



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EFFECTO DEL SISMO DE DISEÑO SOBRE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL
DE ACERO ESTRUCTURAL PRIVÁNDOLA DEL SISTEMA DE CONTROL
SÍSMICO PREVIAMENTE CONSIDERADO

GUZMAN ARMIJOS RICHARD EDMUNDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EFECTO DEL SISMO DE DISEÑO SOBRE UNA EDIFICACIÓN
ESENCIAL DE ACERO ESTRUCTURAL PRIVÁNDOLA DEL
SISTEMA DE CONTROL SÍSMICO PREVIAMENTE
CONSIDERADO

GUZMAN ARMIJOS RICHARD EDMUNDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

EFFECTO DEL SISMO DE DISEÑO SOBRE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL DE
ACERO ESTRUCTURAL PRIVÁNDOLA DEL SISTEMA DE CONTROL SÍSMICO
PREVIAMENTE CONSIDERADO

GUZMAN ARMIJOS RICHARD EDMUNDO
INGENIERO CIVIL

ORDÓÑEZ FERNANDEZ JOSÉ LUIS

MACHALA, 21 DE AGOSTO DE 2019


MACHALA
21 de agosto de 2019

Nota de aceptación:

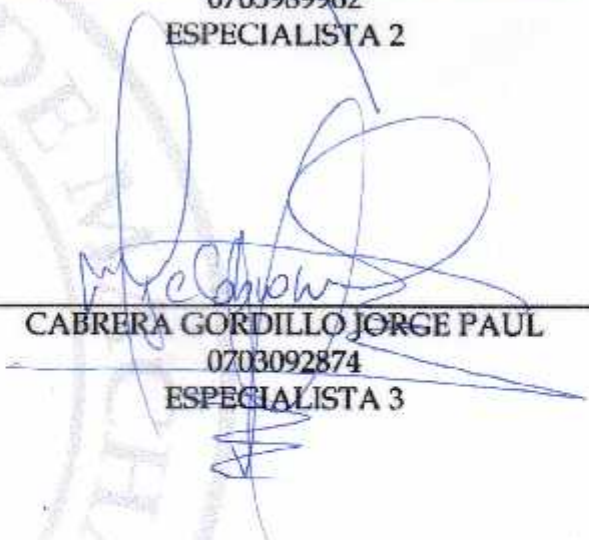
Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado EFECTO DEL SISMO DE DISEÑO SOBRE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL DE ACERO ESTRUCTURAL PRIVÁNDOLA DEL SISTEMA DE CONTROL SÍSMICO PREVIAMENTE CONSIDERADO, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



ORDÓÑEZ FERNANDEZ JOSÉ LUIS
0703830646
TUTOR - ESPECIALISTA 1



CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO
0703989962
ESPECIALISTA 2



CABRERA GORDILLO JORGE PAUL
0703092874
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 21 de agosto de 2019 - 16:36

Urkund Analysis Result

Analysed Document: RICHARD GUZMAN ARMIJOS.docx (D54805256)
Submitted: 8/13/2019 11:17:00 PM
Submitted By: jlordonez@utmachala.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

PROYECTO-TITULACION-RICHARD-HOSPITAL ZARUMA.docx (D47115732)
RODRIGUEZ QUIROZ WALTER XAVIER.docx (D40896682)
JIMENEZ CARRION JENNER GEOVANNY.docx (D41034453)
1476721231_CARRILLO.docx (D22464636)
<http://186.3.32.121/bitstream/48000/13537/1/ECUAIC-2019-ICI-DE00005.pdf>

Instances where selected sources appear:

8

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, GUZMAN ARMIJOS RICHARD EDMUNDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTO DEL SISMO DE DISEÑO SOBRE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL DE ACERO ESTRUCTURAL PRIVÁNDOLA DEL SISTEMA DE CONTROL SÍSMICO PREVIAMENTE CONSIDERADO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de agosto de 2019



GUZMAN ARMIJOS RICHARD EDMUNDO
0706125440

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres quienes me han brindado su amor incondicional durante este proceso, a mi sobrino quien con su inocencia y dulzura ha generado un impulso más para obtener este tan anhelado título, a mis hermanas, familiares y amigos en general por su apoyo y amistad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa importante de mi vida, con salud, bienestar y sabiduría, así como también a mis padres quienes me han sido un pilar fundamental dentro de mi preparación académica brindándome su apoyo, confianza y paciencia durante este trayecto, de igual manera a mis hermanas que de una u otra manera formaron parte de este logro.

RESUMEN

Dentro del diseño estructural existen distintos métodos para generar estructuras que permitan una correcta funcionalidad ante un eventual sismo, es por ello que en el presente análisis a desarrollar se partió de un diseño establecido el cual constaba de una estructura con dispositivos de aislación, lo que genera que la estructura no esté en contacto directo con el suelo y de esta forma obtener la flexibilidad necesaria el cual permita obtener el periodo natural de la estructura aislada.

Los aisladores reducen de forma notable la rigidez requerida en todo el sistema estructural ya que estos dispositivos disipan energía ante la presencia de un evento sísmico; por tanto, requieren ser utilizados en estructuras como hospitales porque consideran cargas sísmicas mayores permitiendo de que este tipo de estructuras obtengan los menores daños posibles.

Dada las bondades que presentan los aisladores en una edificación, se consideró privar a la estructura de los aisladores sísmicos y considerarla a esta como si estuviera en contacto directo con el suelo con la finalidad de determinar los efectos que produce una estructura no aislada partiendo de la metodología de diseño que indica la NEC y el AISC con el objetivo de cumplir con los requerimientos mínimos que implica la filosofía de diseño. Además, se procederá a realizar el chequeo de los elementos sobre el pandeo local y posteriormente se realizará el modelado en 3D con la ayuda de un programa estructural, el cual permita determinar los valores pertinentes de acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente.

Palabras clave: Diseño Estructural– Sismo - Análisis – Cargas Sísmicas - Filosofía de Diseño.

ABSTRACT

Within the structural design there are several methods to generate structures that adjust a functional correction to an eventual earthquake, which is why in the present analysis to be developed, it was based on an established design that consisted of a structure with isolation devices, which it generates that the structure is not in direct contact with the ground and in this way obtains the necessary flexibility which allows to obtain the natural period of the isolated structure.

The insulators significantly reduce the stiffness required in the entire structural system since these devices dissipate energy in the presence of a seismic event; therefore, they need to be used in structures such as hospitals because they consider higher seismic loads allowing these types of structures to obtain the least possible damage.

Given the benefits presented by the insulators in a building, it was considered to deprive the structure of the seismic insulators and consider it as if it were in direct contact with the ground in order to determine the effects produced by an uninsulated structure starting from the Design methodology indicated by the NEC and the AISC in order to meet the minimum requirements of the design philosophy.

In addition, the elements of the local buckling will be checked and then 3D modeling will be carried out with the help of a structural program, which will allow the determination of the relevant values according to the seismic-resistant design philosophy.

Keywords: Structural Design - Earthquake - Analysis - Seismic Loads - Design Philosophy.

Contenido

DEDICATORIA	- 7 -
AGRADECIMIENTO	- 8 -
RESUMEN	- 9 -
ABSTRACT	- 10 -
1 INTRODUCCION	- 13 -
2 OBJETIVO GENERAL	- 14 -
3 OBJETIVO ESPECIFICO	- 14 -
4 DESARROLLO	- 14 -
4.1 MARCO TEORICO	- 14 -
4.1.1 Estructuras Metálicas	- 14 -
4.1.2 Análisis Estructural	- 14 -
4.1.3 Peligrosidad Sísmica	- 14 -
4.1.4 Vulnerabilidad Sísmica	- 15 -
4.1.5 Diseño Sismo Resistente	- 15 -
4.1.6 Sismo de Diseño.....	- 15 -
4.1.7 Espectro de respuesta Inelástica.....	- 16 -
4.1.8 Análisis Dinámico.....	- 16 -
4.2 Metodología y Resultados	- 16 -
4.2.1 Relación ancho espesor	- 16 -
4.2.2 Factor de Zona (Z)	- 17 -
4.2.3 Categorización y Coeficiente de Importancia	- 17 -
4.2.4 Configuración estructural.....	- 18 -
4.2.5 Periodo fundamental de vibración.....	- 18 -
4.2.6 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	- 19 -
4.2.7 Factor de Reducción de Resistencia Sísmica (R).....	- 20 -
4.2.8 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	- 20 -
4.2.9 Cortante Basal de Diseño	- 21 -
4.2.10 Límite de las derivas	- 21 -
5 Conclusión	- 22 -
6 Recomendaciones	- 22 -
7 Bibliografía	- 23 -
8 ANEXOS	- 25 -

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Coeficiente de Importancia.....	- 17 -
Ilustración 2 Tipo de Estructura	- 18 -
Ilustración 3 Periodo de Vibración.....	- 18 -
Ilustración 4 Aceleración (Sa).....	- 19 -
Ilustración 6 Corte Basal.....	- 21 -
Ilustración 7 Derivas permisibles	- 21 -

1 INTRODUCCION

Ecuador es un país con alta tasa de eventos sísmicos debido que está localizado al igual que numerosos países en el cinturón de fuego del Pacífico; el mismo que está conformado por diversos tipos de placas que producen un rozamiento entre ellas, descargando así gran cantidad de energía, que al ser liberada ocasionan terremotos, ejemplo de ello es el ocurrido el 16 de abril del 2016 en el Cantón Pedernales.

Por tal razón es importante que el periodo fundamental de la estructura sea acorde al tipo de suelo en el que se apoya [1]. La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece los criterios para diseñar y construir edificaciones, considerando una filosofía de diseño sismorresistente en relaciones a las características dinámicas suelo-estructura.

Hoy en día existen mecanismo para controlar el periodo de vibración, denominados aisladores sísmicos que se caracterizan por ser de baja de rigidez y alargar el periodo estructural con el objetivo de obtener menores deformaciones en la estructura [2].

