

**MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - SEGUNDA FASE
ANÁLISIS DINÁMICO**

JORGE ANDRES QUINTERO MUÑOZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

**MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - SEGUNDA FASE
ANALISIS DINÁMICO**

JORGE ANDRES QUINTERO MUÑOZ

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
GUSTAVO CHIO CHO
Ingeniero Civil. PH D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

JORGE ANDRÉS QUINTERO MUÑOZ

DEDICADO A:

JUAN DIEGO QUINTERO

E

ISABELLA QUINTERO

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora Esperanza Maldonado y al Doctor Gustavo Chío, por la oportunidad brindada, para poder desarrollar este proyecto y por su preocupación en la culminación con éxito del mismo.

A Jorge Quintero y Marina Muñoz por brindarme la oportunidad de tener una familia y el apoyo de ella.

A Álvaro Muñoz por su interés en mi educación.

Al Ing Jorge Gelvez, Ing Rony Ortiz, Ing Nicolás Bayona, Ing Johana Pimiento, Pablo Gelvez, por brindarme su ayuda incondicional en el proyecto,

A Erika por estar siempre conmigo, y brindarme su apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	13
1. DEFINICION DE LAS TEMATICAS PARA LAS PRÁCTICAS.	15
2. DEFINICION DE PRUEBAS.....	19
2.1 PRACTICA INFORMATIVA (Nº1):.....	19
2.2 CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA (Nº2):	20
2.2.1 Definicion de la edificacion modelo.....	20
2.2.2 Chequeo de la estructura del modelo (NSR-10)..	23
2.3 SELECCIÓN DE LA ESCALA (Nº3):.....	31
2.3.1 Selección del factor de escala para el modelo	31
2.3.2 Factor de escala para la aceleracion	33
2.4 MATERIALES	33
2.4.1 Descripcion de los materiales.....	33
2.5 ELABORACION DE ELEMENTOS (Figurar Refuerzo) (Nº4):.....	34
2.6 ELABORACION DE ELEMENTOS (Fundida de Elementos) (Nº5):.....	34
2.6.1 Vigas de union	35
2.6.2 Columnas de confinamiento	36
2.7 ELABORACION DE ELEMENTOS (Muro) (Nº6):.....	37
2.7.1 Muros de mamposteria	37
2.8 ELABORACION DE ELEMENTOS (Viga Confinante) (Nº7):.....	38
2.8.1 Viga de confinamiento	38
2.9 METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (M.F.H.E) (Nº8):	39
2.9.1 Acción sísmica..	40
2.9.2 Calculo de la fuerza sismica y espectro de diseño.	41
2.10 MODELAMIENTO (SAP 2000 V14) (Nº9):	50

2.10.1	<i>Modelo computacional.</i>	51
2.10.2	<i>Montaje del modelo de la estructura mediante software.</i>	51
2.10.3	<i>Analisis de participacion modal.</i>	56
2.11	<i>CALCULO DEL PERIODO (Ensayo de los Elementos) (Nº10):</i>	58
3.	<i>ESTRUCTURAS DE LAS PRUEBAS.</i>	62
3.1	<i>DURACION DE LA PRÁCTICA</i>	62
3.1.1	<i>Evaluación inicial:</i>	62
3.1.2	<i>Introducción:</i>	63
3.1.3	<i>Desarrollo de la práctica:</i>	63
3.1.4	<i>Conclusiones:</i>	63
4.	<i>EQUIPOS DE LABORATORIO</i>	64
5.	<i>-EVALUACIÓN</i>	66
5.1	<i>EVALUACIÓN DE CADA PRACTICA</i>	66
5.2	<i>EVALUACION DEL LABORATORIO</i>	67
6.	<i>CONCLUSIONES</i>	69
7.	<i>BIBLIOGRAFIA.</i>	73
8.	<i>ANEXOS.</i>	75
8.1	<i>ANEXO 1, CARTILLA DEL ESTUDIANTE</i>	75
8.2	<i>ANEXO 2, CARTILLA DEL DOCENTE</i>	99
8.3	<i>ANEXO 3, EVALUACION DE LA PRÁCTICA</i>	131
8.4	<i>ANEXO 4, EVALUACION DEL LABORATORIO</i>	132

