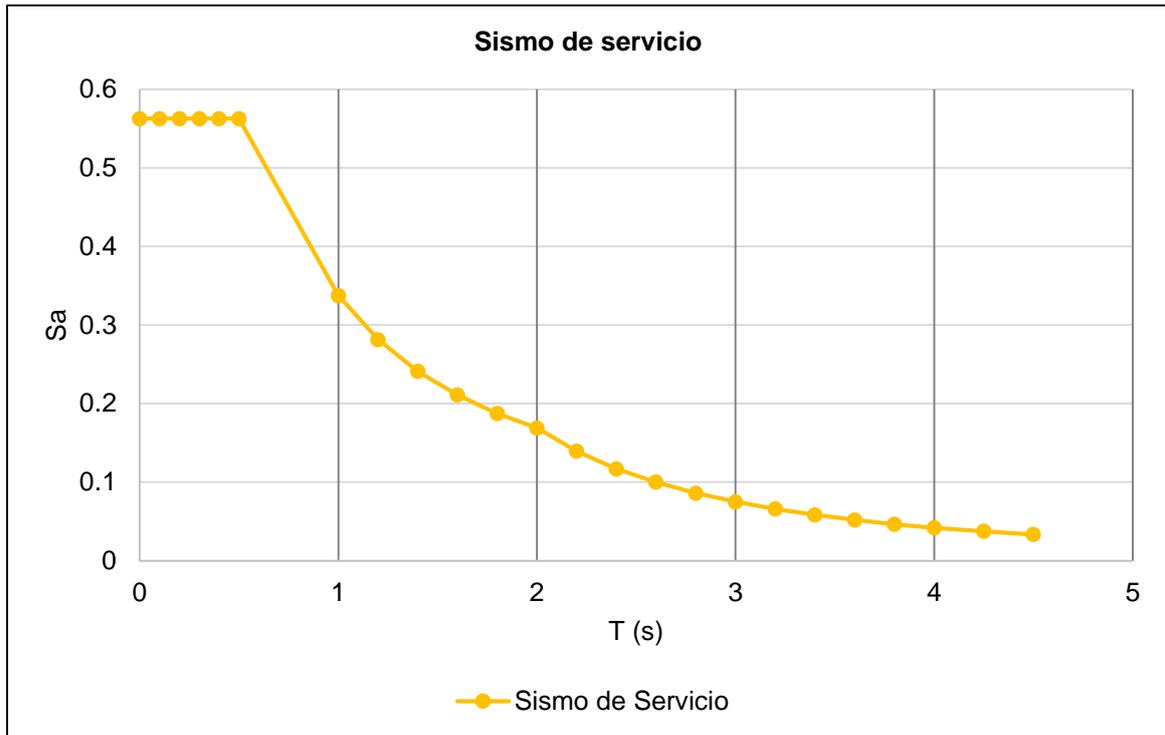
Figura 98: Modelo con rótulas generado por el análisis AENL – Dirección X, escalera



Fuente: Programa Etabs 2018, versión estudiantil.

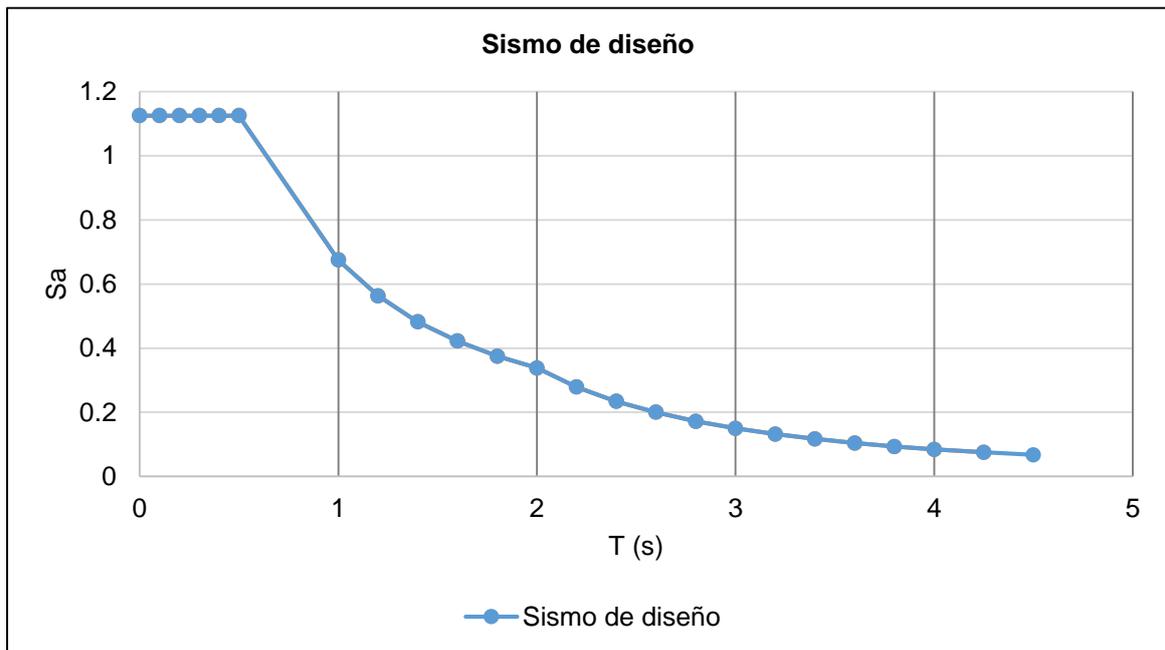
Luego se construye los espectros demanda sísmica en base al sismo de diseño, tanto para la dirección "X" como para la dirección "Y", tomando en cuenta las consideraciones dadas por el ATC-40, para el sismo de servicio (sismo frecuente), sismo de diseño (sismo dado en la norma E.030) y sismo máximo (sismo raro).