Por ello en este presente trabajo se enfocará en analizar una estructura esencial que está directamente en contacto con el suelo, siendo esta previamente construida con aisladores sísmicos, permitiendo de esta forma constatar las diferencias existentes entre estos dos tipos de diseño.

Como objetivo se tendrá el de calcular los efectos del sismo de diseño sobre una edificación esencial de acero estructural privándola del sistema de control sísmico previamente considerado en ella.

2 OBJETIVO GENERAL

Calcular los efectos del sismo de diseño sobre una edificación esencial de acero estructural privándola del sistema de control sísmico previamente considerado en ella, para determinar las consecuencias sobre el desempeño de la estructura.

3 OBJETIVO ESPECIFICO

- J Verificar los elementos de la estructura aplicando los criterios de la relación ancho espesor como lo indica la NEC-SE-DS.
- J Modelar el comportamiento sísmico de la estructura con la ayuda de un software de análisis estructural para caracterizar los criterios de diseño.
- J Describir los efectos del sismo de diseño sobre una edificación esencial de acero estructural privada del sistema de control sísmico previo, mediante la filosofía de diseño de la NEC para con ello determinar los daños y consecuencias en la estructura.

4 DESARROLLO

4.1 MARCO TEORICO

4.1.1 Estructuras Metálicas

Las estructuras metálicas están compuestas en su mayoría por materiales metálicos, los mismos que al poseer excelentes características en ellos, permiten ser utilizadas en construcciones de grandes envergaduras. Este tipo de estructuras especialmente en edificaciones, tienen las mismas condicionantes que las estructuras de hormigón, ya que deben ser diseñadas para soportar acciones tanto horizontales como verticales.

4.1.2 Análisis Estructural

Es el proceso que permite determinar el comportamiento de la estructura sometida ante posibles solicitaciones como lo pueden ser cargas, efectos del sismo y fuerzas que actúen en ella, desplazamientos, deformaciones de los elementos y sus respectivos momentos.

4.1.3 Peligrosidad Sísmica

Se define como la probabilidad de que un sismo ocurra dentro de un lapso de tiempo específico y dentro de una región explícita [3], que además de ello presenta movimientos de suelo en el cual genera parámetros como: aceleraciones, velocidades, desplazamientos, y magnitudes e intensidades que puede llegar a exhibir un suelo ante un evento sísmico.

Para obtener una valoración del peligro sísmico se debe tener en consideración lo siguiente; zonas sísmicas establecidas, ocurrencia de sismos, magnitud, periodos de retornos de los eventos sísmicos [4].

4.1.4 Vulnerabilidad Sísmica

Se conoce así al grado de daño que puede sufrir una estructura ante la presencia de un sismo con determinadas características, permitiendo de esta forma categorizarlas en estructuras en menos vulnerables y más vulnerables. De esta forma hay que tener en consideración que la vulnerabilidad es independiente del peligro en donde se encuentre ubicada la estructura.

Para considerar la vulnerabilidad sísmica que llegue a tener una estructura se debe considerar el comportamiento de la misma dentro del sitio, para que esta a su vez establezcan los fundamentos teóricos y su metodología de diseño [5].

4.1.5 Diseño Sismo Resistente

Se considera un diseño sismo resistente cuando la configuración estructural y los elementos considerados en el diseño soporten las acciones de fuerzas sometidas por los eventos sísmicos. Mediante esto la NEC establece que toda estructura debe ser diseñada de tal manera que salvaguarde las vidas de quienes habitan en ellas durante un sismo.

Todo ello permite que la filosofía de diseño considere estar enfocada en los riesgos a partir de la respuesta dinámica la cual otorga los efectos del sitio y en los elementos vulnerables [6]. De acuerdo a esto las estructuras deben incursionar en el rango inelástico durante eventos sísmicos, facilitando ventajas en la disipación de energía y reducción de resistencia requerida [7].

Para que se llegue a cumplir el principio de diseño requiere no sobreestimar la importancia de las rigideces laterales que percibe la edificación, adquiriendo de esta forma la reducción de los periodos que pueda llegar a tener la estructura [8].

4.1.6 Sismo de Diseño

Para determinar este evento se debe recurrir a acelerogramas que proporcionen propiedades dinámicas del suelo. El comportamiento dinámico del suelo surge a partir de la actividad de las fallas geológicas, de las placas tectónicas y pliegues existentes en la zona, siendo así los generadores de sismos [9].

4.1.7 Espectro de respuesta Inelástica

Este tipo de espectros al incursionar en el rango plástico representan la ductilidad que la estructura requiere para un terremoto, todo esto dado por su periodo de vibración que posteriormente se grafican de acuerdo a los niveles de resistencia, además de ello este tipo de espectros tienen “formas espectrales e intensidades realistas, que para cumplir con las reducciones necesarias de resistencia por ductilidad, necesariamente se debe implementar reglas más acordes con las reducciones para sistemas de un grado de libertad” [10].

4.1.8 Análisis Dinámico

Dentro del estudio de estructuras el análisis dinámico comprende el determinar los efectos como; desplazamientos, periodos de vibración, aceleraciones, velocidades y deformaciones entre otros las cuales permitan a través de ello garantizar una estructura estable.

4.2 Metodología y Resultados

4.2.1 Relación ancho espesor

De acuerdo a lo que indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción y Seguridad Estructural de Acero (NEC-SE-AC) se debe realizar un chequeo en los elementos, los cuales deben cumplir con secciones compactas garantizando la ductilidad para su desempeño, para realizar dicho chequeo se utilizó las normas del AISC 360-10 y la AISC 341-10 que son normas en las que hace referencia la NEC. (VER ANEXO A)

Las secciones que se utilizaron para el análisis del proyecto en estudio están determinadas por ser sección IPE y HEB, las cuales al realizar el chequeo del pandeo local se determinó que en ciertos elementos como las columnas de mayor dimensión y las que mayor carga soportan en la estructura no cumplen con el requerimiento indicado por la NEC y el AISC 341-10, estas normas establecen que al realizar el chequeo del patín y el alma del elemento ambos deben cumplir con el requerimiento, lo cual no se está efectuando. En tanto que los dos tipos de columnas restantes las cuales requieren de menor carga y las vigas cargadoras cumplen con los requerimientos, dando, así como secciones sísmicamente compactas o medianamente dúctiles.

4.2.2 Factor de Zona (Z)

Este valor nos indica la aceleración máxima en roca que se puede esperar ante un sismo de diseño y el valor a obtener está dado como fracción de la aceleración de la gravedad. El valor de la zona sísmica en donde se ubicará el proyecto es adoptado con el valor de **0.3g**. (VER ANEXO B)

4.2.3 Categorización y Coeficiente de Importancia

El valor del coeficiente a considerar es **1.5**, debido que la estructura a analizar es una Edificación esencial. (VER ANEXO B)

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que alberguen equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que alberguen depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1.0

Ilustración 1 Coeficiente de Importancia

Fuente (NEC 2015)

4.2.4 Configuración estructural

La configuración estructural adoptada para este proyecto es la de Estructuras de acero sin arriostramientos de acuerdo a lo que indica la NEC. (VER ANEXO C)

TIPO DE ESTRUCTURA	Ct	
Pórticos de hormigón sin muros ni diagonales	0.055	0.9
Pórticos de hormigón con muros o diagonales	0.055	0.75
Estructuras de acero sin arriostramientos	0.072	0.8
Estructuras de acero con arriostramientos	0.073	0.75

Ilustración 2 Tipo de Estructura

Fuente (NEC 2015)

4.2.5 Periodo fundamental de vibración

Cuando el periodo del sitio y periodo que prevalece del sismo son cercanos se origina un incremento armónico o de resonancia, generando aceleración del suelo en forma horizontal [11].

El periodo fundamental de vibración es el tiempo en que una estructura demora en dar un ciclo completo; es decir el tiempo en que la estructura demora ir y volver, esto permita determinar la magnitud de la fuerza sísmica que actúa sobre la edificación.

Para determinar el periodo de vibración aproximado de estructura la NEC-SE-DS considera dos métodos de los cuales nos enfocaremos en el primer método que está determinado mediante la siguiente ecuación:

$T = C_t h_n^a$
Donde:
C_t = Coeficiente que depende del tipo de edificio.
h_n^a = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros
T = Periodo de vibración

Ilustración 3 Periodo de Vibración

Fuente (NEC 2015)

Para proceder a obtener el valor de **Ta** se consideró el valor de **Ct=0.072** y **= 0.8** de acuerdo a la tabla de la configuración estructural en la ilustración 2 de tipo de estructura anteriormente mencionada. (VER ANEXO C)

4.2.6 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

Para obtener el espectro se realiza mediante las ecuaciones que se requiere para determinar los periodos de vibración de la estructura, los mismos que pertenecen a dos rangos:

$$S_a = nZF_a \quad \text{para } 0 < T < T_c$$

$$S_a = nZF_a \left(\frac{T}{T_c}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

Donde:

n= Razón entre la aceleración espectral $S_a(T=0.1s)$ y el PGA para el periodo de retorno relacionado.

r= Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r=1$ para todos los suelos, con excepción el suelo E.

$r=1.5$ para tipo de suelo E.

Sa= Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

T= Periodo fundamental de vibración de la estructura.

Tc= Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sistema de diseño.

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

Ilustración 4 Aceleración (Sa)

Fuente (NEC 2015)

Para la obtención de **T** y **Tc** se requiere de las siguientes fórmulas establecidas en el inciso 3.3.1 de la NEC-SE-DS:

$$T = 0.5 \quad * \frac{F}{F}$$

$$T = 2.4$$

Dentro del inciso 3.2.2 de la NEC-SE-DS se obtendrán Coeficientes de perfil de suelo **Fa**, **Fd** y **Fs**, estos valores serán determinados de acuerdo a la zona sísmica donde se

implante la estructura para este caso se obtiene los valores de **1.25, 1.19, 1.02** respectivamente. (VER ANEXO D)

4.2.7 Factor de Reducción de Resistencia Sísmica (R)

De acuerdo a la NEC-SE-DS en el inciso 6.3.4 literal b conceptualiza al factor de resistencia (**R**) como al valor que permite reducir las fuerzas sísmicas de diseño, todo esto se dará siempre que las estructuras y sus conexiones en diseño sean desarrolladas para un mecanismo de falla previsible y que además contengan una apropiada ductilidad, de esta forma garantizando que los daños se originen en sector determinado del elemento y que ello permita funcionar como rótulas plásticas.