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. 1 Contenido de la asignatura Dinámica Estructural.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2. 1 Practicas propuestas para el laboratorio.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2. 2 Tabla de valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2. 3 Espesores mínimos nominales para muros estructurales en casa de uno y dos pisos.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. 4 Coeficiente M_o para longitud mínima de muros estructurales confinados. ..</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2. 5 Espesor mínimo de losas.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. 6 Clasificación de los perfiles del suelo.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2. 7 Valores del coeficiente F_a, para la zona de periodos cortos del espectro....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2. 8 Valores del coeficiente F_v, para la zona de periodos intermedios del espectro.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2. 9 Valores del coeficiente de importancia, I.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 2. 10 Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado T_a.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 2. 11 Determinación de las fuerzas sísmicas por nivel.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 2. 12 Valores de las reacciones en los tipos de viguetas.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 2. 13 Cargas distribuidas a aplicar en las vigas.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 2. 14 Tabla del factor de participación modal de la masa.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2. 15 Desarrollo de las prácticas en el transcurso del semestre académico y la temática a tratar.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 3. 1 Actividades a realizar en el transcurso de la práctica.....</i>	<i>62</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2. 1 Fotografía de la fachada frontal de la edificación a estudiar.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2. 2 Perfil Longitudinal de la edificación, dimensiones de las zapatas.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2. 3 Planta Arquitectónica del entrepiso, detalle aligeramiento, armado de viguetas.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2. 4 Perfil Frontal de la edificación, en el cual se ven los vanos y aberturas.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. 5 Evolución constructiva de las vigas de unión</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2. 6 Evolución constructiva de las columnas de confinamiento</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2. 7 Evolución constructiva del muro de mampostería</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2. 8 Proceso constructivo de la viga de confinamiento.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 2. 9 Imágenes de los espesores de los elementos de la edificación</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2. 10 Pórtico Tipo 1-2-3-4.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 2. 11 Espectro elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2. 12 Espectro elástico de diseño para la edificación problema.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 2. 13 Cortante basal y fuerzas sísmicas en cada nivel.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 2. 14 Vigüeta T1 con las cargas aplicadas y las respectivas reacciones.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 2. 15 Pórtico A. con las diferentes cargas distribuidas (Muerta, Viva, Cubierta)</i>	<i>54</i>
<i>Figura 2. 16 Cuadro de dialogo para la inclusión del espectro de diseño.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 2. 17 Espectro de diseño graficado por el programa.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 2. 18 Modos de Vibración de la Estructura.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 2. 19 Elaboración y ensayo del cilindro con mortero 1:3.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 2. 20 Grafica de Esfuerzo Vs Deformación del mortero 1:3, y línea de tendencia. .</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4. 1 Mesa Vibratoria o Simulador Sísmico (SS).....</i>	<i>64</i>

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexos 8. 1 Cartilla del Estudiante.....</i>	<i>75</i>
<i>Anexos 8. 2 Cartilla del Docente.....</i>	<i>99</i>
<i>Anexos 8. 3 Evaluación de la Práctica.....</i>	<i>131</i>
<i>Anexos 8. 4 Evaluación del laboratorio.....</i>	<i>132</i>

RESUMEN

TITULO:

MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS-SEGUNDA FASE
ANÁLISIS DINÁMICO

AUTOR:

JORGE ANDRES QUINTERO MUÑOZ

PALABRAS CLAVE: LABORATORIO, ESTRUCTURAS, MANUAL, DINAMICA
ESTRUCTURAL, INGENIERIA, CIVIL.

DESCRIPCION:

Los recientes acontecimientos mundiales nos demuestran la importancia que deben darle los Gobiernos al tema del estudio sísmico; casos como el terremoto de Haití, el de Chile, y el caso más reciente el Terremoto y Tsunami de Japón, nos da un claro panorama de lo importante de estar preparado para un movimiento sísmico de gran escala. Analizando el caso de Japón pues es uno de los pueblos más avanzados en cuanto al estudio y diseño sísmico; en muchas Universidades del país asiático, se realiza pruebas de laboratorio utilizando Mesas Vibratorias y modelos a escala real, esto con el fin de observar y realizar mediciones sobre el comportamiento sísmico de un sistema estructural específico, además, se prueban diversos tipos de disipadores de energía, con el fin de disminuir los efectos dañinos sobre las estructuras eliminando el posible riesgo de colapso de la misma.

