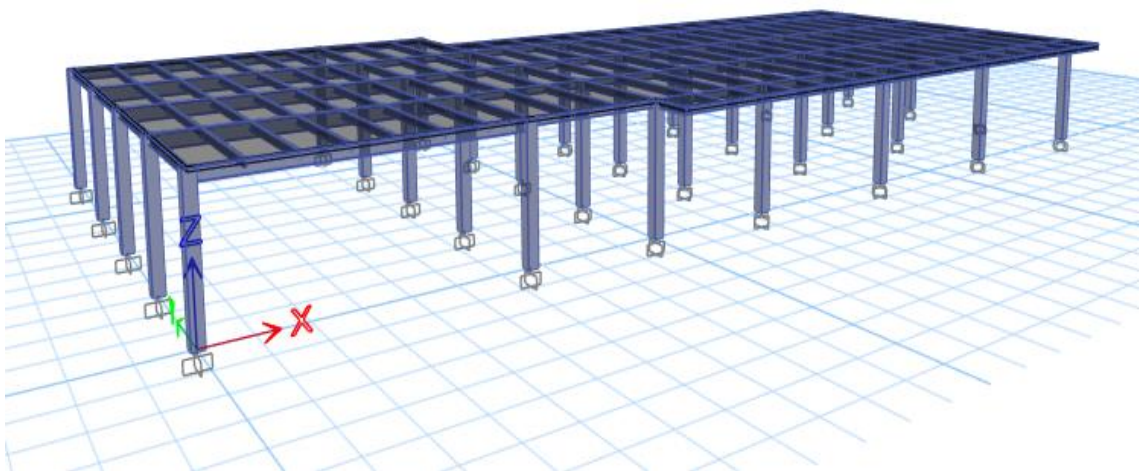


MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL CIMENTACION, DADOS, LOSA PLACA COLABORANTE.



CONSTRUCCION DE PLATAFORMA ADMINISTRATIVA DE LA EPM RP SD

DICIEMBRE- 2024

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1.Introducción

El presente documento busca describir y detallar los criterios de diseño, materiales, consideraciones, concepción estructural, análisis y diseño de los elementos estructurales del proyecto **CONSTRUCCION DE PLATAFORMA ADMINISTRATIVAS DE LA EPM RP SD**

1.2.Objetivo

El objetivo principal de esta memoria es describir y detallar la metodología de cálculo de los distintos elementos estructurales (cimentación, columnas, vigas, losas, etc.)

2. NORMAS Y REFERENCIAS

Las siguientes son las principales referencias utilizadas para el cálculo estructural:

NEC 15, Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-CG: Cargas (No sísmicas).

NEC 15, Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-SE-DS: Peligro Sísmico

ASCE 7-16 American Society of Civil Engineers

ACI 318-19, Building Code Requirements for Structural Concrete.

ANSI/AISC 16, Specification for Structural Steel Buildings

3. MATERIALES

3.1.Acero estructural

El acero estructural utilizado será ASTM A36 de acuerdo a la NTE INEN 115 con una tensión especificada a la fluencia mínima $f_y = 3520 \text{ kg/cm}^2$. El límite elástico del acero A36 es 250 MPA, 36300 Psi lo equivalente a $2500000.00 \text{ kg/cm}^2$, el módulo de Poisson es de 0.3 y el peso específico de 7.849 ton/m^3 .

Figura 1. Acero estructural en Columnas y Vigas

3.2.Hormigón estructural.

La resistencia mínima especificada del hormigón a la compresión a los 28 días (ensayada en cilindros) corresponderá 210, 240 kg/cm². El módulo de elasticidad para hormigón de densidad normal, como es el caso, se calculará con la expresión $13500 \cdot (f'_c)^{0.5}$, donde f'_c está en [kg/cm²], El coeficiente de Poisson es 0.20.

Figura 2. Hormigón

3.3.Acero de refuerzo

El acero de refuerzo empleado para el hormigón armado es del tipo con resaltes ASTM A615M Gr. 60 [420] de acuerdo a la INEN 102, con una tensión especificada de $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

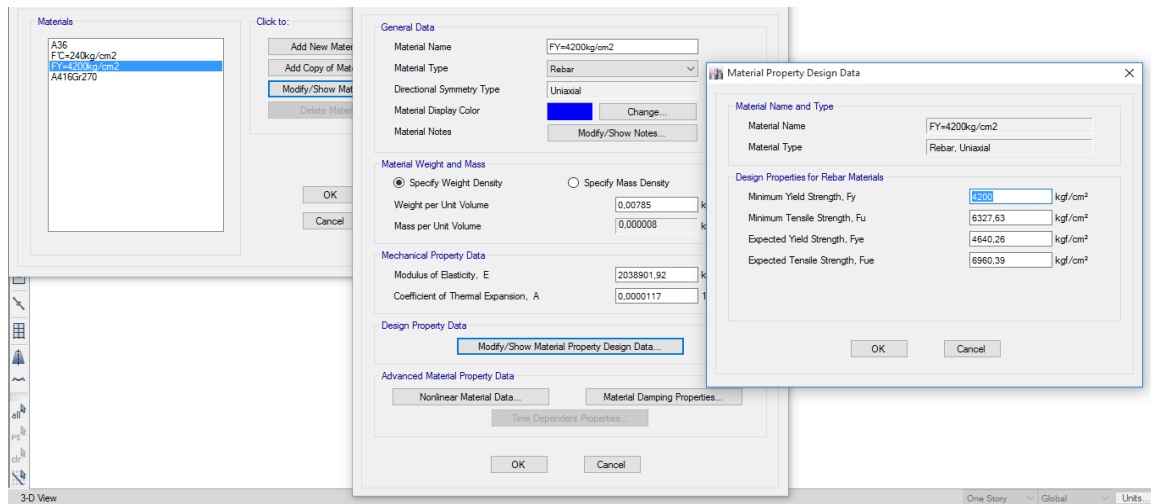


Figura 3. Acero de refuerzo

4. CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL

Para el proyecto objeto de análisis, se establecen esquemas estructurales en base a la arquitectura provista, estructura con acero estructural ASTM A36. El sistema general planteado es una estructura a porticada, formada con columnas tipo cajón rellenas de hormigón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, vigas principales tipo I y secundarias tipo I, fabricadas en base de perfiles y plancha de acero ASTM A36; el sistema de piso está constituido por placa colaborante deck y loseta de hormigón armado con malla electro soldada.

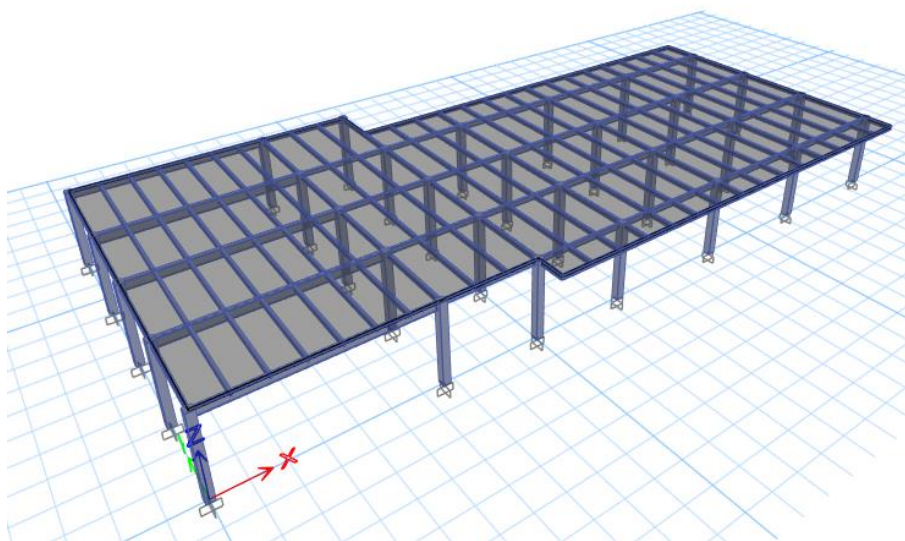


Figura 4. Configuración estructural 3D

A continuación, se presentan las secciones de columnas, vigas, viguetas y losa

utilizadas en los modelos matemáticos de las estructuras:

General Data

Property Name: COL 30X30X8

Material: A572Gr50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Filled Steel Tube

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.3 m

Total Width: 0.3 m

Flange Thickness: 0.008 m

Web Thickness: 0.008 m

Corner Radius: 0 m

Show Section Properties...

Fill

Fill Material: f'c=210kg/cm2

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers... Currently Default

OK Cancel

Figura 5. Sección columna compuesta tipo CM1 300x300x8

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE400

Material: A572Gr50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: Euro Convert To User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.4 m

Top Flange Width: 0.18 m

Top Flange Thickness: 0.0135 m

Web Thickness: 0.0086 m

Bottom Flange Width: 0.18 m

Bottom Flange Thickness: 0.0135 m

Fillet Radius: 0.021 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers... Currently Default

OK Cancel

Figura 6. Sección Viga tipo IPE400

Figura 8. Sección Viga tipo IPE270

E Frame Section Property Data ✕

General Data

Property Name: IPE200

Material: A572Gr50 ...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange ...

