

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña  
Facultad de Ciencias y Tecnología  
Escuela de Ingeniería Civil



**Evaluación Estructural de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UNPHU, conforme al Código R-001-11 de la República Dominicana**

Trabajo de grado presentado por:

Pamela García Reyes  
Rafael Antonio Melo Mateo

Para la obtención del título de:  
**Ingeniero Civil**

Asesor:  
Ing. Ramón Emilio Tavárez Bello

Santo Domingo, D.N.  
2016

## **Agradecimientos**

---

A Dios, por darme la oportunidad de estar vivo para cumplir con este deseo tan anhelado.

A mis padres y tutores por apoyarme en todo momento y apoyarme siempre en cada paso a lo largo de mi vida.

A mi abuela, por inculcar en mi la buena costumbre de estudiar y el amor a la enseñanza y al conocimiento.

A mis hermanos y hermanas, por darme la inspiración para ser el ejemplo a seguir para ellos.

A mis tíos, primos y demás familiares por nunca dejar de creer en mí.

A mi querida compañera Pamela García, por brindarme su apoyo desde el inicio de nuestra carrera. Sin ella esto no fuese posible.

A mis profesores: Ing. Ramón Tavárez, Ing. Francisco Martínez, Ing. Carlos Troncoso, Ing. Dolly Martínez y todos los demás docentes que nos brindaron su conocimiento dentro y fuera de la institución. Agradezco y admiro su vocación.

**Rafael Antonio Melo Mateo**

## Agradecimientos

---

A Dios, por haberme dado la oportunidad de haber venido a este mundo.

A mis padres, por el gran apoyo que me dieron a lo largo de mi carrera y vida.

A mi tío, Ing. Julio Reyes, por haberme inculcado el deseo de aprender para ser mejor cada día y por habernos ayudado en el proceso de nuestro trabajo de grado.

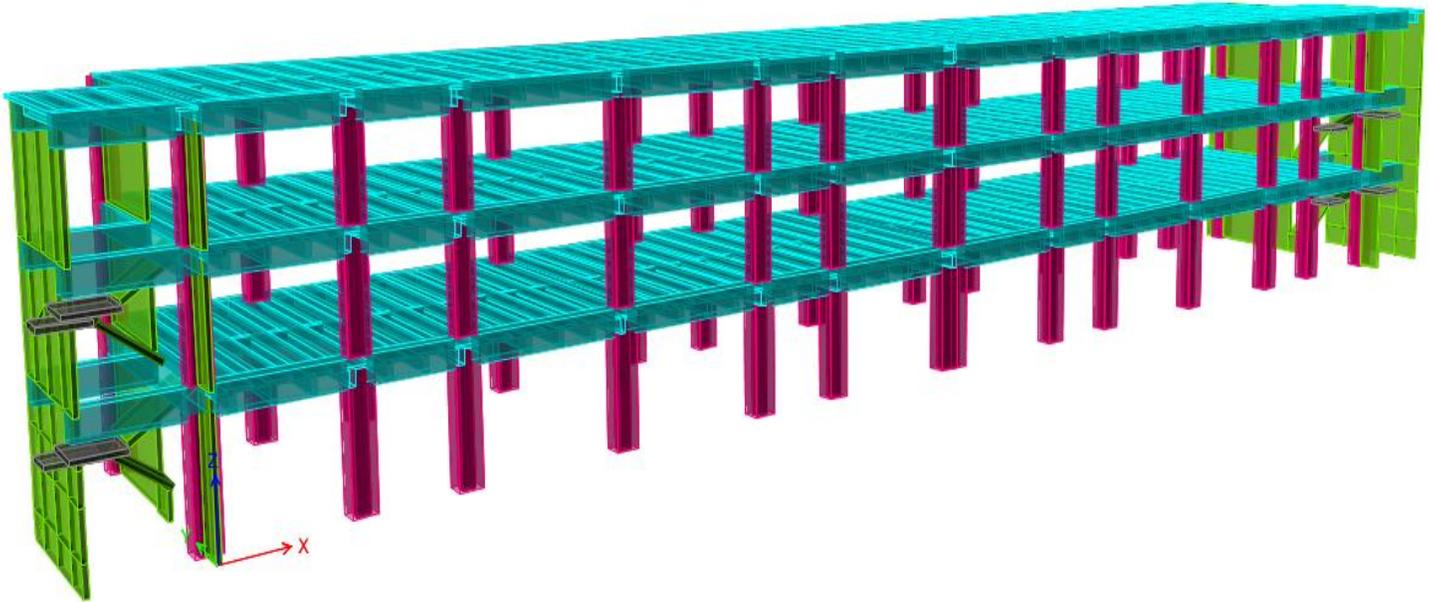
A mis abuelos, por siempre quererme, apoyarme y jamás perder la esperanza en mí.

A mi compañero de vida y de estudios Rafael Antonio Melo, por siempre apoyarme y enseñarme que si quieres algo, debes de luchar por ello con todas tus fuerzas. Sin ti nada de esto hubiera sido posible.

A mis compañeros de estudios que me acompañaron en estos 3 años.

A mis profesores asesores: Ing. Ramón E. Tavárez e Ing. Francisco Martínez, por ser mi ejemplo a seguir y por creer en nosotros y en nuestra capacidad para la realización de este trabajo de grado.

**Pamela García Reyes**



**Evaluación Estructural de la Facultad de Ciencias  
y Tecnología de la UNPHU, conforme al código  
R-001-11 de la República Dominicana**

# Tabla de contenido

---

INTRODUCCIÓN.....	7
<b>CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Preguntas de la investigación.....	8
<b>1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.2.1 Objetivo General.....	8
1.2.2 Objetivos Específicos .....	8
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 MARCO CONTEXTUAL .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 ENFOQUES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
3.3.1 Descripción General del Proyecto.....	24
3.3.2 Descripción Estructural.....	24
3.3.3 Materiales .....	25
3.3.4 Códigos y Referencias.....	25
3.3.5 Patología en las Edificaciones.....	25
3.3.5.1 Defectos Producidos por el Diseño del Proyecto .....	27
3.3.5.2 Influencia de Dimensión Horizontal Elongada en Edificaciones .....	28
3.3.5.3 Influencia de Susceptibilidad a la Torsión en Edificaciones .....	29
3.3.5.4 Influencia de Flexibilidad en Edificaciones.....	29
3.3.5.5 Conexión Viga-Columna con Falla de Adherencia .....	30
<b>3.4 ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>31</b>
3.4.1 Determinación del Espectro Sísmico .....	31
3.4.2 Análisis de carga.....	35
3.4.3 Descripción de Instrumento de Ensayo no Destructivo Rebar Scope .....	37
3.4.4 Procedimiento de Recogida de Datos con el Instrumento de Ensayo no Destructivo Rebar Scope .....	38
<b>3.5 PROCEDIMIENTO MODELADO EN ETABS.....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 PARTICIPACIÓN DE MASA .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2 DERIVAS TORSIONALES.....</b>	<b>49</b>
4.2.1 Derivas Torsionales Edificio Actual .....	49

4.2.2 Derivas Torsionales Edificio Solución.....	50
<b>4.3 PERÍODOS DE VIBRACIÓN.....</b>	<b>51</b>
4.3.1 Períodos de Vibración Edificio Actual      4.3.2 Períodos de Vibración Edificio .....	52
<b>4.4 DERIVAS DE PISO .....</b>	<b>52</b>
4.4.1 Derivas de Piso Edificio Actual.....	53
4.4.2 Derivas de Piso Edificio Solución.....	53
<b>4.5 DESPLAZAMIENTOS DE CENTRO DE MASA EN DIAFRAGMAS.....</b>	<b>53</b>
4.5.1 Desplazamientos de Centro de Masa en Diafragmas Edificio Actual .....	54
<b>4.6 ANÁLISIS SÍSMICO .....</b>	<b>55</b>
4.6.1 Análisis sísmico edificio actual.....	55
4.6.2 Análisis sísmico edificio solución .....	56
<b>4.7 PORCENTAJE DE CAPACIDAD RESISTENTE EN USO DE COLUMNAS.....</b>	<b>57</b>
<b>4.8 PORCENTAJE DE CAPACIDAD RESISTENTE EN USO DE COLUMNAS EN EDIFICIO SOLUCIÓN .....</b>	<b>58</b>
<b>4.9 RESULTADOS OBTENIDOS POR LEVANTAMIENTO CON “REBAR SCOPE” .....</b>	<b>59</b>
<b>5.0 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
5.1.0 PROPUESTA AMPLIACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA .....	62
<b>6.0 CONCLUSIÓN.....</b>	<b>63</b>
<b>7.0 ANEXOS.....</b>	<b>64</b>
<b>8.0 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>73</b>
9.0 ANEXO PLANOS ESTRUCTURALES DE LAS PROPUESTAS PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA .....	75

# Introducción

---

Gracias a los avances en la ciencia y en la tecnología, el ser humano ha podido llegar más lejos al momento de realizar investigaciones científicas, en el caso de la ingeniería estructural, investigaciones que han permitido conocer el verdadero comportamiento de una estructura ante un evento inusual, una sobrecarga, etc. Estos avances han dado paso a la realización de modificaciones en los distintos códigos que rigen el diseño y análisis de obras civiles. En el caso de la República Dominicana el Reglamento para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras R-001, cuya actualización más reciente y vigente a la fecha fue en el año 2011, con un período de treinta y dos (32) años respecto a la versión anterior de 1979. Dando lugar a cuestiones como: ¿Qué sucederá entonces con las estructuras que fueron construidas hace décadas y que no cumplen con los códigos actuales?, ¿Cuáles serían las posibles soluciones para aumentar la capacidad resistente de este tipo de estructuras?

Este trabajo se realizará mediante un análisis dinámico y estático lineal para observar el comportamiento de la estructura hoy en día y determinar una solución que se ajuste a los requerimientos del código actual.

Esta investigación surgió debido a que la Fundación Universitaria Dominicana Pedro Henríquez Ureña (FUDPHU), desea comprobar el comportamiento de las edificaciones del campus y realizar readecuaciones estructurales de todos los edificios que sean necesarias y para ello es necesario llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad sísmica, ya que estos edificios se construyeron hace alrededor de 37 años, cuando el reglamento para el análisis y diseño sísmico de estructuras no existía y por ende no se puede asegurar su capacidad estructural frente a un evento sísmico.

# Capítulo I Problema de investigación

---

## 1.1 Planteamiento del problema

En la época en la cual fue construida nuestra edificación en estudio los conocimientos acerca de la correcta respuesta estructural que posee una edificación ante eventos sísmicos, no era tan precisa como en la actualidad, por lo que es posible que los elementos estructurales de la facultad de ciencias y tecnología de la UNPHU, no cuente con las cuantías de acero de refuerzo, dimensiones y calidad de materiales mínimas; necesarios para la capacidad resistente requerida para el uso de la edificación.

### 1.1.1 Preguntas de la investigación

1-¿Qué importancia tiene la realización de una evaluación estructural estática y dinámica previo al análisis de no linealidad?

2-¿Cuáles son los parámetros principales para llevar a cabo la evaluación estructural?

3-¿Cuáles serían las posibles soluciones en caso de que la estructura no cumpla con el Reglamento para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras R-001-11 de la República Dominicana?

## 1.2 Objetivos de la investigación

### 1.2.1 Objetivo General

Realizar una evaluación Estructural al Edificio 2 de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña conforme al código R-001-11.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Mostrar la importancia de la realización de una evaluación estructural en edificaciones.

-Describir los parámetros a analizar y conceptos de importancia basándonos en los reglamentos que rigen una evaluación estructural.

-Proponer una o varias soluciones posibles en el ámbito constructivo, que permita el correcto desempeño de nuestra estructura en estudio ante los eventos a la que podría estar sometida nuestra edificación.

### **1.3 Justificación**

Debido a la necesidad de ampliación de esta edificación a causa del incremento de la matriculación en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, surge la preocupación de que la estructura sea capaz de soportar los efectos actuales.

Debido a la antigüedad de este edificio y que su diseño fue basado en códigos obsoletos en la actualidad, es de gran importancia conocer la respuesta que proporcionará la estructura, con la finalidad de prevenir daños irreversibles en la estructura o en el peor de los casos una falla o rotura de algún elemento principal que compone el sistema de soporte.

Sin la realización de este tipo de evaluaciones, no es posible conocer el estado actual de la estructura, puesto que no solamente el aumento de carga, el sismo o algún evento inusual, puede generar daños; “también los errores constructivos pueden generar posibles modos de falla que amenazan directamente la capacidad de la estructura para sostener cargas verticales y mantener un comportamiento lateral estable.” (ATC-40, 1996, pág. 5).

## 1.4 Alcances y Limitaciones

- 1- Nuestro modelo principal de trabajo será específicamente la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.
- 2- Los códigos, normas y recomendaciones en los que nos basaremos serán: R-001-11 (Figura 1-2), ASCE (Figura 2-3). FEMA (Figura 3-4) ATC-40 (Figura 4-5)
- 3- Los análisis que efectuaremos no sobrepasarán los límites de la linealidad.
- 4- Nos limitaremos a comprobar la efectividad del edificio en estudio sin la finalidad de rediseñar la estructura.
- 5- No se realizará ningún tipo de comparación económica o análisis de costos.



Figura 1-2



Figura 3-4



Figura 2-3



Figura 4-5

## 1.5 Antecedentes de la Investigación

Dentro de los estudios estructurales realizados en los últimos años en la República Dominicana pudimos encontrar una gran cantidad de trabajos realizados en centros comerciales, edificios de apartamentos, fábricas, laboratorios de productos farmacéuticos y demás estructuras; sin embargo, el uso de las estructuras anteriormente mencionadas no varían los procedimientos o fases que deben llevarse a cabo para la realización de una evaluación estructural, las cuales son:

### **Fase 1: Evaluación preliminar, que incluye en general:**

- La recopilación y estudio de la documentación disponible y en su caso, el levantamiento de planos.
- Una inspección preliminar.
- La elaboración de las bases para la evaluación.
- La verificación preliminar de la capacidad portante y de la aptitud al servicio de los elementos estructurales principales.

### **Fase 2: Evaluación detallada, que incluye en general:**

- La determinación del estado del edificio mediante una inspección detallada.
- La actualización de la geometría y de los planos del edificio.
- La actualización de las características de los materiales.
- El análisis estructural.
- La verificación de la capacidad portante y de la aptitud al servicio.

### **Fase 3 Evaluación avanzada, con métodos de análisis de la seguridad, que incluye en general:**

- La verificación con métodos de seguridad.

- La determinación de las situaciones para dimensionado de elementos estructurales.

(Desconocido, [www.arquitectes.cat](http://www.arquitectes.cat))

La tecnología utilizada en nuestro país para este tipo de evaluaciones son:

- Pachómetro
- Ferrosan
- Martillo de Smith
- Pulse velocity

En la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) no se ha realizado ninguna evaluación o trabajo de esta índole, por lo que nuestra investigación es la primera en su categoría.

## Capítulo II Marco Teórico

---

### 2.1 Marco Conceptual

Para mayor entendimiento de los resultados, procedimientos y métodos que se mostrarán en el transcurso de nuestra investigación y evaluación tenemos el deber de conceptualizar el conjunto de términos científicos y técnicos de manera clara. A continuación mostramos los conceptos siguientes:

#### 2.1.1 Dinámica

Es la rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos con respecto al espacio y tiempo tomando en cuenta las causas que lo producen. Esta es la definición con la cual estamos más familiarizados y la que nos ha perseguido en nuestros cursos de secundaria y estudios superiores, pero al momento de aplicar este término a una realidad o específicamente en una obra civil podemos definir un efecto dinámico como las fuerzas o cargas que no son constantes ni uniformes y que varían con respecto al tiempo. El análisis de estas fuerzas, cargas o efectos sobre una estructura de cualquier índole se le da el nombre de dinámica estructural. (Hibbeler, 2011)

#### 2.1.2 Estática

Es la rama de la mecánica que estudia los cuerpos en su estado de equilibrio, sabiendo esto y aplicándolo en nuestro caso podemos decir que un análisis estático realizado en una estructura tomará en cuenta las cargas que debe soportar sin que ninguna de estas cargas sean capaces de generar un desplazamiento en la estructura.