Es importante que el valor del factor de reducción se considere de acuerdo a lo que análisis pertinentes y en base lo establecidos por las normas, ya que es primordial para la estimación de fuerzas de diseño, dado que si se designa un valor alto las fuerzas sísmicas son bajas; mientras que si el valor es bajo las fuerzas sísmicas son altas [12].

Ante esto la NEC establece para la consideración del Factor (R) lo siguiente:

-) tipo de estructura,
-) tipo de suelo,
-) período de vibración considerado
-) factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite.

E valor del Factor de Reducción (R) a considerar dentro de nuestro proyecto en estudio de el de **R=6** debido a que ciertos elementos no cumplen con lo establecido por la NEC y el AISC 341-10, además de ello se consideró los criterios que presenta la NEC para la determinación del factor, ya que el proyecto en estudio es una estructura de carácter esencial por ende se necesita precautelar el análisis estructural, para que la misma responda ante un evento sísmico. (VER ANEXO E)

4.2.8 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

La respuesta movimiento del suelo ayuda mucho en la obtención y desarrollo de los espectros elásticos de diseño, porque origina considerables diferencias en amplitud y frecuencias [13].

Para la consideración del diseño del espectro se consideró un tipo de suelo **C** que se lo adoptó de acuerdo al estudio de suelo realizado en campo. (VER ANEXO F)

4.2.9 Cortante Basal de Diseño

Es la acción de fuerzas de diseño por cargas laterales producidas por suelo ante un evento sísmico hacia la estructura. Y está en la NEC-SE-DS literal 6.3.2. (VER ANEXO G)

$$V = \frac{I * S * (T)}{R * \phi_p * \phi_e} W$$

Donde:

Sa (Ta)= Espectro de diseño en aceleraciones

ϕ_p y ϕ_e =Coeficiente de configuración en planta y elevación

I= Coeficiente de importancia

R= Factor de reducción de resistencia sísmica

V=Cortante basal total de diseño

W=Carga sísmica reactiva

Ta=Periodo de vibración

Ilustración 5 Corte Basal

Fuente (NEC 2015)

4.2.10 Límite de las derivas

La NEC-SE-DS establece parámetros permisibles para la deriva máxima para cualquier piso. En la siguiente tabla se detalla los valores permitidos que estarán dados como un porcentaje de la altura de piso:

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.002
De mampostería	0.01

Ilustración 6 Derivas permisibles

Fuente (NEC 2015)

Dentro los objetivos de diseño sísmico son de restringir los desplazamientos laterales para que la estructura no obtenga daños ante un sismo [14]. (VER ANEXO H)

5 Conclusión

- J De acuerdo a lo indicado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y el AISC 341-10, para el chequeo de relación ancho-espesor los elementos estructurales se constató que las columnas con mayor aportación de cargas no cumplían con el requerimiento de la norma; en tanto que los demás elementos sí cumplían tanto en las columnas de menor dimensión como en las vigas principales o cargadoras siendo así secciones sísmicamente compacta; demostrando así que no cumplen con el requerimiento de la NEC y la AISC de ser secciones compactas con alta ductilidad.
- J De acuerdo al análisis realizado con la ayuda del programa estructural se obtuvo los siguientes valores de diseño: periodo de la estructura de 0.672, derivas de piso en estado dinámico en sentido Y del 3.38% y en el dinámico de 2.48% considerando las derivas máximas y mínimas del proyecto, además se presenció que existe traslación en el primer y tercer modo, mientras que en el segundo modo hubo rotación, en tanto que los elementos estructurales casi en su totalidad cumplen ante solicitaciones de cargas estáticas peso propio y carga muerta, lo contrario pasa ante solicitaciones dinámicas que casi en su totalidad no cumplen.
- J Mediante el análisis dinámico espectral el periodo estructura cumple ya que no sobrepasa en un 30% al periodo calculado de acuerdo a la NEC siendo el valor 0.526, en tanto analizando las derivas están no pasan el control debido que se obtuvo valores mayores al 2% existiendo así grandes desplazamientos en la estructura.

6 Recomendaciones

- J Se recomienda analizar a la estructura particionándola mediante cuerpos de tal forma que permitan controlar rotaciones y derivas en la edificación.
- J Agregar diagonales que rigidicen en los sentidos endebles de la estructura para tener mayor control de la rotación y derivas.

7 Bibliografía

- [1] M. D. Caicedo, «Períodos de vibración de las edificaciones,» *Revista Arquitectura e Ingeniería*, vol. 8, nº 2, pp. 1-13, 2014.
- [2] M. E. T. S. D. P. Carlos D. Frau, «Consideración de los pulsos de velocidad en el diseño de estructuras con aislamiento sísmico de base,» *Revista de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, vol. 17, nº 3, pp. 94-100, 2015.
- [3] B. Perepérez, «La peligrosidad sísmica y el factor de riesgo,» *Informes de la construcción*, Vols. %1 de %266,534, eo18, pp. 1-8, 2014.
- [4] A. Pozos-Estrada, R. Gómez y H. Hong, «DESAGREGACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO PARA ALGUNOS SITIOS SELECCIONADOS DE MÉXICO,» *Revista de Ingeniería Sísmica*, nº 91, pp. 31-53, 2014.
- [5] G. P. H. C. M. W. A. Castillo, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la tapia en Pasto (Nariño, Colombia). Caso Teatro Imperial – Ingeniería y Patrimonio,» *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 12, nº 24, pp. 77-88 , 2018.
- [6] M. A. Salgado-Gálvez, D. Zuloaga Romero, G. A. Bernal Granados y Cardona, «Comparación de los resultados de riesgo sísmico en dos ciudades con los mismos coeficientes de,» *Revista de Ingeniería*, nº 41, pp. 8-14, julio-diciembre 2014.
- [7] L. R. F. Sola, E. T. Hernández y D. D. Chávez, «RESPUESTA INELÁSTICA DE MARCOS DE ACERO CON INTERACCIÓN INERCIAL SUELO - ESTRUCTURA,» *Revista de Ingeniería Sísmica*, nº 92, pp. 1-21, 2015.
- [8] M. E. Rodríguez, «UNA REVISIÓN CRÍTICA DE LA PRÁCTICA DE DISEÑO POR SISMO,» *Revista de Ingeniería Sísmica*, nº 94, pp. 27-48, 2016.
- [9] P. Q. M. y E. R. A. (2), «ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO DE ECUADOR Y PROPUESTA DE ESPECTROS DE DISEÑO PARA LA CIUDAD DE CUENCA,» *Revista de Ingeniería Sísmica*, nº 94, pp. 1-26, 2016.
- [10] J. E. Barradas Hernández y G. Ayala Milián, «SITIOS DEL VALLE DE MÉXICO EN LOS QUE SE DEBE DISEÑAR PARA UN Q MENOR AL ESTIPULADO PARA ESTRUCTURAS DUCTILES,» *Revista de Ingeniería Sísmica*, nº 92, pp. 47-64, 2015.
- [11] A. Álvarez Manilla Aceves, D. Carreón Freyre, C. Mendoza, F. R. Zúñiga Dávila Madrid y D. Zhao, «CONTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS CARACTERÍSTICAS AL PERIODO DE VIBRACIÓN DOMINANTE EN LA CIUDAD DE QUERÉTARO, MÉXICO,» *Revista de Ingeniería Sísmica*, nº 97, pp. 84-101, 2017.
- [12] G. Morejón-Blanco, C. Llanes-Burón y Z. Paulette Frómeta-Salas, «MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA DE LAS FUERZAS SÍSMICAS,» vol. 1, nº 1, pp. 24-35, 2018.

- [13] C. Morales, I. Bernal, H. Tavera, L. Arredondo y J. Oyola, «ESPECTROS DE RESPUESTA ELÁSTICA DE PSEUDOACELERACIÓN A PARTIR DEL ANÁLISIS DINÁMICO LINEAL EQUIVALENTE DEL SUELO EN CHIMBOTE – PERÚ,» *Boletín de Geología*, vol. 39, nº 2, pp. 31-47, 2017.
- [14] J. Arcila Zea, C. A. Riveros Jerez y J. E. Rivero Jerez, «Optimización de secciones de vigas y columnas para el cumplimiento de la deriva en edificaciones de concreto reforzado mediante Redes Neuronales Artificiales,» *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, nº 70, pp. 34-44, 2014.