Section Property Source

Source: Euro Convert To User Defined

Section Dimensions

Total Depth	0.2	m
Top Flange Width	0.1	m
Top Flange Thickness	0.0085	m
Web Thickness	0.0056	m
Bottom Flange Width	0.1	m
Bottom Flange Thickness	0.0085	m
Fillet Radius	0.012	m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

OK

Cancel

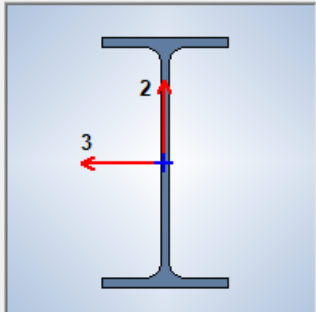


Figura 9. Sección Vigueta tipo IPE200

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: IPE180

Material: A572Gr50

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: Euro Convert To User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 0.18 m

Top Flange Width: 0.091 m

Top Flange Thickness: 0.008 m

Web Thickness: 0.0053 m

Bottom Flange Width: 0.091 m

Bottom Flange Thickness: 0.008 m

Fillet Radius: 0.009 m

Show Section Properties...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

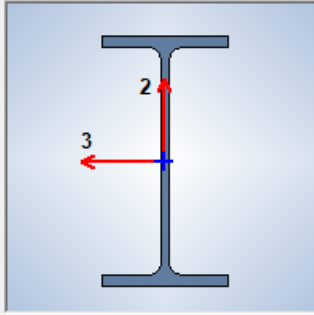


Figura 10. Sección Vigueta cubierta tipo VGT

5. HIPÓTESIS DE CARGAS

5.1. Carga Muerta

5.1.1. Carga Permanente Adicional

Las sobrecargas en las distintas edificaciones corresponden principalmente a: Acabados, masillados, mampostería, Instalaciones etc, adicionalmente se incluye el peso propio de la loseta tipo deck como carga muerta permanente. En el siguiente cuadro se detallan los valores previstos de cargas:

PLANTA 1		
RESUMEN DE CARGA PERMANENTE		
LOSA DECK e=12cm	200	kg/m2
MASILLADOS Y ACABADOS	100	kg/m2
MAMPOSTERIA	220	kg/m2
TOTAL	520	kg/m2

CUBIERTA		
RESUMEN DE CARGA PERMANENTE		
LOSA DECK e=10cm	200	kg/m2
MASILLADOS Y ACABADOS	100	kg/m2
TOTAL	300	kg/m2

Tabla 1. Patrones de carga utilizados.

5.1.2. Peso Propio

Se plantea utilizar un sistema aporticado de vigas tipo I y columnas tipo cajón, rellenas de hormigón, las cargas producidas por estos elementos y el relleno, los calcula automática el programa.

5.2. Carga Viva

Para todas las estructuras a excepción de las Oficinas, se toma una Carga Viva de acuerdo a la NEC-SE-CG para “Cubiertas planas, inclinadas y curvas” correspondiente a 70 kg/m². Para el caso de esta estructura, se toma una Carga Viva de acuerdo a la NEC-SE-CG correspondiente a 2.0 kN/m² = **240kg /m² oficinas y 360kg /m² para salones.**

5.3. Cargas usadas en los diferentes pisos para el diseño

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
PESO PROPIO	Dead	1	
PESO PROPIO	Dead	1	
CARGA VIVA	Live	0	
CARGA PERMANENTE	Super Dead	0	
SX	Seismic	0	User Coefficient
SY	Seismic	0	User Coefficient

Figura 11. Patrones de carga utilizados.

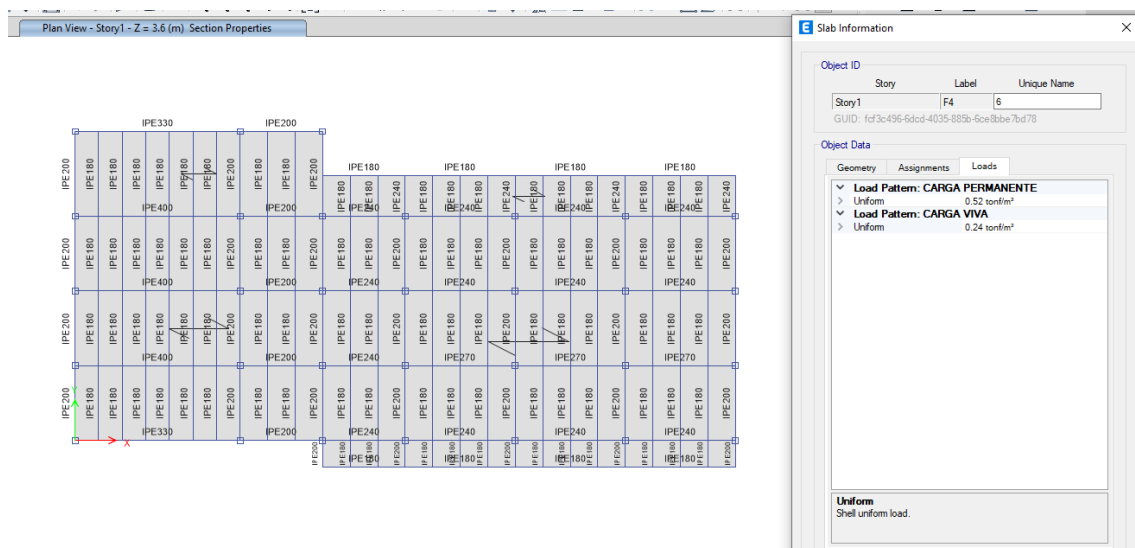


Figura 12. Ejemplo de carga permanente aplicadas en losas.

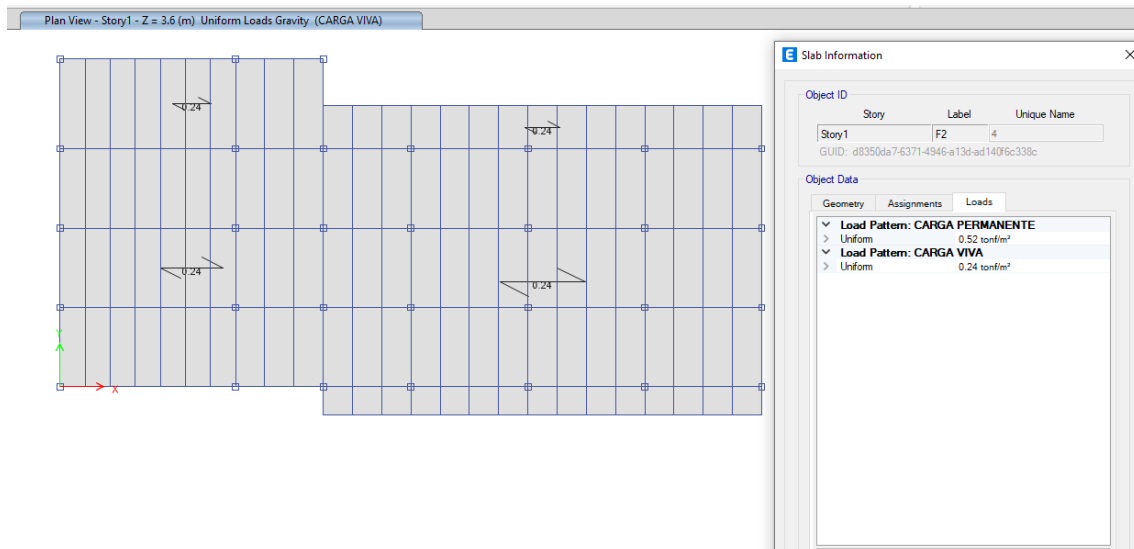


Figura 13. Ejemplo de carga viva aplicada en losas.

5.4. Análisis de Fuerzas Sísmicas Estáticas (Análisis DBF Estático NEC-SE-DS)

La NEC-SE-DS presenta el siguiente diagrama de flujo simplificado para el análisis de fuerzas sísmicas.



Figura 14. Tipos de Análisis de la NEC-SE-DS

Los métodos de análisis que vamos a utilizar en este proyecto, tomando en cuenta que se ha clasificado a la estructura como de ocupación residencial son:

Análisis Estático y Análisis Espectral en aceleraciones.

a) Análisis Estático

El análisis estático lo realizamos siguiendo lo enunciado en la NEC-SE-CG:

Donde:

$S_a(T_a)$ = Aceleración espectral/Espectro de Diseño en Aceleración.

ϕ_p y ϕ_e = Coeficientes de configuración en Planta y Elevación.

I = Coeficiente de Importancia.

R = Factor de reducción de Resistencia Sísmica.

V = Cortante Basal de Diseño.

W = Carga Sísmica Reactiva.

T_a = Periodo de vibración.

A continuación se describe brevemente cada uno de estos términos y los valores adoptados:

ϕ_P y ϕ_E

Son los coeficientes de Configuración en Planta y Elevación respectivamente, que penalizan el diseño, con el fin de tomar en cuenta las irregularidades tanto en planta como en elevación de la estructura, estos coeficientes aumentan el valor del cortante.

I

Es el Coeficiente de Importancia y tiene por objetivo incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir daños menores durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

R

Es el Factor de reducción de Resistencia Sísmica. Permite la reducción de las Fuerzas Sísmicas de Diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas y para funcionar como rótulas plásticas.