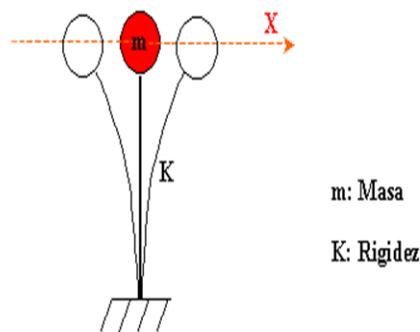
Las cargas móviles a pesar de que generalmente son consideradas cargas estáticas (a diferencia del peso propio) estas pueden llegar a ser cargas dinámicas puesto que cuentan con un tiempo de duración que sin duda debe ser analizado para identificar el tipo de carga a la que pertenece, sin embargo, es totalmente aceptado que si esta carga tiene una magnitud de la fuerza que varía de manera muy lenta ( o con aceleración tendiendo a 0) podríamos llegar a la conclusión de que se trata de una carga estática puesto que no producirá efecto de carácter dinámico. El parámetro principal de comparación para la caracterización de las cargas es el período de vibración de la estructura. (Hibbeler, 2011)

### 2.1.3 Período de vibración propia de una estructura.

También llamado período natural de vibración “es el tiempo que tarda la estructura en recorrer un ciclo de vibración libre, es decir la vibración que ocurre después que finaliza la excitación externa o después que la carga deja de variar y se mantiene constante. El periodo natural depende de la masa, de la rigidez y de las condiciones de vínculo, todas éstas características intrínsecas o propias de la estructura.” (Chopra, Dinamica Estructural, 2014)

### 2.1.4 Frecuencia de una onda

Es el número de repeticiones en el que una onda completa su ciclo en un segundo. La frecuencia natural de una estructura viene dado por la raíz cuadrada de la relación entre la rigidez total de la estructura y su masa. Su unidad de medida es Hertz. (Chopra, Dinámica Estructural, 2014)



**Figura 5-6**

### 2.1.5 Rigidez

La cual se puede definir como la capacidad que tiene un cuerpo en deformarse conforme a las fuerzas o agentes externos que actúa sobre sí. Este parámetro dependerá de diversos factores los cuales serán descritos más adelante al momento de la determinación del valor numérico de este parámetro. Ver Figura 5-6. (Chopra, Dinámica Estructural, 2014)

### 2.1.6 Resonancia

Este es uno de los factores más peligrosos puesto que este efecto no es afectado por la resistencia propia de la estructura si no que depende propiamente por la vibración propia de la estructura que en caso de que esta coincida con el período de vibración que experimenta el suelo al momento de ser afectado por un sismo puede que ambas ondas se asocien generando una onda resultante mucho más grande que la inicial en la estructura, lo que puede producir desde grietas a la pérdida total de la estructura. Más adelante haremos muestra de las prácticas que permiten mantener al margen este efecto en nuestros diseños estructurales. (ATC, 1996, pág. 25)

### 2.1.6 Amortiguamiento

Es el proceso mediante el cual la amplitud de la vibración disminuye de manera constante. Ver Figura 6-7. (Chopra, Dinámica Estructural, 2014, pág. 15)

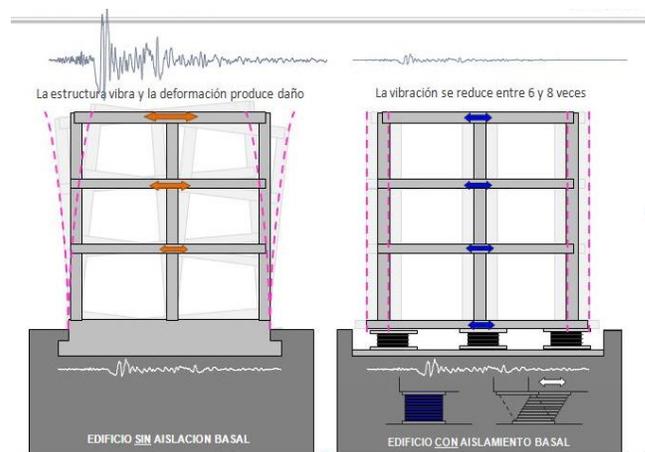


Figura 6-7

### 2.1.7 Grado de Libertad (GDL)

Es la cantidad de desplazamientos independientes que asumimos para localizar las posiciones desplazadas por una fuerza externa. (Chopra, Dinámica Estructural, 2014, pág. 8)

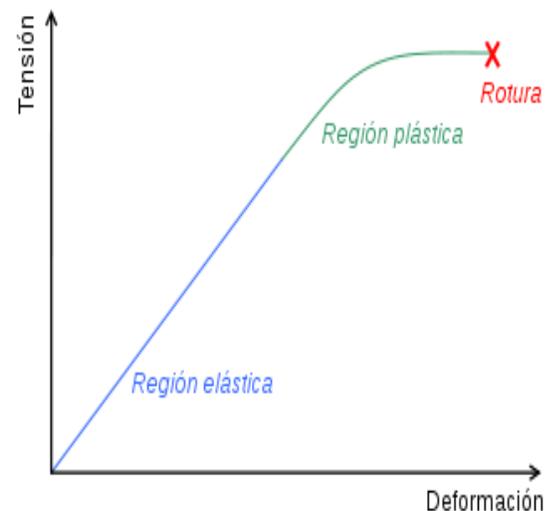
### 2.1.8 Ductilidad

Es la capacidad que tienen algunos materiales de admitir grandes deformaciones sin perder su resistencia. Si nos encontráramos en cualquiera de las siguientes situaciones, con toda seguridad preferiríamos que el edificio se deformara aunque lo dejara fuera de uso, a que se viniera abajo repentinamente sin posibilidad de desalojarlo a tiempo. (Desconocido, civilgeeks, 2010)

Dentro de esas situaciones podemos mencionar:

- Acciones sísmicas.
- Actuación de cargas superiores a las previstas, como por ejemplo:
  - Por la inundación de una azotea.

(Desconocido, civilgeeks, 2010)



**Figura 7-8**

### 2.1.9 Limite Elástico

Tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Si se aplican sobre el material fuerzas superiores a su límite de elasticidad, no recuperara su forma original cuando dejan de aplicarse fuerzas sobre él. Ver figura 7-8. (Universal, 2012)

### **2.1.10 Espectro de Respuesta**

Un concepto de suma importancia para nuestra investigación es el espectro de respuesta de una estructura determinada, este término suele confundirse con el término “espectro de diseño” y, aunque no nos enfocaremos demasiado en la implementación del espectro de respuesta, es preciso que se conozca la diferencia entre los conceptos anteriormente mencionados.

Los espectros de respuesta del suelo, permiten obtener los máximos valores del desplazamiento relativo y el cortante en la base de un sistema estructural que puede representarse mediante un modelo de un grado de libertad. A pesar de esto no puede usarse para el diseño puesto que el espectro de respuesta se hace en base a los efectos de un solo sismo.

La única forma de utilizar un espectro de respuesta para el diseño es que tengamos la certeza de que ese sismo en específico sucederá y afectará la estructura. (Rojas, 2015)

### **2.1.11 Espectro de Diseño**

Se puede definir como la gráfica formada por los valores máximos que pueden tomar las aceleraciones que pueden afectar las diferentes edificaciones o estructuras en una región determinada. (Crisafulli, 2002)

También puede definirse como la herramienta, que permite calcular las construcciones, teniendo en cuenta la actividad sísmica de la región, las condiciones locales de la respuesta del suelo, y las características de la estructura (periodo de vibración).

### **2.1.12 Influencia de los tipos de suelo en la respuesta sísmica**

La influencia de los tipos de suelos en la respuesta sísmica estará determinada por los factores de sitio “Fa” y “Fv” que dependen de la clasificación del sitio, el tipo de suelo y de los valores espectrales de referencia del sitio Ss y S1. (R-001, 2011)

### **2.1.13 Coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía “Rd”**

Este coeficiente dependerá del tipo de estructura. Lo que nos muestra en si es el grado de disipación de energía que tendrá la estructura ante la fuerza de un sismo, evitando que esta colapse. (R-001, 2011)

### **2.1.14 Cortante Basal (Cb)**

Es la fuerza sísmica total en la base del edificio, es decir, es la forma como responde el edificio a la aceleración inducida por el sismo, este determina la repartición de las fuerzas sísmicas tanto en la altura como en cada uno de los elementos estructurales que la conforman. (Desconocido, estructuras.eia, 2016)

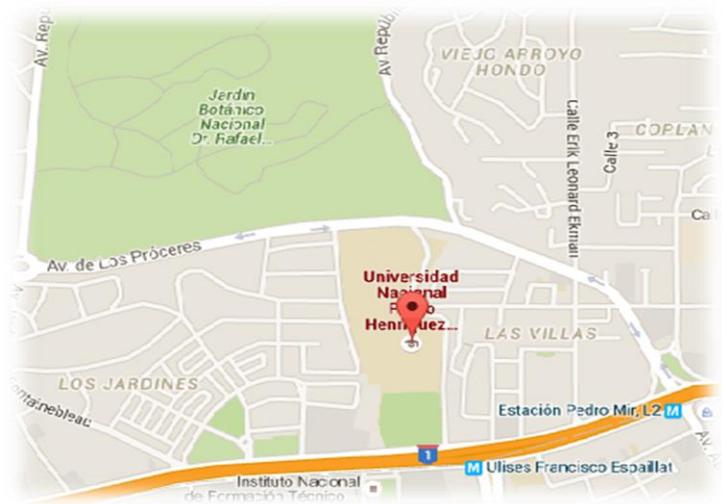
## 2.2 Marco Contextual

La Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña fue fundada el 21 de abril de 1966 con carácter de institución privada, sin fines de lucro. La Universidad rige sus actividades académicas y administrativas de conformidad con las disposiciones del Estatuto Orgánico aprobado por la Junta de Administración de la Fundación Universitaria Dominicana, Inc., en fecha 14 de diciembre de 1970. Esta está ubicada en el Km 7 1/2, Av. John F. Kennedy, Santo Domingo. Ver Fig. 8-9.

La Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña consta de 7 facultades:

- 1- Arquitectura y Artes
- 2- Ciencias y Tecnología
- 3- Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales
- 4- Ciencias Económicas y Sociales
- 5- Humanidades y Educación
- 6- Ciencias Jurídicas y Políticas
- 7- Ciencias de la Salud

(UNPHU, 2016)



**Figura 8-9**

Para desarrollar este tema de tesis se escogió por medio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña la facultad de ciencias y tecnología (Edificio 2) de esta misma institución.

El tipo de estructura que veremos es aporticada, la población que se encuentra en esta institución son estudiantes universitarios.

## 2.3 Formulación de Hipótesis

Es un planteamiento que elabora el investigador a partir de la observación de una realidad que tiene explicación en una teoría, por lo tanto se afirma que ellas representan un punto medio entre la teoría y la realidad. (Omar, 2012)

Dentro de nuestra formulación de hipótesis acerca de la evaluación estructural al Edificio 2 de la Universidad Pedro Henríquez Ureña tenemos:

- El edificio 2 (Facultad de Ciencias y Tecnología) de la UNPHU, no cumplirá con los requerimientos con el reglamento para el análisis y diseño sísmico de estructuras (R001-11) actual de la República Dominicana, y por lo tanto habrá que dar posibles soluciones para que la estructura pueda ser readecuada estructuralmente.

-Al someter al edificio 2 (Facultad de Ciencias y Tecnología) de la UNPHU con los efectos y parámetros sísmicos actuales se generarán puntos específicos en que se podría producir que un fuerte daño al sistema estructural, o en su defecto, un colapso por lo que será necesario establecer recomendaciones para el reforzamiento ante las fuerzas sísmicas que podría experimentar.

## Capítulo III Diseño Metodológico

---

### 3.1 Enfoques de la Investigación

#### 3.1.1. Metodología cuantitativa

Para cualquier campo se aplica la investigación de las Ciencias Físico-Naturales. El objeto de estudio es “externo” al sujeto que lo investiga tratando de lograr la máxima objetividad. Intenta identificar leyes generales referidas a grupos de sujeto o hechos. Sus instrumentos suelen recoger datos cuantitativos los cuales también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante. (RENA, 2008)

Nuestra investigación será de carácter cuantitativa puesto que la evaluación estructural de la edificación estudiada consistirá totalmente en la relación que tienen los efectos externos provocados por situaciones naturales (sismo, viento etc.) y la reacción o mejor dicho la respuesta que experimentaría el edificio antes un evento de esta índole. Por lo tanto, al fin y al cabo nuestra investigación se basará en los resultados obtenidos mediante el uso de los instrumentos de evaluación estructural.

### 3.2 Tipo de Investigación

#### 3.2.1. Investigación aplicada

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le

interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas. Es el tipo de investigación que realiza de ordinario el trabajador o promotor social; en general comprende todo lo concerniente al ámbito de las tecnologías sociales. (proyectoorue, 2009)

### **3.2.2. Investigación Explicativa**

En Teoría, es la que constituye el conjunto organizado de principios, inferencias, creencias, descubrimientos y afirmaciones, por medio del cual se interpreta una realidad.

Una teoría o explicación, contiene un conjunto de definiciones y de suposiciones relacionados entre sí de manera organizada sistemática; estos supuestos deben ser coherentes a los hechos relacionados con el tema de estudio. (Desconocido, 2011)

Los estudios explicativos pretenden conducir a un sentido de comprensión o entendimiento de un fenómeno. Apuntan a las causas de los eventos físicos o sociales. Por lo tanto, están orientados a la comprobación de hipótesis causales de tercer grado; esto es, identificación y análisis de las causales y sus resultados, los que se expresan en hechos verificables. (Calle, 2016)

Según el objetivo de nuestra investigación, podemos afirmar que pertenece a la investigación explicativa puesto que la metodología de la misma implica la comprensión de los fenómenos, efectos y propiedades que afectan a nuestra edificación de estudio y, por lo tanto, verificar la respuesta estructural en las diferentes circunstancias que puede someterse y, en base a esto, llevar a cabo un análisis exhaustivo para la realización de una propuesta que permita la correcta reacción de nuestro modelo estructural con los efectos y circunstancias posibles.

### **3.2.3. Investigación Mixta**

Según la recogida de los datos nuestra investigación es de carácter mixto puesto que involucra la investigación de campo (es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio), como la investigación bibliográfica (es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.) (Investigadores, 2013)

### **3.2.4. Investigación Transversal**

Un estudio transversal toma una instantánea de una población en un momento determinado, lo que permite extraer conclusiones acerca de los fenómenos a través de una amplia población. Sabiendo esto podemos decir que según el período y secuencia de nuestra investigación se puede afirmar que la misma es una investigación transversal porque no se realizará un análisis a través del tiempo.

### **3.2.5. Investigación Prospectiva**

Este estudio posee una característica fundamental, es la de iniciarse con la exposición de una supuesta causa, y luego seguir a través del tiempo a una población determinada hasta determinar o no la aparición del efecto. (Desconocido, 2011)

## **3.3 Procedimiento de la investigación**

Para dar inicio al proceso de cálculos de esta investigación que tiene como título “Evaluación estructural del edificio de la facultad de ciencias y tecnología de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña” iniciaremos con la Descripción general del proyecto y la Descripción

Estructural del este en donde se mostraran las características estructurales que tiene el edificio para luego ser analizadas detalladamente.

Luego tomaremos en cuenta las características del suelo tales como: la capacidad portante del terreno, el ángulo de rozamiento interno y el peso específico del mismo, también los materiales utilizados en el diseño del mismo.

La evaluación estructural se iniciará con el Análisis Sísmico en donde encontraremos el espectro de diseño de la estructura, luego se hará el Análisis de carga en donde se mostraran las cargas vivas y muertas que se encuentra en la estructura.

### **3.3.1 Descripción General del Proyecto**

Este proyecto consiste en un edificio de 3 pisos, ubicado en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, localizada en el Km 7 1/2, Av. John F. Kennedy, Santo Domingo, D.N. En el primer nivel se encuentran las oficinas y laboratorios de los distintos departamentos que componen esa facultad.

Ese edificio tiene un área aproximada por piso de 1896.23 m<sup>2</sup>. En el segundo nivel se encuentran las aulas y en el tercer nivel los laboratorios de Ingeniería química y física.

### **3.3.2 Descripción Estructural**

El edificio contiene una configuración estructural aporticada, el tipo de cimentación utilizada para la transmisión de cargas directamente hacia el suelo, consiste en zapatas aisladas convencionales, sin embargo, la cimentación de las dos columnas que se encuentran en la mitad del edificio, es una especie de zapata combinada. Las columnas están separadas a una distancia de 6.20m, 4.65m y 7.75m y tienen una altura de entre piso de 4.20m, con 28 columnas rectangulares en total. El

edificio es totalmente simétrico, en ambos extremos hay una escalera la cual consiste en dos muros de block calado y un muro posterior de hormigón armado.

### 3.3.3 Materiales

#### Concreto:

$f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>

$\gamma_c$  2400 Kg/m<sup>3</sup>

#### Acero:

$f_y$  4200 Kg/cm<sup>2</sup> **ASTM A615 Gr60 para todos los elementos**

### 3.3.4 Códigos y Referencias

- Reglamento Dominicano para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras R-001 (Dec. No. 201-11).
- Reglamento para el Diseño y Construcción de Estructuras en Hormigón Armado R-033 (Dec. No. 50-12).

### 3.3.5 Patología en las Edificaciones

La inestabilidad o vulnerabilidad de las edificaciones y/o estructuras generalmente se presenta mediante patologías que aparecen en las mismas, las cuales pueden producir efectos mínimos y molestos hasta daños relevantes que pueden causar el colapso de la estructura o parte de ella.

(Rivero A. A., 2009)

Para mayor facilidad a la hora de describir y asociar las diversas patologías que puede presentar una estructura estas están agrupadas en 3 tipos:

Patologías por defectos, son aquellas que van vinculadas con deficiencias de diseño, configuración estructural errada, uso de materiales de mala calidad o con características mecánicas diferentes a las establecidas y por errores constructivos. (Rivero A. A., 2009)

Patología por daños, son aquellas que se manifiestan por la ocurrencia de una fuerza producida por un evento natural (como un sismo, un huracán, etc.), por un agente externo a la edificación o estructura o por un mal uso de la edificación. (Rivero A. A., 2009)

Patología por Deterioro, en esta intervienen los efectos climáticos los cuales dan paso a que se presenten manifestaciones negativas que generalmente pueden generar molestias a los ocupantes y corrosión de los elementos estructurales. (Rivero A. A., 2009)

El alcance de nuestra evaluación será directamente sobre la patología por defecto para evitar las manifestaciones de patologías por daño debido a la ocurrencia de un sismo.