8 ANEXOS

ANEXO A: RELACION ANCHO ESPESOR

ANEXO B: COEFICIENTE DE IMPORTANCIA- TIPO DE SUELO- ZONA SISMICA

1. FACTOR DE ZONA SISMICA			
Zona Sismica	III	Sec 10.2	
Z=	0.3	Sec 3.1.1	
Aceleracion	0.3		
2. TIPO DE USO DE LA EDIFICACION			
Factor de Importancia:	Otras Estructuras		
I=	1.5	Sec. 4.1	
3. TIPO DE SUELO			
Perfil de Suelo Tipo =	C	Sec.3.2.1	

ANEXO C: PERIODO DE VIBRACION- CONFIGURACION ESTRUCTURAL

4. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL			
INGRESAR CASO	→	Estructuras de acero sin arriostramientos	
Ct=	0.072	Sec. 6.3.3	
α =	0.8		
Altura maxima de la estructura			
hn =	12	m	
5. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN			
Metodo 1 periodo estático	$T_{NEC-2015} =$	0.526	seg

ANEXO D: ACELERACION (Sa)- FACTORES DE AMPLIFICACION DEL SUELO Fa, Fs, Fd-PERIODOS LIMITES DE VIBRACION Tc Y TL

6. CALCULO DE ACELERACIÓN			
	NEC-2015		
	Fa =	1.25	Sec. 3.3.2
	Fd =	1.19	
	Fs =	1.02	
	To =	0.097	seg
	Tc =	0.534	seg
Relacion de amplificacion espectral	η =	1.8	
Factor de suelo	r =	1	
	Sa =	0.675	

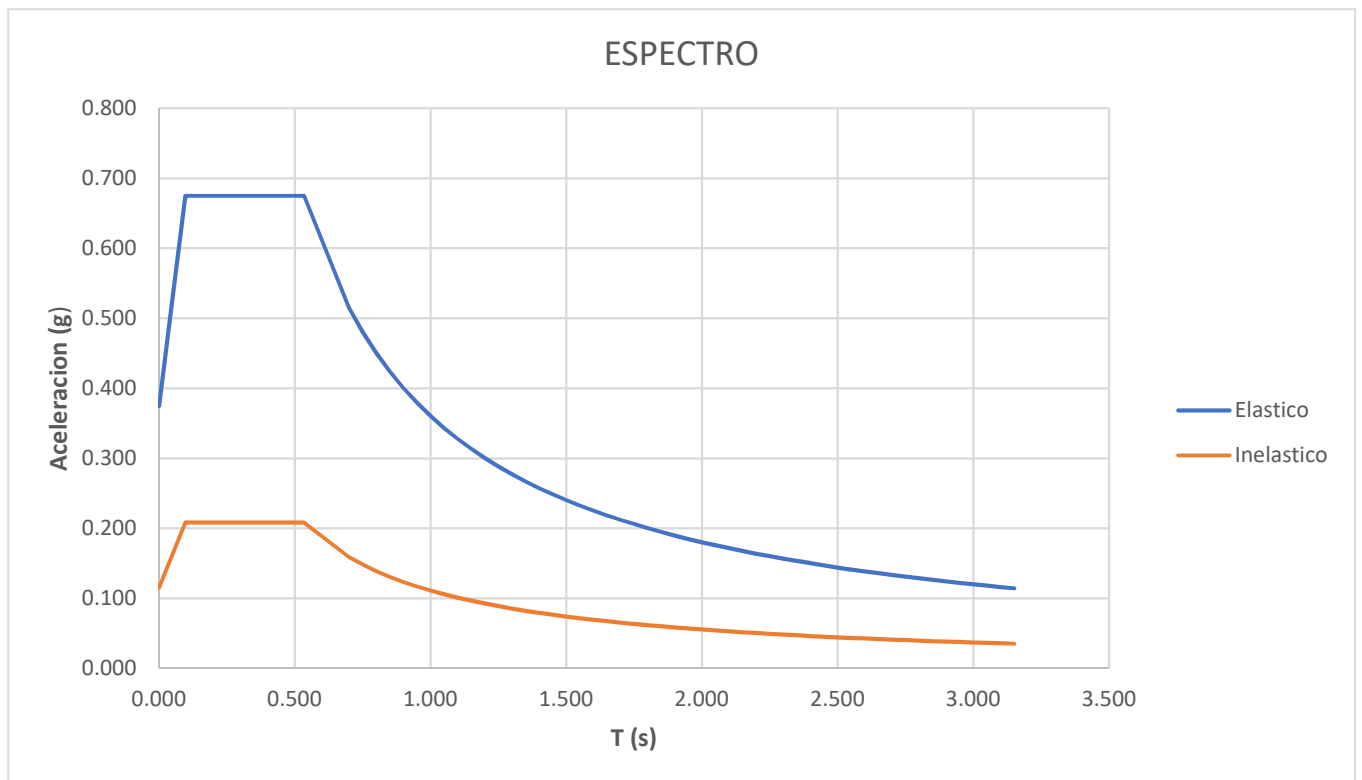
ANEXO E: FACTOR DE REDUCCION DE RESISTENCIA SISMICA-COEFICIENTES DE REGULARIDAD EN PLANTA Y ELEVACION (p- e)

7. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SISMICA			
	R=	6	Sec. 6.3.4
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.			
8. FACTOR DE IRREGULARIDAD			
8.1.- Irregularidad en planta			
	Φ_p =	0.9	Sec.5.2.3
8.1.- Irregularidad en elevacion			
	Φ_{EI} =	0.9	Sec.5.2.3

ANEXO F: ESPECTRO DE DISEÑO

	T	Sa	I.Sa/R.fie.fip
To	0.000	0.375	0.116
	0.050	0.529	0.163
	0.097	0.675	0.208
	0.150	0.675	0.208
	0.200	0.675	0.208
	0.250	0.675	0.208
	0.300	0.675	0.208
	0.350	0.675	0.208
	0.400	0.675	0.208
	0.450	0.675	0.208
Tc	0.500	0.675	0.208
	0.534	0.675	0.208
	0.700	0.515	0.159
	0.750	0.481	0.148
	0.800	0.451	0.139
	0.850	0.424	0.131
	0.900	0.401	0.124
	0.950	0.379	0.117
	1.000	0.360	0.111
	1.050	0.343	0.106
	1.100	0.328	0.101
	1.150	0.313	0.097
	1.200	0.300	0.093
	1.250	0.288	0.089
	1.300	0.277	0.086
	1.350	0.267	0.082
	1.400	0.257	0.079
	1.450	0.249	0.077
	1.500	0.240	0.074
	1.550	0.233	0.072
1.600	0.225	0.070	
1.650	0.218	0.067	
1.700	0.212	0.065	
1.750	0.206	0.064	
1.800	0.200	0.062	
1.850	0.195	0.060	
1.900	0.190	0.059	
1.950	0.185	0.057	
2.000	0.180	0.056	
2.050	0.176	0.054	

2.100	0.172	0.053
2.150	0.168	0.052
2.200	0.164	0.051
2.250	0.160	0.049
2.300	0.157	0.048
2.350	0.153	0.047
2.400	0.150	0.046
2.450	0.147	0.045
2.500	0.144	0.045
2.550	0.141	0.044
2.600	0.139	0.043
2.650	0.136	0.042
2.700	0.134	0.041
2.750	0.131	0.040
2.800	0.129	0.040
2.850	0.126	0.039
2.900	0.124	0.038
2.950	0.122	0.038
3.000	0.120	0.037
3.050	0.118	0.036
3.100	0.116	0.036
3.150	0.114	0.035



ANEXO G: CORTANTE BASAL

9. CALCULO DEL CORTANTE BASAL		Sec. 6.3.2									
$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_P\phi_E} W$		Vb=	0.2083333 * W								
		Ceficiente)	0.2083333								
10. DISTRIBUCION VERTICAL DE FUERZAS SISMICAS LATERALES											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valores de T (s)</th> <th>k</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0.5 < T ≤ 2.5</td> <td>0.75 + 0.50 T</td> </tr> <tr> <td>> 2.5</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		Valores de T (s)	k	≤ 0.5	1	0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T	> 2.5	2	K=	1.013 Sec. 6.3.5
Valores de T (s)	k										
≤ 0.5	1										
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T										
> 2.5	2										

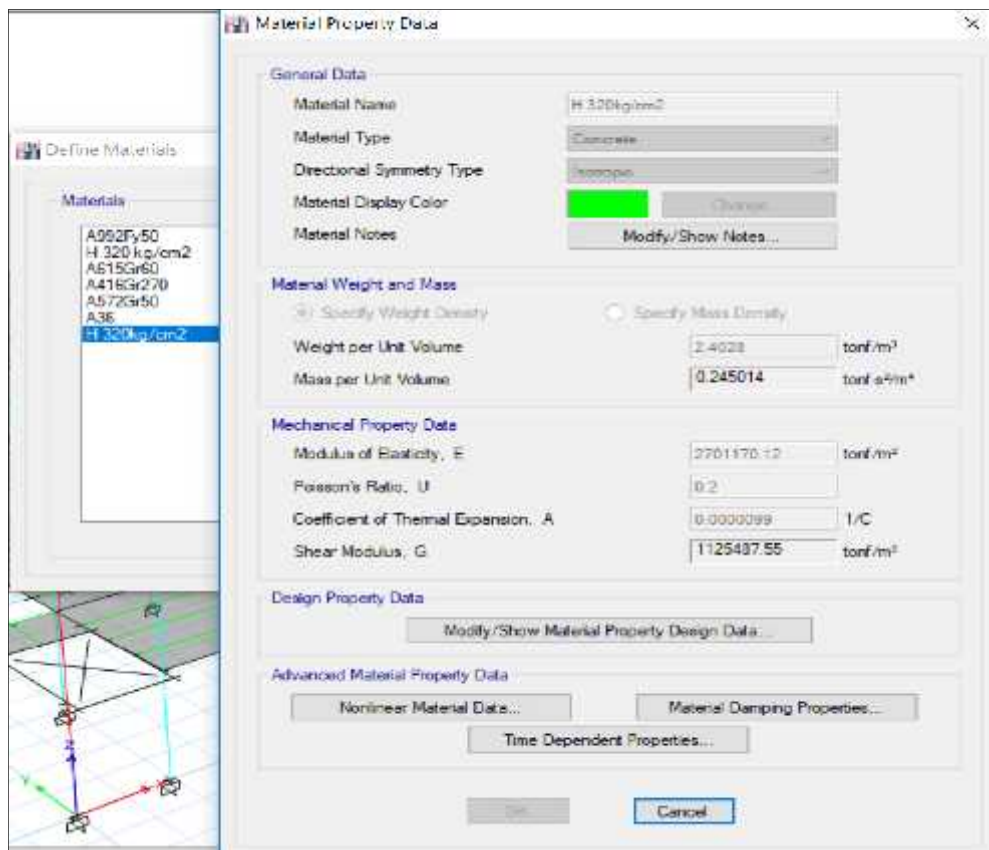
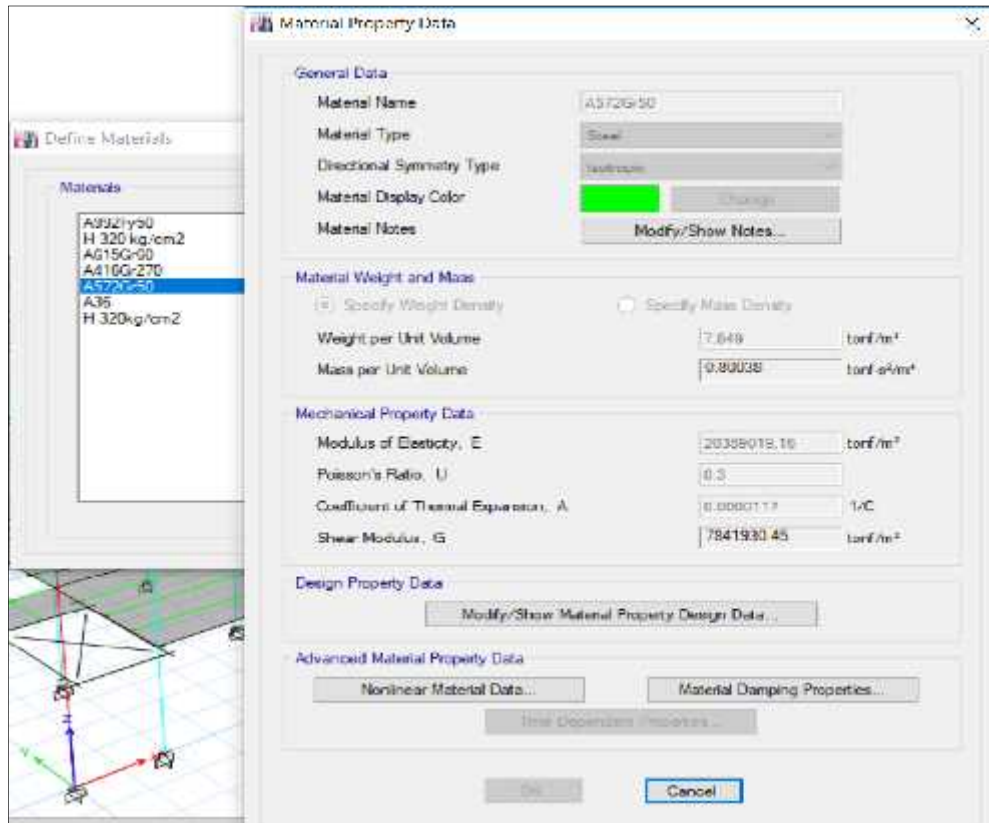
ANEXO H: DERIVAS DE PISO