S_a

Es el espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad). Depende del Periodo o modo de vibración de la estructura.

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{si} \quad 0 \leq T \leq T_c \quad T = C_t h_n^\alpha$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad T > T_c \quad T_c = 0.55 F_s \left(\frac{F_d}{F_a} \right)$$

Donde:

n=Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA (Valor de aceleración sísmica esperada en roca), para el periodo de retorno seleccionado. El valor de n varía dependiendo de la región del Ecuador.

Z=Aceleración máxima en roca esperada para el sitio de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad

T =Período fundamental de vibración de la estructura

T_0 =Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

T_c =Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

F_a =Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos del sitio.

F_d =Amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos del sitio.

F_s =Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

W

Representa la carga reactiva por sismo. Se utiliza el caso general, para el cual:

$$W=D$$

Donde:

D=Carga Muerta.

W=Carga Reactiva.

Para el presente proyecto se definen los factores que intervienen en el cálculo del Corte Basal los cuales son:

ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICO R

No se escoge una estructura disipativa del tipo de alta ductilidad $R=8$, porque se tienen las siguientes limitaciones en el medio ecuatoriano:

a) Las columnas se fabrican con 2 Canales C dobladas en frío, originando una sección tubular cuadrada que no tiene capacidad de desarrollar la más alta ductilidad en los dobleces, pero si en el resto de la sección.

b) Es difícil, altamente costoso y de tiempo de ejecución prolongado el obtener la soldadura alma de viga-columna con la máxima ductilidad. Se requiere además de mano de obra altamente calificada y un control de calidad sofisticado. Aun así, solo se reduce la incertidumbre. Por la gran longitud acumulada de los cordones de soldadura todas las vigas I y las columnas es difícil evaluar y garantizar una ductilidad máxima en los miembros.

c) No se cuenta con la suficiente garantía de que las conexiones viga-columna precalificadas cumplan con los requisitos para sistemas de conexión de alta ductilidad para el sistema estructural considerado.

Los sistemas SMF de alta ductilidad requieren de miembros sísmicamente compactos de alta capacidad de ductilidad así como de conexiones de rotación altamente plásticas (tipo 1 EUROCODE), mientras que sistemas disipativos de media ductilidad SFRS, permiten el uso de miembros compactos de capacidad moderada de ductilidad (tipo 1 y tipo 2 EUROCODE) y conexiones de rotación plástica media, o considerar 0.02 rad o menos, como valor de rotación plástica del nudo, lo cual es apropiado, porque al final se determina que el costo será mucho menor. Este tipo de sistemas disminuyen la capacidad de ductilidad de los miembros pero se requiere incrementar la resistencia de Corte basal del sistema, lo cual resulta ventajoso al final.

Para el diseño se escogió un valor conservador de $R=5$ mucho menor a que lo indica la NEC 15 por las consideraciones mencionadas anteriormente.

ANALISIS SISMICO		
(Z)	Factor de Zona	0.4
I	Factor de importancia	1
n	Razon entre la aceleracion espectral	1.8
Fa	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodocorto.	1
Fd	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño	1.6
Fs	Comportamiento no lineal de los suelos	1.9
R	Factor de reduccion de fuerzas sísmicas	5
r	Coefficiente referente al tipo de suelo	1
(φp)	Factor de configuración en planta	1
(φe)	Factor de configuración en elevación	1
h	Altura del edificio	3.2
ct	Coefficiente que depende del tipo de edificio	0.072
α	Coefficiente que depende del tipo de edificio	0.8
Perfil de suelo		E
T	Periodo fundamental de vibración(metodo 1)	0.1826
T MAX	Periodo fundamental de vibración maximo	0.2374
Tc	Periodo limite de vibración	1.6720
To	Periodo limite de vibración	0.3040
Sa	Espectro de respuesta elastico (g)	0.720000
V	Cortante Basal (T) en %	14.40

Tabla 2. Resumen del Corte Basal.

Factores de irregularidad consideradas en el diseño:

E Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

☒ X Dir ☐ Y Dir

☒ X Dir + Eccentricity ☐ Y Dir + Eccentricity

☒ X Dir - Eccentricity ☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Figura 15. Coeficiente Basal ingresado al programa sentido X

E Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

☐ X Dir ☒ Y Dir

☐ X Dir + Eccentricity ☒ Y Dir + Eccentricity

☐ X Dir - Eccentricity ☒ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Figura 16. Coeficiente Basal ingresado al programa sentido Y

Una vez definidos todos los factores que intervienen en el cálculo del Corte Basal, se procede a calcularlo, en función del peso de la estructura W:

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el cortante basal estático es igual a 14.4%.

Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient

	Name	Is Auto Load	X Dir?	X Dir Plus Ecc?	X Dir Minus Ecc?	Y Dir?	Y Dir Plus Ecc?	Y Dir Minus Ecc?	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
▶	SX	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	0.05	Story2	Base	0.144	1		
	SX(1/3)	Yes	Yes	No	No	No	No	No	0.05	Story2	Base	0.144	1	293.65079	42.2857
	SX(2/3)	Yes	No	Yes	No	No	No	No	0.05	Story2	Base	0.144	1	293.65079	42.2857
	SX(3/3)	Yes	No	No	Yes	No	No	No	0.05	Story2	Base	0.144	1	293.65079	42.2857
	SY	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	0.05	Story2	Base	0.144	1		
	SY(1/3)	Yes	No	No	No	Yes	No	No	0.05	Story2	Base	0.144	1	293.65079	42.2857
	SY(2/3)	Yes	No	No	No	No	Yes	No	0.05	Story2	Base	0.144	1	293.65079	42.2857
	SY(3/3)	Yes	No	No	No	No	No	Yes	0.05	Story2	Base	0.144	1	293.65079	42.2857

Record: << < 1 > >> of 8

Add Tables... Done

Tabla 3. Corte Basal calculado por el programa

Material List by Story

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Material List by Story

Filter: None

	Story	Object Type	Material	Weight tonf	Floor Area m²	Unit Weight tonf/m²	Number Pieces	Number Studs
▶	Story1	Column	A572Gr50	31.15972	508.62	0.0613	31	
	Story1	Beam	A572Gr50	13.58853	508.62	0.0267	154	0
	Story1	Floor	f'c=210kg/cm2	122.0688	508.62	0.24		
	Sum	Column	A572Gr50	31.15972	508.62	0.0613	31	
	Sum	Beam	A572Gr50	13.58853	508.62	0.0267	154	0
	Sum	Floor	f'c=210kg/cm2	122.0688	508.62	0.24		
	Total	All	All	166.81705	508.62	0.328	185	0

Record: << < 1 > >> of 7

Add Tables... Done

Tabla 4. Material list by Story

5.5.Espectro de Respuesta (Análisis DBF No Lineal-Espectral-NEC-SE-DS).

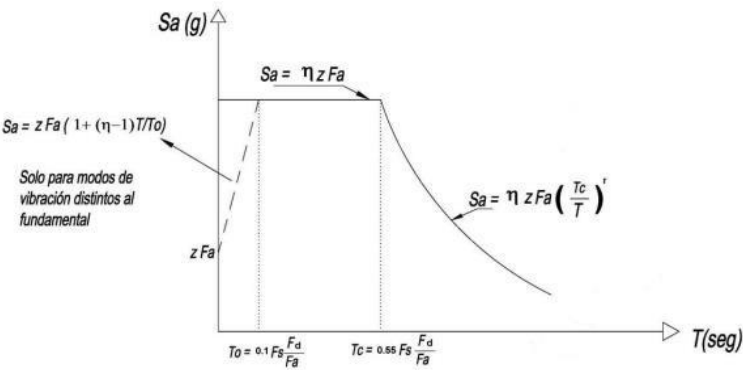


Figura 17. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de Diseño.

Aplicando las fórmulas de la tabla 1, se calculan los puntos para la construcción del espectro

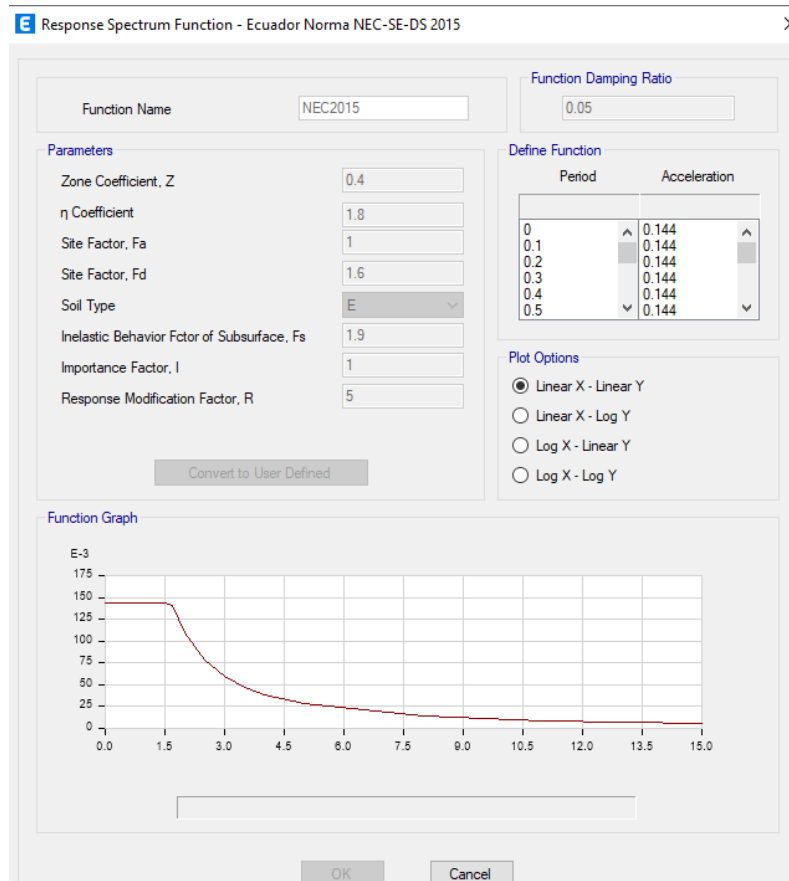


Figura 18. Espectro ingresado al programa

5.6. Ajuste del corte basal

De los resultados obtenidos por el análisis dinámico el valor del cortante dinámico total en la base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser:

- < 80% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras regulares)
- < 85% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras irregulares).
- Para ejemplarizar el proceso de ajuste del corte basal se lo hará en el bloque A, el mismo proceso se realizó para los demás bloques.