La fase de diseño es primordial para la durabilidad, estabilidad y permanencia de cualquier estructura, puesto que en esta fase se prevé el comportamiento resistente a las diversas fuerzas externas que puede experimentar una edificación, así como también la resistencia al mal uso o sobrecargas a la que pueden estar sometidas. (Rivero A. A., 2009)

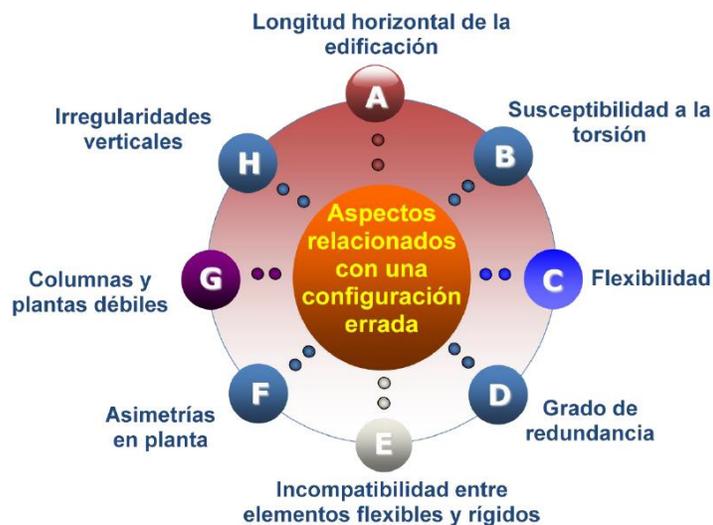
Debido a que las fuerzas sísmicas son las que causan más daños a las estructuras con décadas de haberse construido en esta investigación, nos enfocaremos en los efectos que traen como consecuencia la ocurrencia de este tipo de eventos. (Rivero A. A., 2009)

### 3.3.5.1 Defectos Producidos por el Diseño del Proyecto

Muchas veces el diseño errado de una edificación, puede ser el principal causante de sus fallas, especialmente cuando la estructura es sorprendida por la acción de un evento sísmico. Una buena configuración estructural, desarrolla un papel muy relevante en la determinación de vulnerabilidad de toda la estructura, ofreciendo condiciones y características que permiten el comportamiento adecuado de la misma en casos de ocurrencia de los eventos desastrosos más impactantes sobre las mismas, que son los sismos. (Rivero A. A., 2009)

Una configuración y diseño inapropiados, hacen que la estructura sea más vulnerable, presentando debilidades conceptuales que serán severamente penalizadas cuando ocurra un sismo de magnitud considerable. La configuración y diseño de una edificación está relacionada con la forma, el tipo, la disposición, la resistencia, la geometría, la fragmentación, entre otros aspectos que puedan presentar los diferentes elementos estructurales o la edificación completa, como estructura global. (Rivero A. A., 2009)

A continuación se muestran los aspectos que deben cuidarse en el diseño de una edificación:



Condiciones necesarias para un buen diseño:



Dentro de las condiciones desfavorables mencionadas, podemos decir que aquellas que afectan a nuestra edificación son las siguientes:

1. Longitud horizontal muy elongada
2. Susceptibilidad a la torsión
3. Falta de flexibilidad
4. Conexiones Viga-Columna con falla de Adherencia

### 3.3.5.2 Influencia de Dimensión Horizontal Elongada en Edificaciones

El efecto que causan las ondas sísmicas sobre estructuras con esta característica, se ve notoriamente aumentado, puesto que los esfuerzos y deformaciones causadas son incrementados. Por lo tanto no es recomendable llevar a cabo el diseño de ningún edificio con este error. Si por alguna razón se debe acudir a este tipo de estructuras, se recomienda diseñar obras segmentadas, que se unan con juntas de expansión, concebidas apropiadamente para evitar el choque entre las secciones. (Rivero A. A., 2009)

### **3.3.5.3 Influencia de Susceptibilidad a la Torsión en Edificaciones**

La torsión es un fenómeno que se debe principalmente, a la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura. Se manifiesta como el giro en el plano horizontal de una estructura con respecto a un punto de la misma. (Rivero A. A., 2009)

La torsión origina deformaciones en la estructura, pudiendo incluso, ser causante del colapso de la misma. El problema de la torsión es también significativo cuando existe heterogeneidad de rigideces entre los elementos estructurales y no estructurales. (Rivero A. A., 2009)

### **3.3.5.4 Influencia de Flexibilidad en Edificaciones**

Se considera una estructura flexible a aquella que tiene la capacidad de deformarse y desplazarse por la causa de acción de fuerzas externas, sin que se vea afectada su capacidad resistente. La flexibilidad es una característica que le facilita a cualquier estructura la disipación de energía inducida por un sismo. (Rivero A. A., 2009)

Una estructura con características flexibles tiene un mecanismo de falla lento, en el cual se puede evitar el colapso aunque se produzcan grandes daños, lo que es una excelente opción al momento de la evacuación del edificio. (Rivero A. A., 2009)

La determinación de la ductilidad del edificio de análisis de nuestra investigación se debe verificar con un análisis de empuje progresivo o no lineal, por lo que este dato va más allá de los alcances de nuestra evaluación.

### **3.3.5.5 Conexión Viga-Columna con Falla de Adherencia**

En las conexiones entre los distintos elementos estructurales, se originan condiciones complejas y elevadas concentraciones de esfuerzos, que conducen a numerosos casos de falla. Las conexiones pueden fallar por la escasez de anclajes de refuerzo entre las columnas y las vigas.

En los planos estructurales del edificio de la facultad de ciencias y tecnología podemos observar que no existe ningún detalle de anclaje en los nudos, por lo que los aceros de refuerzo de las vigas y columnas no cuentan con ganchos u escuadras para la correcta conexión de estos elementos, lo que trae como consecuencia que los nudos de este edificio sean completamente inestables y puedan presentar fallas diagonales a la hora de la ocurrencia de un evento sísmico.

## 3.4 Análisis de Datos

### 3.4.1 Determinación del Espectro Sísmico

Para llevar a cabo el análisis sísmico de nuestra investigación se tomará como referencia el Reglamento para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras de la República Dominicana R-001-11.

El primer paso que debemos realizar para este análisis es identificar la zona sísmica en la que se encuentra nuestro proyecto, como nuestro proyecto está ubicado en Santo Domingo D.N. la zona sísmica correspondiente es la Zona II que según el R-001-11 es una zona de mediana sismicidad (Ver figura A-1).

De acuerdo a la zonificación sísmica establecida en el artículo no. 8 del Reglamento R-001-11, los valores de aceleración espectral de referencia a períodos cortos (**S<sub>s</sub>**) y la aceleración espectral con referencia a períodos largos (**S<sub>1</sub>**) (Ver figura A-2).

El siguiente paso que realizaremos será identificar la clasificación del sitio, que según el tipo de terreno que tenemos es tipo C (Suelo muy denso y Roca muy blanda) (Ver figura A-3); teniendo esto procedemos a encontrar los valores de los factores del sitio con las aceleraciones espectrales en períodos largos relacionándolo con el tipo de suelo encontrado “**F<sub>v</sub>**” (factor que relaciona la velocidad de onda de corte con el tipo de suelo) (Ver figura A-4) y en períodos cortos “**F<sub>a</sub>**”(factor que relaciona el tipo de suelo con la aceleración espectral) (Ver figura A-5), que resultan 1.96 y 1.28 respectivamente.

Nuestra estructura pertenece al Grupo III que describen las Edificaciones de ocupación especial, las cuales se deben mantener en operación inmediatamente después de la ocurrencia de un sismo severo tal como lo es nuestro plantel educativo.

Según la clasificación de edificaciones del sistema estructural tenemos que nuestra estructura es tipo A-VI que hace referencia a un sistema apertado ordinario de hormigón armado; teniendo esta clasificación tomaremos de la tabla especificada en el análisis, los valores del coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía “**Rd**”, el factor de ampliación del desplazamiento lateral “**Cd**” y el factor de amortiguamiento que depende del tipo de estructura elegido para la determinación del período fundamental de la estructura “**Ko**” (ver figura A-6). De otra tabla dependiendo del sistema estructural sismo-resistente obtenemos el coeficiente de ductilidad “**Ct**” y **X** (ver figura A-7).

Los valores de la altura total del edificio “**H**” y la dimensión en planta del edificio de la dirección de la solicitación analizada “**Dsx y Dsy**” se han tomado del plano arquitectónico del edificio 2 de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Teniendo todos estos datos se procederá a calcular los valores necesarios para completar el análisis sísmico. A continuación se colocarán las fórmulas y el procedimiento paso a paso.

Las fórmulas utilizadas en las solicitaciones sísmicas con un espectro sísmico lineal elástico tendremos:

“**SDs**” aceleración espectral en períodos cortos que representa la distribución de la aceleración espectral en el terreno de nuestra estructura.

$$S_{DS} = 2/3 F_a \cdot S_s$$

“SD1” aceleración espectral en períodos que representa la distribución de la velocidad de corte en el terreno de nuestra estructura.

$$S_{D1} = 2/3 F_v \cdot S_1$$

“T0” Período inicial de vibración propia de la estructura.

$$T_0 = 0.2 * \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

“Ts” Período fundamental del Suelo.

$$T_s = 5 T_0$$

“T” El Período de vibración propia de la estructura para obtener el coeficiente de corte basal será el menor valor calculado por las dos expresiones siguientes.

$$T = \frac{K_0 H}{\sqrt{D_s}} \quad (\text{Segundos})$$

$$T = C_T H^X \quad (\text{Segundos})$$

La aceleración espectral de diseño tiene tres regiones de frontera que van a depender de la variación del período de vibración propia de la estructura, a continuación se muestran los tres casos:

$$S_a = 0.6 \frac{S_{DS}}{T_0} * (T) + 0.4 S_{DS} \quad \text{para } T \leq T_0 \quad (1)$$

$$S_a = S_{DS} \quad \text{para } T_0 < T \leq T_s \quad (2)$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad \text{para } T > T_s \quad (3)$$

Como nuestro período inicial resultó menor que el período de vibración propia de la estructura y menos a  $T_s$  utilizamos la fórmula No.2

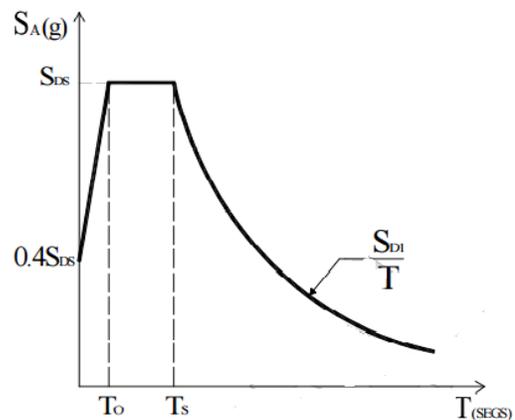
Luego de esto calculamos nuestro coeficiente basal “Cb” con la siguiente fórmula:

$$Cb = \frac{U * Sa}{Rd} \geq 0.03$$

El último paso para la obtención del espectro sísmico de la estructura lo realizamos en respecto a la siguiente gráfica:

En la que se muestra la relación de los factores que intervienen para la obtención del espectro de diseño. Como podemos ver el punto de inicio de la gráfica mostrada será en el par ordenado  $(0, 0.4S_{Ds})$ ,

**GRÁFICA 1  
ESPECTRO SÍSMICO LINEAL ELÁSTICO**



posterior a esto se colocará la coordenada en donde inicia el máximo valor de aceleración espectral el cual viene dado por el par ordenado de  $(T_o, S_{Ds})$ , este valor de  $S_{Ds}$  se mantendrá constante hasta la coordenada  $(T_s, S_{Ds})$ .

Más adelante los distintos valores de aceleración espectral, que corresponden a los valores de períodos en la abscisa, serán calculados dividiendo cada valor de la aceleración espectral por el período ubicado en ese punto.

Para finalizar se deben dividir todos los valores de aceleración espectral obtenidos por el coeficiente de reducción por capacidad de disipación de energía “Rd”. Resumen ver Figura A-8.

En la figura 9 ubicada en los anexos, se muestra como se introdujo el espectro de respuesta en el programa.

### 3.4.2 Análisis de carga

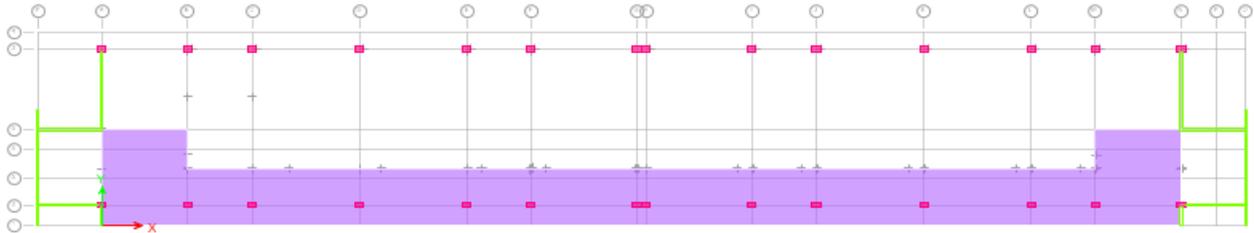
4. ANÁLISIS DE CARGA			
<b>4.1. Cargas Permanentes</b>			
<b>Entrepisos</b>			
Baldosa de cerámica (20mm) sobre 12mm de mortero	80	Kg/m <sup>2</sup>	
Concreto ligero para relleno de piso	30	Kg/m <sup>2</sup>	
Divisiones en sheetrock	115	kg/m <sup>2</sup>	
Mampostería de bloques de concreto con cámaras rellenas cada 0.80m	240	Kg/m <sup>2</sup>	
	<u>465</u>	<u>Kg/m<sup>2</sup></u>	
<b>Cubierta</b>			
Afinado (25mm) sobre concreto	150	Kg/m <sup>2</sup>	
Membranas impermeables (Tela asfálticas de una capa)	3	Kg/m <sup>2</sup>	
Pañete en techo	25	Kg/m <sup>2</sup>	
	<u>178</u>	<u>Kg/m<sup>2</sup></u>	
<b>4.2. Cargas de servicio</b>			
Balcones, pasillos y escaleras	500	Kg/m <sup>2</sup>	
aulas	300	Kg/m <sup>2</sup>	
Techo	150	Kg/m <sup>2</sup>	

Para la correcta determinación de la situación más desfavorable en la que pudiese estar sometida la estructura, aplicamos el concepto de “cuadro de damero” para observar que tanto influye el movimiento de las cargas vivas en el fallo de las columnas. Sabiendo esto realizamos 3 casos de carga que mencionaremos a continuación:

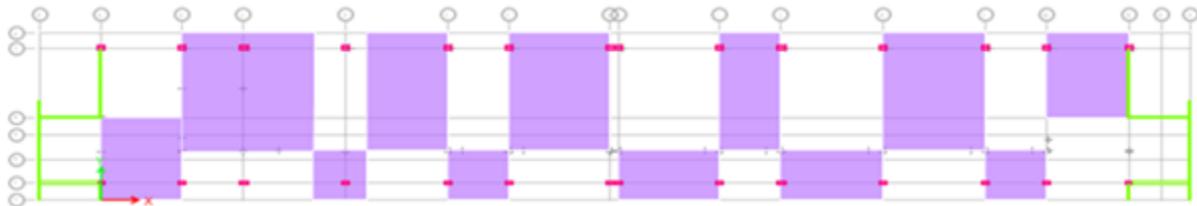
- 1) Modelo totalmente cargado
- 2) Modelo con carga exclusivamente en los pasillos

### 3) Modelo con cargas alternadas entre pasillo y aulas

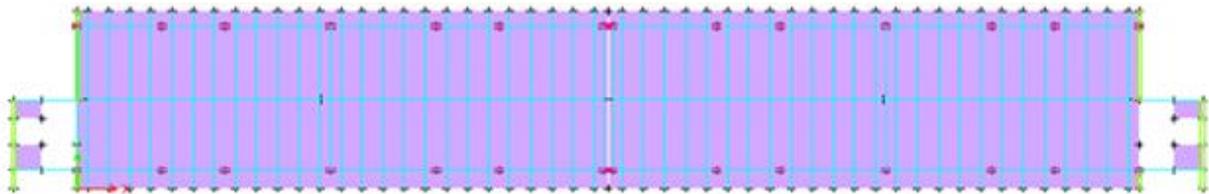
#### Caso de carga solo en el pasillo



#### Caso de carga alternado o “Cuadro de Damero”



#### Caso de carga edificio totalmente cargado



El caso más desfavorable que utilizamos para el diseño fue el modelo del edificio totalmente cargado.

### 3.4.3 Descripción de Instrumento de Ensayo no Destructivo Rebar Scope



Se denomina ensayo no destructivo a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Se realizan con el fin de determinar el estado geométrico, mecánico o químico de la pieza para verificar si cumple con las reglas de aplicación que correspondan. (Desconocido, Ensayos no destructivos , 2012)

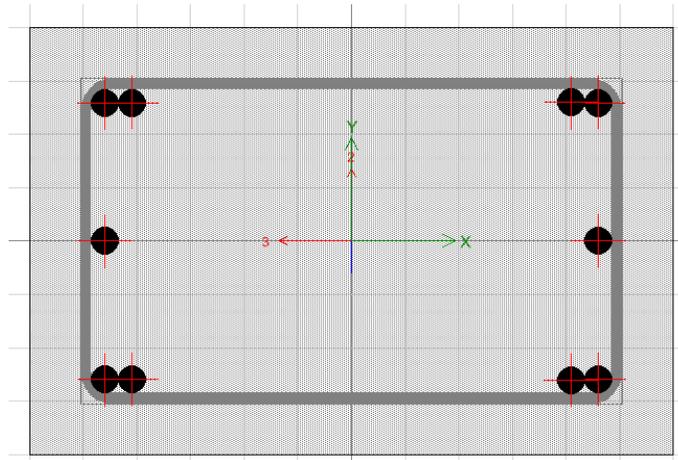
En nuestra investigación utilizamos el ensayo no destructivo, con la finalidad de verificar si el acero de refuerzo que muestran los planos estructurales hechos en esa época, coinciden con el acero de refuerzo que tiene la estructura hoy en día. El equipo que utilizamos fue el Rebar Scope o localizador de varillas de la marca “James Instruments”.

### 3.4.4 Procedimiento de Recogida de Datos con el Instrumento de Ensayo no Destructivo Rebar Scope

#### 3.4.4.1 Levantamiento en Columnas

Para el levantamiento estructural del acero de las columnas escogimos una muestra de 15 columnas aleatoriamente entre los 3 pisos, lo que nos permitió confirmar la localización de los aceros longitudinales y transversales mostrados en los planos. Para el acero transversal pasamos por encima de la superficie el sensor del aparato en sentido horizontal, con trayectoria hacia arriba, lo que nos dió como resultado una separación de 40cm en promedio y un diámetro de estribo entre 3/8" a 1/2", por lo que asumimos el diámetro del estribo de 3/8" como se especifica en los planos estructurales de nuestra edificación.

Para el acero longitudinal colocamos el sensor del aparato en dirección paralela a este y fuimos moviéndolo en dirección horizontal para determinar y confirmar la ubicación de las barras. Para los casos en que se encontraban dos barras paralelas sin separación, como es el caso de la columna C-C:



Determinamos la cantidad de barras por medio de la longitud en que el aparato señalaba la presencia de acero, por ejemplo, si para la misma columna C-C la primera lectura de presencia de

acero muestra que en 7 cm hay acero, es posible asumir que el acero encontrado son 2 barras de 1" con una separación de 2cm aproximadamente (Ver figura V-1), sin embargo no fue posible confirmar la presencia de acero para las barras que se encuentran en varias capas. El diámetro que el "Rebar Scope" lanza como resultado para el acero longitudinal va desde una barra de 7/8" a 1 1/8", por lo que podemos asumir que el acero longitudinal es de 1" como muestran los planos estructurales.



