



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA  
EN LAS EDIFICACIONES DE HONDURAS**

**SUSTENTADO POR:**

**ELMER JOSUÉ ZELAYA GARCÍA**

**DIANA MARLENY VIDEA CASTELLANOS**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE  
MASTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**TEGUCIGALPA M.D.C, F. M., HONDURAS C.A.  
JULIO, 2018**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO  
AUTORIDADES  
UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

**DESIREE TEJEDA CALVO**

**DECANA DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE**

**DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA  
EN LAS EDIFICACIONES DE HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

**ASESOR METODOLÓGICO  
CARLOS AUGUSTO ZELAYA OVIEDO**

**ASESOR TEMÁTICO  
KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ**

**MIEMBROS DE LA TERNA**

**Fredy Antonio Vides**

**Mina García**



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE HONDURAS**

**NOMBRE DE LOS MAESTRANTES:**

**ELMER JOSUÉ ZELAYA GARCÍA**

**DIANA MARLENY VIDEA CASTELLANOS**

### **Resumen**

El propósito principal de esta investigación, consiste en proponer un método de diseño para implementar el uso de los dispositivos de protección sísmica en las edificaciones de Honduras, con la aplicación de la norma internacional UBC-97, para mantener uniformidad con la estimación de las acciones sísmicas que se sugieren en el CHOC-08 que se basan en la norma UBC-94. Con la aplicación de los dispositivos de protección sísmica en las edificaciones de Honduras, se garantiza mayor seguridad para los ocupantes, estos dispositivos logran mayor seguridad en las edificaciones por medio de la aislación del embate sísmico o la disipación de la energía que estos fenómenos naturales lleguen a generar, lo que resulta en menores desplazamientos entre piso y evitando al mínimo los daños que se puedan presentar en las estructuras.

**Palabras claves:** acciones sísmicas, derivas, desplazamientos, dispositivos de protección sísmica, método de diseño.



**POSTGRADUATE FACULTY**

**SEISMIC PROTECTION DEVICES  
IN HONDURAS BUILDINGS**

**POSTGRADUATE NAMES:**

**ELMER JOSUÉ ZELAYA GARCÍA**

**DIANA MARLENY VIDEA CASTELLANOS**

**Abstract**

The main purpose of this research is to propose a design method to implement the use of seismic protection devices in Honduran buildings, with the application of the international standard UBC-97, to maintain uniformity with the estimation of seismic actions which are suggested in CHOC-08 which are based on the UBC-94 standard. With the application of seismic protection devices in buildings in Honduras, greater security is guaranteed for the occupants, these devices achieve greater security in buildings by means of the isolation of the seismic attack or the dissipation of the energy that these natural phenomena reach. to generate, which results in less movement between floors and minimizing the damage that may occur in the structures.

**Keywords:** design method, drifts, displacements, seismic actions, seismic protection devices.

## **DEDICATORIA**

A Dios por su ayuda y por ser mi guía en este camino. A mi familia que siempre está conmigo en todo momento. A mi novia, para que sigamos juntos alcanzando nuevas metas.

*Elmer Josué Zelaya García.*

A Dios por su presencia y fortalecerme para enfrentar cada desafío. A mi mamá, a mi esposo y a mis tres hijas por su apoyo constante y comprensión.

*Diana Marleny Videa Castellanos.*

## AGRADECIMIENTO

A Dios padre todopoderoso, por la oportunidad que me ha dado de seguir alcanzando nuevas metas.

A mis padres, por toda la ayuda que me han dado durante todos estos años de estudio, sin ellos este recorrido hubiera sido más largo.

A mi novia, por siempre darme el apoyo y ánimos para seguir continuando hasta alcanzar la meta.

A todos los catedráticos que han compartido sus conocimientos y experiencias en el área de la Ingeniería Estructural. A mis compañeros que han ayudado compartiendo experiencias y conocimientos a lo largo de la maestría.

A la Renovación Carismática Católica, por sus oraciones que han sido recibidas por Dios.

***Elmer Josué Zelaya García.***

Primero agradezco a Dios que me ha dado salud, fuerza y la oportunidad de dar un paso más en mi desarrollo académico y profesional.

A mi familia por el apoyo y respaldo que me brindan cada día.

Al Ingeniero Miguel Mosqueira, por brindarnos información para la elaboración de esta investigación.

Al Doctor Carlos Zelaya, por su apoyo para realizar el presente Trabajo de Tesis.

A la Ingeniera Karla Uclés y a los miembros de la terna evaluadora por sus sugerencias y consejos para terminar la investigación. A los docentes que con paciencia nos han impartido el conocimiento en el área de diseño estructural.

***Diana Marleny Videá Castellanos.***

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes del problema.....	1
1.3 Definición del problema.....	2
1.3.1 Enunciado.....	2
1.3.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3.3 Preguntas de investigación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Justificación.....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Análisis de la situación actual.....	6
2.1.1 Análisis de macro entorno.....	6
2.1.2 Análisis de micro entorno.....	9
2.1.3 Análisis interno.....	11
2.2 Teorías.....	12
2.2.1 Teorías de sustento.....	12
2.2.2 Conceptualizaciones.....	21
2.3 Metodologías aplicadas.....	22
2.3.1 Sistemas de control activo y semi-activo.....	24
2.3.2 Sistema de aislamiento de base.....	24



2.3.3 Disipadores pasivos de energía.....	25
2.3.4 Programas de computadora aplicados al diseño estructural.....	27

**CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....30**

3.1 Congruencia metodológica.....	30
3.1.1 Matriz metodológica.....	31
3.1.2 Variables de estudio.....	33
3.1.3 Operacionalización de las variables.....	34
3.1.4 Hipótesis.....	37
3.1.5 Hipótesis Nula.....	37
3.1.6 Hipótesis Alternativa.....	37
3.2 Enfoque y métodos.....	37
3.2.1 Método deductivo.....	37
3.2.2 Método inductivo.....	38
3.2.3 Método analítico.....	38
3.2.4 Método sintético.....	38
3.2.5 Método científico.....	39
3.2.6 Método histórico.....	39
3.2.7 Método explicativo.....	39
3.2.8 Método descriptivo.....	40
3.3 Diseño de la investigación.....	40
3.3.1 Población.....	41
3.3.2 Descripción de la muestra.....	41
3.3.3 Unidad de análisis.....	43

3.3.4 Unidad de respuesta.....	43
3.4 Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados.....	43
3.4.1 Instrumentos.....	43
3.4.2 Técnicas.....	43
3.5 Fuentes de información.....	44
3.5.1 Fuentes primarias.....	44
3.5.1 Fuentes secundarias.....	44
3.6 Limitantes de estudio.....	44
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>45</b>
4.1 Resultados de la encuesta.....	45
4.1.1 Resultados de la entrevista.....	55
4.1.2 Diagrama de Ishikawa.....	56
4.1.3 Análisis estadístico.....	62
4.2 Propuesta.....	72
4.2.1 Método de Diseño para la Implementación de Aisladores de Base.....	72
4.2.2 Introducción.....	72
4.2.3 Descripción de la propuesta.....	73
4.2.3.1 Parámetros geométricos y configuración estructural.....	73
4.2.3.2 Estimación de cargas gravitacionales.....	78
4.2.3.3 Parámetros de carga sísmica.....	79
4.2.3.4 Parámetros de carga de viento.....	82
4.2.3.5 Combinaciones de Carga.....	87

4.2.3.6 Realización del modelo estructural con el método sísmico del CHOC-08.....	88
4.2.3.6.1 Análisis Modal.....	88
4.2.3.6.2 Revisión de Derivas Inelásticas.....	89
4.2.3.7 Dimensionamiento de los elementos estructurales.....	91
4.2.3.8 Pre dimensionamiento de los aisladores de base.....	111
4.2.3.9 Resultados del análisis estructural con los aisladores de base.....	122
4.2.3.10 Comparación del modelo convencional y del modelo con aisladores de base .....	129
4.2.4 Análisis de costos.....	153
4.2.5 Presupuesto.....	154
4.2.6 Cronograma de ejecución.....	156
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>157</b>
5.1 Conclusiones.....	157
5.2 Recomendaciones.....	159
<b>BIBIOGRAFÍA.....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>169</b>

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Introducción**

El diseño sísmo resistente convencional y que sugiere el CHOC-08 basa el diseño de estructuras ante sollicitaciones sísmicas en que, las estructuras estarán en capacidad de disipar cierta energía por medio de diversas fuentes, particularmente la incursión en el rango inelástico de los elementos estructurales, lo cual implica la formación de rótulas plásticas en algunas zonas determinadas. Esto implica un detallado adecuado de la estructura para evitar fallas no deseadas y proporcionar una ductilidad adecuada, ya que esto es sinónimo de disipar energía. Al ocurrir esto se espera un daño estructural que no implique el colapso de la estructura.

El presente documento tiene como propósito la implementación del uso de los dispositivos de protección sísmica, en particular el diseño de un aislador de base, cuyo fundamento surgió como un método alternativo al convencional para reducir los efectos destructivos de un sismo en una estructura, el cual consiste en mantener la estructura aislada del suelo de fundación, disminuyendo así las aceleraciones e incrementando los periodos de vibración de la estructura alejándola de los periodos naturales del suelo.

## **1.2 Antecedentes del problema**

En Honduras, las edificaciones son diseñadas para resistir las acciones sísmicas mediante la ductilidad de los materiales con los que se construyen, sin la ayuda de dispositivos de protección sísmica. Otras son diseñadas sin considerar las fuerzas sísmicas que deben de ser soportadas. Algunas no son diseñadas ni ejecutadas por ingenieros civiles ni por arquitectos, sino por obreros

experimentados llamados “maestros de obra”, que no tienen los conocimientos técnicos y científicos que los profesionales de la construcción deben de aplicar. Por esto, muchas veces se pone en riesgo la vida de los ocupantes de las edificaciones.

### **1.3 Definición de problema**

#### **1.3.1 Enunciado**

El Código Hondureño de la Industria de la Construcción incorpora en sus páginas requerimientos mínimos de diseño sismorresistente que dan los lineamientos sobre el análisis estructural que debe realizarse. Es así como se proponen alternativas de diseño, en general, métodos estáticos o dinámicos y lineales o no-lineales, y espectros de aceleración y/o de desplazamientos ante eventos sísmicos, considerando las características geológicas de la región y el tipo de suelo, entre otros factores determinantes. Sin embargo, el CHOC-08 no se incorporó hasta el año 2008; por lo tanto, existen muchas edificaciones, inclusive edificios de varios pisos, que no fueron diseñados para garantizar la supervivencia de los ocupantes en el caso de un evento extremo. Estas edificaciones corresponden a un primer grupo de aplicación del tema de este documento.

El segundo grupo de aplicación corresponde a edificaciones esenciales, que por su uso deben mantenerse operativos luego de un evento sísmico. Estos incluyen: hospitales, edificaciones destinadas para el uso como refugios ante la ocurrencia de desastres naturales, puentes esenciales cuyo colapso pueda dejar incomunicada una población importante, entre otros. Los códigos alrededor del mundo, incluyendo el nuestro, basan el diseño de estructuras ante sollicitaciones sísmicas en que, ante la ocurrencia de un sismo severo, las estructuras estarán en capacidad de disipar cierta cantidad de energía por medio de diversas fuentes, particularmente la incursión en el

rango inelástico de elementos estructurales, lo cual implica la disipación de energía mediante la formación de rótulas plásticas en zonas determinadas de los mismos. En muchas ocasiones esto es sinónimo de daño estructural que no implica un colapso; sin embargo, este daño debe ser reparado posteriormente, en otras ocasiones este daño es irreparable y se debe proceder a la demolición de la edificación.

Para el reforzamiento de estructuras con el objeto de mejorar su desempeño sísmico existen varios métodos; sin embargo, muchas son complicados, ya que implican detener las actividades por el tiempo que duran las reparaciones, destruyen el diseño arquitectónico del edificio o tienen un costo muy elevado. Por ello, se analiza y evalúa en este documento el uso de aisladores en la base como mecanismo de desempeño sísmico y como reforzamiento de estructuras existentes o nuevas que requieran mantener su operatividad luego de un evento sísmico.

### **1.3.2 Planteamiento del problema**

El problema que da origen a la investigación se formula de la siguiente manera: Para dar protección sísmica a las edificaciones se utilizaran dispositivos en la base de la estructura, como es el caso de aisladores sísmicos. ¿De qué manera influye el uso de dispositivos de protección sísmica en el análisis de un edificio con respecto al modelo convencional ante una sollicitación sísmica?

### **1.3.3 Preguntas de investigación**

1. ¿Cuáles son los factores que afectan las estructuras cuando se da un evento sísmico?
2. ¿En qué beneficiaría a nivel general la utilización de aisladores sísmicos en la base de la estructura?
3. ¿Cuáles son las alternativas para que las estructuras resistan a las fuerzas sísmicas?

4. ¿Cómo son afectadas las estructuras según el método que se adopta como solución a las solicitaciones sísmicas?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el mejoramiento del desempeño sísmico de una estructura de hormigón reforzado con la implementación de los dispositivos de protección sísmica en las construcciones de edificios, mediante un método de diseño de aisladores para su utilización en las edificaciones nuevas y antiguas de Honduras.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar los factores que afectan la seguridad y el comportamiento de las estructuras durante y después de un sismo.
2. Analizar los beneficios del uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones que sean más vulnerables a las fallas provocadas por los sismos.
3. Realizar un análisis comparativo de un edificio diseñado con el modelo convencional y otro usando aisladores de protección sísmica.
4. Proponer un método de diseño que cumpla con las normas de construcción y de seguridad para lograr construir edificaciones más resistentes y duraderas ante las solicitaciones requeridas en Honduras.

## **1.5 Justificación**

La realización de esta investigación nace con el objeto de proveer a la industria de la construcción una alternativa que proteja a las edificaciones de los daños en los elementos

estructurales y no estructurales que se puedan generar ante un desastre sísmico, tanto para zonas con sismo de magnitud moderada con aceleraciones comprendidas entre 0.15g a 0.30g, como zonas con alto riesgo sísmico con aceleraciones mayores a 0.30g, dicha alternativa son los dispositivos de protección sísmica, los cuales permiten que las edificaciones sean más seguras aun cuando sus ocupantes no evacúen las mismas.



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

El marco teórico es el respaldo del tema de estudio y se refiere a un conjunto de principios, ideas, leyes, metodologías, datos y factores que determinan una realidad específica; cuando existe algo concreto y práctico, es porque previamente hay una explicación teórica que lo sustente.

### **2.1 Análisis de la situación actual**

#### **2.1.1 Análisis de macro entorno**

En la industria de la construcción, el diseño estructural es el que determina como deberán de construirse las edificaciones. Este debe de apoyarse en la Ingeniería Sísmica para estudiar el comportamiento de los edificios y las estructuras sujetas a carga sísmicas, para poder diseñar, construir y mantener estructuras que resistan a un terremoto.

En respuesta al desarrollo y avance mundial de la ingeniería sísmica y estructural, y ante la necesidad por aumentar los niveles de protección sísmica en edificaciones y obras civiles, se han desarrollado dispositivos estructurales avanzados de protección contra los terremotos. Sin embargo, desde tiempo antiguo se usaron a pequeña escala, como nos comenta:

Aguiar, Almazán, Dechent y Suárez (2008)

La primera obra construida con aislación sísmica fue el Partenón en el año 440 A. C., en la cual las columnas podían desplazarse verticalmente para permitir una rotación en su base y poder disipar energía mediante la fricción y deformación inelástica de un elemento de plomo que se incorporó como protección de los elementos de madera. Luego durante el transcurso de la vida ha habido otras obras en diferentes partes del mundo en que se han construido estructuras con aislación sísmica, tal vez en forma primitiva de acuerdo a la tecnología existente en la época. (p. 6)

Abarca, Bolomey, Boroschek, Castañeda, De Miguel, García, Jorquera, Navarro, Santa María, Searle y Veras (2011)

El primer documento para el diseño de estructuras con aislación sísmica de base fue publicado en 1986 por el SEAOC (Structural Engineering Association of California). Estados Unidos y Japón son los principales precursores del uso de estas tecnologías de protección. Los sistemas de protección sísmica presentaron su mayor auge luego de los terremotos de Northridge (EEUU) en 1994 y Kobe (Japón) en 1995. (p. 11)

La masificación de las construcciones con aisladores de base será el futuro de la Ingeniería Sísmica. Los sistemas de aislación que actualmente existen en el mundo son de tres tipos: los denominados elastoméricos sin núcleo de plomo, elastoméricos con núcleo de plomo y el péndulo de fricción de primera generación FPS (Frictional Pendulum System).

Entre los sistemas de disipación sísmica encontramos dos vertientes principales: los disipadores de líquidos viscosos y los disipadores de elementos a fricción o fluencia (metálicos).

Protección Sísmica de Estructuras. Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía (2012)  
Los disipadores de energía, a diferencia de los aisladores sísmicos, no evitan que las fuerzas y movimientos sísmicos se transfieran desde el suelo a la estructura. Estos dispositivos son diseñados para disipar la energía entregada por sismos, fenómenos de viento fuerte u otras sollicitaciones de origen dinámico, protegiendo y reduciendo los daños en elementos estructurales y no estructurales. Estos dispositivos permiten aumentar el nivel de amortiguamiento de la estructura.

Al momento de decidir entre utilizar aisladores sísmicos o disipadores sísmicos existen criterios claves que se deben de tener en cuenta.

Aisladores y Disipadores Sísmicos. ¿Como decidir? (2017)

Casi siempre tenemos la duda en cuanto que es mejor para un proyecto en términos de manejo de la energía sísmica: ¿Aislación de la estructura o disipación? Como muchas cosas en la vida, y más precisamente en la práctica cotidiana de la ingeniería sísmica, la respuesta es “depende”.

Aisladores y Disipadores Sísmicos. ¿Como decidir? (2017)

7 criterios clave para tener en cuenta al decidir qué es lo mejor y más conveniente para un proyecto, y no solo desde el punto de vista del manejo de la energía, (...): periodo de la estructura, frecuencia del registro sísmico, instalación en obra, análisis estructural, precio, control de calidad y testeo y costos a nivel proyecto.

Las estructuras que no han sido diseñadas con dispositivos de protección sísmica han sido concebidas con el diseño por capacidad.

Gatica (2012)

Durante los últimos años la ingeniería sismorresistente, concebía a la disipación de energía como la plastificación de elementos, situación que generaba una gran cantidad de daños, los que requerían de una fuerte inversión para ser reparados. Las nuevas tendencias están abocadas a lograr mayor ductilidad y disipación de energía en las estructuras con la introducción de dispositivos especialmente diseñados para este fin. Estos dispositivos reducen la demanda de deformación y esfuerzos mediante el aumento del amortiguamiento estructural, reduciendo los esfuerzos hasta en un 50%. (p. 7)

Salas (2013)

El diseño por capacidad está basado en la formulación de una jerarquía en la resistencia de los componentes que conforman el sistema estructural para permitir la formación de un adecuado mecanismo de deformación plástica (mecanismo de falla), evitando la ocurrencia de fallas frágiles. Para ello se determinan ciertas zonas de la estructura sismo resistente que se diseñan y detallan para disipar energía en forma dúctil y estable y que se denominan comúnmente “rótulas plásticas”. (p. 1)

## **Honduras en el cinturón de Fuego del Pacífico**

El cinturón de Fuego del Pacífico (o Anillo de Fuego del Pacífico), también conocido como Cinturón Circumpacífico, está situado en las costas del océano Pacífico y se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica en las zonas que abarca.

Incluye a Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, México, Estados Unidos, Canadá, luego dobla a la altura de las Islas Aleutianas y baja por las costas e islas de Rusia, Taiwán, Filipinas, Indonesia, Papúa, Nueva Guinea y Nueva Zelanda.

El lecho del océano Pacífico reposa sobre varias placas tectónicas, las cuales están en permanente fricción y, por ende, acumulan tensión. Cuando esa tensión se libera, origina terremotos en los países del cinturón. Además, la zona concentra actividad volcánica constante. En esta zona las placas de la corteza terrestre se hunden a gran velocidad (varios centímetros por año) y a la vez acumulan enormes tensiones que deben liberarse en forma de sismos.

### **2.1.2 Análisis de micro entorno**

En Honduras, el diseño estructural y la construcción de todas las edificaciones deben de cumplir con los lineamientos establecidos en el Código Hondureño de Construcción 2008 (CHOC-08), específicamente en el capítulo 1.3 que hace referencia al Diseño por Sismo.

Castillo, Ferrera, Chávez, Rivera, Torre, Moncada, Alvarado, Barahona, Soto y Andino (2008): “Las estructuras y sus partes deberán diseñarse y construirse para resistir, como mínimo,

los efectos de los movimientos sísmicos de terreno como se dispone en esta sección” (p. 1-17).

El CHOC-08 determina las fuerzas sísmicas mediante el procedimiento estático y mediante procedimientos dinámicos de análisis.

Explique en que consiste el Método Estático y el Método modal Espectral

El método estático consiste en aplicar cargas estáticas en cada uno de sus niveles para simular el efecto del sismo. La distribución de estas cargas es suponer un primer modo de oscilación de forma triangular y despreciar el efecto de los otros modos. El método dinámico consiste en determinar todas las posibles respuestas que pueda tener una estructura a partir de sus deformadas (modos) y sus respectivas frecuencias. La respuesta final será la combinación de todas las respuestas (combinación modal) a través de una especie de promedio ponderado (cada modo posee un factor de participación que depende de la masa y dirección del sismo).

El CHOC-08 en la sección 1.3.4.10 menciona que pueden utilizarse procedimientos alternativos para determinar las fuerzas sísmicas, siempre y cuando sean aprobados por el supervisor del proyecto, al mismo tiempo que los resultados sean los adecuados respecto al procedimiento para sistemas convencionales.

Castillo, Ferrera, Chávez, Rivera, Torre, Moncada, Alvarado, Barahona, Soto y Andino (2008) Procedimientos alternativos para determinar fuerzas sísmicas utilizando análisis racionales basados en principios bien establecidos de mecánica, pueden emplearse en lugar de los procedimientos descritos en estas disposiciones. Aislamiento sísmico, sistemas de disipación de energía y sistemas de amortiguación podrán utilizarse en el diseño de estructuras cuando sean aprobados por el Supervisor y cuando detalles especiales de diseño son usados para proporcionar resultados equivalentes a los obtenidos en los sistemas estructurales convencionales. (p. 1-27)

Para el uso de sistemas de protección sísmica el CHOC-08 respecto a los registros de tiempo historia o acelerogramas nos indican que estos deben aproximarse al espectro de diseño del sitio.

Castillo, Ferrera, Chávez, Rivera, Torre, Moncada, Alvarado, Barahona, Soto y Andino (2008) Acelerogramas de movimientos del suelo desarrollados para el sitio específico, los cuales deben ser representativos de los movimientos sísmicos reales. Los espectros de respuesta de acelerogramas, individuales o combinados, deberán aproximarse a espectros de diseño del sitio que se conforma a 1.2.6.2(c). (p. 1-33)

### **2.1.3 Análisis interno**

En las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela, el crecimiento de las construcciones de edificios y proyectos habitacionales ha ido de la mano con la aplicación de normas antisísmicas en la mayoría de las obras construidas durante los últimos siete años.

Obando (2016)

El 75% de las nuevas construcciones, en especial de edificios reúne como requisito las medidas de seguridad ante un movimiento telúrico, basados en el Código de la Construcción. Desde hace unos cinco años hemos observado un crecimiento en la construcción de edificios en la capital, la mayoría con requerimientos de prevención ante sismos.

Pérez (2016)

Del total de las construcciones que reúnen condiciones para soportar el embate de un fenómeno natural de este tipo el 20% pertenecen al sector público. Entre las construcciones, (...) se enlistan el Hospital Escuela Universitario, las nuevas edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y el edificio del Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS), ubicado en el barrio La Granja. El otro 55% corresponde al sector privado, obras ubicadas en el bulevar Morazán, bulevar Suyapa, bulevar Juan Pablo II, y las colonias Lomas del Guijarro y Las Hadas. Por otro lado, en el área de la vivienda se toma importancia a estas normas, razón por la cual el 70% de los nuevos proyectos habitacionales del municipio han sido edificados con esta condicionante.

Pérez (2017)

Lujosas residencias se han construido en los últimos años en la capital, (...) las de mayor valor catastral son edificadas en lotes de 400 metros cuadrados como mínimo y en el caso de sectores como El Hatillo, los lotes miden 1,743 metros cuadrados. La última Encuesta de Hogares elaborada por el Instituto Nacional de Estadísticas reveló que en el Distrito Central se encuentran 288 mil viviendas. De estas, el 6.5 por ciento se ubican en la escala alta de la calidad de la construcción. La escala alta a nivel de inmuebles corresponde a las viviendas que poseen los servicios básicos. Por ejemplo, el servicio de energía eléctrica, sistema de alcantarillado y drenaje. Además, son viviendas construidas con materiales resistentes y con diseño sísmico.

Sin embargo, Las construcciones más antiguas, principalmente la mayoría de las edificaciones residenciales, no fueron diseñadas bajo ninguna consideración sísmica.

Debido a estas situaciones se cuenta con una propuesta alternativa-- la utilización de dispositivos de protección sísmica--, una solución que surge para reforzar construcciones antiguas que no fueron diseñadas con requerimiento antisísmicos y como reemplazo al diseño de edificaciones que soportarán toda la fuerza sísmica generando rótulas plásticas que puedan llevar al colapso de la estructura.

## **2.2 Teorías**

### **2.2.1 Teorías de sustento**

#### **2.2.1.1 Procedimiento estático para determinar las fuerzas sísmicas**

El análisis estático consiste en someter a la estructura ante cargas horizontales distribuidas a lo alto del edificio. Las demandas a las que se somete están determinadas por una fuerza asociada a la demanda espectral correspondiente al periodo fundamental de la estructura.

Para calcular la fuerza en cualquier entrepiso  $i$ , se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i$$

**Ecuación 1. Fórmula para determinar la distribución vertical de la fuerza cortante en la base**

Fuente: (CHOC-08, 2008)

La fuerza concentrada en la parte superior de la estructura  $F_t$ , la cual es adicional a  $F_n$ , deberá determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$F_t = 0.07TV$$

**Ecuación 2. Fórmula para determinar la fuerza concentrada en la parte superior de la estructura**

Fuente: (CHOC-08, 2008)

El valor de  $T$  con el propósito de calcular  $F_t$ , puede ser el periodo que corresponde al cortante de diseño de la base determinado por la fórmula 4. El valor de  $F_t$  no necesita exceder  $0.25V$  y puede considerarse igual a cero cuando el periodo  $T$  es menor o igual a 0.7 segundos. la parte restante del cortante en la base  $V$  deberá distribuirse sobre la altura de la estructura, incluyendo el nivel  $n$ , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_1^n W_i h_i}$$

**Ecuación 3. Fórmula para determinar las fuerzas por piso**

Fuente: (CHOC-08, 2008)



CHOC-08, (2008), art. 1.3.5.2.1 Cortante de diseño en la base. El cortante total de diseño en la base en una dirección dada, deberá determinarse por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{ZIC}{R_w}W$$

$$C = \frac{1.25S}{T^{2/3}}W$$

**Ecuación 4. Fórmula para determinar cortante total de diseño en la base**

Fuente: (CHOC-08, 2008)

El valor de  $C$  no necesita exceder 2.75, y este valor puede utilizarse para cualquier estructura sin consideraciones de tipo de suelo o periodo de la estructura.

El valor mínimo de  $C/R_w$  deberá ser 0.075, excepto para las disposiciones donde las fuerzas prescritas por estas normas son aumentadas por  $3(R_w/8)$ .

CHOC-08, (2008), Art.1.3.5.2.2 Periodo de la estructura. Para determinar el valor de  $T$  aplicamos el método siguiente:

Método A: Para todos los edificios, el valor de  $T$  puede aproximarse de la siguiente manera:

$$T = C_t(h_n^{3/4})$$

**Ecuación 5. Fórmula para determinar el periodo  $T$  de la estructura**

Fuente: (CHOC-08, 2008)

donde:

$C_t = 0.0853$  para marcos rígidos de acero.

$C_t = 0.0731$  para marcos rígidos de concreto reforzado y marcos arriostrados excéntricamente.

$C_t = 0.0488$  para todos los otros edificios.

$hn$  = altura sobre la base del nivel  $n$ .

El factor de zona sísmica  $Z$ , coeficiente de suelo y parámetros para curvas de espectro se obtienen de las siguientes tablas.

**Tabla 1. Factor de zona sísmica  $Z$**

ZONA SISMICA <sup>a</sup>	1	2	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6
Z	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50

<sup>a</sup> La zona sísmica deberá determinarse del mapa de zonas en la Figura 1.3.4-1.

Fuente: (CHOC-08, 2008)

**Tabla 2. Coeficiente del suelo  $S$  y parámetros para curvas de espectro**

Tipo	Descripción	Coeficiente $S$	Parámetros para espectros		Exponente $e$
			Períodos en segundos		
			$T_s$	$T_b$	
S1	Un perfil de suelo con: (a) Un material tipo roca caracterizado por una velocidad de onda cortante mayor que 760 m/s o por otros medios adecuados de clasificación, o (b) Condiciones de suelo medio-denso a denso, o medio-duro a duro, donde la profundidad del suelo es menor que 60 metros.	1.0	0.155	0.364	2.00
S2	Un perfil de suelo con condiciones predominantes de suelo medio-denso a denso, o medio-duro a duro, donde la profundidad del suelo excede los 60 metros.	1.2	0.186	0.524	2.00
S3	Un perfil de suelo que contiene más de 6 metros de arcilla blanda a media-dura, pero no más de 12 metros de arcilla blanda.	1.5	0.233	0.818	2.00
S4	Un perfil de suelo que contiene más de 12 metros de arcilla blanda, caracterizado por una velocidad de onda cortante menor que 150 m/s.	2.0	0.310	1.455	2.00

Fuente: (CHOC-08, 2008)

De acuerdo al CHOC-08 Art. 1.3.4.4 para el propósito de diseño resistente a sismos, cada estructura deberá colocarse en una de las categorías de ocupación indicadas en la Tabla 3. La Tabla

3 indica los factores de importancia I, y los requisitos característicos para cada categoría.

**Tabla 3. Categoría de ocupación y factores de importancia**

<b>Categoría de Ocupación</b>	<b>Descripción de la ocupación o funciones de la estructura</b>	<b>Factor de importancia sísmica I</b>	<b>Factor de importancia sísmica <sup>a</sup> I<sub>p</sub></b>	<b>Factor de importancia de viento I<sub>w</sub></b>
<b>1 Estructuras esenciales</b>	Hospitales y otros centros médicos que tienen áreas de cirugía y emergencia. Estaciones de bomberos y policía Garajes y refugios para vehículos y aeronaves de emergencia. Estructuras y refugios en centros de preparación para emergencias. Torres de control de aviación. Estructuras y equipos esenciales del gobierno. Centros de comunicación y otros centros requeridos para la responder a una emergencia. Plantas y equipos generadores de energía para estructuras esenciales. Tanques y otras estructuras que albergan, contienen o soportan agua contra incendios requerida para la protección de estructuras con Categoría tipo 1, 2 o 3.	1.25	1.50	1.15
<b>2 Estructuras peligrosas</b>	Estructuras que albergan, contienen o soportan sustancias o químicos tóxicos o explosivos en cantidades suficientes que serían peligrosas a la seguridad del público en general si se soltaran.	1.25	1.50	1.15
<b>3 Estructuras de ocupación especial</b>	Centros de reuniones públicas para más de 300 personas. Escuelas y centros para niños o infantes. Universidades y centros similares para más de 500 estudiantes. Centros de inválidos para más de 50 residentes. Todas las estructuras para más de 5,000 personas. Las estructuras y equipos de plantas generadoras de energía; y otros centros de servicios públicos no incluidos en las Categorías 1 y 2, y que su operación continua es requerida.	1.00	1.00 <sup>b</sup>	1.00
<b>4 Estructuras ordinarias</b>	Todas las estructuras que tienen una ocupación o función no incluida en las Categorías 1, 2 o 3.	1.00	1.00 <sup>b</sup>	1.00

<sup>a</sup> La limitación de I<sub>p</sub> para la conexión de paneles en la Sección 1.3.8.2.4, deberá ser 1.00 para todo el conector.

<sup>b</sup> Para el anclaje de maquinaria y equipo requerido para sistemas de seguridad de vidas humanas, el valor de I<sub>p</sub> deberá tomarse como 1.5.

Fuente: (CHOC-08, 2008)

De acuerdo con el CHOC-08 Los sistemas estructurales deben ser clasificados con uno de los tipos indicados a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4. Coeficientes  $R_w$  para sistemas estructurales

Sistema básico estructural <sup>a</sup>	Descripción del sistema resistente a fuerzas laterales	$R_w$ <sup>b</sup>	Altura <sup>c</sup> (metros)
1 Sistema con muros de carga	1 Paredes livianas con marco y paneles de cortante		
	a) Paneles de paredes de madera para estructuras de 3 pisos o menos	8	20
	b) Todas las otras paredes livianas	6	20
	2 Muros cortante		
	a) Concreto	6	50
	b) Mampostería	6	50
	3 Muros de carga livianos de acero con riostras solo en tensión	4	20
	4 Marcos arriostrados donde las riostras soportan cargas gravitacionales		
	a) Acero	6	50
	b) Concreto <sup>d</sup>	6	-
c) Madera pesada	4	20	
2 Sistema de marco de edificio	1 Marco arriostrado excéntrico de acero (MAE)	10	75
	2 Paredes livianas con marco y paneles de cortante		
	a) Paneles de para paredes de madera para estructuras de 3 pisos o menos	9	20
	b) Todas las otras paredes livianas	7	20
	3 Muros cortante		
	a) Concreto	8	75
	b) Mampostería	8	50
	4 Marcos arriostrados comunes		
	a) Acero	8	50
	b) Concreto <sup>d</sup>	8	-
c) Madera pesada	8	20	
5 Marcos arriostrados concéntricos especiales de acero	9	75	
3 Sistema de marco rígido	1 Marcos rígidos especiales (MRE)		
	a) Acero	12	S.L.
	b) Concreto	12	S.L.
	2 Marco-muro rígido de mampostería	9	50
	3 Marcos semirígidos de concreto (MSR) <sup>e</sup>	8	-
	4 Marcos rígidos comunes (MRC)		
a) Acero	6	50	
b) Concreto <sup>f</sup>	5	-	
4 Sistemas dobles	1 Muros cortante		
	a) Concreto con MRE	12	S.L.
	b) Concreto con MRC de acero	6	50
	c) Concreto con MSR de concreto <sup>e</sup>	9	50
	d) Mampostería con MRE	8	50
	e) Mampostería con MRC de acero	6	50
	f) Mampostería con MSR de concreto <sup>d</sup>	7	-
	2 Marco arriostrado excéntrico de acero (MAE)		
	a) con MRE de acero	12	S.L.
	b) con MRC de acero	6	50
	3 Marcos arriostrados comunes		
	a) Acero con MRE de acero	10	S.L.
	b) Acero con MRC de acero	6	50
	c) Concreto con MRE de concreto <sup>d</sup>	9	-
	d) Concreto con MSR de concreto <sup>d</sup>	6	-
	4 Marcos arriostrados concéntricos especiales		
	a) Acero con MRE de acero	11	S.L.
	b) Acero con MRC de acero	6	50
5 No definido	Ver Secciones 1.3.4.8.3 y 1.3.4.9.2	-	-

<sup>a</sup> Los sistemas básicos estructurales están definidos en la Sección 1.3.4.6.

<sup>b</sup> Ver la Sección 1.3.5.3 para la combinación de sistemas estructurales.

<sup>c</sup> Altura límite en metros (S.L. = sin límite) aplicable a las Zonas Sísmicas 4, 5 y 6. Ver la Sección 1.3.4.7.

<sup>d</sup> Prohibido en las Zonas Sísmicas 4, 5 y 6.

<sup>e</sup> Prohibido en las Zonas Sísmicas 4, 5 y 6, excepto como se permite en la Sección 1.3.9.2.

Fuente: (CHOC-08, 2008)

### 2.2.1.2 Procedimientos dinámicos para determinar las fuerzas sísmicas

Para estructuras irregulares, de altura considerable o de características que no permitan

aplicar el método estático, el código CHOC-08 obliga al uso de un método de análisis dinámico, especificando generalmente el análisis modal y el análisis con acelerogramas.

#### **2.2.1.2.1 Análisis con espectros de respuesta**

CHOC-08, (2008), Art. 1.3.6.5.1 Numero de modos, de que todos los modos significativos deberán ser incluidos en el análisis, puede satisfacerse si se demuestra que para los modos considerados por lo menos el 90% de la masa participante de la estructura está incluida en el cálculo de la respuesta para cada dirección horizontal considerada.

CHOC-08, (2008), Art. 1.3.6.5.3 Escalamiento de resultados, el cortante en la base  $V$  para una dirección dada, determinada utilizando estos procedimientos, cuando su valor sea menor que los valores indicados a continuación, se deberá aumentar hasta estos valores.

(a) El cortante en la base deberá incrementarse hasta los siguientes porcentajes de los valores determinados por los procedimientos de la Sección 1.3.5.

(a.1) 100% para edificios irregulares.

(a.2) 90% para edificios regulares, excepto que el cortante en la base no deberá ser menor que el 80% de la determinada por procedimiento estático utilizando un periodo  $T$  calculado por el Método A. Todos los parámetros de respuesta correspondientes, incluyendo deflexiones, momentos y fuerzas en los miembros, deberán aumentarse proporcionalmente.

(b) El cortante en la base para una dirección dada, determinada utilizando estos procedimientos, no necesita exceder el valor requerido por (a). Cuando el cortante sea mayor, podrá disminuirse al valor requerido por (a), y todos los parámetros de respuesta correspondientes podrán ajustarse

proporcionalmente.

CHOC-08, (2008), Art. 1.3.6.5.7 Espectros de respuesta. Los espectros de respuesta a ser utilizados por el análisis modal descrito en esta sección se definen a continuación en la figura 1.

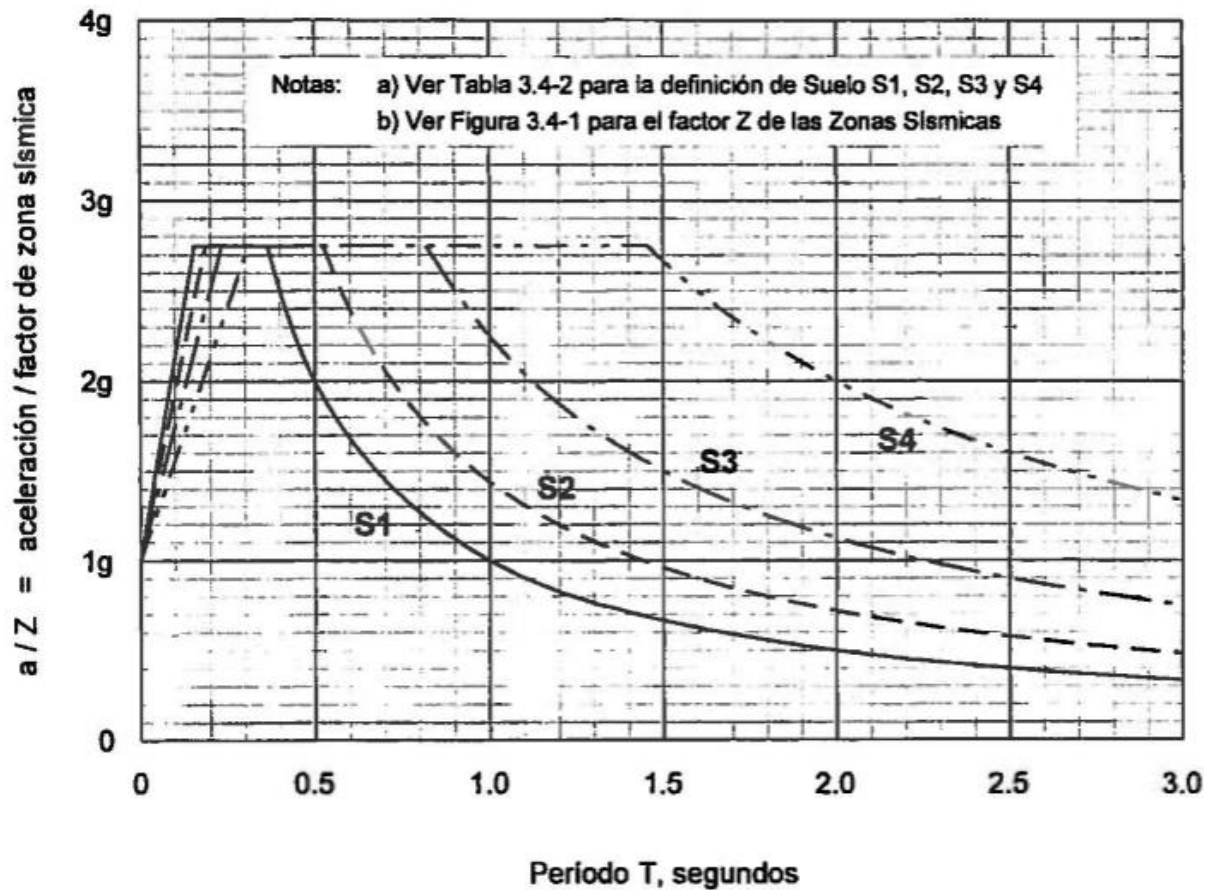
La forma de los espectros de respuesta depende del tipo de Perfil de Suelo, por lo que se deberá utilizar el correspondiente al tipo de suelo donde se construirá la estructura. Los periodos característicos  $T_a$ , y  $T_b$ , y el factor exponencial  $e$  para los diferentes tipos de suelo se indican en la Tabla 3. La ordenada o aceleración espectral  $a$  está dada en función de los parámetros  $T_a$ ,  $T_b$ ,  $e$  y el coeficiente  $S$  del suelo, el factor sísmico  $Z$  correspondiente a la zona sísmica del sitio, y el periodo modal  $T$  en consideración.