DERIVA DE ACUERDO A NCC-2015			
SISMO ESTATICO X			
DERIVA ELASTICA MAX =	Δ_e	0.004131	
Factor de Reduccion	R	8	
Factor	f	0.75	
DERIVA INELASTICA	Δ_{ine}	2.48%	NO CUMPLE
DERIVA ADMISIBLE	Δ_{adm}	2.00%	
Para verificación de la deriva se toma el valor debido al sismo estatico en cada una de las direcciones			
PARTE DINAMICA			
Modo de vibración de una estructura por piso tiene 3			
El número de pisos multiplicamos por 3 modos de vibrar determinamos el número de modos a utilizar para el análisis modal, que de acuerdo a la normativa en este último modo debe superar el 90% de la masa para tener un análisis dinámico correcto, caso en que no cumpla el 90% de la masa se debe de aumentar los modos de vibrar hasta lograr el 90% de la masa			
La rotación en el primer modo de vibrar de una estructura es aceptable hasta el 10% debido a que al tener un mayor porcentaje se va a generar torsiones excesivas en la estructura, donde esta torsión será tomada por las columnas la cual no es favorable debido a que las columnas son diseñadas para resistir esfuerzos de compresión y flexión y no torsiones excesivas			
En el tercer modo de vibrar la disipación de energía es mayor por lo que ya se permite efectos de rotación en la estructura			

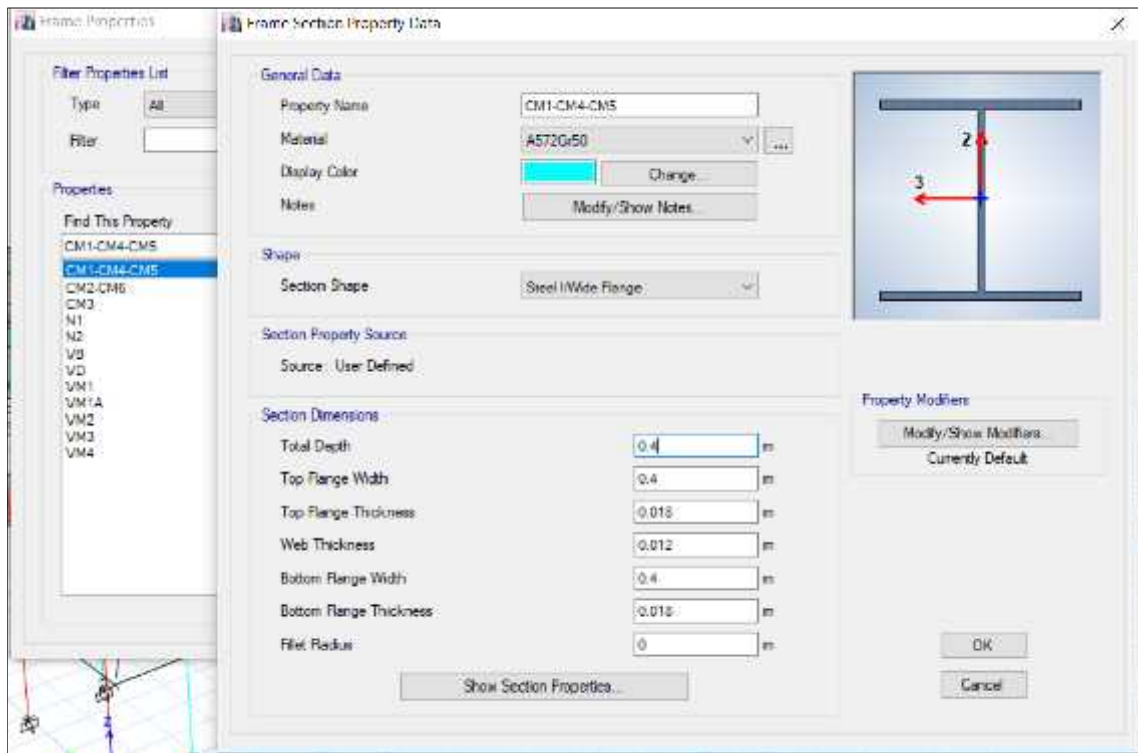
ANEXOS
MODELADO
ANALISIS ESTATICO
ANALISIS DINAMICO

MODELADO:

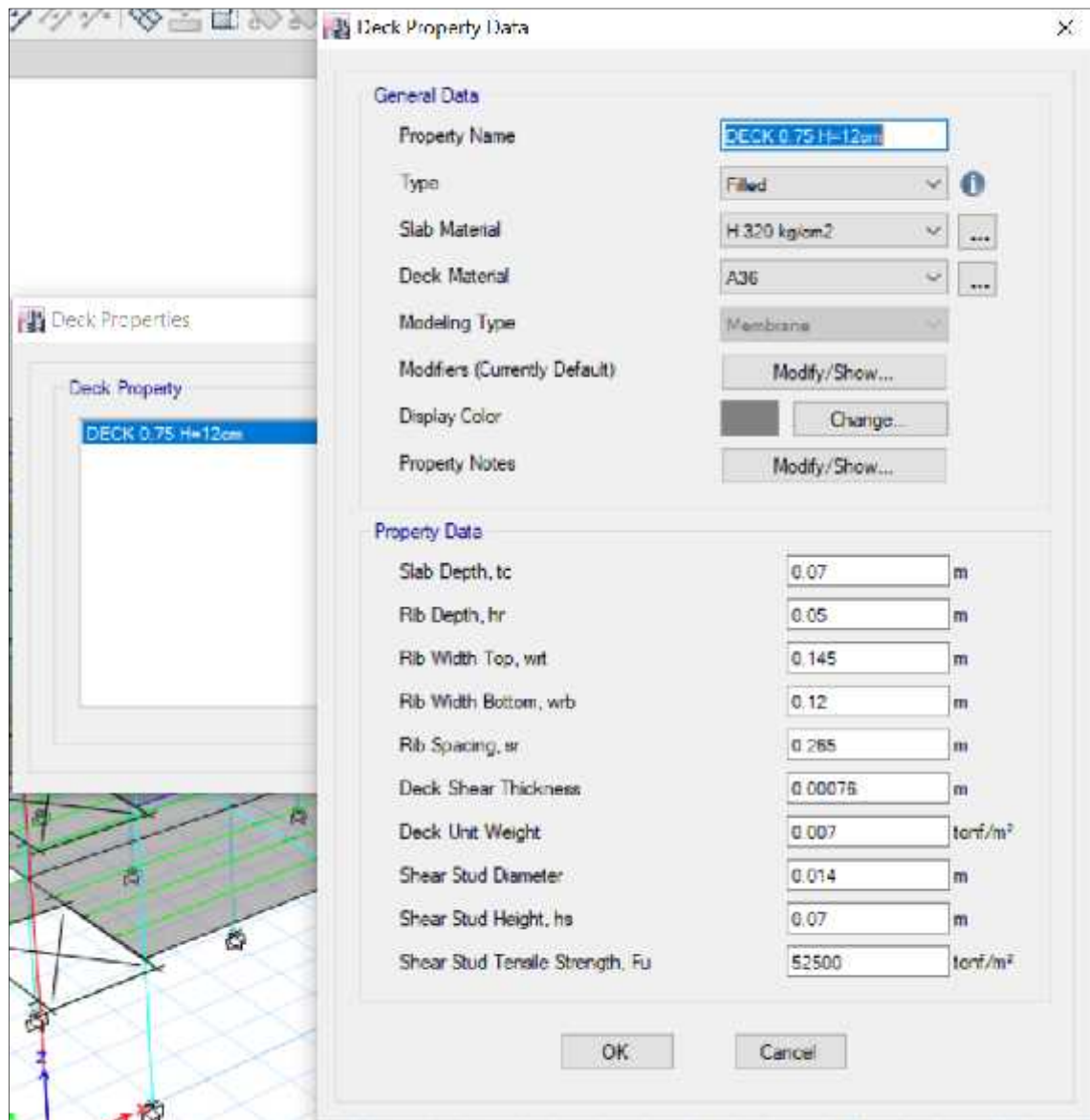
ANEXO I: MATERIALES



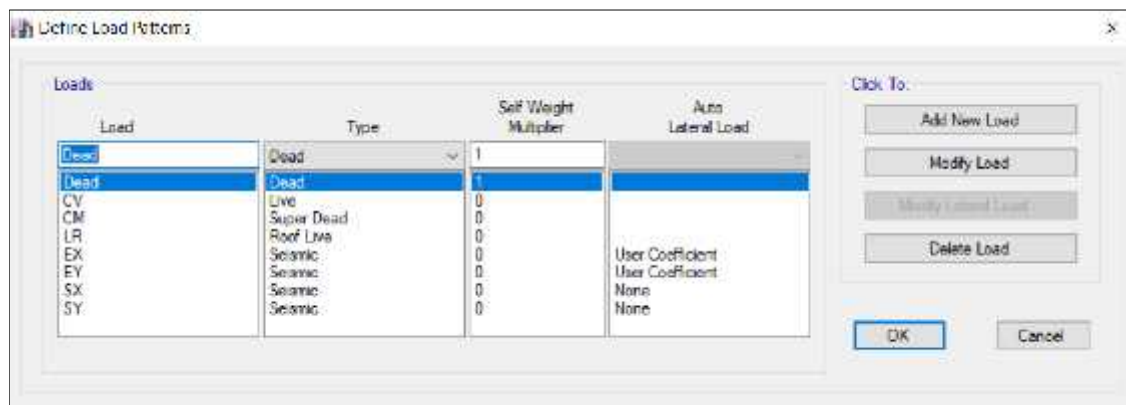
ANEXO J: SECCIONES



ANEXO K: LOSA TIPO DECK (e= 100 – 90mm)

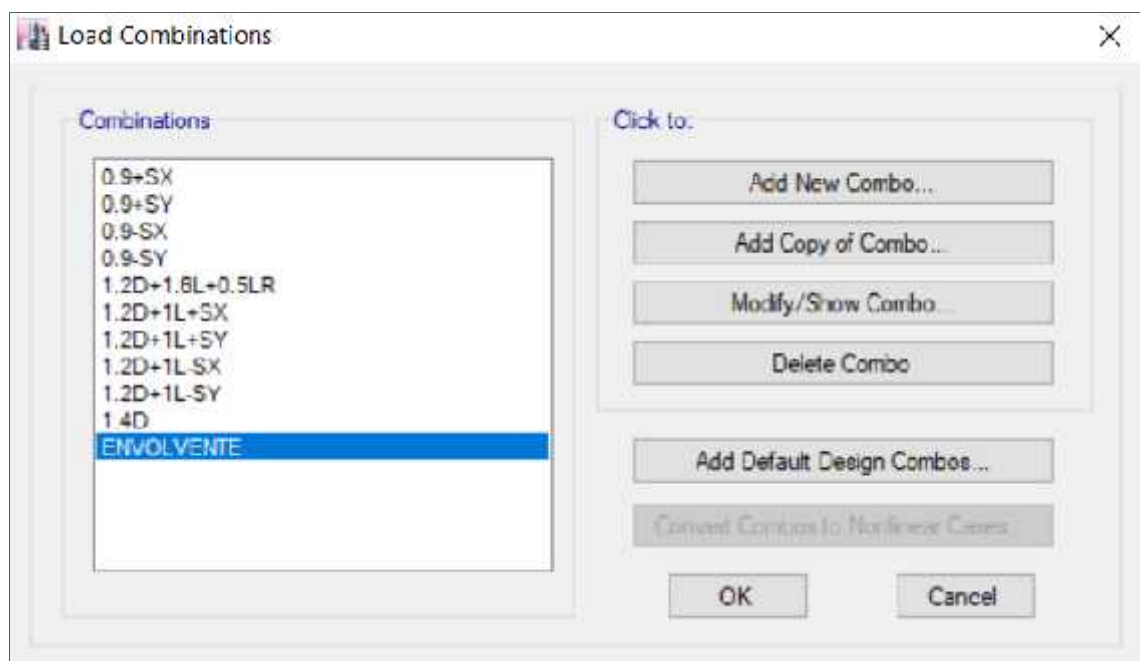


ANEXO L: ESTADOS DE CARGA



ANEXO M: COMBINACIONES DE CARGAS

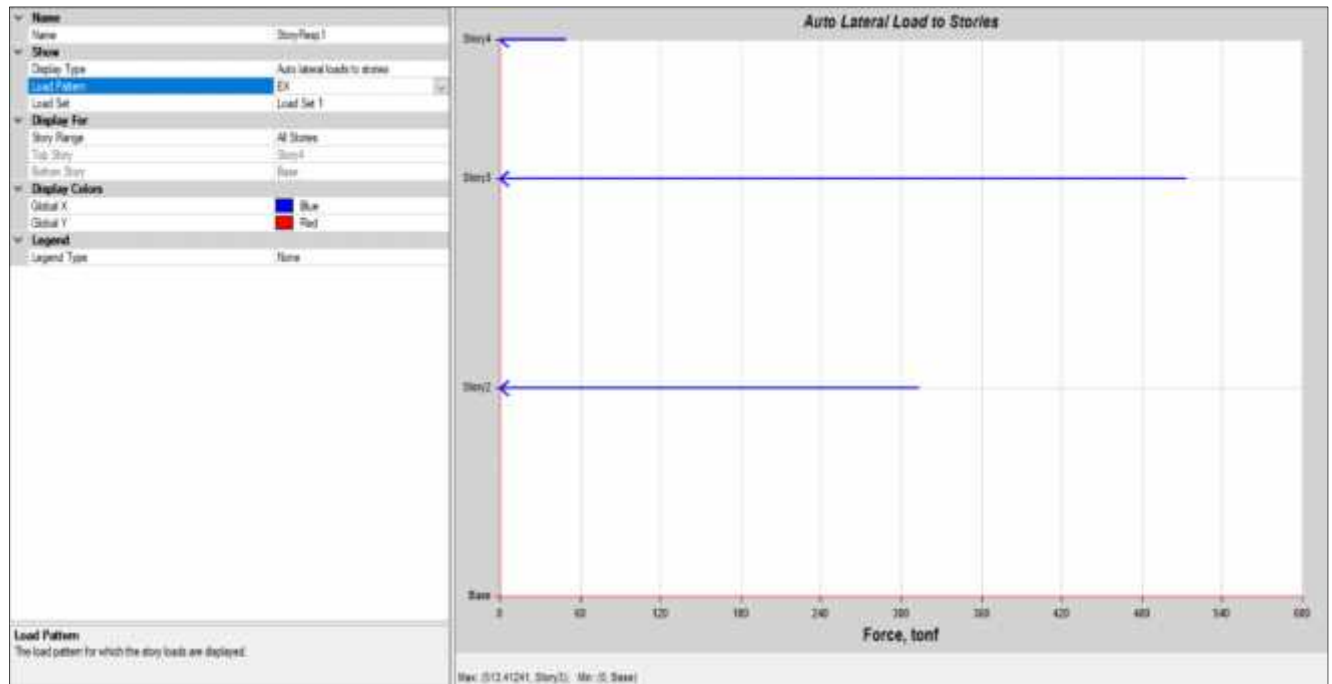
Obtenido de las NEC_SE _CG sección 3.4.3



ANEXO N:

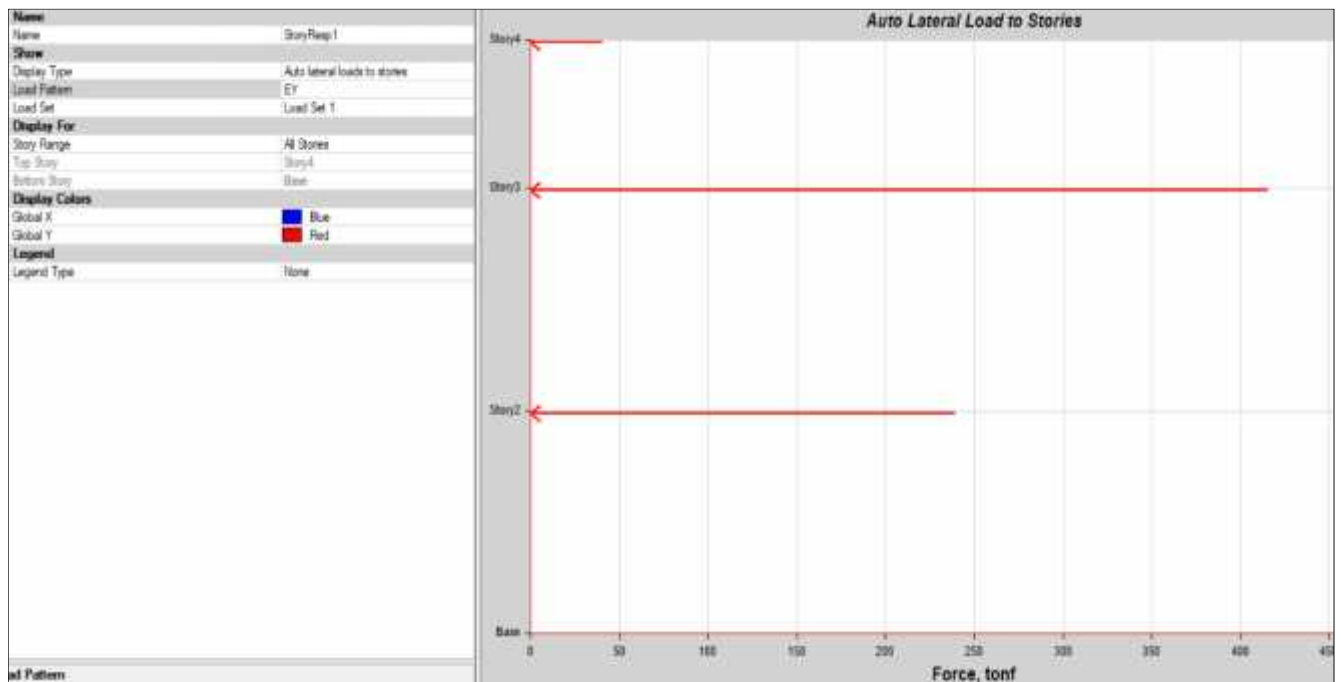
DISTRIBUCION DEL CORTANTE BASAL POR PISO