#### **3.4.4.2 Levantamiento en Vigas**

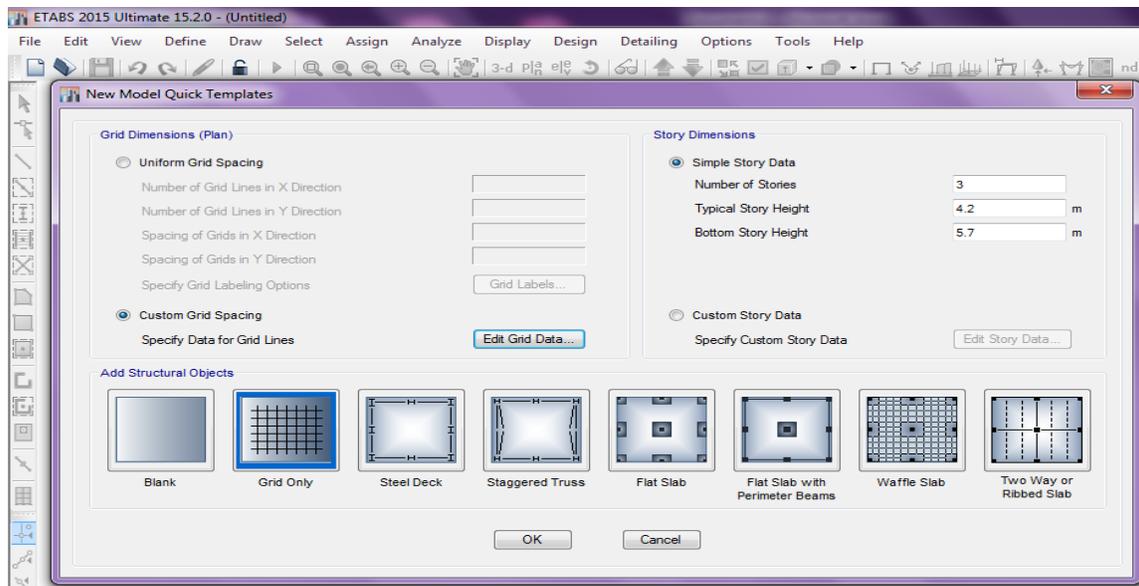
Para el levantamiento en las vigas estructurales hicimos la verificación de 5 luces de vigas distribuidas en el 2do y tercer piso. Para ello solicitamos al departamento de mantenimiento de nuestra universidad un juego de andamios para alcanzar las mismas y poder evaluarlas correctamente. Ver en anexos.

Para la verificación del acero transversal aplicamos el mismo procedimiento descrito en las columnas, añadiendo el uso de una plantilla en la que anotamos los resultados de la separación de los estribos tanto en la zona de confinamiento como en la zona de no confinamiento.

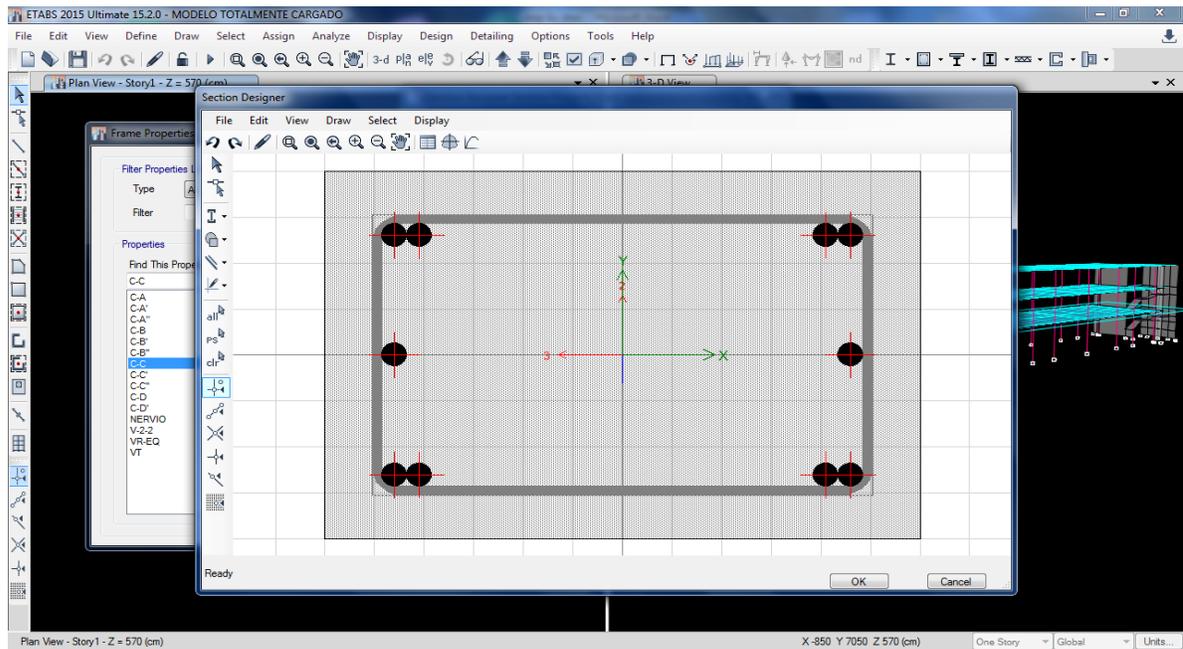
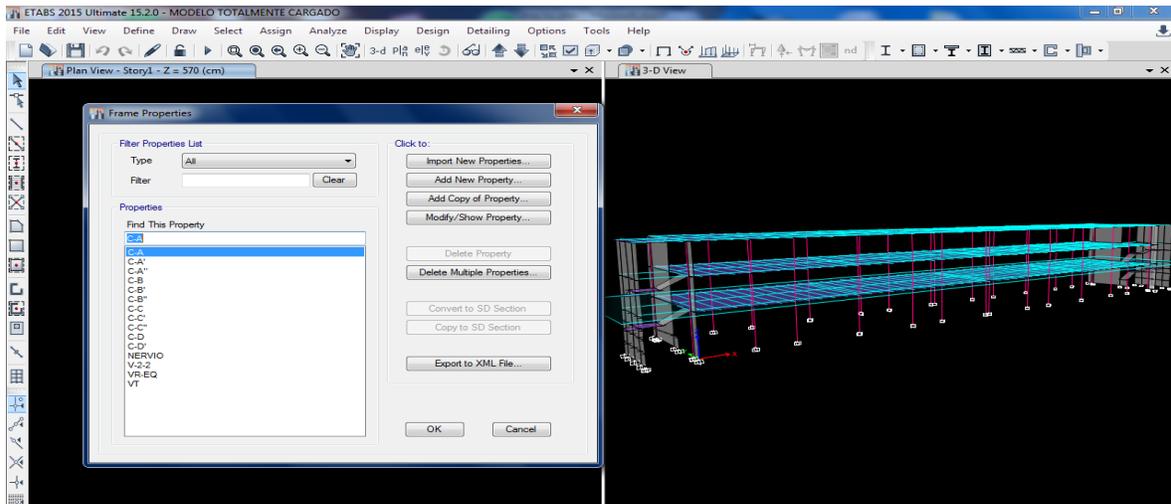
Para la verificación del acero longitudinal se aplicó el mismo procedimiento descrito en las columnas.

### 3.5 Procedimiento modelado en ETABS

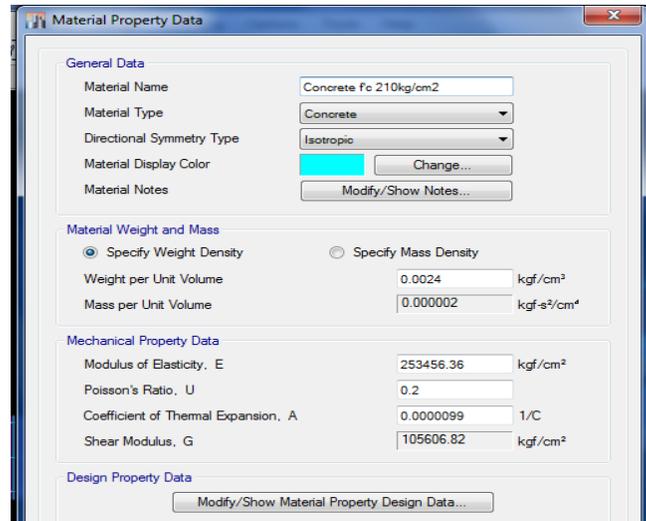
El primer paso para la realización del modelado es definir cuantos niveles tiene el edificio, esto lo podemos ver en la parte donde dice “Story Dimensions” en el “Number of Stories” colocamos los niveles que tiene el edificio, en nuestro caso 3 Niveles; en el “Typical Story Height” es la altura típica que tiene el edificio la cual es de 4.20m de eje a eje de la viga y por último en el “Bottom Story Height” es la altura del primer nivel, en nuestro caso colocamos 5.20m ya que la columna no comienza en los 4.20m, sino que le sumamos un aproximado de 1m que es la profundidad de desplante en donde podría estar la zapata, la cual no tenemos dato alguno.



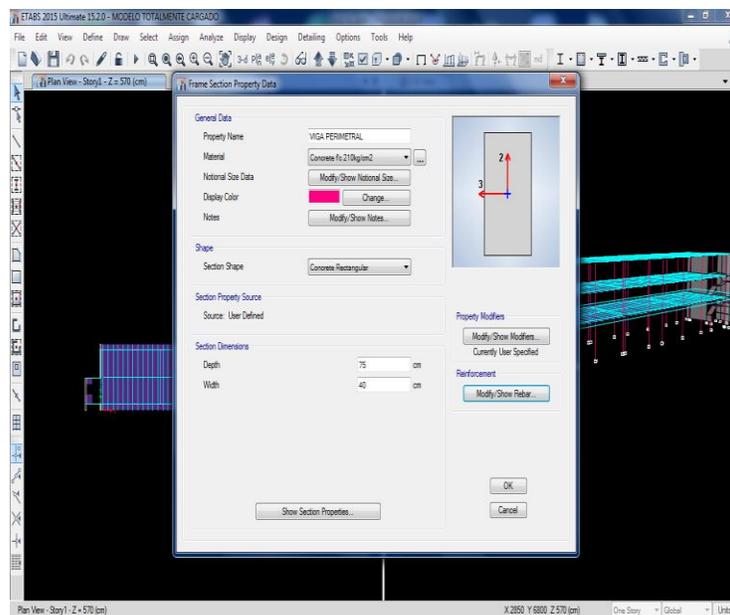
En la siguiente imagen se muestran todas las columnas (C-A, C-A'', etc.) que están identificadas en los planos estructurales del edificio 2 de la UNPHU. Luego mostramos una columna la cual fue dibujada en el “Section Designer” con su acero correspondiente y así se hicieron una por una todas las columnas, más adelante se chequeará mediante un ensayo no destructivo que ese acero de refuerzo es el que le colocaron a cada elemento estructural como dicen en los planos.



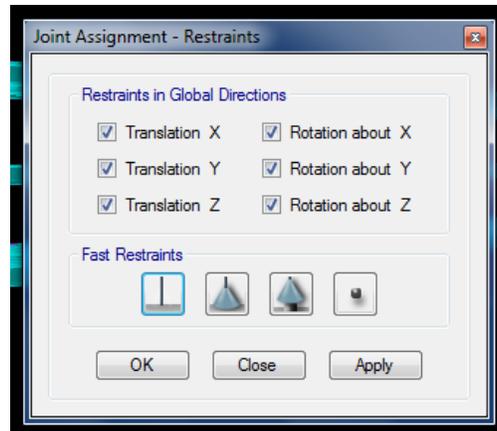
La resistencia a compresión del concreto  $f_c$  es de 210kg/cm<sup>2</sup>, el módulo de elasticidad se encontró mediante la fórmula  $E= 15,100 \sqrt{f_c}$ , la cual está definida en el reglamento de hormigón de la Rep. Dom. R-033.



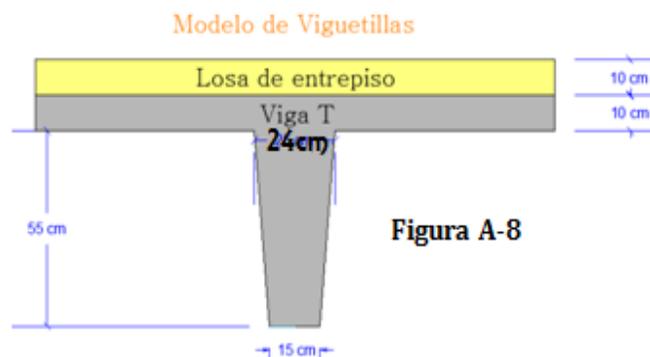
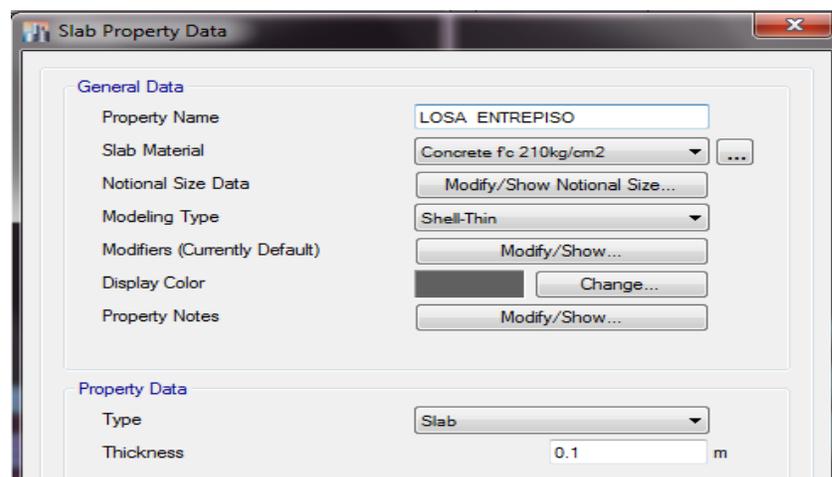
Luego de haber definido las columnas, definimos los demás elementos estructurales como son las vigas, que son aquellas que dan soporte a las vigas T de todo el edificio. El peralte y la base de la misma fueron obtenidas mediante medición manual y obtuvimos que tienen 40x75cm respectivamente.

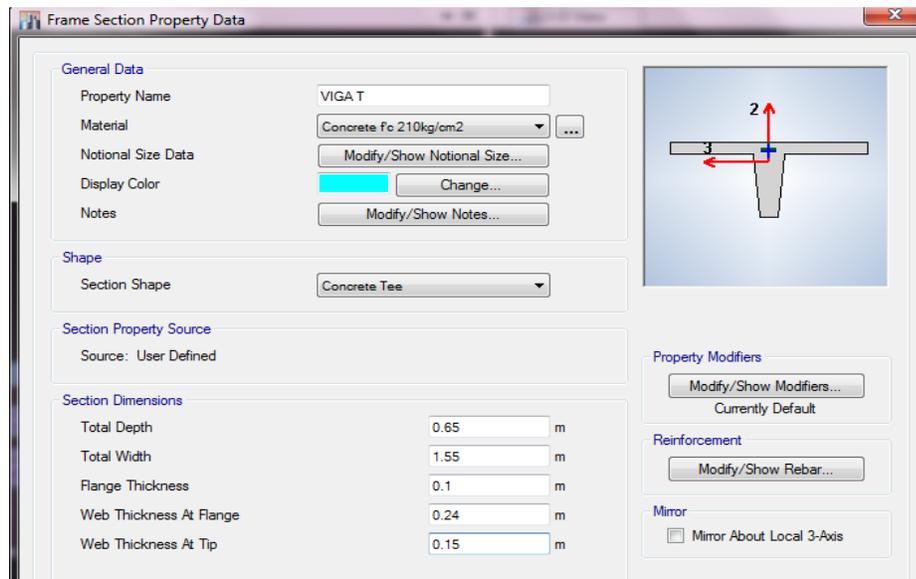


Más adelante asignamos las restricciones correspondientes en las columnas y muros, con características de empotramiento.

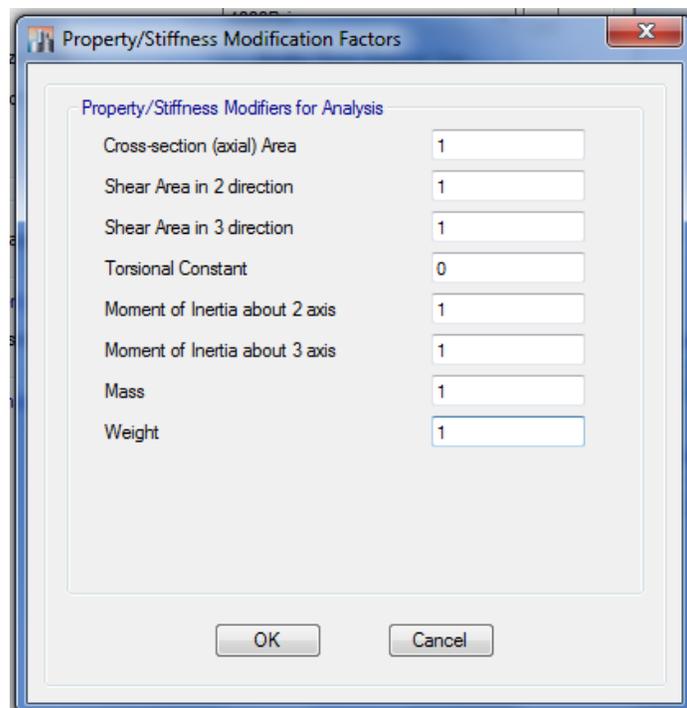


Definimos la losa de entrepiso con un espesor de 10 cm, ya que para el modelado para hacerlo lo más real posible al edificio, lo hicimos como indica la figura A-8.

