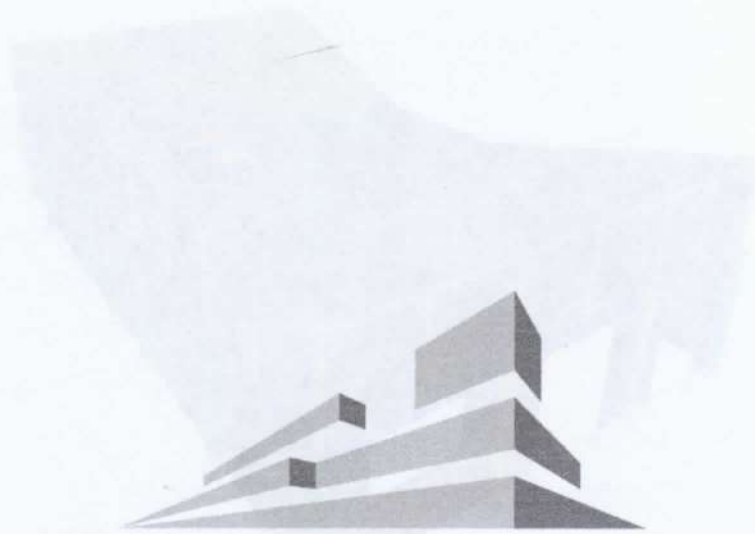


PROYECTO

Sr. José Amable Poalacín Guando



AGUILAR INGENIEROS
consultoría estructural

DISEÑO ESTRUCTURAL

MEMORIA DE CÁLCULO

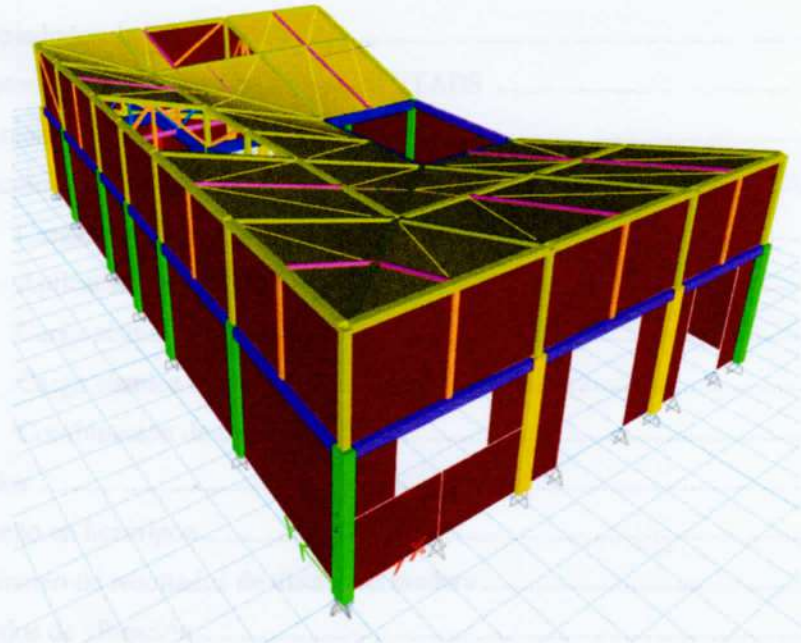
Paúl Aguilar

Ingeniero Civil Mención Estructuras

agosto de 2020

PROYECTO

Sr. José Amable Poalacín Guamán



DISEÑO ESTRUCTURAL

MEMORIA DE CÁLCULO

Paúl Aguilar

Ingeniero Civil Mención Estructuras

agosto de 2020

Contenido

1. Antecedentes	3
1.1. Introducción	3
1.2. Descripción del proyecto.....	3
1.3. Objetivo.....	3
1.4. Hipótesis de cálculo estructural.....	3
1.5. Referencias de diseño.....	4
2. Modelo computacional y análisis estructural	4
2.1. Modelo estructural.....	4
2.2. Propiedades de los materiales.....	4
2.3. Captura de pantalla de materiales en ETABS	6
2.4. Secciones de elementos estructurales.....	10
2.5. Cálculo de cargas	14
2.5.1. Cargas verticales	14
2.5.2. Aplicación de cargas verticales en el modelo.....	15
2.5.3. Carga sísmica estática	16
2.5.4. Carga sísmica dinámica.....	19
2.5.5. Combinación de cargas	21
3. Resultados	22
3.1. Diseño en hormigón	22
3.2. Resumen de resultados de diseño en madera	26
3.3. Modos de vibración.....	32
3.4. Derivas de piso.....	32
3.5. Estructura deformada	34
3.6. Diagrama de fuerzas internas	35
4. Diseño de muros.....	39
4.1. Comprobación del cortante basal absorbido por los muros.....	39
5. Diseño de cimentación	42
5.1. Chequeo de esfuerzos en el suelo.....	44
5.2. Chequeo de asentamientos y punzonamiento.....	48
6. Conclusiones	53
7. Referencias.....	53
8. Anexo	54

1. Antecedentes

1.1. Introducción

En la presente memoria de cálculo se detallan todas las consideraciones de cálculo realizadas en el proyecto. Se describe tanto los materiales, disposiciones de normas, hipótesis de cálculo estructural, hipótesis de cargas, cálculo de cargas verticales y sísmicas; entre otras consideraciones.

1.2. Descripción del proyecto

El proyecto es una casa considerada como inmueble patrimonial, ubicada en el Centro Histórico de Quito, Calle Vicente León N7-77 Y Calle Esmeraldas. Actualmente en el terreno se cuenta con una construcción de hormigón armado con tres losas y una fachada frontal, ambas construidas sin asesoramiento técnico. (Jiménez, Enero 2020)

El proyecto será ingresado como restitución. Esto quiere decir que se derrocará toda estructura existente y se procederá con la construcción de la nueva edificación según los lineamientos arquitectónicos y estructurales.

El proyecto planteado consiste en una estructura conformada por pórticos de hormigón armado, sobre los que se colocará una celosía de madera que dará forma al tejado compuesto por tejas de barro cocido. El perímetro de la estructura estará constituido por mampostería confinada de ladrillo y el sistema de cimentación será de zapatas de hormigón aisladas.

1.3. Objetivo

Garantizar la estabilidad, resistencia y serviciabilidad de la estructura y que los daños causados durante un sismo fuerte no ocasionen mayor impacto en sus ocupantes, siempre que sea aplicadas adecuadas técnicas constructivas.

1.4. Hipótesis de cálculo estructural

- a) El hormigón y el acero son materiales homogéneos, isotrópicos y obedecen a la ley de Hooke; se trabajará en el rango elástico de la estructura.
- b) La madera es un material anisotrópico, para el chequeo de esfuerzos se considerará la dirección longitudinal o paralela a la fibra y la transversal o perpendicular a la fibra.
- c) Todas las deformaciones son pequeñas y no alteran (significativamente) la geometría inicial de la estructura, se desprecian los efectos de las deformaciones axiales. La losa es un elemento infinitamente rígido e indeformable.
- d) Todas las cargas se aplican gradualmente y el principio de superposición es válido.
- e) El sistema está en un estado de equilibrio estático.
- f) Se cumple la hipótesis de Navier-Stokes: las secciones permanecen planas antes y después de las deformaciones.

1.5. Referencias de diseño

- (NEC-SE-DS, 2015).
- (NEC-SE-HM, 2015).
- (NEC-SE-MD, 2015).
- (ACI318, 2014).

2. Modelo computacional y análisis estructural

2.1. Modelo estructural

La estructura se modela en tres dimensiones en el software de análisis y diseño estructural ETABS, el cual determina los desplazamientos en los nudos y las acciones finales en sus miembros. Las cargas verticales son aplicadas de manera uniformemente distribuidas sobre las losas.

Se hace un modelo virtual para el análisis, considerando la conformación estructural, incluyendo todos los elementos estructurales dentro de la edificación. Se modela las columnas y vigas como elementos *frame*, los muros como elementos *shell* y las losas como membrana.

A las losas se las subdivide para tener un análisis de elementos finitos que pueda representar mejor la realidad. Se ha utilizado el método LRFD para el diseño.

2.2. Propiedades de los materiales

Las propiedades mecánicas de los materiales utilizados para el análisis, y con los que debe ser construida la edificación son:

Material	Esfuerzo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Densidad (T/m ³)
Hormigón	240.00	2.180×10^5	2.40
Mampostería de ladrillo	138.63	0.554×10^5	1.59
Acero de refuerzo	4 200.00	2.039×10^5	7.50

Tabla 1. Especificación de los materiales.

El módulo de elasticidad del hormigón E_c se calculó mediante la fórmula:

$$E_c = 14\,100 \sqrt{f'_c}$$

Donde el esfuerzo de compresión del hormigón f'_c se ingresa en kg/cm^2 para obtener E_c en dichas unidades.

Las vigas y listones de madera serán del tipo de madera *seique*, la cual presenta las siguientes propiedades:

Propiedades	Valor	Unidades
Densidad seca al aire	0.37	T/m ³
Módulo de elasticidad longitudinal (paralela a la fibra)	1.30×10^5	kg/cm ²
Módulo de elasticidad transversal (perpendicular a la fibra)	0.95×10^5	kg/cm ²

Tabla 2. Propiedades de la madera seique.

Estas propiedades fueron extraídas del libro “Curso de Estructuras en Acero y Madera” (Vásquez, 2001).

En cuanto a las propiedades del suelo tenemos que:

Propiedades	Valor	Unidades
Carga admisible	25.00	T/m ²
Coefficiente de balasto	1180.59	T/m ³

Tabla 3. Propiedades del suelo.

Las propiedades del suelo fueron recogidas del estudio de suelos dado por (Rubio, Junio 2020).



Figura 1. Captura de pantalla del estudio de suelos.

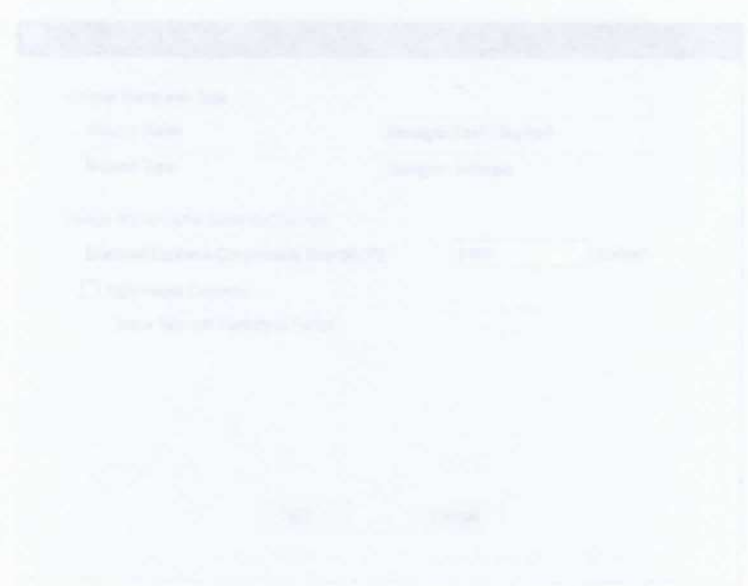


Figura 2. Detalles de las propiedades de los suelos.

2.3. Captura de pantalla de materiales en ETABS

Figura 1. Definición de material hormigón.

Figura 2. Resistencia a la compresión de hormigón.

Figura 3. Definición del material ladrillo.

Figura 4. Resistencia a la compresión del ladrillo.

Figura 5. Definición del acero de refuerzo.

Figura 6. Módulo de fluencia del acero de refuerzo.

Figura 7. Definición del material tipo madera seique.

Figura 8. Módulos de elasticidad para el material tipo madera seique.

2.4. Secciones de elementos estructurales

En esta sección se muestra la geometría de la estructura y la definición de las secciones de columnas y vigas de hormigón, mampostería confinada y vigas y listones de madera.

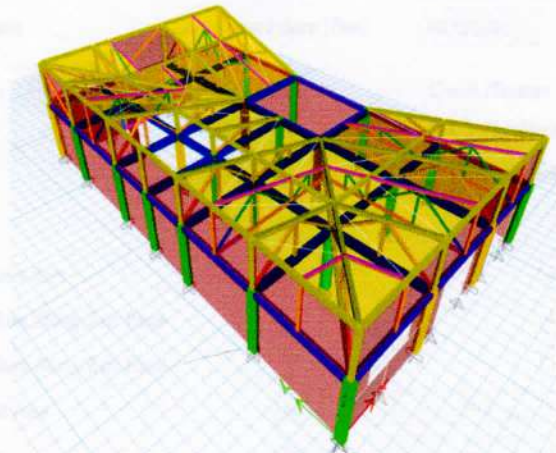


Figura 9. Geometría de la estructura en 3D.

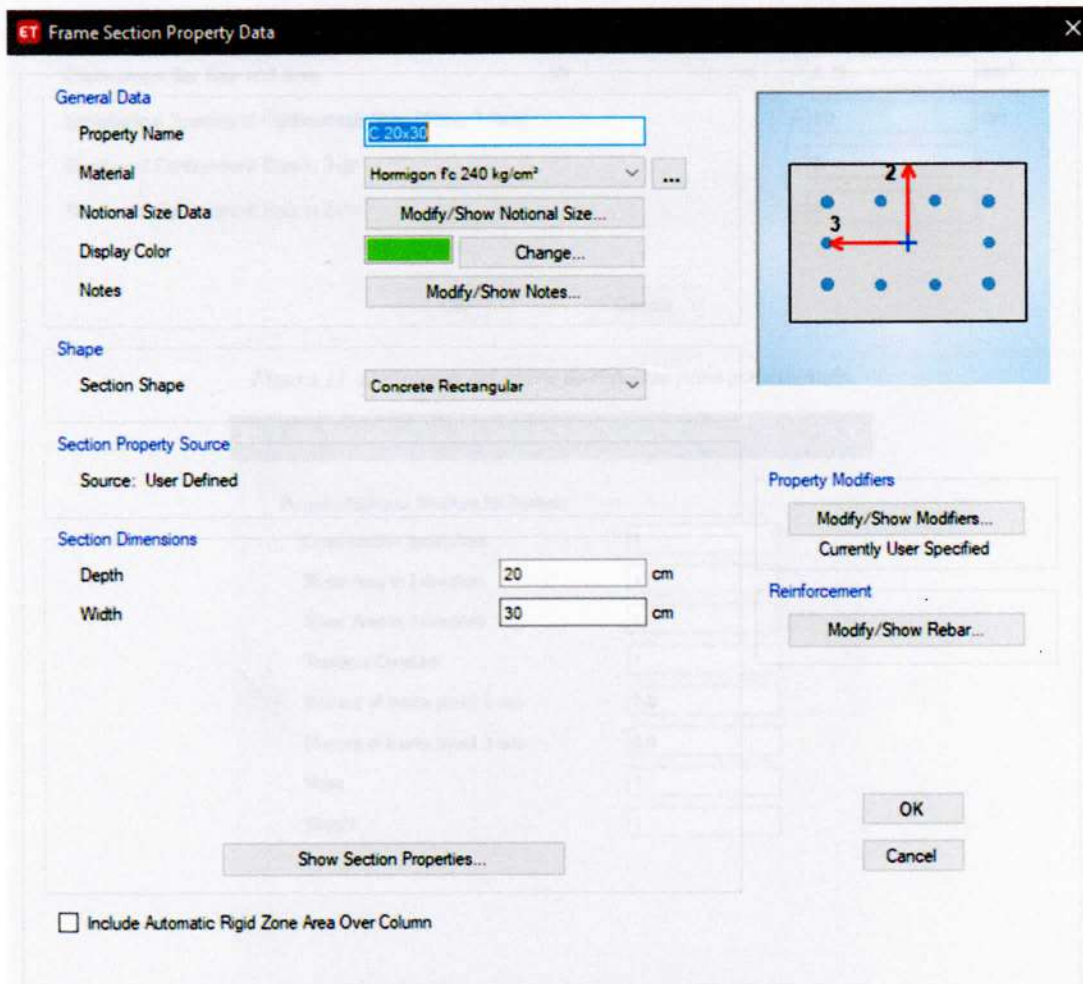


Figura 10. Definición de una sección tipo columna de hormigón.

ET Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: A615Gr60

Confinement Bars (Ties): A615Gr60

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spirals

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 3 cm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 4

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 3

Longitudinal Bar Size and Area: 14 ... 1.54 cm²

Corner Bar Size and Area: 16 ... 2.01 cm²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: 10 ... 0.79 cm²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 10 cm

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 4

OK Cancel

Figura 11. Definición del acero de refuerzo para ser diseñado.

ET Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area: 1

Shear Area in 2 direction: 1

Shear Area in 3 direction: 1

Torsional Constant: 1

Moment of Inertia about 2 axis: 0.8

Moment of Inertia about 3 axis: 0.8

Mass: 1

Weight: 1

OK Cancel

Figura 12. Definición de coeficientes de agrietamiento según normativa NEC15 para columnas.

ET Frame Section Property Data

General Data

Property Name: V 20x30

Material: Hormigon f'c 240 kg/cm²

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

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 30 cm

Width: 20 cm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently User Specified

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

OK

Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Figura 13. Definición de una sección tipo viga de hormigón.

ET Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

OK

Cancel

Figura 14. Definición de coeficientes de agrietamiento según normativa NEC15 para vigas.

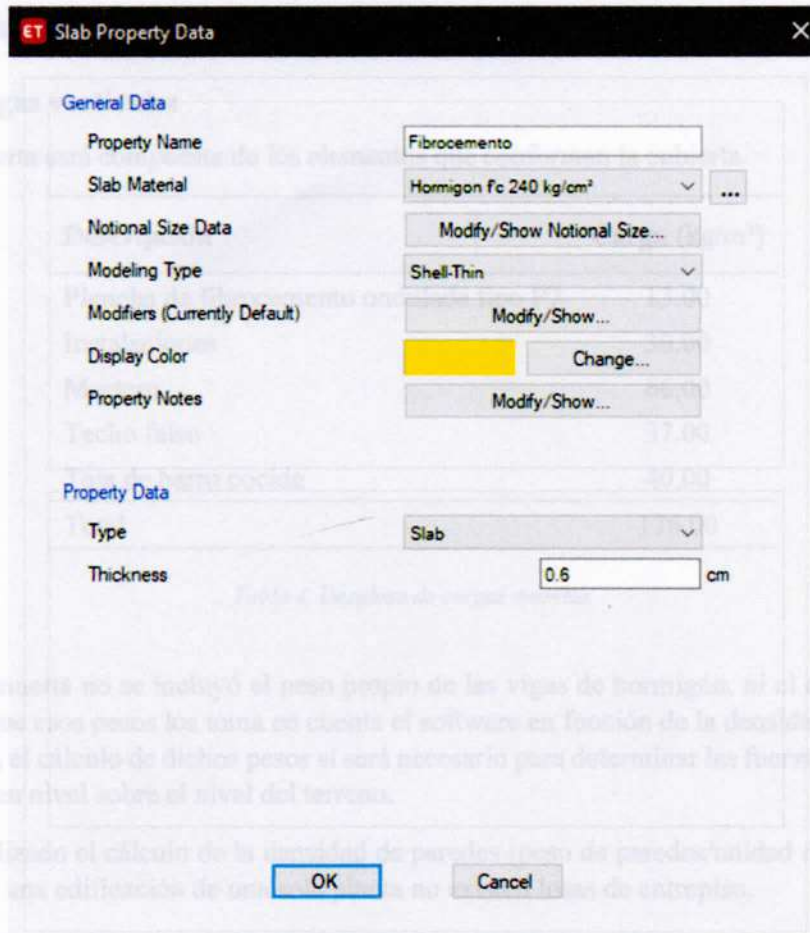


Figura 15. Definición plancha de fibrocemento.

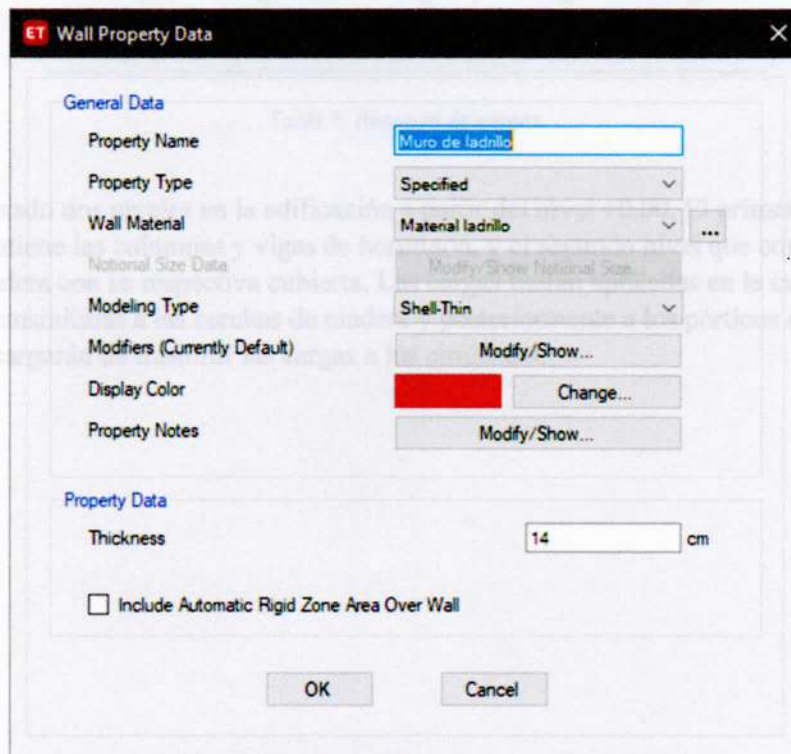


Figura 16. Definición de la sección para muros de ladrillo.

2.5. Cálculo de cargas

2.5.1. Cargas verticales

La carga muerta está compuesta de los elementos que conforman la cubierta.

Descripción	Carga (kg/m ²)
Plancha de fibrocemento ondulada tipo P7	13.00
Instalaciones	30.00
Mortero	66.00
Techo falso	37.00
Teja de barro cocida	40.00
Total	176.00

Tabla 4. Desglose de cargas muertas.

En la carga muerta no se incluyó el peso propio de las vigas de hormigón, ni el de las vigas de madera, ya que esos pesos los toma en cuenta el software en función de la densidad del material. Sin embargo, el cálculo de dichos pesos sí será necesario para determinar las fuerzas laterales que se aplicarán en nivel sobre el nivel del terreno.

No se ha realizado el cálculo de la densidad de paredes (peso de paredes/unidad de área) ya que al tratarse de una edificación de una sola planta no existen losas de entripiso.

Se ha considerado 150 kg/m² de carga viva para la cubierta. En resumen:

Nivel (m)	Carga Muerta (kg/m ²)	Carga Viva (kg/m ²)
+4.84	176.00	150.00

Tabla 5. Resumen de cargas.

Se ha considerado dos niveles en la edificación a partir del nivel +0.00. El primer nivel es el +2.88 que contiene las columnas y vigas de hormigón, y el segundo nivel que consiste en la celosía de madera con su respectiva cubierta. Las cargas fueran aplicadas en la cubierta, que luego serán transmitidas a las cerchas de madera y posteriormente a los pórticos de hormigón, los que se encargarán de transmitir las cargas a los cimientos.

2.5.2. Aplicación de cargas verticales en el modelo

A continuación, se presenta la evidencia de la aplicación de cargas calculadas en el modelo computacional. En las siguientes figuras se muestra la aplicación de la carga muerta en el nivel indicado. Las cargas se han tomado de la Tabla 5. De manera similar se colocó la carga muerta y la carga viva en ese y en el resto de los pisos.