Figura 99: *Sismo de servicio en dirección X*



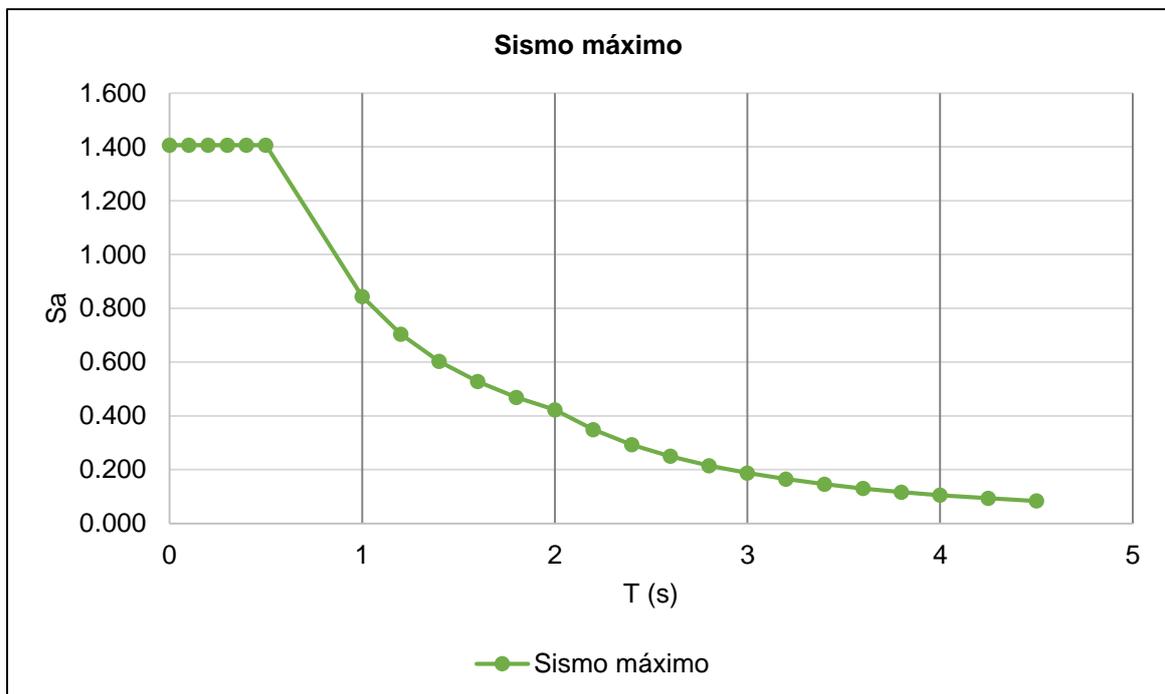
Fuente: Elaboración propia.

Figura 100: Sismo de diseño en dirección X



Fuente: Elaboración propia.

Figura 101: Sismo máximo en dirección X



Fuente: Elaboración propia.

Una vez encontrada la curva de capacidad y definidos los espectros de demanda (Para sismo de servicio, sismo de diseño y sismo máximo), estos se interrelacionan para definir el punto de desempeño de la estructura en cada dirección.