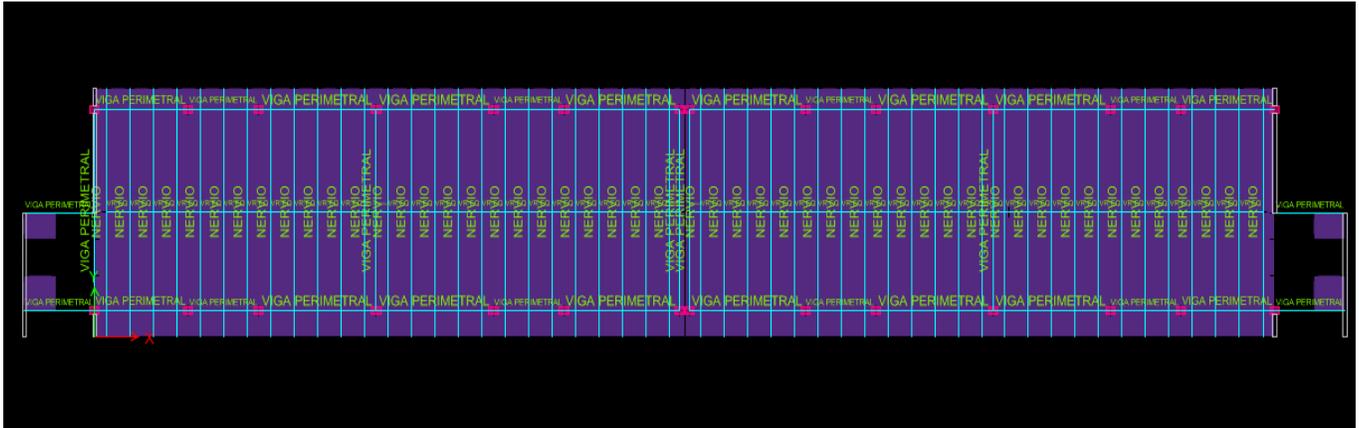




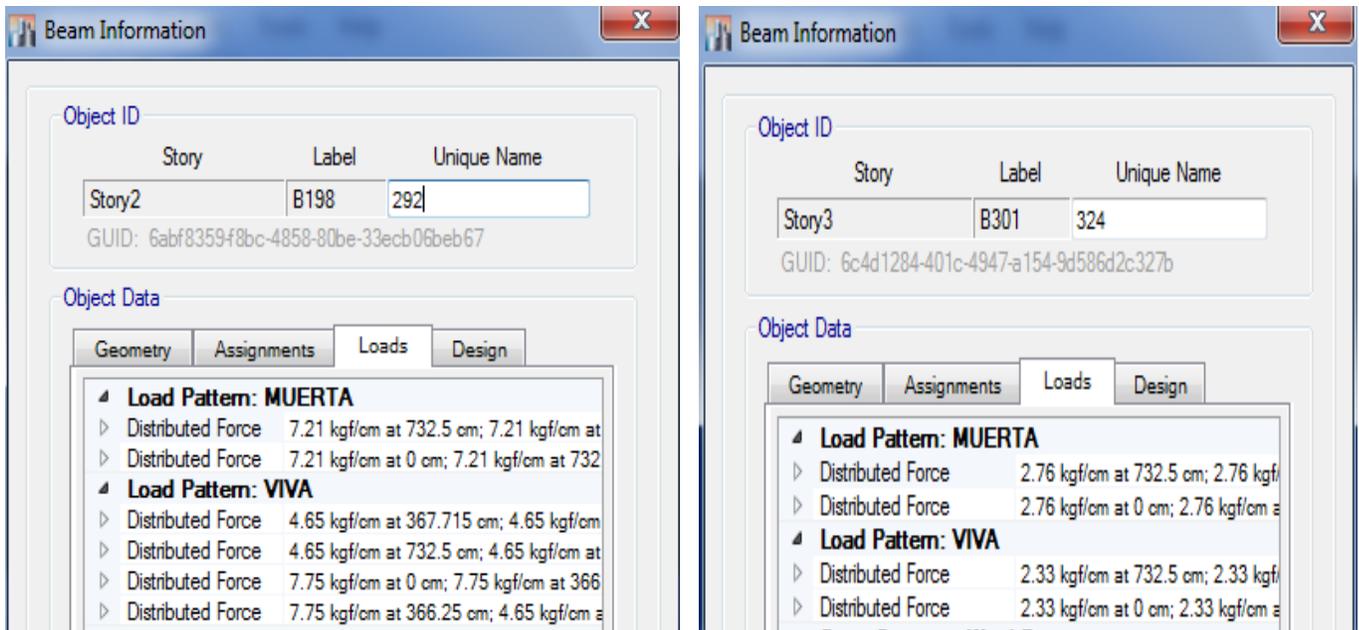
A continuación definimos la constante torsional de las vigas T como 0 (cero), puesto que conforme a como está apoyada la viga T en la viga estructural, esta no le transmite a la viga ningún efecto torsional.



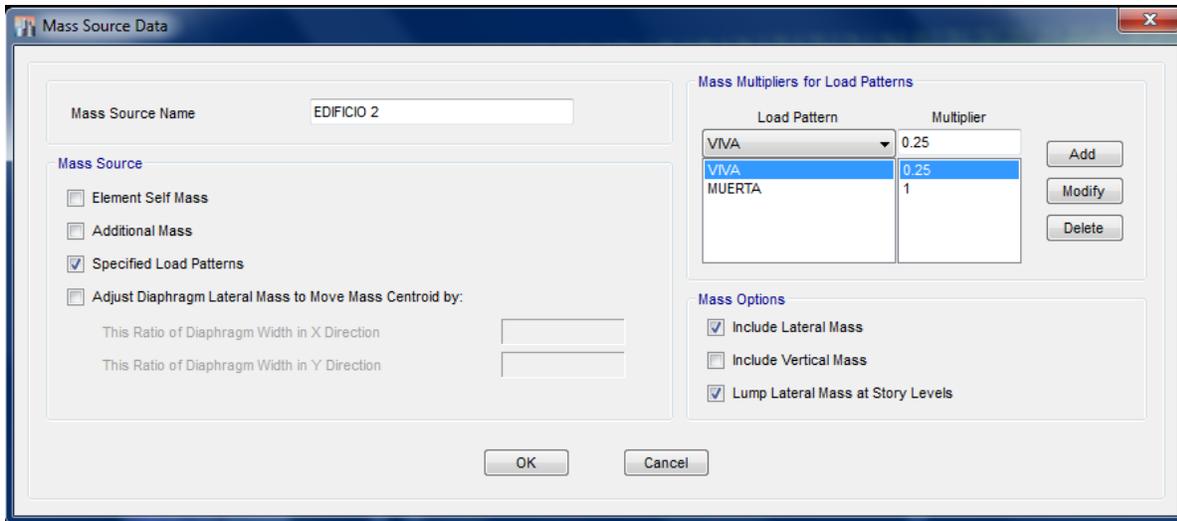
En las siguientes imágenes se muestran todos los elementos definidos.



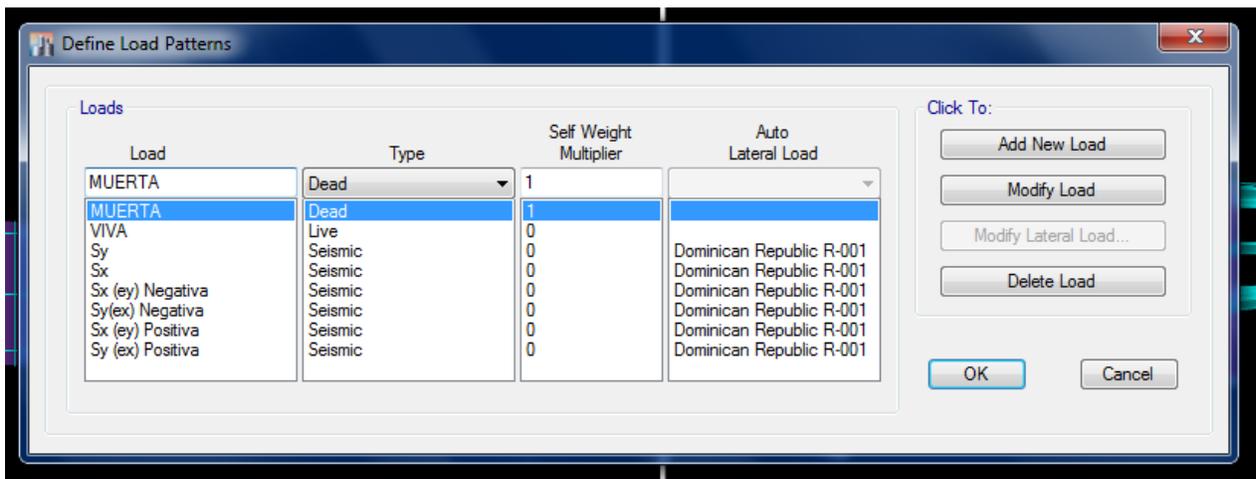
Luego de haber definido la geometría de cada uno de los elementos que componen el sistema estructural con sus respectivos aceros de refuerzos y los materiales con sus propiedades físicas y mecánicas propias. A continuación mostramos las cargas establecidas en el análisis de carga (capítulo 3, pág. 25) en todas las viguetillas.



Asumimos una sobrecarga de un 25% de la carga viva para los efectos de análisis.



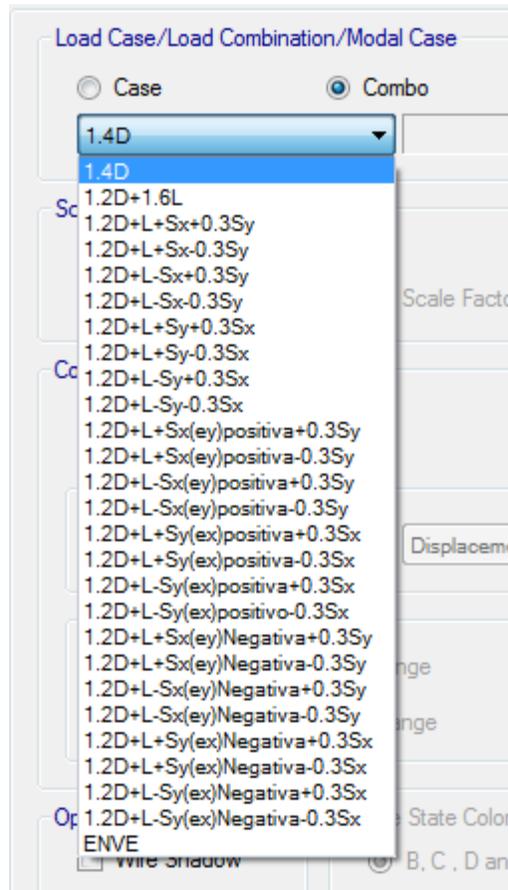
Luego definimos los patrones de carga en el caso estático que se tomarán en cuenta para el análisis.



El siguiente paso a seguir es definir los casos de carga dinámicos según nuestro espectro de respuesta.

Load Case Name	Load Case Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
Sy(ex) Negativa	Linear Static
Sx (ey) Negativa	Linear Static
Sx (ey) Positiva	Linear Static
Sy (ex) Positiva	Linear Static
SDX	Response Spectrum
SDY	Response Spectrum

A continuación mostraremos las combinaciones de carga que le introducimos al programa.



## Capítulo IV Resultados Obtenidos

### 4.1 Participación de Masa

La participación de masa a nivel modal es de un 99.96% de la masa total con respecto a su desplazamiento en X y un 97.81% en su dirección en Y, es decir que nuestro sistema estructural está trabajando con más del 90% de su masa, por lo que nuestra estructura tanto el edificio actual como el edificio solución cumplen como nos indica el código r-001.

#### 4.1.1 Participación de Masa Edificio Actual

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec						
Modal	1	0.847	0.9481	0	0	0.9481	0	0
Modal	2	0.359	9.712E-07	0.8339	0	0.9481	0.8339	0
Modal	3	0.286	0.0451	0.000005737	0	0.9932	0.8339	0
Modal	4	0.217	0.000004237	0.0016	0	0.9932	0.8355	0
Modal	5	0.164	0.0064	0.00000838	0	0.9996	0.8355	0
Modal	6	0.143	0	0.1246	0	0.9996	0.9601	0
Modal	7	0.112	0	0.0101	0	0.9996	0.9702	0
Modal	8	0.069	0.0001	0.00001491	0	0.9997	0.9702	0
Modal	9	0.061	0	0.004	0	0.9997	0.9742	0

#### 4.1.2 Participación de Masa Edificio Solución

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec						
Modal	1	0.43	0.8586	0.0001	0	0.8586	0.0001	0
Modal	2	0.341	0.0001	0.8106	0	0.8587	0.8106	0
Modal	3	0.214	0.0001	0.0056	0	0.8588	0.8162	0
Modal	4	0.143	0.1093	0	0	0.968	0.8162	0
Modal	5	0.128	0.000001227	0.1304	0	0.968	0.9466	0
Modal	6	0.084	0.0315	0.0001	0	0.9995	0.9467	0
Modal	7	0.083	0.0001	0.0281	0	0.9996	0.9748	0
Modal	8	0.07	0.00001493	0.00002028	0	0.9996	0.9748	0
Modal	9	0.059	0	0.0033	0	0.9996	0.9781	0

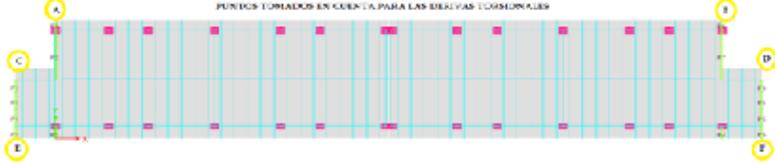
## 4.2 Derivas Torsionales

Las derivas torsionales según el Reglamento para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras R-001, no deben sobrepasar el 1.2 veces el promedio de los desplazamientos del piso, en los dos extremos de la estructura. Tomamos en cuenta 6 puntos críticos para el cálculo de las derivas torsionales, las cuales fueron obtenidas mediante el promedio de dos puntos, multiplicado por el factor 1.2, dándonos un valor máximo, el cual deberá ser mayor que el promedio de dos puntos, es decir, que nuestro edificio solución cumple con las derivas torsionales.

### 4.2.1 Derivas Torsionales Edificio Actual

**Derivas Torsionales**

**1) D.T. sismo en X**



**STORY 3**

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	8.4982	A-B	1.2	8.4982	10.19784	Cum ple
B	8.4982	C-D	1.2	8.517	10.2204	Cum ple
C	8.5175	E-F	1.2	8.5601	10.27212	Cum ple
D	8.5165	A-C	1.2	8.50785	10.20942	Cum ple
E	8.5564	B-D	1.2	8.50735	10.20882	Cum ple
F	8.5638	D-F	1.2	8.54015	10.24818	Cum ple
-	-	A-F	1.2	8.531	10.2372	Cum ple
-	-	E-B	1.2	8.5273	10.23276	Cum ple

**STORY 2**

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	6.8167	A-B	1.2	6.8166	8.17992	Cum ple
B	6.8165	C-D	1.2	6.7907	8.14884	Cum ple
C	6.7907	E-F	1.2	7.14935	8.57922	Cum ple
D	6.7907	A-C	1.2	6.8037	8.16444	Cum ple
E	7.143	B-D	1.2	6.8036	8.16432	Cum ple
F	7.1557	D-F	1.2	6.9732	8.36784	Cum ple
-	-	A-F	1.2	6.9862	8.38344	Cum ple
-	-	E-B	1.2	6.97975	8.3757	Cum ple

**STORY 1**

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	4.5083	A-B	1.2	4.5085	5.4102	Cum ple
B	4.5087	C-D	1.2	4.4948	5.39376	Cum ple
C	4.4948	E-F	1.2	4.8613	5.83356	Cum ple
D	4.4948	A-C	1.2	4.50155	5.40186	Cum ple
E	4.8562	B-D	1.2	4.50175	5.4021	Cum ple
F	4.8664	D-F	1.2	4.6806	5.61672	Cum ple
-	-	A-F	1.2	4.68735	5.62482	Cum ple
-	-	E-B	1.2	4.68245	5.61894	Cum ple

### 1) D.T. sismo en Y

#### STORY 3

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	1.7279	A-B	1.2	1.8201	2.18412	Cum ple
B	1.9123	C-D	1.2	1.80435	2.16522	Cum ple
C	1.7037	E-F	1.2	1.79535	2.15442	Cum ple
D	1.905	A-C	1.2	1.7158	2.05896	Cum ple
E	1.7037	B-D	1.2	1.90865	2.29038	Cum ple
F	1.887	D-F	1.2	1.896	2.2752	Cum ple
-	-	A-F	1.2	1.80745	2.16894	Cum ple
-	-	E-B	1.2	1.808	2.1696	Cum ple

#### STORY 2

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	1.1438	A-B	1.2	1.203	1.4436	Cum ple
B	1.2622	C-D	1.2	1.07105	1.28526	Cum ple
C	1.021	E-F	1.2	1.0654	1.27848	Cum ple
D	1.1211	A-C	1.2	1.0824	1.29888	Cum ple
E	1.0149	B-D	1.2	1.19165	1.42998	Cum ple
F	1.1159	D-F	1.2	1.1185	1.3422	Cum ple
-	-	A-F	1.2	1.12985	1.35582	Cum ple
-	-	E-B	1.2	1.13855	1.36626	Cum ple

#### STORY 1

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	0.5251	A-B	1.2	0.54995	0.65994	Cum ple
B	0.5748	C-D	1.2	0.4608	0.55296	Cum ple
C	0.4409	E-F	1.2	0.44305	0.53166	Cum ple
D	0.4807	A-C	1.2	0.483	0.5796	Cum ple
E	0.4243	B-D	1.2	0.52775	0.6333	Cum ple
F	0.4618	D-F	1.2	0.47125	0.5655	Cum ple
-	-	A-F	1.2	0.49345	0.59214	Cum ple
-	-	E-B	1.2	0.49955	0.59946	Cum ple

## 4.2.2 Derivas Torsionales Edificio Solución

### Derivas Torsionales

### 1) D.T. sismo en X



#### STORY 3

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	2.3026	A-B	1.2	2.30255	2.76306	Cum ple
B	2.3025	C-D	1.2	2.30385	2.76462	Cum ple
C	2.3039	E-F	1.2	2.3176	2.78112	Cum ple
D	2.3038	A-C	1.2	2.30325	2.7639	Cum ple
E	2.3174	B-D	1.2	2.30315	2.76378	Cum ple
F	2.3178	D-F	1.2	2.3108	2.77296	Cum ple
-	-	A-F	1.2	2.3102	2.77224	Cum ple
-	-	E-B	1.2	2.30995	2.77194	Cum ple

#### STORY 2

Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	1.7594	A-B	1.2	1.7595	2.1114	Cum ple
B	1.7596	C-D	1.2	1.72765	2.07318	Cum ple
C	1.7272	E-F	1.2	1.71305	2.05566	Cum ple
D	1.7281	A-C	1.2	1.7433	2.09196	Cum ple
E	1.7126	B-D	1.2	1.74385	2.09262	Cum ple
F	1.7135	D-F	1.2	1.7208	2.06496	Cum ple
-	-	A-F	1.2	1.73645	2.08374	Cum ple
-	-	E-B	1.2	1.7361	2.08332	Cum ple

STORY 3						
Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	0.9913	A-B	1.2	0.9914	1.18968	Cumple
B	0.9915	C-D	1.2	1.0447	1.25364	Cumple
C	1.0448	E-F	1.2	1.04575	1.2549	Cumple
D	1.0446	A-C	1.2	1.01805	1.22166	Cumple
E	1.0449	B-D	1.2	1.01805	1.22166	Cumple
F	1.0466	D-F	1.2	1.0456	1.25472	Cumple
-	-	A-F	1.2	1.01895	1.22274	Cumple
-	-	E-B	1.2	1.0182	1.22184	Cumple

### 1) D.T. sismo en Y

STORY 3						
Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	2.3569	A-B	1.2	2.66665	3.19998	Cumple
B	2.9764	C-D	1.2	2.75355	3.30426	Cumple
C	2.4193	E-F	1.2	2.74375	3.2925	Cumple
D	3.0878	A-C	1.2	2.3881	2.86572	Cumple
E	2.419	B-D	1.2	3.0321	3.63852	Cumple
F	3.0685	D-F	1.2	3.07815	3.69378	Cumple
-	-	A-F	1.2	2.7127	3.25524	Cumple
-	-	E-B	1.2	2.6977	3.23724	Cumple

STORY 2						
Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	1.6304	A-B	1.2	1.81675	2.1801	Cumple
B	2.0031	C-D	1.2	1.61485	1.93782	Cumple
C	1.439	E-F	1.2	1.609	1.9308	Cumple
D	1.7907	A-C	1.2	1.5347	1.84164	Cumple
E	1.434	B-D	1.2	1.8969	2.27628	Cumple
F	1.784	D-F	1.2	1.78735	2.14482	Cumple
-	-	A-F	1.2	1.7072	2.04864	Cumple
-	-	E-B	1.2	1.71855	2.06226	Cumple

STORY 1						
Puntos	UX (cm)	Ptos. Comparacion	Factor	Promedio derivas	Deriva torsional Max.	Resultado
A	0.7623	A-B	1.2	0.6836	0.82032	Cumple
B	0.6049	C-D	1.2	0.66895	0.80274	Cumple
C	0.6049	E-F	1.2	0.65335	0.78402	Cumple
D	0.733	A-C	1.2	0.6836	0.82032	Cumple
E	0.5955	B-D	1.2	0.66895	0.80274	Cumple
F	0.7112	D-F	1.2	0.7221	0.86652	Cumple
-	-	A-F	1.2	0.73675	0.8841	Cumple
-	-	E-B	1.2	0.6002	0.72024	Cumple

## 4.3 Períodos de Vibración

Nuestra estructura tiene 3 períodos de vibración por nivel, dando en total 9 períodos. A continuación analizaremos cada período:

El primer período (modo 1) nos da como resultado un desplazamiento en dirección X con un período de vibración de 0.43, lo que es una reducción considerable en comparación al edificio actual que tiene 0.847, el modo 2, con un desplazamiento en Y, nos dió como resultado un período de 0.341, que también es menor que el valor obtenido en el edificio actual que es 0.359 y

el modo 3 con relación a un desplazamiento rotacional, el período de vibración nos resultó de 0.214 con una reducción de 0.075 con respecto al edificio actual. Los períodos de vibración restantes no serán descritos puesto que se analizaron los más desfavorables.