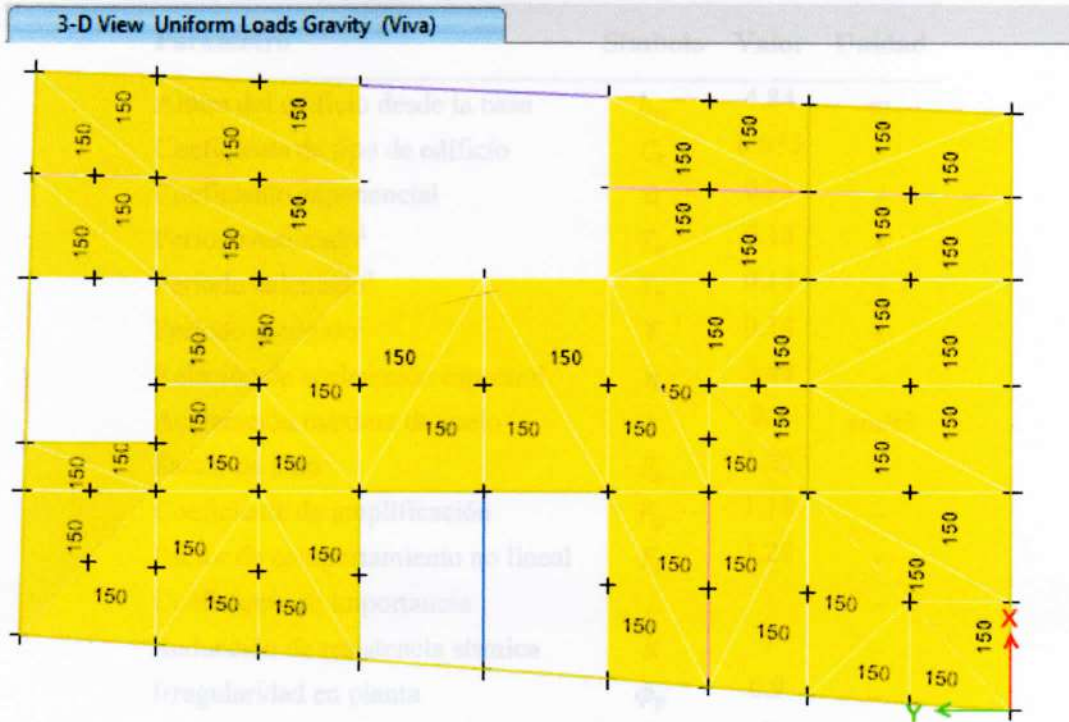


Figura 17. Carga viva distribuida en elementos shell.

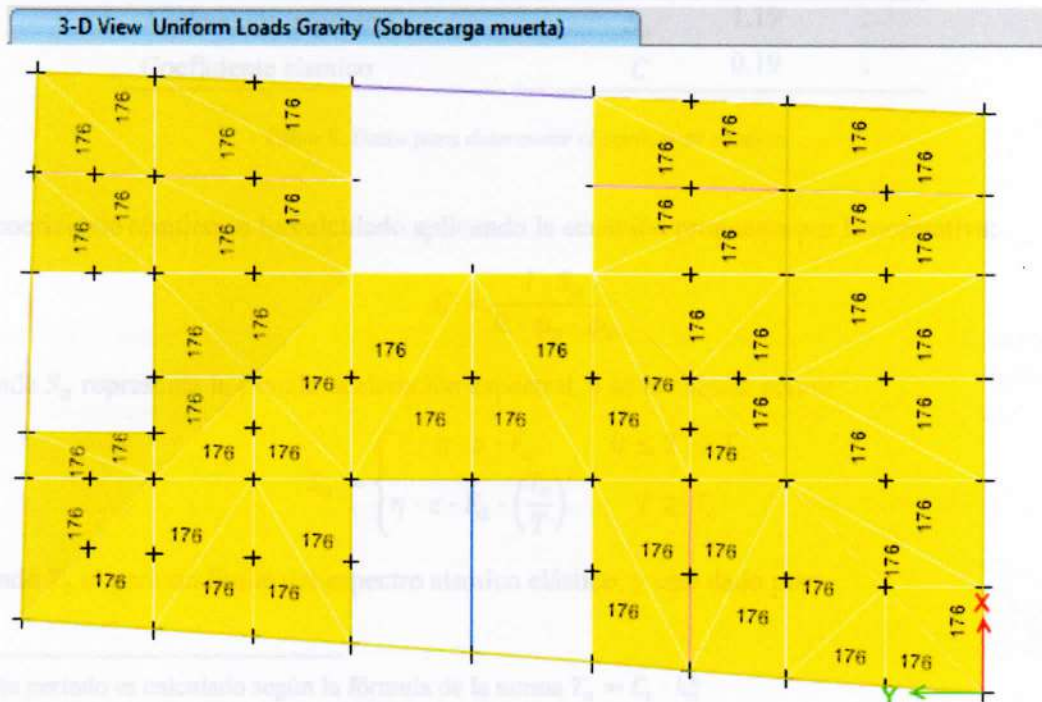


Figura 18. Carga muerta distribuida en elementos shell.

2.5.3. Carga sísmica estática

Según la norma (NEC-SE-DS, 2015), el edificio se encuentra en la Zona V y está asentada en un suelo tipo D según el estudio de suelos, lo que indica una alta amenaza sísmica. Siguiendo las ecuaciones de la norma se obtuvieron los siguientes parámetros que intervienen en el cálculo del porcentaje de la carga reactiva que constituirá el corte basal.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Altura del edificio desde la base	h_n	4.84	m
Coefficiente de tipo de edificio	C_t	0.055	-
Coefficiente exponencial	α	0.75	-
Período estimado ¹	T_a	0.18	s
Período calculado ²	T_e	0.14	s
Período escogido ³	T	0.14	s
Relación de aceleración espectral	η	2.48	-
Aceleración máxima de suelo	z	0.4	cm/s ²
Factor de sitio	F_a	1.20	-
Coefficiente de amplificación	F_d	1.19	-
Factor de comportamiento no lineal	F_s	1.28	-
Coefficiente de importancia	I	1	-
Reducción de resistencia sísmica	R	7	-
Irregularidad en planta	ϕ_p	0.9	-
Irregularidad en elevación	ϕ_e	1	-
Factor de diseño elástico	r	1	-
Período límite elástico	T_c	0.7	-
Aceleración espectral	S_a	1.19	-
Coefficiente sísmico	C	0.19	-

Tabla 6. Datos para determinar el coeficiente sísmico.

El coeficiente sísmico se ha calculado aplicando la ecuación propuesta por la normativa:

$$C = \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_p \cdot \phi_e}$$

Donde S_a representa la pseudo aceleración espectral, y se la calcula como:

$$S_a = \begin{cases} \eta \cdot z \cdot F_a & 0 \leq T \leq T_c \\ \eta \cdot z \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r & T \geq T_c \end{cases}$$

Siendo T_c el período límite del espectro sísmico elástico, y está dado por:

¹ Este período es calculado según la fórmula de la norma $T_a = C_t \cdot h_n^\alpha$.

² Este período es el calculado en ETABS.

³ Es el período utilizado para el cálculo, se escoge el calculado a menos que exceda en un 30% el estimado, en dicho caso se escoge el estimado.

$$T_c = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

En este caso el coeficiente sísmico resulto ser $C = 0.17$, dicho coeficiente se ingresa en ETABS mediante la asignación de casos de carga sísmica y se crea uno para cada dirección: x y y.

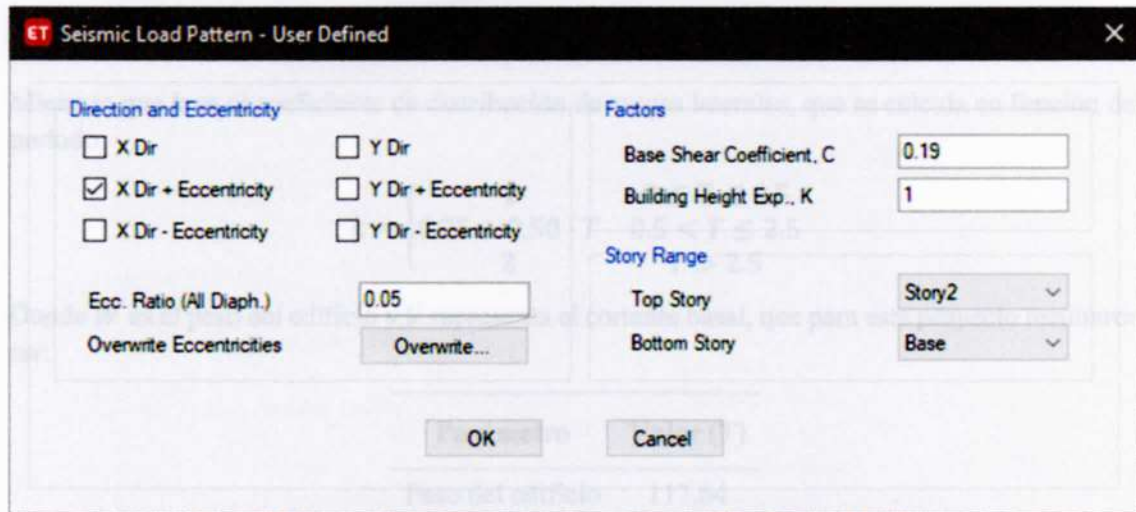


Figura 19. Ingreso del coeficiente sísmico estático en dirección x en el software.

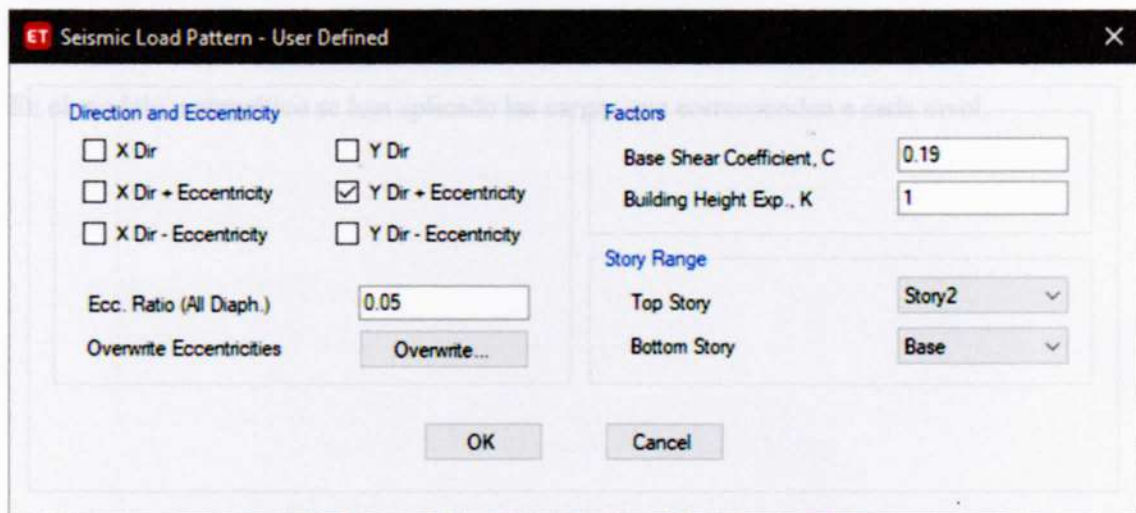


Figura 20. Ingreso del coeficiente sísmico en dirección y en el software.

Como se mencionó antes, para el cálculo de fuerzas laterales es preciso incluir el peso de aquellos elementos cuyo peso no se incluyó en la carga muerta por ser su peso tomado en cuenta automáticamente por el programa; por lo tanto, se lo calculó y se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Altura de piso (h) (m)	Área (m ²)	Peso por piso (ω) (T)	$\omega \cdot h^k$ (Tm)	Fuerza Lateral (F) (T)
+4.84	147.47	54.89	265.69	13.23
+2.88	147.47	62.75	180.71	9.00

Tabla 7. Distribución de fuerza lateral.

La fuerza lateral fue calculada aplicando la siguiente ecuación:

$$F = \frac{\omega \cdot h^k}{\sum(\omega_i \cdot h_i^k)} \cdot V$$

Siendo:

$$V = C \cdot W$$

Mientras que k es el coeficiente de distribución de cargas laterales, que se calcula en función del período.

$$k = \begin{cases} 1 & 0 \leq T \leq 0.5 \\ 0.75 + 0.50 \cdot T & 0.5 < T \leq 2.5 \\ 2 & T > 2.5 \end{cases}$$

Donde W es el peso del edificio y V representa el cortante basal, que para este proyecto resultaron ser:

Parámetro	Valor (T)
Peso del edificio	117.64
Cortante basal	22.23

Tabla 8. Peso y cortante basal de la estructura.

En el modelo matemático se han aplicado las cargas que corresponden a cada nivel.

2.5.4. Carga sísmica dinámica

A continuación, se muestra el espectro que se generó con los valores de la Tabla 6 y las fórmulas indicadas anteriormente.

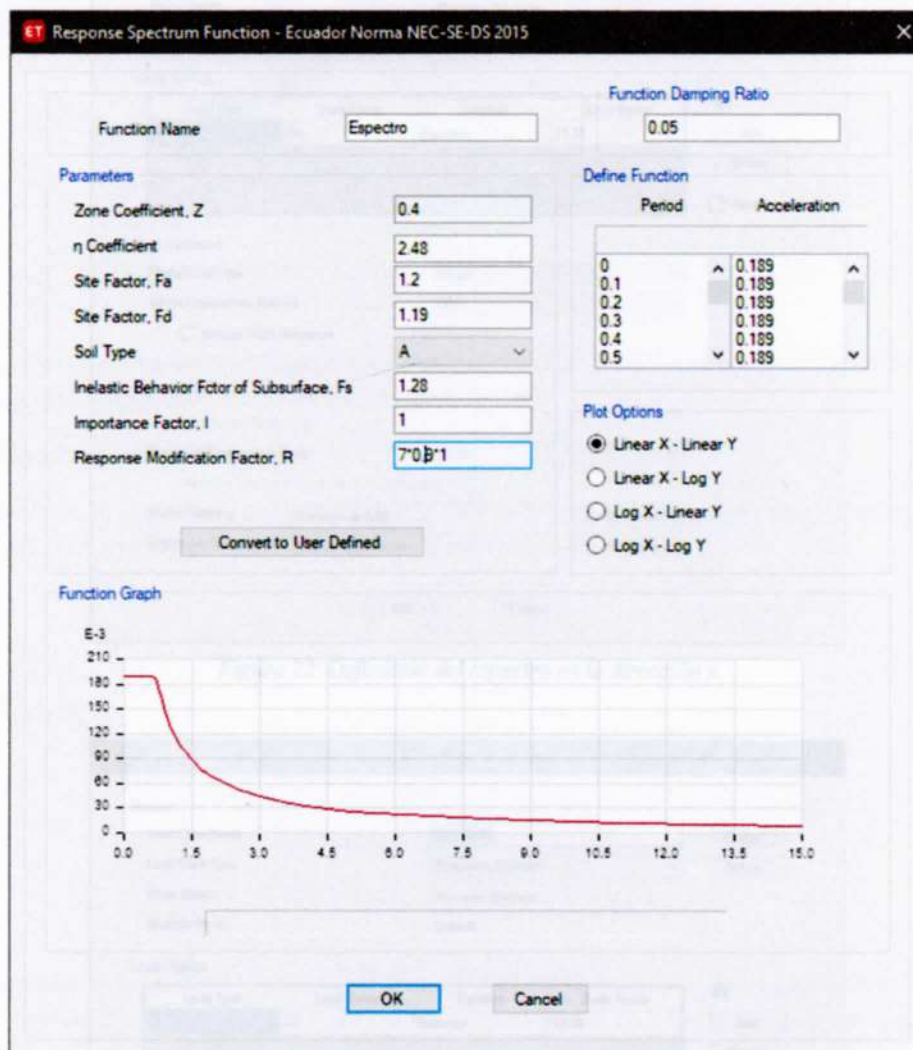


Figura 21. Ingreso del espectro de respuesta a ETABS.

Nota: En el paquete computacional existe un error de programación, ya que considera $r = 1.5$ para el suelo tipo *D* y *E*, cuando solo debería hacerlo para el tipo *E*. Para todos los demás suelos considera $r = 1$, por ello se ha colocado el suelo tipo *A* (da lo mismo colocar el *A*, *B*, *C* o *F*). Otro punto para mencionar es que se ha colocado $R := R \cdot (\phi_e \cdot \phi_p)$ con el fin de que el programa considere los coeficientes de irregularidad.

Si ubicamos el período de oscilación natural de la estructura en el espectro de respuesta podemos ver que cae en la meseta de aceleraciones, lo que indica que se ha considerado para el diseño el valor máximo de aceleración espectral.

Se crea luego un caso de carga dinámica para cada sentido del sismo. Para muestra se presenta el caso para sismo dinámico en dirección *x* con el factor de amplificación que corresponde al valor de la gravedad, ya que en el espectro se introdujo los valores como fracción de la gravedad. Desde luego, se tuvo la precaución de estar trabajando con la longitud en m para que la aceleración esté en m/s^2 . Luego de una iteración, para que el cortante basal debido al espectro no sea menor al 85% del cortante debido a las cargas estáticas se usó los siguientes coeficientes:

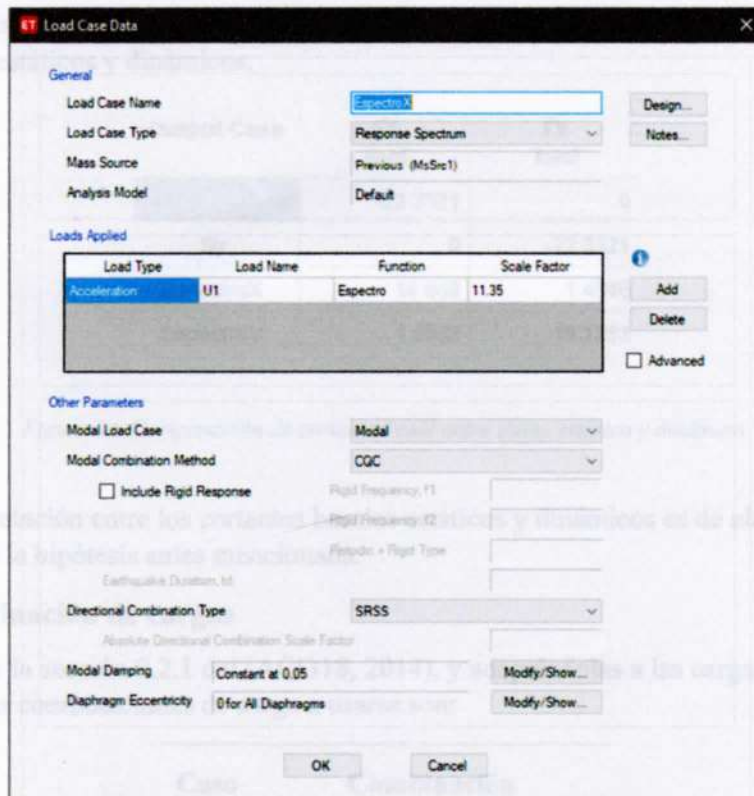


Figura 22. Definición del espectro en la dirección x.

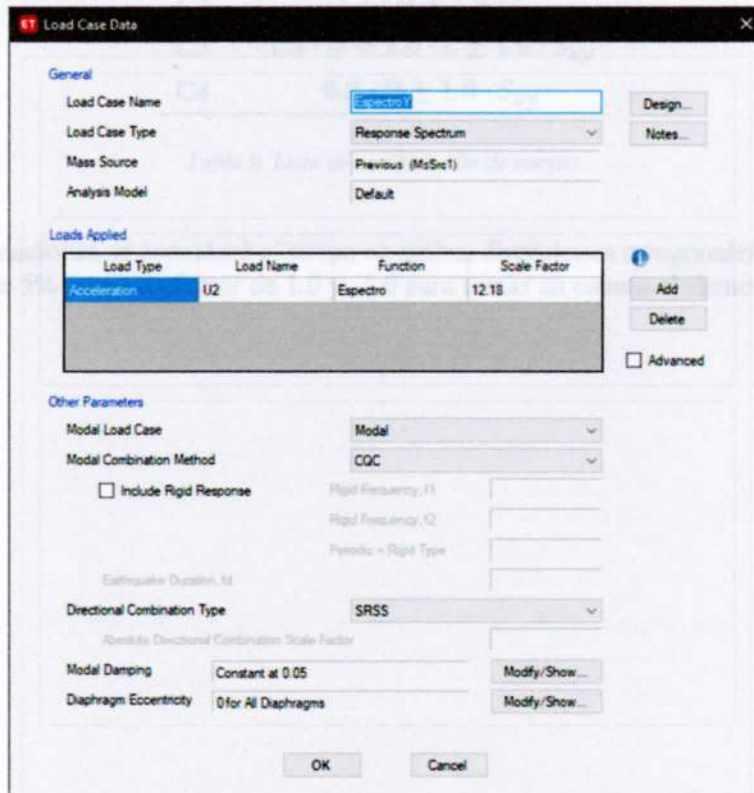


Figura 23. Definición del espectro en la dirección y.

Con los espectros definidos para cada dirección podemos encontrar el cortante basal producido por los sismos estáticos y dinámicos.

Output Case	FX tonf	FY tonf
Sx	-22.3321	0
Sy	0	-22.3321
EspectroX	18.969	1.4846
EspectroY	1.5932	19.1253

Figura 24. Comparación de cortante basal entre sismo estático y dinámico.

Vemos que la relación entre los cortantes basales estáticos y dinámicos es de alrededor del 85%, cumpliendo así la hipótesis antes mencionada.

2.5.5. Combinación de cargas

De acuerdo con la sección 9.2.1 del (ACI318, 2014), y adaptándolas a las cargas actuantes sobre la estructura, las combinaciones de carga a usarse son:

Caso	Combinación
C1	$1.4 \cdot D$
C2	$1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L$
C3	$1.3 \cdot D + 1.0 \cdot L \pm 1.0 \cdot S_{xy}$
C4	$0.8 \cdot D \pm 1.0 \cdot S_{xy}$

Tabla 9. Lista de combinación de cargas.

En estas combinaciones se consideró el sismo en ambas direcciones ortogonales: X e Y; con una excentricidad de 5% y con un factor de 1.0 y -1.0 para tomar en cuenta el sismo en dirección de ida y vuelta.