## Anexo 5. Análisis estático y dinámico según Norma E.030

Tabla 22: Desplazamientos relativos en X, módulo I

Deriva máximas por piso					
Nº 2	Caso de carga	Dirección	Deriva	Rx= 8	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Fin de Techo	SIS X	X	0.001509	0.009054	No
Inicio de Techo	SIS X	X	0.001412	0.008472	No
Piso 1	SIS X	X	0.001105	0.00663	No

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Desplazamientos relativos en Y, módulo I

Deriva máximas por piso (Desplazamiento Relativos)					
Nº 2	Caso de carga	Dirección	Deriva	Ry= 3	
				Deriva *0.75*R < 0.005	
Fin de Techo	SIS Y	Y	0.00008	0.00018	ok
Inicio de Techo	SIS Y	Y	0.000536	0.001206	ok
Piso 1	SIS Y	Y	0.000195	0.00043875	ok

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Desplazamiento relativo en X, escalera

Deriva máximas por piso					
Nº 2	Caso de carga	Dirección	Deriva	Rx= 8	
				Deriva *0.75*R < 0.007	
Fin de Techo	SIS X	X	0.00118	0.00708	No
Inicio de Techo	SIS X	X	0.001007	0.006042	Si
Piso 1	SIS X	X	0.000218	0.001308	Si

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Desplazamiento relativo en Y, escalera

Deriva máximas por piso (Desplazamiento Relativos)					
Nº 2	Caso de carga	Dirección	Deriva	Ry= 3	
				Deriva *0.75*R < 0.005	
Fin de Techo	SIS Y	Y	0.000038	0.0000855	ok
Inicio de Techo	SIS Y	Y	0.000069	0.00015525	ok
Piso 1	SIS Y	Y	0.000103	0.00023175	ok

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: Datos para el análisis de diseño

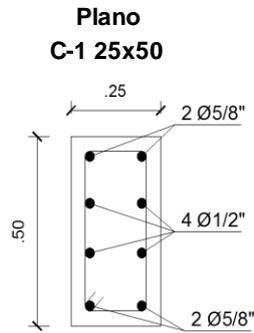
<b>- Concreto Armado</b>			
Peso específico del concreto armado	:	2,400	kg/m <sup>3</sup>
Esfuerzo mínimo de compresión (f <sub>c</sub> )	:	210	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto (E <sub>c</sub> )	:	217370.65	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson (u)	:	0.15	
<b>- Acero de Refuerzo (Rebar)</b>			
Acero Corrugado ASTM 615 Grado 60			
Módulo de elasticidad Acero (E <sub>a</sub> )	:	2,000,000	kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico del acero	:	7,850	kg/m <sup>3</sup>
Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo (f <sub>y</sub> )	:	4,200	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson (u)	:	0.3	
<b>- Albañilería</b>			
Unidades: Ladrillo clase IV sólidos, tipo King Kong de arcilla			
Esfuerzo mínimo de compresión de la Unidad de Albañilería (f <sub>b</sub> )	:	145	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo mínimo de compresión de la Pila de Albañilería (f <sub>m</sub> )	:	65	kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico de la albañilería (Incluido Tarrajeo)	:	1,850	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad (E <sub>m</sub> )	:	32500	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson (u)	:	0.25	
Mortero Tipo	:	P2 -C:A, 1:4	
<b>- Información sísmica</b>			
Factor de Zona	Zona 2 (Chota)	Z =	0.25
Factor de uso e importa (Cat. "A2" Centro Educativo - Estructura Importante)		U =	1.5
Factor de suelo.	Suelo Intermedio S2	S =	1.20
<b>- Recubrimientos</b>			
Zapatatas	:	7	cm
Vigas, columnas y muros: refuerzo longitudinal y estribos	:	4	cm
Losas aligeradas, vigas chatas, viguetas y placas	:	2.5	cm
Viguetas y columnetas de confinamiento	:	2.5	cm

Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.