Con este resultado podemos decir que los períodos de vibración del modelo solución y la actuación de los modos de este, están dentro del rango permitido. Para la determinación del valor máximo que puede alcanzar el período de vibración propia de nuestra estructura se tomó el número de pisos de la misma y se dividió entre 8 dando como resultado aproximadamente 0.375.

#### 4.3.1 Períodos de Vibración Edificio Actual

#### 4.3.2 Períodos de Vibración Edificio Solución

TABLE: Modal Periods and Frequencies

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec
Modal	1	0.847	1.18
Modal	2	0.359	2.789
Modal	3	0.286	3.495
Modal	4	0.217	4.614
Modal	5	0.164	6.108
Modal	6	0.143	6.991
Modal	7	0.112	8.912
Modal	8	0.069	14.46
Modal	9	0.061	16.393

TABLE: Modal Periods and Frequencies

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec
Modal	1	0.43	2.326
Modal	2	0.341	2.936
Modal	3	0.214	4.67
Modal	4	0.143	7.004
Modal	5	0.128	7.826
Modal	6	0.084	11.957
Modal	7	0.083	12.072
Modal	8	0.07	14.191
Modal	9	0.059	16.81

#### 4.4 Derivas de Piso

Las derivas de piso según el código R-001 de análisis sísmico de estructuras deben ser menor que 0.008/Cd, por lo que nuestro Cd será igual a 2, dando como resultado 0.004 por lo que ninguna deriva del edificio actual ni del edificio solución sobrepasa este valor.

#### 4.4.1 Derivas de Piso Edificio Actual

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story3	SDX Max	X	0.002434	160	82.6	3.6	14.1
Story3	SDX Max	Y	0.000442	70	77.95	13.6	14.1
Story3	SDY Max	X	0.000856	160	82.6	3.6	14.1
Story3	SDY Max	Y	0.001434	118	82.6	7.25	14.1
Story2	SDX Max	X	0.002563	106	38.975	0	9.9
Story2	SDX Max	Y	0.000394	70	77.95	13.6	9.9
Story2	SDY Max	X	0.000786	106	38.975	0	9.9
Story2	SDY Max	Y	0.001302	13	38.65	13.4	9.9
Story1	SDX Max	X	0.004292	151	82.6	0	5.7
Story1	SDY Max	X	0.001295	152	-4.65	0	5.7
Story1	SDY Max	Y	0.000854	242	39.3	13.4	5.7

#### 4.4.2 Derivas de Piso Edificio Solución

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story3	SDY Max	Y	0.002095	128	82.6	1.5	13.6
Story2	SDX Max	X	0.001866	149	0	0	9.4
Story2	SDY Max	Y	0.001795	70	77.95	13.6	9.4
Story3	SDX Max	X	0.001636	99	-4.65	3.6	13.6
Story1	SDX Max	X	0.001613	159	82.6	5.75	5.2
Story1	SDY Max	Y	0.001087	70	77.95	13.6	5.2
Story3	SDY Max	X	0.00078	160	82.6	3.6	13.6
Story1	SDY Max	X	0.000691	159	82.6	5.75	5.2
Story2	SDY Max	X	0.000677	152	-4.65	0	9.4
Story3	SDX Max	Y	0.000436	128	82.6	1.5	13.6
Story2	SDX Max	Y	0.000388	70	77.95	13.6	9.4
Story1	SDX Max	Y	0.000257	118	82.6	7.25	5.2

#### 4.5 Desplazamientos de Centro de Masa en Diafragmas

Los desplazamientos de los centros de masa de los diafragmas no debe superar el valor de  $0.008 \cdot h / Cd$ , donde h es la altura de entre piso (4.20m), por lo que obtenemos un desplazamiento máximo de 1.68cm, el edificio actual supera este valor en múltiples casos como se puede apreciar en la tabla, sin embargo, en el edificio solución este valor solo es excedido en el desplazamiento del diafragma D1 del tercer piso en dirección X con una excedencia de 0.1849 cm, en el desplazamiento del diafragma D2 del tercer piso con dirección en X con una excedencia de 0.1848 y en el desplazamiento del diafragma D2 del tercer piso en dirección Y con una

excedencia de 0.2971cm. Por esta razón más adelante recomendaremos la aplicación de un análisis no lineal para la verificación de estos valores y determinar si realmente estas excedencias pueden provocar daños relevantes.

#### 4.5.1 Desplazamientos de Centro de Masa en Diafragmas Edificio Actual

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements				
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY
			m	m
Story3	D1	SDX Max	0.040678	0.004175
Story3	D2	SDX Max	0.040678	0.004501
Story2	D1	SDX Max	0.033238	0.002814
Story2	D2	SDX Max	0.033238	0.003002
Story1	D2	SDX Max	0.022665	0.001436
Story1	D1	SDX Max	0.022664	0.001356
Story3	D1	SDY Max	0.012222	0.013863
Story3	D2	SDY Max	0.012221	0.014924
Story2	D1	SDY Max	0.00998	0.009366
Story2	D2	SDY Max	0.00998	0.009995
Story1	D1	SDY Max	0.006804	0.004396
Story1	D2	SDY Max	0.006804	0.004658

#### 4.5.1 Desplazamientos de Centro de Masa en Diafragmas de Edificio Solución

TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements				
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY
			cm	cm
Story3	D1	SDX Max	1.8649	0.4181
Story3	D1	SDY Max	0.5605	1.6665
Story3	D2	SDX Max	1.8648	0.4786
Story3	D2	SDY Max	0.5607	1.9771
Story2	D1	SDX Max	1.3984	0.2891
Story2	D1	SDY Max	0.4214	1.1512
Story2	D2	SDX Max	1.3984	0.3228
Story2	D2	SDY Max	0.4214	1.3141
Story1	D1	SDX Max	0.6517	0.1297
Story1	D1	SDY Max	0.1978	0.5099
Story1	D2	SDX Max	0.6517	0.1425
Story1	D2	SDY Max	0.1979	0.5811

## 4.6 Análisis Sísmico

### 4.6.1 Análisis sísmico edificio actual

Características geométricas de la edificación	
D <sub>x</sub>	87.25 m
D <sub>y</sub>	14.65 m
H <sub>TOTAL</sub>	12.60 m

Cargas sobre la estructura	
Q <sub>INMUEBTA</sub>	4566.0863 to
Q <sub>VIVA ENTREPISO</sub>	1024.7383 to
Ø <sub>AVIVA</sub>	0.25

Peso Sísmico Total	4,822.3 to
--------------------	------------

Parámetros del análisis sísmico	
Aceleración espectral de referencia para períodos cortos (S <sub>s</sub> )	0.62 g
Aceleración espectral de referencia para períodos largos (S <sub>l</sub> )	0.22 g
Factor de suelo asociado a períodos cortos (F <sub>a</sub> )	1.28
Factor de suelo asociado a períodos largos (F <sub>v</sub> )	1.96
Coefficiente de uso (U)	1.20
Factor de reducción por capacidad de disipación de energía (R <sub>d</sub> )	1.50
Aceleración de la gravedad (A <sub>g</sub> )	9.81 m/seg <sup>2</sup>
K <sub>0</sub>	0.130
C <sub>r</sub>	0.046
X	0.90

Período de vibración de la estructura		
T <sub>x</sub>	0.175 seg	El menor valor entre K <sub>0</sub> H/D <sub>x</sub> <sup>1/2</sup> ó C <sub>r</sub> H <sup>X</sup>
T <sub>y</sub>	0.428 seg	

Regiones de frontera para el espectro elástico de diseño	
S <sub>ms</sub>	0.529 g
S <sub>ml</sub>	0.287 g
T <sub>0</sub>	0.109 seg
T <sub>s</sub>	0.543 seg

Componente Vertical Del Sismo	0.159 D
-------------------------------	---------

Para la dirección X-X			
T <sub>x</sub>	S <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	V <sub>x</sub>
0.175	0.529	0.423	2,041.04

Para la dirección Y-Y			
T <sub>y</sub>	S <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	V <sub>y</sub>
0.321	0.529	0.423	2,041.04

Cortante basal dinámico		Relación
V <sub>x</sub>	986.0693 to	48.3%
V <sub>y</sub>	1411.5459 to	69.2%

CHECK  
OK

Amplificar fuerzas dinámicas S <sub>x</sub> por	1.3454
Amplificar fuerzas dinámicas S <sub>y</sub> por	1.00

#### 4.6.2 Análisis sísmico edificio solución

Características geométricas de la edificación	
D <sub>x</sub>	87.25 m
D <sub>y</sub>	14.65 m
H <sub>TOTAL</sub>	12.60 m

Cargas sobre la estructura	
Q <sub>MUERTA</sub>	5646.3504 to
Q <sub>VIVA ENTREPISO</sub>	1024.7383 to
Ø <sub>RVIVA</sub>	0.25

Peso Sísmico Total	5,902.5 to
--------------------	------------

Parámetros del análisis sísmico	
Aceleración espectral de referencia para períodos cortos (S <sub>d</sub> )	0.62 g
Aceleración espectral de referencia para períodos largos (S <sub>l</sub> )	0.22 g
Factor de suelo asociado a períodos cortos (F <sub>a</sub> )	1.28
Factor de suelo asociado a períodos largos (F <sub>v</sub> )	1.96
Coefficiente de uso (U)	1.20
Factor de reducción por capacidad de disipación de energía (R <sub>e</sub> )	1.50
Aceleración de la gravedad (A <sub>g</sub> )	9.81 m/seg <sup>2</sup>
K <sub>0</sub>	0.130
C <sub>T</sub>	0.046
X	0.90

Período de vibración de la estructura		
T <sub>x</sub>	0.175 seg	El menor valor entre K <sub>0</sub> H/D <sub>x</sub> <sup>1/2</sup> ó C <sub>T</sub> H <sup>X</sup>
T <sub>y</sub>	0.428 seg	

Regiones de frontera para el espectro elástico de diseño	
S <sub>DS</sub>	0.529 g
S <sub>DI</sub>	0.287 g
T <sub>0</sub>	0.109 seg
T <sub>S</sub>	0.543 seg

Componente Vertical Del Sismo	0.159 D
-------------------------------	---------

Para la dirección X-X			
T <sub>x</sub>	S <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	V <sub>x</sub>
0.175	0.529	0.423	2,498.27

Para la dirección Y-Y			
T <sub>y</sub>	S <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	V <sub>y</sub>
0.321	0.529	0.423	2,498.27

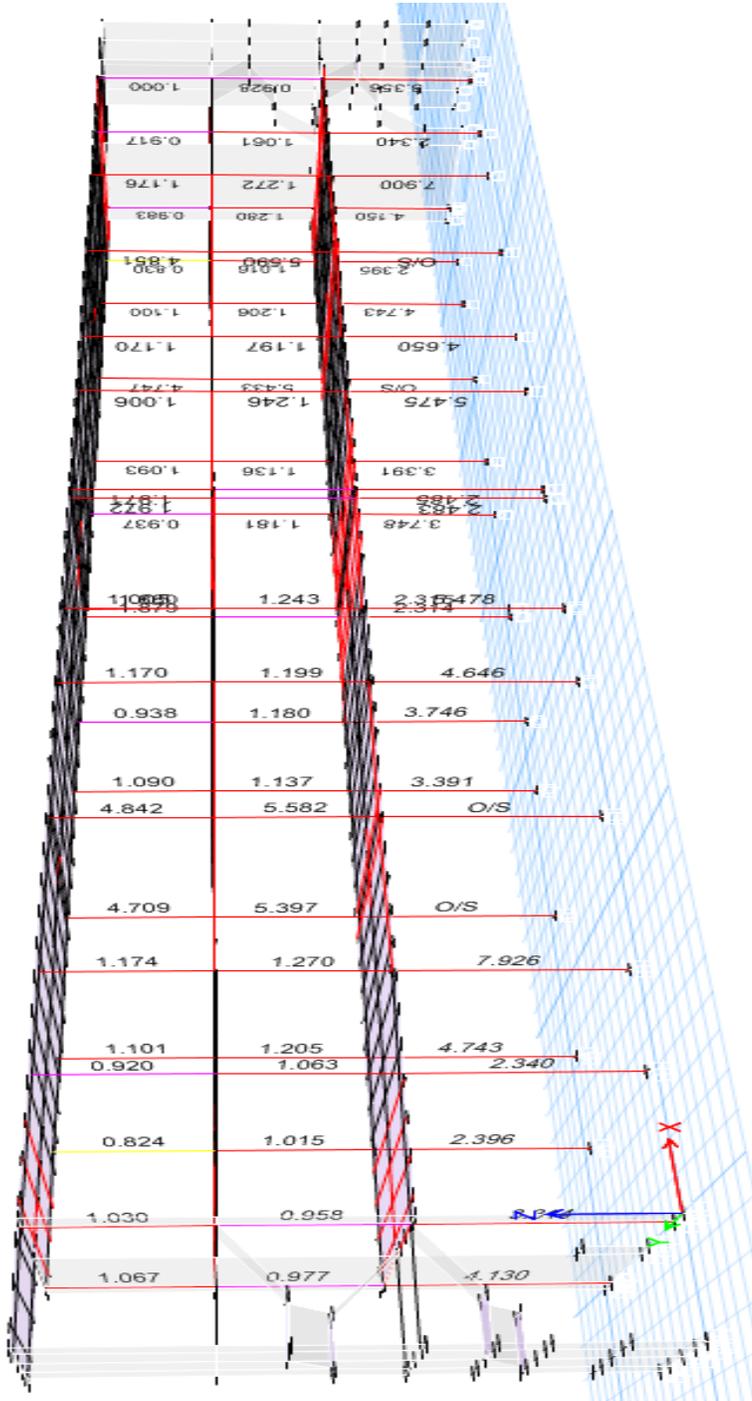
Cortante basal dinámico		Relación
V <sub>x</sub>	1782.0326 to	71.3%
V <sub>y</sub>	1688.9524 to	67.6%

OK  
OK

Amplificar fuerzas dinámicas S <sub>x</sub> por	1.0000
Amplificar fuerzas dinámicas S <sub>y</sub> por	1.00

## 4.7 Porcentaje de Capacidad Resistente en Uso de Columnas

### 4.7.1 Porcentaje de Capacidad Resistente en Uso de Columnas Edificio Actual

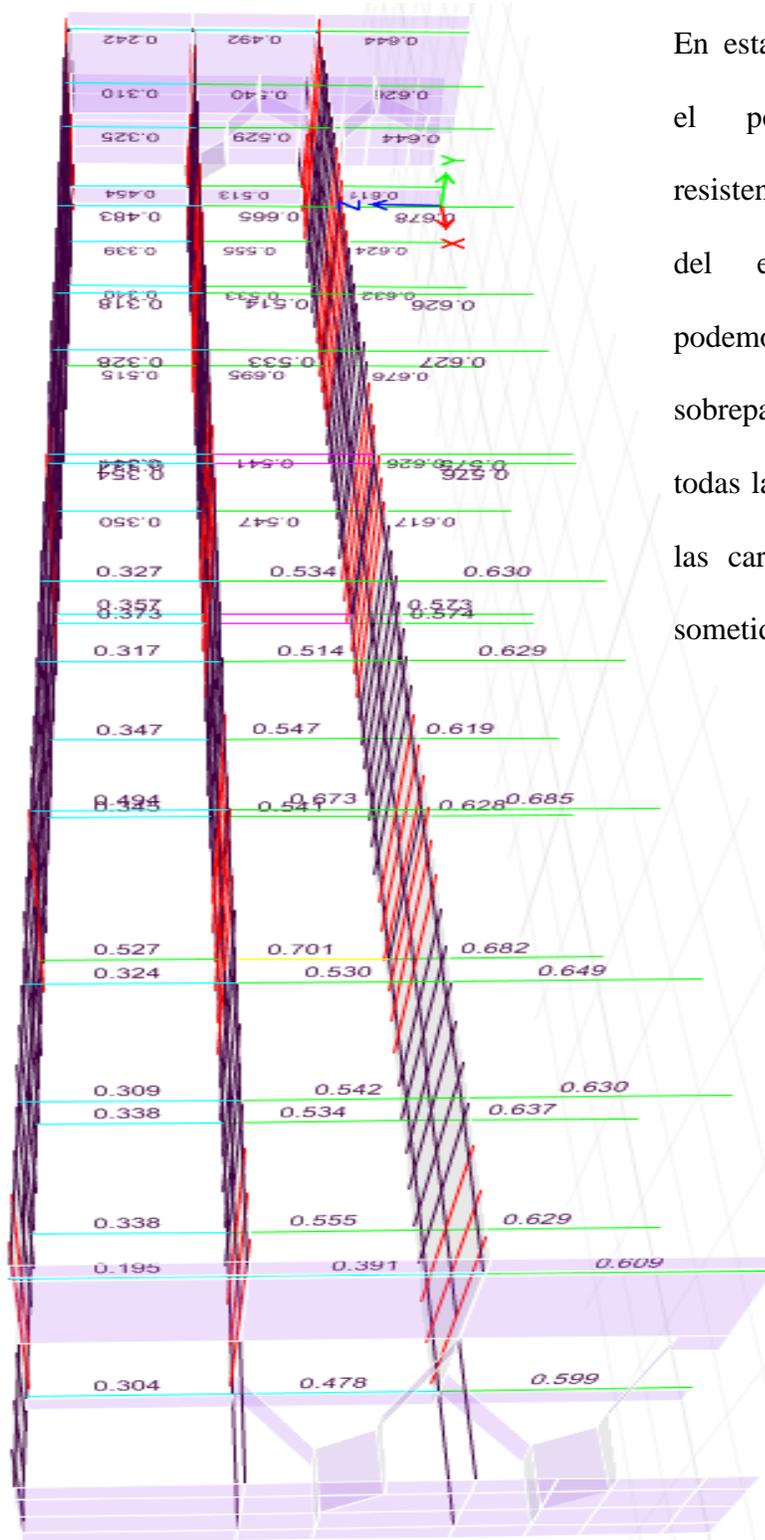


En esta imagen se pueden apreciar los porcentajes de capacidad resistente de las columnas.