3. Resultados

3.1. Diseño en hormigón

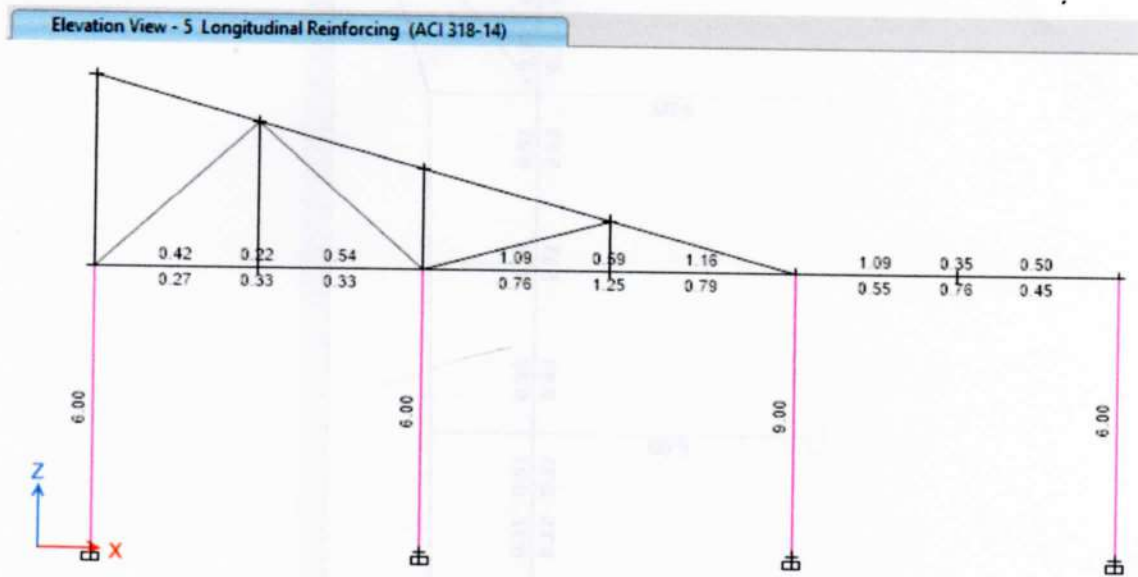


Figura 25. Áreas de acero de refuerzo en los elementos de un pórtico representativo en dirección x en cm².

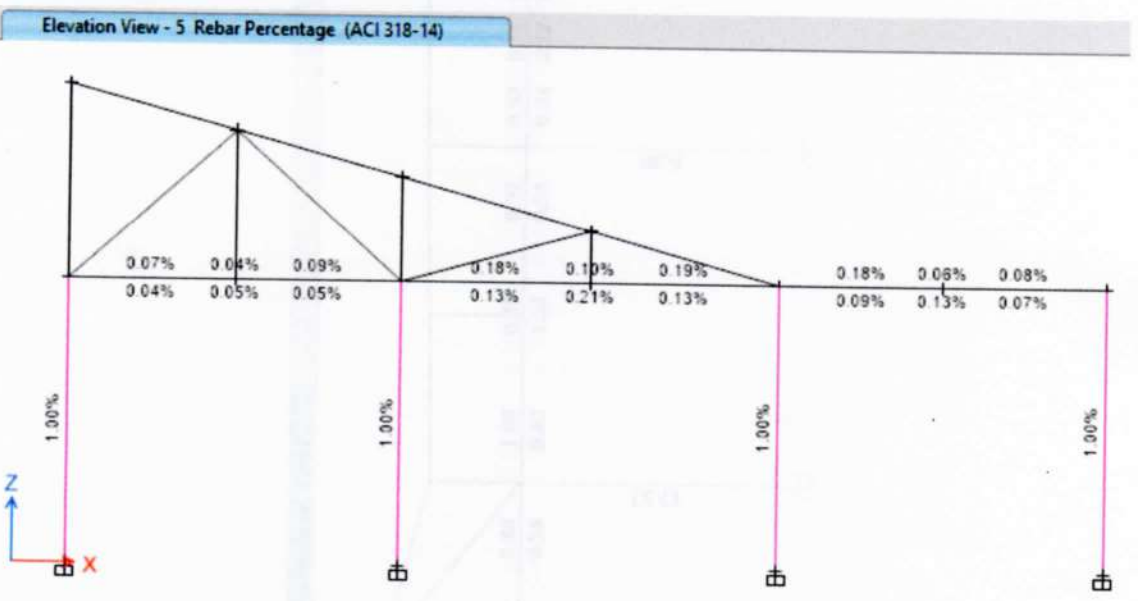


Figura 26. Cuantías de acero de refuerzo en los elementos de un pórtico representativo en dirección x.

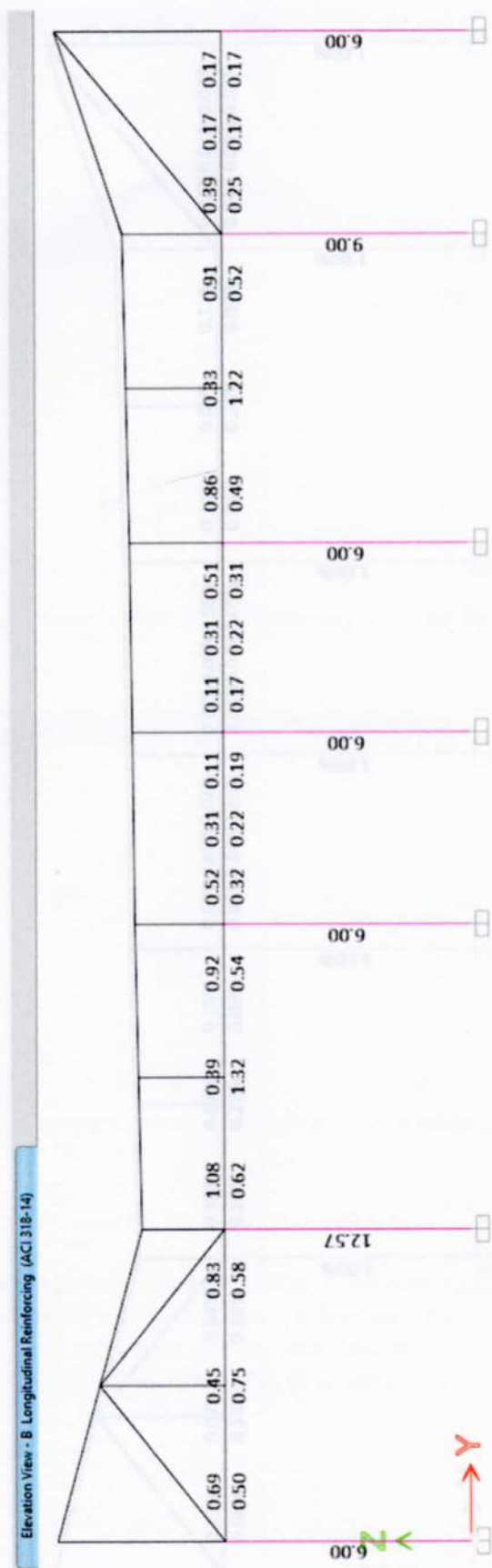


Figura 27. Áreas de acero de refuerzo en los elementos de un pórtico representativo en dirección y en cm².

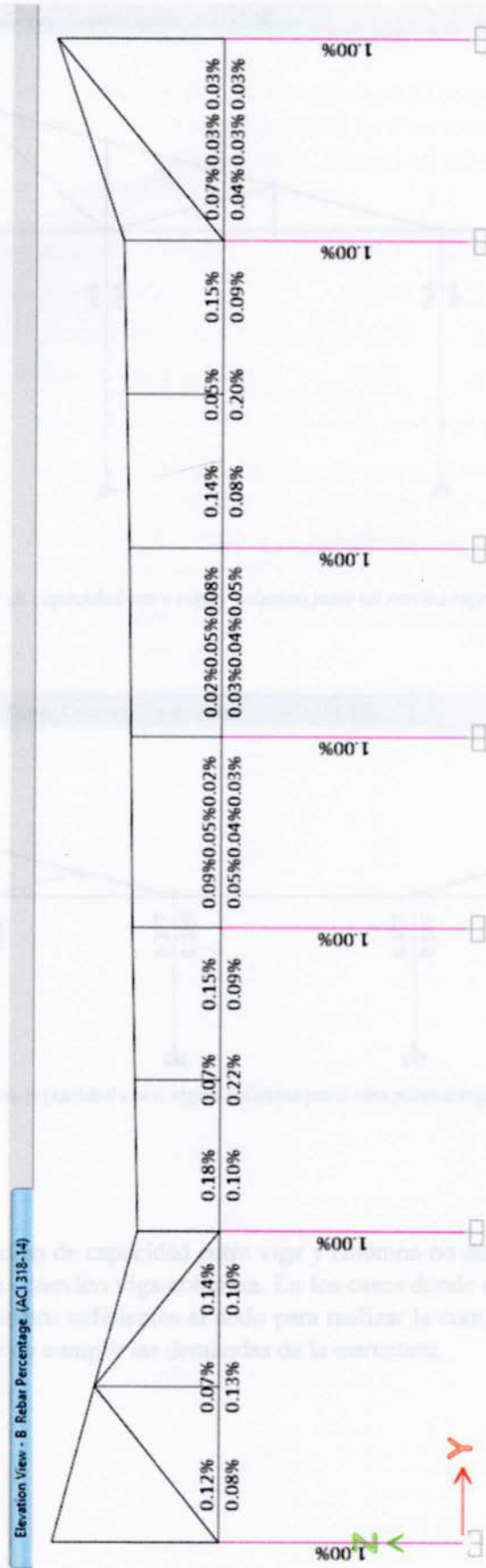


Figura 28. Cuantías de acero de refuerzo en los elementos de un pórtico representativo en dirección y.

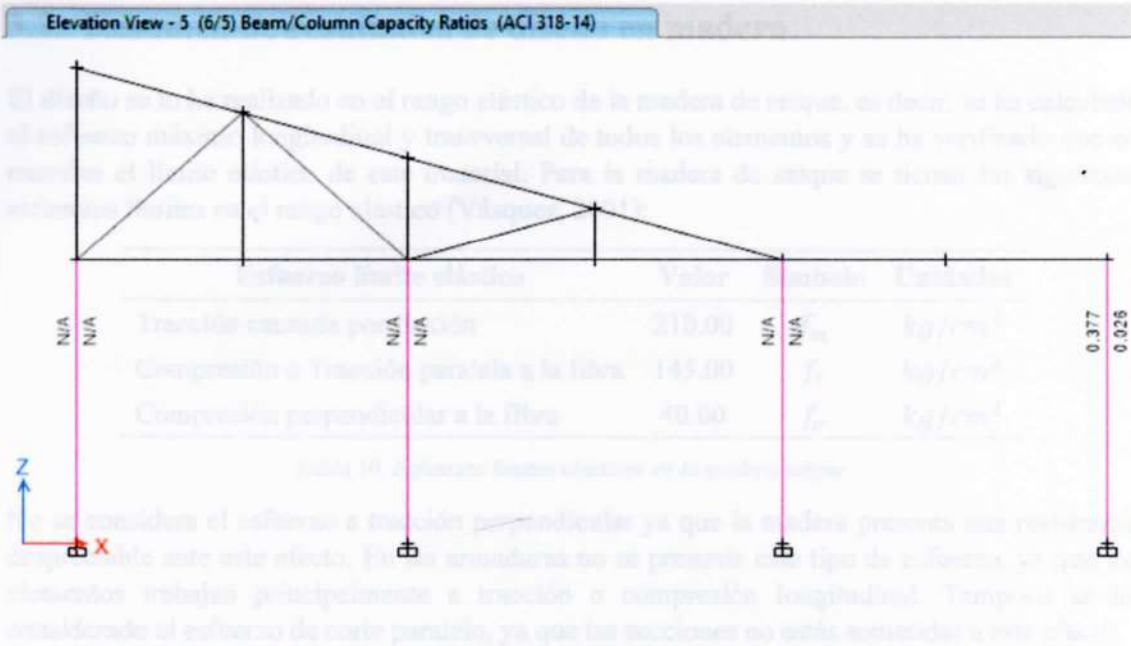


Figura 29. Relación de capacidad entre viga y columna para un pórtico representativo en el eje x.

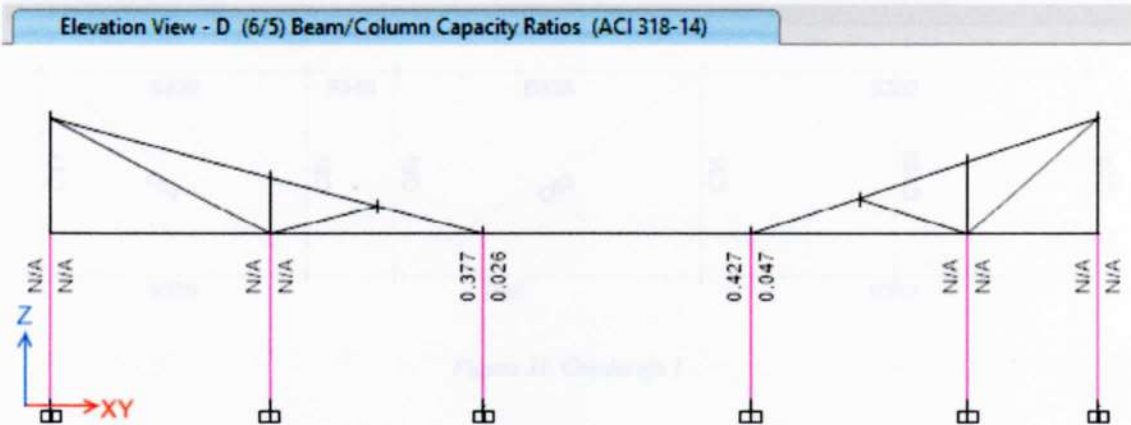


Figura 30. Relación de capacidad entre viga y columna para otro pórtico representativo en el eje x.

Podemos ver que la relación de capacidad entre viga y columna no supera la unidad, por lo que se cumple el chequeo de conexión viga-columna. En los casos donde se muestra N/A, se refiere a que no llegan los elementos suficientes al nodo para realizar la comprobación, siendo el nodo lo suficientemente capaz de cumplir las demandas de la estructura.

3.2. Resumen de resultados de diseño en madera

El diseño se lo ha realizado en el rango elástico de la madera de seique, es decir, se ha calculado el esfuerzo máximo longitudinal y transversal de todos los elementos y se ha verificado que no excedan el límite elástico de este material. Para la madera de seique se tienen los siguientes esfuerzos límites en el rango elástico (Vásquez, 2001):

Esfuerzo límite elástico	Valor	Símbolo	Unidades
Tracción causada por flexión	210.00	f_m	kg/cm^2
Compresión o Tracción paralela a la fibra	145.00	f_t	kg/cm^2
Compresión perpendicular a la fibra	40.00	f_c	kg/cm^2

Tabla 10. Esfuerzos límites elásticos de la madera seique.

No se considera el esfuerzo a tracción perpendicular ya que la madera presenta una resistencia despreciable ante este efecto. En las armaduras no se presenta este tipo de esfuerzo, ya que los elementos trabajan principalmente a tracción o compresión longitudinal. Tampoco se ha considerado el esfuerzo de corte paralelo, ya que las secciones no están sometidas a este efecto.

A continuación, se presenta el desglose de la celosía de madera, así como las etiquetas de las secciones usadas en el modelo computacional.

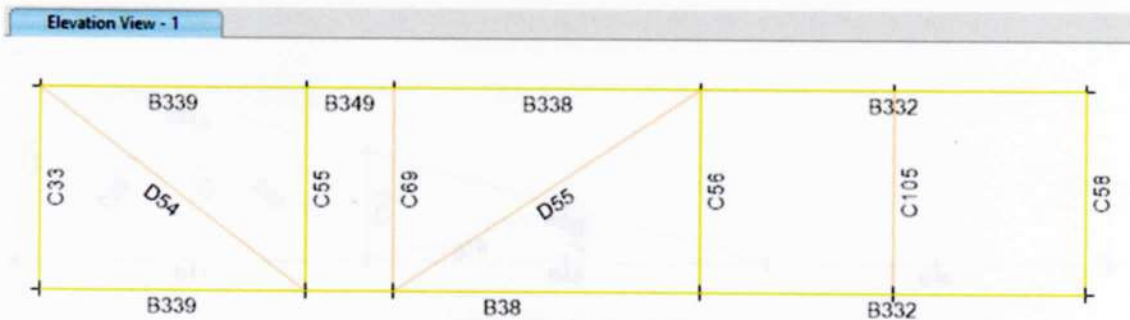


Figura 31. Cercha eje 1.

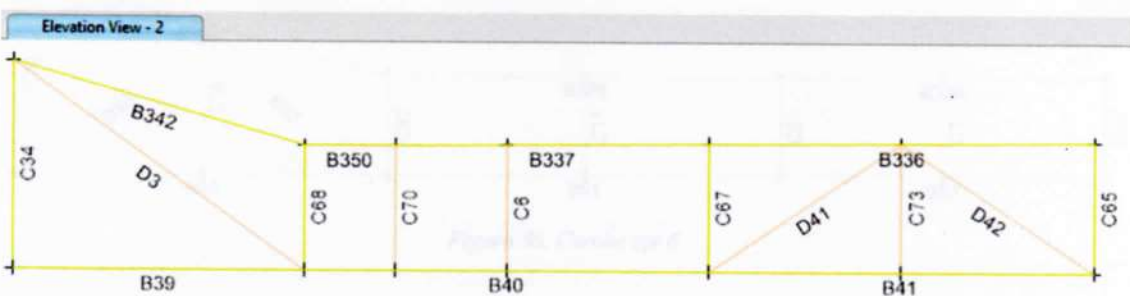


Figura 32. Cercha eje 2.

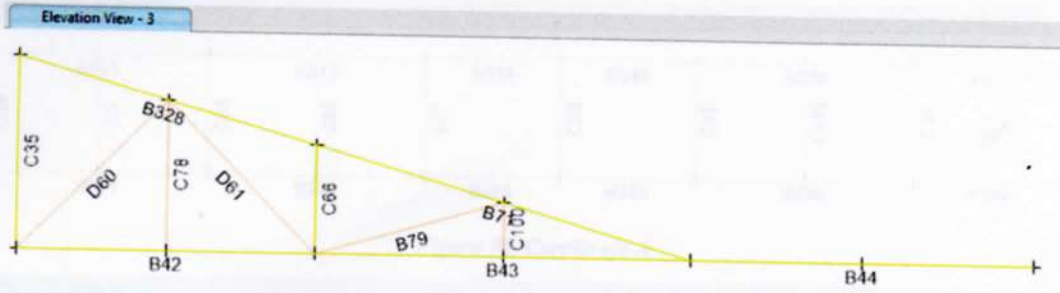


Figura 33. Cercha eje 3.

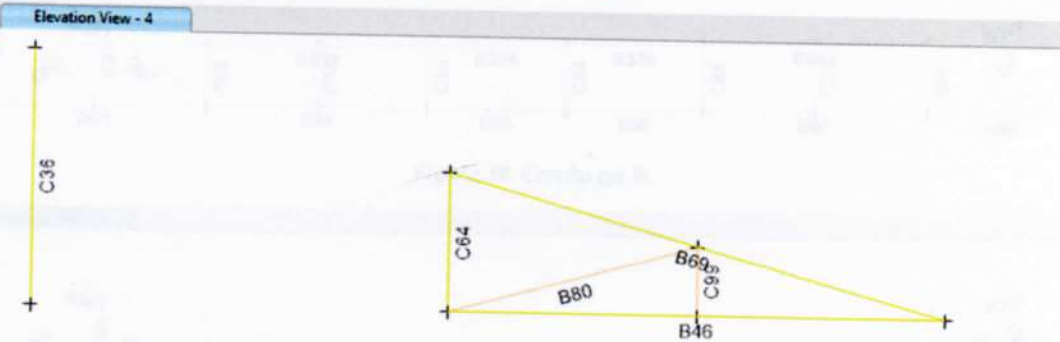


Figura 34. Cercha eje 4.

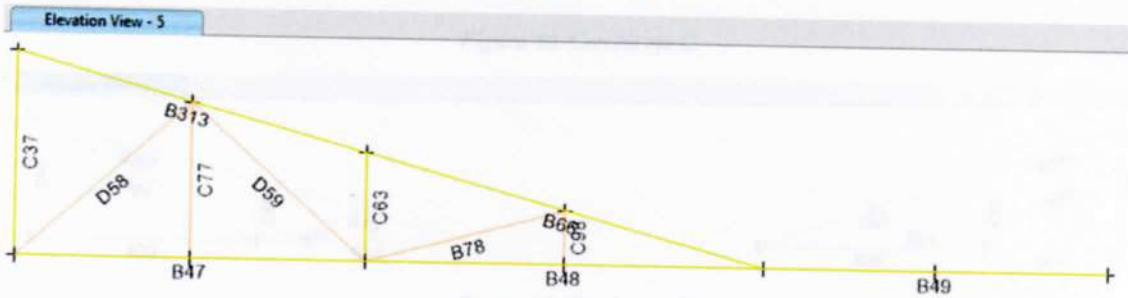


Figura 35. Cercha eje 5.

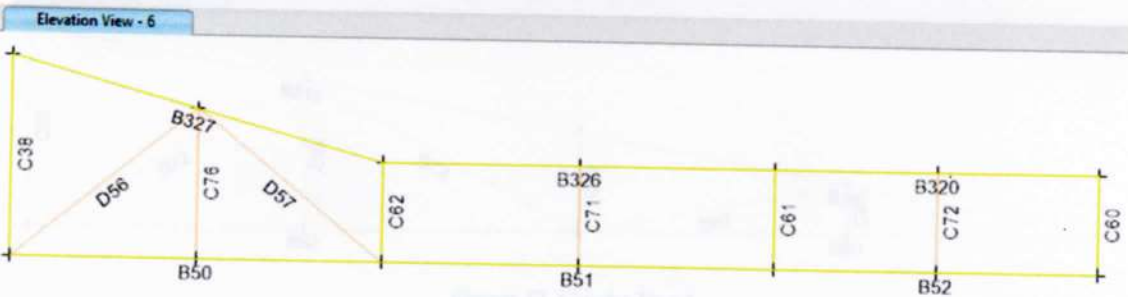


Figura 36. Cercha eje 6.

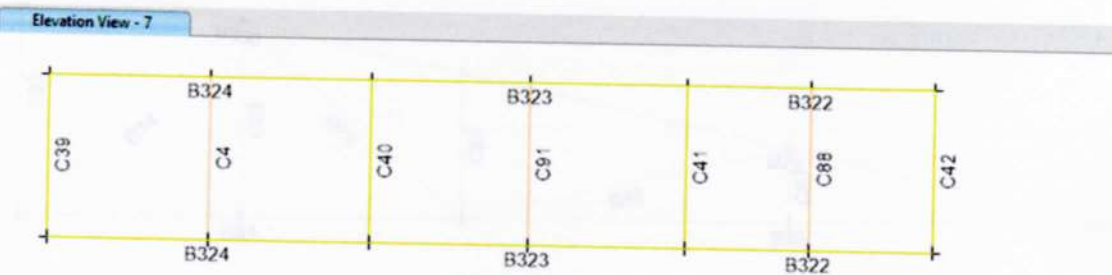


Figura 37. Cercha eje 7.

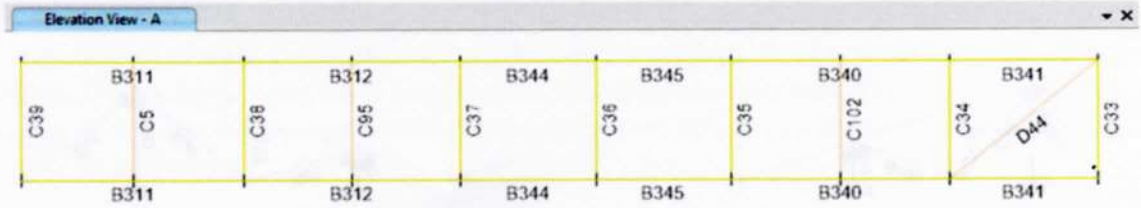


Figura 38. Cercha eje A.