Figura 113: Verificación

1.0. COLUMNAS

Columnas C1



4 Ø5/8" + 4 Ø1/2"

Predimensionamiento de columnas

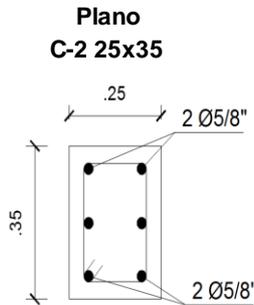
Ancho de Columna (a) : 16 cm  
Largo de Columna (b) : 16 cm

Columnas C1 : 16x16 cm

Asumimos Columnas C': 25x50 cm

Las columnas C-1 cumplen con el predimensionamiento establecido

Columnas C2



4 Ø5/8" + 2 Ø1/2"

Predimensionamiento de columnas

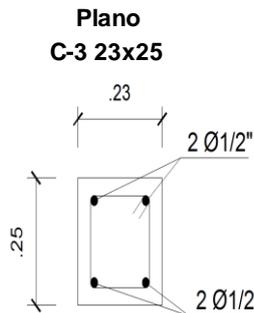
Ancho de Columna (a) : 11 cm  
Largo de Columna (b) : 11 cm

Columnas C2 : 11x11 cm

Asumimos Columnas C': 25x35 cm

Las columnas C-2 cumplen con el predimensionamiento establecido

Columnas C3



4 Ø1/2"

Predimensionamiento de columnas

Ancho de Columna (a) : 8 cm  
Largo de Columna (b) : 8 cm

Columnas C2 : 8x8 cm

Asumimos Columnas C': 23x25 cm

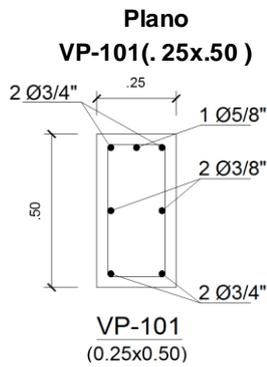
Las columnas C-3 cumplen con el predimensionamiento establecido

Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.

Figura 114: Vigas

## 2.0. VIGAS

### a. Vigas Principales



#### Predimensionamiento de vigas

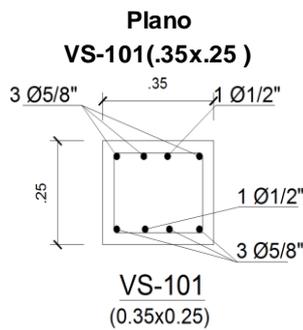
Peralte de viga (h)	:	48 cm
Ancho de Viga (b)	:	25 cm

Vigas b x h : 25x48 cm

Asumimos Vigas b x h : 25x50 cm

Las vigas VP-101 cumplen con el predimensionamiento establecido

### b. Vigas Secundarias



#### Predimensionamiento de vigas secundarias

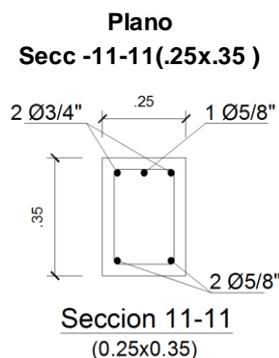
Peralte de viga (h)	:	23 cm
Ancho de Viga (b)	:	25 cm

Vigas b x h : 25x23 cm

Asumimos Vigas b x h : 35x25 cm

Las vigas VS-101 cumplen con el predimensionamiento establecido

### c. Vigas en voladizo



#### Predimensionamiento de vigas en voladizo

Peralte de viga (h)	:	17 cm
Ancho de Viga (b)	:	25 cm

Vigas b x h : 25x17 cm

Asumimos Vigas b x h : 25x35 cm

Las vigas de seccion (11-11) cumplen con el predimensionamiento establecido

Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.

Figura 115: Losa Aligerada

### 3.0. LOSA ALIGERADA

#### Plano

Losa (e) : 20 cm

#### Predimensionamiento de losa aligerada

Peralte de losa (e) : 15 cm

Losa (e) : 15 cm

Asumimos Losa (e) : 20 cm

La losa de ( e ) = 20 cm cumplen con el predimensionamiento establecido

### 4.0. ESCALERA

#### Plano

Peralte de losa : (h) 15 cm

#### Predimensionamiento de escaleras

Peralte de losa (h) : 9 cm

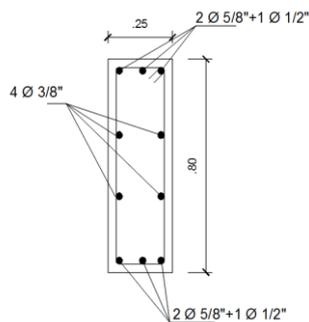
Losa (h) : 9 cm

Asumimos Losa ( h ) : 15 cm

La losa de ( h ) = 15 cm cumplen con el predimensionamiento establecido

### 5.0. VIGAS DE CIMENTACIÓN

#### Plano



Seccion 5-5

ESC.: 1/20

#### Predimensionamiento de vigas

Peralte de viga (h) : 48 cm

Ancho de Viga (b) : 25 cm

Vigas b x h : 25x48 cm

Asumimos Vigas b x h : 25x80 cm

Las vigas Secc (5-5) cumplen con el predimensionamiento estable

Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.