Los valores menores que 1 quieren decir que la columna no está actuando en un 100% de su capacidad, por el contrario, los valores superiores a 1 muestran que la capacidad resistente de la columna es insuficiente puesto que están trabajando a más del 100% de su capacidad; lo que se puede traducir como que están en plano de falla.

Por ejemplo, una columna que tenga 5.582 de porcentaje quiere decir que esta requiere una capacidad resistente 5-582 veces superior a la columna existente.

## 4.8 Porcentaje de capacidad resistente en uso de columnas en edificio solución



En esta imagen podemos observar el porcentaje de capacidad resistente en uso de las columnas del edificio solución. Como podemos apreciar ningún valor sobrepasa la unidad, por lo que todas las columnas pueden soportar las cargas a la que están siendo sometidas.

## 4.9 Resultados obtenidos por levantamiento con “Rebar Scope”

### **Para columnas los resultados que obtuvimos son los siguientes:**

1. Todos los estribos son de un diámetro de 3/8” separados a 40 cm.
2. El acero longitudinal de las columnas analizadas coincide con lo de los planos, con la salvedad de que no fue posible confirmar los aceros longitudinales ubicados en camadas.
3. La columna ubicada del lado del pasillo en el cuarto pórtico contado desde la parte más lejana a la entrada del edificio, consiste en una columna doble que no está incluida en los planos estructurales, sin embargo, por medio del levantamiento del rebar scope pudimos verificar que tiene un acero mínimo de 8 barras de 1”.
4. El recubrimiento promedio de las columnas es de 7 a 9 cm.

### **Para vigas los resultados que obtuvimos son los siguientes:**

1. Los estribos en la zona de confinamiento están en la mayoría de las vigas a 20cm, sin embargo, en aquellas que no están puramente a esa separación tienden a separarse de 25 a 30cm, por lo que podemos confirmar que hubieron errores constructivos en el armado de los elementos.
2. Los estribos en la zona de no confinamiento se encuentran en la mayoría de las vigas a 30cm, pero al igual que los estribos de no confinamiento, tienden a variar en algunos tramos con un margen de error de 1 a 10cm.
3. El acero longitudinal coincide con los planos estructurales, pero al igual que las columnas no se pudo confirmar la presencia de las barras que se encuentran en una segunda camada.

## 5.0 Recomendaciones

---

1. Para aumentar la capacidad resistente de las columnas tanto para la resistencia de esfuerzo cortante como axial recomendamos un aumento de las dimensiones del primer nivel de (90x110cm), para el segundo y tercer nivel recomendamos una dimensión de (80x95). La resistencia del hormigón a usar será de 280kg/cm<sup>2</sup> y el acero a usar será grado 60. La configuración de armado del acero para estas columnas se muestra en el plano anexo.
2. Recomendamos una sección de (80x95cm) para todas las vigas estructurales con la finalidad de aumentar su resistencia a esfuerzo cortante y flexión, además que con esta sección se garantiza el anclaje suficiente entre el acero longitudinal de las columnas con el de las vigas, lo que generará un aumento en la resistencia de los nudos, puesto que los mismos no cuentan con los ganchos y escuadras descritos en los códigos actuales.
3. Se debe realizar un análisis de no linealidad partiendo de los datos que suministramos en esta investigación, para verificar el verdadero comportamiento de la estructura identificando las ubicaciones de rótulas plásticas y demás fallas que podrían proveer una solución más exacta. También este análisis proporcionará la solución que se debe de tomar en cuenta para el reforzamiento de las fundaciones de las columnas que componen nuestra edificación.
4. Debido a que no se tiene ningún tipo de estudio de suelo, no tomamos en cuenta las fundaciones para el diseño, por lo tanto se recomienda realizar un estudio de suelo para mayor exactitud de las soluciones que podrían encontrarse para las fundaciones.

**5.** Se deben confirmar los diámetros exactos de las barras longitudinales tanto de las vigas como de las columnas y además la confirmación de la ubicación de las barras que se encuentran distribuidas en varias camadas.

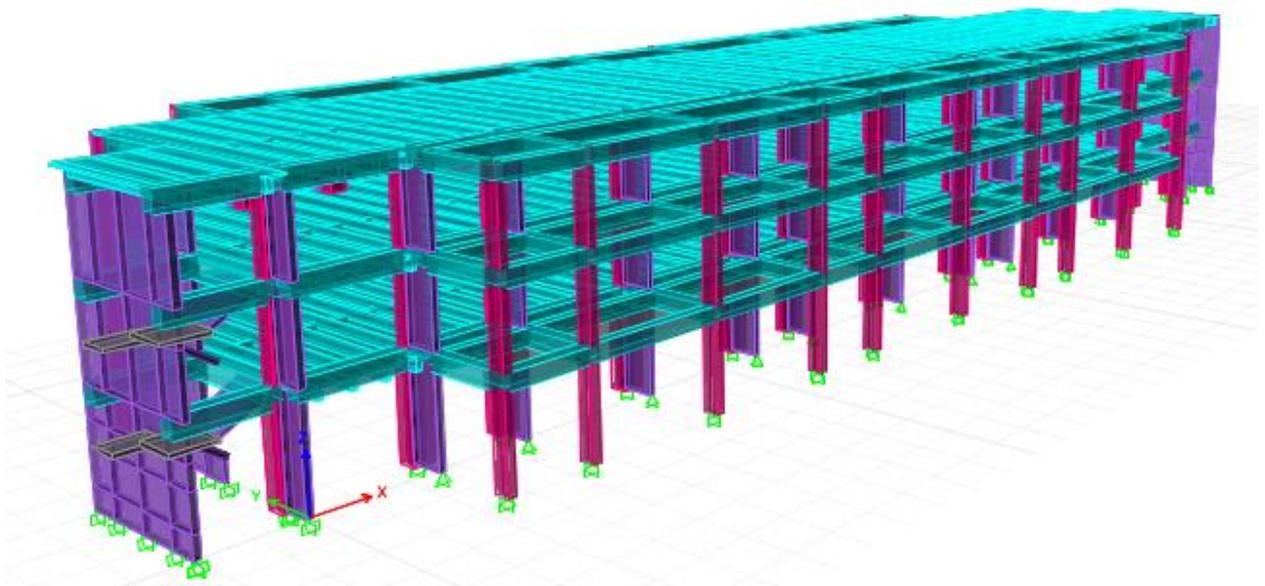
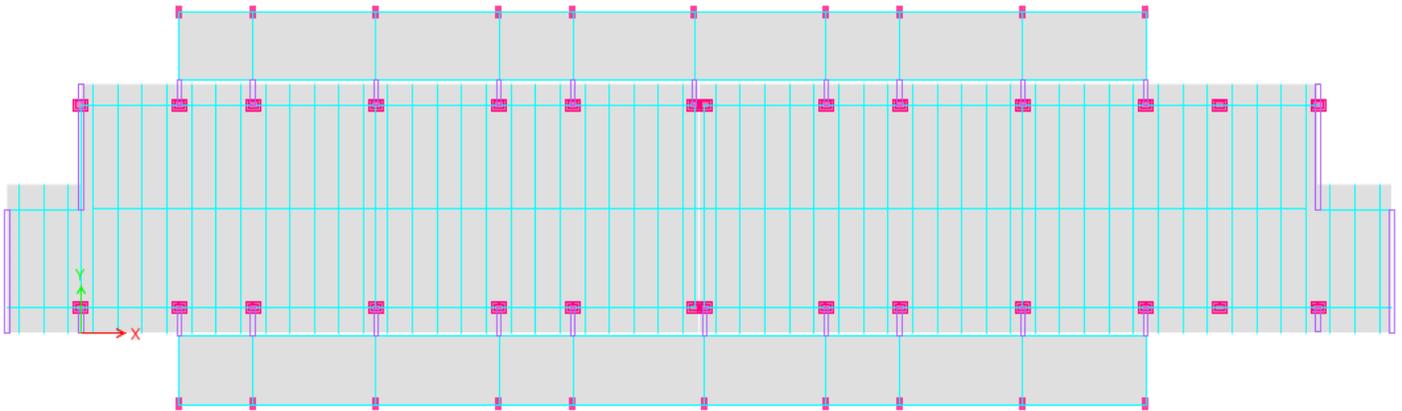
**6.** Confirmar la resistencia a compresión del hormigón usado en nuestra edificación puesto que a pesar que los planos especifican el uso de un hormigón 210Kg/cm<sup>2</sup>, recomendamos confirmar este dato con el uso del método no destructivo “Velocidad de Pulso Ultrasónico”.

**7.** Utilizar aditivos fluidificantes para el hormigón de las columnas.

**8.** Recomendamos aprovechar las modificaciones estructurales en el edificio para ampliar la capacidad de aulas del mismo, de manera que no solo se aumente la seguridad ocupacional, sino que también se aumente considerablemente la población estudiantil dentro del edificio.

A continuación mostraremos las imágenes de esta propuesta.

### 5.1.0 Propuesta ampliación de la Facultad de Ciencias y Tecnología



Para más detalles de las soluciones planteadas en este trabajo de investigación, anexamos un CD que contiene los planos estructurales, tanto del ensanchamiento de los elementos estructurales existentes, detalles constructivos y propuesta de ampliación del edificio 2.

## 6.0 Conclusión

---

Luego de llevar a cabo los análisis necesarios para la evaluación estructural de la facultad de ciencias y tecnología de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU), podemos asegurar que se ha mostrado a lo largo de todo este documento la importancia de una evaluación estructural correcta, puesto que la misma nos facilitó la determinación de las soluciones que más se acoplan a las necesidades y/o debilidades en la que se encuentra nuestra estructura ante los eventos en lo que puede estar sometida la misma.

Se mostraron los principales parámetros de análisis, los cuales fueron vitales para la identificación de las adversidades que deben evitarse a toda costa para la prevención de daños ocurridos por los eventos anteriormente mencionados.

Se plantearon las soluciones que nos garantizan la seguridad de las personas que dan vida a nuestra facultad, y más aún, planteamos una solución que genera más espacio para continuar y aumentar las labores docentes de nuestra universidad, generando más aulas y por ende mejorar la organización de ubicación de las asignaturas.

# 7.0 Anexos

Figura A-1

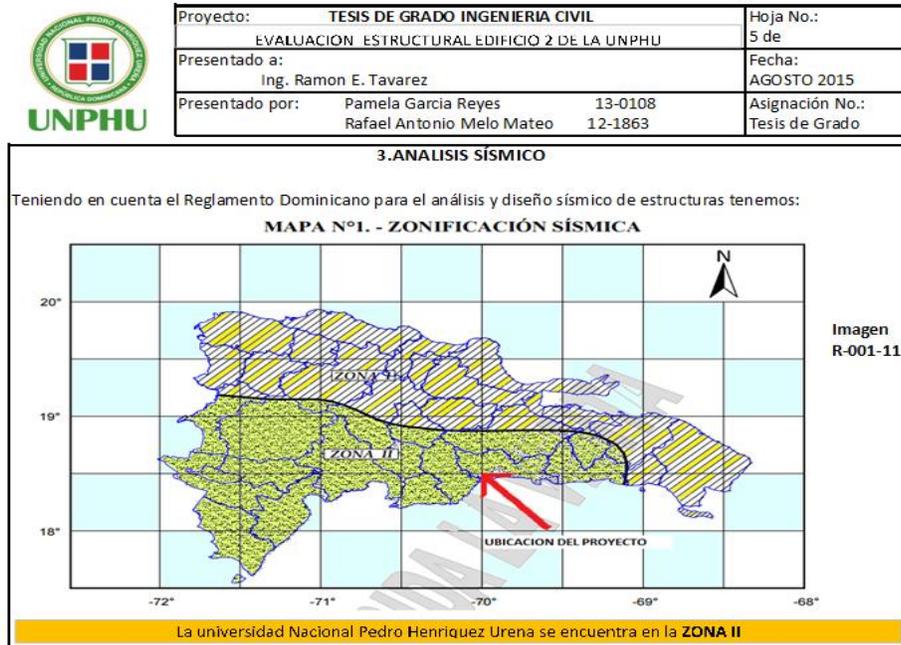
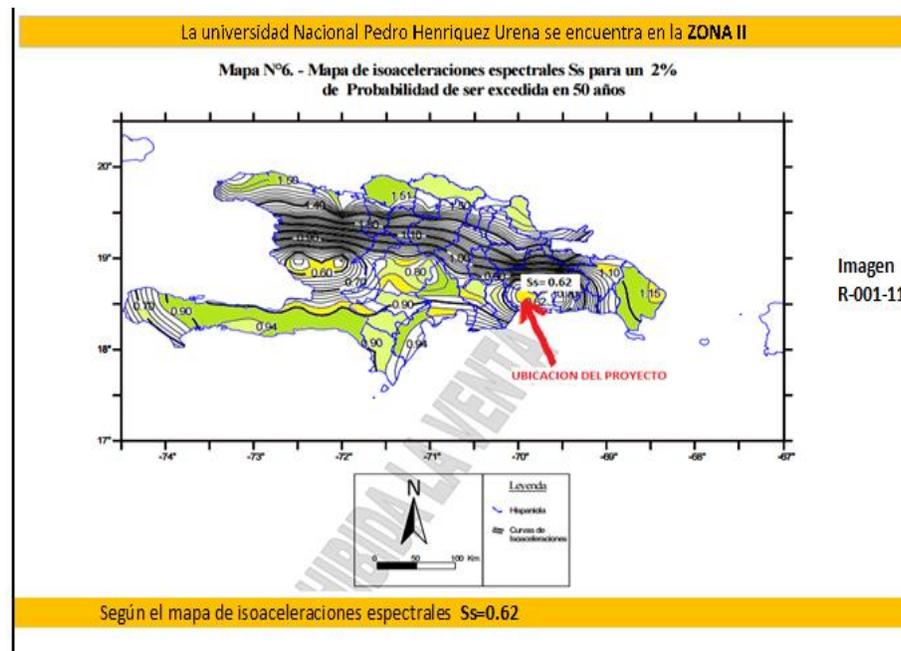


Figura A-2



Mapa N°7. - Mapa de isoaceleraciones espectrales  $S_1$  para un 2% de Probabilidad de ser excedida en 50 años

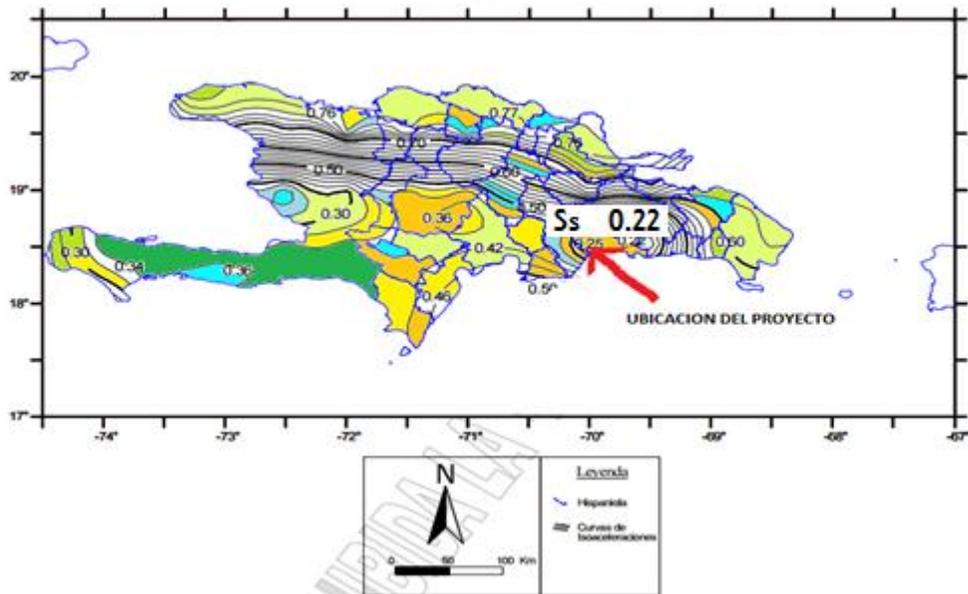


Figura A-3

TABLA 3  
CLASIFICACIÓN DEL SITIO

Propiedades Promedio en los Primeros 30m

Clasificación del Sitio	Designación	Velocidad Onda de Corte $V_s$ (m/s)	Resistencia Penetración Estándar $\bar{N}$	Resistencia al corte del Suelo sin drenar $S_u$ ( $\text{Kg/cm}^2$ )
A	Roca Fuerte	$V_s > 1.500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1.500$	N/A	N/A
C	Suelo muy Denso y Roca Blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 1.0$
D	Suelo Rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$0.5 \leq S_u \leq 1.0$
E	Suelo Blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 0.5$