Story Forces											
File Edit Format-Filter-Sort Select Options Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Filter: ([Output Case] = 'DINAMICO XX' OR [Output Case] = 'DINAMICO YY' OR [Output Case] = 'SX' OR [Output Case] = 'SY') AND ([Location] = 'Bottom')											
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m
	Story1	SX	LinStatic	Step By Step	1	Bottom	0	-42.2857	0	285.2963	0
	Story1	SX	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	-42.2857	0	285.2963	0
	Story1	SX	LinStatic	Step By Step	3	Bottom	0	-42.2857	0	285.2963	0
	Story1	SY	LinStatic	Step By Step	1	Bottom	0	0	-42.2857	-698.1788	152.2286
	Story1	SY	LinStatic	Step By Step	2	Bottom	0	0	-42.2857	-698.1788	152.2286
	Story1	SY	LinStatic	Step By Step	3	Bottom	0	0	-42.2857	-698.1788	152.2286
	Story1	DINAMICO XX	LinRespSpec	Max		Bottom	0	43.3699	0.045	295.3771	0.1619
	Story1	DINAMICO YY	LinRespSpec	Max		Bottom	0	0.045	43.3907	723.2527	156.2065

Tabla 5. Cortante en dirección X y Y para sismo dinámico Bloque A.

Comprobación bloque A:

Para sismo en dirección x $\frac{QX}{SX} = \frac{43.36}{42.28} = 1.03$ Ok cumple

Para sismo en dirección y $\frac{QY}{SY} = \frac{43.39}{42.28} = 1.03$ Ok cumple

Como se aprecia el cortante dinámico ajustado cumple la condición de al menos igual 85% del cortante estático como lo indica la norma NEC 15.

6. MODELOS DE CÁLCULO

6.1. Programa de cálculo

El programa de cálculo utilizado para el análisis es **ETABS**, mientras que el diseño se ha realizado con hojas de cálculo del consultor. A continuación, se presenta una breve reseña del programa.

ETABS (Acrónimo de Extended 3D-Three-Dimensional- Analysis of Building Systems) es un software de ingeniería que atiende el campo del análisis y diseño de edificios de múltiples pisos. Las herramientas de modelamiento y plantillas, las prescripciones de cargas basadas en los códigos, los métodos de análisis y las técnicas de solución, todas coordinan con la geometría tipo grilla única de cada clase de estructura. A través de ETABS se pueden evaluar sistemas básicos o avanzados bajo condiciones estáticas o dinámicas. Respecto a las cargas, análisis y diseño, ETABS genera automáticamente y asigna condiciones de carga basadas en códigos para gravedad, sismo, viento y fuerzas térmicas. Los usuarios pueden incluir un número ilimitado de estados de carga y combinaciones. Las consideraciones dinámicas incluyen espectros de respuesta, modos de vibración.

Adicionalmente, se han utilizado hojas de cálculo elaboradas por el Consultor:

El proceso de modelación es **iterativo**, por lo que los modelos finales son el producto de un sinnúmero de pruebas, cambios, añadiduras, etc. Las siguientes figuras muestran los modelos construidos para cada estructura:

7. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los modelos descritos en el capítulo anterior. Se mostrará el proceso de diseño de la estructura. Existen revisiones iniciales que deben revisarse antes de pasar al diseño de los elementos tales como derivas de piso y factores de participación modal, que son los que primeros se debe considerar para el buen comportamiento sismo-resistente de la edificación.

7.1. Derivas de Piso

De acuerdo a la NEC-SE-VIVIENDA, no es necesario revisar la deriva máxima inelástica de la estructura, sin embargo, debido a la importancia que tiene este factor se ha calculado a través del procedimiento descrito en la NEC-SE-DS, con la siguiente fórmula:

$$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E$$

Donde ΔM es el desplazamiento en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas, valor que se obtiene del programa de análisis. Para estructuras metálicas, como es el caso de análisis, este valor debe ser menor o igual que **0.02**. La figura a continuación muestra gráficamente el comportamiento de la estructura.

Por lo tanto valores obtenidos deberán ser iguales o menores que :

$$\Delta E = \frac{\Delta M}{0.75 * R} = \frac{0.02}{0.75 * 5} = 0.00533$$

Para el caso del edificio se tienen los siguientes niveles de derivas elásticas

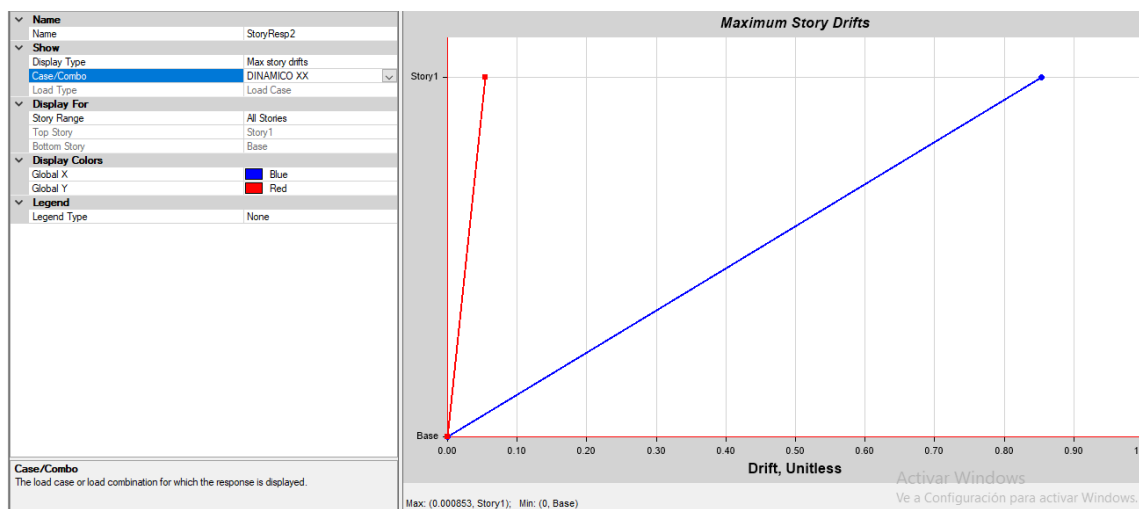


Figura 19. Deriva máxima $\Delta E=0.0008$ por Sismo en X



A continuación, se muestran los factores de participación modal obtenidos para traslación (UX y UY) y torsión en planta (RZ).

Tabla 6. Factores de participación de masa modal

Tabla 7. Cuadro de derivas máximas /promedios (control de torsión en planta)

Como se puede apreciar en las tablas anteriores de participación de masa modal participativa, la sumatoria de masa modal efectiva es mayor al 90% y la irregularidad por torsión es menor a 1.2 por lo cual no existe irregularidad por torsión en planta.

7.3. Combinaciones de carga

Las combinaciones para el diseño por última resistencia provienen de la norma NEC-SE-CG: “Cargas no sísmicas”

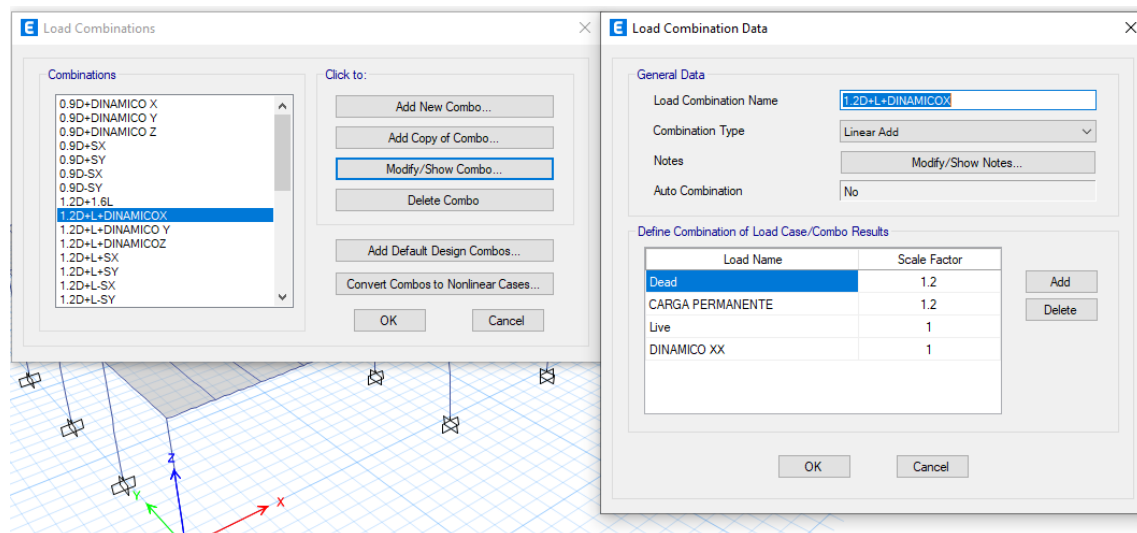


Figura 21. Combinaciones de cargas ingresadas al programa

Las solicitaciones máximas de momento, cortante y axial de los elementos provienen de una envolvente de todas las combinaciones de la tabla anterior.