## Anexo N° 7. Metrado de cargas

PISO	DESCRIPCIÓN	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
PISO 1	<b>CARGA MUERTA</b>				
	- Peso del ladrillo 30x30x15cm	8.33	9	75.0	200
	- Acabados			100	
	- Cielo raso			25	
	<b>CARGA VIVA</b>				
	- Pasadizo				400
- Aulas				250	

Calaminas Galvanizadas					
DESCRIPCIÓN	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Peso aprox (kg)	
Dimensiones y peso	1.8	0.83	22	3.16	
TECHOS	Descripción	Cant/m2	Peso Unitario (kg)	Peso por m2	Peso Total (kg/m2)
	<b>CARGA MUERTA</b>				
	- Calaminas Galvanizadas	1.494	3.16	2.12	35.00
	- Cielo raso			25	
	- Otros cargas no consideradas			7.88	
	<b>CARGA VIVA DE TECHO</b>				
- Techos de coberturas livianas				30	

Metrado de carga por metro lineal (m) en coberturas livianas				
<b>CARGA MUERTA</b>				
Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga muerta kg/m2	Peso (kg)
Eje (5-5)	3.88	1	35.00	136
Eje (3-3) y Eje (7-7)	1.94	1	35.00	68
Eje (4-4) y Eje (6-6)	4.35	1	35.00	152
<b>CARGA VIVA DE TECHO</b>				
Descripción	Ancho (m)	Por metro lineal (m)	Carga viva kg/m2	Peso (kg)
Eje (5-5)	3.88	1	30.00	116
Eje (3-3) y Eje (7-7)	1.94	1	30.00	58
Eje (4-4) y Eje (6-6)	4.35	1	30.00	131

### Asignación de cargas distribuidas en vigas.

Se asigna las cargas distribuidas sobre las vigas el peso de muro perimétrico.

Discripción	Espesor de muro (m)	Altura (m)	Peso propio albañilería tarrajada	por metro (m) lineal	peso (Kg/m)
<b>CARG DISTRIBUIDA</b>					
Muro frontal	0.15	1.2	1850	1	333.00
Muro del Eje (C-C)	0.15	2.35	1850	1	652.13
Muro del Eje (A-A)	0.15	2.35	1850	1	652.13

Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.

## Anexo N° 8. Panel fotográfico

Figura 102: *IE. 10410 del centro poblado Chaupelanche*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 103: *Vista frontal de la IE. 10410*



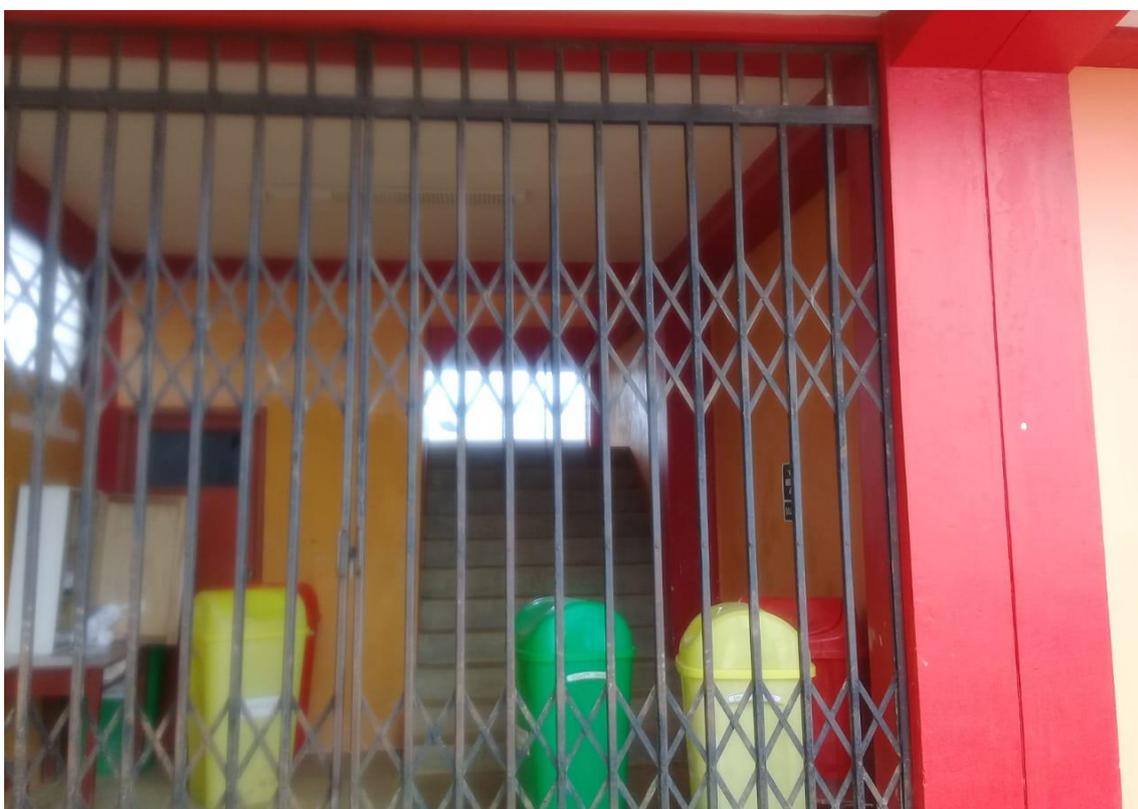
Fuente: Elaboración propia.