- a) Para  $T < T_a$                        $a = 2.5Zg(0.4 + 0.7 \frac{T}{T_a})$
- b) Para  $T_a < T < T_b$                $a = 2.75Zg$
- c) Para  $T > T_b$                        $a = Zg \frac{S^e}{T}$

**Ecuación 6. Fórmula para determinar las fuerzas por piso**

Fuente: (CHOC-08, 2008)

Los valores de los periodos están dados en segundos y la aceleración espectral  $a$  y la aceleración gravitacional  $g$  en metros por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ). Para el Perfil de Suelo Tipo S4 se deberá establecer un espectro de respuesta específico.



**Figura 1. Espectros de respuesta elástica**

Fuente: (CHOC-08, 2008)

El perfil de suelo S4, es un perfil en donde, dentro de los depósitos existentes entre la roca y la superficie hay más de 12 metros de arcilla blandas, caracterizadas por una velocidad de la onda cortante menor de 150 m/s.

#### 2.2.1.2.2 Análisis con acelerogramas

CHOC-08, (2008), Art. 1.3.6.6 Los análisis donde se utilizan acelerogramas deberán cumplir con los requerimientos descritos a continuación:

- Procedimientos alternativos podrán utilizarse para la determinación de las fuerzas sísmicas en lugar de los descritos en estas disposiciones. (CHOC-08, 2008), Art. 1.3.4.10.1
- CHOC-08, (2008), Art. 1.3.4.10.2 Aislamiento sísmico, sistemas de disipación de energía y sistemas de amortiguación podrán utilizarse en el diseño de estructuras cuando sean aprobadas por el Supervisor y cuando detalles especiales de diseño son usados para proporcionar resultados equivalentes a los obtenidos por el uso de sistemas estructurales convencionales.

### 2.2.2 Conceptualizaciones

**Terremoto:** Los sismos, terremotos o temblores de tierra, son vibraciones de la corteza terrestre, generadas por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta por explosiones, (...) los sismos más severos y los más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas en que está subdividida dicha corteza. (Bazán y Meli, 2010)

**Foco:** “el foco es el punto teórico, en la corteza terrestre, en donde se origina un sismo” (Rosenblueth y Newmark, 1982).

**Epicentro:** “el Epifoco o Epicentro es la proyección vertical (o hacia el centro de la tierra) del punto sobre la superficie terrestre en el que se origina el sismo hacia la profundidad en la que se produce la falla geológica” (Rojas, 2012).

**Cortante Basal:** El cortante basal en una edificación es la acumulación progresiva de las fuerzas cortantes de cada piso, el cual se refleja en la base del mismo. Estos cortantes en cada piso no son más que la aplicación de la fuerza sísmica en un nivel determinado y que se va acumulando a medida que nos vamos acercando a la base. (Saavedra, 2016)



**Acelerograma:** “el acelerograma es el registro de la aceleración en función del tiempo, en un sitio determinado, como el suelo o las estructuras” (Schmidt y Quiróz, 2006).

**Espectro:** En forma general, podemos definir espectro como un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad. (Crisafulli y Villafañe, 2002)

**Aislación Sísmica de Base:** Esta basada en la idea de aislar una estructura del suelo mediante elementos estructurales que reducen el efecto de los sismos sobre la estructura. Estos elementos estructurales se denominan aisladores sísmicos y son dispositivos que absorben mediante deformaciones elevadas la energía que un terremoto transmite a una estructura. (Aislación Sísmica y Disipación de Energía, 2010)

**Disipación de Energía:** “Esta basada en la idea de colocar en la estructura dispositivos destinados a aumentar la capacidad de perder energía de una estructura durante un terremoto” (Aislación Sísmica y Disipación de Energía, 2010).

### **2.3 Metodologías aplicadas**

Según Kelly (2001), en el diseño de estructuras el principal objetivo es que la capacidad sea mayor que la demanda.

El diseño sismo-resistente convencional se trata de dotar a la estructura principal de materiales con grados de resistencia y ductilidad adecuados y un detallado de cada uno de sus

componentes que permita una disipación de energía por medios inelásticos de forma satisfactoria, estable y segura, es decir, sin poner en riesgo las vidas y sin pérdidas económicas considerables.

Sánchez (2014), comparte que: “Los sistemas de protección sísmica, por el contrario, tienen como principal objetivo reducir la demanda de las solicitaciones externas en el sistema estructural principal. Esto puede lograrse de diversas maneras, por ejemplo, reduciendo la cantidad de energía que ingresa al sistema estructural (sistemas de aislamiento de base), modificando las propiedades dinámicas de la estructura como amortiguamiento, rigidez, distribución modal, etc., concentrando gran parte de la acción inelástica en dispositivos que no afecten la integridad del sistema principal (disipadores históricos) o inyectando energía al sistema de manera que contrarreste parcial o totalmente la energía de la excitación externa (mecanismos de control activo)”.

Según Soong, T., Spencer, B. (2002), los sistemas de protección sísmica pueden clasificarse de acuerdo a la tabla 5. Luego se revisó los que son de interés y aplican a esta investigación.

**Tabla 5. Clasificación de los sistemas de protección sísmica**

Sistemas de Aislamiento de Base	Disipadores Pasivos de Energía	Sistemas de Control Activos y Semi-Activos
Aisladores Elastoméricos	Disipadores Metálicos	Sistema de Arriostamiento Activo
Aisladores Elastoméricos con Núcleo de Plomo	Disipadores de Fricción	Sistema de Masa Activa (AMD)
Aisladores de Péndulo Friccionante	Disipadores Viscoelásticos	Sistemas de Rigidez o Amortiguamiento Variables
	Disipadores de Fluido Viscoso	Materiales Inteligentes
	Sistemas de Masa Sintonizada o Fluido Sintonizado (TMD) o (TLD)	

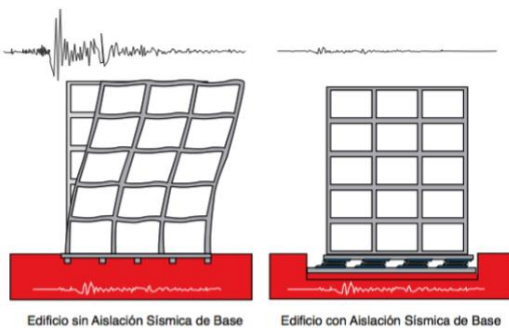
Fuente: (Soong, T., Spencer, B., 2002)

### 2.3.1 Sistemas de control activo y semi-activo

Estos sistemas basan su funcionamiento en la instrumentación de la estructura considerada, lo cual permite medir y procesar en tiempo real la respuesta de la estructura ante variaciones de su entorno. Los sensores miden un evento de características determinadas. El sistema responde con mecanismos destinados a contrarrestar el efecto del evento sobre la estructura, ya sea por inyección de energía de fuentes externas u otro tipo de mecanismo. Todo el proceso es computarizado y la respuesta de control se define en tiempo real, siendo conveniente ante sollicitaciones impredecibles como los sismos. Estos sistemas dependen de una fuente de energía externa, (Sánchez, 2014).

### 2.3.2 Sistema de aislamiento de base

Sánchez, (2014) comenta que: “los sistemas de aislamiento sísmico basan su funcionamiento en separar la estructura principal de los movimientos del suelo producidos por sismos a través de elementos flexibles en la dirección horizontal, pero rígidos en la dirección vertical, en fin, de poder sostener la estructura aún con la presencia de desplazamientos horizontales considerables. Estos elementos son ubicados en un plano determinado, usualmente entre la cimentación y la superestructura, aunque existen casos donde se han colocado en pisos superiores”.



**Figura 2. Comparación de la Respuesta entre una Estructura sin Aislación Sísmica de Base y una en la que se ha Incorporado este Sistema**

Fuente: (Sánchez, 2014)

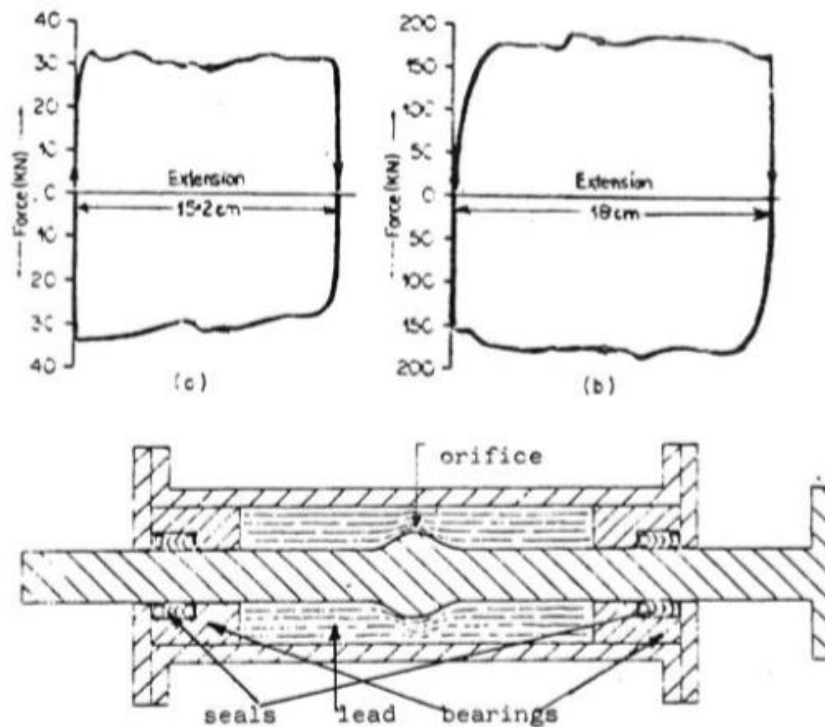
El sistema de aislamiento de base actúa alargando el periodo fundamental de vibración de la estructura y proporcionando un grado mayor de amortiguamiento, reduciendo así las aceleraciones producidas en el sistema estructural; sin embargo, esto viene acompañado por un incremento en su desplazamiento, el cual se encuentra concentrado en el plano de ubicación del aislamiento. Lo anterior revela que su uso es más eficiente en sistemas con periodos de vibración corto, es decir edificaciones relativamente bajas, y no usarlos en suelos blandos, debido a que pueden existir aceleraciones grandes en periodos largos de vibración, (Sánchez, 2014).

### **2.3.3 Disipadores pasivos de energía**

#### **Disipadores Metálicos**

De acuerdo a Aiken, (1996), “los disipadores metálicos basan sus principios de disipación de energía en el comportamiento histérico de los metales al ser deformados más allá de su límite elástico”.

Este comportamiento se logra mediante la extrusión del material, conocidos por disipadores por extracción de metales. Estos son constituidos por plomo o esfuerzos estructurales que produzcan la fluencia del material por mecanismos de flexión, corte, torsión, axial, en cuyo caso se utiliza el acero estructural. Se busca que estos materiales tengan un comportamiento histeretico estable, poca variación de sus características en el tiempo y variaciones de temperatura dentro de los rasgos de operación.



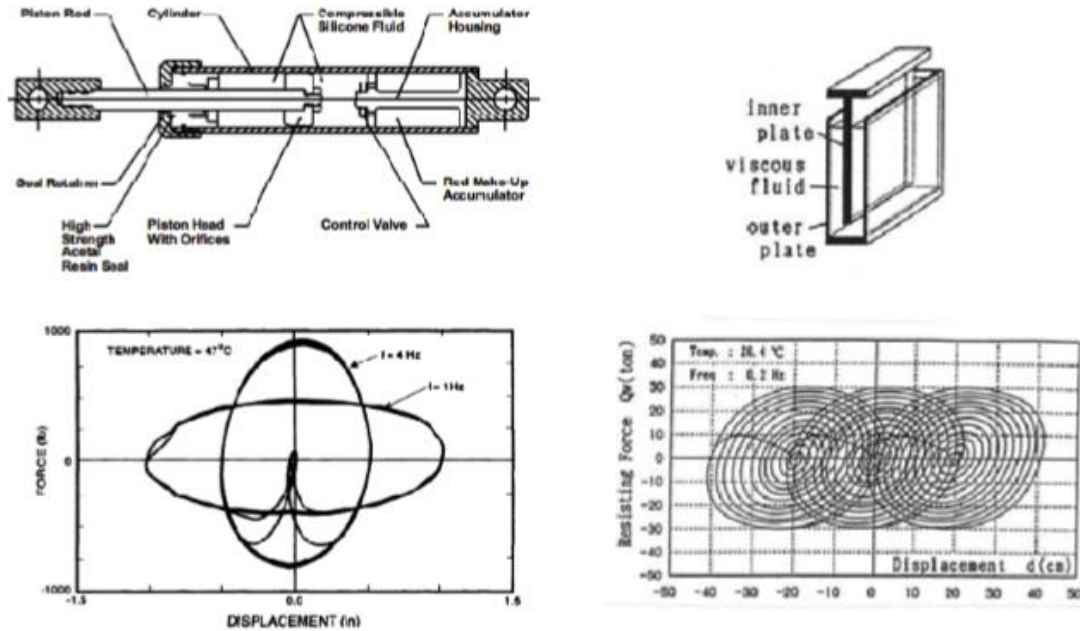
**Figura 3. Dispositivos de Extrusión de plomo**

Fuente: (Key, 1984)

Una desventaja de estos disipadores radica en que el principio de disipación de energía de los dispositivos implica daño en los mismos ante un sismo severo, por lo que es probable que luego de un evento extremo tengan que ser reemplazados.

### **Disipadores de Fluido Viscoso**

Se basan en el principio de disipación de energía en el comportamiento de fluidos con propiedades de viscosidad elevadas. En su configuración más usual, su funcionamiento consiste en forzar el fluido contenido en un pistón a través de orificios diseñados para controlar el paso del fluido y disipar energía. Este principio es similar a la tecnología utilizada en los amortiguadores de un automóvil, (Sánchez, 2014).



**Figura 4. Disipadores Viscosos**

Fuente: (Sánchez, 2014)

### 2.3.4 Programas de computadora aplicados al diseño estructural

Para el análisis estructural del edificio de concreto reforzado empleamos Etabs, el cual se ha desarrollado específicamente para estructuras de edificios de múltiples entresijos, tales como edificios de oficinas, apartamentos y hoteles.

Muchas estructuras tienen niveles bajos de amortiguación, las cuales requieren sistemas de protección estructural que satisfagan mejor sus requerimientos de seguridad, sobre todo a la acción de sismos, disminuyendo los niveles de plasticidad en muchas áreas críticas de la estructura, obteniendo deformaciones pequeñas para evitar rajaduras indeseables en elementos estructurales y no estructurales, evitar movimientos fuertes en edificios que contengan equipos costosos como centrales nucleares, centrales de comunicación o eléctricas y laboratorios o permitir el

funcionamiento de una estructura durante e inmediatamente después de un sismo como un hospital, una central de bomberos o de policías.

También evitar deformaciones y vibraciones debidas a fuerzas del viento, sobre todo en estructuras esbeltas como rascacielos, torres y puentes largos, de igual forma atenuar las frecuencias altas producidas por los de trenes y tráfico pesado que contaminan las grandes ciudades tanto acústicamente como vibracionalmente.

El amortiguamiento considera la disipación de la energía dentro de la estructura misma, este puede ser intrínseco (propio de la estructura) y también externo mediante la incorporación de amortiguadores en la estructura.

Las vibraciones se encuentran en todo lugar, y donde existe vibración tiene que existir amortiguamiento, comúnmente la vibración es indeseable y el amortiguamiento es útil, hay que considerar que el amortiguamiento es una propiedad de las estructuras que generalmente mejora el comportamiento dinámico.

Otra forma de protección estructural moderna es el aislamiento, a diferencia del amortiguamiento tiene su fundamento en no permitir que la energía o movimiento externo ingrese a una estructura, consiguiendo que la estructura se encuentre aislada y protegida en un alto porcentaje de este movimiento externo, esta técnica permite mantener a los habitantes y a los equipos que se encuentran dentro de la estructura con un alto nivel de protección.

Existen una gran cantidad de sistemas de aislamiento, sin embargo, son los soportes elastoméricos los que han dado mejores resultados y actualmente son los más difundidos ya que tienen muchas ventajas, haciendo cada vez más común su uso como sistemas de protección sísmica.



## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

Se desarrolló de manera fácil y sencilla la matriz metodológica, relación de variables e hipótesis, los métodos de investigación, instrumentos utilizados, fuentes primarias y secundarias, para que la persona que use este documento le sirva como guía para elaborar o presentar su proyecto de investigación.

### **3.1 Congruencia metodológica**

La mayoría de las edificaciones no han sido diseñadas para aislar o disipar la energía sísmica, lo cual trae consecuencias como ser que las estructuras puedan presentar fallas severas después de un evento sísmico, arriesgando las construcciones, por ello se propone usar los aisladores de base, que aíslan la energía sísmica que normalmente deben de soportar las estructuras.

Pero para que las edificaciones puedan ser protegidas de las acciones sísmicas con el uso de dispositivos de protección sísmica, se requiere de un proceso metodológico en su producción, previamente se debe de realizar un proceso de investigación para determinar la factibilidad de la implementación de los dispositivos de protección sísmica, dicha investigación debe de registrarse mediante una metodología de investigación.

Nuestra investigación se ha llevado a cabo utilizando la siguiente matriz metodológica, para iniciar la problematización, realizar la revisión bibliográfica relacionada con el objeto de investigación e iniciar la redacción del posible tema, problema y objetivos. Esto garantiza la coherencia horizontal y vertical de los elementos medulares en nuestra investigación y nos permite delimitar y concretar qué vamos a investigar. A continuación, se ilustra a matriz metodológica:

### 3.1.1 Matriz metodológica

Tabla 6. Matriz metodológica

TITULO	PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACION	OBJETIVOS		VARIABLE	
			GENERAL	ESPECIFICO	INDEP.	DEPEN.
DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA EN LAS EDIFICACIONES DE HONDURAS	Limitada protección sísmica en las edificaciones de Honduras.	1. ¿Cuáles son los factores que afectan a las estructuras cuando se da un evento sísmico?	Evaluar el mejoramiento del desempeño sísmico de una estructura de hormigón reforzado con la implementación de los dispositivos de protección sísmica en las construcciones de edificios, mediante un método de diseño de aisladores para	Identificar los factores que afectan la seguridad de las estructuras durante y después de un sismo.	Tipo de suelo Zona sísmica	Método de diseño de aisladores de base para su implementación en las edificaciones de Honduras.
		2. ¿En qué beneficiaría a nivel general la utilización de aisladores sísmicos en la base de la estructura?		Analizar los beneficios del uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones que sean más vulnerables a las fallas provocadas por los sismos.	Mayor seguridad ante un sismo Tamaño de elementos estructurales Costo	
		3. ¿Cuáles son las alternativas para que las estructuras resistan las fuerzas sísmicas?		Realizar un análisis comparativo de un edificio diseñado con el modelo convencional y otro usando aisladores de protección sísmica.	Método convencional Aisladores de base	

		4. ¿Cómo son afectadas las estructuras según el método que se adopta como solución a las solicitaciones sísmicas?	su utilización en las edificaciones nuevas y antiguas de Honduras	Proponer un método de diseño que cumpla con las normas de construcción y de seguridad para lograr construir edificaciones más resistentes y duraderas ante las solicitaciones requeridas en Honduras	Aisladores de Base	
--	--	---	---	--	--------------------	--

### 3.1.2 Variables de estudio

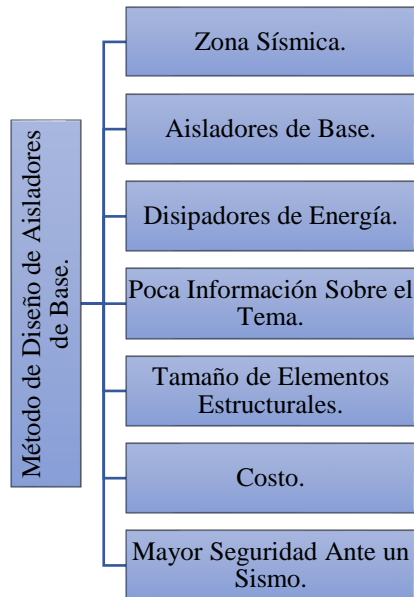
- **Variable dependiente:** de ahora en adelante "Y", son aquellas que actúan como efecto o supuesto efecto. A continuación, se desglosa la variable dependiente:

- a) Método de Diseño de Aisladores de Base Para su Implementación en las Edificaciones de Honduras.

- **Variables independientes:** de ahora en adelante "X", son aquellas que cumplen la función de causa o supuesta causa. A continuación, se desglosa las variables independientes:

- a) Tipo de Suelo.
- b) Zona Sísmica.
- c) Aisladores de Base.
- d) Disipadores de Energía.
- e) Poca Información Sobre el Tema.
- f) Tamaño de Elementos Estructurales.
- g) Costo.
- h) Mayor seguridad ante un sismo.

## Esquema de variables.



**Figura 5. Diagrama de las variables de estudio**

### 3.1.3 Operacionalización de las variables

**Tabla 7. Operacionalización de las variables**

Variable Dependiente	Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítem	Unidades (Categorías)	Escala
		Conceptual	Operacional					
Método de diseño de aisladores de base	Zonas sísmicas	Las zonas sísmicas se clasifican en función de la cantidad de sismos que se presentan. A cada estructura se asigna un factor de zona, en honduras se identifican 6 zonas sísmicas. Las cuales fueron establecidas con base en registros de sismicidad histórica	Factor para determinar el cortante basal y las fuerzas sísmicas	Intensidad de los sismos	Fuerzas resultantes	¿Sabe cuáles son los métodos de análisis para calcular las Acciones Sísmicas en el Código Hondureño de Construcción ?	Si	1
	Tipo de suelo	Tipo de perfil del suelo, en honduras se identifican 4 tipos de suelo	Factor para determinar el cortante basal y las fuerzas sísmicas	Factor de amplificación de los sismos	Pruebas de laboratorio del tipo de suelo		No	2

**Continuación de Tabla 7. Operacionalización de las variables**

Método de diseño de aisladores de base	Aisladores de base	El aislamiento de base es la herramienta más potente de la ingeniería sísmica permitiendo un control pasivo de la vibración de la estructura. Esta herramienta es capaz de proteger a una estructura del efecto devastador del impacto sísmico a través de un diseño inicial apropiado o de sus consecuentes modificaciones	Herramienta de aislamiento sísmico	Nivel de seguridad ante los sismos	Derivas generadas según el periodo de tiempo	¿Qué resultado esperaría con el uso de dispositivos de protección sísmica?	Ninguno	1	
							Aumento en el costo de la edificación	2	
							Disminución de los daños en las edificaciones	3	
							Mayor seguridad para los ocupantes	4	
							¿Sera ventaja instalar los dispositivos de protección sísmica en edificaciones ya existentes?	Si	1
								No	2
								¿Usted utilizaría los dispositivos de protección sísmica en las edificaciones ?	Si
	No	2							
	Poca información sobre el tema	Escasos datos procesados	Normas y guía práctica para el cálculo de aisladores sísmicos	Nivel de formación y experiencia adquirida	Entrevista de trabajo	¿Qué tipo de formación ha recibido como constructor?	A través de otros constructores	1	
							Curso de formación como albañil.	2	
							Curso de formación como Maestro de Obra	3	
							Estudios superiores de ingeniería civil y/o arquitectura	4	
							Soy un profesional ajeno a la construcción	5	
							Años de experiencia:	0-5	1
5-10								2	
10-15								3	
Mas de 15								4	

## Continuación de Tabla 7. Operacionalización de las variables

Método de diseño de aisladores de base	Disipadores de energía	Los disipadores de energía protegen las edificaciones disipando la energía sísmica que sería disipada por los elementos estructurales cuando estos no se utilizan	Herramienta de disipación sísmica			¿Qué métodos conoce para la protección sísmica de una edificación?	Aislamiento sísmico	1	
							Disipación de energía	2	
							Ambos métodos de protección	3	
							Ninguno	4	
	Tamaño de elementos estructurales	Dimensión de los componentes del pórtico	Dimensión de vigas, columnas, losas y muros estructurales	Análisis y diseño estructural	Revisión estructural				
	Costo	El costo es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio	Costo de los aisladores de base	Inversión necesaria para la protección sísmica	Costo en porcentaje del valor total del proyecto	¿Cuáles son los efectos que sufre una estructura después de un evento sísmico?	Ninguno	1	
							Solo se presentan daños estéticos (grietas en paredes)	2	
							Deflexiones en losas	3	
							Daños mayores que pueden ser reparados	4	
							Colapso de la estructura	5	
	Mayor seguridad ante un sismo	Ausencia de riesgo o confianza ante un evento sísmico	Aplicación de reglamento y aisladores sísmicos	Formación continúa en el tema	Experiencia de la mano de obra	¿Qué cree que influye en que una edificación sufra daños después de un evento sísmico	Falta de supervisión cuando se ejecutó la edificación	1	
							Falta de materiales de buena calidad	2	
							No se hizo la consideración sísmica que propone el CHOC-08	3	
							Mano de obra con poca experiencia	4	
Nada							5		
Aplicabilidad				Vigencia de los reglamentos utilizados	¿Sabe cuál es la normativa de construcción de Honduras?	Si	1		
						No	2		

### **3.1.4 Hipótesis**

El uso de los aisladores de base, aportará mayor seguridad para los ocupantes y evitarán fallas a las edificaciones de Honduras cuando se presente un evento sísmico.

### **3.1.5 Hipótesis Nula**

El uso de los aisladores de base, no aportará mayor seguridad para los ocupantes y tampoco evitarán fallas a las edificaciones de Honduras cuando se presente un evento sísmico.

### **3.1.6 Hipótesis Alternativa**

El uso de los aisladores de base, incrementa los costos de construcción de las edificaciones.

## **3.2 Enfoque y métodos**

El enfoque metodológico principal empleado para la realización de esta investigación está basado en el enfoque mixto, aunque el enfoque cuantitativo es el enfoque predominante en esta investigación. El enfoque cuantitativo parte del análisis de datos para dar solución a las preguntas de investigación y para validar las hipótesis. El enfoque cualitativo para analizar actitudes sociales y/o culturales que llevan a los constructores a no utilizar dispositivos de protección sísmica.

Los métodos de investigación utilizados en el presente estudio son los siguientes:

### **3.2.1 Método deductivo**

La deducción es uno de los principales métodos de razonamiento o conclusión y un método de investigación imprescindible. En sentido amplio, por deducción se entiende toda conclusión a la que lleguemos después de un razonamiento. En un sentido más estricto y específico la deducción se



entiende como la demostración o derivación certera de la afirmación o consecuencia de una o de varias afirmaciones o premisas sobre la base de las leyes de la Lógica. (Carvajal, 2013)

### **3.2.2 Método inductivo**

Guzmán, (2006) dice: “es el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales. Este método permite la formación de hipótesis, investigación de leyes científicas y las demostraciones, la inducción puede ser completa o incompleta”.

**Inducción completa.** “La conclusión es sacada del estudio de todos los elementos que forman el objeto de la investigación, solo es posible cuando se conoce con exactitud todos los elementos que forman el objeto de estudio” (Guzman, 2006).

**Inducción incompleta.** “Los elementos de la investigación no pueden ser enumerados y estudiados en su totalidad, obligando al investigador a tomar una muestra representativa para hacer generalizaciones” (Guzman, 2006).

### **3.2.3 Método analítico**

Gutierrez y Sánchez, (1990) lo define como: “aquel que distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de los elementos por separado” (p. 133).

Este método es útil cuando se llevan a cabo trabajos de investigación documental, que consiste en revisar en forma separada todo el acopio del material necesario para la investigación.

### **3.2.4 Método sintético**

Es el que analiza y hace como la palabra lo dice sintetiza la información recopilada, lo que permite ir estructurando las ideas.

Los autores Gutierrez y Sánchez, (1990) dicen: “como el historiador trata de reconstruir los hechos de la época que está investigando”. Este ejemplo nos indica que el análisis y la síntesis se complementan y no se da uno sin el otro.

### **3.2.5 Método científico**

Es un conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de un conocimiento teórico que sea válido y pueda comprobarse científicamente y no dé lugar a la subjetividad.

“Se considera uno de los métodos más útiles ya que permite la explicación de los fenómenos de forma objetiva, brinda solución a problemas de investigación e impulsa a formular leyes” (Canaan, 2018).

### **3.2.6 Método histórico**

Se utilizo el método histórico para conocer y analizar los factores que han limitado el uso de aisladores de protección sísmica en honduras.

Escamilla, D., (2013) nos dice: “El método histórico nos permite estudiar los hechos del pasado con el fin de encontrar explicaciones causales a las manifestaciones propias de las sociedades actuales.

### **3.2.7 Método explicativo**

Se aplico para determinar las causas y los efectos de las variables independientes sobre la dependiente.

Buscan encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Su objetivo último es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste.

Bernal, (2010) afirma que están orientados a la comprobación de hipótesis causales de tercer grado; esto es, identificación y análisis de las causales (variables independientes) y sus resultados, los que se expresan en hechos verificables (variables dependientes). Los estudios de este tipo implican esfuerzos del investigador y una gran capacidad de análisis, síntesis e interpretación. Asimismo, debe señalar las razones por las cuales el estudio puede considerarse explicativo. Su realización supone el ánimo de contribuir al desarrollo del conocimiento científico”

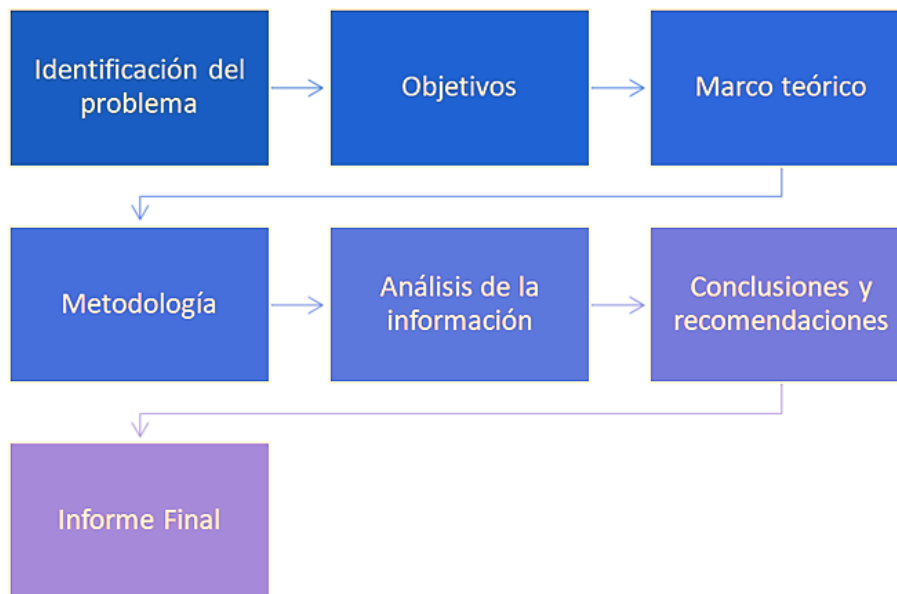
### **3.2.8 Método descriptivo**

Este método de investigación esta principalmente soportado principalmente en las técnicas como la encuesta, la entrevista y la revisión de cada una de las fuentes de investigación.

Este método describe situaciones o eventos, así mismo busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir, (Bernal, 2010).

### **3.3 Diseño de la investigación**

Es necesario identificar la manera en la cual se responderán las preguntas de investigación, con el propósito de cumplir los objetivos que se plantean.



**Figura 6. Etapas del diseño de la investigación**

### **3.3.1 Población**

La población que se seleccionó para realizar esta investigación son los trabajadores de la construcción, Ingenieros Civiles Colegiados, Maestros de Obra y dueños de proyectos. Con un total de 1750 y distribuidos de la siguiente manera:

- Ingenieros = 1500
- Maestros de obra = 200
- Dueños de proyectos = 50

### **3.3.2 Descripción de la muestra**

Se utilizó una metodología de muestreo no probabilístico, con un muestreo por juicio u opinión. Se realiza de esta manera ya que la muestra consta de personas que trabajan en el rubro de la construcción.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

### **Ecuación 7. Fórmula para determinar el tamaño de la muestra**

Fuente: (Pickers, 2015)

En donde:

$N$  = tamaño de la población

$Z$  = nivel de confianza

$P$  = probabilidad de éxito, o proporción esperada

$Q$  = probabilidad de fracaso

$D$  = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Obtuvimos una muestra de 25 personas, siendo elegidas de la siguiente manera:

- Ingenieros = 15
- Maestros de obra = 10

Se aplicó la encuesta en 2 zonas estratégicas:

- Zonas donde se construyen edificaciones de gran altura bajo supervisión profesional.
- Zona de Tegucigalpa y Comayagüela donde se construyen residencias sin supervisión profesional.

La encuesta se realizó de manera convencional (de forma personal con el encuestado).

### **3.3.3 Unidad de análisis**

La unidad de análisis de nuestro estudio se basa en personas que trabajan en las 2 zonas estratégicas donde aplicaremos la encuesta, ya que en las zonas donde se construye bajo supervisión, se deben de cumplir con los requisitos para diseño sísmico, y en las zonas residenciales en muchas ocasiones no se cumple ningún requisito de diseño sísmico.

### **3.3.4 Unidad de respuesta**

La unidad de respuesta para el análisis de esta investigación está representada por: Unidades, Porcentajes, Desplazamiento en Centímetros y Milímetros.

## **3.4 Instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados**

### **3.4.1 Instrumentos**

El principal instrumento de recolección para esta investigación fue el cuestionario, el cual fue aplicado tanto en encuesta como en entrevista en las dos zonas estratégicas. Un cuestionario es un conjunto de preguntas que se confecciona para obtener información con algún objetivo concreto.

### **3.4.2 Técnicas**

**Encuesta:** Es un procedimiento dentro de los diseños de una investigación descriptiva en el que el investigador recopila datos por medio de un cuestionario previamente diseñado, sin modificar el entorno ni el fenómeno donde se recoge la información ya sea para entregarlo en forma de tríptico, gráfica o tabla. Ver el formato de la encuesta en el Anexo II.

**Entrevista:** Es la acción de desarrollar preguntas abiertas con una o más personas con el objetivo de hablar sobre ciertos temas y con un fin determinado. Ver el formato de la entrevista en el Anexo I.

### **3.5 Fuentes de información**

#### **3.5.1 Fuentes primarias**

Como fuentes primarias, la información obtenida proviene de la encuesta y de la entrevista realizada a los profesionales de la construcción.

#### **3.5.2 Fuentes secundarias**

Como fuentes secundarias, la información obtenida proviene de libros, revistas científicas, artículos de revista, informes técnicos, tesis doctorales, documentos publicados en sitios web y los resultados obtenidos con el programa Etabs.

### **3.6 Limitantes del estudio**

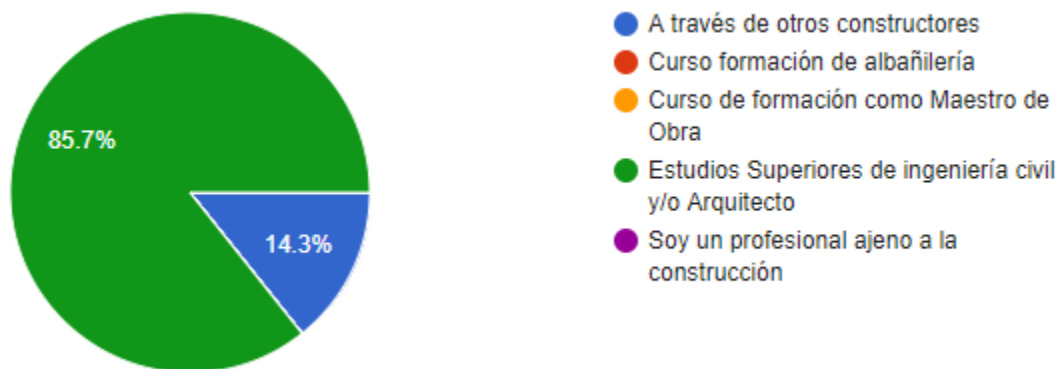
- a. Los expertos calificados en el tema son pocos.
- b. Los profesionales de la construcción que conocen sobre el tema solo poseen los conocimientos básicos.
- c. La normativa hondureña CHOC-08 no contempla un sismo de diseño como los códigos de otros países, lo que conlleva a tener diferentes criterios a la hora de hacer el diseño sísmico.
- d. El tiempo de 10 semanas para desarrollar la investigación es corto.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se darán a conocer las posibles respuestas que podemos obtener después de la recolección y el análisis de los datos de nuestra encuesta y entrevista.

### 4.1 Resultados de la encuesta

1. ¿Qué tipo de formación ha recibido como constructor?



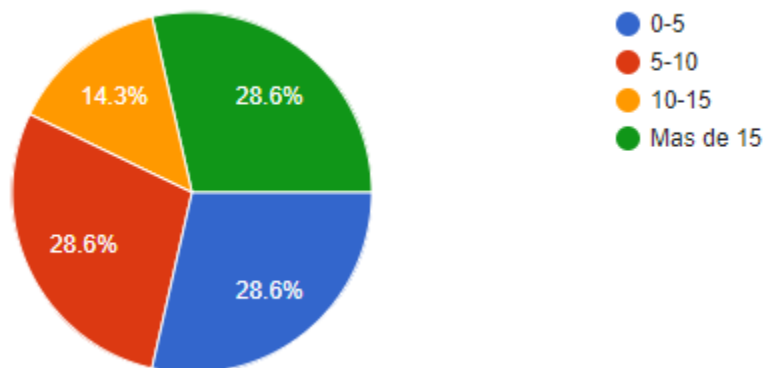
**Figura 7. Formación recibida por profesionales de la construcción**

La mayoría de los profesionales encuestados han cursado estudios superiores de Ingeniería Civil y/o Arquitectura con un 87%, esto fue un hallazgo positivo para esta investigación porque denota que las personas encuestadas están preparadas con el conocimiento técnico para poder ejecutar y supervisar cualquier tipo de edificación. Se aprecia una tendencia en aumento debido a que el porcentaje resultó ser alto, muchos de los encuestados que han cursado estudios superiores de Ingeniería Civil y Arquitectura han cursado más de algún programa de formación como Maestro de Obra, y algunos Maestros de Obra han conseguido titularse como Ingenieros Civiles, lo cual



confirma el aumento de la tendencia. Concluyendo, el hallazgo encontrado impactó positivamente en la investigación porque en la medida que los profesionales de la construcción se van formando con más programas de capacitación, demuestra la disposición para poder cursar un programa de capacitación para la utilización de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones.

## 2. Años de experiencia:

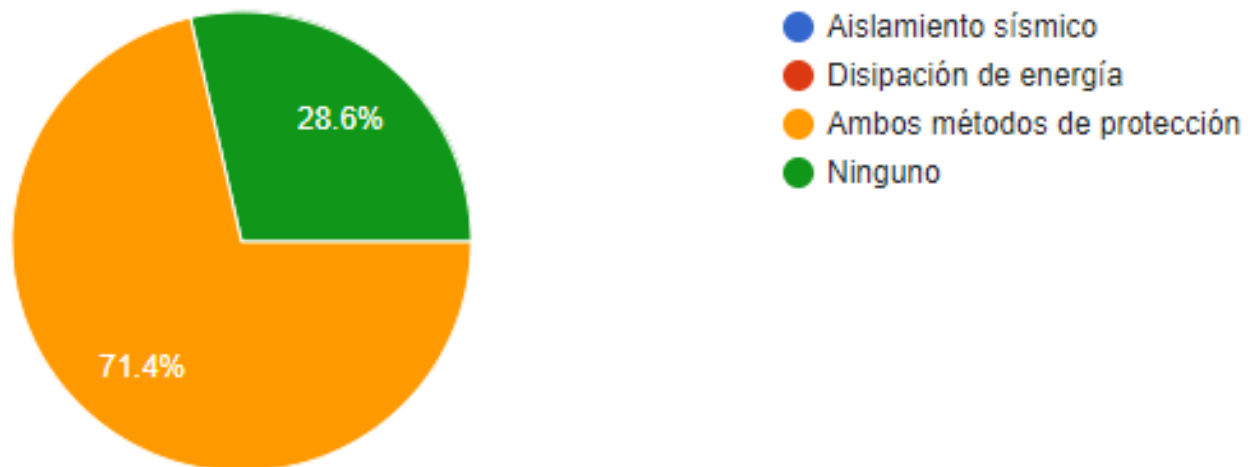


**Figura 8. Años de experiencia de los profesionales de la construcción**

La mayoría de los profesionales encuestados tienen entre 0 y 10 años de experiencia, ya que el 57.2% de los encuestados se encuentra en este rango. Este hallazgo demostró que la mayor parte de los encuestados ha comenzado a ejercer su profesión desde el año en que se implementó en CHOC-08 como la normativa de construcción en Honduras en el año 2008, y los profesionales que tienen menos de 10 años de experiencia han podido estudiar el CHOC-08 durante su formación profesional, es un impacto positivo para la investigación. La tendencia va en aumento debido a que los profesionales nuevos y los que están en formación estudian el CHOC-08. Se concluyó favorable para esta investigación que la mayoría de los profesionales de la industria de la construcción tengan 10 años o menos de experiencia, debido a que tienen el conocimiento sobre el

CHOC-08 y tienen el potencial para seguir ampliando sus conocimientos.