7.4. Diagramas de esfuerzos en elementos estructurales.

A continuación, se presentan los diagramas de esfuerzos para carga muerta, viva y sísmica. Todas las unidades se encuentran en tonf-m. Los ejes escogidos van de acuerdo a los planos estructurales.



Figura 22. Diagrama de fuerzas axiales eje 1 combinación 1.2D+1.6L (sentido X)

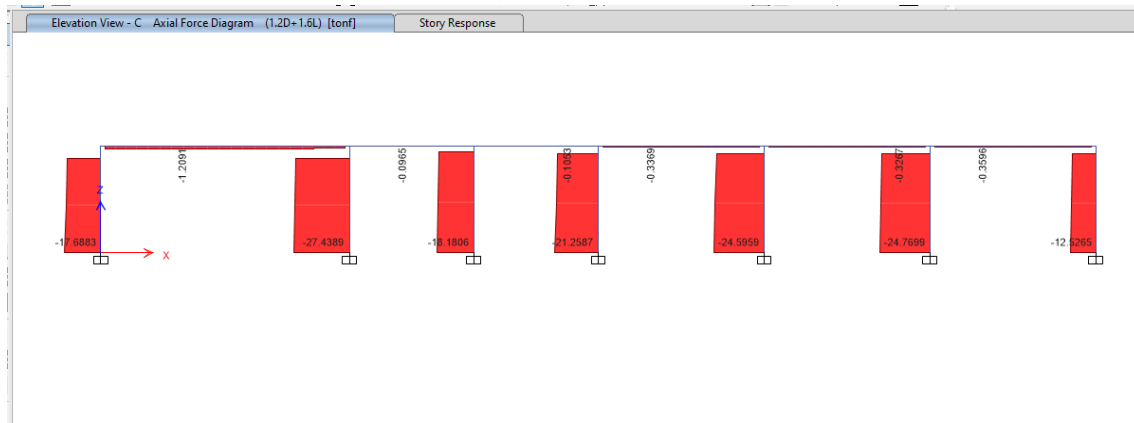


Figura 23. Diagrama de fuerzas axiales eje D combinación 1.2D+1.6L (sentido Y)

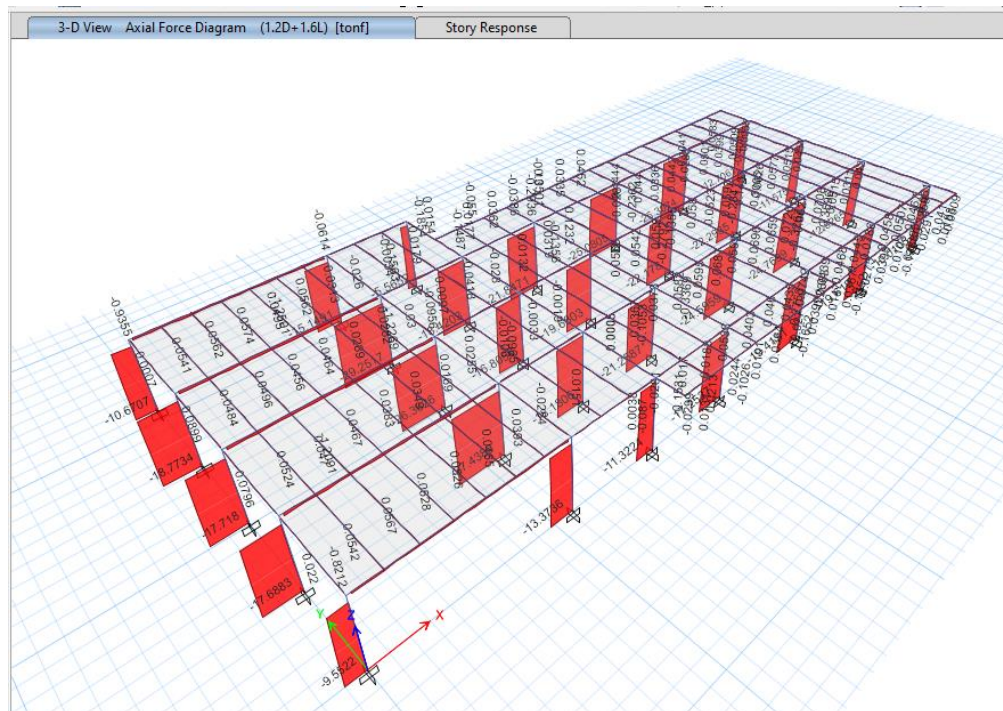


Figura 24. Diagrama de fuerzas axiales de la estructura combinación 1.2D+1.6L

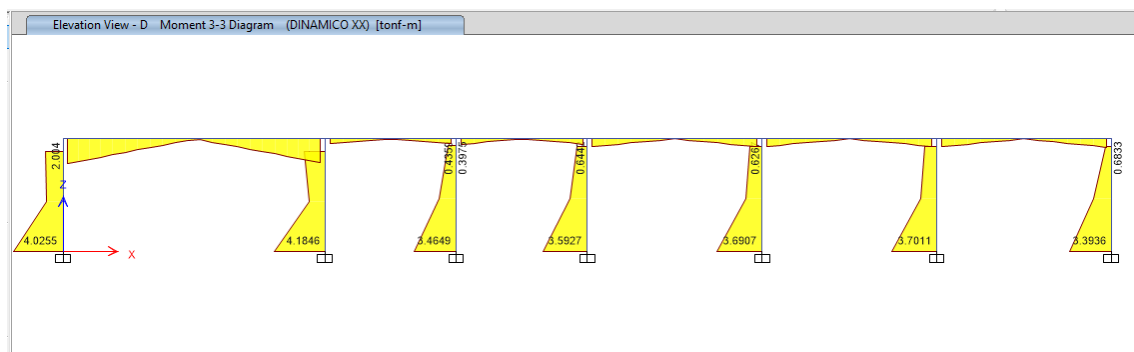
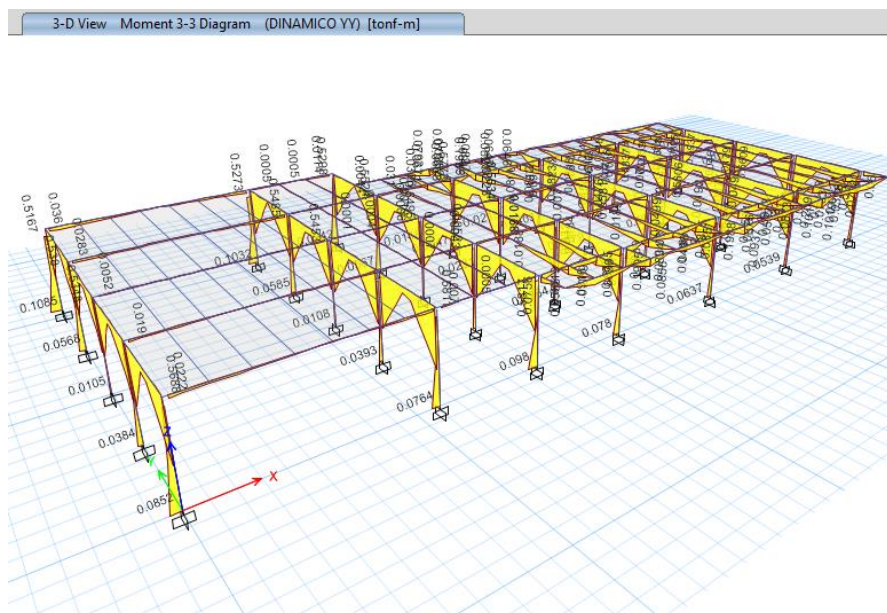
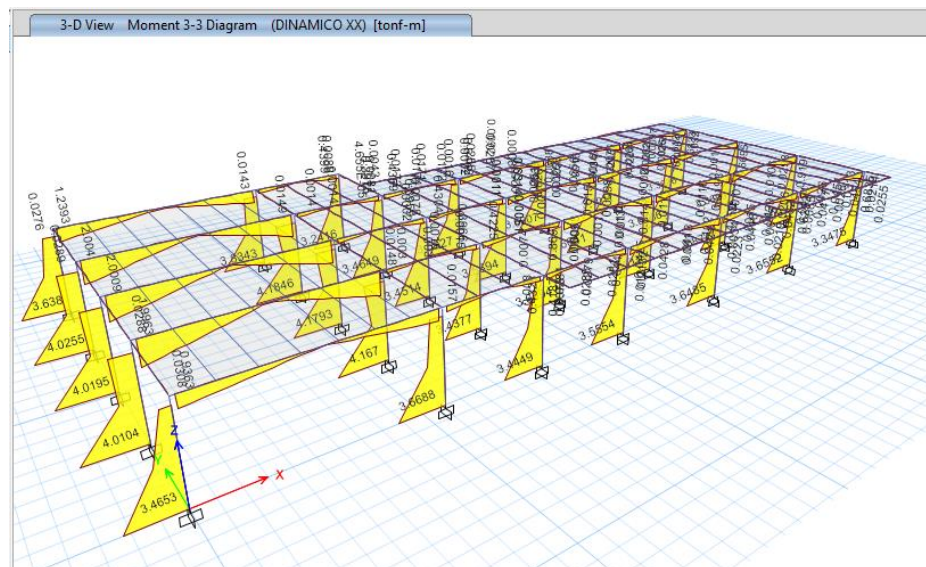
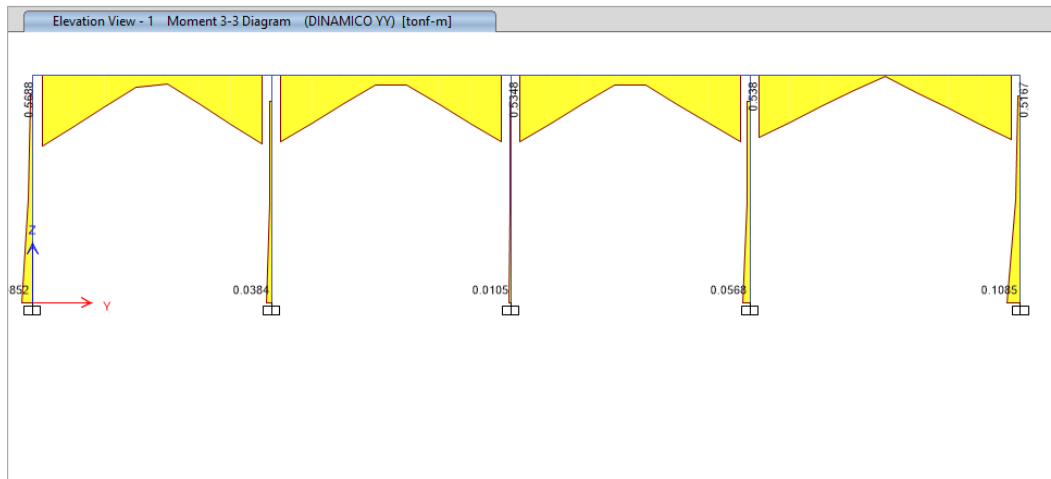