Figura 104: *Vista posterior de la IE. 10410*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 105: *Escalera que conecta los dos niveles del módulo I de la IE. 10410*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 106: **Calicata C1**



Fuente: Elaboración propia.

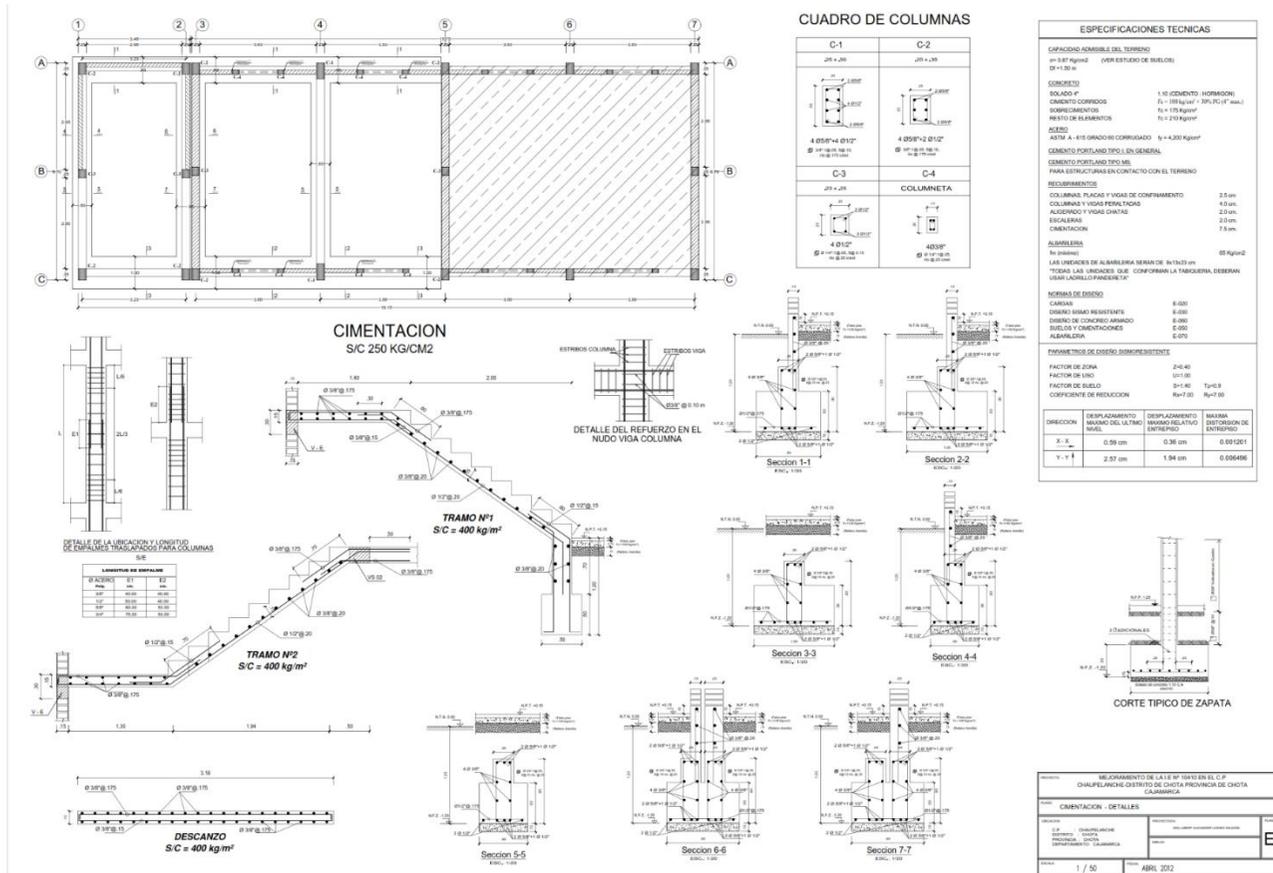
Figura 107: **Muestras**



Fuente: Elaboración propia.