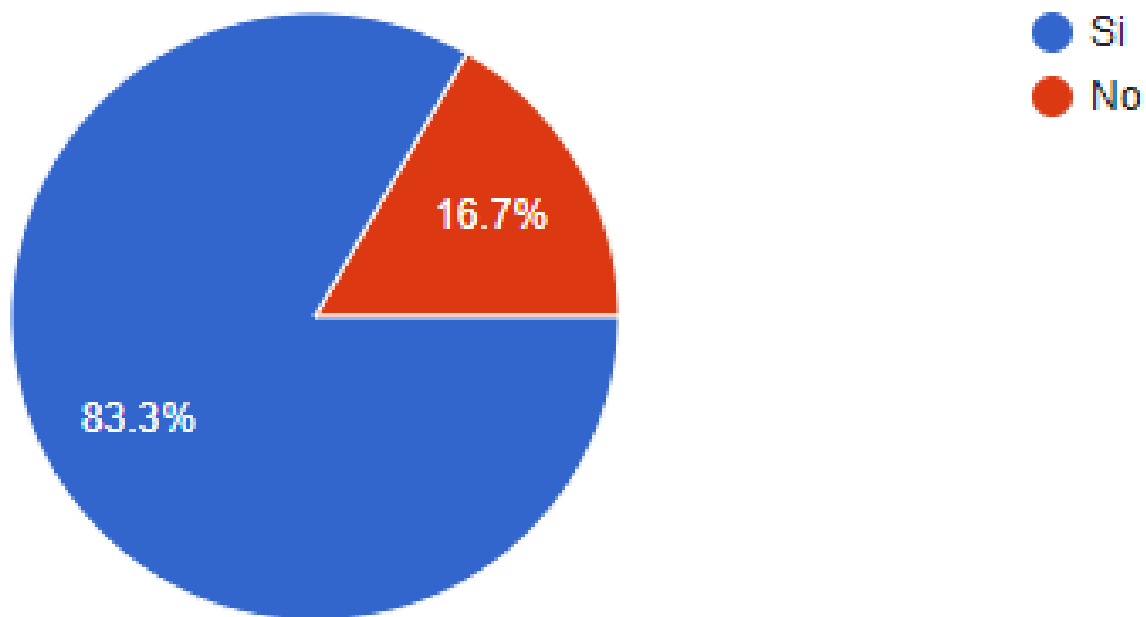
3. ¿Qué métodos conoce para la protección sísmica de una edificación?



**Figura 9. Conocimiento de métodos de protección sísmica**

La mayoría de los profesionales encuestados conocen ambos métodos de protección sísmica, los Aisladores de Base y los Disipadores de Energía, siendo el 71.4% de la muestra encuestada. Este hallazgo indica que los profesionales de la construcción no solo conocen la normativa CHOC-08, sino que también conocen las posibles alternativas para el mejoramiento de la seguridad en las edificaciones, lo cual demuestra que la tendencia es positiva. Se concluyó para esta investigación que los profesionales de la industria de la construcción tienen las bases del conocimiento sobre los dispositivos de protección sísmica, lo cual les facilitaría la comprensión y la aplicación de una guía práctica para el uso de dichos dispositivos.

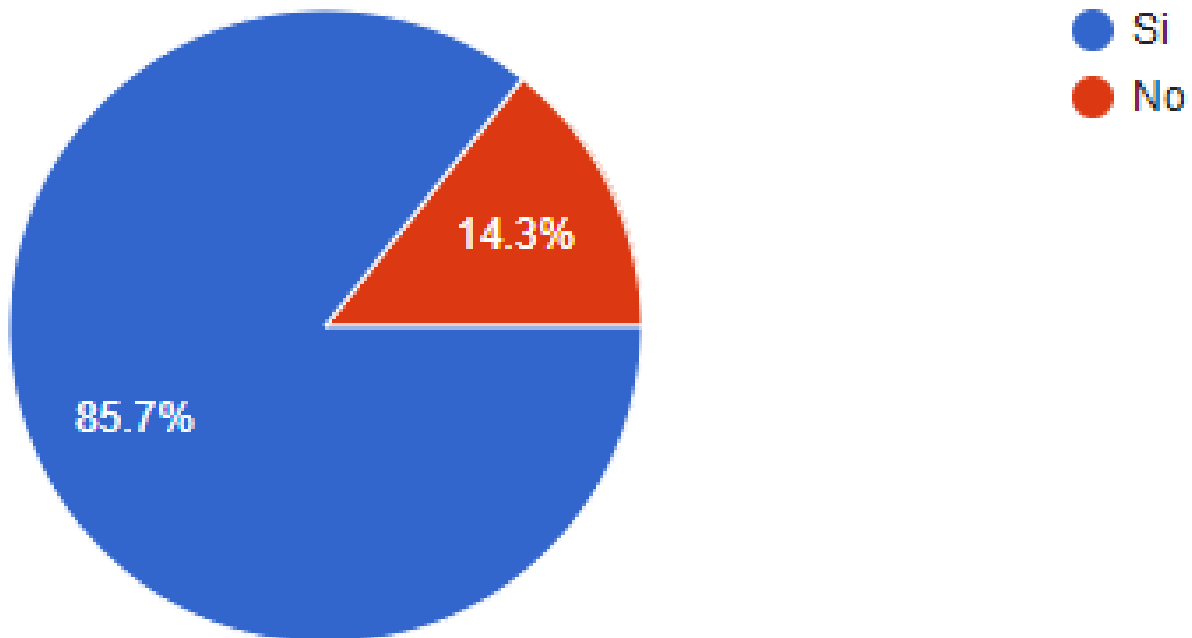
4. ¿Sabe cuál es la normativa de construcción de Honduras?



**Figura 10. Conocimiento del Código Hondureño de la Construcción 2008**

La mayoría de los profesionales encuestados conocen el CHOC-08, siendo el 83.4% de los encuestados. Este hallazgo indicó que la mayoría de los profesionales de la construcción saben cuál es el reglamento que deben de seguir al momento de ejecutar una construcción; la tendencia resultó ser positiva. Se concluyó que la mayor parte de los profesionales de la construcción no desconocen la normativa hondureña para la construcción, lo cual es favorable para esta investigación debido a que pueden recurrir a realizar consultas en dicha normativa.

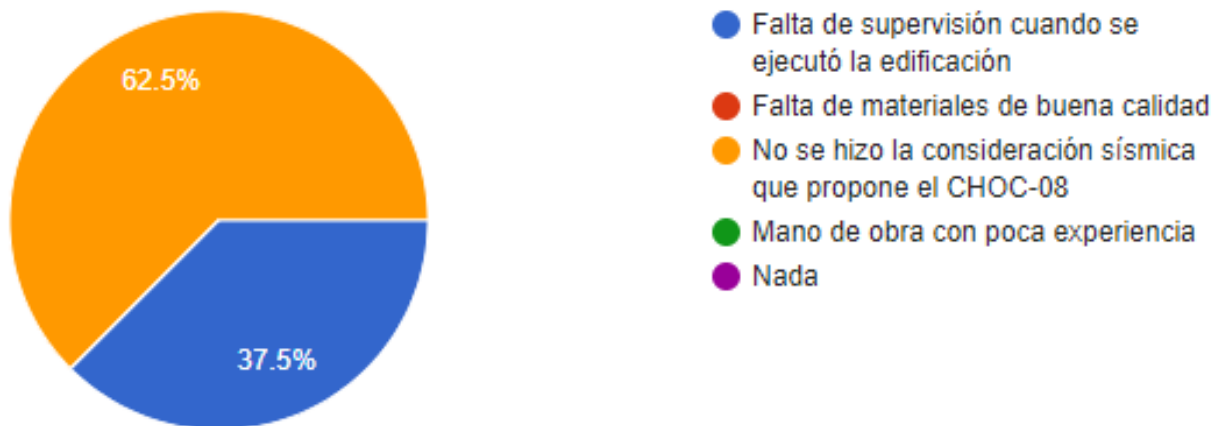
5. ¿Sabe cuáles son los métodos de análisis para calcular las Acciones Sísmicas en el Código Hondureño de Construcción?



**Figura 11. Conocimiento de los métodos de análisis y diseño sísmico**

El 85.7% de los profesionales encuestados conocen los métodos de análisis y diseño sísmico contemplados en el CHOC-08. Este hallazgo es importante debido a que la mayor parte de los profesionales conocen las implicaciones de las acciones sísmicas en nuestro país, lo que resulta en una tendencia positiva. Se concluyó para esta investigación que los profesionales de la construcción en Honduras conocen los métodos de análisis sísmico del CHOC-08 y también las limitantes del diseño respecto uso de los dispositivos de protección sísmica.

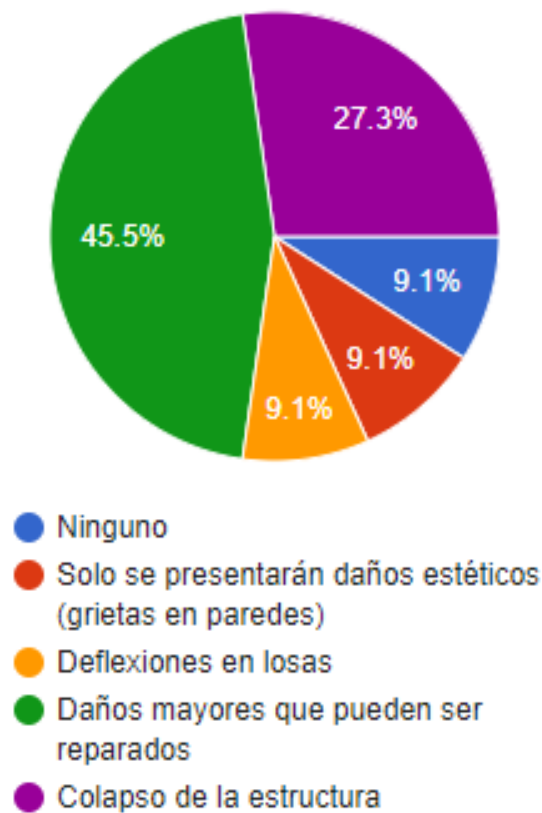
6. ¿Qué cree que influye en que una edificación sufra daños después de un evento sísmico?



**Figura 12. Causas que generan daño en las edificaciones cuando se presenta un evento sísmico**

El 62.5% de los profesionales encuestados indica que la mayor causa que genera daños en una edificación es la falta de consideración de las acciones sísmicas contempladas en el CHOC-08. Este hallazgo indicó que muchas de las construcciones que presentan daños después de un evento sísmico se diseñaron sin contemplar las consideraciones sísmicas del CHOC-08. La tendencia es neutral con la posibilidad de ser negativa en cuanto a la principal causa de daño, ya que las edificaciones que han presentado daños son las más antiguas que se edificaron antes de que se implementara el CHOC-08 como la normativa para nuestro país. Se concluyó que para esta investigación, las edificaciones que no consideran las directrices del CHOC-08 son las más propensas a presentar daños después de un sismo, la causa más probable para no considerar el diseño sísmico del CHOC-08 es la limitada seguridad que existiría en las construcciones, lo que demuestra la necesidad del uso de dispositivos de protección sísmica.

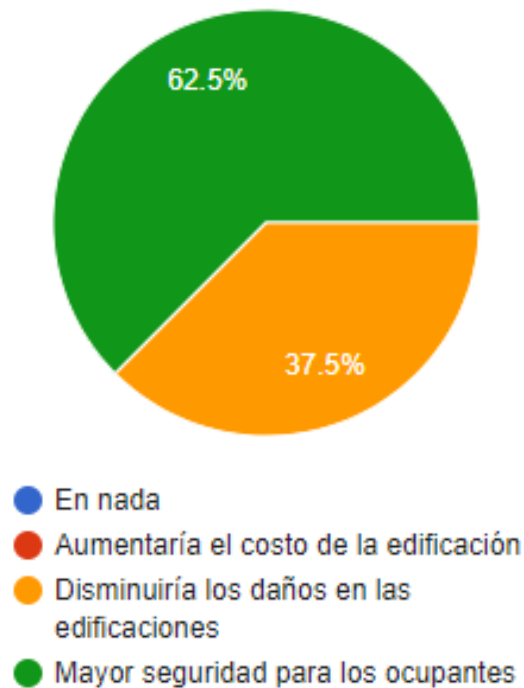
7. ¿Cuáles son los efectos que sufre una estructura después de un evento sísmico?



**Figura 13. Efectos que sufre una estructura después de un evento sísmico**

El 45.5% de los profesionales encuestados coinciden en que las edificaciones después de un sismo, representan daños mayores que deben de ser reparados. Este hallazgo indicó que las edificaciones de Honduras presentan daños graves que, aunque pueden ser reparados, tienden a ser daños que puedan ocasionar el colapso de la estructura. La tendencia es positiva debido a la limitada seguridad que ofrece el diseño sísmico del CHOC-08. Para esta investigación se concluyó que sí es necesario el uso de dispositivos de protección sísmica para evitar que se presenten daños graves en las edificaciones y que las personas que las ocupan pueden estar más seguras.

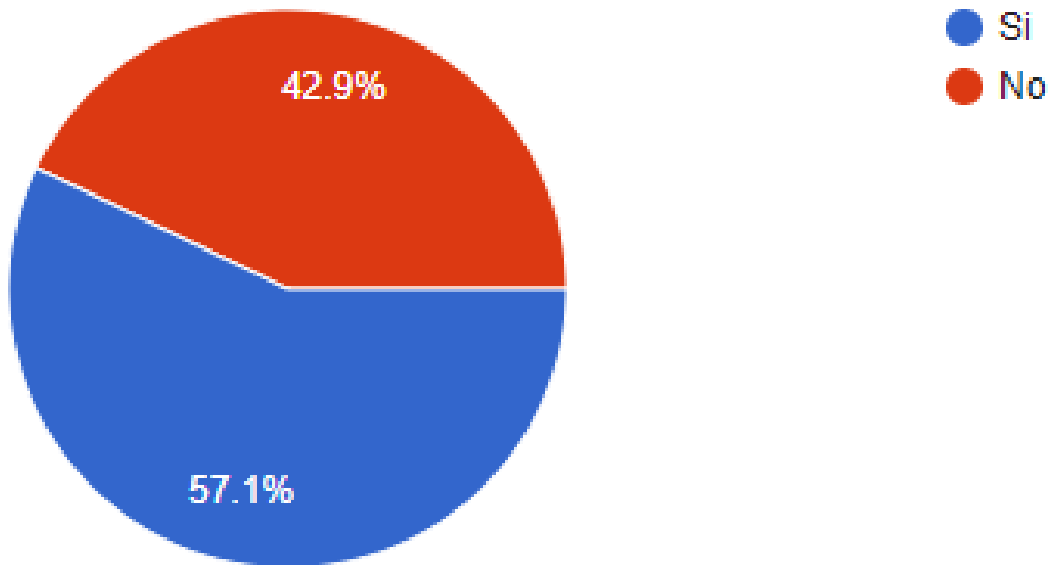
8. ¿Qué resultado esperaría con el uso de dispositivos de protección sísmica?



**Figura 14. Beneficio del uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones**

El 62.5% de los profesionales encuestados, aseguran que las edificaciones que cuenten con dispositivos de protección sísmica darán mayor seguridad a sus ocupantes. Este hallazgo es representativo para esta investigación, ya que los profesionales de la construcción señalan que el mayor beneficio es la seguridad de los ocupantes. La tendencia es positiva. Se concluyó que la seguridad para los ocupantes es el factor principal en las edificaciones, lo que influye positivamente en la implementación de una guía práctica para el diseño y uso de dispositivos de protección sísmica.

9. ¿Será ventaja instalar los dispositivos de protección sísmica en edificaciones ya existentes?

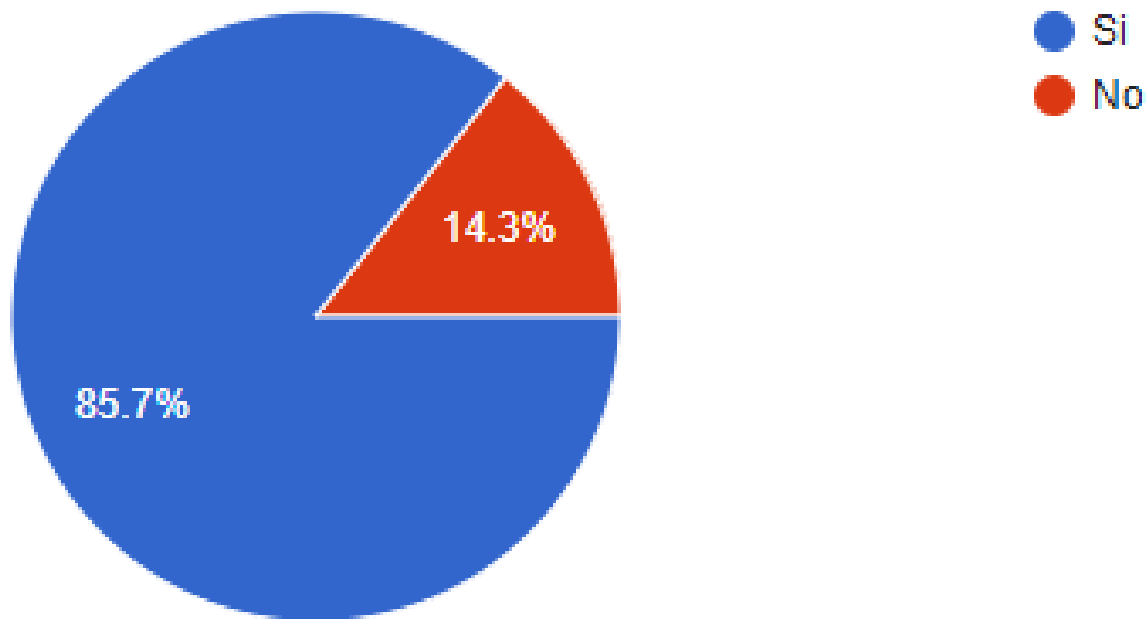


**Figura 15. Ventaja del uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones**

El 57.1% de los profesionales encuestados, aseguran que sí es una ventaja hacer el uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones. Este hallazgo indicó que no todos los profesionales conocen los beneficios del uso de los dispositivos de protección sísmica, pero si la mayor parte de ellos. La tendencia es positiva. Se concluyó que es importante concientizar en profundidad el uso de los dispositivos de protección sísmica, concientización que debe de realizarse con la práctica para el diseño y uso de dispositivos de protección sísmica que se realizó en esta investigación.



10. ¿Usted utilizaría los dispositivos de protección sísmica en las edificaciones?



**Figura 16. Uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones**

El 85.7% de los profesionales encuestados, aseguran que sí utilizarían dispositivos de protección sísmica en las edificaciones. Este hallazgo indicó que la mayor parte de los profesionales utilizarían los dispositivos de protección sísmica; la tendencia es positiva. Debido al poco conocimiento del tema de los dispositivos de protección sísmica es que el 14.3% de los profesionales de la construcción no implementarían su uso. Se concluyó, en esta investigación, que es viable una guía práctica para el diseño y uso de dispositivos de protección sísmica, debido a que 3 de cada 4 profesionales de la construcción sí implementaría su uso en las edificaciones, tanto nuevas como las edificaciones ya existentes.

#### 4.1.1 Resultados de la entrevista

1. ¿Cree usted que es importante concientizar a las personas que se dedican a la construcción a que le den importancia a la utilización de dispositivos de protección sísmica? ¿Por qué?

R/ Si es importante que se conozcan cuáles son los dispositivos de protección sísmica, para no desestimar su uso, ya que en el país no se toman mucho en cuenta los riesgos sísmicos.

2. ¿Cuál cree usted que sea las causas principales que causan deterioro de las edificaciones después de un sismo?

R/ Las causas principales que generan deterioro en las estructuras son: la intensidad del sismo, ya que el CHOC-08 no ha sido actualizado con los procedimientos que determinan las cargas sísmicas; la falta de reparación cuando se presentan los daños y que ésta sea realizada por personas no calificadas.

3. ¿Por qué cree usted que algunos constructores no consideran las acciones sísmicas en el diseño estructural?

R/ Porque el CHOC-08 no es muy exigente con el Diseño Sísmico y por qué nuestro país no presenta mucha actividad sísmica.

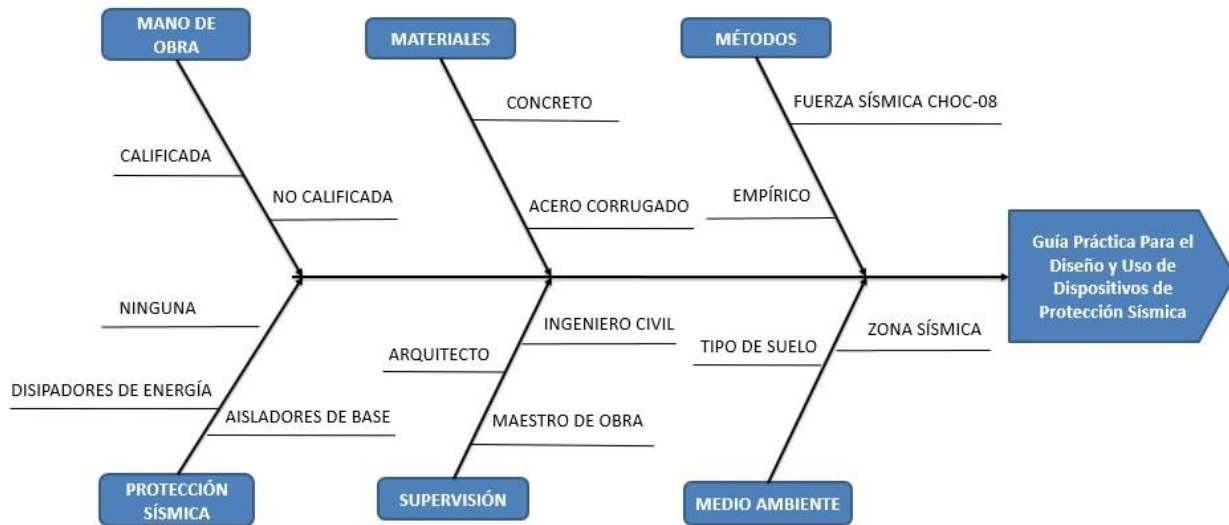
4. ¿En qué cree que beneficiaría a las construcciones el uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones?

R/ Las construcciones estarían beneficiadas ya que se alarga su vida útil, ya que al presentarse un sismo los dispositivos de protección sísmica entrarían en acción.

5. ¿Cree usted que tendría alguna desventaja el uso de dispositivos de protección sísmica en las construcciones?

R/ No habría desventajas significativas, la única que podría ser representativa sería el costo de los dispositivos de protección sísmica.

#### 4.1.2 Diagrama de Ishikawa



**Figura 17. Diagrama de Ishikawa**

#### **Explicación:**

#### **Mano de Obra**

##### **a. Calificada**

Mano de calificada se refiere a trabajadores con estudios técnicos o algún grado de calificación.

##### **b. No Calificada**

Son aquellas personas que no han realizado estudios previos y la calificación está dada por la experiencia en el ámbito en que ellos trabajan.

## **Materiales**

### **a. Concreto**

“Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso, y agua, con o sin aditivos” (CHOC, 2008).

### **b. Acero de Refuerzo**

2.3.5.1 El refuerzo deberá ser refuerzo corrugado, excepto que se permitirá refuerzo liso para espirales y tendones; y refuerzo consistente en perfiles de acero, tubería de acero, o duetos de acero se permitirá como se especifica en estas normas.

**Acero Corrugado:** “Refuerzo consistente en barras corrugadas, parrillas de barras, alambre corrugado, malla soldada de alambre liso, y malla soldada de alambre corrugado” (CHOC, 2008).

## **Métodos**

### **a. Fuerza Sísmica CHOC-08**

Las estructuras y sus partes deberán diseñarse y construirse para resistir, como mínimo, los efectos de los movimientos sísmicos del terreno como se dispone en la sección 1.3, CHOC (2008).

Las estructuras deberán diseñarse para fuerzas sísmicas que actúan en cualquier dirección horizontal.

Se puede asumir que las fuerzas sísmicas de diseño actúan separadamente en la dirección de cada eje principal de la estructura, excepto en cada una de las siguientes circunstancias:

(a) La estructura tiene irregularidad de planta sistema no paralelos.

Sistemas no Paralelos. Los elementos verticales resistentes a cargas laterales no son paralelos o simétricos a los ejes ortogonales principales del sistema resistente a sismos, CHOC. (2008) Tabla 1.3.4-5.

(b) La estructura tiene irregularidad torsional en planta, para ambos ejes principales.

Irregularidad torsional, a considerarse cuando los diafragmas no son flexibles Deberá considerarse que existe irregularidad torsional cuando el desplazamiento lateral máximo relativo calculado incluyendo torsión accidental, en un extremo de la estructura transversal a un eje es más que 1.2 veces el promedio de los desplazamientos laterales relativos de piso de los dos extremos de la estructura, CHOC. (2008) Tabla 1.3.4-5.

(c) Una columna de la estructura forma parte de dos o más sistemas resistentes a cargas laterales que se interceptan. Excepto cuando la carga axial en la columna debida a las fuerzas sísmicas que actúan en cualquiera de las direcciones es menor que el 20% de la carga axial permisible de la columna.

El requisito de que los efectos ortogonales sean considerados puede satisfacerse diseñando esos elementos para el 100% de las fuerzas sísmicas prescritas en una dirección más el 30% de las fuerzas prescritas en la dirección perpendicular. La combinación que requiera la resistencia mayor deberá usarse en el diseño.

## **b. Empírico**

No considera el uso de normas o códigos. Son construcciones que, en lugar de elementos estructurales, se edifican con elementos de albañilería. Desde la etapa de diseño hasta la construcción, hay errores constructivos, se realizan sin la supervisión adecuada de un profesional. En muchos de los casos la cimentación utilizada es muy superficial, poca cantidad de acero y mala calidad de materiales, las paredes se dejan sueltas prácticamente sin ningún elemento que las amarre.

## **Protección Sísmica**

### **a. Ninguna**

Edificaciones que han sido diseñadas solamente para resistir las cargas de peso propio de la estructura y las cargas vivas que se generan por su uso. En su diseño estructural, en algunos casos no se consideran las acciones sísmicas y de viento, tampoco se considera el uso de los dispositivos de protección sísmica.

### **b. Aisladores de Base**

Los aisladores de base consisten en apoyos colocados en la base y separan la estructura del suelo de fundación para protegerlo de los efectos destructivos de los sismos ingresados entre la estructura y la cimentación, disminuyendo así el peligro al reducir sustancialmente las aceleraciones en la estructura e incrementando los periodos de vibración de la estructura alejándola de los periodos naturales del suelo.

### **c. Disipadores de Energía**

Estos son piezas instaladas en la estructura, que se encargan de absorber la mayor cantidad de energía al momento de un sismo. La energía producida no será transmitida directamente a la

estructura, por lo que los daños serían mínimos. Son dispositivos que transforman la energía en calor.

## Supervisión

### a. Ingeniero

Ingeniero es quien usa conocimiento y técnicas científicas aplicadas, para resolver problemas y optimizar soluciones.

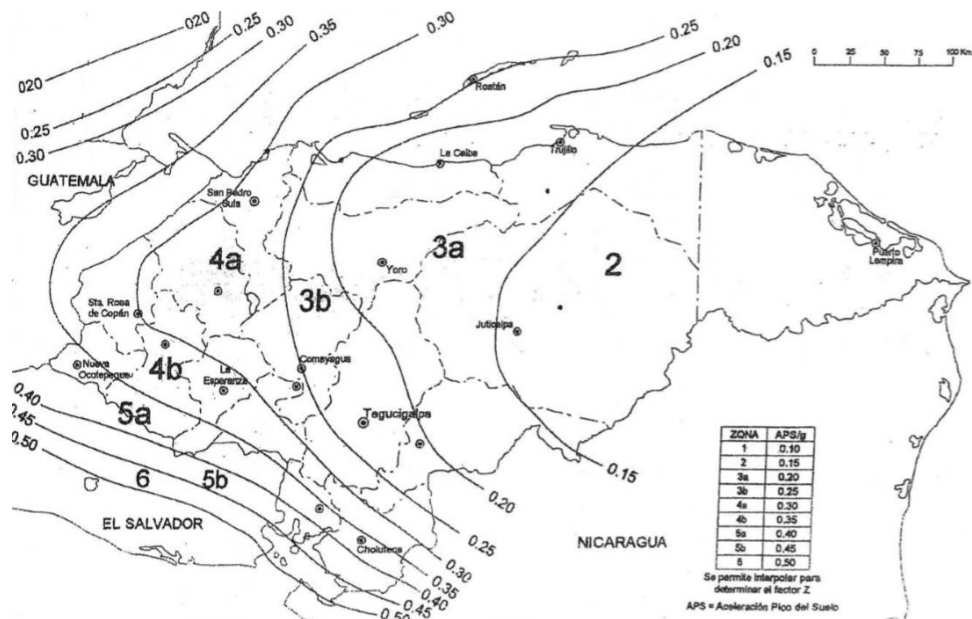
### b. Arquitecto

Es el profesional que se encarga de proyectar, diseñar, dirigir la construcción y el mantenimiento de edificaciones, urbanizaciones, y estructuras de diversos tipos.

### c. Maestro de Obra

Es un técnico especializado en construcciones, que posee una formación integral y conocimientos específicos sobre los procesos constructivos y diseño de sistemas constructivos adecuado al proyecto.

## Medio Ambiente



## Figura 18. Mapa de zona sísmica

Fuente: CHOC 08.

### a. Zona Sísmica

A cada sitio se deberá asignar una zona sísmica de acuerdo con la figura 14. A cada estructura se deberá asignar un factor de zona Z de acuerdo con la Tabla 4 factor de zona sísmica.

### b. Tipo de Suelo

El tipo de perfil del suelo y los coeficientes del sitio S, deberán establecerse de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 8. Coeficiente del suelo S<sup>a</sup> y parámetros para curvas de espectro**

Tipo	Descripción	Coeficiente S	Parámetros para espectros		
			Períodos en segundos		Exponente e
			T <sub>a</sub>	T <sub>b</sub>	
S1	Un perfil de suelo con: (a) Un material tipo roca caracterizado por una velocidad de onda cortante mayor que 760 m/s o por otros medios adecuados de clasificación, o (b) Condiciones de suelo medio-denso a denso, o medio-duro a duro, donde la profundidad del suelo es menor que 60 metros.	1.0	0.155	0.364	2.00
S2	Un perfil de suelo con condiciones predominantes de suelo medio-denso a denso, o medio-duro a duro, donde la profundidad del suelo excede los 60 metros.	1.2	0.186	0.524	2.00
S3	Un perfil de suelo que contiene más de 6 metros de arcilla blanda a media-duro, pero no más de 12 metros de arcilla blanda.	1.5	0.233	0.818	2.00
S4	Un perfil de suelo que contiene más de 12 metros de arcilla blanda, caracterizado por una velocidad de onda cortante menor que 150 m/s.	2.0	0.310	1.455	2.00

<sup>a</sup> El coeficiente del sitio deberá determinarse de datos geotécnicos adecuadamente respaldados. En los lugares donde las propiedades del suelo son desconocidas en suficiente detalle como para determinar el tipo de perfil de suelo, se deberá suponer un perfil de suelo tipo S3; no será necesario asumir un perfil de suelo tipo S4 a menos que el Supervisor determine que un perfil de suelo S4 puede existir en el sitio, o en el caso de que se establezca un perfil de suelo S4 por datos geotécnicos.

<sup>b</sup> Los parámetros de curvas para espectros de respuesta se utilizan en los procedimientos dinámicos de análisis. Ver la Sección 1.3.6.5.7 y la Figura 1.3.6-1 para los espectros de respuesta para diseño correspondientes a cada Zona Sísmica y Perfil de Suelo.

Fuente: CHOC (2008)



### 4.1.3 Análisis Estadístico

1. ¿Qué tipo de formación ha recibido como constructor?

**Tabla 9. Datos estadísticos de la formación recibida como constructor**

Descripción	Valor
Media	7.00
Moda	0.00
Mediana	0.00
Desviación Estándar	13.04
Varianza	170.00
Coefficiente de Variación	186.26%

En estos resultados, la media es mayor que la mediana, lo que nos indica que la distribución de los datos es simétrica y tiene una tendencia dada hacia la derecha en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no existe moda, lo que nos indica que, aunque hay diferentes opciones de respuestas, los datos no coinciden en más una vez opción de respuesta.

Se observa una varianza en los datos poco homogénea, es decir se identifica bastante variación en los datos obtenidos, sin embargo, presenta una desviación estándar baja y alejada a la varianza, eso nos confirma que los resultados obtenidos presentan una diferencia considerablemente alta, resultando positivo para esta investigación que la mayoría de los encuestados son Ingenieros Civiles o Arquitectos.

## 2. Años de experiencia:

**Tabla 10. Datos estadísticos de los años de experiencia como profesional de a construcción**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Media	8.75
Moda	10.00
Mediana	10.00
Desviación Estándar	2.50
Varianza	6.25
Coeficiente de Variación	28.57%

En estos resultados, la media es menor que la mediana, lo que nos indica que la distribución de los datos es simétrica y tiene una tendencia dada hacia la izquierda en caso de alguna representación gráfica. El hallazgo nos indica que la mayor parte de los encuestados tienen 10 años o menos de experiencia en la construcción.

La varianza y el coeficiente de variación difieren considerablemente, lo que indica que hay una tendencia que la gran mayoría de los constructores están dentro del rango de 0 a 10 años de experiencia. En esta pregunta si existe moda, lo que nos indica que, aunque haya diferentes opciones de respuestas los datos coinciden en más una vez, coincidiendo la cantidad de encuestados que tienen de 0 a 5 años de experiencia, 5 a 10 años de experiencia y 15 o más años de experiencia.

3. ¿Qué métodos conoce para la protección sísmica de una edificación?

**Tabla 11. Datos estadísticos del conocimiento de los dispositivos de protección sísmica**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Media	8.75
Moda	0.00
Mediana	5.00
Desviación Estándar	11.81
Varianza	139.58
Coefficiente de Variación	135.02%

En estos resultados, la media es mayor que la mediana, lo que nos indica que la distribución de los datos es simétrica y tiene una tendencia dada hacia la derecha en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no existe moda, lo que nos indica que, aunque haya diferentes opciones de respuestas, los datos no coinciden en más una vez, con esto definimos que existe una tendencia a favor del conocimiento de ambos tipos de dispositivos de protección sísmica. Este hallazgo es positivo para la investigación, ya que indica que un porcentaje considerable de los encuestados conocen los principios básicos de la protección sísmica.

El coeficiente de variación lo confirma y nos indica que los profesionales de la construcción conocen sobre el tema. La varianza es elevada y esto resulta positivo para nuestra investigación.

4. ¿Sabe cuál es la normativa de construcción de Honduras?

**Tabla 12. Datos estadísticos del conocimiento de la normativa de construcción hondureña**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Media	17.50
Moda	0.00
Mediana	17.50
Desviación Estándar	17.68
Varianza	312.50
Coefficiente de Variación	101.02%

En estos resultados la media presenta el mismo valor que la mediana, por lo tanto, podemos concluir que la distribución de datos es simétrica. Es decir, que el comportamiento de los datos es el mismo para valores distribuidos a la derecha e izquierda con referencia a la media en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no cabe valor en la moda ya que es una pregunta cerrada con opción a solo dos respuestas. Esto, provoca automáticamente que no exista moda en el análisis estadístico de este tipo de preguntas.

La varianza y el coeficiente de variación difieren considerablemente, lo que indica que hay una tendencia completamente marcada a favor de una respuesta en particular. Analizando las respuestas mayoritarias, determinamos que la mayoría de los profesionales de la construcción si conocen que la normativa hondureña es el CHOC-08.

5. ¿Sabe cuáles son los métodos de análisis para calcular las Acciones Sísmicas en el Código Hondureño de Construcción?

**Tabla 13. Datos estadísticos del conocimiento de métodos para el cálculo de las acciones sísmicas comprendidas en el CHOC-08**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Media	17.50
Moda	0.00
Mediana	17.50
Desviación Estándar	17.68
Varianza	312.50
Coefficiente de Variación	101.02%

En estos resultados la media presenta el mismo valor que la mediana, por lo tanto, podemos concluir que la distribución de datos es simétrica. Es decir, que el comportamiento de los datos es el mismo para valores distribuidos a la derecha e izquierda con referencia a la media en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no cabe valor en la moda ya que es una pregunta cerrada con opción a solo dos respuestas. Esto, provoca automáticamente que no exista moda en el análisis estadístico de este tipo de preguntas.

La varianza y el coeficiente de variación difieren considerablemente, lo que indica que hay una tendencia completamente marcada a favor de una respuesta en particular. Analizando las respuestas mayoritarias, determinamos que la mayoría de los profesionales de la construcción si conocen cuáles son los métodos de análisis para calcular las Acciones Sísmicas en el Código

Hondureño de Construcción.

6. ¿Qué cree que influye en que una edificación sufra daños después de un evento sísmico?

**Tabla 14. Datos estadísticos de los factores que ocasionan que las edificaciones sufran daños después de un evento sísmico**

Descripción	Valor
Media	7.00
Moda	0.00
Mediana	0.00
Desviación Estándar	10.10
Varianza	102.00
Coefficiente de Variación	144.28%

En estos resultados, la media es mayor que la mediana, lo que nos indica que la distribución de los datos es simétrica y tiene una tendencia dada hacia la derecha en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no existe moda, lo que nos indica que, aunque haya diferentes opciones de respuestas, los datos no coinciden en más una vez, con esto definimos que existe una tendencia a favor de una de las distintas opciones de respuesta, que resultó ser la principal causa de falla en las edificaciones es que los profesionales de la construcción no aplican las consideraciones sísmicas del CHOC-08 en la etapa de análisis y diseño estructural. Este hallazgo es negativo, ya que indica que muchas de las edificaciones son vulnerables ante un sismo de intensidad moderada a alta.

El coeficiente de variación lo confirma y nos indica que los profesionales de la construcción deben de conocer más sobre el tema. La varianza es elevada y los profesionales de la construcción deben de ser más responsables aplicando la normativa en las edificaciones.

7. ¿Cuáles son los efectos que sufre una estructura después de un evento sísmico?

**Tabla 15. Datos estadísticos de los efectos en las edificaciones después de un evento sísmico**

Descripción	Valor
Media	7.00
Moda	3.00
Mediana	3.00
Desviación Estándar	5.87
Varianza	34.50
Coficiente de Variación	83.91%

En estos resultados, la media es mayor que la mediana, lo que nos indica que la distribución de los datos es simétrica y tiene una tendencia dada hacia la derecha en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta si existe moda, lo que nos indica que, aunque haya diferentes opciones de respuestas los datos coinciden en más una vez, coincidiendo en menor frecuencia los daños estéticos en las edificaciones y las deflexiones en sus losas. El efecto negativo con mayor frecuencia son los daños estructurales que pueden ser reparados. Este hallazgo es negativo, ya que indica que muchas de las edificaciones, aunque no colapsen después de un sismo, generan sensación de inseguridad para los ocupantes, y en el peor de los casos, los ocupantes pueden salir heridos o hasta perder la vida en un sismo en el caso de que una pared colapse parcial o totalmente.

El coeficiente de variación lo confirma y nos indica que los profesionales de la construcción deben de ofrecer y garantizar mayor seguridad en las edificaciones ante un sismo. La varianza es elevada y se deben de prevenir estos daños que puedan ocasionar pérdidas humanas.

8. ¿Qué resultado esperarías con el uso de dispositivos de protección sísmica?

**Tabla 16. Datos estadísticos de los resultados esperados con el uso de dispositivos de protección sísmica**

Descripción	Valor
Media	8.75
Moda	0.00
Mediana	6.50
Desviación Estándar	10.75
Varianza	115.58
Coefficiente de Variación	122.87%

En estos resultados, la media es mayor que la mediana, lo que nos indica que la distribución de los datos es simétrica y tiene una tendencia dada hacia la derecha en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no existe moda, lo que nos indica que, aunque haya diferentes opciones de respuestas, los datos no coinciden en más una vez, con esto definimos que existe una tendencia a favor de una de las distintas opciones de respuesta, que resultó ser que el resultado que más se espera con el uso de los dispositivos de protección sísmica es la seguridad para los ocupantes. Este hallazgo es positivo para nuestra investigación, ya que indica que ese es el mayor beneficio que se puede obtener.

El coeficiente de variación lo confirma y nos indica que la seguridad es el factor principal en una edificación. La varianza es elevada y nos indica que los profesionales de la construcción, conocen cuáles son los beneficios de uso de los dispositivos de protección sísmica.



9. ¿Será ventaja instalar los dispositivos de protección sísmica en edificaciones ya existentes?

**Tabla 17. Datos estadísticos de la opinión sobre la ventaja de los dispositivos de protección sísmica**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Media	17.50
Moda	0.00
Mediana	17.50
Desviación Estándar	3.54
Varianza	12.50
Coefficiente de Variación	20.20%

En estos resultados la media presenta el mismo valor que la mediana, por lo tanto, podemos concluir que la distribución de datos es simétrica. Es decir, que el comportamiento de los datos es el mismo para valores distribuidos a la derecha e izquierda con referencia a la media en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no cabe valor en la moda ya que es una pregunta cerrada con opción a solo dos respuestas. Esto, provoca automáticamente que no exista moda en el análisis estadístico de este tipo de preguntas.

La varianza y el coeficiente de variación difieren considerablemente, lo que indica que hay una tendencia completamente marcada a favor de una respuesta en particular. Analizando las respuestas mayoritarias, determinamos que la mayoría de los profesionales de la construcción opinan que sería una ventaja hacer el uso de los dispositivos de protección sísmica.

10. ¿Usted utilizaría los dispositivos de protección sísmica en las edificaciones?