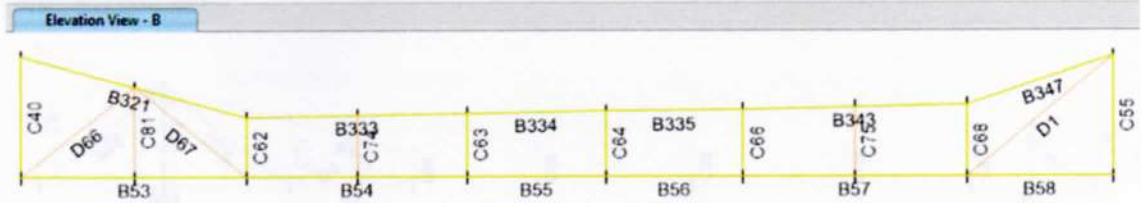


Figura 39. Cercha eje B.

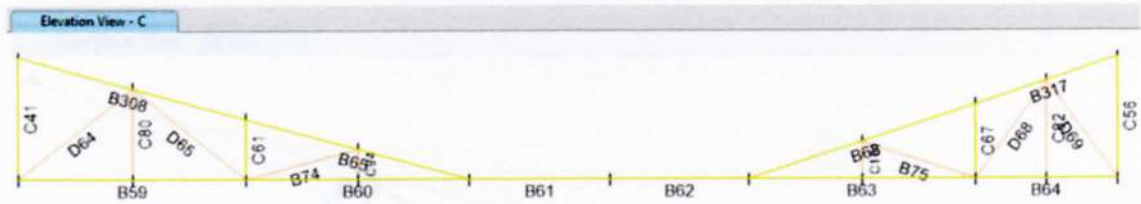


Figura 40. Cercha eje C.

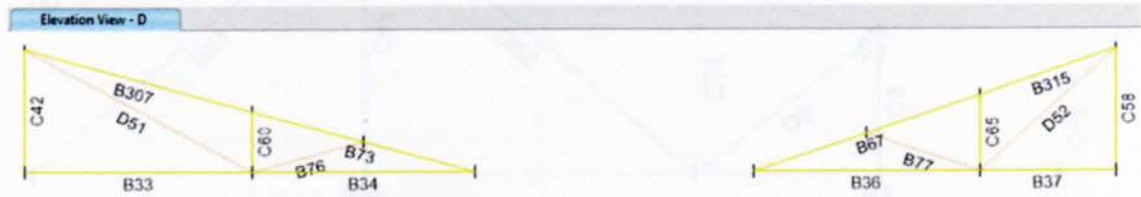


Figura 41. Cercha eje D.

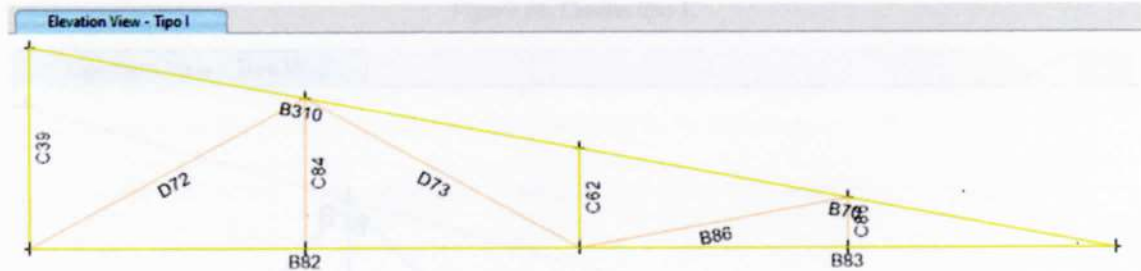


Figura 42. Cercha Tipo I.

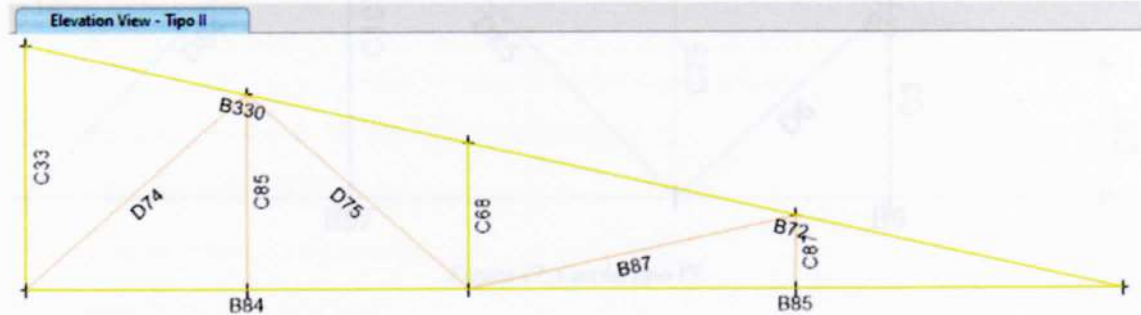


Figura 43. Cercha tipo II.

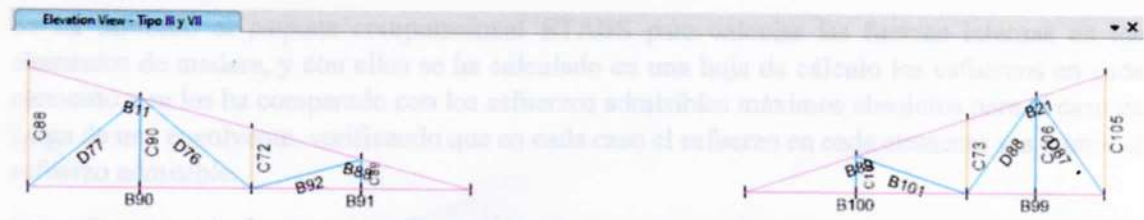


Figura 44. Cercha tipo III y VII.

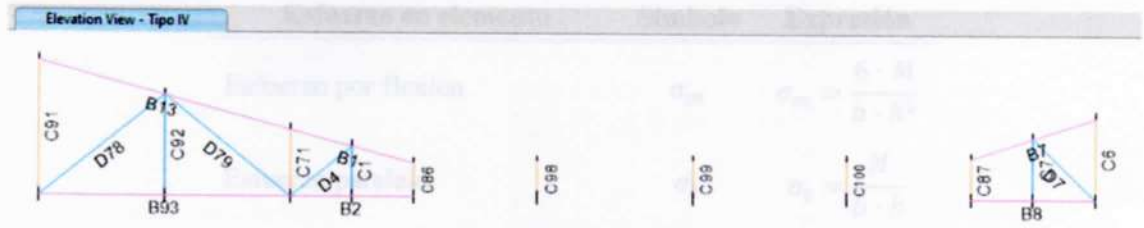


Figura 45. Cercha tipo IV.

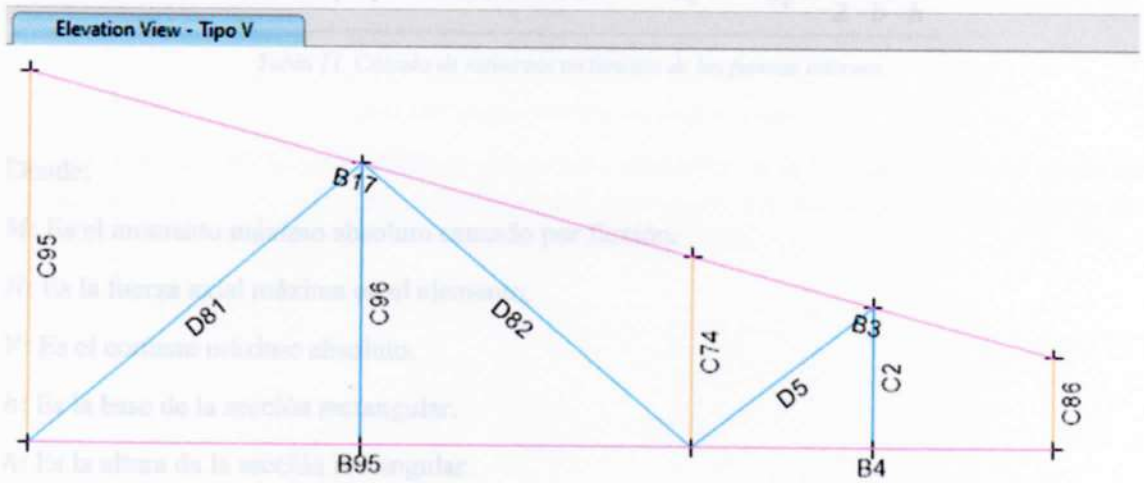


Figura 46. Cercha tipo V.

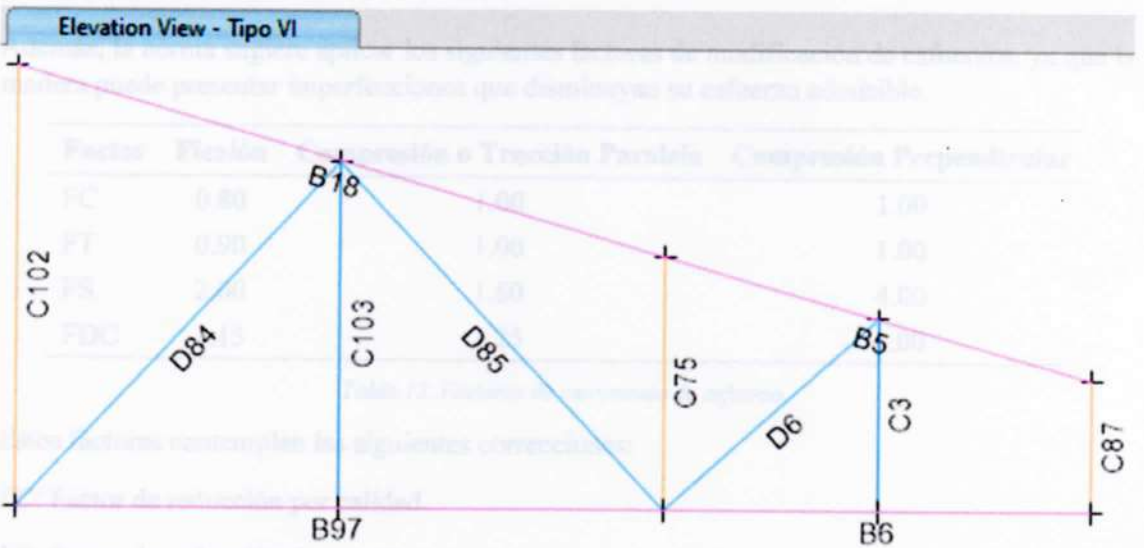


Figura 47. Cercha tipo VI.

Se ha utilizado el paquete computacional ETABS para calcular las fuerzas internas en los elementos de madera, y con ellos se ha calculado en una hoja de cálculo los esfuerzos en cada elemento y se los ha comparado con los esfuerzos admisibles máximos absolutos para el caso de carga de una envolvente, verificando que en cada caso el esfuerzo en cada elemento sea menor al esfuerzo admisible.

Los esfuerzos se han calculado utilizando las siguientes expresiones:

Esfuerzo en elemento	Símbolo	Expresión
Esfuerzo por flexión	σ_m	$\sigma_m = \frac{6 \cdot M}{b \cdot h^2}$
Esfuerzo paralelo	σ_t	$\sigma_t = \frac{N}{b \cdot h}$
Esfuerzo perpendicular a la fibra	σ_c	$\sigma_c = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$

Tabla 11. Cálculo de esfuerzos en función de las fuerzas internas.

Donde:

M : Es el momento máximo absoluto causado por flexión.

N : Es la fuerza axial máxima en el elemento.

V : Es el cortante máximo absoluto.

b : Es la base de la sección rectangular.

h : Es la altura de la sección rectangular.

Además, la norma sugiere aplicar los siguientes factores de modificación de esfuerzos, ya que la madera puede presentar imperfecciones que disminuyan su esfuerzo admisible.

Factor	Flexión	Compresión o Tracción Paralela	Compresión Perpendicular
FC	0.80	1.00	1.00
FT	0.90	1.00	1.00
FS	2.00	1.60	4.00
FDC	1.15	1.25	1.00

Tabla 12. Factores de incremento de esfuerzo.

Estos factores contemplan las siguientes correcciones:

FC : Factor de reducción por calidad.

FT : Factor de reducción de tamaño.

FS : Factor de servicio y calidad.

FDC : Factor de duración de carga.

Vemos que estos coeficientes sugieren un diseño conservador, y se han aplicado al diseño siguiendo la siguiente relación:

$$\text{Esfuerzo máximo absoluto} \cdot \frac{FS \cdot FDC}{FC \cdot FT} \leq \text{Esfuerzo admisible}$$

Para este caso de estudio, y considerando que se ha diseñado con madera seique, todos los elementos deben cumplir las siguientes relaciones:

Caso de esfuerzo	Relación de verificación	Esfuerzo admisible
Flexión	$\sigma_m \cdot \frac{2.00 \cdot 1.15}{0.80 \cdot 0.90} \leq f_m$	$f_m = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
Paralelo a la fibra	$\sigma_t \cdot \frac{1.60 \cdot 1.25}{1.00 \cdot 1.00} \leq f_t$	$f_t = 145.00 \text{ kg/cm}^2$
Perpendicular a la fibra	$\sigma_c \cdot \frac{4.00 \cdot 1.00}{1.00 \cdot 1.00} \leq f_c$	$f_c = 40.00 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 13. Chequeo de esfuerzos para el seique.

Se la sección de ANEXO se presenta el resumen de resultados de la hoja de cálculo, en donde se puede apreciar que los esfuerzos existentes en la estructura, una vez aplicados los factores de modificación de esfuerzos, no exceden los esfuerzos admisibles.

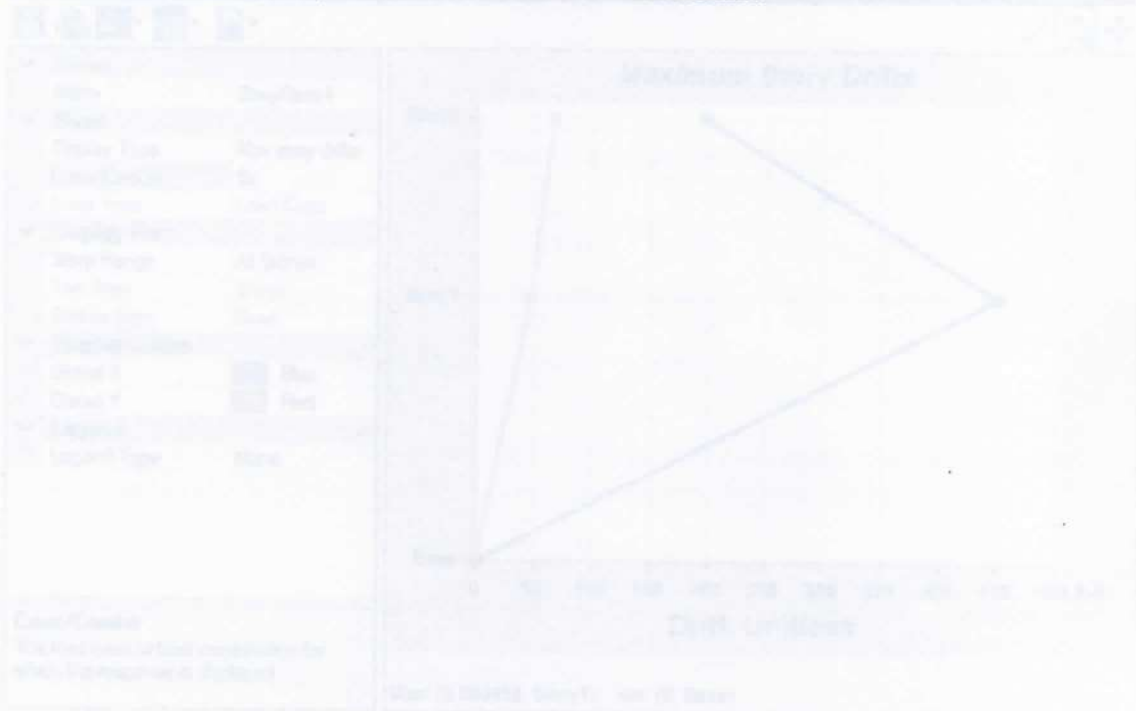


Figura 14. Diagrama de esfuerzos en estructura y resultados de ETABS

3.3. Modos de vibración

Se muestran a continuación, doce modos de vibración. Como se puede observar, no se tiene un gran porcentaje de participación de masa en rotación para los dos primeros modos; debido a que, en el primer modo, es el movimiento traslacional el que prevalece.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.147	0.7245	0.0035	0	0.7245	0.0035	0	0.002	0.1776	0.1928	0.002	0.1776	0.1928
Modal	2	0.095	0.0007	6.408E-06	0	0.7253	0.0035	0	4.018E-06	0.0006	1.979E-05	0.002	0.1782	0.1928
Modal	3	0.09	0.0006	8.248E-06	0	0.7259	0.0035	0	3.407E-06	0.0005	0.0001	0.002	0.1788	0.1929
Modal	4	0.071	0.0013	0.0019	0	0.7272	0.0054	0	0.0001	0.0009	0.0033	0.0021	0.1796	0.1962
Modal	5	0.063	0.0003	0.0037	0	0.7275	0.0092	0	0.0003	2.186E-05	0.001	0.0024	0.1797	0.1972
Modal	6	0.061	0.1159	0.0037	0	0.8434	0.0129	0	0.0026	0.0067	0.3621	0.005	0.1864	0.5593
Modal	7	0.054	0.0228	0.0384	0	0.8662	0.0513	0	0.0105	0.0079	0.0252	0.0154	0.1943	0.5846
Modal	8	0.054	0.0006	0.6467	0	0.8668	0.698	0	0.1298	0.0011	0.0109	0.1452	0.1954	0.5954
Modal	9	0.052	0.0033	0.0035	0	0.8701	0.7015	0	0.0009	0.0119	0.0135	0.1461	0.2073	0.6089
Modal	10	0.048	0.0043	0.0051	0	0.8743	0.7066	0	0.001	0.0068	0.0002	0.1471	0.2138	0.6091
Modal	11	0.046	0.0004	2.248E-05	0	0.8747	0.7066	0	1.13E-06	0	0.0008	0.1471	0.2138	0.6099
Modal	12	0.043	0.0021	0.0017	0	0.8769	0.7083	0	0.0014	0.0103	0.0001	0.1485	0.2241	0.61

Figura 48. Modos de vibración capturados de ETABS.

3.4. Derivas de piso

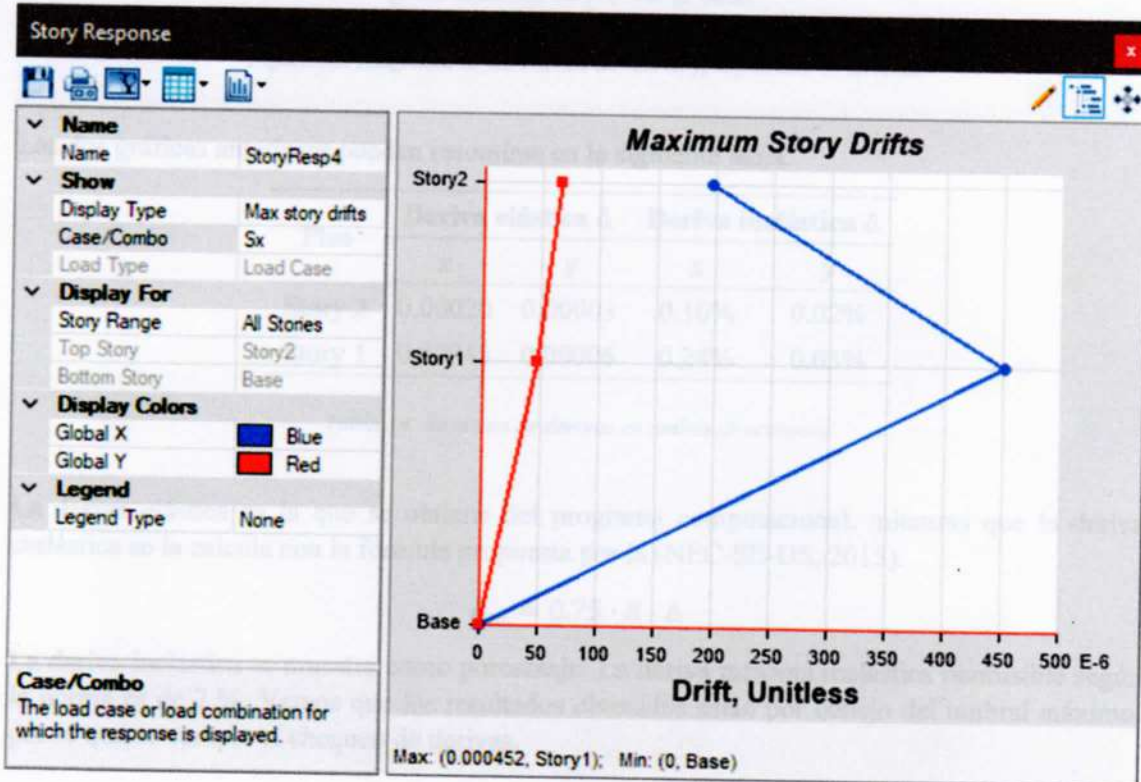


Figura 49. Diagrama de derivas en dirección x, capturado de ETABS.

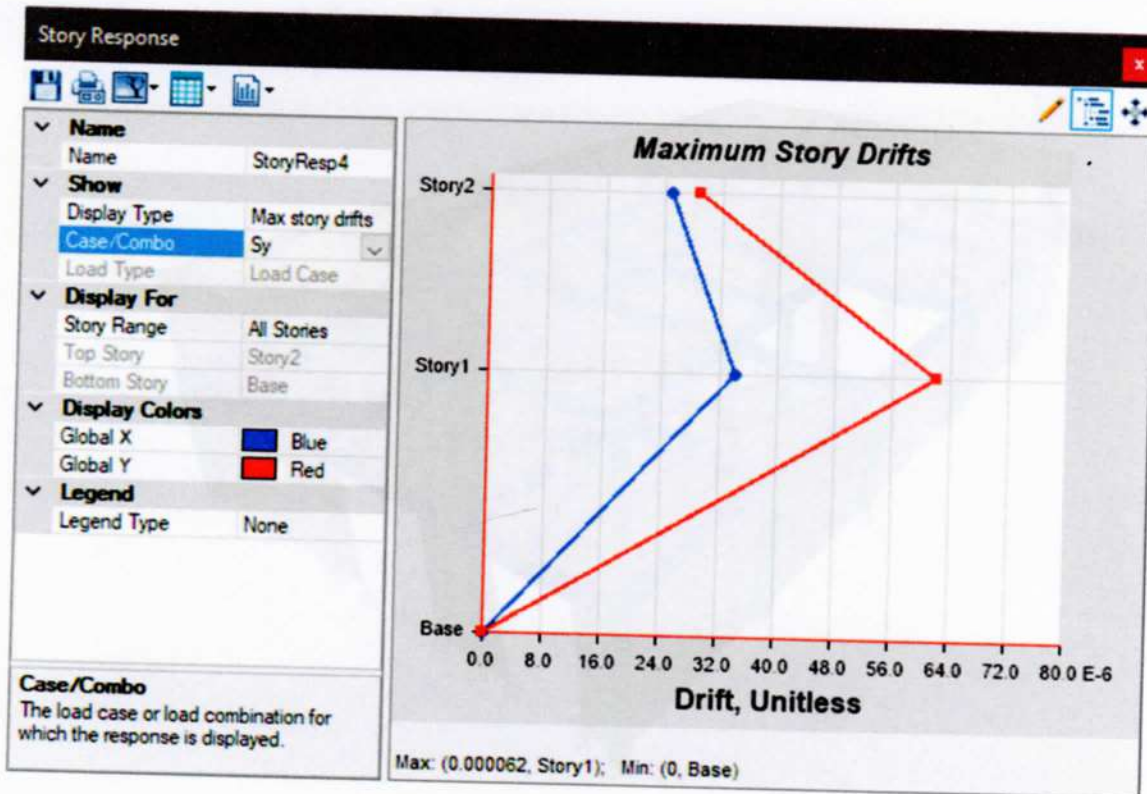


Figura 50. Diagrama de derivas en dirección y, capturado de ETABS.