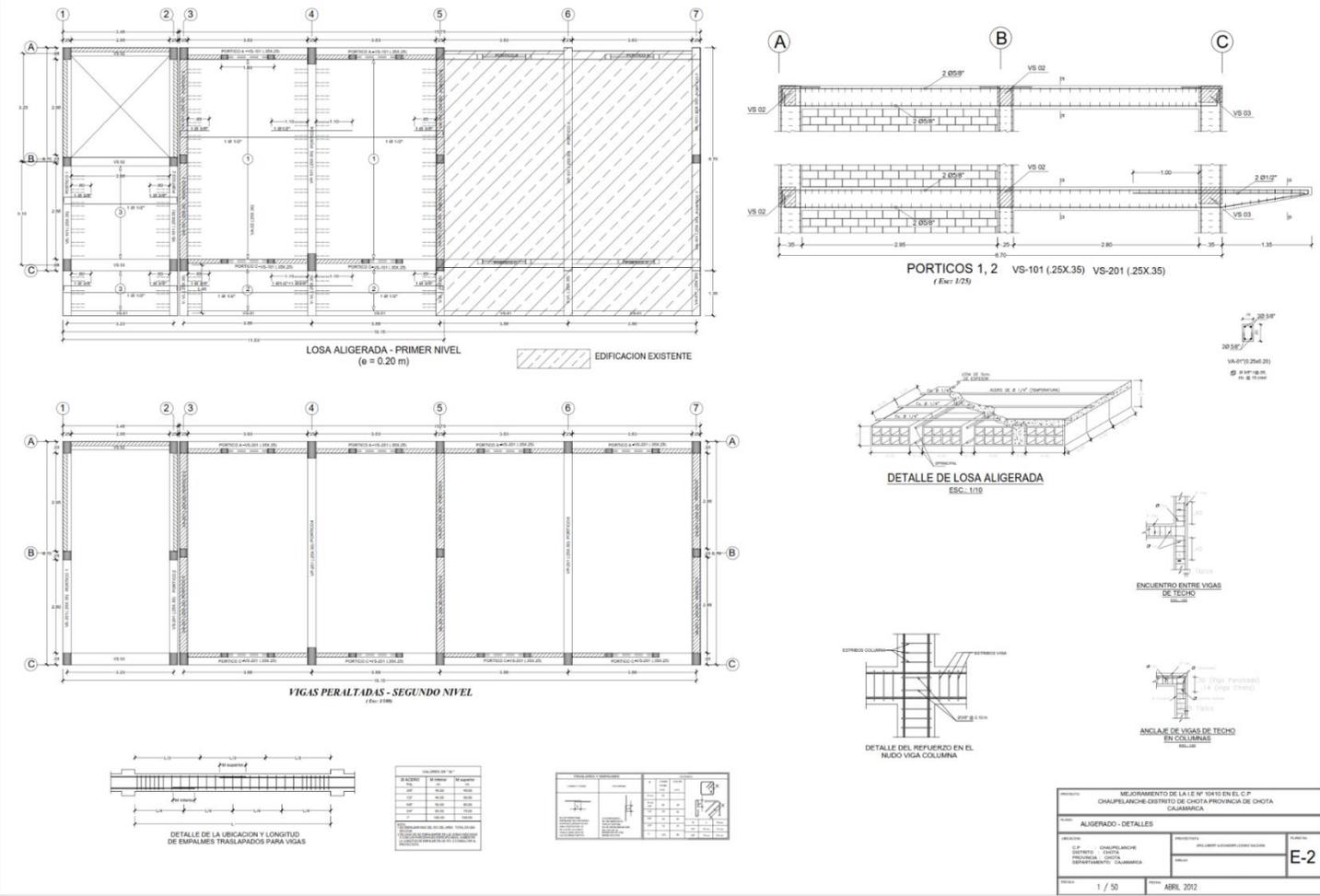
## Anexo N° 8. Planos estructurales de la I.E. N° 10410 – Chaupelanche

Figura 108: Plano de cimentación de la I.E. N° 10410



Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.