**Tabla 18. Datos estadísticos de la disposición de los profesionales de la construcción a aplicar los dispositivos de protección sísmica**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Media	17.50
Moda	0.00
Mediana	17.50
Desviación Estándar	17.68
Varianza	312.50
Coeficiente de Variación	101.02%

En estos resultados la media presenta el mismo valor que la mediana, por lo tanto, podemos concluir que la distribución de datos es simétrica. Es decir, que el comportamiento de los datos es el mismo para valores distribuidos a la derecha e izquierda con referencia a la media en caso de alguna representación gráfica.

En esta pregunta no cabe valor en la moda ya que es una pregunta cerrada con opción a solo dos respuestas. Esto, provoca automáticamente que no exista moda en el análisis estadístico de este tipo de preguntas.

La varianza y el coeficiente de variación difieren considerablemente, lo que indica que hay una tendencia completamente marcada a favor de una respuesta en particular. Analizando las respuestas mayoritarias, determinamos que la mayoría de los profesionales si están dispuestos a aplicar los dispositivos de protección sísmica.

## **4.2 Propuesta**

### **4.2.1 Método de Diseño para la Implementación de Aisladores de Base**

#### 4.2.2 Introducción

#### 4.2.3 Descripción de la propuesta

##### 4.2.3.1 Parámetros geométricos y configuración estructural

##### 4.2.3.2 Estimación de cargas gravitacionales

##### 4.2.3.3 Parámetros de carga sísmica

##### 4.2.3.4 Parámetros de carga de viento

##### 4.2.3.5 Combinaciones de Carga

##### 4.2.3.6 Realización del modelo estructural con el método sísmico de CHOC-08

##### 4.2.3.7 Dimensionamiento de los elementos estructurales

##### 4.2.3.8 Pre dimensionamiento de los aisladores de base

##### 4.2.3.9 Resultados del análisis estructural con los aisladores de base

##### 4.2.3.10 Comparación del modelo convencional y del modelo con aisladores de base

#### 4.2.4 Análisis de costos

#### 4.2.5 Presupuesto

#### 4.2.6 Cronograma de ejecución

### **4.2.2 Introducción**

La siguiente propuesta de solución pretende establecer de forma documental un método de diseño para la aplicación de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones de Honduras. Dicho manual contiene la descripción detallada del proceso, desde el momento en el que se concibe la estructura de la edificación a diseñar. Indica los mecanismos para la determinación del tipo de

dispositivo de protección sísmica a utilizar, el tipo de análisis estructural que se debe de realizar, los pasos que se deben de realizar durante el análisis y diseño estructural en el programa Etabs. Establece una comparación entre el uso de los diferentes métodos de protección sísmica existentes y entre la opción de no utilizar ninguno de estos, y se hace la comparación de las dimensiones finales resultantes de los elementos estructurales de la edificación.

### **4.2.3 Descripción de la propuesta**

El siguiente es un método de diseño de aisladores de base para su uso en las edificaciones de Honduras.

#### **4.2.3.1 Parámetros geométricos y configuración estructural**

##### **Materiales**

Los materiales utilizados y sus respectivas propiedades considerados en el análisis estructural son los siguientes:

- Hormigón de Vigas y Columnas:
- Peso Específico:  $\gamma=2400 \text{ kg/m}$
- Resistencia a la Compresión a los 28 días:  $f'c =280 \text{ kg/cm}$
- Módulo de Elasticidad:  $E=252671 \text{ kg/cm}$
- Acero de Refuerzo en Barras ASTM A706:
- Peso Específico:  $\gamma=7850 \text{ kg/m}$
- Esfuerzo de Fluencia:  $f=4200 \text{ kg/cm}$
- Módulo de Elasticidad:  $E=2030000 \text{ kg/cm}$

## Descripción General de la Estructura

La estructura analizada es un pórtico bidimensional conformado por vigas y columnas de hormigón armado para un edificio de apartamentos que cuenta con 15 niveles. La altura del primer piso es de 4.00 m, la altura de entrepiso del resto de pisos es de 3.00 m, por lo que la altura total del pórtico es de 46.00 m.

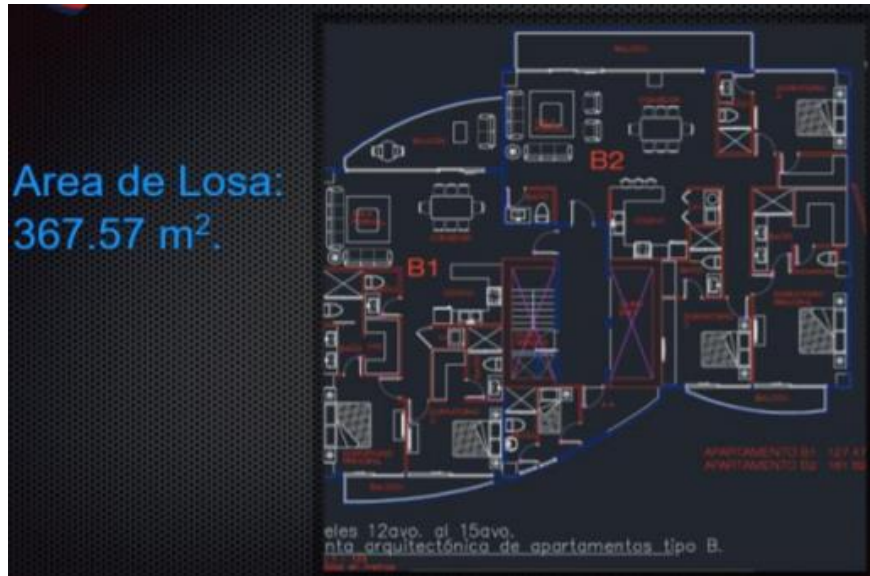


Figura 19. Plantas de distribución del edificio



Figura 20. Plantas de distribución del edificio



**Figura 21. Vista en corte del edificio**

### **Normas y códigos utilizados**

Para la estimación y aplicación de las cargas gravitacionales y sísmicas se utilizaron las siguientes normas y códigos:

- Código Hondureño de la industria de la construcción (CHOC 08)
  - Capítulo 1: Cargas y fuerzas estructurales.
  - Capítulo 2: Materiales y detalle de refuerzo.

Para el análisis y diseño de los elementos de hormigón armado

- Código Hondureño de la industria de la construcción (CHOC 08)

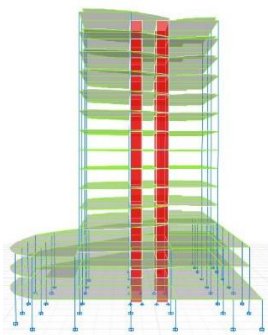
- ACI 318-11: Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute.

### **Hipótesis del modelo**

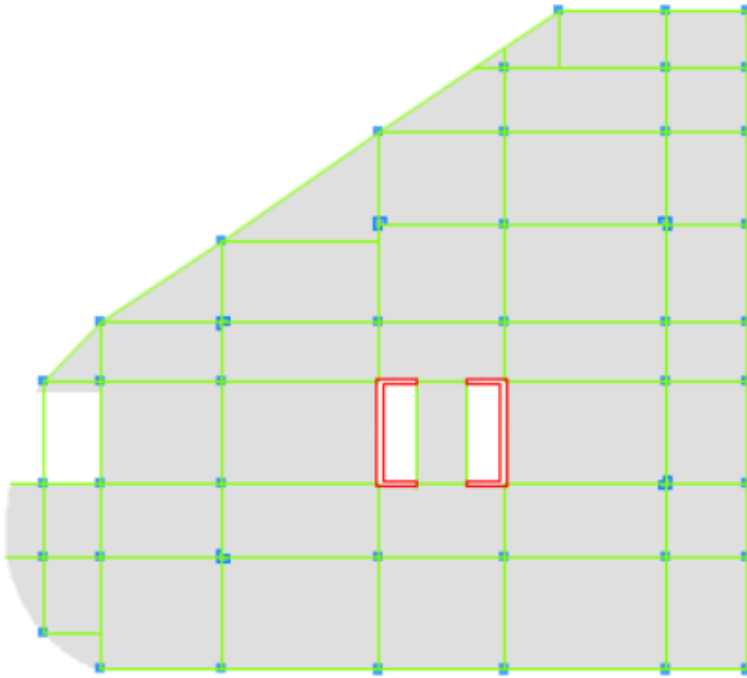
Para la modelación del pórtico se consideró las siguientes hipótesis:

- Cada piso es infinitamente rígido en su plano, por lo que se ha asignado una coacción de diafragma en todos los puntos pertenecientes a cada piso.
- Las columnas y vigas, al ser elementos con una dimensión longitudinal mucho mayor a sus dimensiones transversales se modelaron utilizando elementos tipo Frame, considerando las propiedades seccionales y de los materiales utilizados en su definición.
- Todas las conexiones transmiten fuerzas y momentos.
- Los extremos inferiores de las columnas en la base se han considerado empotrados.

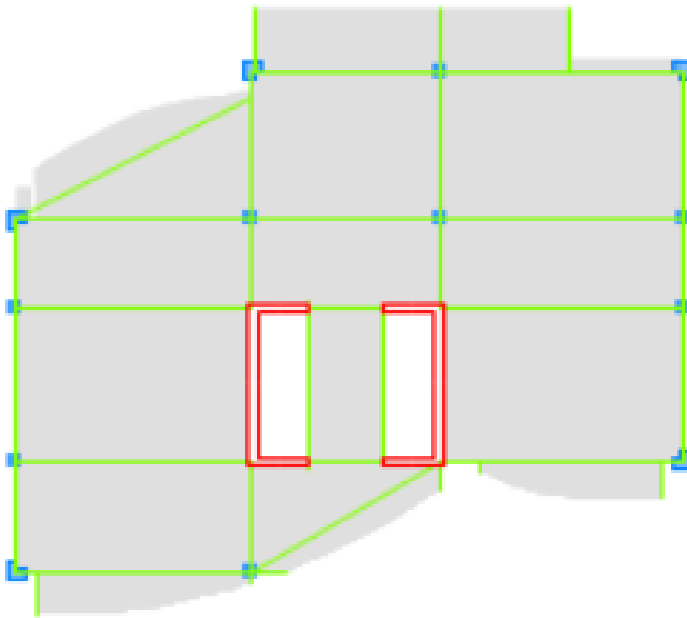
Se han considerado secciones agrietadas de acuerdo a las recomendaciones del CHOC 08. Esto es un 80% de la inercia gruesa para las columnas. Los efectos del agrietamiento en las secciones de las vigas han sido despreciados para considerar la contribución de la losa de piso a la rigidez de la misma.



**Figura 22. Vista frontal del pórtico**



**Figura 23. Vista en planta del tercer nivel**



**Figura 24. Vista en planta del cuarto nivel**



#### 4.2.3.2 Estimación de cargas gravitacionales

##### Carga Muerta (D)

Para el estado de carga muerta el programa determina el peso propio de los elementos modelados en función de sus materiales y su geometría.

Adicionalmente se consideró una carga muerta impuesta de  $452.7 \text{ kg/m}^2$  que considera lo siguiente.

**Tabla 19. Componentes de carga muerta adicional**

DESCRIPCION	Espesor	Kg/m3	Kg/m2	Kg/m
Losa	0.05	2400	120	120
Mortero	0.05	2400	120	120
Cerámica	-	-	40	40
Instalaciones	-	-	60	60
Cargas divisiones	-	-	100	
Puertas y Ventanas	-	-	12.7	53.34
<b>Total</b>			<b>452.7</b>	<b>393.34</b>

La carga se aplicó sobre las vigas como una carga uniformemente distribuida considerando un ancho tributario.

## Carga Viva (L)

Se hicieron diferentes aplicaciones de carga viva de acuerdo al uso del espacio.

**Tabla 20. Cargas uniformes y concentradas**

DESCRIPCION	Kg/m2
Corredores	400
Salas	250
Laboratorios	200
Oficinas	250
Biblioteca	625
Baños	250
Azoteas	500

Fuente: (CHOC, 2008)

### 4.2.3.3 Parámetros de carga sísmica

- $C = \frac{1.25 S}{T^{2/3}}$  (ecuación 4)      Método A:  $T = C_t(h_n^{3/4})$  (ecuación 5)

$C_t = 0.0488$  para todos los edificios

$h_n = 46.00$  metros

$T = 0.8620$  seg.

$S = S1 = 1$

$$C = \frac{1.25 S}{T^{2/3}} = 1.38$$

$R_w = 12.00$ : Coeficiente de Reducción Inelástica (Tabla 7)

$$\frac{C}{R_w} = 0.115$$

Cumple con requerimiento  $\frac{C}{R_w} > 0.075$

- Resultados del análisis estático en el programa Etabs:

$$T_x = 1.343 \text{ seg.}$$

$$T_y = 1.059 \text{ seg.}$$

$$C_x = 1.027$$

$$C_y = 1.203$$

$$C_x/R_w = 0.0856$$

$$C_y/R_w = 0.1003$$

Cumple con requerimiento.

Los parámetros considerados en el espectro de diseño son los siguientes:

- $Z = 0.25$  Zona Sísmica, 3b a la que corresponde la ciudad de Tegucigalpa.

(figura 19, mapa de zona sísmica)

- $S = S_1 = 1$  Tabla 5. Coeficiente del suelo S y parámetros para curvas de espectro.

$$T_a = 0.155$$

$$T_b = 0.364$$

$$e = 2.00$$

- $I = 1.00$ : Factor de Importancia (Tabla 6, estructuras de ocupación especial)
- $R_w = 12.00$ : Coeficiente de Reducción Inelástica (Tabla 7)

**Tabla 21. Calculo de peso por nivel**

PISO	MASA (kg-seg <sup>2</sup> /cm)	W (kg)
Piso 15	382.54	375,269.19
Piso 14	471.71	462,752.32
Piso 13	471.71	462,752.32
Piso 12	468.74	459,835.90
Piso 11	466.77	457,905.59
Piso 10	466.77	457,905.59
Piso 9	466.77	457,905.59
Piso 8	466.77	457,905.59
Piso 7	466.77	457,905.59
Piso 6	469.33	460,417.05
Piso 5	469.33	460,415.77
Piso 4	469.33	460,415.77
Piso 3	975.35	956,813.54
Piso 2	891.51	874,573.17
Piso 1	1,114.67	1,093,489.31
		<b>8,356,262.28</b>

Vbasal = 178,770.90 kg.

Ftx = 44,692.73 kg.

Fty = 44,692.73 kg.

**Tabla 22: Calculo de fuerzas sísmicas por nivel**

Piso	Alturas (hi)	Altura acumulada	W (kg)	Wx*hx	Fx (kg)	Fy (kg)
Piso 15	3	46	375,269.19	17,262,382.71	57,626.15	12,933.42
Piso 14	3	43	462,752.32	19,898,349.63	14,908.36	14,908.36
Piso 13	3	40	462,752.32	18,510,092.68	13,868.24	13,868.24
Piso 12	3	37	459,835.90	17,013,928.37	12,747.27	12,747.27
Piso 11	3	34	457,905.59	15,568,790.00	11,664.54	11,664.54
Piso 10	3	31	457,905.59	14,195,073.24	10,635.32	10,635.32
Piso 9	3	28	457,905.59	12,821,356.47	9,606.09	9,606.09
Piso 8	3	25	457,905.59	11,447,639.71	8,576.87	8,576.87
Piso 7	3	22	457,905.59	10,073,922.94	7,547.64	7,547.64
Piso 6	3	19	460,417.05	8,747,923.88	6,554.17	6,554.17
Piso 5	3	16	460,415.77	7,366,652.34	5,519.29	5,519.29
Piso 4	3	13	460,415.77	5,985,405.02	4,484.42	4,484.42
Piso 3	3	10	956,813.54	9,568,135.43	7,168.69	7,168.69
Piso 2	3	7	874,573.17	6,122,012.22	4,586.77	4,586.77
Piso 1	4	4	1,093,489.31	4,373,957.23	3,277.08	3,277.08
				<b>178,955,621.87</b>	<b>178,770.90</b>	

**Tabla 23: Calculo de cortante basales**

CORTANTE BASALES				
FUERZA	X		Y	
	Fx (Ton)	Fy (Ton)	Fx (Ton)	Fy (Ton)
Dinámico Basal	172.30	19.09	19.09	226.04
Estático Basal	-244.46	0.00	0.00	-244.46
Relación	1.42		1.08	

**Tabla 24: Cortante por piso método A, manual y con programa**

	Método A de piso	Método A acumulado	Estático ETABS	Dif.
46.00	57.63	57.63	36.7448	36.24%
43.00	14.91	72.53	62.1135	14.37%
40.00	13.87	86.40	85.7124	0.80%
37.00	12.75	99.15	107.4037	8.32%
34.00	11.66	110.81	127.2526	14.83%
31.00	10.64	121.45	145.3501	19.68%
28.00	9.61	131.06	161.6963	23.38%
25.00	8.58	139.63	176.2911	26.25%
22.00	7.55	147.18	189.1345	28.51%
19.00	6.55	153.73	200.2873	30.28%
16.00	5.52	159.25	209.6792	31.66%
13.00	4.48	163.74	217.3101	32.72%
10.00	7.17	170.91	230.4793	34.86%
7.00	4.59	175.49	238.8878	36.12%
4.00	3.28	178.77	244.4643	36.75%

#### 4.2.3.4 Parámetros de carga de viento

Las presiones de diseño del viento para edificios y estructuras, o elementos de ellos, deberán determinarse para cualquier altura de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P = C_e C_q q_s I_w$$

**Ecuación 8. Fórmula para determinar la presión de diseño del viento**

Fuente: (CHOC, 2008)

C<sub>e</sub> = coeficiente combinado para altura, exposición y factor de ráfaga como se indica en la tabla

C<sub>q</sub> = coeficiente de presión para la estructura o parte de la estructura bajo consideración, como se indica en la Tabla.

I<sub>w</sub> = factor de importancia como se indica en la Tabla.

q<sub>s</sub> = presión básica del viento para la altura estándar de 10 metros, como se indica en la Tabla

Los valores de C<sub>q</sub> se obtienen de la tabla, y deberán aplicarse perpendicular a la superficie. Las fuerzas de succión o valores de C<sub>e</sub> deberán obtenerse de la tabla basándose en la altura media del techo y aplicadas para toda la altura de la estructura. Además, se consideró una exposición C que es para un terreno plano y generalmente abierto, extendiéndose 800 metros o más desde el sitio en cualquier cuadrante completo.

**Tabla 25. Coeficiente combinado C<sub>e</sub>, para altura, exposición y factor de ráfaga**

Altura promedio sobre el nivel del terreno, metros.	Exposición B	Exposición C	Exposición D
0 - 5	0.62	1.07	1.39
7.5	0.71	1.17	1.49
10	0.78	1.25	1.56
12.5	0.84	1.31	1.62
15	0.89	1.37	1.67
20	0.98	1.46	1.75
25	1.06	1.53	1.82
30	1.12	1.60	1.87
40	1.24	1.70	1.97
50	1.33	1.79	2.04
75	1.53	1.96	2.18
100	1.68	2.09	2.29
125	1.81	2.19	2.38

Se permite interpolar para valores intermedios de alturas sobre 5 metros.

Fuente: (CHOC, 2008).

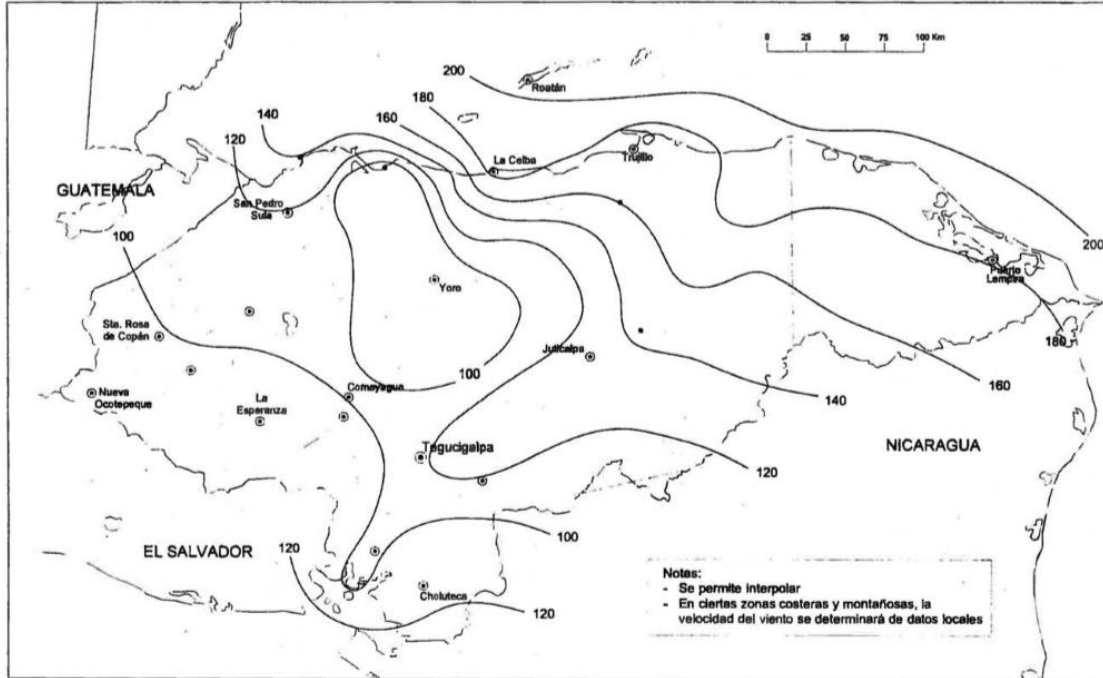
Tabla 26. Coeficiente de presión  $C_q$

Estructura o parte	Descripción	Factor $C_q$	Efecto
1 Sistemas y marcos principales	<b>Método 1</b> (Método de la fuerza normal)		
	Muros:		
	Muro de barlovento	0.8	empuje
	Muro de sotavento	0.5	succión
	Techos <sup>a</sup>		
	Viento perpendicular a la cumbrera		
	Techo de sotavento o techo plano	0.7	succión
	Techo de barlovento		
	pendiente menor que 16.7%	0.7	succión
	pendiente de 16.7% a 75%	0.9 o 0.3	succ. o emp.
pendiente de 75% a 100%	0.4	empuje	
pendiente mayor que 100%	0.7	empuje	
Viento paralelo a la cumbrera y techos planos	0.7	succión	
<b>Método 2</b> (Método del área proyectada)	Sobre el área vertical proyectada		
	Estructuras con altura menor o igual a 12 m	1.3	succ. y emp.
	Estructuras con altura mayor que 12 m	1.4	succ. y emp.
	Sobre el área horizontal proyectada <sup>a</sup>	0.7	hacia arriba
2 Elementos y componentes en áreas sin discontinuidades <sup>b</sup>	Elementos de muros		
	Todas la estructuras	1.2	empuje
	Estructuras cerradas y no cerradas	1.2	succión
	Estructuras parcialmente cerradas	1.6	succión
	Muros de parapetos	1.3	succ. o emp.
	Elementos de techos <sup>a</sup>		
	Estructuras cerradas y no cerradas		
	pendiente menor que 58.3%	1.3	succión
	pendiente de 58.3% a 100%	1.3	succ. o emp.
	Estructuras parcialmente cerradas		
pendiente menor que 16.7%	1.7	succión	
pendiente de 16.7% a 58.3%	1.6 o 0.8	succ. o emp.	
pendiente de 58.3% a 100%	1.7	succ. o emp.	
3 Elementos y componentes en áreas de discontinuidades <sup>b</sup> s. d.	Muros: esquinas <sup>f</sup>	1.5 o 1.2	succ. o emp.
	Techos: aleros, quiebres o cumbreras sin salientes <sup>f</sup>		
	pendiente menor que 16.7%	2.3	hacia arriba
	pendiente de 16.7% a 58.3%	2.6	succión
	pendiente de 58.3% a 100%	1.6	succión
	Techos: para pendientes menores que 16.7%		
Salientes de aleros, quiebres o cumbreras y cobertizos	0.5	sumar arriba	
4 Chimeneas tanques y torres sólidas	Sección cuadrada o rectangular	1.4	succ. y emp.
	Sección hexagonal u octagonal	1.1	succ. y emp.
	Sección circular o elíptica	0.8	succ. y emp.
5 Torres tipo armadura <sup>b, d</sup>	Forma cuadrada o rectangular		
	Diagonal	4.0	
	Normal	3.6	
	Forma triangular	3.2	
6 Accesorios en torres (como luces, escaleras, ductos, y elevadores)	Miembros cilíndricos		
	diámetro menor o igual a 5 cm	1.0	
	diámetro mayor que 5 cm	0.8	
	Miembros planos a angulares	1.3	
7 Rótulos, astas, postes, estructuras menores.		1.4	succ. y emp.

<sup>a</sup> Para estructuras de un piso o el piso superior de estructuras de vanos pisos parcialmente cerradas, un valor adicional de 0.5 deberá sumarse al valor de  $C_q$  de succión. La combinación más crítica deberá usarse para el diseño. Para la definición de estructuras parcialmente cerradas ver la Sección 1.2.2.

<sup>b</sup> Los valores de  $C_q$  indicados son para áreas tributarias de 1 m<sup>2</sup>. Para áreas tributarias de 10 m<sup>2</sup> se le puede restar 0.3 a los valores de  $C_q$ , excepto en áreas de discontinuidades con pendientes menores a 58.3% donde se puede restar hasta 0.8. Se permite interpolar para áreas tributarias entre 1 y 10 m<sup>2</sup>. Para áreas mayores que 10 m<sup>2</sup> usar los valores para sistemas y marcos principales.

Fuente: (CHOC, 2008).



**Figura 25. Velocidad mínima básica del viento, km/h**

Fuente: (CHOC, 2008).

**Tabla 27. Presión estática del viento  $q_s$  a la altura estándar de 10 metros**

<b>Velocidad básica del viento <math>v_b</math> Km/h</b>	<b>Presión estática del viento <math>q_s</math> Kg/m<sup>2</sup></b>
100	48.4
110	58.5
120	69.6
130	81.7
140	94.8
150	108.8
160	123.8
170	139.8
180	156.7
190	174.6
200	193.4

Fuente: (CHOC, 2008).



Para el propósito del diseño para resistencia al viento, cada estructura deberá clasificarse en una de las categorías de ocupación descritas en la Tabla 6, donde se indica el factor de importancia  $I_w$  para cada categoría.

**Tabla 28. Datos para el cálculo de fuerzas de viento**

<b>Sitio:</b>	<i>Tegucigalpa</i>		Tabla 27
<b>V viento</b>	<i>120.00</i>	<i>Km/h</i>	Tabla 29
<b>qs</b>	<i>69.90</i>	<i>kg/m<sup>2</sup></i>	Tabla 29
<b>Exposición:</b>	<i>C</i>		
<b>I<sub>w</sub></b>	<i>1.15</i>		

<b>C<sub>q</sub> Empuje</b>	0.80	Tabla 28
<b>C<sub>q</sub> Succión</b>	0.50	
<b>C<sub>q</sub> techo, succión</b>	0.70	

#### 4.2.3.5 Combinaciones de Carga

Se utilizaron las siguientes combinaciones de carga para el diseño de los elementos de hormigón armado del pórtico considerado. Las mismas están de acuerdo a las recomendaciones de CHOC.08. Para el cálculo de deformaciones verticales se utilizó una combinación de servicio de acuerdo al CHOC. 08 y para el cálculo de derivas de entrepiso se consideró la carga sísmica E previamente definida.

**Tabla 29. Combinaciones de Diseño**

SERVICIO							
CARGA	RESISTENCIA	D	L	EqX++ ó WX++	EqX- ó WX--	EqY++ ó WY++	EqY- ó WY--
1	<b>U = D + L</b>	1	1				
2	<b>U<sub>X++1-0.3</sub> = 0.75 (D + L + E)</b>	0.75	0.750	0.750		0.225	
3		0.75	0.750	0.750		-0.225	
4		0.75	0.750	-0.750		0.225	
5		0.75	0.750	-0.750		-0.225	
6	<b>U<sub>X-1-0.3</sub> = 0.75 (D + L + E)</b>	0.75	0.750		0.750		0.225
7		0.75	0.750		0.750		-0.225
8		0.75	0.750		-0.750		0.225
9		0.75	0.750		-0.750		-0.225
10	<b>U<sub>X++0.3-1</sub> = 0.75 (D + L + E)</b>	0.75	0.750	0.225		0.750	
11		0.75	0.750	-0.225		0.750	
12		0.75	0.750	0.225		-0.750	
13		0.75	0.750	0.225		-0.750	
14	<b>U<sub>X-0.3-1</sub> = 0.75 (D + L + E)</b>	0.75	0.750		0.225		0.750
15		0.75	0.750		-0.225		0.750
16		0.75	0.750		0.225		-0.750
17		0.75	0.750		-0.225		-0.750
18	<b>U<sub>X++1-0.3</sub> = D + E</b>	1.00		1.000		0.300	
19		1.00		1.000		-0.300	
20		1.00		-1.000		0.300	
21		1.00		-1.000		-0.300	
22	<b>U<sub>X-1-0.3</sub> = D + E</b>	1.00			1.000		0.300
23		1.00			1.000		-0.300
24		1.00			-1.000		0.300
25		1.00			-1.000		-0.300
26	<b>U<sub>X++0.3-1</sub> = D + E</b>	1.00		0.300		1.000	
27		1.00		-0.300		1.000	
28		1.00		0.300		-1.000	
29		1.00		-0.300		-1.000	
30	<b>U<sub>X-0.3-1</sub> = D + E</b>	1.00			0.300		1.000
31		1.00			-0.300		1.000
32		1.00			0.300		-1.000
33		1.00			-0.300		-1.000
34	<b>U<sub>X++1-0.3</sub> = 0.75 (D + L + W)</b>	0.75	0.750	0.750		0.225	
35		0.75	0.750	0.750		-0.225	
36		0.75	0.750	-0.750		0.225	
37		0.75	0.750	-0.750		-0.225	
38	<b>U<sub>X-1-0.3</sub> = 0.75 (D + L + W)</b>	0.75	0.750		0.750		0.225
39		0.75	0.750		0.750		-0.225
40		0.75	0.750		-0.750		0.225
41		0.75	0.750		-0.750		-0.225
42	<b>U<sub>X++0.3-1</sub> = 0.75 (D + L + W)</b>	0.75	0.750	0.225		0.750	
43		0.75	0.750	-0.225		0.750	
44		0.75	0.750	0.225		-0.750	
45		0.75	0.750	0.225		-0.750	
46	<b>U<sub>X-0.3-1</sub> = 0.75 (D + L + W)</b>	0.75	0.750		0.225		0.750
47		0.75	0.750		-0.225		0.750
48		0.75	0.750		0.225		-0.750
49		0.75	0.750		-0.225		-0.750

50	$U_{X+1-0.3} = D + W$	1.00	1.000	0.300
51		1.00	1.000	-0.300
52		1.00	-1.000	0.300
53		1.00	-1.000	-0.300
54	$U_{X-1-0.3} = D + W$	1.00	1.000	0.300
55		1.00	1.000	-0.300
56		1.00	-1.000	0.300
57		1.00	-1.000	-0.300
58	$U_{X+0.3-1} = D + W$	1.00	0.300	1.000
59		1.00	-0.300	1.000
60		1.00	0.300	-1.000
61		1.00	-0.300	-1.000
62	$U_{X-0.3-1} = D + W$	1.00	0.300	1.000
63		1.00	-0.300	1.000
64		1.00	0.300	-1.000
65		1.00	-0.300	-1.000

Fuente: (CHOC, 2008)

#### 4.2.3.6 Realización del modelo estructural con el método sísmico de CHOC-08

Esta sección incluye el análisis y diseño de un pórtico de hormigón armado, para este se realizó el análisis estático y dinámico espectral utilizando un espectro de diseño de acuerdo a las recomendaciones del Código Hondureño de la industria de la construcción (CHOC, 2008). Se utilizó el programa de elementos finitos ETABS v16.2.0 para determinar los esfuerzos internos en los elementos, las deformaciones verticales y las derivas de entrepiso, finalmente se realizó el diseño estructural del pórtico.

##### 4.2.3.6.1 Análisis Modal

Para el análisis modal se siguieron las recomendaciones del CHOC.08 y se consideró una masa participativa igual al 100% de la carga muerta + 25% de la carga viva. Se utilizó un número de modos de vibración suficiente para que la masa acumulada de los mismos sea al menos un 90% de la masa participativa total en la dirección X. A continuación, se muestran los resultados del análisis modal ejecutado por el programa ETABS v16.1.0 para el pórtico considerado:

**Tabla 30: Modos de Vibración y Masa Acumulada en X**

Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
	sec						
1	1.505	0.5625	0.0156	0.00002219	0.5625	0.0156	0.00002219
2	1.318	0.0147	0.5567	0.0002	0.5772	0.5723	0.0002
3	1.14	0.0601	0.0011	0.000000918	0.6373	0.5734	0.0002
4	0.485	0.1534	0.0001	0.000007186	0.7907	0.5735	0.0002
5	0.396	0.0338	0.0029	0.00001653	0.8245	0.5764	0.0002
6	0.332	0.0011	0.2242	0.0027	0.8256	0.8006	0.0029
7	0.298	0.0385	0.0011	0.000005232	0.8641	0.8017	0.0029
8	0.233	0.0451	0.0002	0.000002285	0.9092	0.8019	0.0029
9	0.207	0.000002817	0.003	0.3412	0.9092	0.8048	0.3441
10	0.185	0.021	0.0001	0.0005	0.9302	0.8049	0.3445
11	0.176	0.000007085	0	0.1331	0.9302	0.8049	0.4776
12	0.167	0.000004772	0.0131	0.1302	0.9302	0.818	0.6078

#### 4.2.3.6.2 Revisión de Derivas Inelásticas

A partir del estado de carga Eq se obtienen las deformaciones laterales resultantes y se procede a la revisión de las derivas inelásticas de entrepiso con el fin de evitar daños excesivos en los miembros estructurales y no-estructurales. Según las recomendaciones del CHOC-08, art. 1.3.5.8.2, para estructuras de hormigón armado que tienen un periodo fundamental igual o mayor a 0.7 segundos se debe limitar las derivas inelásticas  $\Delta$  a un valor menor al 0.2% o 0.004 veces la altura del piso, donde:

$$\Delta = 0.03 / R_w = 0.23$$

### Ecuación 9. Fórmula para limitar el desplazamiento lateral relativo

Fuente: (CHOC, 2008)

Donde  $R$  es el factor de reducción previamente definido y  $\Delta$  es la deriva obtenida a partir del análisis elástico con el espectro reducido (desplazamiento relativo dividido para la altura de entrepiso).

A continuación, se presentan los resultados del análisis y la revisión de derivas de entrepiso de cada pórtico.

**Tabla 31. Revisión de derivas inelásticas del pórtico**

	Sx Desp. Máx.	0.004*h	0.03/Rw	Verificación	Sy Desp. Máx.	0.004*h	0.03/Rw	Verificación
Piso 1	0.000090	0.016	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000038	0.016	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 2	0.000116	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000058	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 3	0.000117	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000069	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 4	0.000129	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000084	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 5	0.000150	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000094	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 6	0.000152	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000101	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 7	0.000141	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000106	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 8	0.000141	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000109	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 9	0.000140	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000112	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 10	0.000137	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000113	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 11	0.000133	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000112	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 12	0.000126	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000111	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 13	0.000123	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000108	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 14	0.000108	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000104	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple
Piso 15	0.000091	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple	0.000101	0.012	0.0025	No Excede Desp. Máx, Cumple

Cumple con los requerimientos del CHOC-08, los desplazamientos laterales relativos son tolerados por los elementos estructurales y no estructurales sin perjudicar la seguridad de las vidas humanas.

#### 4.2.3.7 Dimensionamiento de los elementos estructurales

El pre-dimensionamiento de los elementos estructurales se obtuvo cumpliendo los requerimientos establecidos en la sección 2.9 del CHOC-08, y el dimensionamiento de los elementos estructurales se hizo siguiendo las recomendaciones del código ACI 318-11.