Las dos gráficas anteriores pueden resumirse en la siguiente tabla:

Piso	Deriva elástica Δ		Deriva inelástica Δ	
	x	y	x	y
Story 2	0.00020	0.00003	0.10%	0.02%
Story 1	0.00045	0.00006	0.24%	0.03%

Tabla 14. Resumen de derivas en ambas direcciones.

La deriva elástica es la que se obtiene del programa computacional, mientras que la deriva inelástica se la calcula con la fórmula propuesta por la (NEC-SE-DS, 2015):

$$\Delta_m = 0.75 \cdot R \cdot \Delta$$

La deriva inelástica se muestra como porcentaje. La deriva máxima inelástica permisible según la norma es de 2 %. Vemos que los resultados obtenidos están por debajo del umbral máximo, por lo que se cumple el chequeo de derivas.

3.5. Estructura deformada

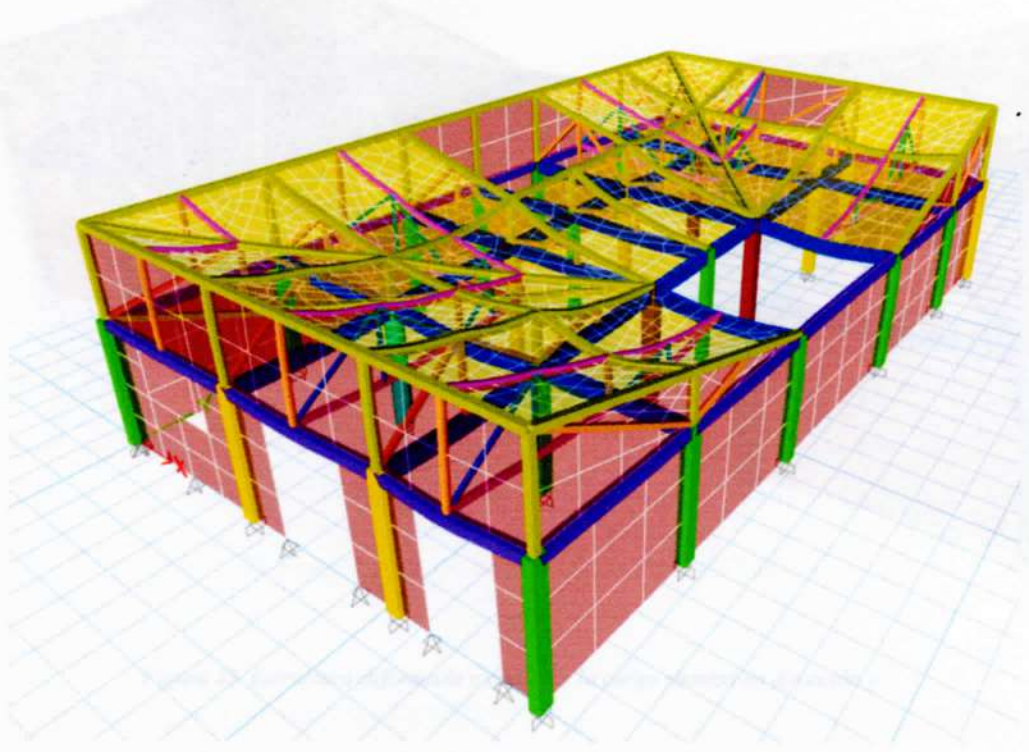


Figura 51. Estructura deformada a causa de peso propio y carga muerta.

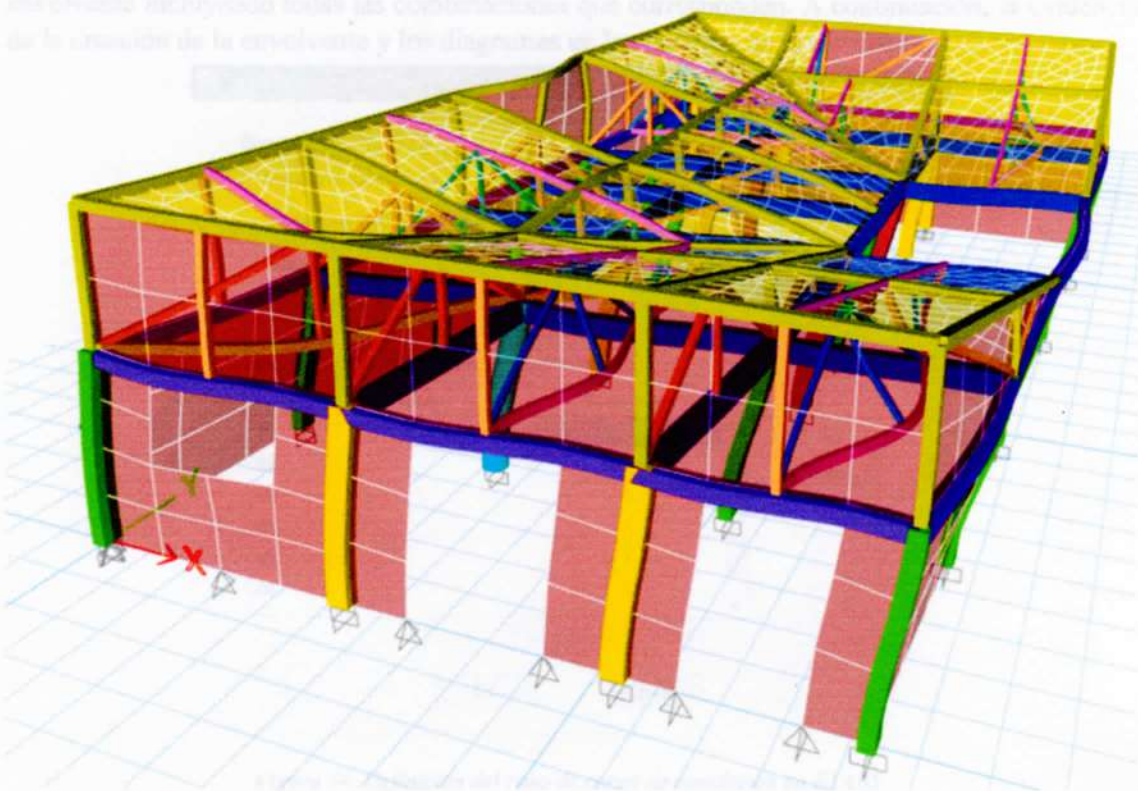


Figura 52. Estructura deformada a causa de la carga sísmica en dirección x.

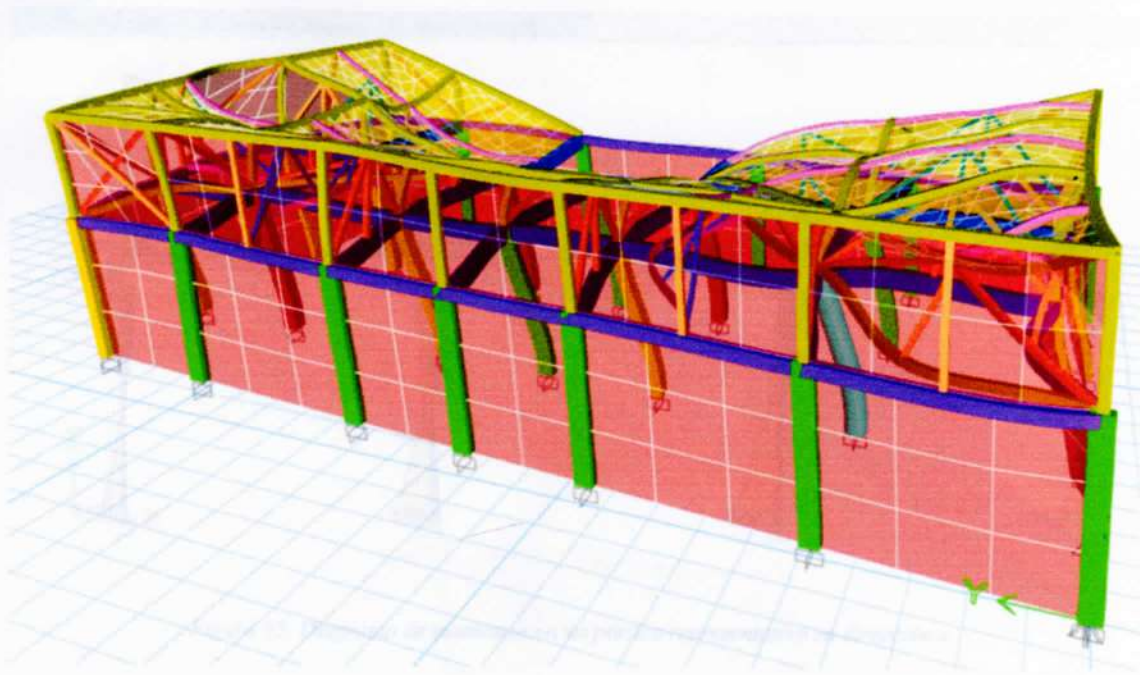


Figura 53. Estructura deformada a causa de la carga sísmica en dirección y.

3.6. Diagrama de fuerzas internas

Para obtener los diagramas de envolventes de fuerzas internas se ha creado la combinación como envolvente incluyendo todas las combinaciones que corresponden. A continuación, la evidencia de la creación de la envolvente y los diagramas en los pórticos de la estructura.

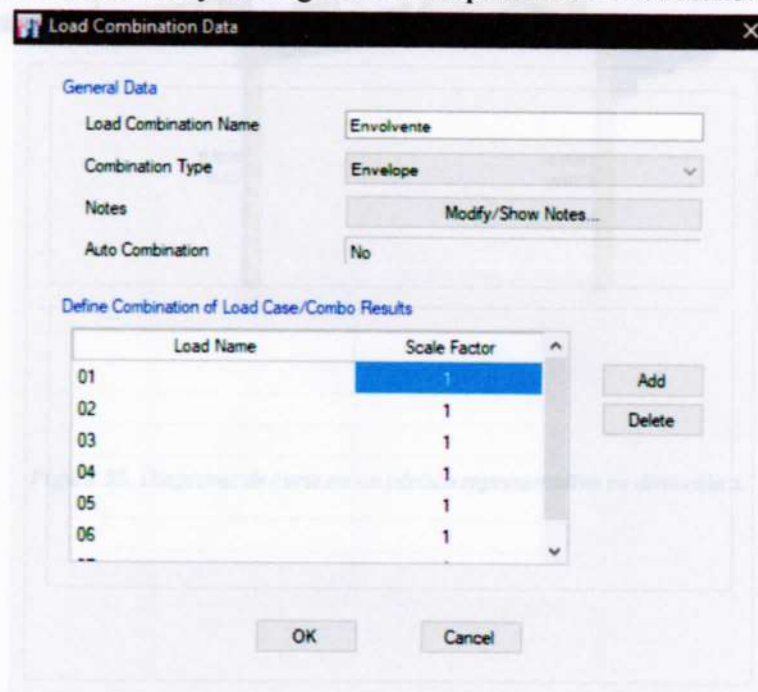


Figura 54. Definición del caso de carga de envolvente en ETABS.

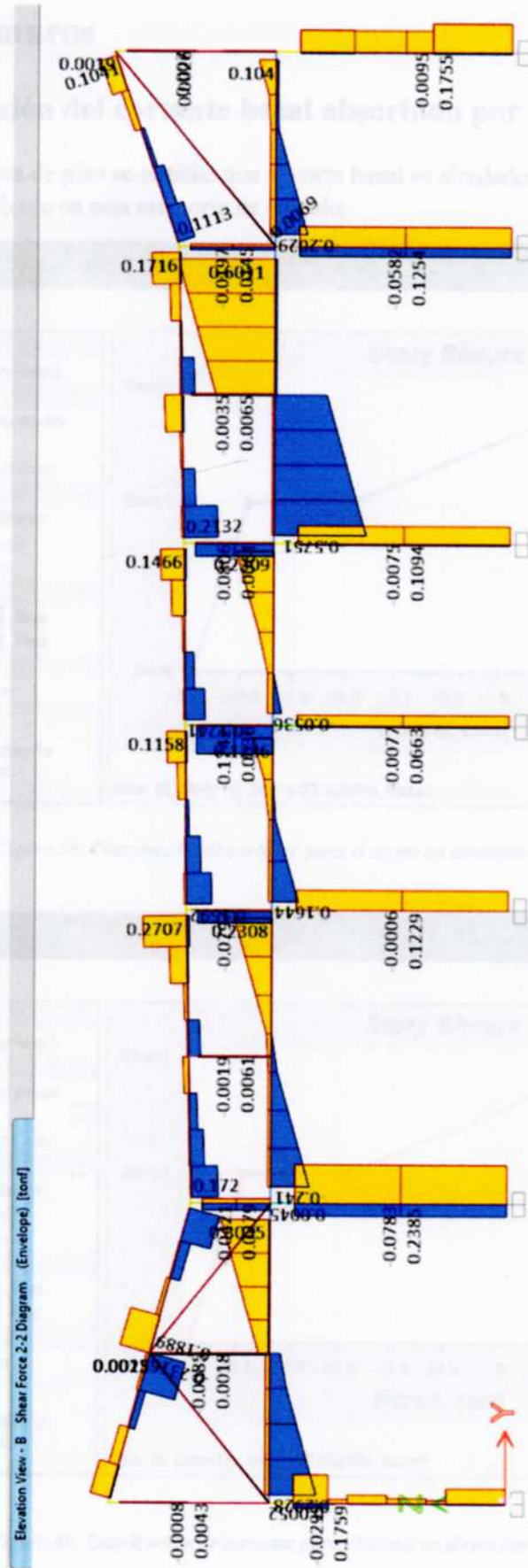


Figura 58. Diagrama de corte en un pórtico representativo en dirección y.

4. Diseño de muros

4.1. Comprobación del cortante basal absorbido por los muros

Del gráfico de cortantes de piso se obtiene que el corte basal es alrededor de 22.33 T como se ha mencionado anteriormente en esta memoria de cálculo.

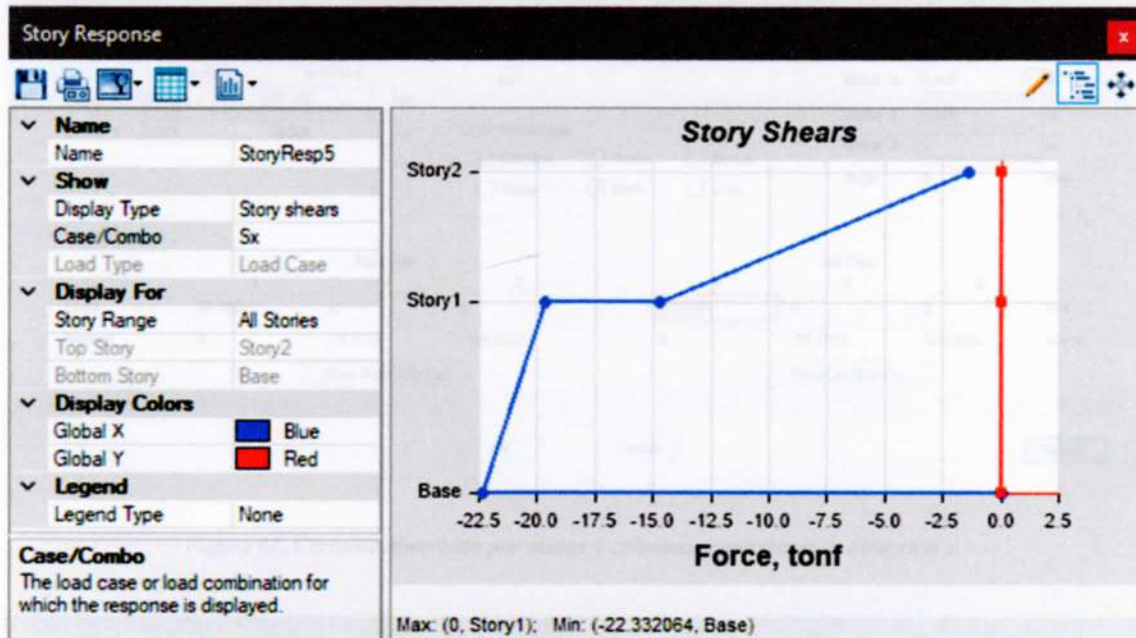


Figura 59. Distribución de cortante para el sismo en dirección x.

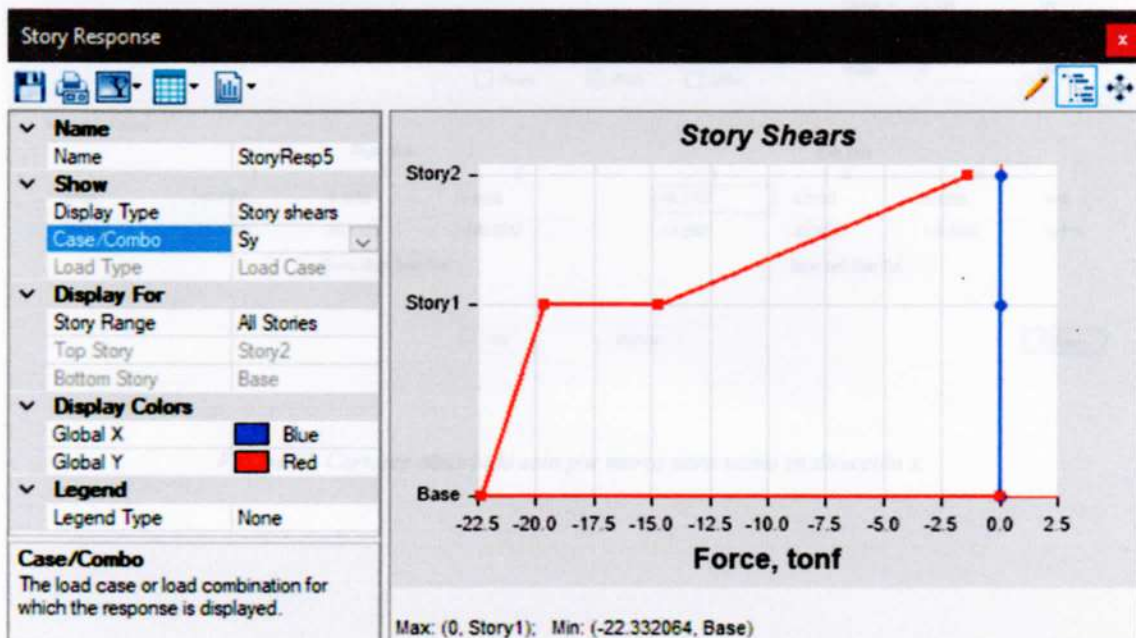


Figura 60. Distribución de cortante para el sismo en dirección y.

Para hallar el corte basal se ha dibujado una sección de corte a la altura donde está el máximo cortante para una vista plana en 3D, de manera que al realizar el corte se abarquen todas las columnas y muros en ese nivel.

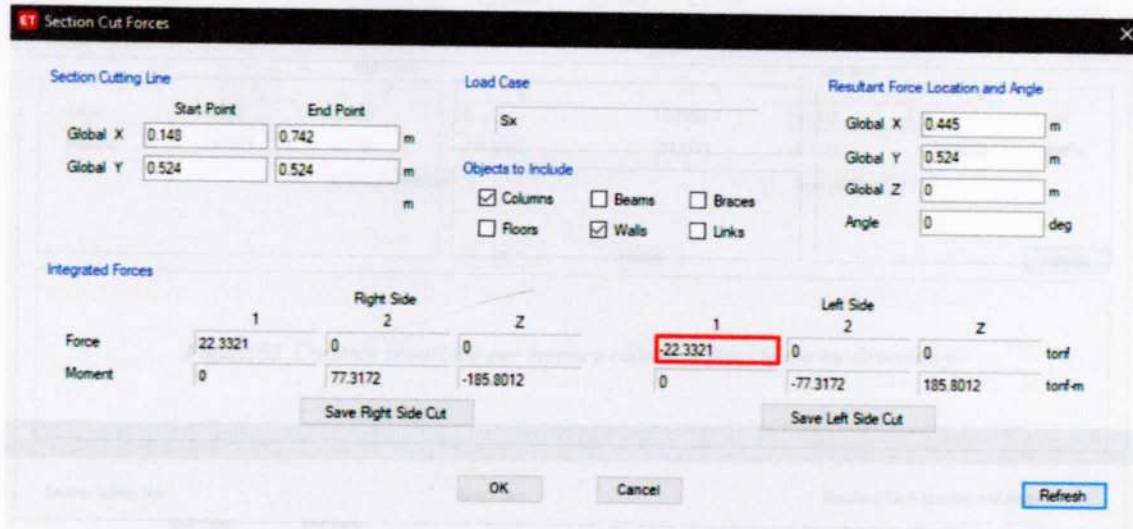


Figura 61. Cortante absorbido por muros y columnas para sismo en dirección x.

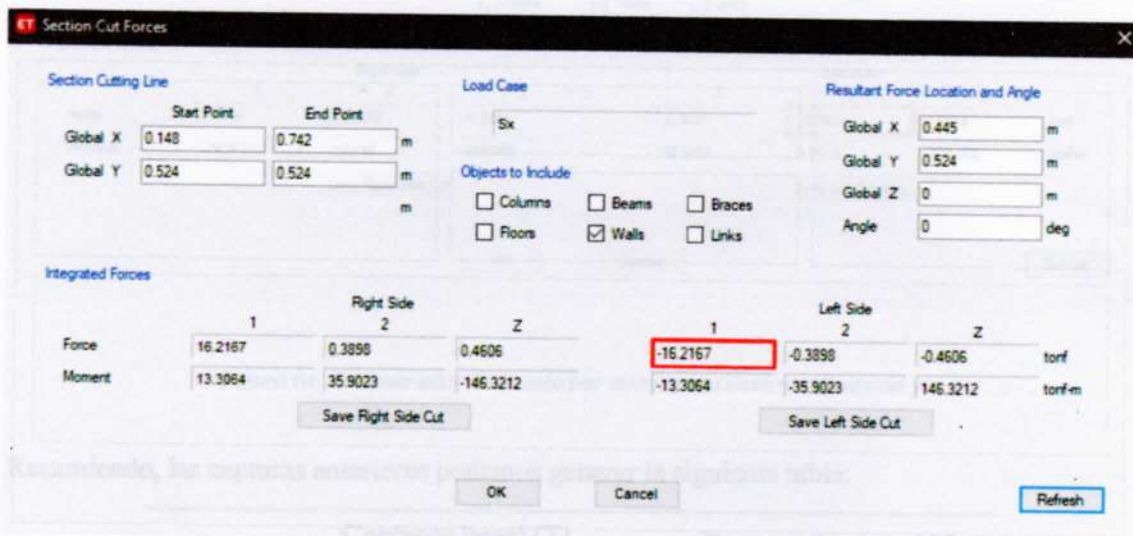


Figura 62. Cortante absorbido solo por muros para sismo en dirección x.