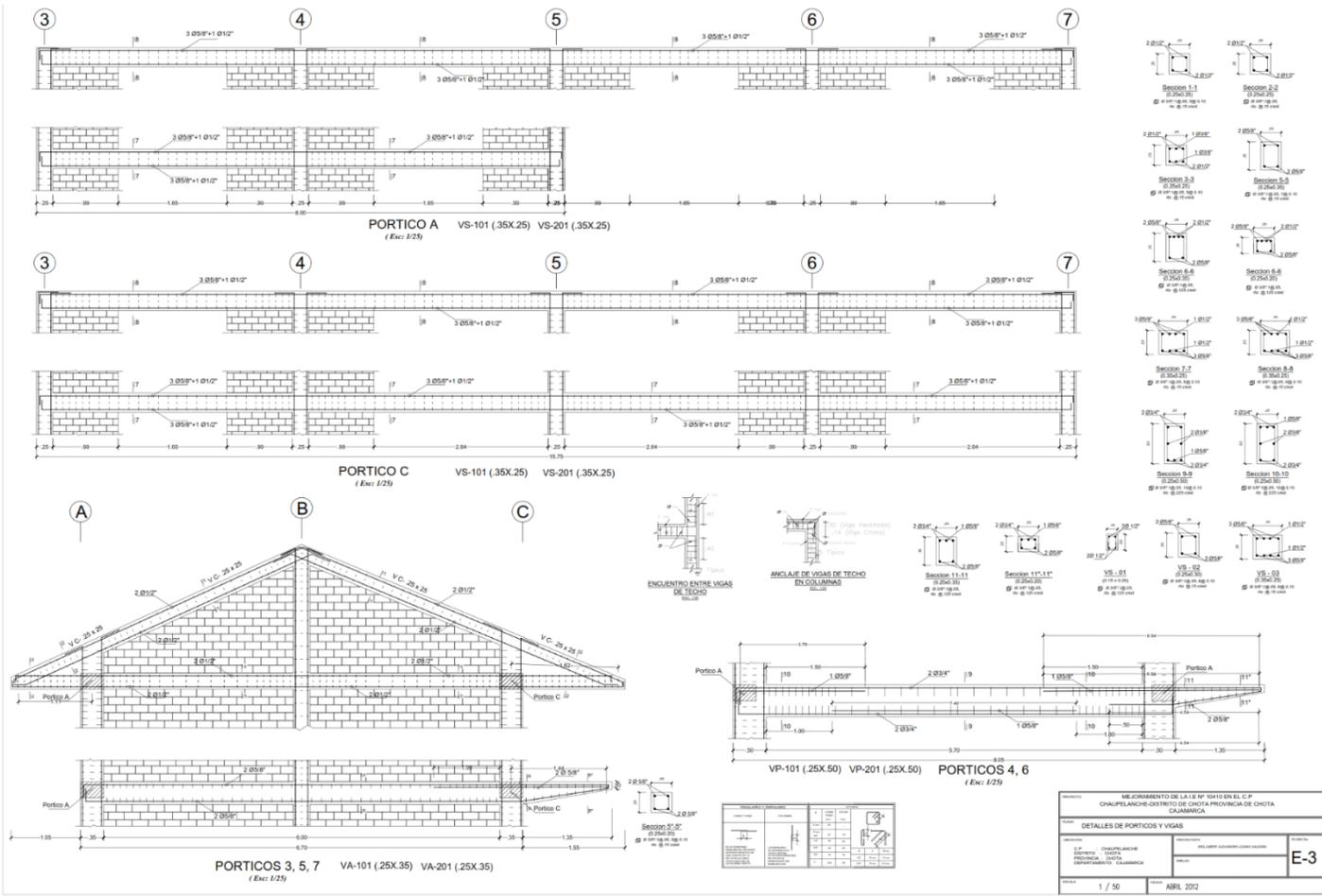
Figura 109: Plano de losa de la I.E. N° 10410



Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 10410.



Figura 111: Plano de detalle de vigas de la I.E. N° 10410



Fuente: Expediente técnico de la I.E. N° 1041

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA I.E. N° 10410 EN EL C.P. CHALFIPLANCHE-CENTRO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, CAJAMARCA	
DETALLES DE PORTICOS Y VIGAS	
ELABORADO: CRISTIAN MENDOZA	PROYECTADO: CRISTIAN MENDOZA
REVISADO: CRISTIAN MENDOZA	PROYECTADO: CRISTIAN MENDOZA
<b>E-3</b>	
FECHA: 1 / 50	FECHA: ABRIL 2012