##### 4.2.3.7.1 Diseño de columnas

###### 1. COLUMNAS TIPO L

- Altura: 60 cm
- Base: 60 cm
- Espesor de ambas alas: 35 cm

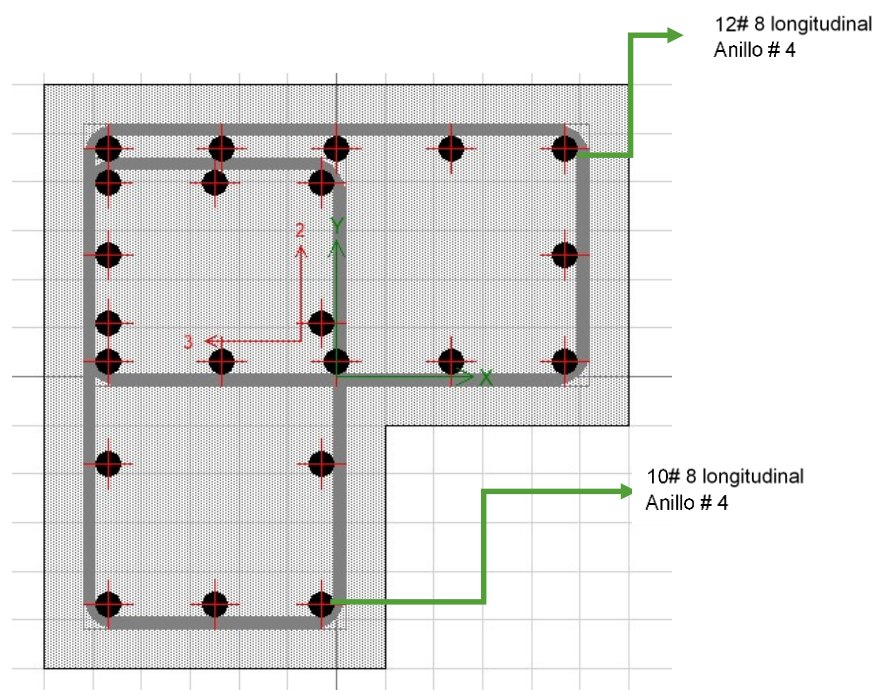


Figura 26. Diseño y armado de columna tipo L

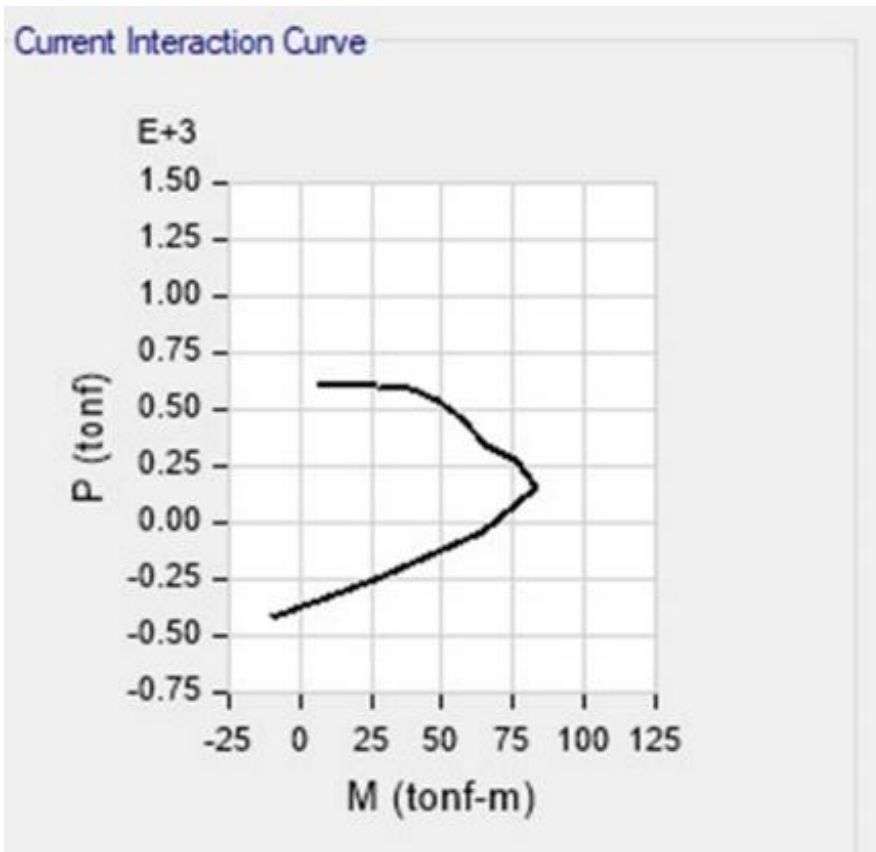


Figura 27. Diagrama de iteración para columna tipo L

Tabla 32. Puntos del diagrama de iteración para la columna tipo L

Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	600.2721	5.8177	6.8067
2	600.2721	-0.9028	27.8191
3	597.8697	-4.9742	38.8421
4	533.7796	-9.2823	48.169
5	454.365	-12.6874	56.6378
6	337.6279	-12.994	65.5074
7	274.9335	-14.2234	75.9531
8	151.5241	-15.1602	83.1364
9	-38.9693	-13.7334	63.7139
10	-255.8558	-13.6972	25.9724
11	-425.7056	-8.5369	-9.9881

## 2. COLUMNA 40 X 40

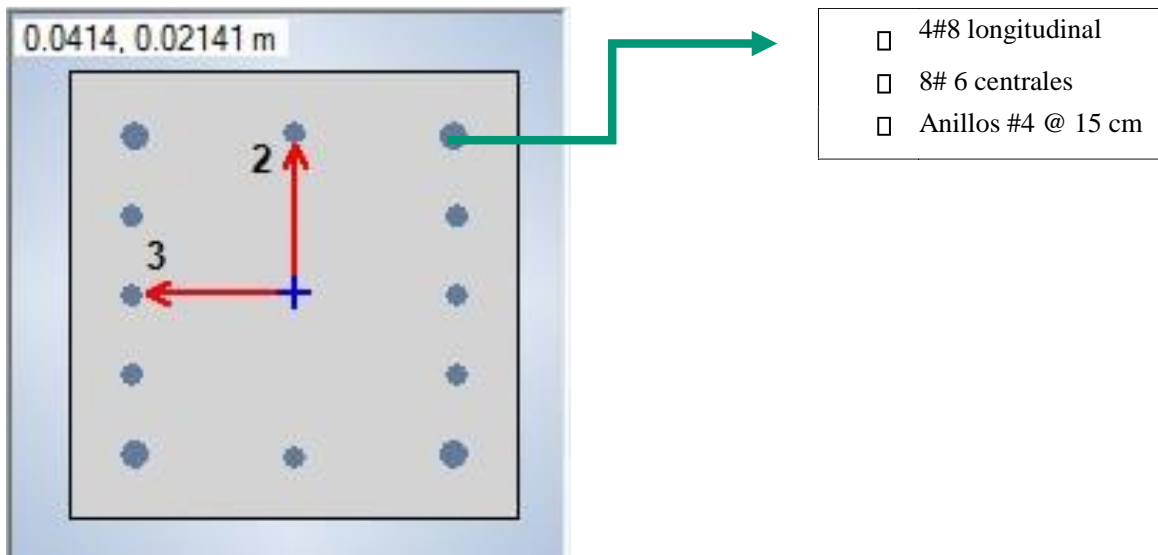


Figura 28: Diseño y armado de columna de 40 x 40 cm

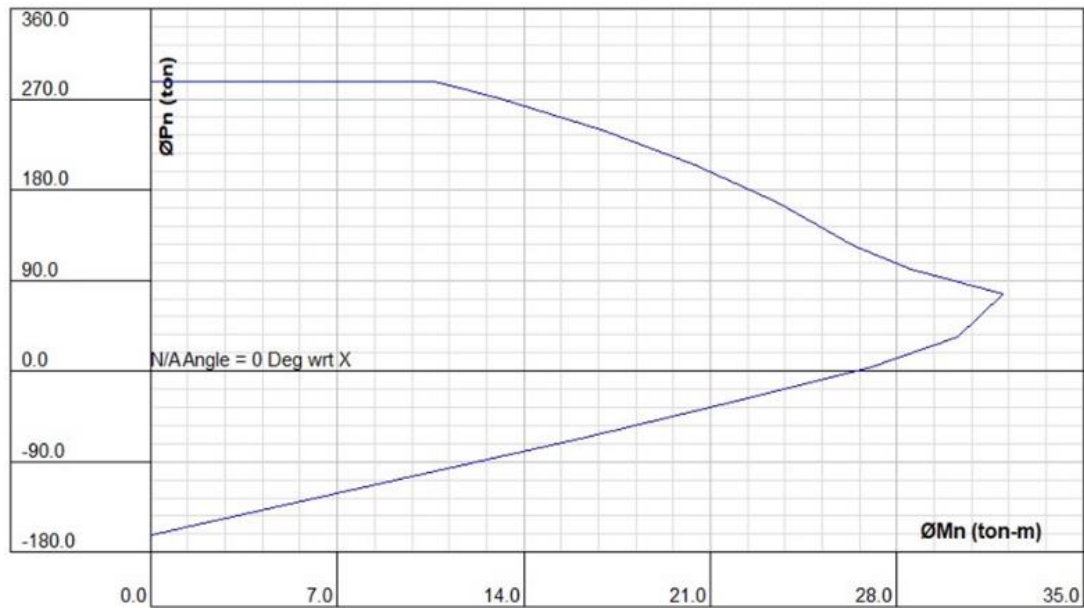
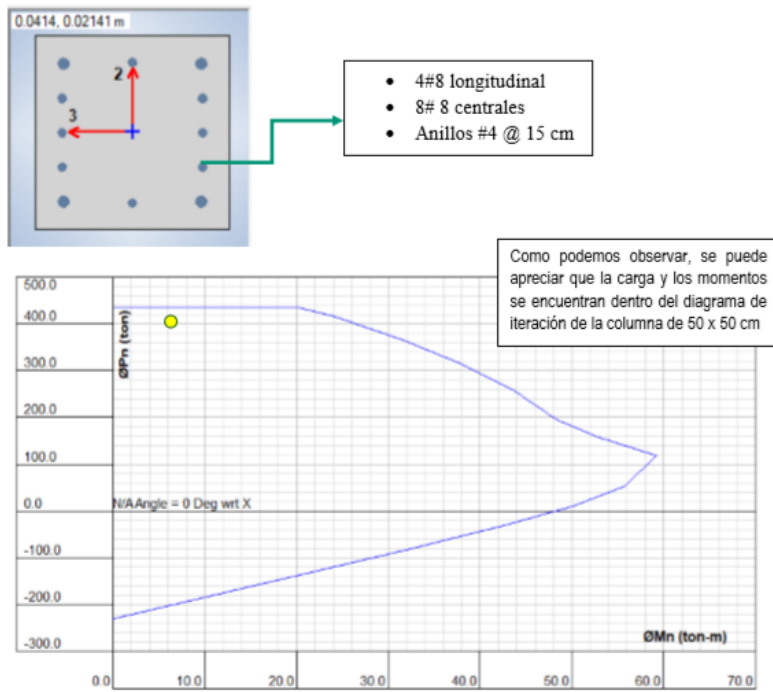


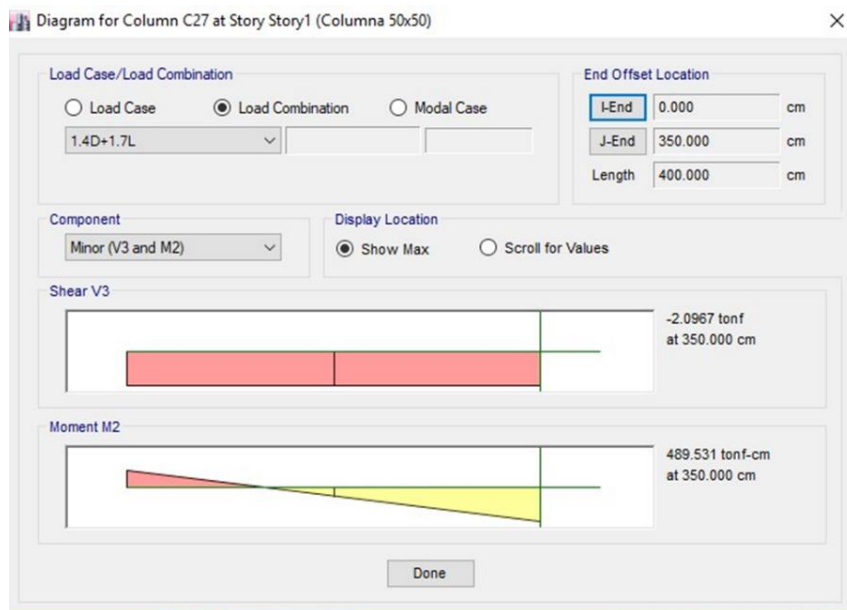
Figura 29: Diagrama de iteración de columna de 40 x 40 cm



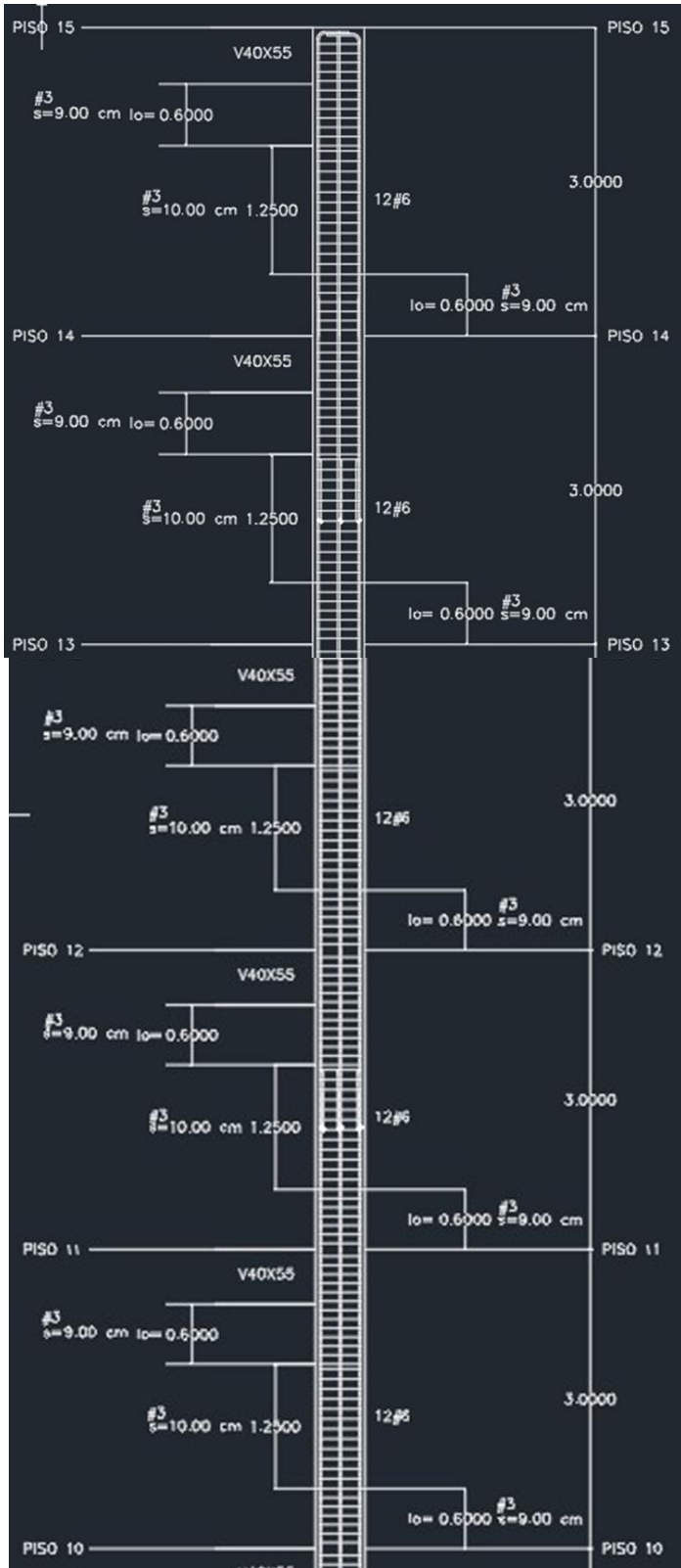
### 3. COLUMNA 50 X 50

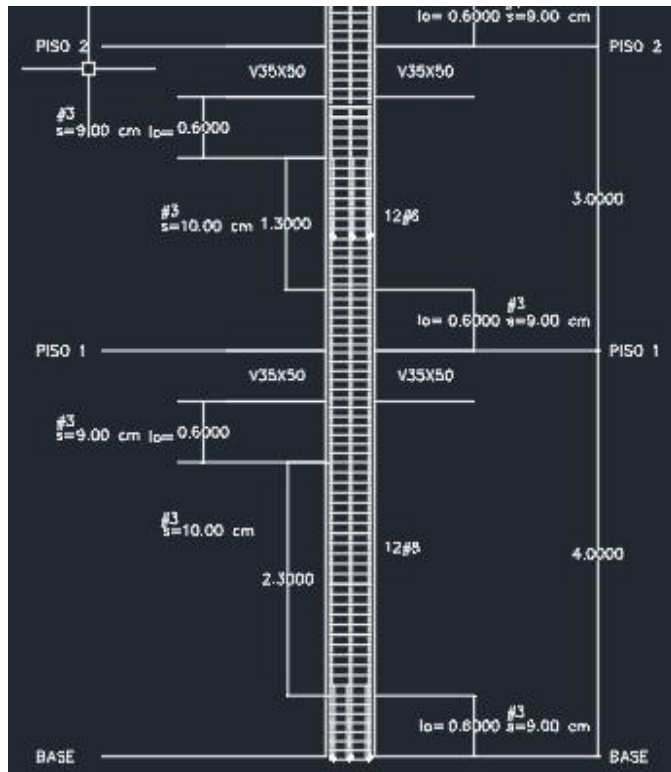


**Figura 30. Diagrama de iteración para columna de 50 x 50 cm.**



**Figura 31. Diagrama de cortante y momento de columna de 50 x 50 cm.**





**Figura 32. Detallado de columnas**

## Especificaciones del armado de columna

### Gancho Estándar

CHOC-08, (2008), Art. 2.7.1.2. Doblez de 90 grados más una prolongación en el extremo libre de la barra de 12db.

Barra: #6

Diámetro de varillas db = 1.91 cm

12db = 12 \* 1.91 = 22.92 = 23.00 cm

### Ecuación 10. Fórmula para determinar la longitud del gancho estándar

Fuente: (CHOC, 2008)

CHOC-08, (2008), Tabla 2.7.2 Diámetro mínimo de dobleces

Barras #3 hasta #8: 6db

$$6db = 6 * 1.91 = 11.46 \text{ cm (ecuación 10)}$$

### **Desarrollo de barras corrugadas en compresión**

CHOC-08, (2008), Art. 2.12.3.2 Longitud básica de desarrollo

$$ldb = 0.075 * db * f_y / \phi f'_c \quad db = 1.91 \text{ cm}$$

### **Ecuación 11. Fórmula para determinar la longitud de desarrollo por compresión**

Fuente: (CHOC, 2008)

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$ldb = 35.95 \text{ cm} = 36.00 \text{ cm}$$

$$db = 2.54$$

$$ldb = 47.81 \text{ cm} = 48.00 \text{ cm}$$

### **Uniones de barras corrugadas en compresión**

CHOC-08, (2008), Art. 2.12.16.1 Longitud de uniones por traslape:  $0.007 * f_y * db$

### **Ecuación 12. Fórmula para determinar la longitud de traslape por compresión**

Fuente: (CHOC, 2008)

$$\#6: 56.15 \text{ cm} = 57.00 \text{ cm}$$

$$\#8: 74.67 \text{ cm} = 75.00 \text{ cm}$$

## Concreto de miembros resistentes a fuerzas inducidas por sismos

CHOC-08, (2008), Art. 2.21.2.4.1 La resistencia a la compresión de concreto  $f'_c$  no deberá ser menor que 210 kg/cm<sup>2</sup>.

CHOC-08, (2008), Art. 2.21.2.5 Refuerzo en miembros resistentes a fuerzas inducidas por sismos.

En miembros resistentes a fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo, se permite refuerzo que cumpla con ASTM 706, se permite uso de refuerzo ASTM A 615 de Grado 60 (2,800 y 4,200 kg/cm<sup>2</sup>).

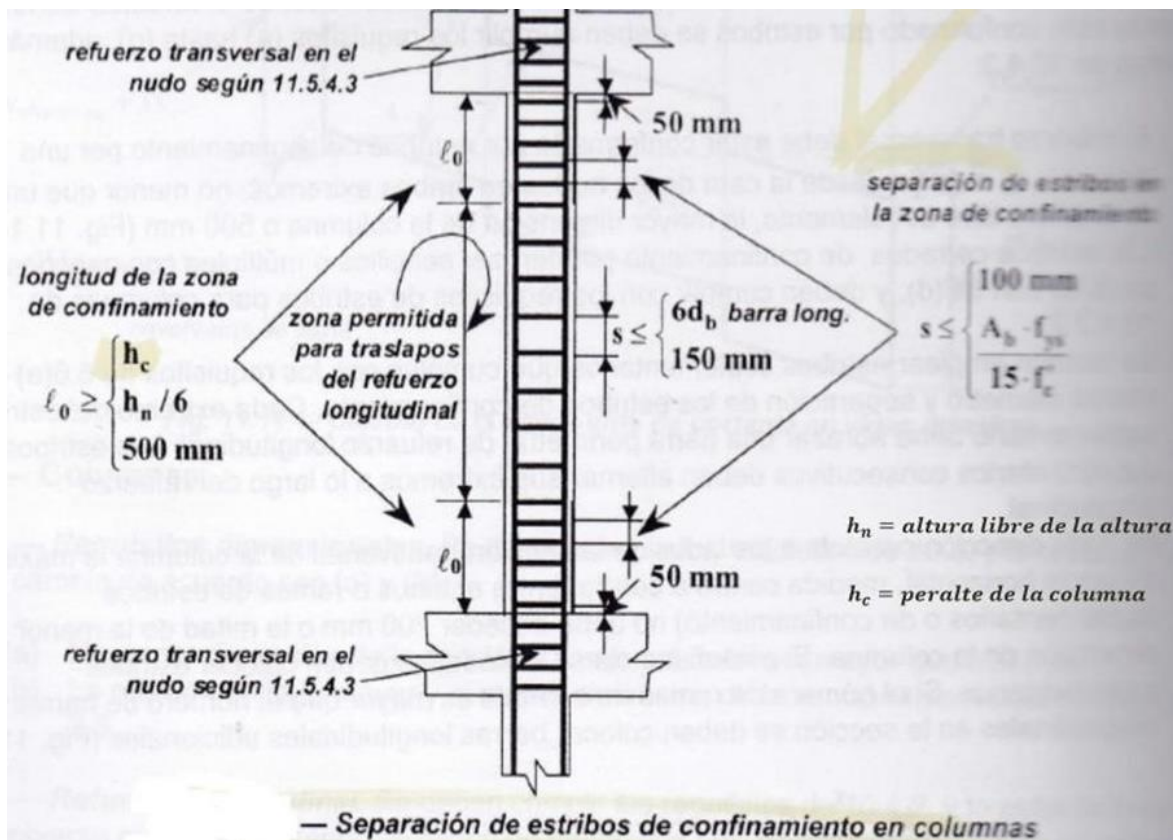


Figura 33. Separación de estribos de confinamiento en columnas

## Refuerzo longitudinal

CHOC-08, (2008), Art. 2.21.4.3.1 La cuantía de refuerzo  $\rho_g$ , no deberá ser menor que 0.01

y no deberá exceder de 0.06.

$\rho_g \#6 = 12 \#6, A_s = 2.85 \text{ cm}^2, C50X50 = 1.37\% = 0.0137$

$\rho_g \#8 = 12 \#8, A_s = 5.07 \text{ cm}^2, C50X50 = 2.43\% = 0.0243$

## Refuerzo transversal

CHOC-08, (2008), Art. 2.21.8.5.1 La separación máxima de anillos no debe exceder  $s_o$  sobre una longitud lo medida de la cara de la junta.

$S_o$  = Separación máxima de acero transversal.

$S_o = 10.00 \text{ cm}$ , resultados del diseño estructural realizado en Etabs.

$S_o$  no deberá exceder:

a)  $8d_b$  de la barra longitudinal confinada más pequeña:  $\#6, d_b = 1.91 \text{ cm}, 8d_b = 15.28 \text{ cm}$

### **Ecuación 13. Fórmula para determinar la separación máxima entre anillos**

Fuente: (CHOC, 2008)

b)  $24d_b$  de la barra del anillo:

### **Ecuación 14. Fórmula para determinar la separación máxima entre anillos**

Fuente: (CHOC, 2008)

$\#3 d_b = 0.95 \text{ cm}$  (ecuación 13),  $24d_b = 22.80 \text{ cm}$  (ecuación 14)

c) La mitad de la dimensión menor de la sección de miembro:

### **Ecuación 15. Fórmula para determinar la separación máxima entre anillos**

Fuente: (CHOC, 2008)

$h/2 = 50 \text{ cm}/2 = 25.00 \text{ cm}$  (ecuación 15)

d) 30.00 cm

Consideramos:  $S_o = 10.00$  cm

La longitud  $l_o$  no deberá ser menor que:

a)  $1/6$  de claro libre de miembro:  $h_n = 2.45$  m,  $245/6 = 40.83$  cm

**Ecuación 16. Fórmula para determinar la longitud de desarrollo  $l_o$**

Fuente: (CHOC, 2008)

b) Dimensión máxima de la sección del miembro:  $h = 50.00$  cm

c) 45.00 cm

Consideramos: longitud  $l_o = 60.00$  cm

La separación  $l_o$  no deberá ser menor o igual que:

a) 10.00 cm

b)  $A_b * f_{ys} / 15 * f'_c = 9.5$  cm

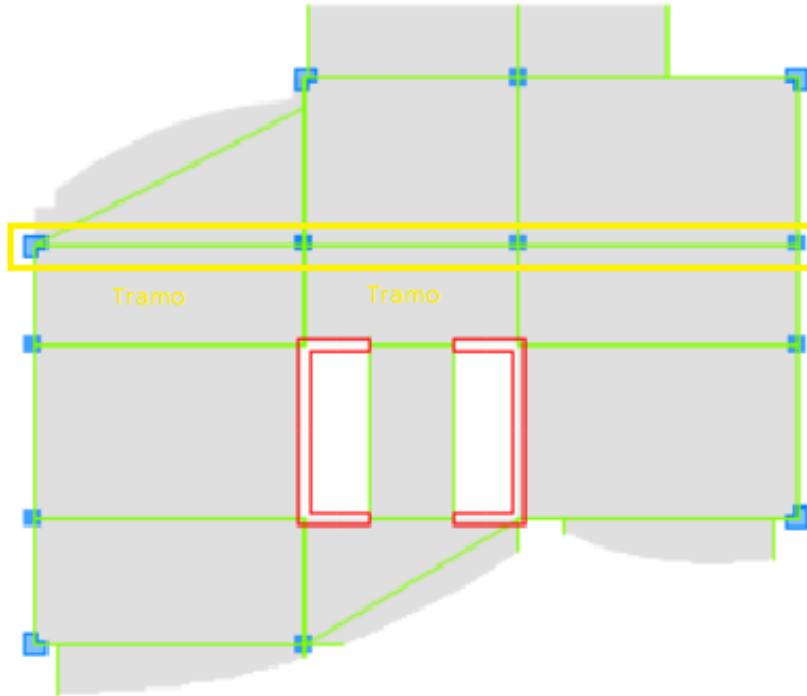
**Ecuación 17. Fórmula para determinar la separación  $l_o$**

Fuente: (CHOC, 2008)

Consideramos separación  $l_o = 10.00$  cm

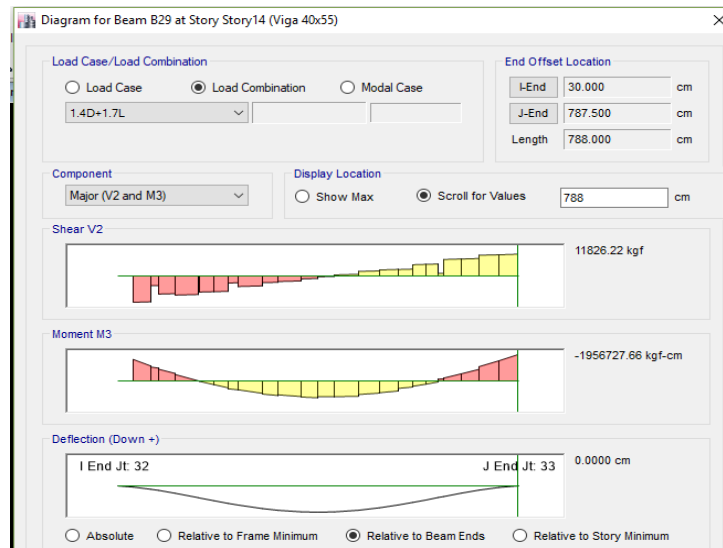
#### 4.2.3.7.2 Diseño de vigas

Se selecciono un eje de vigas del nivel 14.



**Figura 34. Eje para diseño de vigas**

Diseño de viga – tramo 1



**Figura 35. Diagrama de cortante y momento para viga de tramo 1**



Tabla 33. Calculo de cortante de viga

Ingresar $f'c =$	<b>280.00</b>	Kg/cm <sup>2</sup>
Ingresar $f_y =$	<b>4,200.00</b>	Kg/cm <sup>2</sup>

Ingresar $b =$	30.00	cm
Ingresar $h =$	50.00	cm
viene de flexión " $d$ " =	34.42	cm

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$V_c =$	9,157.71	Kg
$\phi V_c =$	7,784.06	Kg
$\phi V_c / 2 =$	3,892.03	Kg

**Vu de tramo estudiado = 11,826.00 Kg**

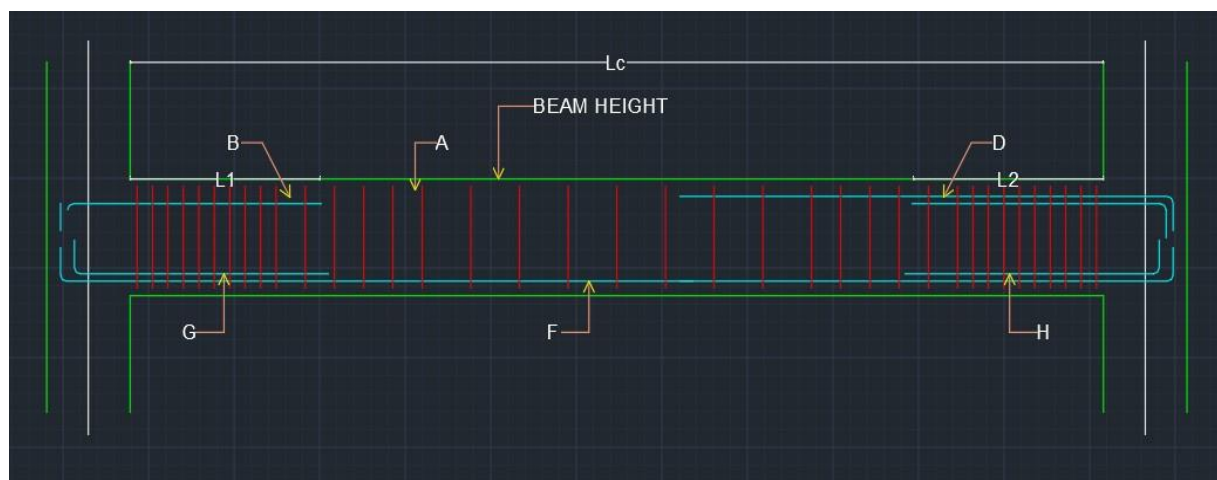


Figura 36. Corte de armado de viga tramo 1

Tabla 34. Calculo de dimensiones y armado de vigas

MEMORIA DE CALCULO DE VIGAS		
DATOS		
f'c	280	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
Recubrimiento	4	cm
Longitud de Claro	4.88	m
CALCULOS FLEXIÓN		
Predimensión h=	30.5	m
Predimensión b=	15.25	m
<b>ALTURA VIGA</b>	<b>55.00</b>	cm
<b>ANCHO VIGA</b>	<b>45.00</b>	cm
<b>Posible barra por cortante</b>	<b>#4</b>	

$$V_s = \frac{Vu - \phi V_c}{\phi}$$

<b>Vs =</b>	4,755.23	Kg
<b>φVs =</b>	4,041.94	Kg

<b>¿2φVc &gt; φVs?</b>	<b>SI</b>	
------------------------	-----------	--

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

<b>Asumiendo varillas #3</b>		
<b>Área de varillas #3</b>	0.71	cm2
<b>S CALCULADA =</b>	43.17	cm

Separaciones máximas de acuerdo a Norma		
<b>S<sub>max1</sub> =</b>	17.21	cm
<b>S<sub>max2</sub> =</b>	60.00	cm
<b>S<sub>max3</sub> =</b>	56.80	cm

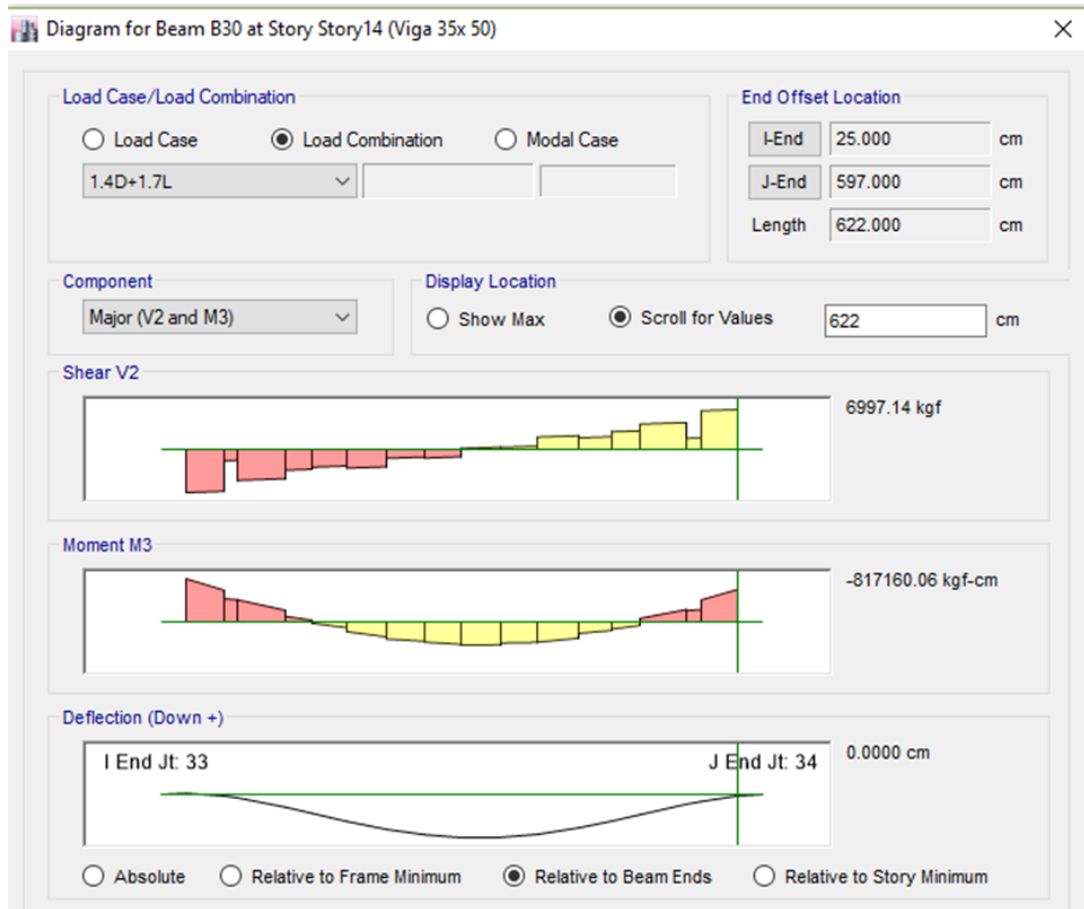
<b>S máximo por Norma =</b>	17.21	cm
-----------------------------	-------	----

<b>S final de diseño =</b>	17.21	cm
----------------------------	-------	----

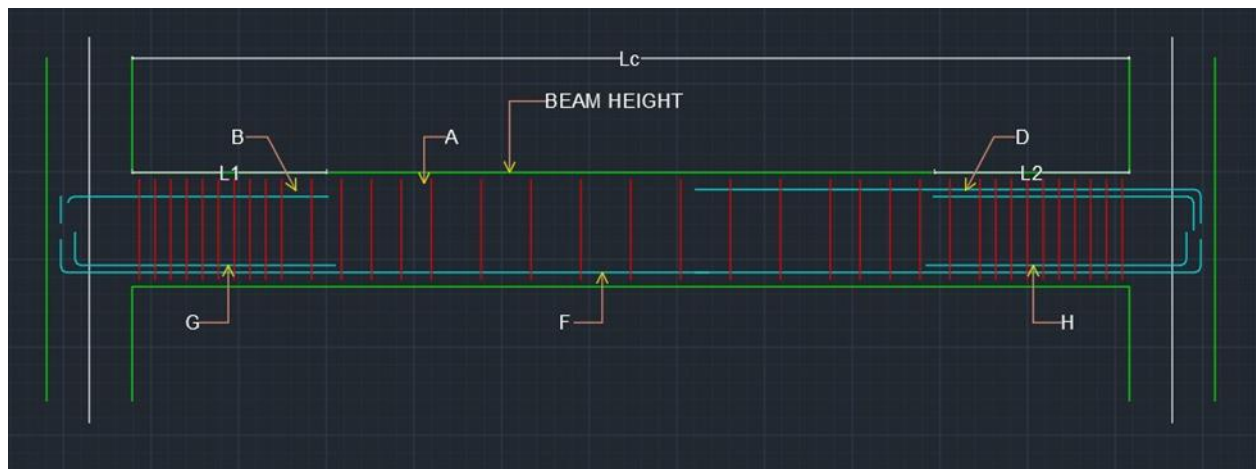
<b>Ingresar S final constructivo =</b>	<b>15.00</b>	<b>cm</b>
--	--------------	-----------

Diseño de Viga – Tramo 2

<b>Relación Av/S</b>	<b>0.0329</b>	
----------------------	---------------	--



**Figura 37. Diagrama de cortante y momento para viga de tramo 2**



**G Figura 38. Corte de armado de viga tramo 2**

**Tabla 35. Memoria de cálculo de vigas programa en Microsoft Excel, cumpliendo los requerimientos del CHOC-08**

<b>MEMORIA DE CALCULO DE VIGAS</b>		
<b>DATOS</b>		
f'c	280	kg/cm <sup>2</sup>
Fy	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Recubrimiento	2.5	cm
Longitud de Claro	6.22	m
<b>CALCULOS FLEXIÓN</b>		
Predimension h=	50	m
Predimension b=	35	m
<b>ALTURA VIGA</b>	<b>50.00</b>	cm
<b>ANCHO VIGA</b>	<b>35.00</b>	cm
<b>Posible barra por Cortante</b>	<b>#3</b>	

**Tabla 36. Memoria de cálculo de vigas**

<b>Tramo 2</b>	<b>Mu(-)</b>	<b>Mu(+)</b>	<b>Mu(-)</b>	<b>Mu(+)</b>	<b>Mu(-)</b>	<b>Mu(+)</b>	<b>Mu(-)</b>	<b>Mu(+)</b>	<b>Mu(-)</b>	<b>Unidades</b>
<b>Max</b>	4,500.00	2,425.06	2,408.74	2,429.17	2,478.10	2,563.90	2,435.18	2,477.85	2,668.38	Kgf-m
<b>Min</b>	525.00	1,204.37	4,817.49	1,239.05	4,956.21	1,217.59	4,870.36	1,252.80	5,011.22	Kgf-m
<b>Mu Diseño=</b>	4,500.00	2,425.06	4,817.49	2,429.17	4,956.21	2,563.90	4,870.36	2,477.85	5,011.22	Kgf-m
<b>d=</b>	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92	45.92	cm
<b>d'=</b>	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	cm
<b>a=</b>	-	952.94	952.94	952.94	-	952.94	952.94	952.94	-	
<b>b=</b>	173.55	173.55	173.55	173.55	173.55	173.55	173.55	173.55	173.55	
	8.70	58.70	58.70	58.70	8.70	8.70	58.70	58.70	8.70	

**Tabla 37. Memoria de cálculo de vigas**

	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
c=	450,00	242,5	481,7	242,9	495,62	256,39	487,0	247,7	501,12	
As	0.00	05.78	48.65	17.46	0.82	0.17	36.40	84.76	1.69	
requerido										
a Tensión	2.63	1.41	2.82	1.41	2.90	1.49	2.85	1.44	2.93	cm <sup>2</sup>
As min										
Tensión	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	cm <sup>2</sup>
As a Colocar	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	cm <sup>2</sup>
Armado Tensión	6	#	3	#	4	#	3	#	4	can t-#
Armado Compresión	15	#	2	#	2	#	2	#	2	can t-#
As Tensión	7.62	3.81	5.08	3.81	5.08	3.81	5.08	3.81	5.08	cm <sup>2</sup>
As Compresión	19.05	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	cm <sup>2</sup>

**Tabla 38. Memoria de cálculo de vigas**

Mu	12,67	6,474.	8,570.	6,474.	8,570.	6,474.	8,570.	6,474.	8,570.	Kgf-m
	1.85	26	86	26	86	26	86	26	86	
<b>Refuerzo por inversión de Momento</b>										
Inversión de Momeno	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
c	11.30	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	cm
ε <sub>s</sub>	0.009	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	
M	525.0	1,204.	2,408.	1,239.	2,478.	1,217.	2,435.	1,252.	2,668.	Kgf-m
	0	37	74	05	10	59	18	80	38	
M resistente invertido	29,60	4,346.	4,346.	4,346.	4,346.	4,346.	4,346.	4,346.	4,346.	Kgf-m
	4.68	91	91	91	91	91	91	91	91	
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
dc	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	cm
Yc	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	cm
Ae	47.66	95.32	71.49	95.32	71.49	95.32	71.49	95.32	71.49	cm <sup>2</sup>
Z	14,60	18,40	16,71	18,40	16,71	18,40	16,71	18,40	16,71	Kgf/cm
	5.31	1.54	8.91	1.54	8.91	1.54	8.91	1.54	8.91	

**Tabla 39. Memoria de cálculo de vigas**

no	Mu(-)	Mu(+)	Mu(-)	Mu(+)	Mu(-)	Mu(+)	Mu(-)	Mu(+)	Mu(-)
	2,682.1	2,400.	2,381.	2,441.	2,422.0	2,364.6	2,326.	2,386.	2,644.1
<b>Max</b>	8	77	49	57	3	7	64	80	5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Min</b>	4,389.5	1,190.	4,762.	1,211.	4,844.0	1,163.3	4,653.	1,201.	4,806.5
	3	75	99	02	6	2	28	64	4
<b>Mu</b>	4,389.5	2,400.	4,762.	2,441.	4,844.0	2,364.6	4,653.	2,386.	4,806.5
<b>Diseño=</b>	3	77	99	57	6	7	28	80	4
<b>d=</b>	49.10	49.10	49.10	49.10	49.10	49.10	49.10	49.10	49.10
<b>d'='</b>	5.91	5.91	5.91	5.91	5.91	5.91	5.91	5.91	5.91
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>a=</b>	-741.18	741.18	741.18	741.18	-741.18	-741.18	741.18	741.18	-741.18
	185.57	185.57	185.57	185.57	185.579	185.57	185.57	185.57	185.579
<b>b=</b>	9.10	9.10	9.10	9.10	.10	9.10	9.10	9.10	.10
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	438.95	240,07	476,29	244,15	484,406	236,46	465,32	238,68	480,654
<b>c=</b>	3.32	6.95	8.92	6.72	.14	6.63	7.89	0.08	.46
<b>As</b>									
<b>requerido a Tensión</b>	2.39	1.30	2.59	1.32	2.64	1.28	2.53	1.29	2.6
<b>As mín Tensión</b>	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.3
<b>As a Colocar</b>	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36
<b>Armado Tensión</b>	3 # 4	3 # 4	3 # 4	3 # 4	4 # 4	3 # 4	3 # 4	3 # 4	4 # 4
<b>Armado Compresión</b>	2 # 4	2 # 4	2 # 4	2 # 4	2 # 4	2 # 4	2 # 4	2 # 4	2 # 4
<b>As Tensión</b>	3.81	3.81	3.81	3.81	5.08	3.81	3.81	3.81	5.08
<b>As Compresión</b>	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54

**Tabla 40. Memoria de cálculo de vigas**

Ingresar f'c =	280.00	Kg/cm2
Ingresar fy =	4,200.00	Kg/cm2

Ingresar b=	30.00	cm
Ingresar h=	50.00	cm
viene de flexión "d" =	34.42	cm

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc =	9,157.71	Kg
φVc =	7,784.06	Kg
φVc/2 =	3,892.03	Kg

Vu de tramo estudiado =	6,997.00	Kg
-------------------------	----------	----

**Tabla 41. Memoria de cálculo de vigas**

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{3.5 \cdot b}$$

Asumiendo varillas #3		
Área de varillas #3	0.71	cm <sup>2</sup>
S CALCULADA =	56.80	cm

**Separaciones máximas de acuerdo a Norma**

$S_{max1} =$	17.21	cm
$S_{max2} =$	60.00	cm

S máximo por Norma =	17.21	cm
----------------------	-------	----

S final de diseño =	17.21	cm
---------------------	-------	----

Ingresar S final constructivo =	15.00	cm
---------------------------------	-------	----

Relación Av/S	0.0250	
---------------	--------	--

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Asumiendo varillas #3		
Área de varillas #3	0.71	cm <sup>2</sup>
S CALCULADA =	-221.70	cm

**Separaciones máximas de acuerdo a Norma**

$S_{max1} =$	17.21	cm
$S_{max2} =$	60.00	cm
$S_{max3} =$	56.80	cm

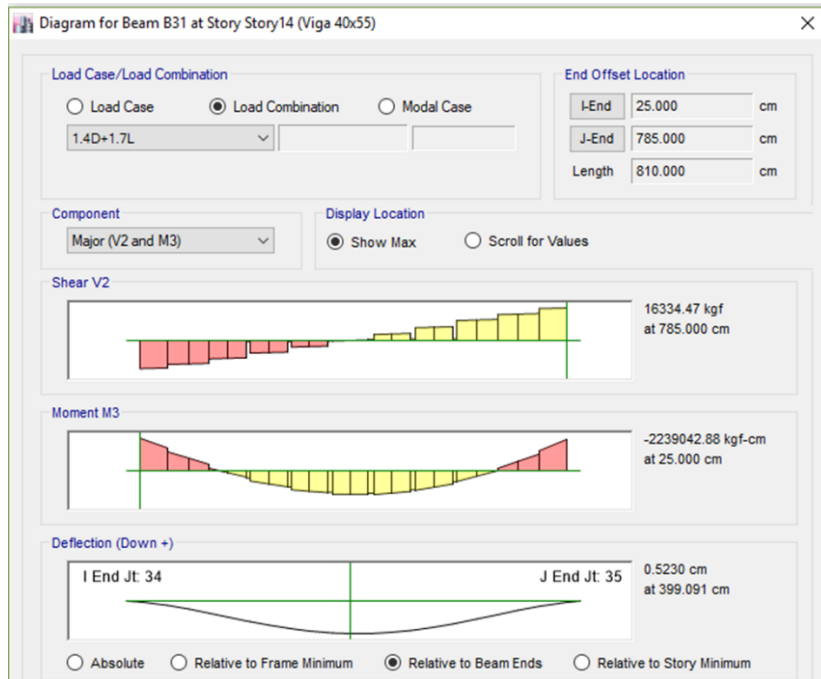
S máximo por Norma =	17.21	cm
----------------------	-------	----