Figura 25. Diagrama de momento eje 1 sismo X



- Solicitaciones por envolvente

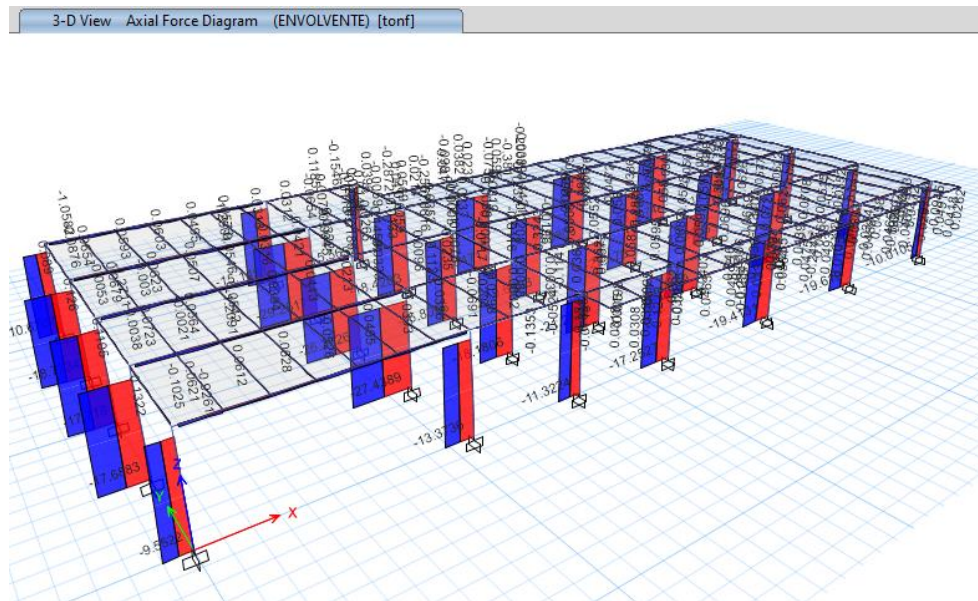


Figura 29. Diagrama de fuerzas Axiales por Envolvente

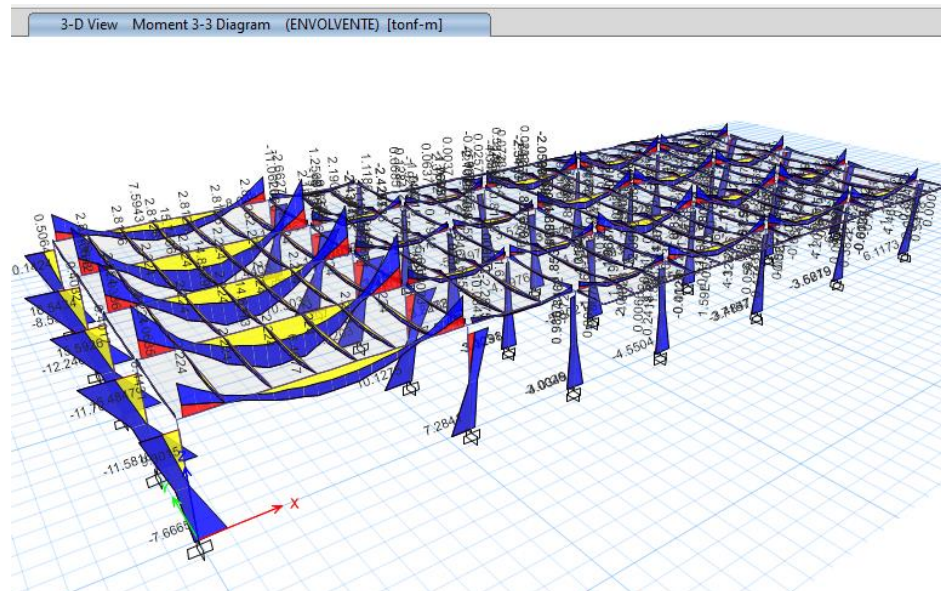


Figura 30. Diagrama de momentos por Envolvente

8. DISEÑO

En base a los Resultados y solicitaciones producto del análisis (presentadas en el Capítulo anterior) se diseñan los distintos elementos estructurales: vigas, columnas, conexiones, etc. Como se ha mencionado antes, el proceso de lograr el diseño que se presenta a continuación es iterativo, e implicó los siguientes pasos

- Pre dimensionamiento
- Análisis con secciones de pre diseño (verificar si pasan)
- Diseño de elementos (SI pasan, el diseño es satisfactorio)
- CASO CONTRARIO se regresa al paso b).

Ya que la cantidad de elementos diseñados es tan extensa, se presentan a continuación los esfuerzos producidos en la estructura para ejemplificar el proceso, se procederá a indicar los ratios de **demanda /capacidad** en algunos elementos estructurales cuyo valor tendrá que ser $D/C \leq 1$.

8.1.Diseño de columnas, vigas, viguetas.