Figura A-4

TABLA 5  
VALORES DEL FACTOR DE SITIO ( $F_v$ )

Clase de sitio	Aceleración Espectral de referencia para periodos largos ( $S_1$ ) <sup>a</sup>			
	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.4	2.4
F	nota b	nota b	nota b	nota b

Figura A-5

**TABLA 4**  
**VALORES DEL FACTOR DE SITIO (Fa)**

Clase de sitio	Aceleración Espectral de referencia para periodos cortos (Ss) <sup>a</sup>						
	Ss = 0.30	Ss = 0.40	Ss = 0.50	Ss = 0.60	Ss = 0.70	Ss = 0.80	Ss ≥ 0.90
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2
E	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0
F	nota b	nota b	nota b	nota b	nota b	nota b	nota b

Figura A-6

**TABLA 8**  
**COEFICIENTE DE DISEÑO Y FACTORES PARA SISTEMAS ESTRUCTURALES SISMO-RESISTENTES**

TIPO ESTRUCTURAL	Qi	Rd	Cd	Ko	Limitaciones en altura (mt)		
					Zona 1	Zona 2	
<b>Sistema 1. Aperticados</b>							
A-I. Pórticos especiales de acero	NA	5.5	4.75	0.15	50	SL	
A-II. Pórticos intermedios de acero	NA	4.5	4.00	0.15	NP	12	
A-III. Pórticos ordinarios de acero	NA	2.5	2.00	0.15	NP	NP	
A-IV. Pórticos especiales de hormigón armado	NA	5.5	4.75	0.13	SL	SL	
A-V. Pórticos intermedios de hormigón armado	NA	4.5	4.00	0.13	36	SL	
A-VI. Pórticos ordinarios de hormigón armado	NA	2.5	2.00	0.13	NP	NP	

Figura A-7

**VALORES DE LOS COEFICIENTES C<sub>T</sub> Y X**

Sistema estructural sismo-resistente	C <sub>T</sub>	X
Pórticos de acero	0.072	0.80
Pórticos de acero arriostrados	0.073	0.75
Pórticos de hormigón armado	0.046	0.90
Muros de hormigón armado y de mampostería	0.048	0.75

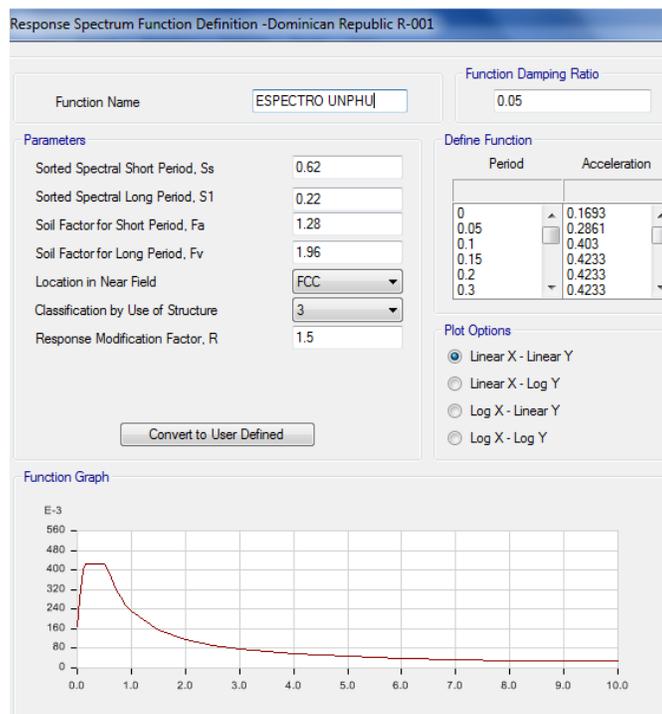
**Figura A-8**

Zona sísmica	II		
S <sub>s</sub>	0.62		g
S <sub>1</sub>	0.22		g
Coef. Sitio	C		
Factor de sitio Fa	1.28		
Factor de sitio Fv	1.96		
Grupo	III		
Sistema Tipo	Tipo A-VI		
Uso (U)	1.20		
Rd	1.50		
K0	0.13		
CT	0.046		
X	0.90		
H	12.60		m
SDS	0.53		
SD1	0.29		
T0	0.11		
Ts	0.54		
Dirección X		Dirección Y	
Ds	92.05	Ds	20.6
T	0.17	T	0.36
T	0.45	T	0.45
Sa	0.529	Sa	0.529
Cb	0.42	Cb	0.42

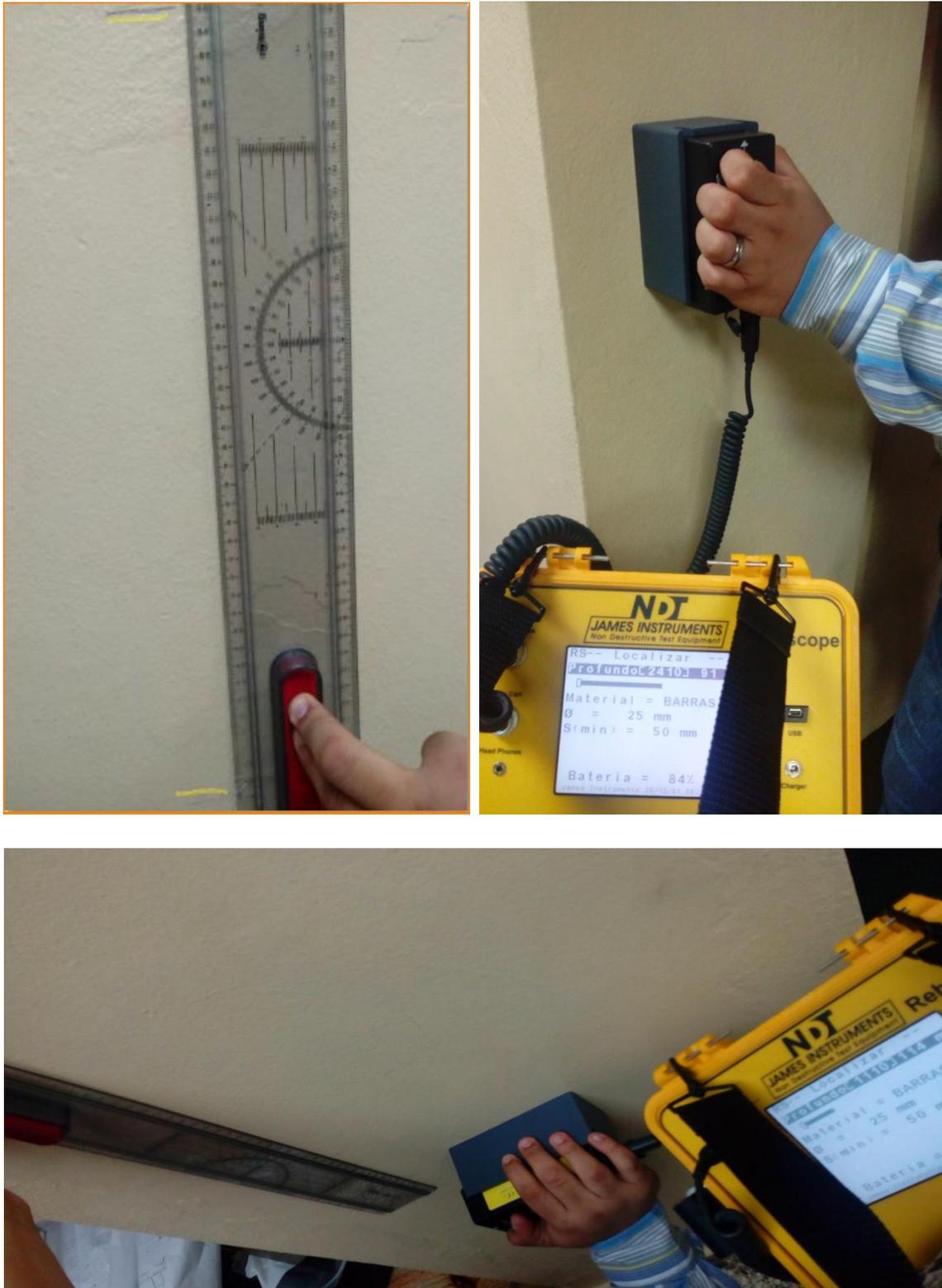
- R-001 Mapa 1
- R-001 Mapa 6
- R-001 Mapa 7
- R-001 Tabla 3 (Suelo muy denso y roca blanda)
- R-001 Tabla 6
- R-001 Tabla 6
- R-001 TITULO III, CAPITULO I, Artículo 22
- R-001 TITULO III, CAPITULO II, Artículo 23
- R-001 Tabla 7
- R-001 Tabla 8
- R-001 Tabla 8
- R-001 Tabla 9
- R-001 Tabla 9
- Dato de los planos
- Artículo 34 R-001-11
- Artículo 34 R-001-11
- Artículo 34 R-001-11
- Artículo 34 R-001-11
- Dato de los planos
- Artículo 40 R-001-11
- Artículo 40 R-001-11
- Artículo 34 R001-11
- Artículo 35 R001-11

**Nota**  
 Sax para  $T_0 < T \leq T_s$   
 Say para  $T_0 < T \leq T_s$

**Figura A-9**



## Levantamiento de columnas del edificio 2



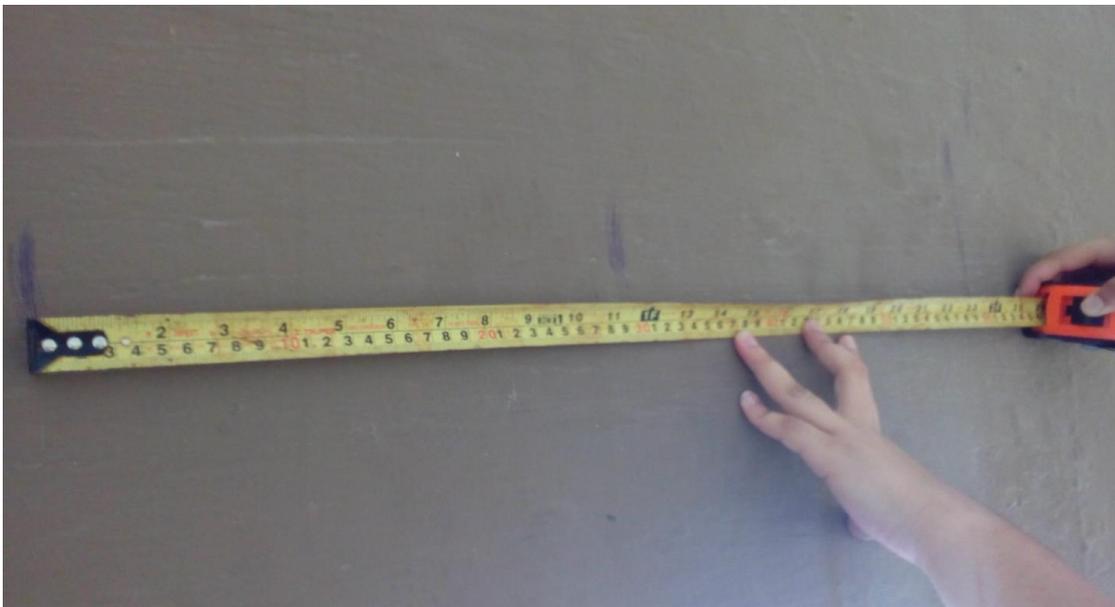
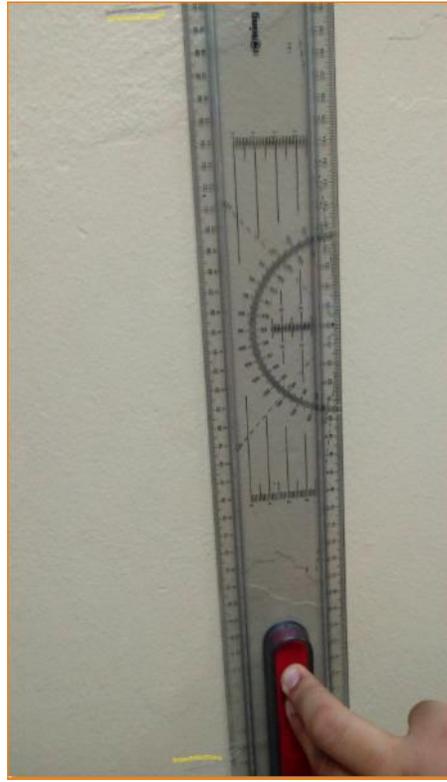


**Levantamientos de vigas del edificio 2**



**Separación de estribos en zona de no confinamiento en vigas**

## Levantamiento de las columnas

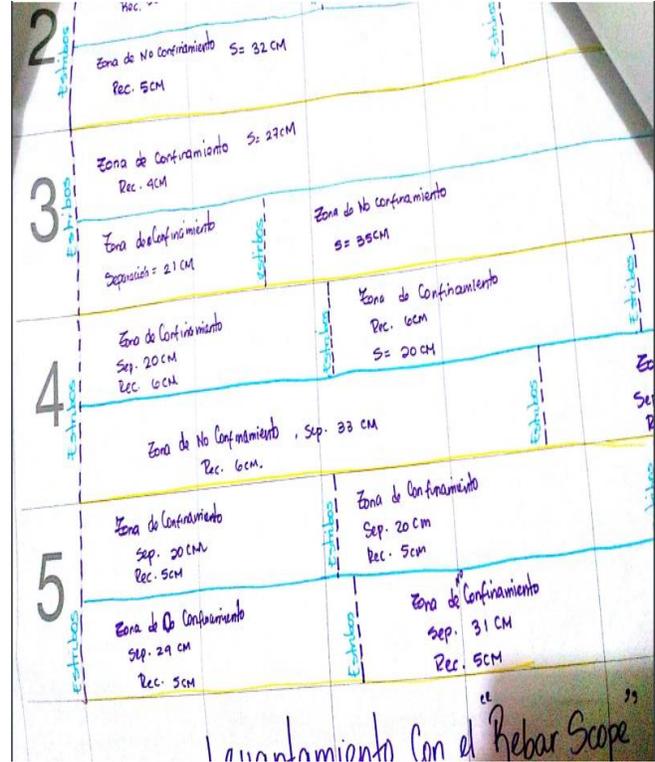


## Levantamiento vigas, zonas de confinamiento



**Realización del levantamiento de acero longitudinal y transversal en vigas con el RebarScope.**





**Levantamiento con plantilla de las zonas de confinamiento y no confinamiento de las vigas del edificio 2 de la UNPHU**



**Levantamiento muro escalera con el Rebar Scope**

## 8.0 Bibliografía

---

ATC. (1996). *Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings*.

ATC-40. (1996). *ATC-40*.

Calle, J. L. (2016). *datateca*.

Chopra, A. K. (2014). *Dinamica Estructural*.

Chopra, A. K. (2014). *Dinamica Estructural*. En A. K. Chopra, *Dinamica Estructural* (pág. 39).

Chopra, A. K. (2014). *Dinamica Estructural*.

Chopra, A. K. (2014). *Dinamica Estructural*. En A. K. Chopra, *Dinamica Estructural* (pág. 14).

Crisafulli, F. (2002). *Espectros de diseño y respuesta*.

Desconocido. (26 de OCTUBRE de 2011). Obtenido de <http://metodologadelainvestigacinsiis.blogspot.com/2011/10/tipos-de-investigacion-exploratoria.html>

Desconocido. (18 de Diciembre de 2010). *civilgeeks*. Obtenido de civilgeeks.

Desconocido. (2012). *Ensayos no destructivos*. Ojeda.

Desconocido. (2016). *estructuras.eia*. Obtenido de <http://estructuras.eia.edu.co/hormigonII/Taller%20de%20hormigon%20II/an%C3%A1lisis%20s%C3%ADsmico/An%C3%A1lisis%20s%C3%ADsmico.htm>

google. (s.f.).

Hibbeler. (2011). *Consideraciones generales sobre dinámica estructural*.

Investigadores. (2013). <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/05/tipos-de-investigacion.html>. Recuperado el 2016

OBJIO, I. L. (2011). *Evaluación estructural casa de las Naciones Unidas en Santo Domingo*.

Omar, M. R. (12 de AGOSTO de 2012). *MONOGRAFIAS*. Obtenido de MONOGRAFIAS.

proyectoorue. (15 de febrero de 2009). [proyectoorue.wordpress.com](http://proyectoorue.wordpress.com). Obtenido de [proyectoorue.wordpress.com](http://proyectoorue.wordpress.com).

R-001. (2011). *MOPC*.

Raymundo. (2014). *La operacionalización de las variables*.

RENA. (14 de JUNIO de 2008). <http://www.rena.edu.ve/>. Obtenido de <http://www.rena.edu.ve/>:  
<http://www.rena.edu.ve/>

Rivero, A. A. (2009). *Patologías de las edificaciones*. Caracas: Módulo 3.

Rivero, A. A. (2009). *Patologías en las Edificaciones*. Caracas.

Rodríguez, D. (2005). Análisis estático no lineal. *Construcción* , 86-87.

Rojas, N. (2015). *Presentación Análisis y Diseño Sismo-resistente*. Santo Domingo.

Universal, E. (2012). *Enciclopedia Universal*. Obtenido de Enciclopedia Universal:  
[http://enciclopedia\\_universal.esacademic.com/54169/L%C3%ADmite\\_el%C3%A1stico](http://enciclopedia_universal.esacademic.com/54169/L%C3%ADmite_el%C3%A1stico)

UNPHU. (28 de Enero de 2016). *UNPHU*. Recuperado el 4 de Abril de 2016, de  
<http://unphu.edu.do/institucional/unphu/>

**9.0 Anexo planos estructurales de las propuestas para la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña**

---

**Pamela García Reyes**

Sustentante

---

**Rafael Antonio Melo Mateo**

Sustentante

---

**Ing. Ramón Emilio Tavárez Bello**

Asesor

---

Miembro del jurado

---

Miembro del jurado

---

**Presidente del Jurado**

---

**Ing. Ramón E. Tavárez**

Director Escuela de Ingeniería Civil

---

**Ing. Carlos Troncoso**

Decano de la Facultad de Ciencias y Tecnología

**Pamela García Reyes**

Calificación \_\_\_\_\_

Numérica \_\_\_\_\_

Alfabética \_\_\_\_\_

**Rafael Antonio Melo Mateo**

Calificación \_\_\_\_\_

Numérica \_\_\_\_\_

Alfabética \_\_\_\_\_

---

**Fecha**