S final de diseño =	-221.70	cm
---------------------	---------	----

Ingresar S final constructivo =	15.00	cm
---------------------------------	-------	----

Relación Av/S	-0.0064	
---------------	---------	--

## Diseño de viga – tramo 3



**Figura 39. Diagrama de cortante y momento para viga de tramo 3**

**Tabla 42. Memoria de cálculo de vigas**

Momentos		
Momento	2,239,042.88	kg-cm

Sección		
Recubrimiento	4.00	cm
Anillo #	3	

h	55	cm
b	40	cm
Luz	7.85	m

$d_{\text{asumido}}$	47.00	cm
Tamaño de agregado	3/4	pulg

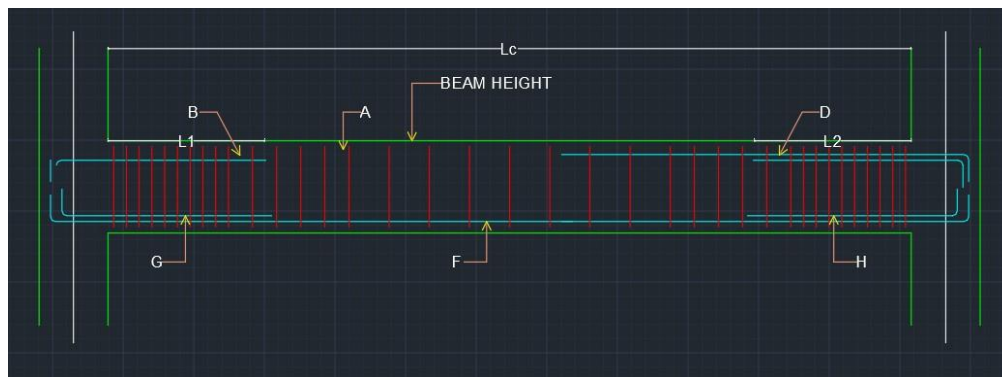


**Tabla 43. Memoria de cálculo de vigas**

$f_y$	2800	kg/cm <sup>2</sup>
$f'_c$	280	kg/cm <sup>2</sup>
$\emptyset$	0.85	

$\rho_{min}$	0.0050	0.50%
$\rho_b$	0.0496	4.96%
$\rho_{max}$	0.0372	3.72%

As requerida	20.18	cm <sup>2</sup>
Varilla a usar: #	10	
Diametro	3.18	cm
Area varilla	7.92	cm <sup>2</sup>
<b>Cantidad requerida</b>	<b>3</b>	<b>Varillas</b>
Area acero a usar	23.75	cm <sup>2</sup>
a	6.99	
d	48.46	cm
$\rho$	0.0123	1.23%
$\rho$	<b>Cumple cuantía de acero</b>	
Mu	2,239,043	kg-cm
$\emptyset Mn$	2,722,950.32	kg-cm
$\emptyset Mn$	<b>El acero cumple con la sollicitación</b>	
<b>Si cabe agregado</b>		



**Figura 40. Corte de armado de viga tramo 3**

Cortante en tramos B, D, G, F y H

**Tabla 44. Memoria de cálculo de vigas**

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

<b>Asumiendo varillas #3</b>		
<b>Área de varillas #3</b>	0.71	cm <sup>2</sup>
<b>S CALCULADA =</b>	20.41	cm

<b>Separaciones máximas de acuerdo a Norma</b>		
<b>S<sub>max1</sub> =</b>	17.21	cm
<b>S<sub>max2</sub> =</b>	60.00	cm
<b>S<sub>max3</sub> =</b>	56.80	cm

<b>S máximo por Norma =</b>	17.21	cm
-----------------------------	-------	----

<b>S final de diseño =</b>	17.21	cm
----------------------------	-------	----

<b>Ingresar S final constructivo =</b>	<b>15.00</b>	<b>cm</b>
--	--------------	-----------

<b>Relación Av/S</b>	<b>0.0696</b>	
----------------------	---------------	--

#### 4.2.3.8 Pre dimensionamiento de los aisladores de base

##### Diseño del aislador con UBC 97-IBC09

Los datos para nuestro sistema de aislación de la edificación son los siguientes:

#### 4.2.3.8.1 Datos:

Número de Aisladores (N):	53.00 Unidades
Peso Sísmico de la Estructura (W):	8,356.26 Tn
Período Objetivo Deseado (T <sub>D</sub> ):	2.50 seg
Deformación de Corte Directa Máxima (γ <sub>s</sub> ):	150.00 %
Amortiguamiento Efectivo del Sistema (β <sub>D</sub> ):	12.00 %
Aceleración de la gravedad (g):	9.81 m/s <sup>2</sup>
C <sub>VD</sub> :	0.240
C <sub>VM</sub> :	0.07
Módulo de Corte (G):	40.80 Tn.f/m <sup>2</sup>
K:	2,000.00 Mpa
K:	20,394.32 kg/cm <sup>2</sup>
K:	200,722.27 Tn/m <sup>2</sup>
Frecuencia Vertical F <sub>V</sub> :	10.00 Hz
Frecuencia Horizontal F <sub>H</sub> :	0.419 Hz
P <sub>Máx</sub> :	100,000.00 kg.f

#### 4.2.3.8.2 Cálculo de la rigidez del sistema y del aislador:

$$kHSistema = 4 * \pi^2 * W / (TD^2 * g)$$

**Ecuación 18. Fórmula para determinar la rigidez inicial del sistema de aisladores**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$kHAislador = \frac{kHSistema}{\text{número de aisladores}}$$

**Ecuación 19. Fórmula para determinar la rigidez inicial del aislador**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$k_H \text{ Sistema} = 5,380.50 \text{ Tn.f/m}$$

$$k_H \text{ Aislador} = 101.52 \text{ Tn.f/m}$$

$$k_H = 101.52 \text{ Tn.f/m}$$

#### 4.2.3.8.3 Primera estimación de desplazamiento de diseño (DD):

Primero, hay que determinar el valor CVD a usar:

**Tabla 44. Coeficiente sísmico CVD**

Soil Profile Type	Seismic Zone Factor (Z)				
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.3	Z=0.4
S <sub>A</sub>	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32 N <sub>v</sub>
S <sub>B</sub>	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40 N <sub>v</sub>
S <sub>C</sub>	0.13	0.25	0.32	0.45	0.56 N <sub>v</sub>
S <sub>D</sub>	0.18	0.32	0.40	0.54	0.64 N <sub>v</sub>
S <sub>E</sub>	0.26	0.50	0.64	0.84	0.96 N <sub>v</sub>
S <sub>F</sub>	Site-specific geotechnical investigation shall be performed to determine seismic coefficients for soil profile type S <sub>F</sub> .				

$$BD = (2.31 - 0.41 * \ln(5)) / (2.31 - 0.41 * \ln(\beta D))$$

**Ecuación 20. Fórmula para determinar el valor BD**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$B_D = 1.28$$

$$DD = G * CVD * TD / (4 * \pi^2 * BD)$$

**Ecuación 21. Fórmula para determinar el valor BD**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$D_D = 11.67 \text{ cm}$$

**4.2.3.8.4 Estimación del espesor total de goma Hr:**

$$Hr = DD / \gamma_s$$

**Ecuación 22. Fórmula para determinar el espesor total de goma**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$H_r = 0.078 \text{ m}$$

#### 4.2.3.8.5 Cálculo del área y diámetro del aislador:

$$A = kH * Hr/G$$

#### Ecuación 23. Fórmula para determinar el área requerida del aislador

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$A = 0.1935 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{(4 * A)/\pi}$$

#### Ecuación 24. Fórmula para determinar el diámetro requerido del aislador

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$D = 49.64 \text{ cm}$$

$$D_{\text{Elegido}} = 51.00 \text{ cm}$$

$$A_{\text{Elegida}} = 2,042.82 \text{ cm}^2$$

#### 4.2.3.8.6 Nueva rigidez del aislador:

$$kH \text{ Final Aislador} = G * AElegida/Hr$$

#### Ecuación 25. Fórmula para determinar la nueva rigidez del aislador

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$K_{H \text{ Final Aislador}} = 1,071.64 \text{ kg/cm}$$

$$K_{\text{min}} = 1,071.64 \text{ kg/cm}$$

#### 4.2.3.8.7 Nueva rigidez compuesta de todo el sistema:

$$kH \text{ Final Sistema} = kH \text{ Final Aislador} * \text{Número de aisladores}$$

#### Ecuación 26. Fórmula para determinar la nueva rigidez del aislador

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$K_{H \text{ Final Sistema}} = 56,797.04 \text{ kg/cm}$$

#### 4.2.3.8.8 TD Final con la nueva rigidez K min:

$$TD \text{ Final} = 2 * \pi * \sqrt{(W * kD \text{ Min} * g)}$$

#### Ecuación 27. Fórmula para determinar el periodo final TD

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$T_{D \text{ Final}} = 2.50 \text{ seg}$$

#### 4.2.3.8.9 Desplazamiento total de diseño:

$$DTD = DD + ((1 + 12 + 12 * 1.2)/(7^2 + 24^2))$$

#### Ecuación 28. Fórmula para determinar el desplazamiento total de diseño

Fuente: (UBC97-IBC09)  $D_{TD} = 0.1489 \text{ m}$

#### 4.2.3.8.10 Detalles del aislador:

##### 4.2.3.8.10.1 Factor de forma S:

$$S = fv / (\sqrt{(6 * fh)})$$

#### Ecuación 29. Fórmula para determinar el factor de forma S

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$S = 9.74$$

**4.2.3.8.10.2 Factor o módulo de compresibilidad EC:**

$$EC = \frac{6 * G * S^2 * K}{6 * G * S^2 + K}$$

**Ecuación 30. Fórmula para determinar el módulo de compresibilidad EC**

Fuente: (UBC97-IBC09)  $E_C = 20,828.27 \text{ Tn/m}^2$

**4.2.3.8.10.3 Rigidez vertical:  $tr = (D \text{ Elegido} / (4 * S))$**

**Ecuación 31. Fórmula para determinar el espesor de goma**

Fuente: (UBC97-IBC09)

Espesor de goma  $t_r = 13.09 \text{ mm}$

$$k_v \text{ Sistema} = (EC * A \text{ Elegida}) / tr$$

**Ecuación 32. Fórmula para determinar la rigidez vertical del sistema**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$k_{V \text{ Sistema}} = 325,149.91 \text{ Tn/m}$

$$k_v \text{ Aislador} = k_v \text{ Sistema} / \text{Número de aisladores}$$

**Ecuación 33. Fórmula para determinar la rigidez vertical del sistema**

Fuente: (UBC97-IBC09)  $k_{V \text{ Aislador}} = 6,134.90 \text{ Tn/m}$

$$n \text{ Goma} = \frac{Hr}{tr}$$

**Ecuación 34. Fórmula para determinar la rigidez vertical del sistema**

Fuente: (UBC97-IBC09)

Número de Capas (n) = 5.94 Capas

Nuevo Número de Capas ( $n_n$ ) = 5.00 Capas (Capas Elegidas)

Nuevo espesor de capa de goma  $t_{rn}$  = 14.00 mm

(Espesor seleccionado)

$$Ht = nn * trn$$

**Ecuación 35. Fórmula para determinar el espesor total de las capas de goma**

Fuente: (UBC97-IBC09)

Nuevo espesor total de goma ( $H_t$ ) = 70.00 mm

#### 4.2.3.8.10.4 Número de capas de acero y su espesor:

$$nAcero = nn - 1$$

**Ecuación 36. Fórmula para determinar el número de capas de acero**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$n_{Acero}$  = 4.00 Capas

Espesor recomendable  $t_{Acero}$  = 2.00 mm

$$HA = nAcero * tAcero$$

**Ecuación 37. Fórmula para determinar el espesor total de las capas de acero**

Fuente: (UBC97-IBC09)

Espesor total del acero  $H_A$  = 8.00 mm



#### 4.2.3.8.10.5 Altura total del aislador:

Espesor total de placa superior e inferior  $H_{Placas} = 50.00 \text{ mm}$

$$HT_{Aislador} = Ht + HA + H_{Placas}$$

**Ecuación 38. Fórmula para determinar el espesor total de las capas de acero**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$H_{\Gamma \text{ Aislador}} = 128.00 \text{ mm}$$

#### 4.2.3.8.11 Factor de seguridad:

##### 4.2.3.8.11.1 Carga de rigidez de corte efectiva:

$$Ps = G * AElegida$$

**Ecuación 39. Fórmula para determinar la carga de corte efectiva**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$P_S = 8,334.71 \text{ kg.f}$$

##### 4.2.3.8.11.2 Inercia:

$$I = \pi * (DElegido/2)^4/4$$

**Ecuación 40. Fórmula para determinar la carga de corte efectiva**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$I = 332,086.03 \text{ cm}^4$$

##### 4.2.8.3.11.3 Rigidez de inclinación:

$$E_{eff} = \pi * (DElegido/2)^4/4$$

**Ecuación 41. Fórmula para determinar la rigidez de inclinación**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$EI_{\text{eff}} = 239,749,669.94 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.2.8.3.11.4 Carga de alabeo:

$$E_{\text{eff}} = \pi * (DE_{\text{elegido}}/2)^4 / 4$$

#### Ecuación 42. Fórmula para determinar la rigidez de inclinación

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$H_{\text{Crítica de la goma}} = 102.68 \text{ mm}$$

$$PE = (\pi * E_{\text{eff}}) / (H_{\text{Crítica de la goma}}^2)$$

#### Ecuación 43. Fórmula para determinar la carga de alabeo

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$P_E = 7,143,913.22 \text{ kg}$$

#### 4.2.8.3.11.5 Verificación al pandeo:

$$P_{\text{Crítica}} = (P_s * PE)^{1/2}$$

#### Ecuación 44. Fórmula para determinar la carga crítica

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$\text{Valor de carga crítica } P_{\text{Crítica}} = 244,013.18$$

$$F.S. = (P_{\text{Crítica}} / P_{\text{Máx}})$$

#### Ecuación 45. Fórmula para determinar el factor de seguridad

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$\frac{P_{\text{Crítica}}}{P_{\text{Máxima}}} > 2.00 \quad \boxed{2.44} \text{ F. S.}$$

**Se Cumple Con El Factor de Seguridad**

#### 4.2.8.3.12 Desplazamiento máximo y total máximo:

$$k_{eff} = G * 1.2$$

#### Ecuación 46. Fórmula para determinar la rigidez efectiva

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$k_{eff} = 48.96 \text{ Tn.f/m}^2$$
$$KH_{Resultante} = \frac{G_{keff} * AE_{elegida}}{Ht}$$

#### Ecuación 47. Fórmula para determinar la rigidez resultante

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$K_H \text{ Resultante} = 142.88 \text{ Tn.f/m}$$

#### 4.2.8.3.12.1 Rigidez compuesta resultante de todo el sistema:

$$k_{minResultante} = KH_{Resultante} * \text{Número de aisladores}$$

#### Ecuación 48. Fórmula para determinar la rigidez mínima resultante

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$k_{min} \text{ Resultante} = 7,572.68 \text{ Tn.f/m}$$

#### 4.2.8.3.12.2 T<sub>D</sub> resultante final:

$$T_{DFinal} = (2 * \pi) * \left( \sqrt{\frac{W}{g * k_{minResultante}}} \right)$$

#### Ecuación 49. Fórmula para determinar la rigidez resultante

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$T_D \text{ Final} = 2.11 \text{ seg}$$

$$T_M = 0.556$$

**Tabla 45. Coeficiente sísmico CVM**

Soil Profile Type	Seismic Zone Factor (Z)				
	$M_M Z N_v = 0.075$	$M_M Z N_v = 0.15$	$M_M Z N_v = 0.2$	$M_M Z N_v = 0.3$	$M_M Z N_v = 0.4$
S <sub>A</sub>	0.06	0.12	0.16	0.24	0.8 $M_M Z N_v$
S <sub>B</sub>	0.08	0.15	0.20	0.30	1.0 $M_M Z N_v$
S <sub>C</sub>	0.13	0.25	0.32	0.45	1.4 $M_M Z N_v$
S <sub>D</sub>	0.18	0.32	0.40	0.54	1.6 $M_M Z N_v$
S <sub>E</sub>	0.26	0.50	0.64	0.84	2.4 $M_M Z N_v$
S <sub>F</sub>	Site-specific geotechnical investigation shall be performed to determine seismic coefficients for soil profile type S <sub>F</sub> .				

$$C_{VM} = 0.07$$

$$DM_{Final} = \frac{g * CVM * TM}{BM * \pi^2}$$

**Ecuación 50. Fórmula para determinar el desplazamiento máximo**

Fuente: (UBC97-IBC09)

$$D_M \text{ Final} = 0.031 \text{ m}$$

$$DTM_{\text{máximo}} = DM_{Final} * \left(1 + \frac{12 * 12 * 1.2}{7^2 + 24^2}\right)$$

**Ecuación 51. Fórmula para determinar el desplazamiento total máximo**

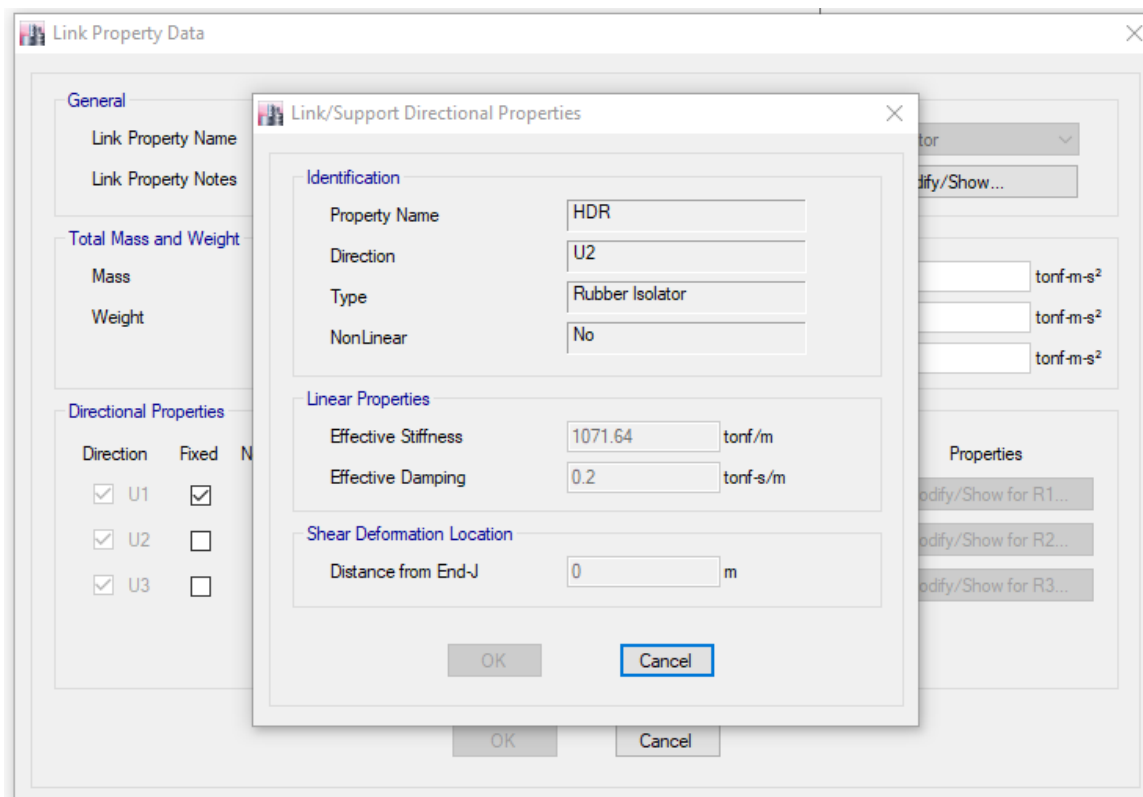
Fuente: (UBC97-IBC09)

$$\text{Desplazamiento total máximo: } 0.040 \text{ m}$$

#### 4.2.3.9 Resultados del análisis estructural con los aisladores de base

Una vez obtenido el diseño del aislador de base elastomérico de tipo HDR, se procedió a modelar los aisladores en la base de la estructura anteriormente analizada.

A continuación, se muestra el procedimiento realizado y los resultados en el programa Etabs 16.2.0.



**Figura 41. Propiedades del aislador HDR**

En la figura 41 se muestran las propiedades de los aisladores elastoméricos de tipo HDR que se deben de ingresar en el programa Etabs para su correcto análisis.

En la figura 42 se muestran las propiedades que deben de tener los soportes del tipo resorte, en el nivel de la estructura donde se colocarán los aisladores elastoméricos del tipo HDR para su correcto análisis en el programa Etabs.

**Point Spring Property Data** [X]

**General Data**

Property Name: HDR

Display Color:  Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

**Spring Stiffness Options**

User Specified/Link Properties  Based on Soil Profile and Footing Dimensions

**Simple Spring Stiffness in Global Directions**

Translation X: 0 tonf/m

Translation Y: 0 tonf/m

Translation Z: 20.394 tonf/m

Rotation about X-Axis: 0 tonf-m/rad

Rotation about Y-Axis: 0 tonf-m/rad

Rotation about Z-Axis: 0 tonf-m/rad

**Single Joint Links at Point**

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle
HDR	+Z	0

Add

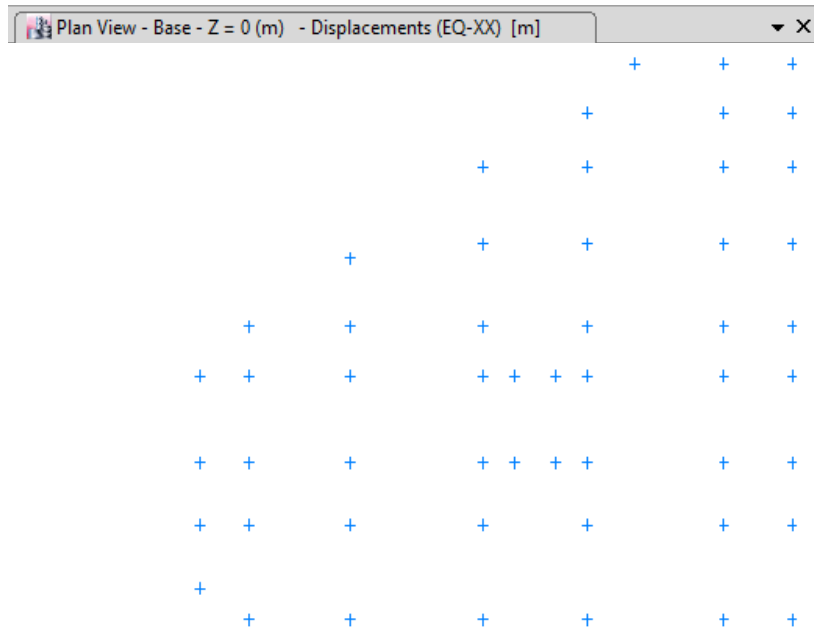
Delete

OK Cancel

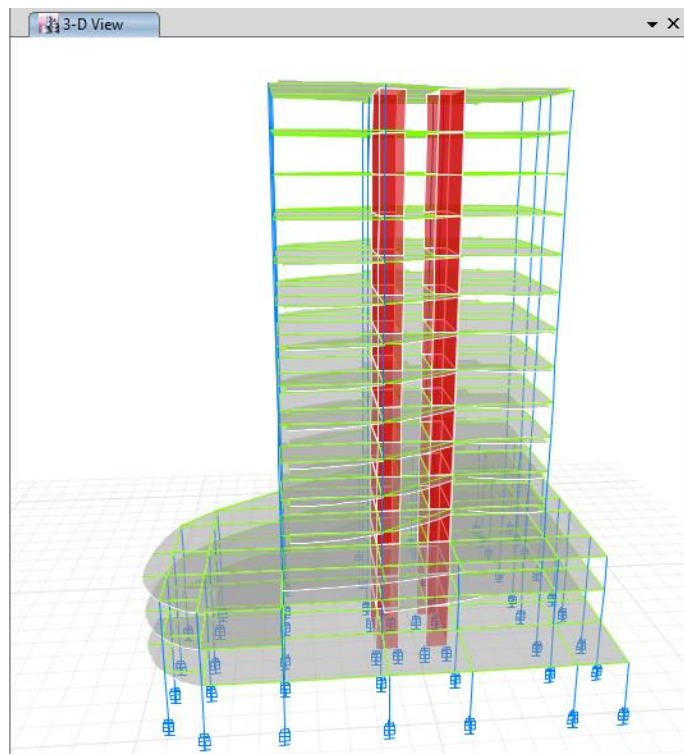
**Figura 42. Propiedades de los apoyos tipo resorte de las columnas**

En la figura 43 se muestra la ubicación de los aisladores de base, éstos ubicados en el nivel

base de la edificación, aislando la superestructura de la sub-estructura.



**Figura 43. Vista en planta de la ubicación de los aisladores HDR**

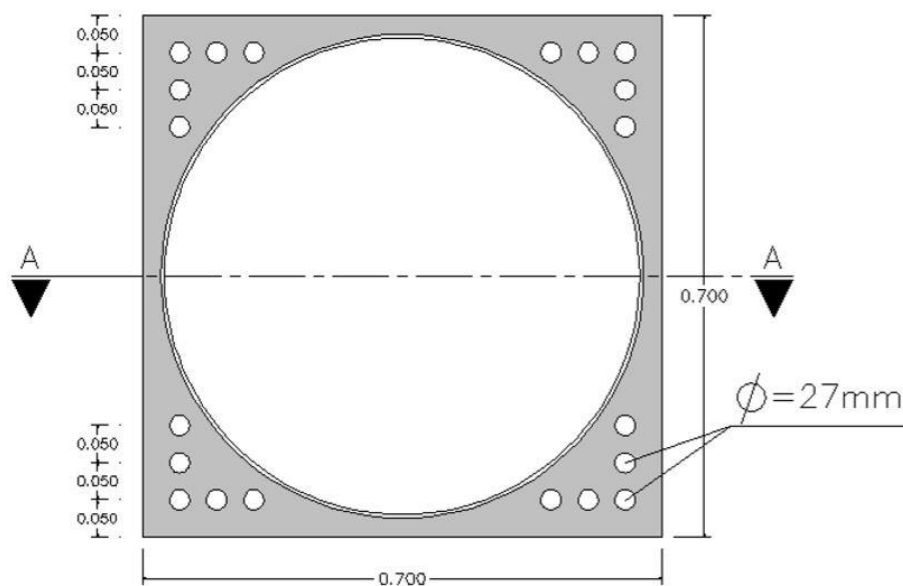


**Figura 44. Vista frontal del edificio con los aisladores HDR**

Se decide seleccionar el aislador de base HDR pre diseñado, que cumple con todos los requisitos solicitados, se muestra a continuación:

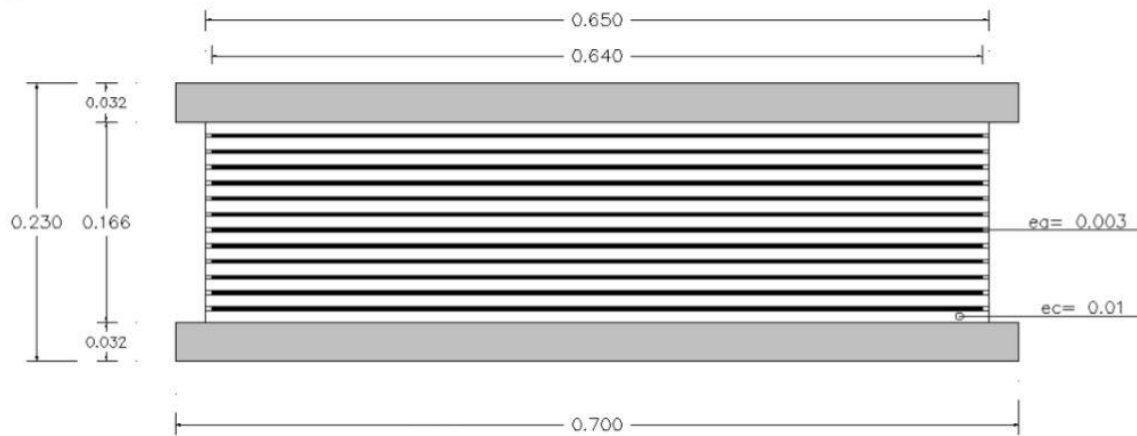
**Tabla 46. Propiedades del aislador de base HDR seleccionado**

CARACTERISTICAS	AISLADOR	UNIDAD
Número de aisladores del sistema	14	und
Altura total	23.00	cm
Diámetro externo del caucho	65.00	cm
Diámetro interno del caucho	0.00	cm
Altura del caucho	13.00	cm
Número de capas de caucho	13	und
Espesor de la capa de caucho	1.00	cm
Diámetro de los discos de acero	64.00	cm
Altura de los discos de acero	3.60	cm
Número de discos de acero	12	und
Espesor de los discos de acero	0.30	cm
Espesor de la placa de anclaje	3.20	cm
Longitud de la plancha de anclaje	70.00	cm
Módulo de rigidez a corte	40.79	Tn/m <sup>2</sup>
Rigidez Horizontal	104.11	Tn/m
Rigidez Vertical	115286.29	Tn/m



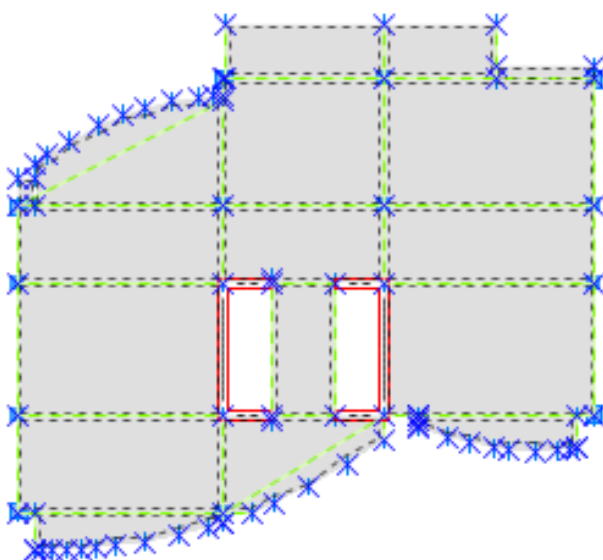


**Figura 47. Vista en planta del aislador HDR seleccionado**

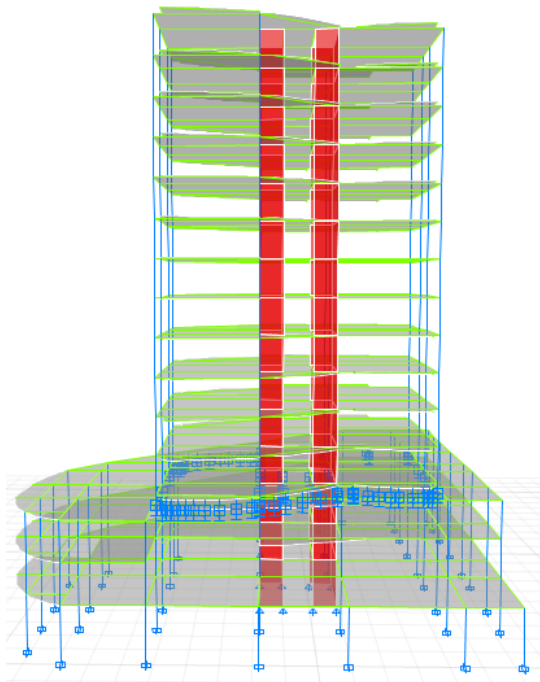


**Figura 48. Vista en corte de la sección del aislador HDR seleccionado**

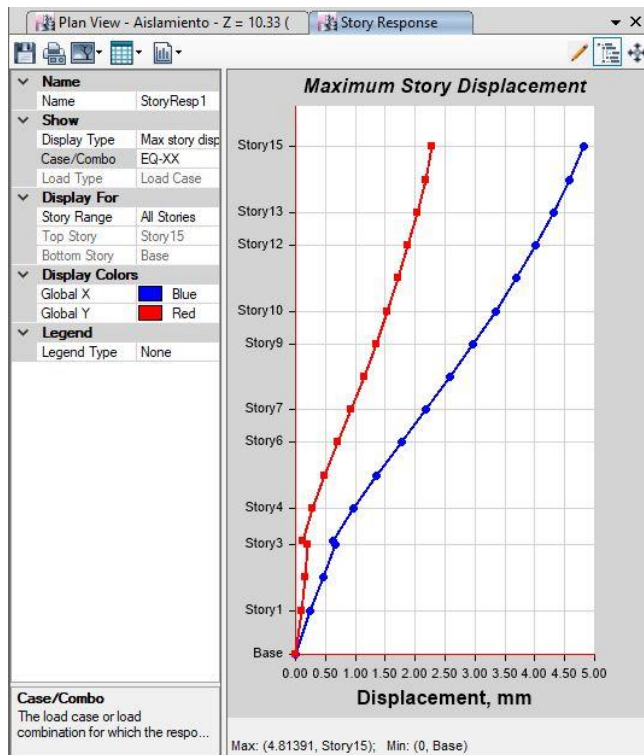
Debido a diseño arquitectónico y a la geometría del edificio, se decide cambiar de posición los aisladores de base HDR, trasladándolos de la base del edificio hasta la losa de piso de tercer nivel, en donde el edificio cambia bruscamente su forma de manera vertical, esto para asegurar un mejor control de desplazamiento en todos los niveles superiores, se colocan 79 aisladores HDR.



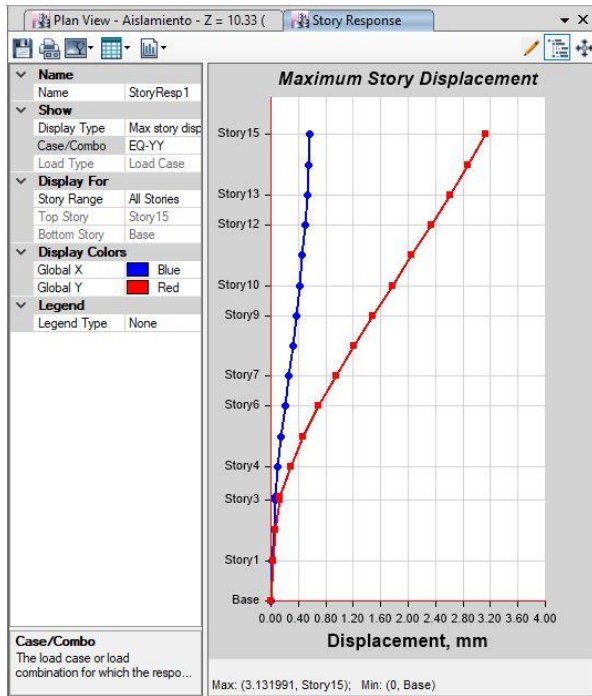
**Figura 49. Vista frontal del edificio con la nueva posición de los aisladores**



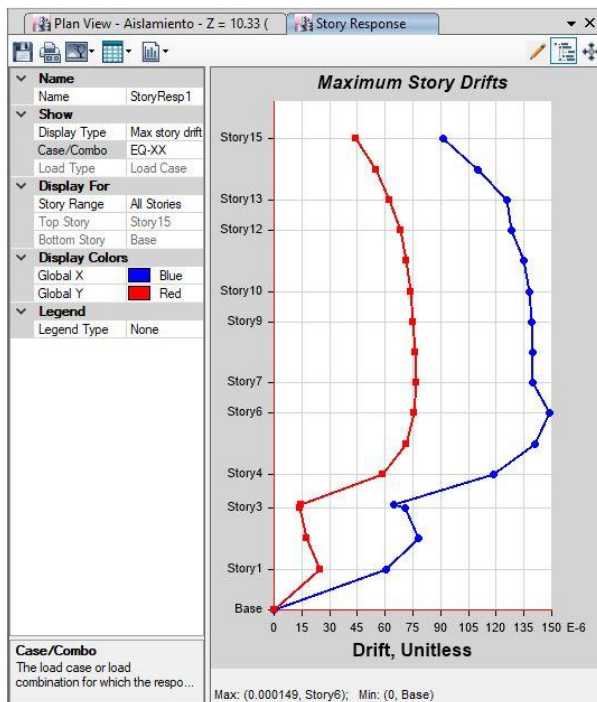
**Figura 50. Vista frontal del edificio con la nueva posición de los aisladores**



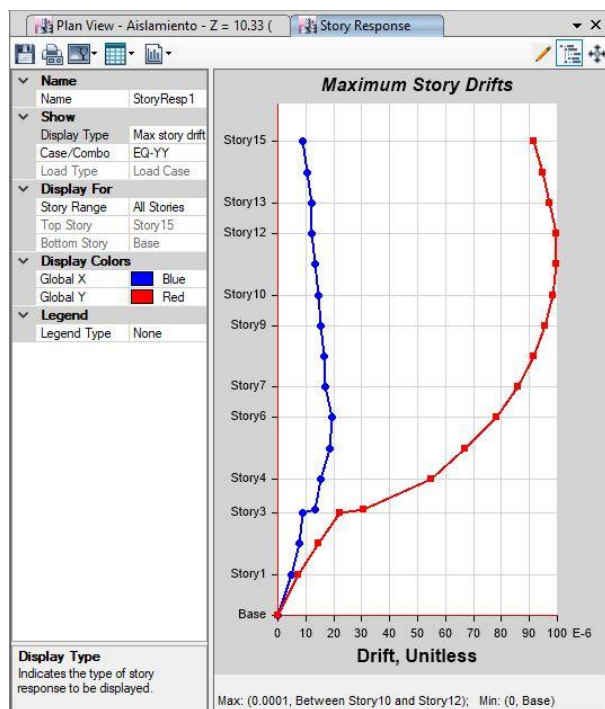
**Figura 51. Desplazamientos máximos para el sismo en dirección X**



**Figura 52. Desplazamientos máximos para el sismo en dirección Y**



**Figura 53. Derivas máximas para el sismo en X**

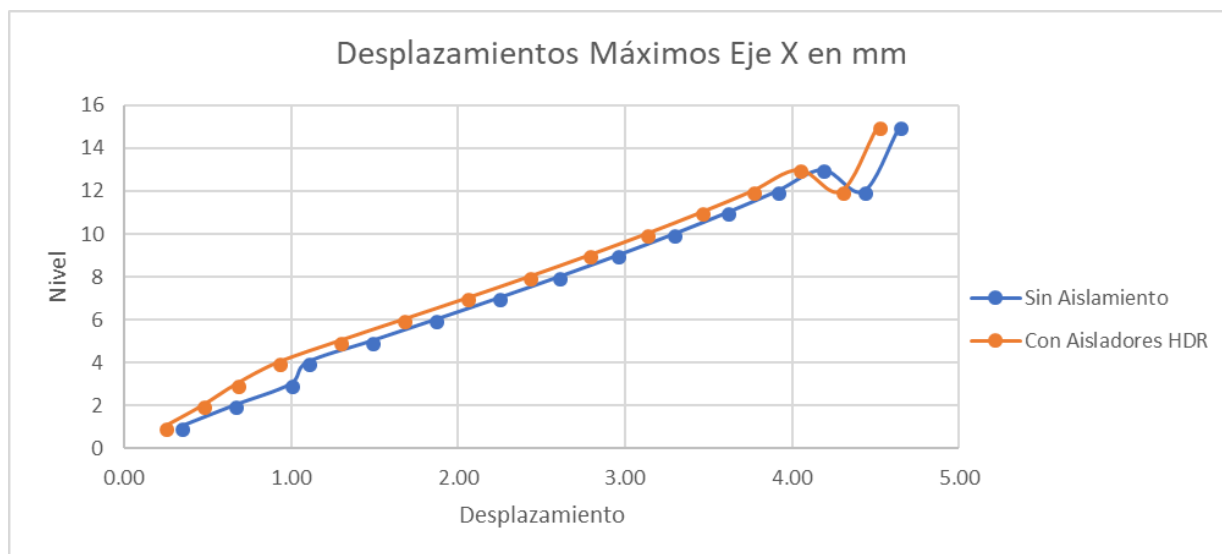


**Figura 54. Derivas máximas para el sismo en Y**

#### 4.2.3.10 Comparación del modelo convencional y del modelo con aisladores de base

**Tabla 47. Comparación de desplazamientos máximos para el sismo en X**

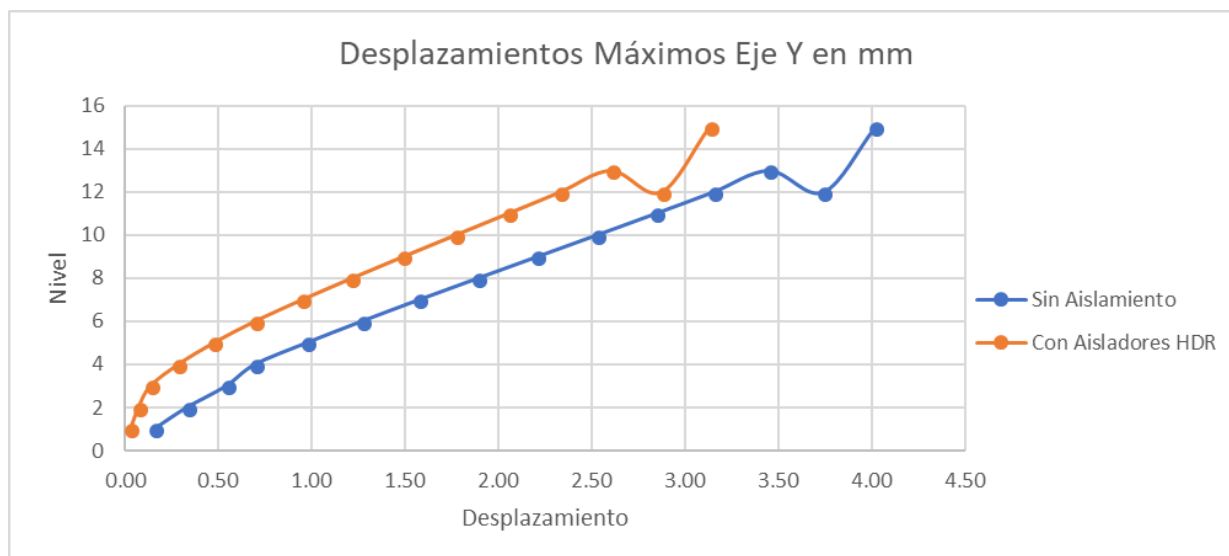
Desplazamientos Máximos Eje X en mm			
Nivel	Sin Aislamiento	Con Aislamiento	% de Reducción
15	4.639000	4.511595	2.75%
12	4.425000	4.293370	2.97%
13	4.179000	4.041470	3.29%
12	3.906000	3.759947	3.74%
11	3.608000	3.452716	4.30%
10	3.289000	3.125565	4.97%
9	2.952000	2.781764	5.77%
8	2.601000	2.422936	6.85%
7	2.236000	2.050351	8.30%
6	1.861000	1.667966	10.37%
5	1.477000	1.285017	13.00%
4	1.095000	0.921059	15.89%
3	0.998000	0.674601	32.40%
2	0.659000	0.472696	28.27%
1	0.336000	0.241451	28.14%