Figura 31. Ratios Demanda/Capacidad vigas y viguetas Nivel +3.20

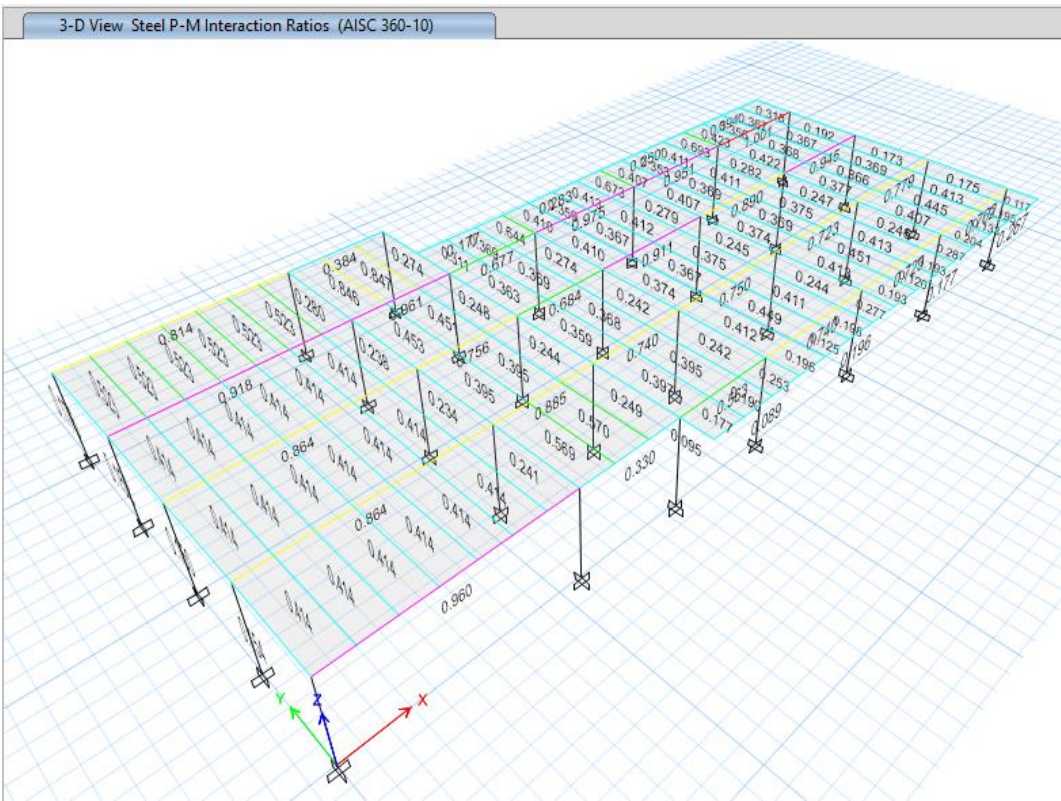


Figura 32. Ratios Demanda/Capacidad en vigas 3D

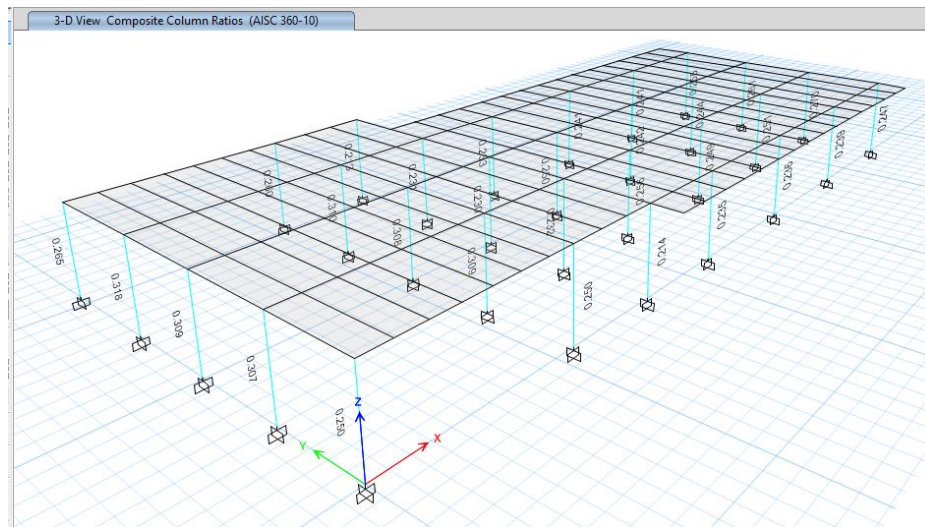


Figura 33. Ratios Demanda/Capacidad en Columnas 3D

Conexión placa base -columna

Al tratarse de un elemento ordinario a momento este se diseñó para la carga máxima transmitida de un elemento a otro.

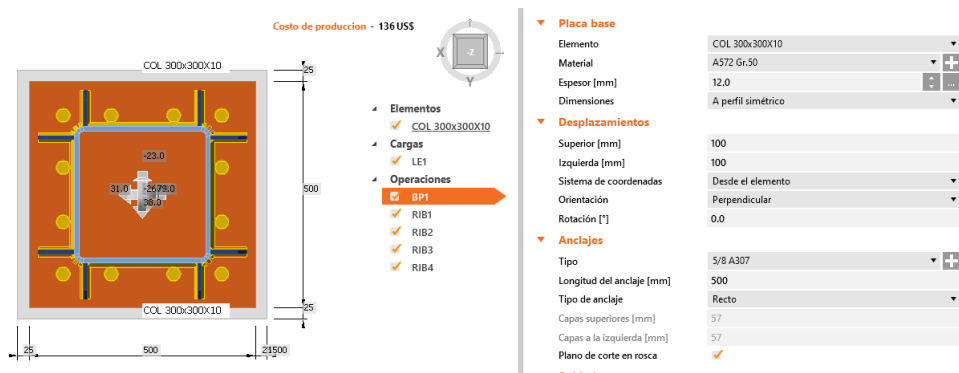


Figura 34. Vista Conexión a diseñar

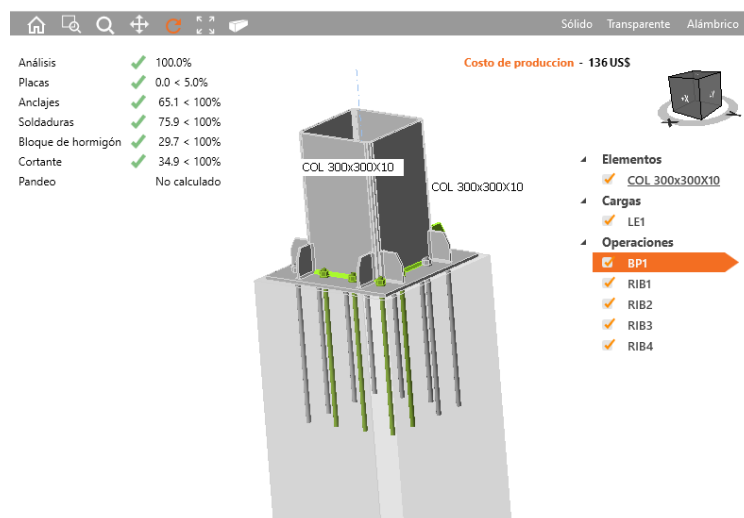


Figura 35. Diseño conexión columna-Placa

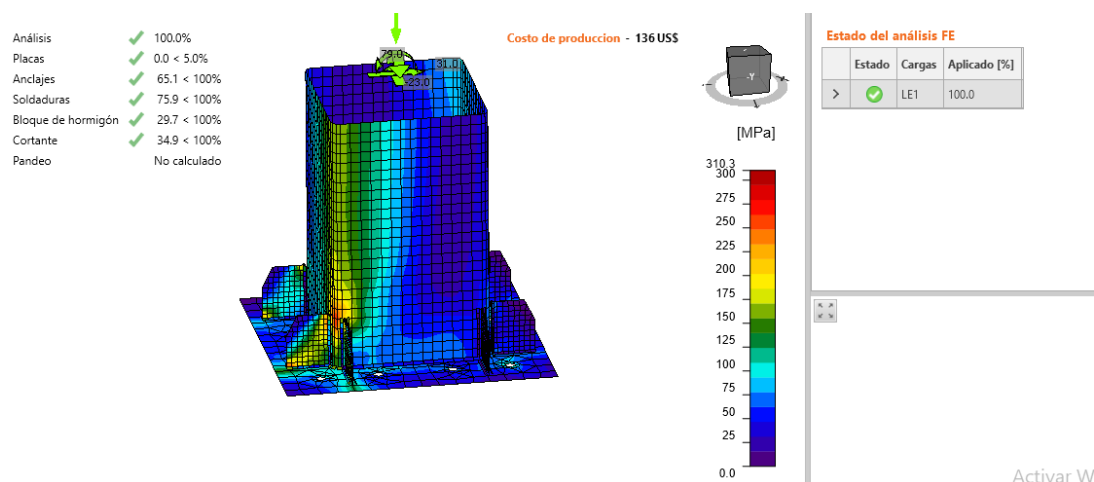


Figura 36. Diseño conexión columna-Placa (tensión equivalente).

9. Caso de diseño de cimentación

En el caso de la cimentación, se ha considerado las reacciones obtenidas a través del modelo de ETABS para el diseño de las mismas y se procedió a diseñar en el programa SAFE y comprobadas en hojas de cálculo de autoría del consultor. Considerando sismos en diferentes direcciones, así como excentricidades para cada caso. Se ha tomado una resistencia del suelo de 10.77 T/m^2 en base al estudio de suelos. Según las imágenes siguientes se puede observar el procedimiento de cálculo y diseño, así como las dimensiones necesarias para soportar la demanda de las estructuras.