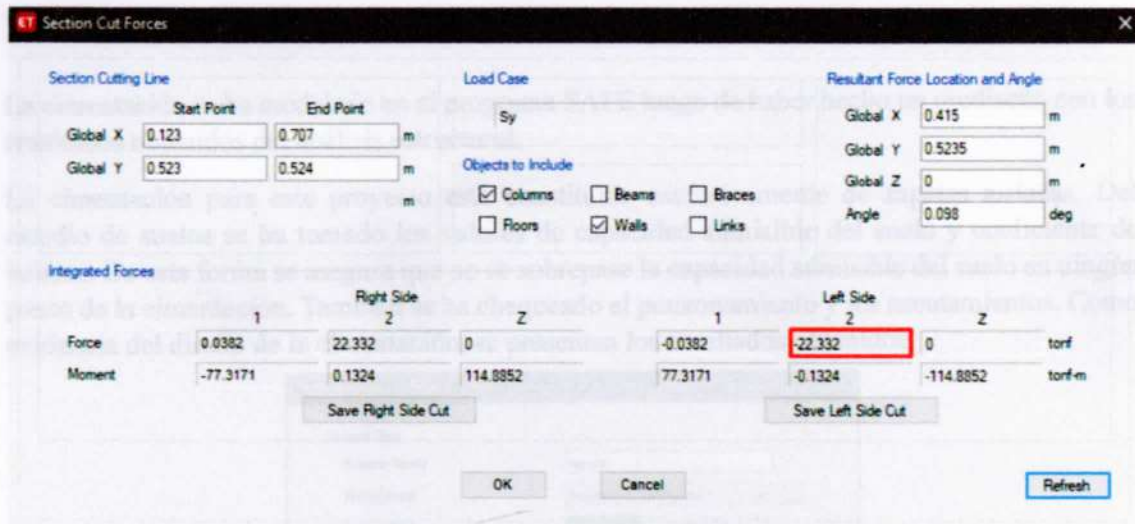


Figura 63. Cortante absorbido por muros y columnas para sismo en dirección y.

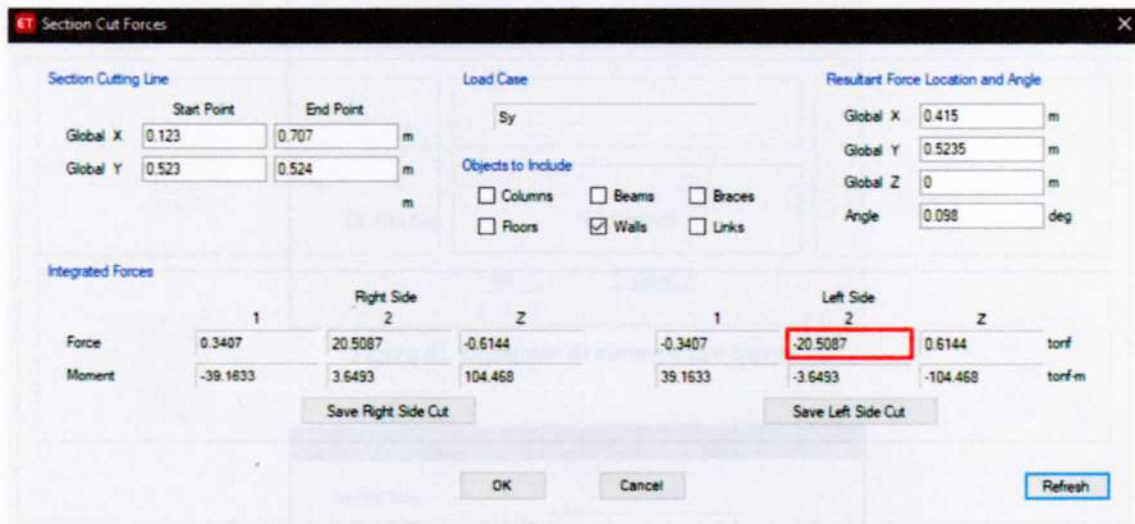


Figura 64. Cortante absorbido solo por muros para sismo en dirección y.

Resumiendo, las capturas anteriores podemos generar la siguiente tabla:

Caso	Cortante basal (T)		Porcentaje absorbido por muros
	Columnas y muros	Solo muros	
S_x	22.33	16.21	72.59%
S_y	22.33	20.50	91.80%

Tabla 15. Cortante basal en la estructura.

Vemos que para ambas direcciones ortogonales los muros absorben cercad del 75 % del cortante basal producido por la fuerza sísmico. Esto indica que la hipótesis de diseño es correcta respecto a los cálculos del coeficiente sísmico realizados anteriormente.

5. Diseño de cimentación

La cimentación se ha modelado en el programa SAFE luego de haber hecho un prediseño con los resultados obtenidos del análisis estructural.

La cimentación para este proyecto está constituida exclusivamente de zapatas aisladas. Del estudio de suelos se ha tomado los valores de capacidad admisible del suelo y coeficiente de balasto. De esta forma se asegura que no se sobrepase la capacidad admisible del suelo en ningún punto de la cimentación. También se ha chequeado el punzonamiento y los asentamientos. Como evidencia del diseño de la cimentación, se presentan los resultados obtenidos.

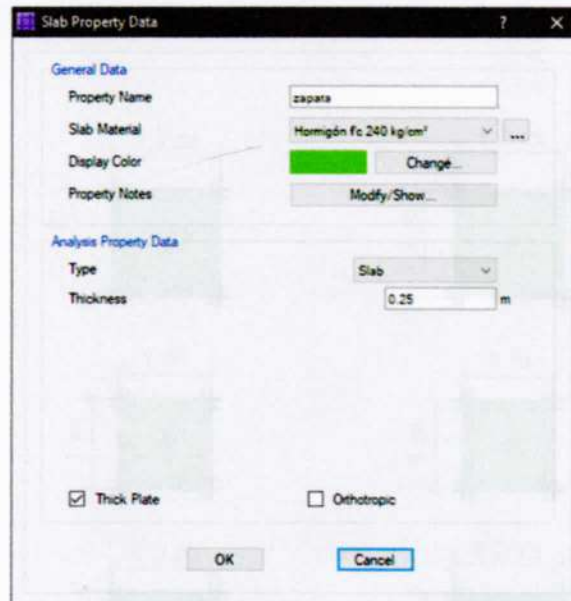


Figura 65. Definición de elemento tipo zapata.



Figura 66. Definición de propiedades del suelo en función del coeficiente de balasto.

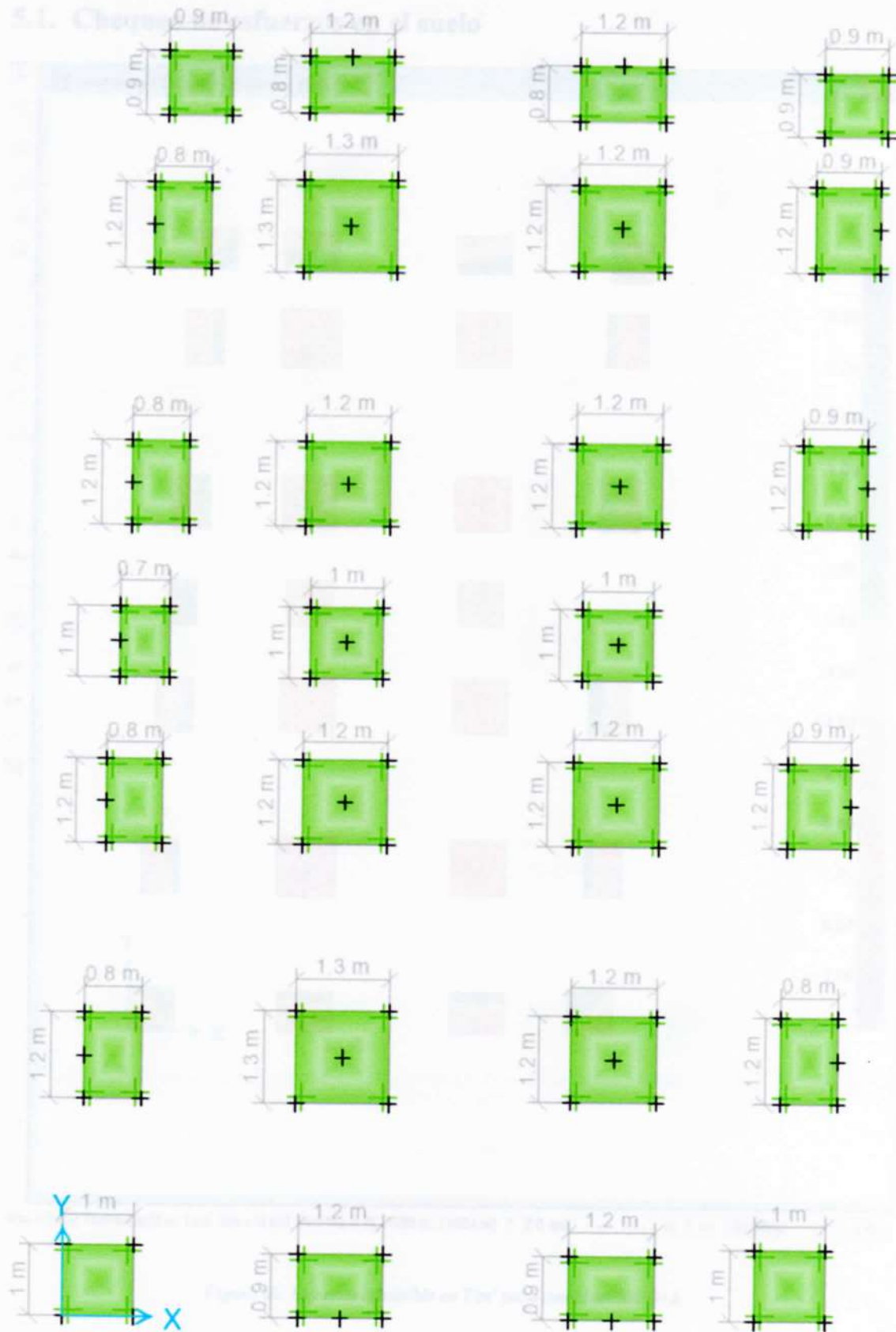


Figura 67. Dimensiones de cimentación.

5.1. Chequeo de esfuerzos en el suelo

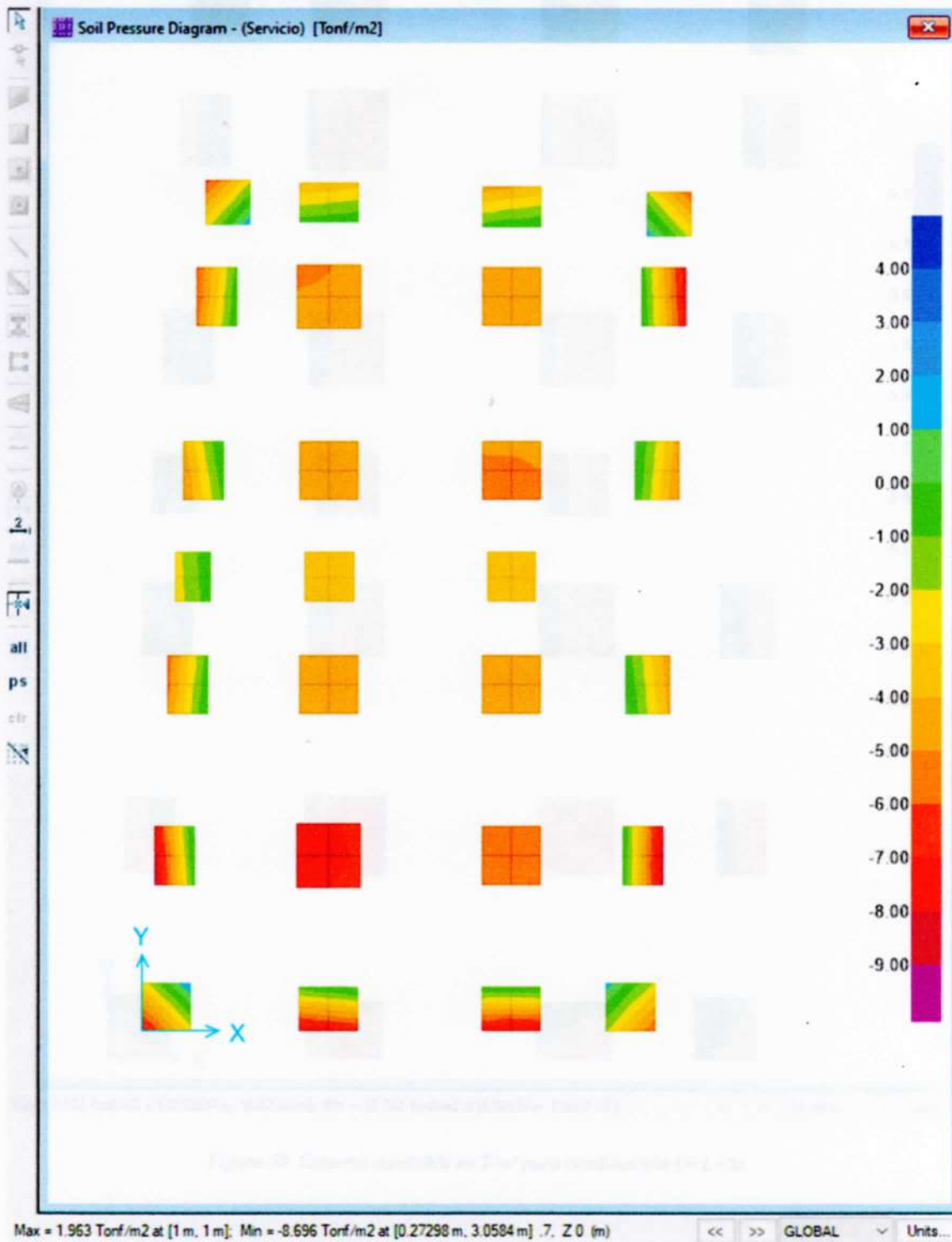


Figura 68. Esfuerzo admisible en T/m² para combinación D+L.

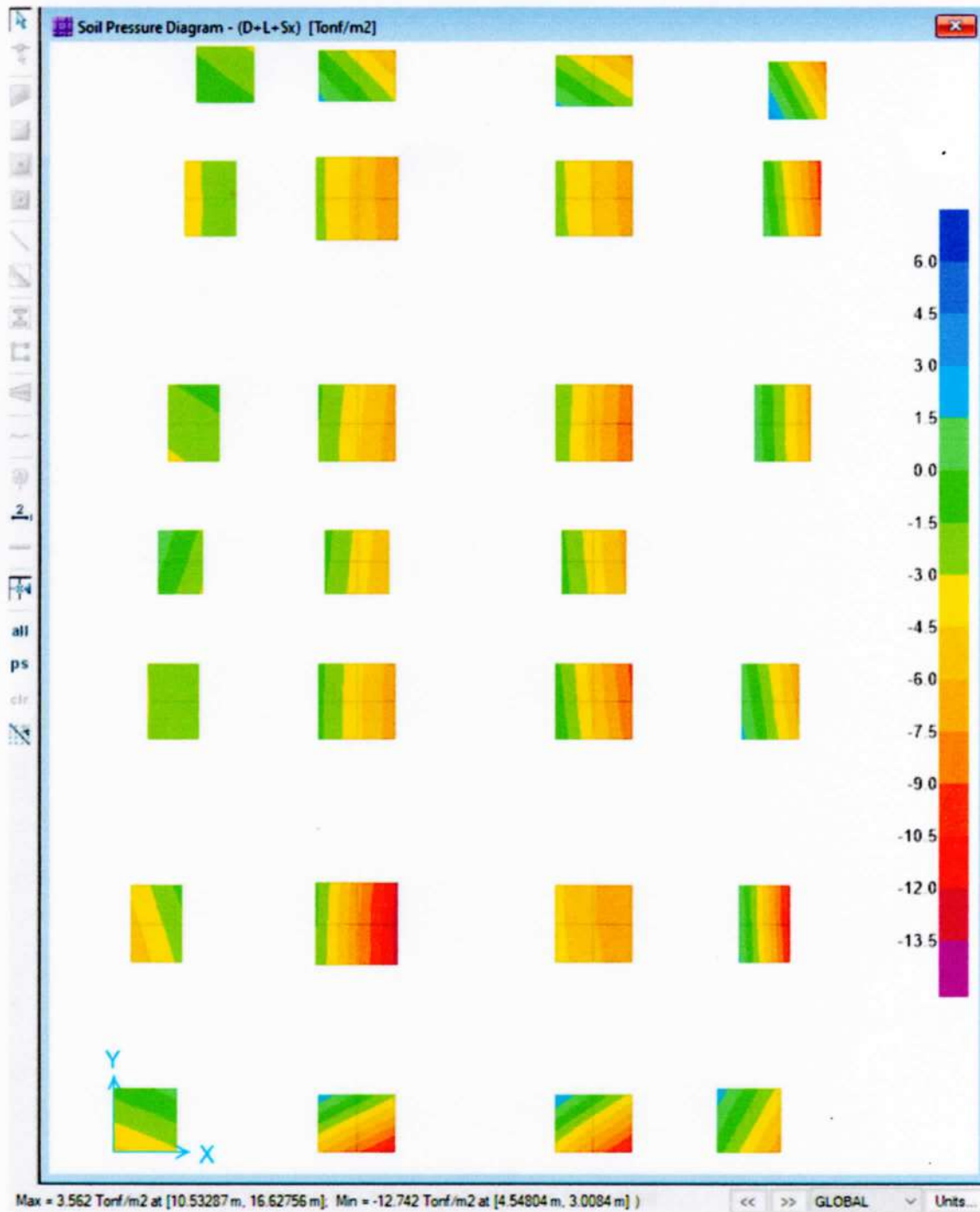


Figura 69. Esfuerzo admisible en T/m² para combinación D+L+Sx.

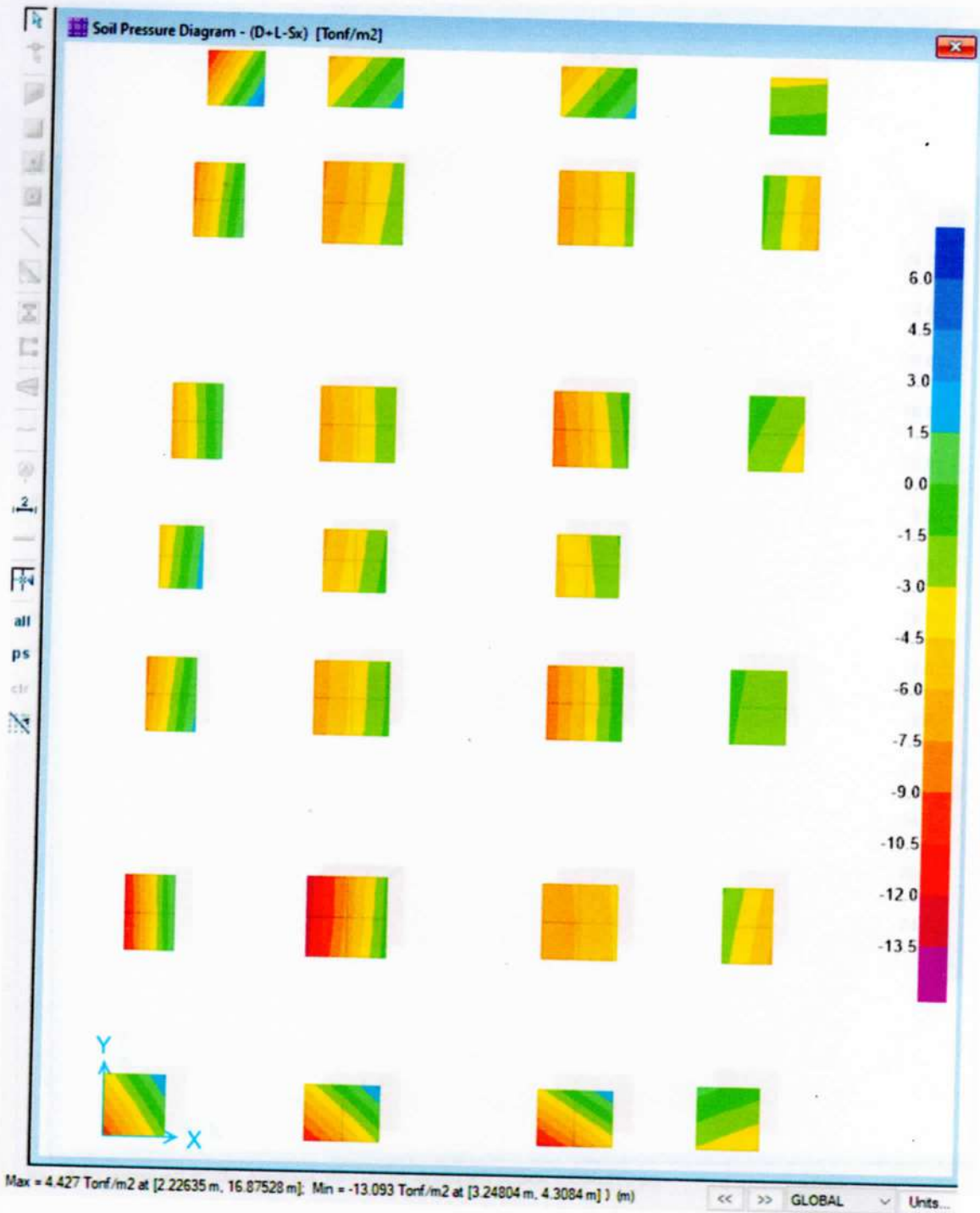


Figura 70. Esfuerzo admisible en T/m² para combinación D+L-Sx.