**Figura 55. Comparación de desplazamientos máximos para el sismo en X**

**Tabla 48. Comparación de desplazamientos máximos para el sismo en Y**

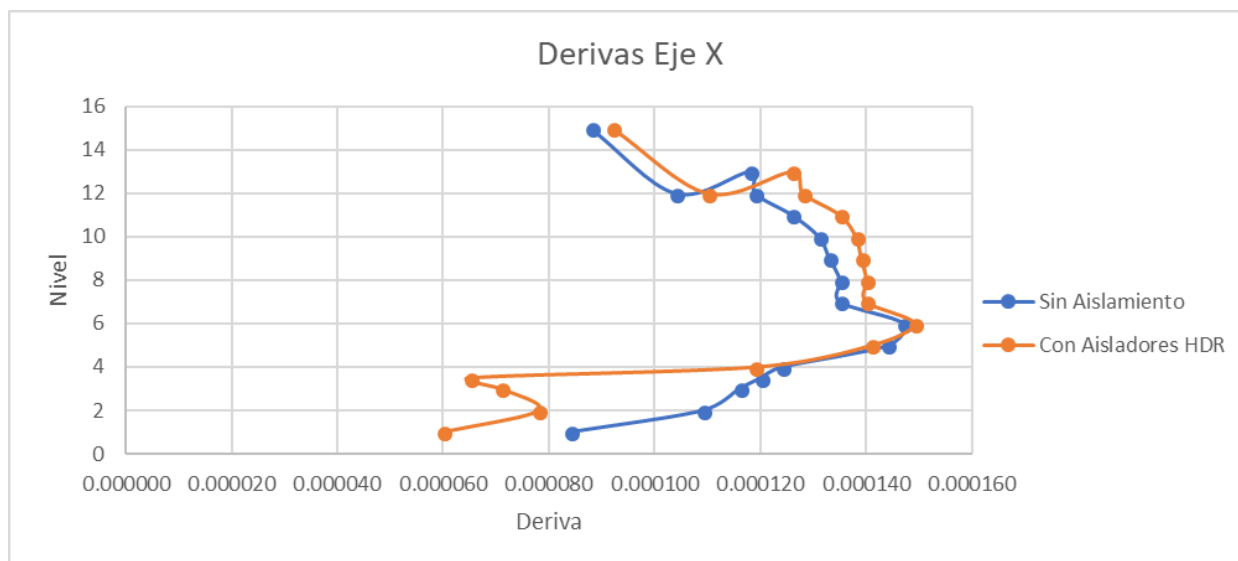
Desplazamientos Máximos Eje Y en mm			
Nivel	Sin Aislamiento	Con Aislamiento	% de Reducción
15	4.018000	3.131991	22.05%
12	3.741000	2.874083	23.17%
13	3.451000	2.606256	24.48%
12	3.151000	2.331431	26.01%
11	2.841000	2.050888	27.81%
10	2.525000	1.769077	29.94%
9	2.207000	1.488804	32.54%
8	1.889000	1.213656	35.75%
7	1.574000	0.946667	39.86%
6	1.267000	0.694634	45.17%
5	0.972000	0.473624	51.27%
4	0.697000	0.284073	59.24%
3	0.543000	0.135035	75.13%
2	0.332000	0.071067	78.59%
1	0.157000	0.028568	81.80%



**Figura 56. Comparación de desplazamientos máximos para el sismo en Y**

**Tabla 49. Comparación de derivas para el sismo en X**

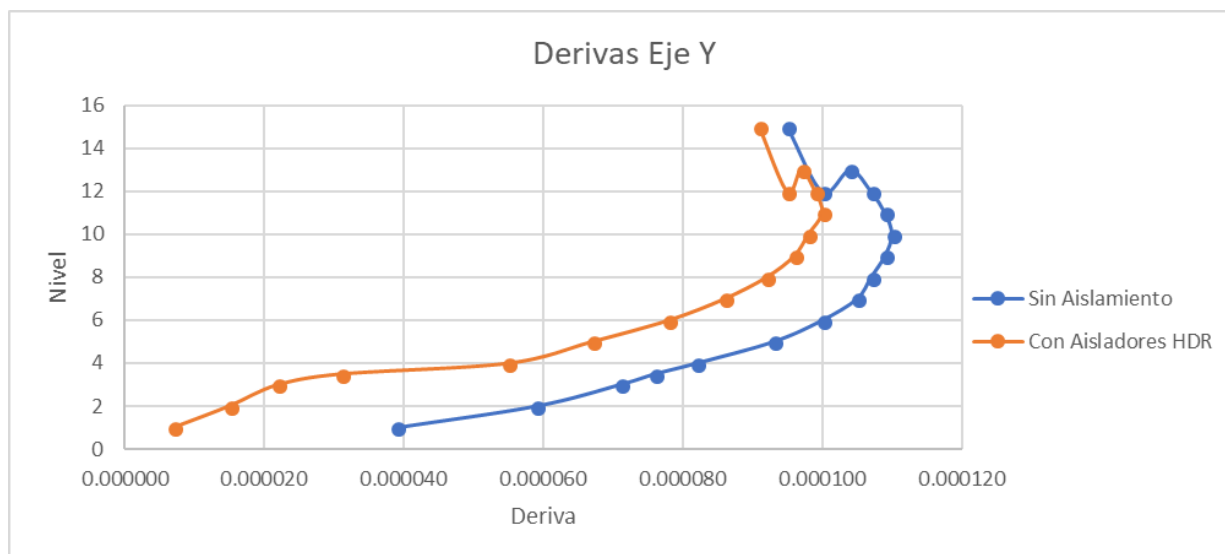
Derivas Eje X			
Nivel	Sin Aislamiento	Con Aislamiento	% de Reducción
15	0.000088	0.000092	-4.55%
12	0.000104	0.000110	-5.77%
13	0.000118	0.000126	-6.78%
12	0.000119	0.000128	-7.56%
11	0.000126	0.000135	-7.14%
10	0.000131	0.000138	-5.34%
9	0.000133	0.000139	-4.51%
8	0.000135	0.000140	-3.70%
7	0.000135	0.000140	-3.70%
6	0.000147	0.000149	-1.36%
5	0.000144	0.000141	2.08%
4	0.000124	0.000119	4.03%
Aislamiento	0.000000	0.000065	
3	0.000116	0.000071	38.79%
2	0.000109	0.000078	28.44%
1	0.000084	0.000060	28.57%



**Figura 57. Comparación de derivas para el sismo en X**

**Tabla 50. Comparación de derivas para el sismo en Y**

Derivas Eje Y			
Nivel	Sin Aislamiento	Con Aislamiento	% de Reducción
15	0.000095	0.000091	4.21%
12	0.000100	0.000095	5.00%
13	0.000104	0.000097	6.73%
12	0.000107	0.000099	7.48%
11	0.000109	0.000100	8.26%
10	0.000110	0.000098	10.91%
9	0.000109	0.000096	11.93%
8	0.000107	0.000092	14.02%
7	0.000105	0.000086	18.10%
6	0.000100	0.000078	22.00%
5	0.000093	0.000067	27.96%
4	0.000082	0.000055	32.93%
Aislamiento	0.000000	0.000031	
3	0.000071	0.000022	69.01%
2	0.000059	0.000015	74.58%
1	0.000039	0.000007	82.05%

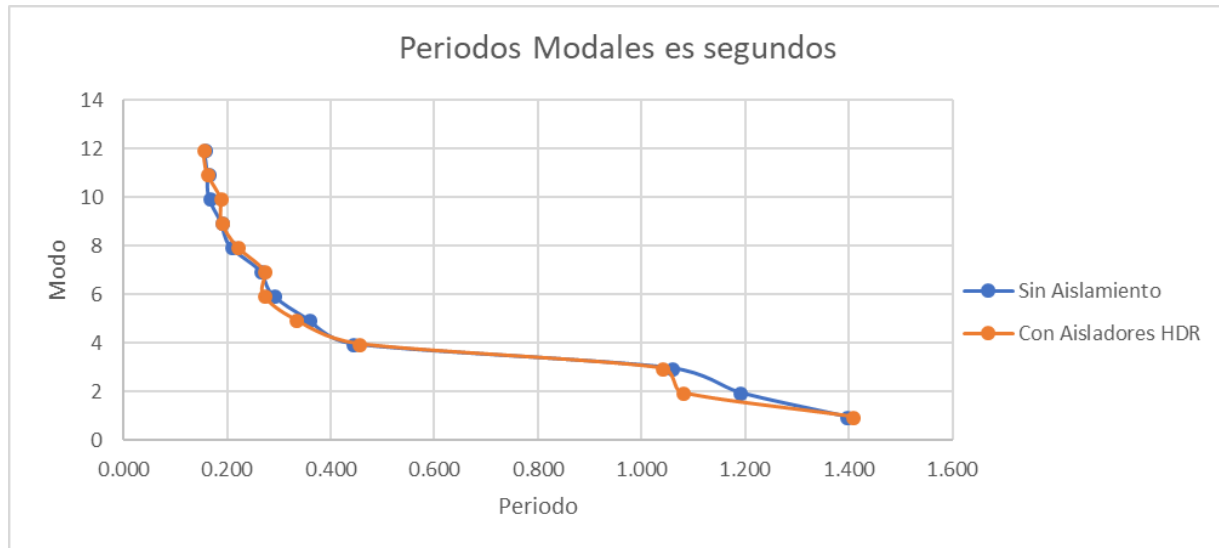


**Figura 58. Comparación de derivas para el sismo en Y**

**Tabla 51. Comparación de periodos modales**

Periodos Modales en segundos			
Modo	Sin Aislamiento	Con Aislamiento	% de Diferencia
1	1.393	1.405	0.861%
2	1.187	1.076	-9.351%
3	1.055	1.037	-1.706%
4	0.439	0.451	2.733%
5	0.355	0.330	-7.042%
6	0.287	0.269	-6.272%
7	0.262	0.269	2.672%
8	0.205	0.217	5.854%
9	0.187	0.188	0.535%
10	0.164	0.185	12.805%
11	0.161	0.160	-0.621%
12	0.155	0.152	-1.935%





**Figura 59. Comparación de periodos modales**

#### 4.2.4 Rediseño del edificio con aisladores de base

Previamente al rediseño del edificio Torre Vista con el uso de aisladores de base, se realizó otra iteración en el predimensionamiento de los aisladores de base, manteniendo el nivel de aislamiento sobre el tercer nivel de la estructura, para mantener aislados des el nivel cuatro hasta el nivel cinco.

Los aisladores de base se rediseñaron para mantener una mejor relación de proporción en la cantidad de placas de goma y de acero con sus respectivos espesores. Debido a que en Honduras en el CHOC-08 no está establecido el método para el diseño de los aisladores de base, se siguen las recomendaciones de la norma chilena NCh 2745 del año 2003, dicha norma se basa en el diseño de aisladores de base del UBC-97, de esta manera se mantiene como método de diseño establecido en el UBC-97.

A continuación, se detalla el procedimiento utilizado, reduciendo la cantidad de aisladores de base a 23:

<b>Datos:</b>	
Deformación de corte directa máxima, $\gamma_s$ :	150.00 %
Deformación de corte máxima admisible, $\gamma_{max}$ :	250.00 %
Sección anular, con un diámetro inicial de 10 cm ( $D_i = 10$ cm)	10.00 cm
Amortiguamiento efectivo del sistema, $\beta$	12.00 %
Conexión fija o de pernos.	Fija o de Pernos
La tensión de admisible de compresión, $\sigma_{AC}$	90.00 kg/cm <sup>2</sup>
Numero de aisladores, N	23.00
Peso sísmico de la estructura, W	5891.90 Ton
Periodo objetivo, TD	2.50 seg
Carga máxima, PMax	880.90 Ton
Carga mínima, PMin	26.40 Ton
Aceleración de la gravedad (g):	9.81 m/s <sup>2</sup>
CVD	0.24
CVM	0.24

**Rigidez Total Horizontal:**

KH Total =	3793.73 ton/m
KH =	164.94 ton/m

**Cálculo del desplazamiento de diseño:**

BD =	1.28
TD =	2.50 seg
DD =	11.67 cm

**Cálculo del desplazamiento máximo:**

BM =	1.28
TM =	2.50 seg
DM =	11.67 cm

**Área del Aislador:**

A =	9787.78 cm <sup>2</sup>
-----	-------------------------

**Diámetro Exterior del Aislador:**

De =	112.08 cm
De =	112.00 cm
Hr =	7.78 cm

**Módulo de Corte:**

G =	1.31 kg/cm <sup>2</sup>
-----	-------------------------

**Espesor de Capa de Goma:**

tr =	6.00 mm
------	---------

**Factor de Forma S:**

S =	42.53
-----	-------

<b>S Obtenido</b>	<b>&gt;</b>	<b>S Mínimo</b>
42.53	>	10.00
<b>Cumple</b>		

**Número de Capas de Goma:**

n =	12.97 Capas
n =	13.00 Capas

**Nueva Altura de Goma:**

NHr =	7.80 cm
-------	---------

**Espesor de Placa de Acero:**

ts =	3.00 mm
n Acero:	12.00 Capas
HAcero:	3.60 cm
$\sigma_s$ =	270.00 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_y$ =	2400.00 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{Admisible}$ =	1800.00 kg/cm <sup>2</sup>

<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>&lt; ó =</b>	<b><math>\sigma_{Admisible}</math></b>
270.00	< ó =	1800.00
<b>Cumple</b>		

**Altura Total del Aislador:**

h =	11.40 cm
EPlaAncla =	25.00 mm
Placas =	2.00 Placas
HPlacas =	5.00 cm
H =	16.40 cm

**Rigidez Vertical:**

Ec =	7301.65 kg/cm <sup>2</sup>
KV =	9162426.75 kg/cm
KV =	916242.68 ton/m

**Frecuencia Vertical:**

f <sub>v</sub> =	41.67 Hz
------------------	----------

f <sub>v</sub> Obtenida	>	f <sub>v</sub> Mínima
41.67	>	10.00
<b>Cumple</b>		

**Nueva Rigidez Horizontal:**

NKH =	164.47 ton/m
-------	--------------

**Periodo Objetivo:**

T =	2.50 seg
-----	----------

**Deformación Angular Máxima:**

$\gamma_s =$	1.50
$\gamma_c =$	0.26
$\gamma_{M\acute{a}x} =$	1.75
$\gamma_{M\acute{a}x}$ Propuesto	3.12

$\gamma_{M\acute{a}x}$	<	$\gamma_{M\acute{a}x}$ Propuesto
1.75	<	3.12
<b>Cumple</b>		

**Verificación al Pandeo:**

$A_s =$	14305.21 cm <sup>2</sup>
$P_s =$	18749.47 kg
$I =$	7723504.22 cm <sup>4</sup>
$(EI)_{eff} =$	18798108481.55
$P_e =$	1427592291.49
$P_{crit} =$	5164.28 ton
F. S. =	5.86

<b>F. S. Obtenido</b>	>	<b>F. S. Míximo</b>
5.86	>	2.00
<b>Cumple</b>		

**Verificación al Volcamiento:**

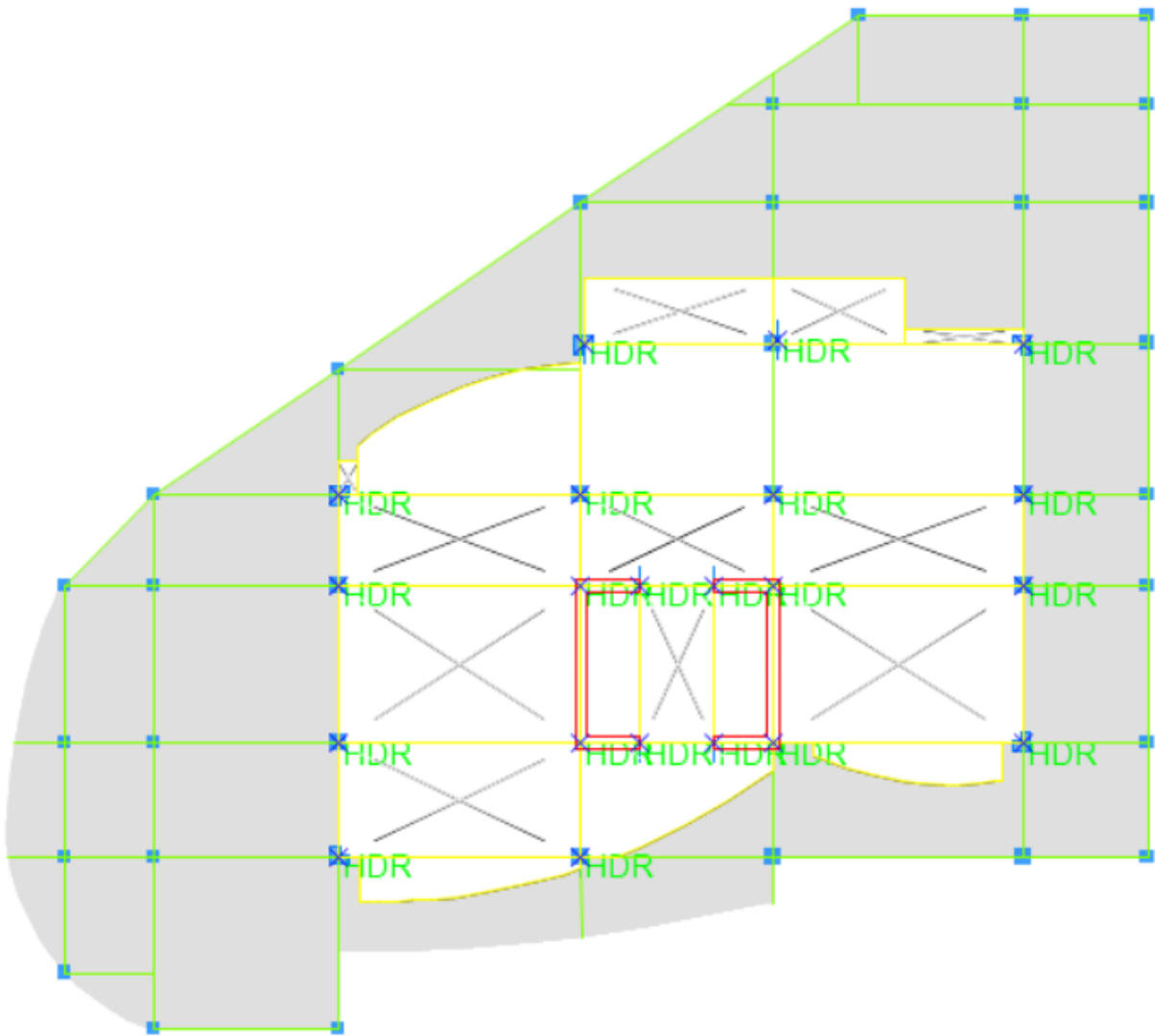
$DM\acute{a}x =$	29.68 cm
F. S. =	2.54

<b>F.S Obtenido</b>	>	<b>F. S. Míximo</b>
2.54	>	1.00
<b>Cumple</b>		

**Características Finales del Aislador HDR:**

<b>Diámetro Exterior:</b>	112.00 cm
<b>Diámetro Interior:</b>	10.00 cm
<b>Altura Tota Del Aislador:</b>	16.40 cm
<b>Capas de Goma:</b>	13.00 Capas
<b>Espesor de Cada Capa de Goma:</b>	6.00 mm
<b>Espesor Total de las Capas de Goma:</b>	7.80 cm
<b>Capas de Acero:</b>	12.00 Capas
<b>Espesor de Cada Capa de Acero:</b>	3.00 mm
<b>Espesor Total de las Capas de Acero:</b>	3.60 cm
<b>Placas de Anclaje:</b>	2.00 Placas
<b>Espesor de Cada Placa de Anclaje:</b>	25.00 mm
<b>Espesor Total de las Placas de Anclaje:</b>	5.00 cm
<b>Altura Total del Aislador:</b>	16.40 cm
<b>Módulo de Corte:</b>	1.31 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Rigidez Horizontal:</b>	164.47 ton/m
<b>Rigidez Vertical:</b>	916,242.68 ton/m

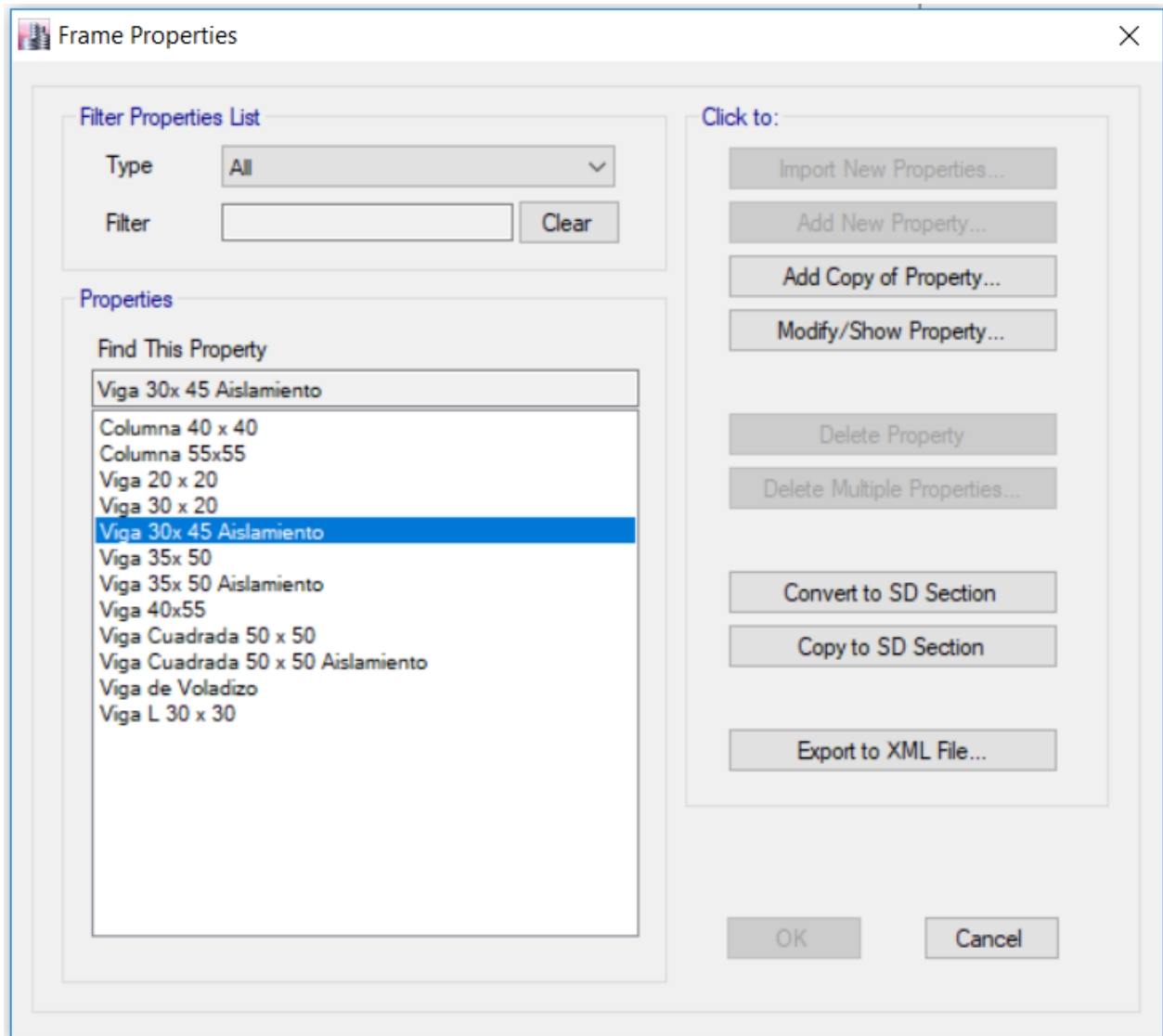
Se procede a definir los nuevos parámetros de los aisladores de base en el programa Etabs, para proceder con el rediseño del edificio.



**Figura 60. Ubicación de los aisladores HDR en el nivel de aislamiento**

Con los aisladores ubicados como apoyos de la planta de aislamiento, se procede a reducir las dimensiones de los elementos estructurales, se comenzó reduciendo las dimensiones de las vigas etiquetadas con el nombre Aislamiento como se muestra a continuación:



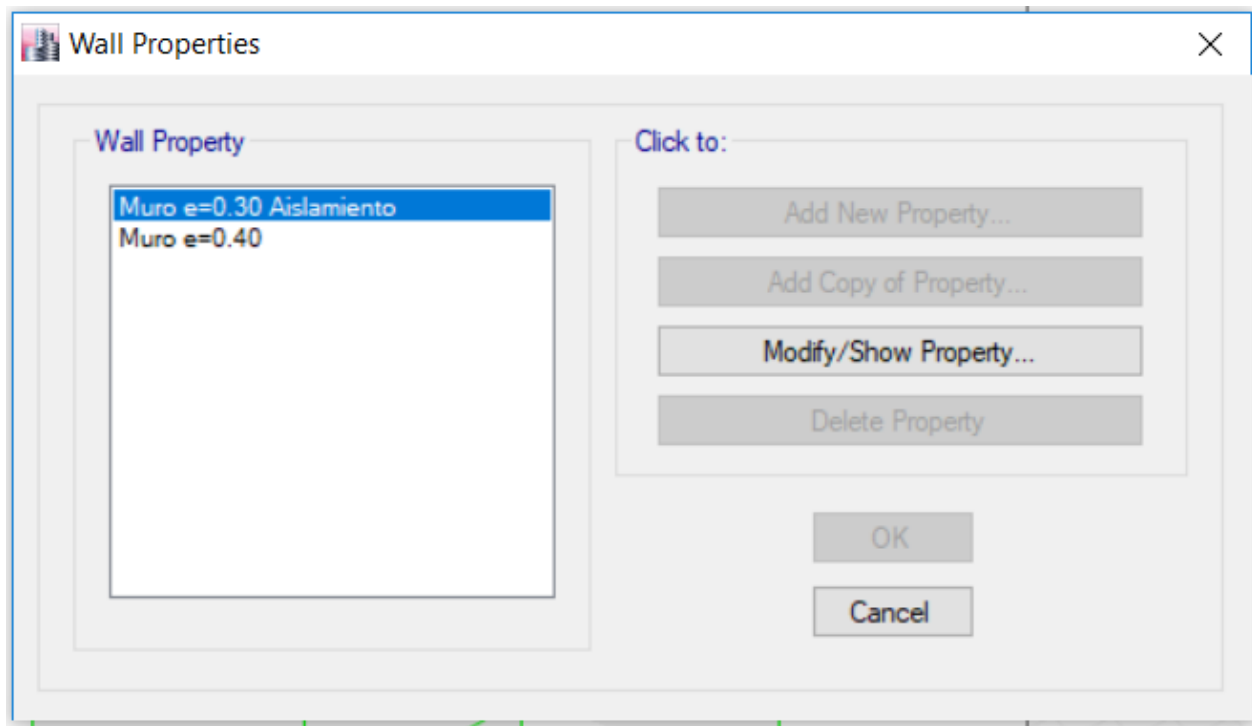


**Figura 61. Vigas con dimensiones reducidas**

Las vigas de dimensiones de 40 x 55 pasaron a tener las dimensiones de 35 x 50 etiquetadas con Aislamiento, esto para distinguir en el análisis y diseño estructuras a las vigas que se han reemplazado de las que no se han reemplazado. Las vigas de 35 x 50 se han reemplazado por vigas con dimensiones de 30 x 45 con la etiqueta aislamiento.

El mismo criterio se utilizó para los muros cortantes, el espesor de 40 centímetros se redujo

a los 30 centímetros con la etiqueta Aislamiento, como se detalla a continuación en la Figura 62:

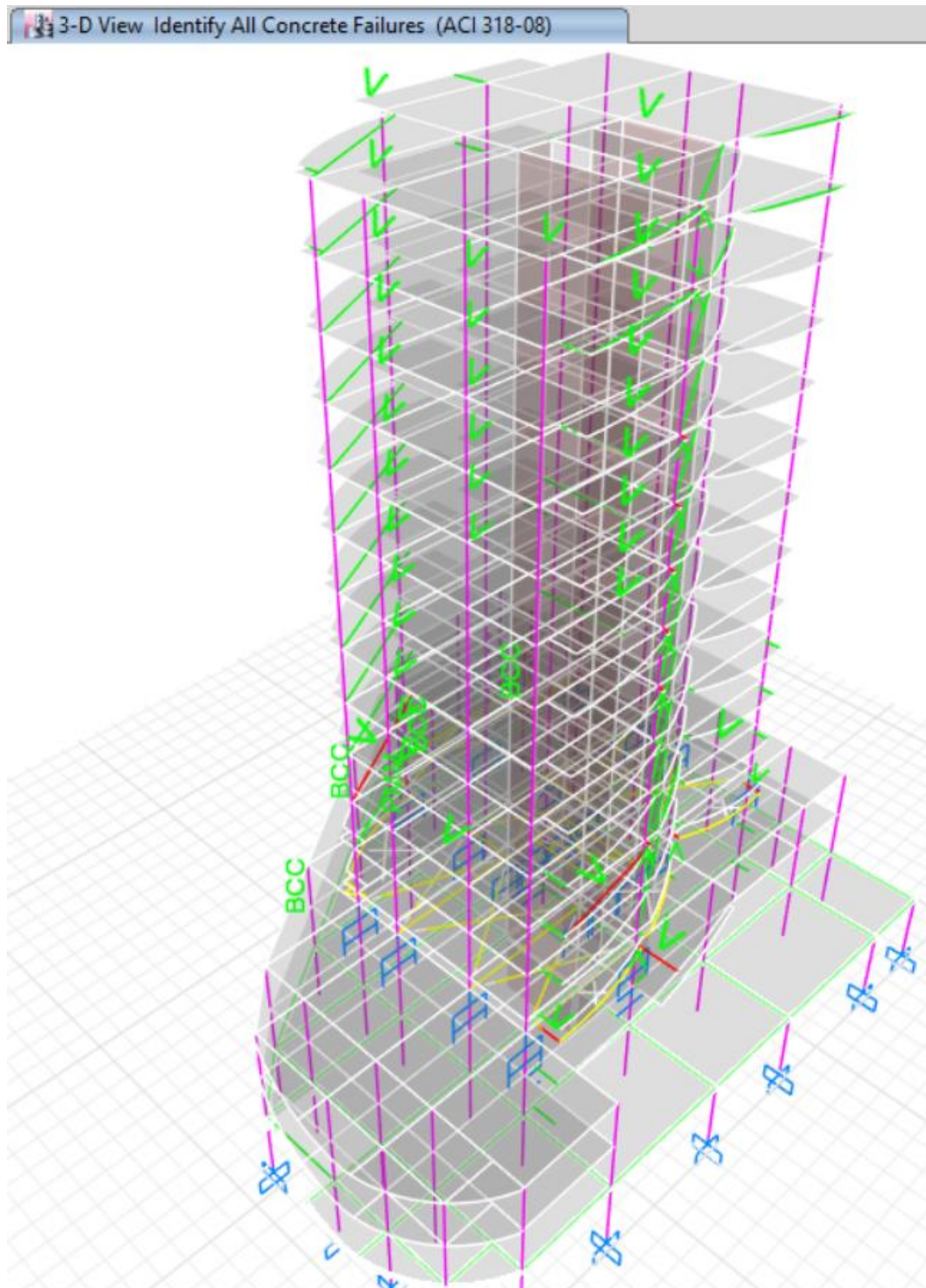


**Figura 62. Propiedades de los muros de cortante utilizados en los niveles aislados y no aislados**

Las vigas y los muros que han sido reemplazados son los comprendidos desde el nivel de aislamiento hasta el nivel 15, los niveles que no están aislados que son comprendidos desde el nivel uno al tercero, no se reemplazaron sus vigas ni sus muros de cortante.

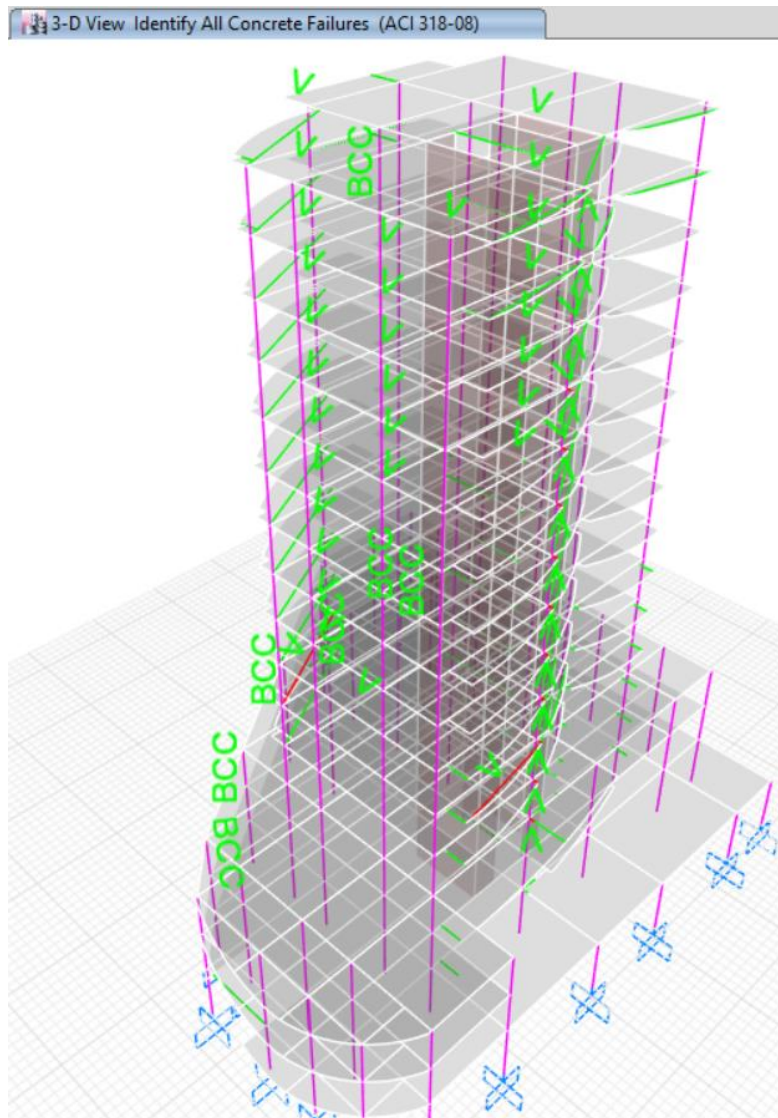
Se procedió a verificar que los elementos estructurales reemplazados con dimensiones menores a las que se tenían inicialmente cumplieran todas las comprobaciones de análisis y de diseño estructural, así como también los elementos estructurales que no han sido reemplazados. En la Figura 63 se muestra a continuación las fallas que el programa Etabs detectó en todos los

elementos estructurales:



**Figura 63. Elementos estructurales que presentan fallas**

También se procedió a verificar, en otro modelo de Etabs el edificio Torre Vista sin aisladores de base con los mismos elementos estructurales reemplazados que en el modelo con aisladores de base, se muestra como resultado que la cantidad de elementos estructurales que presentan fallas es mayor en la estructura sin asilamiento haciendo reducción en las dimensiones de sus elementos estructurales como se muestra a continuación:



**Figura 64. Elementos estructurales que presentan fallas en el edificio que no utiliza aisladores de base**

Analizando cada nivel de la estructura con aisladores de base, se comprueba que los elementos estructurales reemplazados no presentan ninguna falla, así como los elementos no reemplazados en los niveles sin aislamiento, los elementos estructurales que presentan fallas son las vigas de voladizo que mantienen sus dimensiones originales, a continuación, se demuestra en las siguientes figuras:

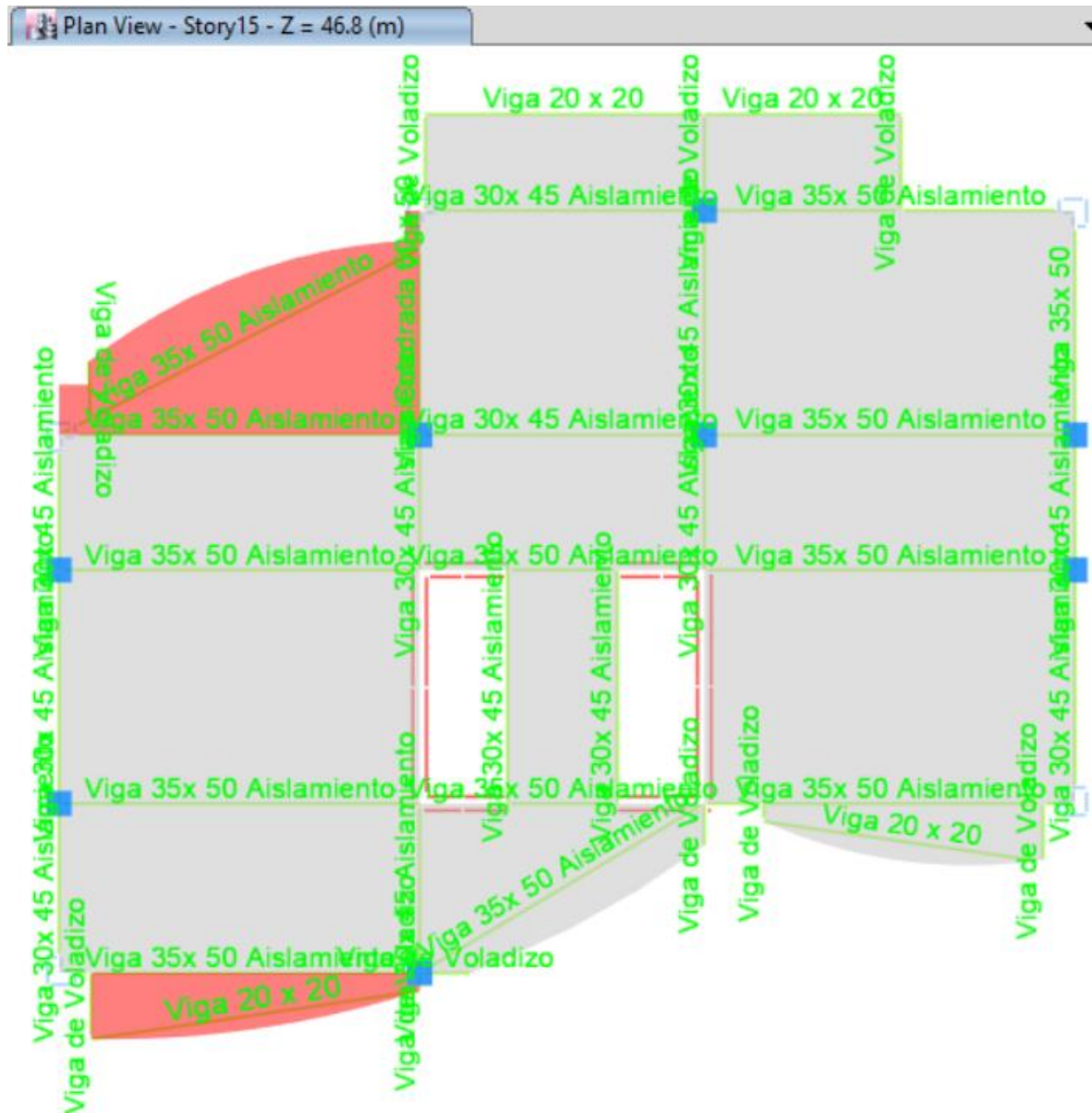


Figura 65. Elementos estructurales reemplazados en el nivel 15



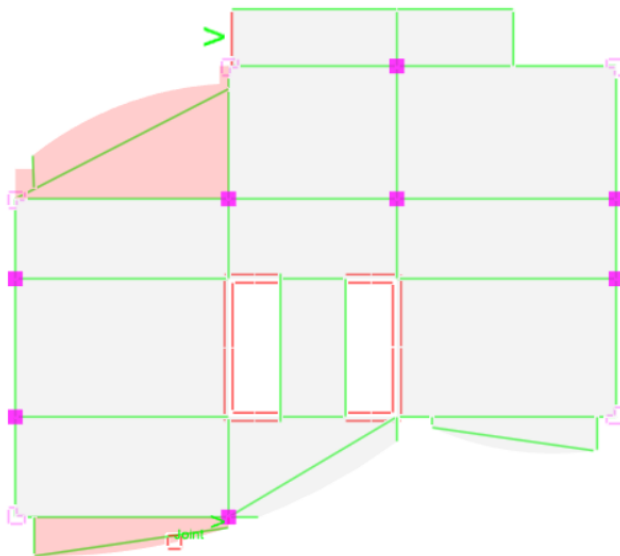


Figura 66. Elementos estructurales que presentan falla en el nivel 15

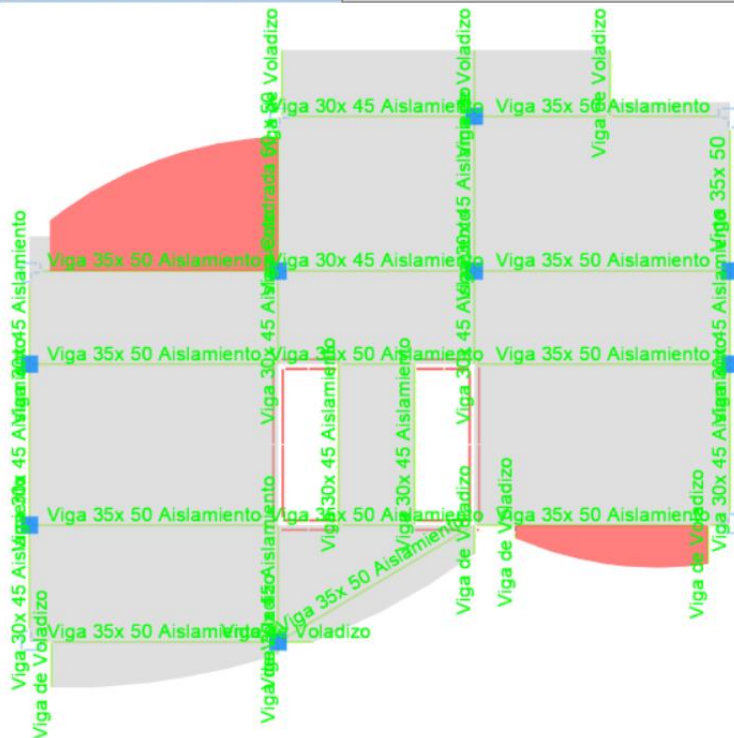


Figura 67. Elementos estructurales reemplazados en el nivel de aislamiento

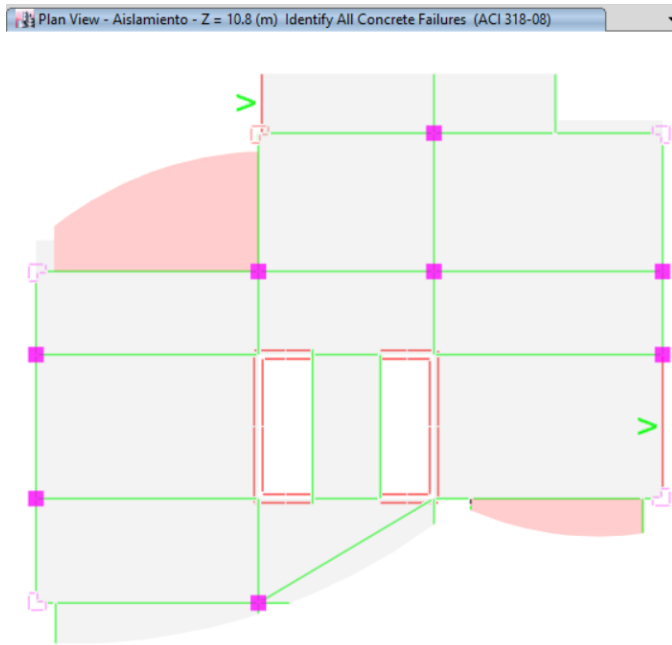


Figura 68. Elementos estructurales que presentan falla en el nivel de aislamiento