Para la verificación de presiones y deformaciones en la cimentación se utilizarán las siguientes combinaciones:

Combinación 1: D+L

Combinación 2: D+L+SX

Combinación 3: D+L+SY

Cabe recalcar que cuando se chequea con sismo el código NEC-15 (NEC-SE-GM) e IBC, ASCE 7 permite aumentar hasta 1.33 el esfuerzo admisible del suelo teniendo un esfuerzo máximo $q_a(\text{sismo}) = 1.33 \times 10.77 = 14.32 \text{ T/m}^2$

Soil Subgrade Property Data

General Data

Property Name: SUELO

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Property

Subgrade Modulus (Compression Only): 1292.4 Tonf/m3

Nonlinear Option (Nonlinear Cases Only)

☐ None (Linear)
☐ Tension Only
☒ Compression Only
☐ Elasto-Plastic

Compression Stiffness:
 Compression Strength:
 Tension Stiffness:
 Tension Strength:

OK Cancel

Figura 37. Sección de losa

9.1.Verificación de presiones en el suelo

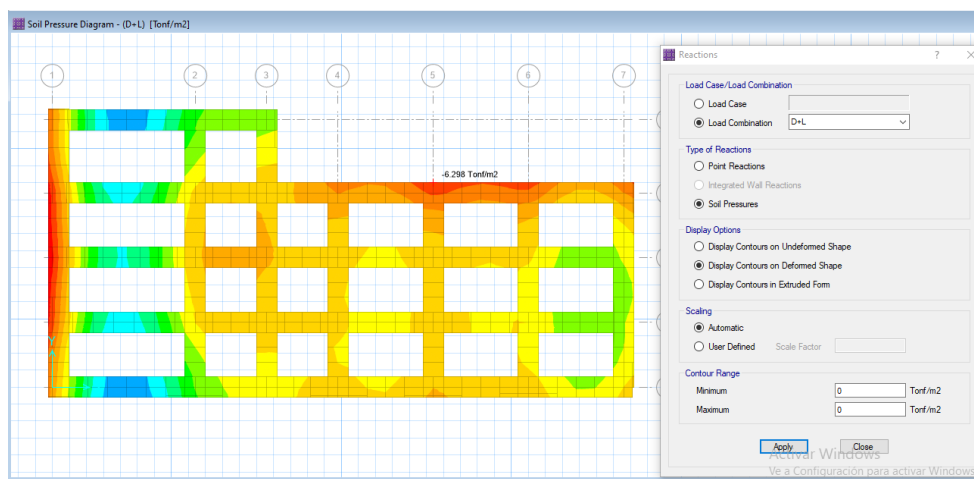


Figura 38. Presiones máximas combinación D+L Max (6.29 T/m2)

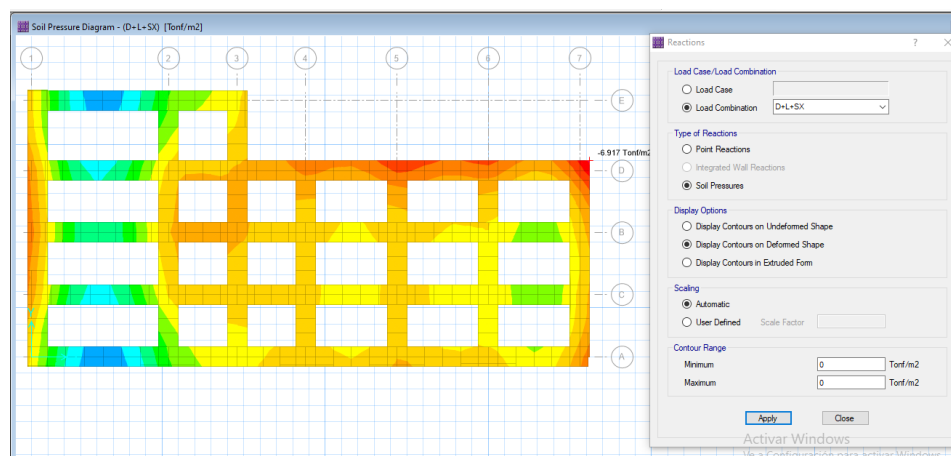


Figura 39. Presiones máximas combinación D+L+SX Max (6.91 T/m2)

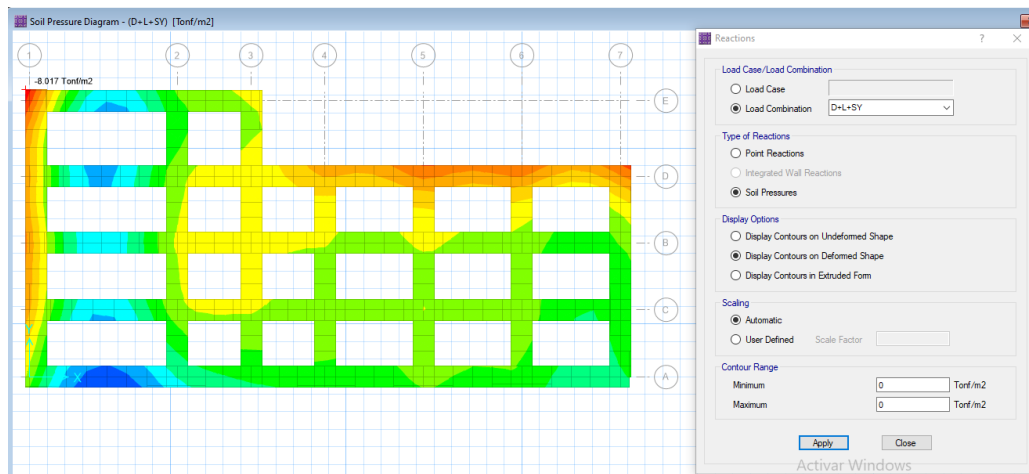


Figura 40. Presiones máximas combinación D+L+SY Max (22.45T/m²)

9.2. DISEÑO DE ACERO DE REFUERZO

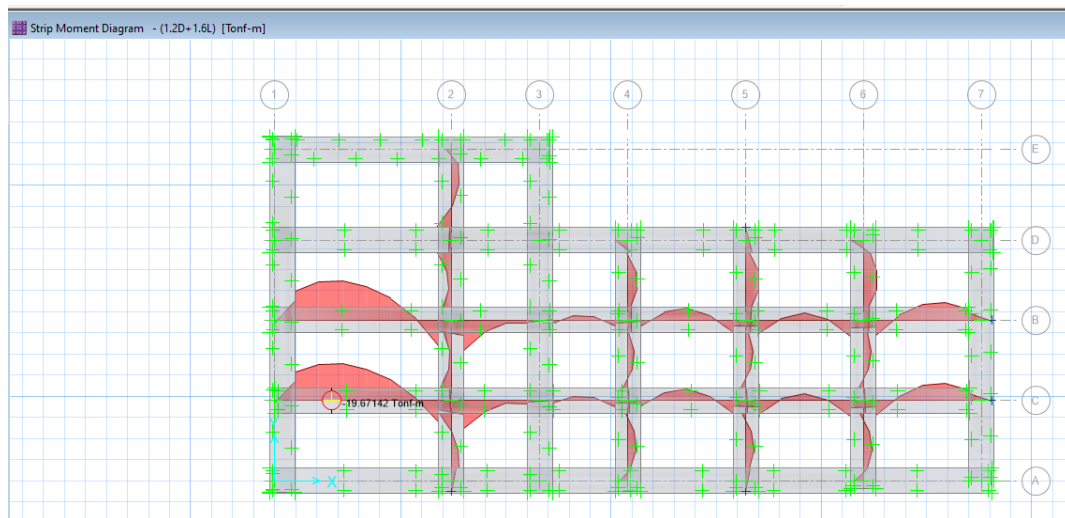


Figura 41. Momentos máximos Max (19.67T.m)

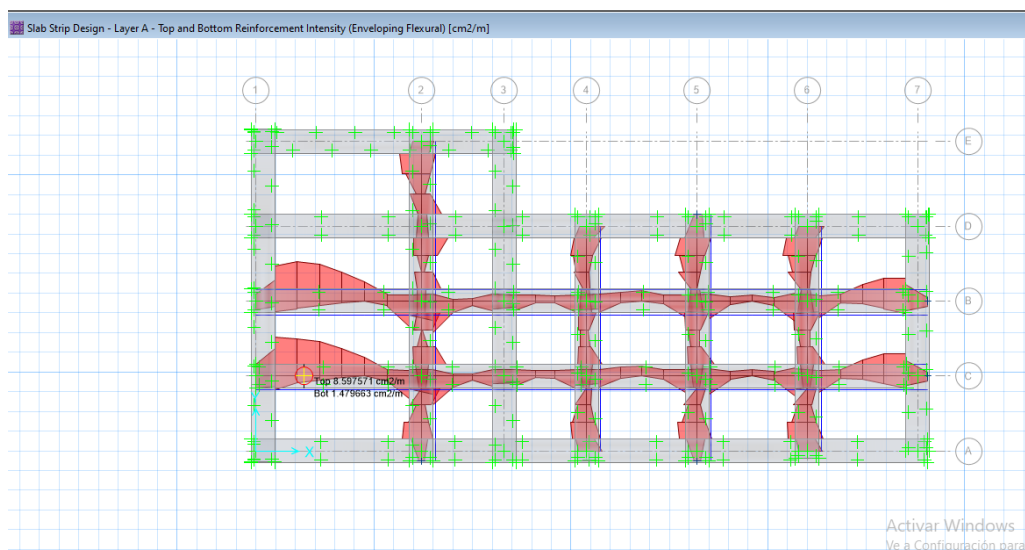


Figura 42. Área de acero máximo 8.58cm²

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Se ha planteado un sistema estructural capaz de soportar las solicitaciones de cargas verticales (muerta y viva) y cargas horizontales (sismo) de acuerdo a los requerimientos de la norma, NEC-15 y ACI 2014 que es satisfactoria. Es importante mencionar que el consultor utiliza el modelo de ETABS para el análisis y diseño sin embargo se realizó comprobaciones mediante hojas de cálculo preparadas por el consultor.

**REALIZADO POR
ING JOSE LUIS RODRIGUEZ M.**