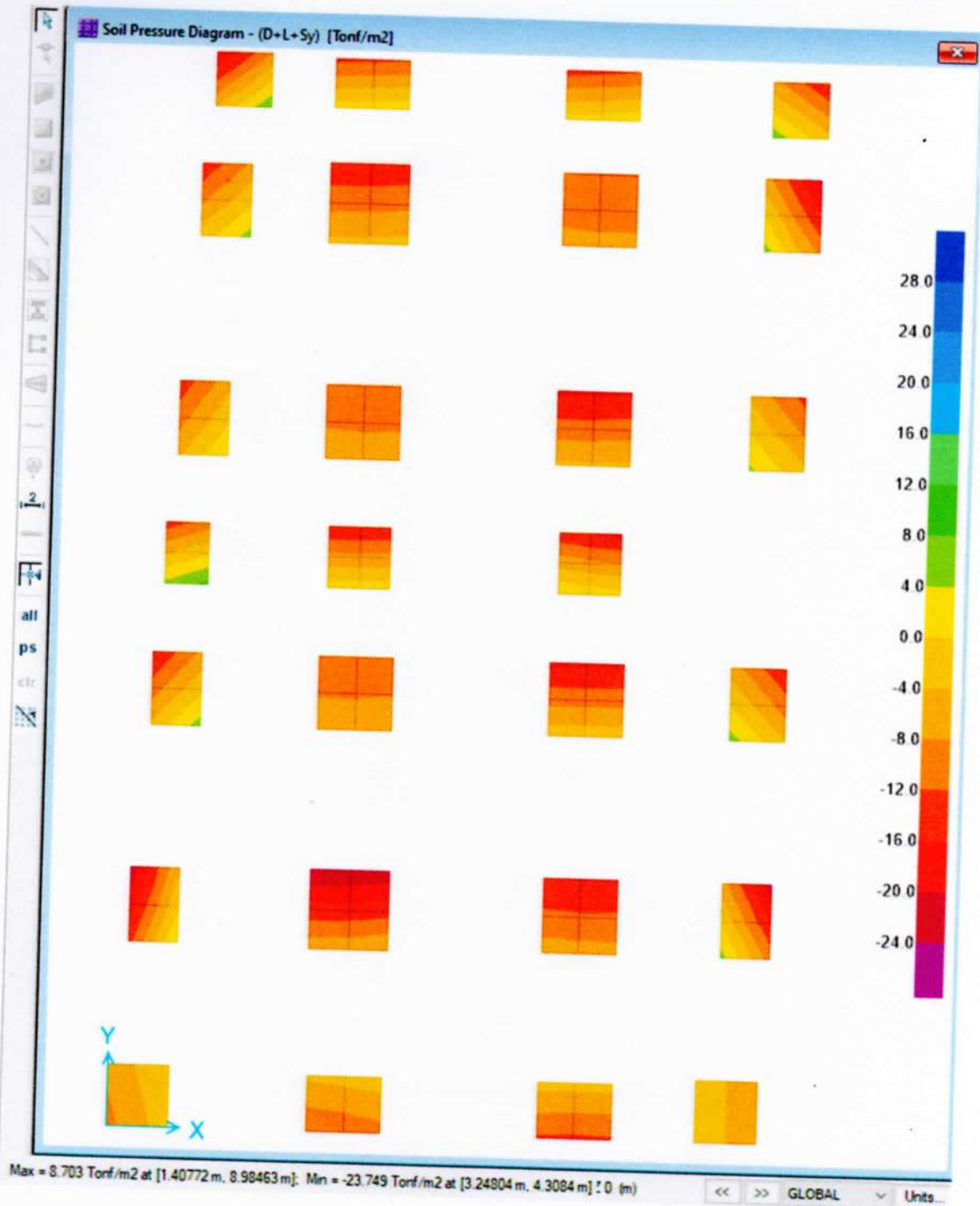


Figura 71. Esfuerzo admisible en T/m^2 para combinación D+L+Sy.

Cuando se puede ver en las escalas de calizas anteriores, ningún esfuerzo sobrepasa el esfuerzo admisible en el suelo, que es de 25.00 T/m^2 de acuerdo con el estado de suelos para cargas de servicio. En el caso en que se incluye el sismo se permite proporcionar un 33% extra en la capacidad del suelo; y como se observa, tampoco se sobrepasa ese valor, que para este caso es 33.25 T/m^2 .

3.2. Chequeo de asentamientos y pronosamiento

Los asentamientos en la cimentación son pequeños, como puede observarse en la escala de calizas de la muestra que se presenta en la figura siguiente.

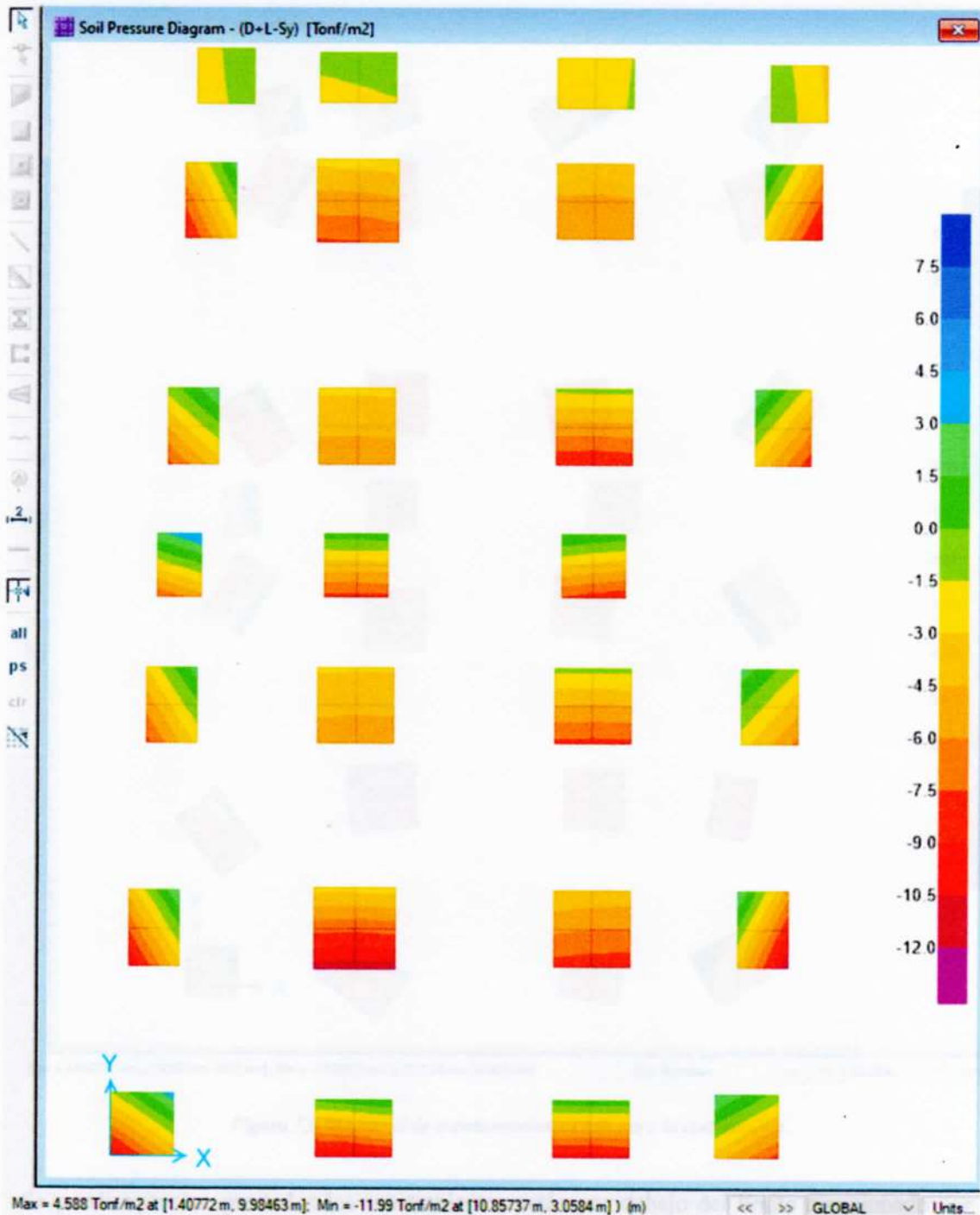


Figura 72. Esfuerzo admisible en T/m^2 para combinación D+L-Sy.

Como se puede ver en las escalas de colores anteriores, ningún esfuerzo sobrepasa el esfuerzo admisible en el suelo, que es de $25.00 T/m^2$ de acuerdo con el estudio de suelos para cargas de servicio. En el caso en que se incluye el sismo se permite considerar un 33% extra en la capacidad del suelo y como se observa, tampoco se sobrepasa ese valor, que para este caso es $33.25 T/m^2$.

5.2. Chequeo de asentamientos y punzonamiento

Los asentamientos en la cimentación son pequeños, como puede observarse en la escala de colores de la muestra que se presenta en la figura siguiente.

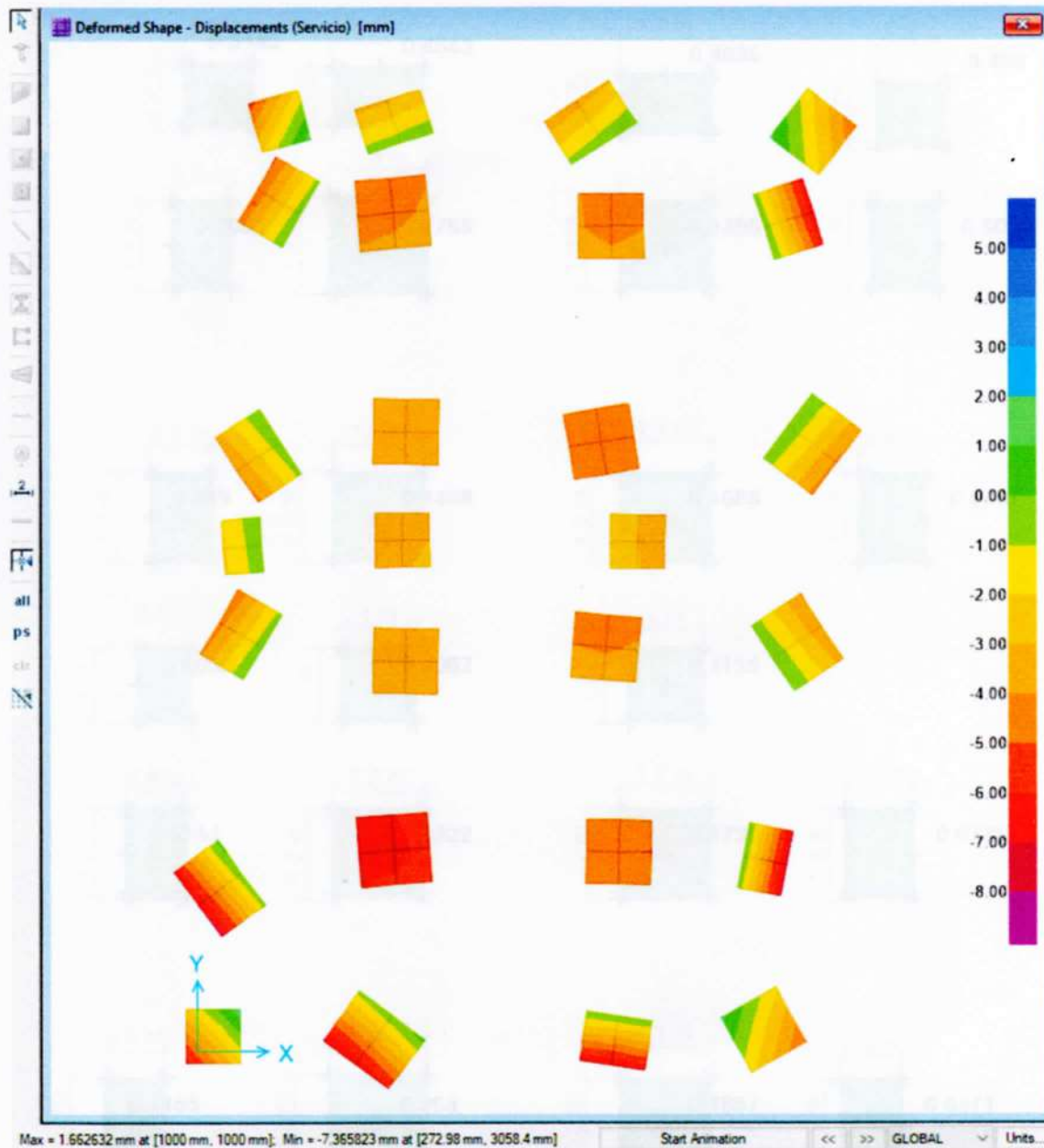


Figura 73. Magnitud de asentamientos en mm para la cimentación.

Se puede apreciar que todos los asentamientos están por debajo del límite mencionado por la normativa que es de 25mm.

Figura 74. Coeficientes de permisividad

Verificando que los coeficientes de permisividad sean todos menores a 1, por lo que no se produce el efecto de corte por parte de las columnas sobre las zapatas.

Para completar el diseño de la cimentación, se presentará e dimensionará la cuantía de acero en las zapatas que conforman los bases de las zapatas.

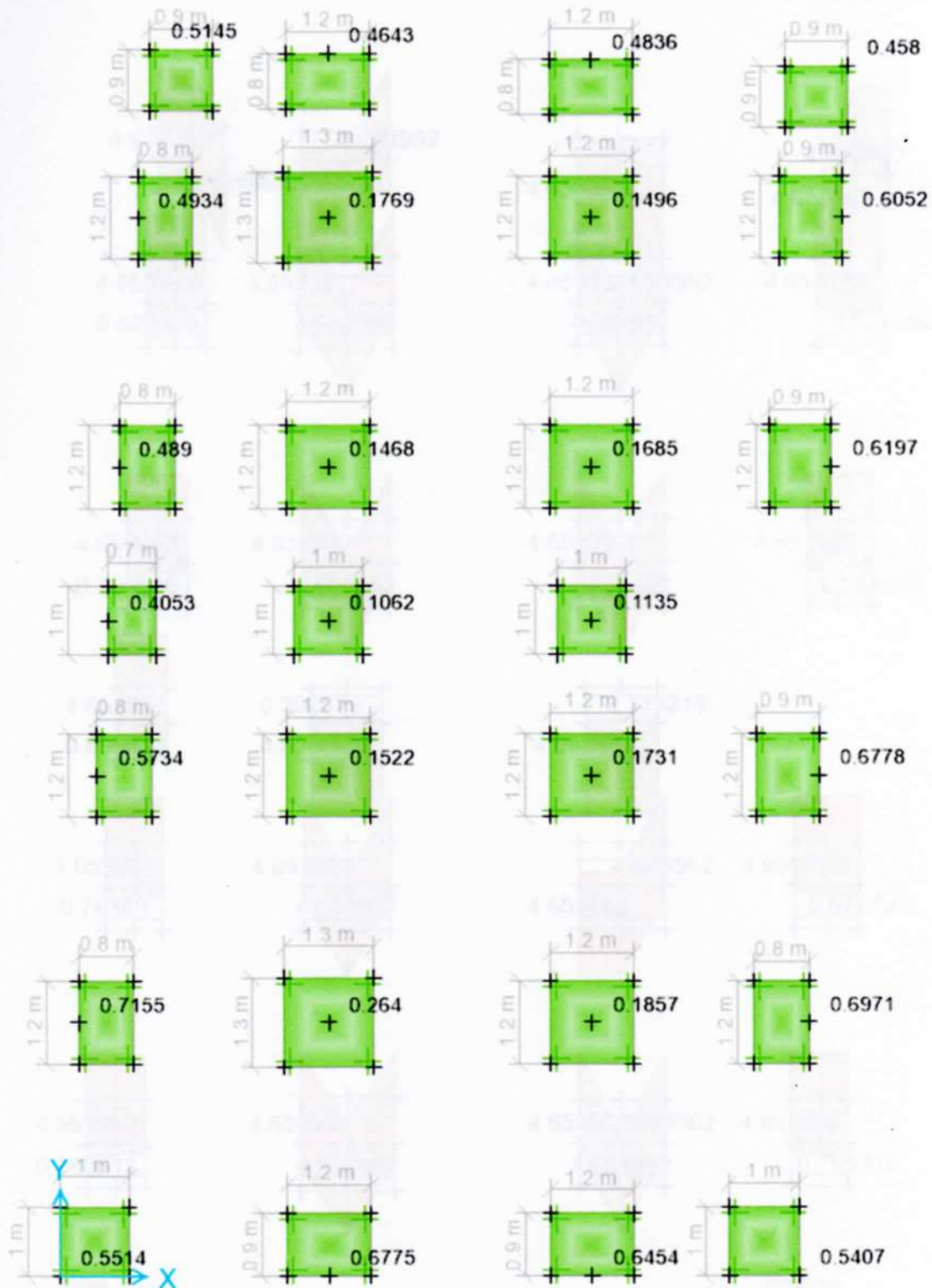


Figura 74. Coeficientes de punzonamiento.

Vemos que los coeficientes de punzonamiento son todos menores a 1, por lo que no se produce el efecto de corte por parte de las columnas sobre las zapatas.

Para completar el diseño de la cimentación, se presenta a continuación la cuantía de acero en cada dirección que conforma las bases de las zapatas.

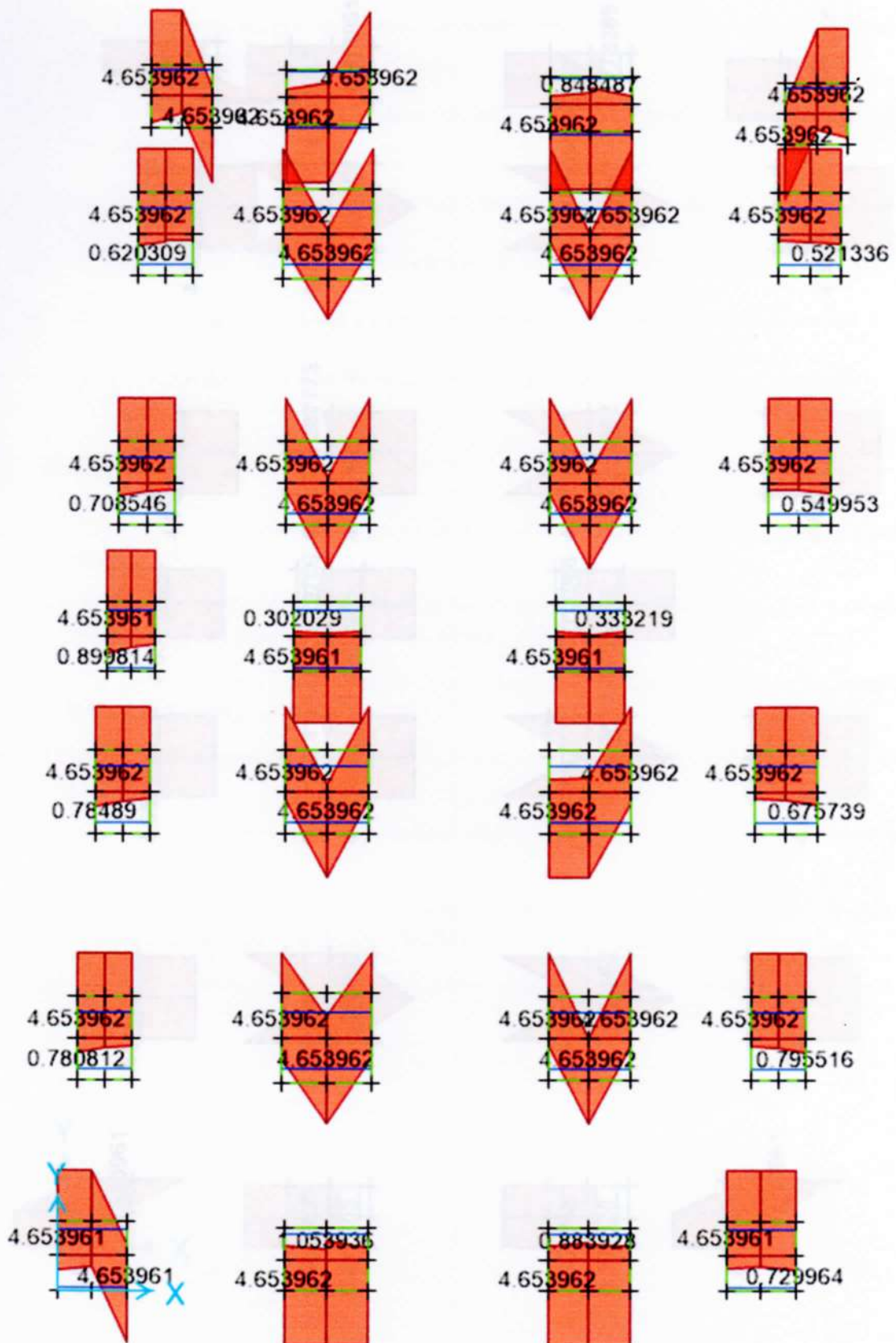


Figura 75. Cuanía de acero de refuerzo en dirección x en cm^2/m .

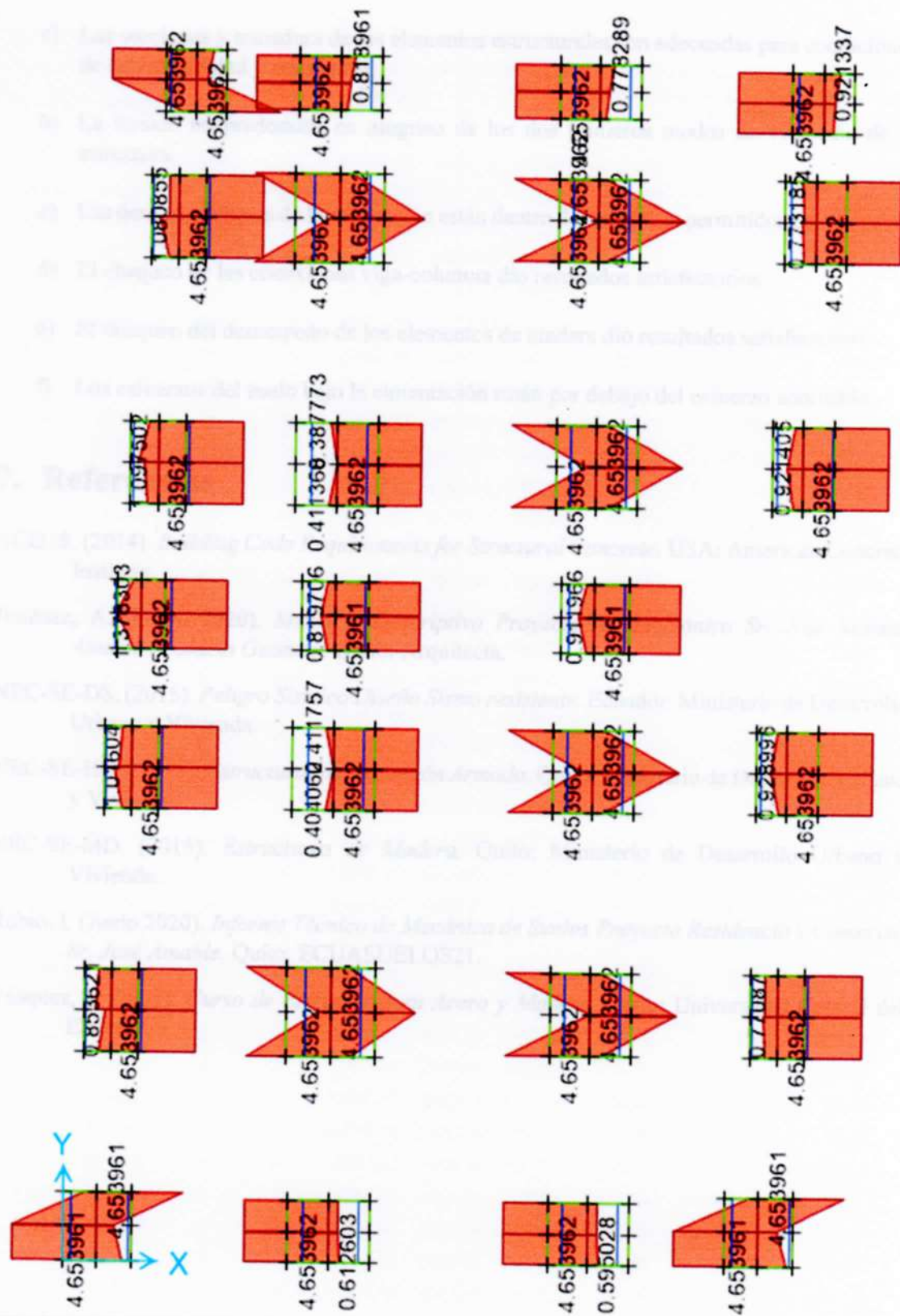


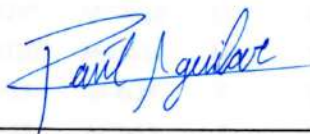
Figura 76. Cuanía de acero de refuerzo en dirección y en cm^2/m .