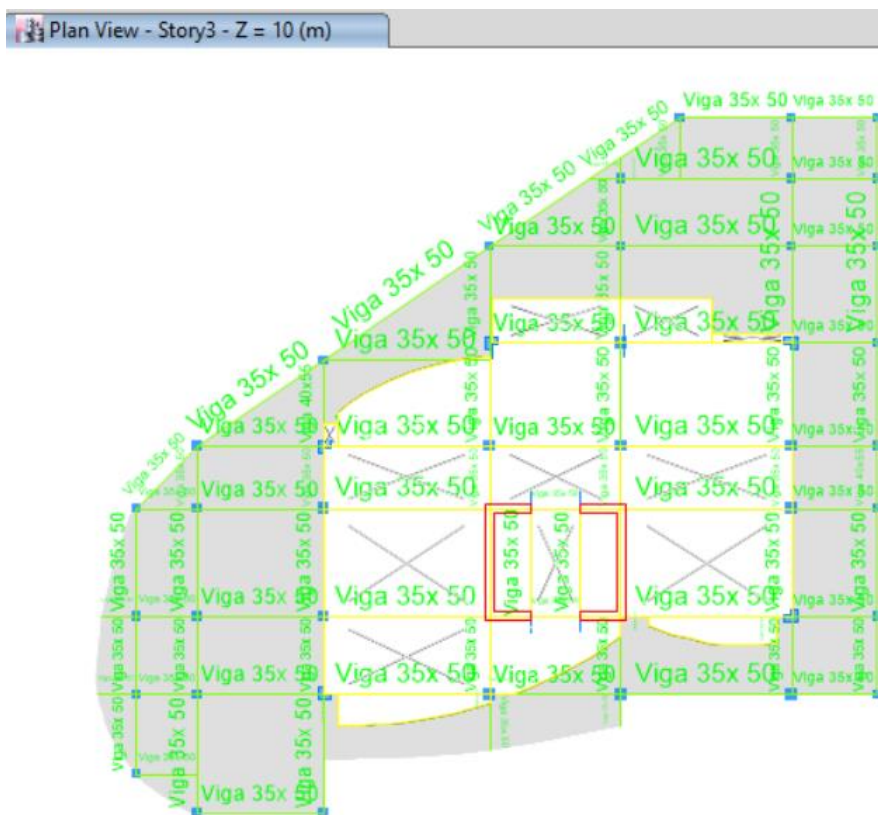


Figura 69. Elementos estructurales que mantienen sus dimensiones en el nivel 3

En la Figura 69 se observa que en el nivel 3, el espacio cubierto por la losa de piso del nivel 4 que es la losa de techo del nivel 3 se ha dejado reflejado como hueco la losa de piso del nivel 3, y solo se han dejado las vigas que mantienen unidas a las columnas, esto debido al nivel extra en la estructura que es el nivel de aislamiento. Para mantener la economía en la estructura, se tomó esa decisión. Si esta consideración no se aplicaba el nivel 3 de la estructura iba a tener una doble losa lo cual genera costos mayores que son innecesarios.

A continuación, en la siguiente figura se muestra la configuración resultante de los niveles de la estructura:

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story15	3	46.8	Yes	None	No	0	Blue
Story14	3	43.8	No	Story15	No	0	Green
Story13	3	40.8	No	Story15	No	0	Cyan
Story12	3	37.8	No	Story15	No	0	Red
Story11	3	34.8	No	Story15	No	0	Magenta
Story10	3	31.8	No	Story15	No	0	Yellow
Story9	3	28.8	No	Story15	No	0	Grey
Story8	3	25.8	No	Story15	No	0	Blue
Story7	3	22.8	No	Story15	No	0	Green
Story6	3	19.8	No	Story15	No	0	Cyan
Story5	3	16.8	No	Story15	No	0	Red
Story4	3	13.8	No	Story15	No	0	Magenta
Aislamiento	0.8	10.8	No	None	No	0	Yellow
Story3	3	10	No	Story15	No	0	Yellow
Story2	3	7	No	Story15	No	0	Grey
Story1	4	4	No	Story15	No	0	Blue
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View

OK Cancel

**Figura 70. Configuración de los niveles del edificio con aisladores Torre Vista**





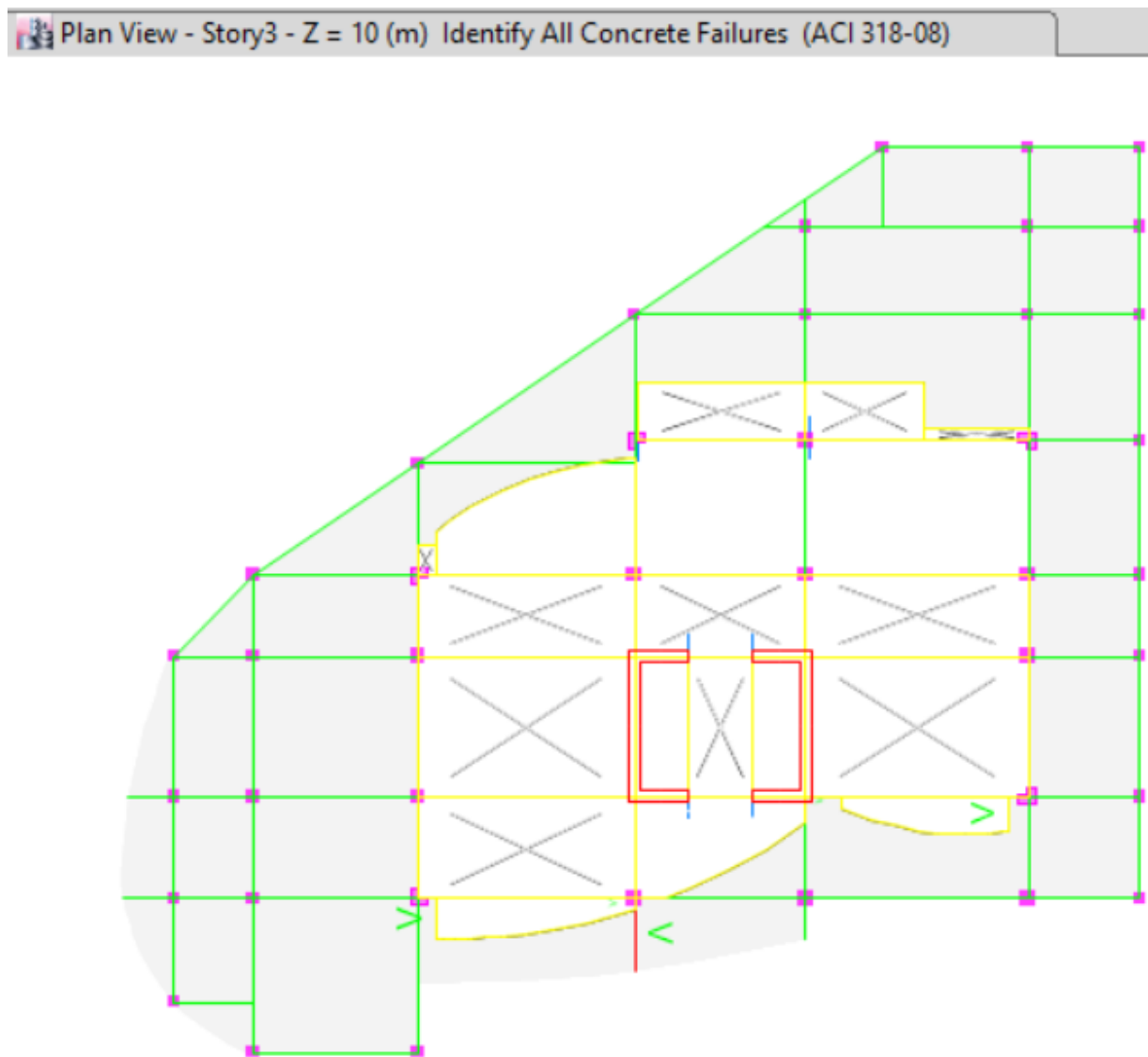
**Figura 71. Aisladores de base colocados como apoyos del nivel de aislamiento**

En la Figura 71 se muestra la configuración estructural que se consideró para la losa de piso del nivel 3, en el cual están apoyados los aisladores de base. Sobre los aisladores se observa que está apoyado el nivel de aislamiento, ya que el piso del nivel 3 queda separado, los aisladores elevan la losa de piso del nivel 3, quedando una irregularidad horizontal, esta losa de piso del nivel 3 es la misma losa que sirve de techo para el nivel 2, la imagen mostrada es el equivalente a tomar una fotografía estando dentro del nivel 2 del edificio Torre Vista.

Como anteriormente se mencionó, para mantener la economía en la estructura, dejando huecos en la losa de piso del nivel 3, el nivel de aislamiento sirve como losa de techo del nivel 2 y

losa de piso del nivel 3 solventando la irregularidad horizontal en la continuidad de esta losa, evitando así tener una doble losa de techo en el nivel dos que es lo mismo que decir una doble losa de piso del nivel 3.

En la Figura 71 también se muestra el uso de los aisladores de base en un nivel distinto a la base de la estructura.



**Figura 72. Elementos estructurales que presentan falla en el nivel 3**

Debido a que el edificio Torre Vista es una estructura que ya se construyó, al ser una estructura ya existente la instalación de los aisladores de base sería un reforzamiento para dicha edificación, es de notar la ventaja en la reducción de las dimensiones de los elementos estructurales si se hubiese tomado en consideración desde el inicio antes de ser construida. En el caso de utilizarse como reforzamiento, en la siguiente figura se muestra la instalación de los aisladores de base en una estructura existente.



**Figura 73. Instalación de aisladores de base como refuerzo en estructuras existentes**

#### 4.2.5 Análisis de costos

**Tabla 52. Volumen de concreto en edificio sin aislamiento de base**

TABLE: Material List by Element Type					
Element Type	Material	Total Weight	Volume	# Pieces	# Studs
		kgf	m3		
Column	Concreto f'c 280	575,238.00	239.68	286	
Beam	Concreto f'c 280	1,344,768.27	560.32	725	0
Wall	Concreto f'c 280	787,814.40	328.26		
Floor	Concreto f'c 210	3,135,637.57	1,306.52		
<b>Total</b>		<b>5,843,458.24</b>	<b>2,434.77</b>		

**Tabla 53. Volumen de concreto en edificio con aislamiento de base**

TABLE: Material List by Element Type					
Element Type	Material	Total Weight	Volume	# Pieces	# Studs
		kgf	m3		
Column	Concreto f'c 280	582,476.40	242.70	299	
Beam	Concreto f'c 280	1,236,150.09	515.06	760	0
Wall	Concreto f'c 280	643,952.64	268.31		
Floor	Concreto f'c 210	3,179,896.71	1,324.96		
<b>Total</b>		<b>5,642,475.84</b>	<b>2,351.03</b>		

En las tablas 52 y 53 se detalla el volumen de concreto necesario para la construcción del edificio Torre Vista, para la estructura sin aislamiento sísmico y para la estructura aislada respectivamente.

La estructura sin aislamiento ocupa un volumen de concreto de 2,437.77 m<sup>3</sup>, con un precio promedio de L 4,000.00 por m<sup>3</sup> de concreto, su costo es de L 9,751,080.00, mientras que la estructura aislada demanda 2,351.03 m<sup>3</sup> de concreto, el costo del concreto para sus elementos estructurales es de L 9,404,120.00.

El volumen de concreto para la estructura con aislamiento de base, se reduce en 86.74 m<sup>3</sup>, lo que representa una reducción en costo de L 346,960.00. Este valor representa un 3.56% de reducción en el volumen y el costo del concreto para los elementos estructurales del edificio aislado, lo que es igual a utilizar el 96.44% del concreto y del costo total que se necesita en la estructura sin aislamiento.

Cabe mencionar que hace falta considerar la reducción en el costo del acero estructural, la cantidad de material que se necesita para el encofrado de los elementos estructurales, la mano de obra necesaria para verter el concreto, entre otros factores.

Al haberse realizado solamente una interacción de reducción de las dimensiones de los elementos estructurales para los niveles aislados y no haber reducido las dimensiones en los niveles sin aislamiento, el costo de la edificación se reduciría mucho más si siguen realizando iteraciones que disminuyan las dimensiones de los niveles no aislados, así como seguir disminuyendo las dimensiones de los elementos aislados.

#### **4.2.6 Presupuesto**

A continuación, se desglosa un presupuesto destinado para el análisis estructural y diseño de un edificio que incluye el uso de aisladores de base del tipo HDR:

**Tabla 52. Presupuesto destinado a la planeación, análisis y diseño estructural de una edificación**

<b>No.</b>	<b>Actividad</b>	<b>Valor (L.)</b>
1	Solvencia del Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras	6,000.00
2	Saldo para llamadas telefónicas e internet	1,000.00
3	Gastos de transporte para reuniones y visitas al proyecto	2,000.00
4	Gastos de oficina	5,000.00
5	Licencias de software para diseño estructural	362,250.00
6	Sistema y equipo de computo para diseño estructural realizado	40,000.00
7	Impresiones y copias de documentos y planos realizado	1,500.00
8	Honorarios profesionales	125,325.00
<b>Total L.</b>		<b>543,075.00</b>

#### 4.2.6 Cronograma de ejecución

A continuación, se detalla el cronograma de ejecución para realizar el análisis y diseño estructural de un edificio que incluye el uso de aisladores de base del tipo HDR.

**Tabla 53. Cronograma de ejecución**

No.	Actividad	Tiempo	Unidad	Supuesto
1	Entrevista con el cliente para recolección de información	2	Días	Entrevista con el cliente y recolección de datos realizada
2	Parámetros geométricos y de configuración estructural	2	Días	Parámetros geométricos y configuración estructural realizada
3	Estimación de cargas gravitacionales	1	Días	Estimación de cargas gravitacionales realizada
4	Parámetros de carga sísmica	1	Días	Parámetros de carga sísmica aplicados
5	Parámetros de carga de viento	1	Días	Parámetros de carga de viento aplicados
6	Realización del modelo estructural bajo a normativa CHOC-08	3	Días	Modelo estructural bajo normativa CHOC-08 realizado
7	Dimensionamiento de elementos estructurales sin el uso de dispositivos de protección sísmica	2	Días	Dimensionamiento de elementos estructurales sin el uso de dispositivos de protección sísmica realizado
8	Pre dimensionamiento de los dispositivos de protección sísmica	2	Días	Predimensionamiento de los dispositivos de protección sísmica realizado
9	Dimensionamiento de los elementos estructurales con el uso de dispositivos de protección sísmica	2	Días	Dimensionamiento de elementos estructurales con el uso de dispositivos de protección sísmica realizado
10	Comparación y selección de la alternativa más económica	3		Comparación y selección de la alternativa más económica realizada
<b>Tiempo total requerido</b>		<b>19</b>	<b>Días</b>	

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La falta de preparación y concientización en la mano de obra, ha permitido que se construyan edificaciones que no cumplen con los requerimientos sísmicos contemplados en el CHOC-08, teniendo edificaciones que ofrecen limitada seguridad a sus ocupantes y una probabilidad de presentar daños graves después de un sismo.

Las edificaciones construidas empíricamente nacen vulnerables a cualquier tipo de eventualidad, ya que carecen de estudios estructurales, ambientales y constructivos. En Honduras, una gran cantidad de estructuras han colapsado donde lamentablemente algunas personas han perdido la vida, colapsos que en algunos casos no son debido a un terremoto, sino debido a derrumbes provocados por colocar un sobre peso que no se calculó, o simplemente debido a la poca resistencia que tienen las estructuras para sostenerse a sí mismas debido a que no se llevó a cabo algún tipo de estudio previo para determinar el correcto diseño y comportamiento de la estructura. Por ello es importante que un profesional de la construcción ya sea un Ingeniero Civil o un Arquitecto sea quien se encargue de la construcción.

En algunos casos, muchas edificaciones al no ser debidamente diseñadas, cuando no es suficiente una reparación estructural o más conveniente es que sean demolidas, aquí es donde radica la importancia de los aisladores de base, así como los aisladores de base protegen a las estructuras nuevas de las acciones sísmicas permitiendo que los elementos estructurales puedan diseñarse con menores dimensiones; y para las estructuras ya existentes, que estas puedan ser reforzadas para aumentar y garantizar el nivel de seguridad para proteger a sus ocupantes de las



acciones sísmicas y las consecuencias que estas generan, evitando incurrir en costos de demolición y los costos de construir una nueva edificación.

- Luego de una revisión de los diferentes dispositivos de protección sísmica encontramos que todos proporcionan:

- Mayor seguridad para los ocupantes de la edificación.
- Disminución de los daños en las edificaciones.
- Disminución de la necesidad de evacuar durante un sismo, a los ocupantes les da tiempo de esperar a que el sismo termine y esperar indicaciones de ser necesaria una evacuación.
- Reducción en las dimensiones de los elementos estructurales.

- Debido a la poca actividad sísmica registrada hasta ahora en el país, y el limitado conocimiento del tema hace que el personal de la industria de la construcción no considere necesario proteger la estructura de daños y posible colapso ante un fuerte sismo.

- De las alternativas de dispositivos de protección sísmica encontramos más práctico y económico el uso de aisladores en la base, colocados entre la estructura y la cimentación.

- Los aisladores sísmicos fueron diseñados con la Norma UBC - 97 y se concluye que:

- La respuesta estructural del edificio con aisladores sísmicos tiene un mejor comportamiento que el edificio sin aisladores sísmicos, debido a que las derivas de entrepiso y los esfuerzos son minimizados, aunque los aisladores presentan un mayor desplazamiento absoluto para toda la estructura, dichos desplazamientos absolutos no son perceptibles por los ocupantes debido a que se dan en el nivel de aislamiento.
- Las derivas de entrepiso se han disminuido, para el análisis con espectro de respuesta según normas del CHOC-08 se han disminuido en promedio un 25%.

- Los desplazamientos obtenidos por la estructura aislada muestran una mejor distribución vertical, y los desplazamientos absolutos de la edificación son mayores que el caso de la estructura sin aislamiento, esto debido al incremento en el periodo T de la estructura, generando reducción de las fuerzas sísmicas en la edificación reduciendo los daños a los elementos estructurales y no estructurales.

## **5.2 Recomendaciones**

- El Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras CICH debe hacer una revisión y actualización al capítulo que hace mención sobre los procedimientos alternativos para determinar las fuerzas sísmicas del Código Hondureño de la Industria de la Construcción CHOC-08, no solo mencionando las alternativas a usar, sino sugiriendo el procedimiento de análisis y diseño; además, deben capacitar al personal de la industria de la construcción para implementar el diseño sísmico en todas las nuevas edificaciones.
- Se recomienda considerar los parámetros estructurales y especificaciones de materiales para su diseño, por ejemplo, en el caso de las líneas de servicio como ser las tuberías de agua potable, aguas negras y energía eléctrica deben de ser flexibles para que éstas no se vean afectadas por el desplazamiento de la estructura. Verificar la calidad de los materiales a utilizar en las edificaciones, y verificar que se realice el correcto procedimiento constructivo.
- El colegio de Ingenieros Civiles CICH en conjunto con las instituciones de educación superior deben concientizar e incentivar el estudio de técnicas modernas de protección sísmica.
- Se debe considerar un estudio futuro con una visión interdisciplinaria para apreciar a partir de cuántos niveles se vuelve viable económicamente la construcción de edificios con aislamiento en la base.

- Se podría emplear este método para el diseño de aisladores sísmicos en edificaciones esenciales, tal es el caso de hospitales y clínicas que se encuentren en zonas de alta actividad sísmica, dando protección a los usuarios y a los equipos que se encuentran en ellos.

**Tabla 54. Concordancia de segmentos de la tesis con la propuesta**

Titulo	Problema	Objetivos		Conclusiones	Recomendaciones	Propuesta
		General	Especificos			
Dispositivos de Proteccion Sismica en las Edificaciones en Honduras	Limitada protección sísmica en las edificaciones de Honduras.	Evaluar el mejoramiento del desempeño sísmico de una estructura de hormigón reforzado con la implementación de los dispositivos de protección sísmica en las construcciones de edificios, mediante un método de diseño de aisladores para su utilización en las edificaciones nuevas y antiguas de Honduras.	Identificar los factores que afectan la seguridad y el comportamiento de las estructuras durante y después de un sismo.	La falta de preparación y concientización en la mano de obra, ha permitido que se construyan edificaciones que no cumplen con los requerimientos sísmicos contemplados en el CHOC-08, teniendo edificaciones que ofrecen limitada seguridad a sus ocupantes y una probabilidad de presentar daños graves después de un sismo.	El Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras CICH debe hacer una revisión y actualización al Código Hondureño de la Industria de la Construcción CHOC-08; además, deben capacitar al personal de la industria de la construcción para implementar el diseño sísmico en todas las nuevas edificaciones.	Método de diseño para la implementación de dispositivos de protección sísmica, para su utilización en la base de las edificaciones nuevas y antiguas en Honduras.

**Continuación Tabla 54. Concordancia de segmentos de la tesis con la propuesta**

<p>Dispositivos de Protección Sísmica en las Edificaciones en Honduras</p>	<p>Limitada protección sísmica en las edificaciones de Honduras.</p>	<p>Evaluar el mejoramiento del desempeño sísmico de una estructura de hormigón reforzado con la implementación de los dispositivos de protección sísmica en las construcciones de edificios, mediante un método de diseño de aisladores para su utilización en las edificaciones nuevas y antiguas de Honduras.</p>	<p>Analizar los beneficios del uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones que sean más vulnerables a las fallas provocadas por los sismos.</p>	<p>Luego de una revisión de los diferentes dispositivos de protección sísmica encontramos que todos ellos proporcionan:          - Mayor seguridad para los ocupantes de la edificación.          -Disminución de los daños en las edificaciones.          -Disminución de la necesidad de evacuar durante un sismo, a los ocupantes les da tiempo de esperar a que el sismo termine y esperar indicaciones de ser necesaria una evacuación.          -Reducción en las dimensiones de los elementos estructurales.</p>	<p>Se debe considerar una visión interdisciplinaria para apreciar la posibilidad económica y práctica de construir un edificio con aislamiento en la base.</p>	<p>Método de diseño para la implementación de dispositivos de protección sísmica, para su utilización en la base de las edificaciones nuevas y antiguas en Honduras.</p>
--	--	---	--	---	--	--

**Continuación Tabla 54. Concordancia de segmentos de la tesis con la propuesta**

<p>Dispositivos de Protección Sísmica en las Edificaciones en Honduras</p>	<p>Limitada protección sísmica en las edificaciones de Honduras.</p>	<p>Evaluar el mejoramiento del desempeño sísmico de una estructura de hormigón reforzado con la implementación de los dispositivos de protección sísmica en las construcciones de edificios, mediante un método de diseño de aisladores para su utilización en las edificaciones nuevas y antiguas de Honduras.</p>	<p>Realizar un análisis comparativo de un edificio diseñado con el modelo convencional y otro usando aisladores de protección sísmica.</p>	<p>Para el método de diseño de los aisladores sísmicos, se utilizó la norma UBC - 97 y se concluye que: La respuesta estructural del edificio con aisladores sísmicos tiene un mejor comportamiento que el edificio sin aisladores sísmicos, debido a que las derivas y esfuerzos son minimizados, aunque los aisladores presentan un mayor desplazamiento absoluto a nivel de diafragmas.</p>	<p>Se recomienda considerar los parámetros estructurales y especificaciones de materiales y diseño, por ejemplo en caso de las tuberías que se ven afectadas por el desplazamiento de la estructura.</p>	<p>Método de diseño para la implementación de dispositivos de protección sísmica, para su utilización en la base de las edificaciones nuevas y antiguas en Honduras.</p>
--	--	---	--	--	--	--

**Continuación Tabla 54. Concordancia de segmentos de la tesis con la propuesta**

<p>Dispositivos de Protección Sísmica en las Edificaciones en Honduras</p>	<p>Limitada protección sísmica en las edificaciones de Honduras.</p>	<p>Evaluar el mejoramiento del desempeño sísmico de una estructura de hormigón reforzado con la implementación de los dispositivos de protección sísmica en las construcciones de edificios, mediante un método de diseño de aisladores para su utilización en las edificaciones nuevas y antiguas de Honduras.</p>	<p>Proponer un método de diseño que cumpla con las normas de construcción y de seguridad para lograr construir edificaciones más resistentes y duraderas ante las solicitaciones requeridas en Honduras.</p>	<p>De las alternativas de dispositivos de protección sísmica encontramos más práctico y económico el uso de aisladores en la base, colocados entre la estructura y la cimentación.</p>	<p>Se podría emplear esta guía para el diseño de aisladores sísmicos en edificaciones esenciales tal es el caso de hospitales y clínicas que se encuentren en zonas de alta actividad sísmica, dando protección a los usuarios y a los equipos que se encuentran en ellos.</p>	<p>Método de diseño para la implementación de dispositivos de protección sísmica, para su utilización en la base de las edificaciones nuevas y antiguas en Honduras.</p>
--	--	---	--	--	--	--

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca, Bolomey, Boroschek, Castañeda, De Miguel, García, Jorquera, Navarro, Santa María, Searle y Veras, (2011). Introducción. **Protección Sísmica de Estructuras. Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía**, p. 11
2. Aislación Sísmica y Disipación de Energía, (2010). Aislación Sísmica de Base. En Centro de Computación Universidad de Chile. **Recuperado el 5 de junio de 2018 de <http://www.cec.uchile.cl/~dicesco/aislacion.html>**
3. Aislación Sísmica y Disipación de Energía, (2010). Disipación de Energía. En Centro de Computación Universidad de Chile. **Recuperado el 5 de junio de 2018 de <http://www.cec.uchile.cl/~dicesco/aislacion.html>**
4. Aisladores y Disipadores Sísmicos. ¿Cómo Decidir?, (2017). Aislación Sísmica de Base. **Recuperado de: <https://www.quaketek.com/es/news-updates/aisladores-vs-disipadores-sismicos-como-decidir/>**
5. Aiken I., (1996). Passive Energy Dissipation - Hardware and Applications. **Recuperado de [http://www.siecorp.com/publications/papers/ida\\_1996a.pdf](http://www.siecorp.com/publications/papers/ida_1996a.pdf) a partir de**
6. Bazán y Meli, (2010). Causas y Efectos de los Sismos. **Diseño Sísmico de Edificios**, p. 15
7. Bernal C., (2010). **Metodología de la Investigación**.
8. Canaan R., (2018). lifeder.com. **Recuperado de Los 9 Tipos de Métodos de Investigación Más Habituales**.
9. Canizalez O., (2011). **Investigación Descriptiva. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/47429622/INVESTIGACION-DESCRIPTIVA>**



10. Castillo, Ferrera, Chávez, Rivera, Torre, Moncada, Alvarado, Barahona, Soto y Andino, (2008). Diseño por Sismo. Generalidades. **Código Hondureño de Construcción, primera edición**, p. 1-17.
11. Castillo, Ferrera, Chávez, Rivera, Torre, Moncada, Alvarado, Barahona, Soto y Andino, (2008). Diseño por Sismo. Movimiento del suelo. **Código Hondureño de Construcción, primera edición**, p. 1-33.
12. Castillo, Ferrera, Chávez, Rivera, Torre, Moncada, Alvarado, Barahona, Soto y Andino, (2008). Diseño por Sismo. Procedimientos alternativos. **Código Hondureño de Construcción, primera edición**, p. 1-27.
13. CHOC, (2008). **Tegucigalpa: XMEDIA.**
14. Crisafulli y Villafañe, (2002). Introducción. **Guía de Estudio Espectros de Diseño y de Respuesta**, p. 1
15. Escamilla D., (2013). Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo. **Recuperado de [https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/8046/discover?filtertype\\_0=subject&filter\\_0=TECHNOLOGY&filter\\_relational\\_operator\\_0>equals&filtertype=author&filter\\_relational\\_operator>equals&filter=Dzul+Escamilla%2C+Marisela](https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/8046/discover?filtertype_0=subject&filter_0=TECHNOLOGY&filter_relational_operator_0>equals&filtertype=author&filter_relational_operator>equals&filter=Dzul+Escamilla%2C+Marisela)**
16. Explique en que consiste el Método Estático y el Método modal Espectral. **Recuperado de: [http://www.academia.edu/9677578/Explique\\_en\\_que\\_consiste\\_el\\_M%C3%A9todo\\_Est%C3%A1tico\\_y\\_el\\_M%C3%A9todo\\_modal\\_Espectral](http://www.academia.edu/9677578/Explique_en_que_consiste_el_M%C3%A9todo_Est%C3%A1tico_y_el_M%C3%A9todo_modal_Espectral)**
17. Gatica, (2012). Introducción. **Respuesta Sísmica De Un Edificio De Estructura Metálica Con Aisladores. Alternativas De Diseño**, p. 7

18. Kelly T., (2001). In-Structure Damping and Energy Dissipation-Design Guidelines. Wellington, New Zealand: Holmes Consulting Group, Ltd. **Recuperado de** <http://www.emke.com.tr/sites/default/files/resources/regulations/DamperDesignGuidelines-US.pdf>
19. Key, D., (1984). The Seismic Performance of Energy Absorbing Dampers in Building Structures. Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering. **Recuperado de** [http://www.nzsee.org.nz/db/Bulletin/Archive/17\(1\)0038.pdf](http://www.nzsee.org.nz/db/Bulletin/Archive/17(1)0038.pdf)
20. Obando, (2016). El 75% de os Nuevos Edificios del Distrito Centra son Antisísmicos. **Recuperado de:** <http://www.elheraldo.hn/tegucigalpa/972870-466/el-75-de-los-nuevos-edificios-del-distrito-central-son-antis%C3%ADsmicos>
21. Pérez, (2016). El 75% de os Nuevos Edificios del Distrito Centra son Antisísmicos. **Recuperado de:** <http://www.elheraldo.hn/tegucigalpa/972870-466/el-75-de-los-nuevos-edificios-del-distrito-central-son-antis%C3%ADsmicos>
22. Pérez, (2016). La Clase Alta de la Capital Ocupa Unos 10 Sectores. **Recuperado de:** <http://www.elheraldo.hn/tegucigalpa/1056780-466/la-clase-alta-de-la-capital-ocupa-unos-10-sectores>
23. Pickers, S., (2015). Psyma. **Recuperado de** <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2495>
24. Protección Sísmica de Estructuras. Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía, (2012). **Recuperado de:** <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2495>
25. Salas, (2013). Principios de Diseño. **El Diseño por Capacidad en Elementos de Hormigón Armado**, p. 1

26. Sánchez A., (2014). **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE DISIPADORES HISTERÉTICOS DE FLUENCIA PARA EL MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL** . Guayaquil.
27. Soong, T., Spencer, B. (2002). Supplemental Energy Dissipation. **Recuperado de Recuperado a partir de <http://sstl.cee.illinois.edu/papers/SoongSpencer.pdf>**
28. Rojas, (2012). Sismología y Arquitectura Sísmica. **Proyecto Arquitectónico en Zonas Sísmicas**, p. 30
29. Rosenblueth y Newmark, (1982). **Fundamentos de Ingeniería Sísmica**.
30. Saavedra, (2016). Verificación del Cortante Basal Según Covenin 1756-2001. **Recuperado de: <https://saavedraonline.wordpress.com/2016/10/29/verificacion-del-cortante-basal-segun-covenin-1756-2001/>**
31. Smichdt y Quiróz, (2006). Definición del Acelerograma. **Caracterización de los Registros Acelerográficos Obtenidos en el Laboratorio de Ingeniería Sísmica de la Universidad de Costa Rica**, p. 30

## ANEXOS

### **Anexo I, Encuesta:**

Somos estudiantes de postgrado de la Maestría en Ingeniería de Estructuras de UNITEC. El objetivo de esta encuesta es conocer las opiniones de las personas que se dedican a la construcción sobre el diseño sísmico en las edificaciones de Honduras. Seleccione una respuesta para cada pregunta. Gracias por su tiempo.

1. ¿Qué tipo de formación ha recibido como constructor?
  - a. A través de otros constructores
  - b. Curso de formación como albañil
  - c. Curso de formación como Maestro de Obra
  - d. Estudios superiores de ingeniería civil y/o arquitectura
  - e. Soy un profesional ajeno a la construcción
  
2. Años de experiencia:
  - a. 0-5
  - b. 5-10
  - c. 10-15
  - d. Mas de 15
  
3. ¿Qué métodos conoce para la protección sísmica de una edificación?
  - a. Aislamiento sísmico

- b. Disipación de energía
- c. Ambos métodos de protección
- d. Ninguno

4. ¿Sabe cuál es la normativa de construcción de Honduras?

- a. Si
- b. No

5. ¿Sabe cuáles son los métodos de análisis para calcular las Acciones Sísmicas en el Código Hondureño de Construcción?

- a. Si
- b. No

6. ¿Qué cree que influye en que una edificación sufra daños después de un evento sísmico?

- a. Falta de supervisión cuando se ejecutó la edificación
- b. Falta de materiales de buena calidad
- c. No se hizo la consideración sísmica que propone el CHOC-08
- d. Mano de obra con poca experiencia
- e. Nada

7. ¿Cuáles son los efectos que sufre una estructura después de un evento sísmico?

- a. Ninguno
- b. Solo se presentan daños estéticos (grietas en paredes)

- c. Deflexiones en losas
- d. Daños mayores que pueden ser reparados
- e. Colapso de la estructura

8. ¿Qué resultado esperaría con el uso de dispositivos de protección sísmica?

- a. Ninguno
- b. Aumento en el costo de la edificación
- c. Disminución de los daños en las edificaciones
- d. Mayor seguridad para los ocupantes

9. ¿Sera ventaja instalar los dispositivos de protección sísmica en edificaciones ya existentes?

- a. Si.
- b. No.

10. ¿Usted utilizaría los dispositivos de protección sísmica en las edificaciones?

- a. Si
- b. No

**Anexo II, Entrevista:**

Somos estudiantes de postgrado de la Maestría en Ingeniería de Estructuras de UNITEC. El objetivo de esta entrevista es conocer las opiniones de las personas involucradas en la industria de la construcción sobre el diseño sísmico en las edificaciones de Honduras. Escriba su respuesta sobre las líneas. Gracias por su tiempo.

1. ¿Cree usted que es importante concientizar a las personas que se dedican a la construcción a que le den importancia a la utilización de dispositivos de protección sísmica ¿Por qué?

R/ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. ¿Cuál cree usted que sean las causas principales que generan deterioro en las edificaciones después de un sismo?

R/ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. ¿Por qué cree usted que algunos diseñadores y constructores no consideran las acciones sísmicas en el diseño estructural?

R/ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. ¿En qué cree que beneficiaría a los constructores el uso de dispositivos de protección sísmica en las edificaciones?

R/ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. ¿Cree usted que tendría alguna desventaja el uso de dispositivos de protección sísmica en las construcciones?

R/ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



# VISTO BUENO ASESOR TEMÁTICO

Comparto 'Constancia de Asesor Temático.docx' contigo



Karla Antonia Ucles Breve

Hoy, 13:48

ZELAYA OVIEDO CARLOS AUGUSTO; ELMER JOSUE ZELAYA GARCIA; VIDEA CASTELLANOS DIANA MARLEN



Responder a todos | v



Constancia de Asesor Te...

13 KB

descargar Guardar en OneDrive - Universidad Tecnologica Centroamericana

Buenas tardes Doctor Zelaya,

Comparto constancia de asesor temático.

Saludos cordiales

## VISTO BUENO ASESOR LINGÜÍSTICO

Tesis Dispositivos de Protección Sísmica en las Edificaciones de Honduras 0 1 ▾



Ana Aguilera <anaaguilera2437@gmail.com>

Hoy, 11:05



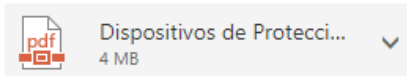
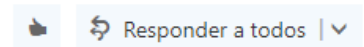
Estimado Elmer, las correcciones gramáticas y ortográficas ya fueron realizadas. Su tesis cumple con todos los requisitos. Saludos cordiales.



ELMER JOSUE ZELAYA GARCIA

Hoy, 08:16

anaaguilera2437@gmail.com ▾



descargar Guardar en OneDrive - Universidad Tecnologica Centroamericana

Buen día Licenciada Aguilera, envío adjunta nuestra tesis Dispositivos de Protección Sísmica en Honduras, para su revisión gramática y ortográfica.

Muchas gracias.

## CONSTANCIA DE LECTURA

Yo, **Ana Margarita Aguilera Rivas**, Licenciada en Letras con Orientación en Lingüística por la UNAH, con número de identidad 0602-2004-00050, hago constancia y doy fe que el documento **Tesis Dispositivos de Protección Sísmica en las Edificaciones de Honduras** cumple con los requisitos de redacción y ortografía, asimismo cumple con todos los lineamientos establecidos por el Manual de Normas APAS (Asociación Americana de Psicología, por sus siglas en inglés), por lo tanto, en mi condición de profesional de las Letras avalo el trabajo presentado por los maestrantes **Elmer Josué Zelaya García y Diana Marleny Videa Castellanos** en cuando a redacción y ortografía se refiere.

Dado a en Tegucigalpa, a los 05 días del mes de julio, del año 2018.

---

**Ana Margarita Aguilera Rivas**

anaaguilera2437@gmail.com

+504 9662-1150

## CONSTANCIA DE LECTURA

Yo, **Karla Antonia Uclés Brevé**, Ingeniera Civil por la UNAH, Máster en Administración de Proyectos por la UNITEC, con número de identidad 0801-1960-02652, hago constancia y doy fe que he revisado la **Tesis Dispositivos de Protección Sísmica en las Edificaciones de Honduras** cuyos tesantes habían sido asesorados por especialistas estructurales.

De la revisión concluyo que el trabajo cumple con el aporte esperado, por lo que procedo a dar el visto bueno, de manera que los alumnos **Elmer Josué Zelaya García** y **Diana Marleny Videa Castellanos** se sometan a la defensa respectiva.

Dado a en Tegucigalpa, a los 05 días del mes de julio, del año 2018.

---

**Karla Antonia Uclés Brevé**

karla\_ucles@unitec.edu

+504 9452-0052