EX

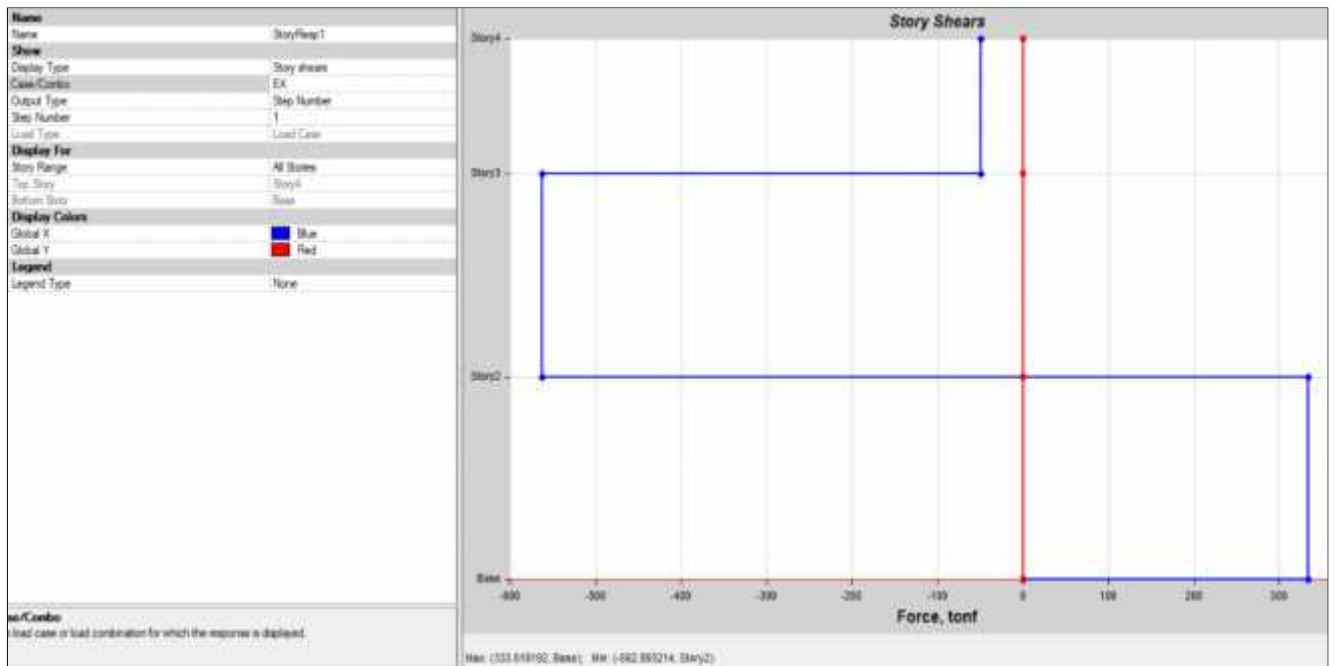


DISTRIBUCION DEL CORTANTE BASAL POR PISO

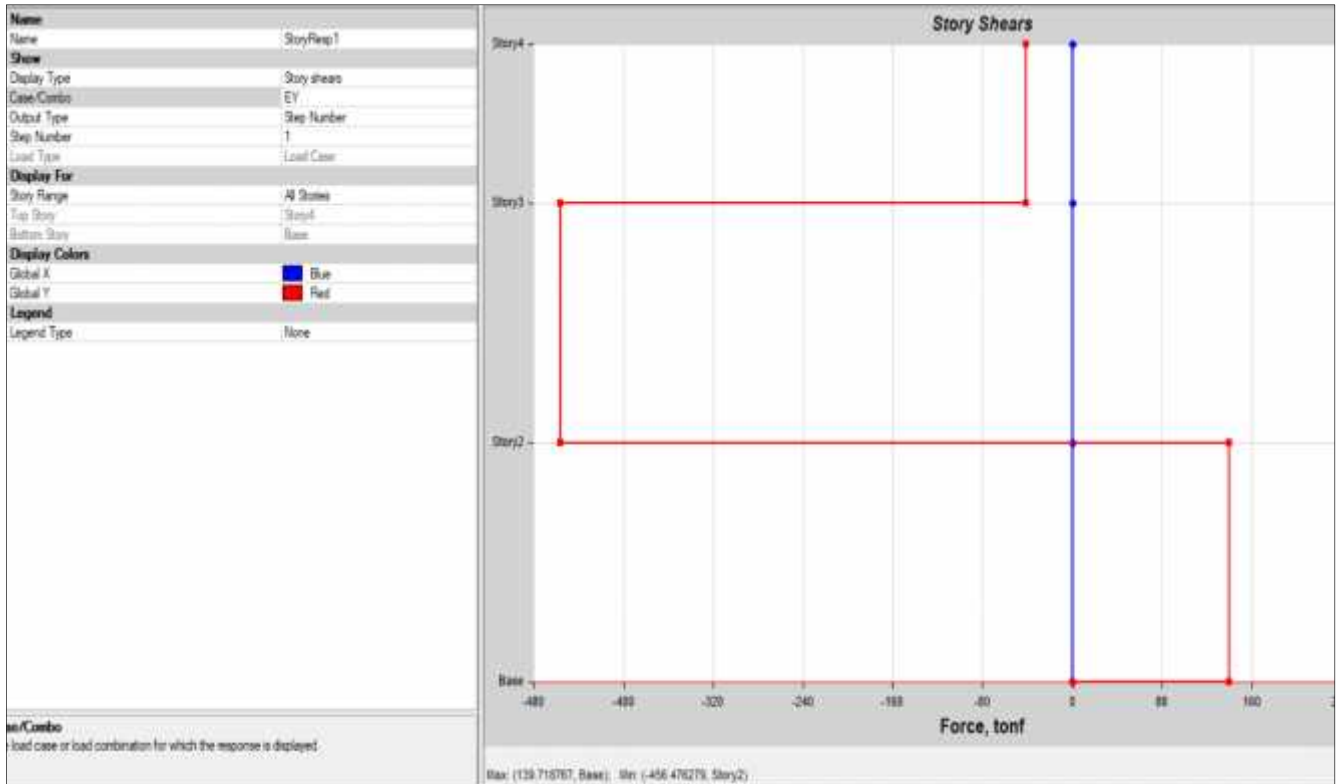
EY



CORTANTE POR PISO EX



CORTANTE POR PISO EY



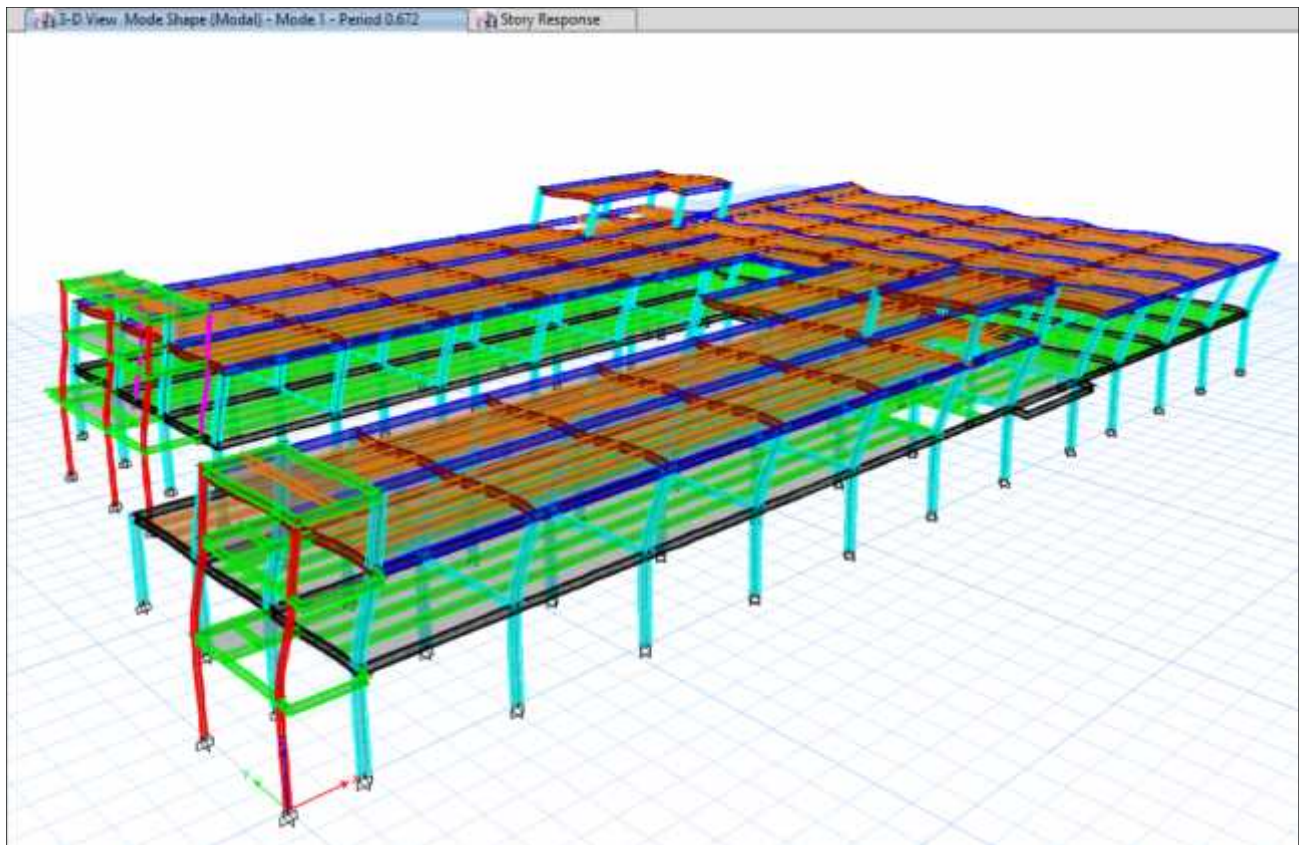
ANALISIS MODAL ESPECTRAL

ANEXO R: ESPECTRO DE DISEÑO INGRESADO EN ETABS

The image shows the 'Response Spectrum Function Definition - From File' dialog box in ETABS. The dialog is open over a 3D model of a building. The 'Function Name' is 'ESPECTRO 2'. The 'Function Damping Ratio' is 0.05. The 'Values are' section has 'Period vs Value' selected. The 'Function File' is 'C:\Users\Richard\Desktop\hospital pilas\MODELO\ESPECTRO 2.txt'. The 'Header Lines to Skip' is 0. The 'Function Graph' shows a spectral curve with a peak of approximately 210 at a period of 0.3 seconds. The y-axis is labeled 'E-3' and ranges from 30 to 240. The x-axis ranges from 0.00 to 3.00.

Period (s)	Value (E-3)
0.00	120
0.10	210
0.30	210
0.50	210
1.00	120
1.50	80
2.00	60
2.50	50
3.00	45

ANEXO S: PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA



Periodo fundamental de la estructura $T= 0.672$ seg

ANEXO T: PARTICIPACION MODAL DE MASA

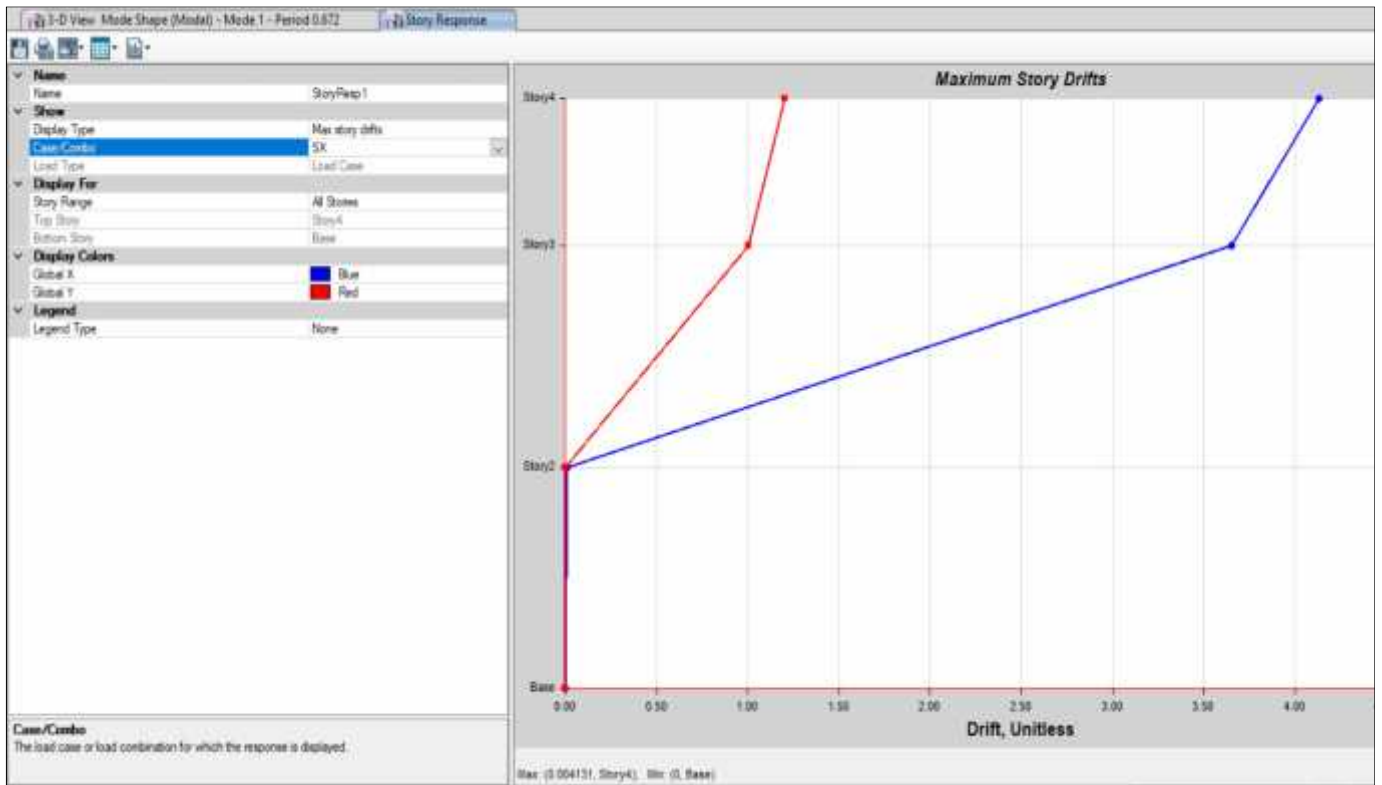
TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
Modal	1	0.672	0.000001439	0.9851	0.000001439	0.9851	0.0011	0.0011
Modal	2	0.601	0.0151	0.0003	0.0151	0.9854	0.9613	0.9624
Modal	3	0.512	0.9555	9.931E-07	0.9706	0.9854	0.0153	0.9777
Modal	4	0.293	0.0001	0.0052	0.9709	0.9917	0.0022	0.9799
Modal	5	0.281	0.0003	0.0012	0.9712	0.9929	0.0011	0.9809
Modal	6	0.254	0.0001	0.0015	0.9713	0.9943	0.0009	0.9818
Modal	7	0.248	0.0005	0.0042	0.9718	0.9986	0.0014	0.9832
Modal	8	0.235	0.00003034	0.0006	0.9719	0.9992	0.00001787	0.9832
Modal	9	0.217	0.0085	0.0001	0.9803	0.9992	0.0078	0.991

Existe torsión en el segundo modo de vibración

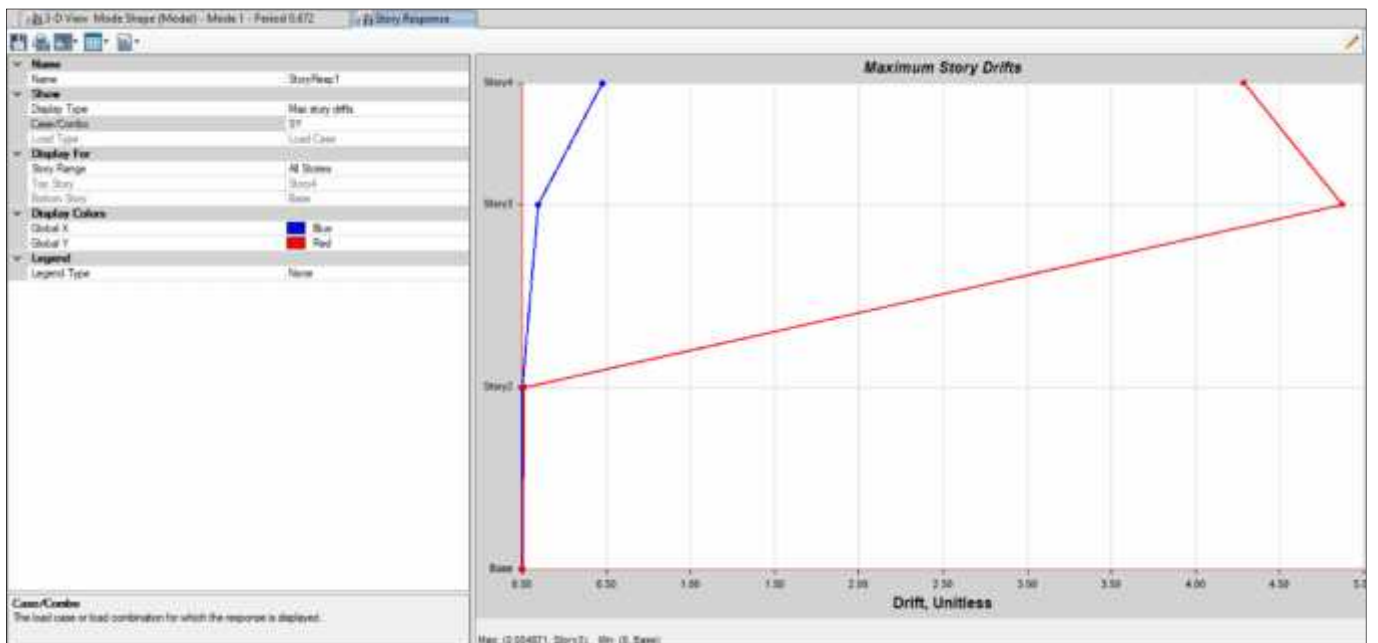
Traslación en Y para el primer y tercer modo de vibración en X

ANEXO U: DERIVAS

SX



SY



Las derivas sobrepasan el límite máximo que establece la NEC del 2% por lo tanto la edificación no cumple.