6. Conclusiones

- a) Las secciones y armadura de los elementos estructurales son adecuadas para condiciones de serviciabilidad y resistencia.
- b) La torsión no predomina en ninguno de los dos primeros modos de vibración de la estructura.
- c) Las derivas máximas de la edificación están dentro de los límites permitidos por la norma.
- d) El chequeo de las conexiones viga-columna dio resultados satisfactorios.
- e) El chequeo del desempeño de los elementos de madera dio resultados satisfactorios.
- f) Los esfuerzos del suelo bajo la cimentación están por debajo del esfuerzo admisible.

7. Referencias

- ACI318. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. USA: American Concrete Institute.
- Jiménez, A. (Enero 2020). *Memoria Descriptiva Proyecto Arquitectónico Sr. José Manuel Amable Poalacín Guamán*. Quito: Arquitecta.
- NEC-SE-DS. (2015). *Peligro Sísmico Diseño Sismo resistente*. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC-SE-HM. (2015). *Estructuras de Hormigón Armado*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC-SE-MD. (2015). *Estructuras de Madera*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Rubio, I. (Junio 2020). *Informe Técnico de Mecánica de Suelos Proyecto Residencia y Comercio Sr. José Amable*. Quito: ECUASUELOS21.
- Vásquez, J. (2001). *Curso de Estructuras en Acero y Madera*. Quito: Universidad Central del Ecuador.



Ing. Paúl Aguilar

Ingeniero Civil Mención Estructuras

SENESCYT: 1001-2019-2114360

8. Anexo

Fuerzas internas y esfuerzos por elemento en cubierta de madera:

Elemento	Sección	b	h	M	N	V	σ_m corregido	σ_t corregido	σ_c corregido
		cm	cm	kg-cm	kg	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
B307	M 14x14	14	14	18006.61	9459.45	350.35	125.78	96.53	10.73
B308	M 14x14	14	14	15214.88	7261.80	445.90	106.28	74.10	13.65
B310	M 14x14	14	14	26102.60	11561.55	350.35	182.33	117.98	10.73
B311	M 14x14	14	14	21915.02	10606.05	318.50	153.08	108.23	9.75
B312	M 14x14	14	14	25125.50	10223.85	382.20	175.50	104.33	11.70
B313	M 14x14	14	14	16471.16	11179.35	350.35	115.05	114.08	10.73
B315	M 14x14	14	14	10468.96	7835.10	318.50	73.13	79.95	9.75
B317	M 14x14	14	14	15354.47	11083.80	318.50	107.25	113.10	9.75
B320	M 14x14	14	14	17867.02	8408.40	414.05	124.80	85.80	12.68
B321	M 14x14	14	14	19123.29	10510.50	445.90	133.58	107.25	13.65
B322	M 14x14	14	14	17308.67	7739.55	350.35	120.90	78.98	10.73
B323	M 14x14	14	14	24985.91	11370.45	318.50	174.53	116.03	9.75
B324	M 14x14	14	14	19821.22	10223.85	382.20	138.45	104.33	11.70
B326	M 14x14	14	14	11166.89	7357.35	318.50	78.00	75.08	9.75
B327	M 14x14	14	14	10887.71	7548.45	414.05	76.05	77.03	12.68
B328	M 14x14	14	14	25404.67	11657.10	414.05	177.45	118.95	12.68
B330	M 14x14	14	14	24148.39	9268.35	477.75	168.68	94.58	14.63
B332	M 14x14	14	14	15773.23	8695.05	350.35	110.18	88.73	10.73
B333	M 14x14	14	14	15214.88	10414.95	414.05	106.28	106.28	12.68
B334	M 14x14	14	14	26940.11	11561.55	318.50	188.18	117.98	9.75
B335	M 14x14	14	14	21915.02	10892.70	318.50	153.08	111.15	9.75
B336	M 14x14	14	14	12841.92	10223.85	445.90	89.70	104.33	13.65
B337	M 14x14	14	14	14516.95	8312.85	414.05	101.40	84.83	12.68
B338	M 14x14	14	14	19681.64	9650.55	350.35	137.48	98.48	10.73
B339	M 14x14	14	14	19960.81	10510.50	445.90	139.43	107.25	13.65
B340	M 14x14	14	14	20379.57	10701.60	414.05	142.35	109.20	12.68
B341	M 14x14	14	14	17448.26	10606.05	445.90	121.88	108.23	13.65
B342	M 14x14	14	14	10608.54	8312.85	350.35	74.10	84.83	10.73
B343	M 14x14	14	14	17867.02	7548.45	414.05	124.80	77.03	12.68
B344	M 14x14	14	14	23450.46	9746.10	477.75	163.80	99.45	14.63
B345	M 14x14	14	14	20798.33	11657.10	382.20	145.28	118.95	11.70
B346	M 14x14	14	14	15075.30	8408.40	350.35	105.30	85.80	10.73
B347	M 14x14	14	14	15354.47	9841.65	318.50	107.25	100.43	9.75
B349	M 14x14	14	14	25963.01	8790.60	445.90	181.35	89.70	13.65
B350	M 14x14	14	14	14935.71	8408.40	445.90	104.33	85.80	13.65
B11	M 7x14	7	14	13121.09	4060.88	191.10	183.30	82.88	11.70
B13	M 7x14	7	14	6700.13	4586.40	207.03	93.60	93.60	12.68
B14	M 7x14	7	14	7049.10	4060.88	222.95	98.48	82.88	13.65
B15	M 7x14	7	14	8514.75	5111.93	238.88	118.95	104.33	14.63
B17	M 7x14	7	14	11166.89	5398.58	207.03	156.00	110.18	12.68

B18	M 7x14	7	14	10957.51	5828.55	222.95	153.08	118.95	13.65
B21	M 7x14	7	14	9003.30	5876.33	159.25	125.78	119.93	9.75
B65	M 14x14	14	14	19821.22	8981.70	318.50	138.45	91.65	9.75
B66	M 14x14	14	14	16750.33	9555.00	445.90	117.00	97.50	13.65
B67	M 14x14	14	14	13539.85	8599.50	414.05	94.58	87.75	12.68
B68	M 14x14	14	14	24567.15	7930.65	318.50	171.60	80.93	9.75
B69	M 14x14	14	14	14796.13	8121.75	414.05	103.35	82.88	12.68
B70	M 14x14	14	14	22194.19	7548.45	382.20	155.03	77.03	11.70
B71	M 14x14	14	14	19821.22	7644.00	350.35	138.45	78.00	10.73
B72	M 14x14	14	14	15912.81	10606.05	414.05	111.15	108.23	12.68
B73	M 14x14	14	14	14656.54	7261.80	382.20	102.38	74.10	11.70
B74	M 10x10	10	10	7325.22	4631.25	162.50	140.40	92.63	9.75
B75	M 10x10	10	10	4425.65	5557.50	178.75	84.83	111.15	10.73
B76	M 10x10	10	10	4069.57	4485.00	195.00	78.00	89.70	11.70
B77	M 10x10	10	10	6511.30	4387.50	178.75	124.80	87.75	10.73
B78	M 10x10	10	10	8393.48	4436.25	195.00	160.88	88.73	11.70
B79	M 10x10	10	10	4527.39	5411.25	162.50	86.78	108.23	9.75
B80	M 10x10	10	10	5290.43	5460.00	227.50	101.40	109.20	13.65
B86	M 10x10	10	10	9868.70	4241.25	211.25	189.15	84.83	12.68
B87	M 10x10	10	10	5086.96	4728.75	227.50	97.50	94.58	13.65
B88	M 7x14	7	14	7118.89	5780.78	159.25	99.45	117.98	9.75
B89	M 7x14	7	14	12911.71	5255.25	159.25	180.38	107.25	9.75
B92	M 7x7	7	7	2425.31	2842.61	87.59	135.53	116.03	10.73
B101	M 7x7	7	7	1657.58	2627.63	111.48	92.63	107.25	13.65
B1	M 7x14	7	14	12283.58	5733.00	222.95	171.60	117.00	13.65
B3	M 7x14	7	14	7956.41	4968.60	159.25	111.15	101.40	9.75
B5	M 7x14	7	14	12074.20	5494.13	238.88	168.68	112.13	14.63
B7	M 7x14	7	14	11306.47	5159.70	191.10	157.95	105.30	11.70
C33	M 14x14	14	14	23171.29	10701.60	445.90	161.85	109.20	13.65
C34	M 14x14	14	14	11027.30	9268.35	477.75	77.03	94.58	14.63
C35	M 14x14	14	14	24008.81	8503.95	350.35	167.70	86.78	10.73
C36	M 14x14	14	14	23310.88	9650.55	445.90	162.83	98.48	13.65
C37	M 14x14	14	14	14516.95	10510.50	318.50	101.40	107.25	9.75
C38	M 14x14	14	14	11864.82	8121.75	382.20	82.88	82.88	11.70
C39	M 14x14	14	14	23310.88	10988.25	318.50	162.83	112.13	9.75
C40	M 14x14	14	14	22752.53	10606.05	350.35	158.93	108.23	10.73
C41	M 14x14	14	14	20658.74	9937.20	477.75	144.30	101.40	14.63
C42	M 14x14	14	14	17029.50	10701.60	414.05	118.95	109.20	12.68
C55	M 14x14	14	14	24008.81	9746.10	318.50	167.70	99.45	9.75
C56	M 14x14	14	14	21217.09	10988.25	414.05	148.20	112.13	12.68
C58	M 14x14	14	14	23031.70	8503.95	350.35	160.88	86.78	10.73
C60	M 14x14	14	14	26521.36	11274.90	350.35	185.25	115.05	10.73
C61	M 14x14	14	14	21356.67	11752.65	318.50	149.18	119.93	9.75
C62	M 14x14	14	14	15214.88	10128.30	445.90	106.28	103.35	13.65
C63	M 14x14	14	14	18006.61	7261.80	414.05	125.78	74.10	12.68
C64	M 14x14	14	14	23590.05	9268.35	414.05	164.78	94.58	12.68

C65	M 14x14	14	14	12423.16	7452.90	350.35	86.78	76.05	10.73
C66	M 14x14	14	14	12423.16	7835.10	382.20	86.78	79.95	11.70
C67	M 14x14	14	14	18285.78	10797.15	445.90	127.73	110.18	13.65
C68	M 14x14	14	14	22054.60	9363.90	477.75	154.05	95.55	14.63
C69	M 14x14	14	14	10748.13	10319.40	414.05	75.08	105.30	12.68
C70	M 14x14	14	14	10887.71	10032.75	350.35	76.05	102.38	10.73
C71	M 10x10	10	10	6511.30	5021.25	211.25	124.80	100.43	12.68
C72	M 10x10	10	10	6562.17	5167.50	211.25	125.78	103.35	12.68
C73	M 10x10	10	10	4629.13	3948.75	162.50	88.73	78.98	9.75
C74	M 10x10	10	10	9309.13	3900.00	178.75	178.43	78.00	10.73
C75	M 10x10	10	10	7783.04	5801.25	243.75	149.18	116.03	14.63
C76	M 10x10	10	10	9461.74	4680.00	178.75	181.35	93.60	10.73
C77	M 10x10	10	10	4883.48	5216.25	243.75	93.60	104.33	14.63
C78	M 10x10	10	10	7121.74	4046.25	162.50	136.50	80.93	9.75
C80	M 10x10	10	10	9156.52	3802.50	178.75	175.50	76.05	10.73
C81	M 10x10	10	10	3662.61	3851.25	178.75	70.20	77.03	10.73
C82	M 10x10	10	10	3662.61	5411.25	178.75	70.20	108.23	10.73
C84	M 10x10	10	10	4883.48	5167.50	195.00	93.60	103.35	11.70
C85	M 10x10	10	10	8698.70	4387.50	195.00	166.73	87.75	11.70
C86	M 10x10	10	10	4323.91	5508.75	162.50	82.88	110.18	9.75
C87	M 10x10	10	10	4120.43	5216.25	162.50	78.98	104.33	9.75
C88	M 10x10	10	10	7783.04	4143.75	162.50	149.18	82.88	9.75
C89	M 7x7	7	7	2913.86	1934.89	111.48	162.83	78.98	13.65
C90	M 7x7	7	7	2931.31	2125.99	111.48	163.80	86.78	13.65
C91	M 10x10	10	10	9512.61	4582.50	195.00	182.33	91.65	11.70
C92	M 7x7	7	7	2512.55	2149.88	79.63	140.40	87.75	9.75
C94	M 10x10	10	10	8444.35	5557.50	178.75	161.85	111.15	10.73
C95	M 10x10	10	10	6918.26	5703.75	227.50	132.60	114.08	13.65
C96	M 7x7	7	7	2669.58	2794.84	79.63	149.18	114.08	9.75
C98	M 10x10	10	10	4273.04	5947.50	211.25	81.90	118.95	12.68
C99	M 10x10	10	10	7477.83	5362.50	243.75	143.33	107.25	14.63
C100	M 10x10	10	10	8393.48	3802.50	243.75	160.88	76.05	14.63
C101	M 10x10	10	10	4222.17	3802.50	211.25	80.93	76.05	12.68
C102	M 10x10	10	10	4883.48	4143.75	243.75	93.60	82.88	14.63
C103	M 7x7	7	7	1587.79	2914.28	103.51	88.73	118.95	12.68
C105	M 10x10	10	10	3764.35	4485.00	195.00	72.15	89.70	11.70
C106	M 7x7	7	7	2617.24	2532.08	111.48	146.25	103.35	13.65
C107	M 7x7	7	7	2303.17	2006.55	87.59	128.70	81.90	10.73
C1	M 7x7	7	7	2617.24	2030.44	111.48	146.25	82.88	13.65
C2	M 7x7	7	7	2041.45	2914.28	119.44	114.08	118.95	14.63
C3	M 7x7	7	7	1465.65	2866.50	119.44	81.90	117.00	14.63
C4	M 10x10	10	10	9919.57	5460.00	211.25	190.13	109.20	12.68
C5	M 10x10	10	10	9410.87	5362.50	162.50	180.38	107.25	9.75
C6	M 10x10	10	10	9054.78	4582.50	195.00	173.55	91.65	11.70
C7	M 10x10	10	10	6256.96	5021.25	227.50	119.93	100.43	13.65
D41	M 10x10	10	10	3560.87	4338.75	162.50	68.25	86.78	9.75

D42	M 10x10	10	10	9563.48	4680.00	211.25	183.30	93.60	12.68
D44	M 10x10	10	10	8342.61	4972.50	195.00	159.90	99.45	11.70
D51	M 10x10	10	10	4069.57	4680.00	178.75	78.00	93.60	10.73
D52	M 10x10	10	10	3611.74	5850.00	211.25	69.23	117.00	12.68
D54	M 10x10	10	10	5646.52	5947.50	211.25	108.23	118.95	12.68
D55	M 10x10	10	10	9716.09	4680.00	162.50	186.23	93.60	9.75
D56	M 10x10	10	10	9105.65	4680.00	227.50	174.53	93.60	13.65
D57	M 10x10	10	10	8037.39	5898.75	243.75	154.05	117.98	14.63
D58	M 10x10	10	10	8240.87	3753.75	195.00	157.95	75.08	11.70
D59	M 10x10	10	10	8546.09	5118.75	195.00	163.80	102.38	11.70
D60	M 10x10	10	10	7426.96	5411.25	178.75	142.35	108.23	10.73
D61	M 10x10	10	10	9156.52	4485.00	227.50	175.50	89.70	13.65
D64	M 10x10	10	10	7274.35	5362.50	178.75	139.43	107.25	10.73
D65	M 10x10	10	10	3815.22	4875.00	195.00	73.13	97.50	11.70
D66	M 10x10	10	10	7935.65	5265.00	195.00	152.10	105.30	11.70
D67	M 10x10	10	10	8291.74	3851.25	243.75	158.93	77.03	14.63
D68	M 10x10	10	10	7172.61	5362.50	162.50	137.48	107.25	9.75
D69	M 10x10	10	10	5646.52	4680.00	162.50	108.23	93.60	9.75
D72	M 10x10	10	10	4018.70	4728.75	162.50	77.03	94.58	9.75
D73	M 10x10	10	10	8851.30	3900.00	227.50	169.65	78.00	13.65
D74	M 10x10	10	10	8851.30	4777.50	162.50	169.65	95.55	9.75
D75	M 10x10	10	10	4120.43	4631.25	195.00	78.98	92.63	11.70
D76	M 10x10	10	10	4171.30	5655.00	195.00	79.95	113.10	11.70
D77	M 10x10	10	10	5392.17	3705.00	227.50	103.35	74.10	13.65
D78	M 10x10	10	10	9716.09	4241.25	162.50	186.23	84.83	9.75
D79	M 10x10	10	10	7630.43	4485.00	195.00	146.25	89.70	11.70
D81	M 10x10	10	10	5493.91	5947.50	162.50	105.30	118.95	9.75
D82	M 10x10	10	10	7986.52	5411.25	162.50	153.08	108.23	9.75
D84	M 10x10	10	10	8037.39	3948.75	211.25	154.05	78.98	12.68
D85	M 10x10	10	10	6867.39	4680.00	162.50	131.63	93.60	9.75
D87	M 10x10	10	10	7783.04	4485.00	243.75	149.18	89.70	14.63
D88	M 7x7	7	7	1657.58	2078.21	103.51	92.63	84.83	12.68
D1	M 7x7	7	7	2652.14	2579.85	103.51	148.20	105.30	12.68
D2	M 7x7	7	7	1657.58	2890.39	95.55	92.63	117.98	11.70
D3	M 7x7	7	7	2477.65	2221.54	103.51	138.45	90.68	12.68
D4	M 7x7	7	7	2669.58	2603.74	95.55	149.18	106.28	11.70
D5	M 7x7	7	7	3001.10	2532.08	87.59	167.70	103.35	10.73
D6	M 7x7	7	7	3402.41	2532.08	103.51	190.13	103.35	12.68
D7	M 7x7	7	7	1779.72	2269.31	119.44	99.45	92.63	14.63
B311	M 7x7	7	7	2878.96	2197.65	111.48	160.88	89.70	13.65
B312	M 7x7	7	7	2983.65	2197.65	95.55	166.73	89.70	11.70
B322	M 10x10	10	10	5595.65	5508.75	195.00	107.25	110.18	11.70
B323	M 10x10	10	10	5748.26	4875.00	162.50	110.18	97.50	9.75
B324	M 10x10	10	10	6511.30	4972.50	211.25	124.80	99.45	12.68
B332	M 7x7	7	7	2093.79	1911.00	87.59	117.00	78.00	10.73
B339	M 7x7	7	7	3053.45	2651.51	87.59	170.63	108.23	10.73

B340	M 7x7	7	7	3367.51	2102.10	111.48	188.18	85.80	13.65
B341	M 14x14	14	14	27079.70	10223.85	477.75	189.15	104.33	14.63
B344	M 14x14	14	14	25125.50	7166.25	414.05	175.50	73.13	12.68
B345	M 14x14	14	14	23729.63	10988.25	414.05	165.75	112.13	12.68
B33	M 14x14	14	14	11306.47	11179.35	318.50	78.98	114.08	9.75
B34	M 14x14	14	14	21356.67	8026.20	414.05	149.18	81.90	12.68
B36	M 14x14	14	14	26242.18	11370.45	318.50	183.30	116.03	9.75
B37	M 14x14	14	14	15912.81	8599.50	477.75	111.15	87.75	14.63
B38	M 14x14	14	14	20100.40	11083.80	477.75	140.40	113.10	14.63
B39	M 14x14	14	14	18006.61	7739.55	350.35	125.78	78.98	10.73
B40	M 14x14	14	14	25404.67	11561.55	318.50	177.45	117.98	9.75
B41	M 14x14	14	14	16052.40	10510.50	477.75	112.13	107.25	14.63
B42	M 14x14	14	14	23450.46	8408.40	445.90	163.80	85.80	13.65
B43	M 14x14	14	14	11306.47	9555.00	350.35	78.98	97.50	10.73
B44	M 14x14	14	14	18983.71	7739.55	382.20	132.60	78.98	11.70
B46	M 14x14	14	14	24427.57	10032.75	414.05	170.63	102.38	12.68
B47	M 14x14	14	14	15494.06	10128.30	350.35	108.23	103.35	10.73
B48	M 14x14	14	14	20239.98	7835.10	445.90	141.38	79.95	13.65
B49	M 14x14	14	14	18983.71	11179.35	350.35	132.60	114.08	10.73
B50	M 14x14	14	14	18844.12	7835.10	318.50	131.63	79.95	9.75
B51	M 14x14	14	14	20658.74	7739.55	445.90	144.30	78.98	13.65
B52	M 14x14	14	14	22892.12	8695.05	477.75	159.90	88.73	14.63
B53	M 14x14	14	14	17308.67	7644.00	477.75	120.90	78.00	14.63
B54	M 14x14	14	14	18146.19	10797.15	445.90	126.75	110.18	13.65
B55	M 14x14	14	14	14098.19	9459.45	318.50	98.48	96.53	9.75
B56	M 14x14	14	14	13260.68	9363.90	382.20	92.63	95.55	11.70
B57	M 14x14	14	14	14935.71	10032.75	414.05	104.33	102.38	12.68
B58	M 14x14	14	14	21077.50	11752.65	318.50	147.23	119.93	9.75
B59	M 14x14	14	14	20100.40	9172.80	382.20	140.40	93.60	11.70
B60	M 14x14	14	14	10748.13	11657.10	318.50	75.08	118.95	9.75
B61	M 14x14	14	14	26660.94	11370.45	445.90	186.23	116.03	13.65
B62	M 14x14	14	14	21915.02	10414.95	318.50	153.08	106.28	9.75
B63	M 14x14	14	14	25404.67	10510.50	445.90	177.45	107.25	13.65
B64	M 14x14	14	14	15354.47	8981.70	414.05	107.25	91.65	12.68
B81	M 14x14	14	14	26381.77	10414.95	445.90	184.28	106.28	13.65
B82	M 14x14	14	14	12841.92	9555.00	445.90	89.70	97.50	13.65
B83	M 14x14	14	14	15633.64	10319.40	445.90	109.20	105.30	13.65
B84	M 14x14	14	14	20937.91	9077.25	414.05	146.25	92.63	12.68
B85	M 14x14	14	14	10608.54	8886.15	414.05	74.10	90.68	12.68
B90	M 14x14	14	14	22054.60	7644.00	318.50	154.05	78.00	9.75
B91	M 14x14	14	14	20658.74	11370.45	477.75	144.30	116.03	14.63
B93	M 14x14	14	14	21077.50	7739.55	445.90	147.23	78.98	13.65
B95	M 14x14	14	14	14516.95	8790.60	350.35	101.40	89.70	10.73
B97	M 14x14	14	14	20519.15	7548.45	477.75	143.33	77.03	14.63
B99	M 14x14	14	14	11725.23	7452.90	350.35	81.90	76.05	10.73
B100	M 14x14	14	14	24008.81	11466.00	477.75	167.70	117.00	14.63

B2	M 14x14	14	14	26242.18	9363.90	350.35	183.30	95.55	10.73
B4	M 14x14	14	14	16471.16	9937.20	445.90	115.05	101.40	13.65
B6	M 7x14	7	14	11236.68	4777.50	222.95	156.98	97.50	13.65
B8	M 7x14	7	14	12772.13	4204.20	238.88	178.43	85.80	14.63