Es importante que la Universidad Industrial de Santander, sea la encargada de promover en la región y el país prácticas con los estudiantes sobre el comportamiento sísmico de las estructuras, ante un posible terremoto, pues la ciudad de Bucaramanga se encuentra delimitada por dos fallas geológicas, la falla Bucaramanga – Santa Marta y la Falla del Río Suarez; por tal motivo se ha decidido realizar el Montaje del Laboratorio de Estructuras segunda fase, Análisis Dinámico, para el cual se ha planteado una metodología con la cual se pueda empezar a realizar pruebas sobre elementos a escala, utilizando la mesa vibratoria, pruebas computacionales por medio del programa SAP 2000, y pruebas escritas sobre el conocimiento y manejo de la nueva Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10.

De esta manera se pretende inculcar en los estudiantes, la importancia de las pruebas de laboratorio para poder generar Ingeniería de punta, con los más altos estándares competitivos; y posicionar a la UIS como la universidad líder en investigación sísmica.

* Trabajo de grado, Modalidad Trabajo de Investigación.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Gustavo Chio Cho

SUMMARY

TITLE:

LABORATORY OF STRUCTURES ASSEMBLY – SECOND PHASE
DYNAMIC ANALYSIS*

AUTHOR:

JORGE ANDRES QUINTERO MUÑOZ**

KEY WORDS: LABORATORY, STRUCTURES, GUIDE, STRUCTURAL DYNAMIC, ENGINEERING, CIVIL.

DESCRIPTION:

Recent world events demonstrate the importance we should give governments the issue of seismic survey, cases like the earthquake in Haiti, Chile and most recently the earthquake and tsunami in Japan, gives us a clear picture of how important be prepared for a large-scale earthquake. Projection for Japan as they are one of the most advanced nations in terms of seismic design studio and, in many universities of China, is conducted laboratory tests using Vibratory Tables and scale models, this in order to observe and measurements of the seismic behavior of a specific structural system also tested various types of energy dissipation, in order to reduce the harmful effects on the structure eliminating the potential risk of collapse itself.

It is important that the Industrial University of Santander, is in charge of promoting the region and country studies on the seismic behavior of structures, a possible earthquake, as the city of Bucaramanga is bounded by two faults, the fault Bucaramanga - Santa Marta and the Failure of the Rio Suarez, for this reason it has decided to mount the second phase Structures Laboratory, dynamic analysis, this laboratory has proposed a methodology with which to conduct tests on scale items, using the vibrating table, computational tests using the SAP 2000 program, and written tests on knowledge and management of the new Standard Colombian Earthquake Resistant NSR-10.

This approach is intended to instill in students the importance of laboratory tests to generate cutting-edge engineering, the highest competitive standards, and position the UIS as the leader in seismic research university.

* Thesis. Modality Work of Investigation.

** Faculty of Physical – Mechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Gustavo Chio Cho.

INTRODUCCION

En la actualidad muchas universidades del país como la Universidad de los Andes y en Latinoamérica la Pontificia Universidad Católica de Perú, están realizando pruebas de laboratorio, con el fin de obtener mejores resultados en los análisis de vibración ante eventos sísmicos. De esta manera se espera mejorar los diseños y los refuerzos a estructuras ya existentes pues somos dos países con actividad sísmica muy alta. Es de gran importancia que la Universidad Industrial de Santander sea pionera en el estudio dinámico de edificación pues por la ubicación de su campus central y por la problemática que se vive alrededor de la ciudad de Bucaramanga al existir grandes asentamientos suburbanos en las laderas de la ciudad, se deben planear estudios que arrojen resultados del mejoramiento de estas edificaciones para protegerlas de eventos sísmicos. Por esta razón, se ve la necesidad de fortalecer la enseñanza de la dinámica estructural fomentando prácticas pedagógicas como es el estudio de casos reales que se puedan llevar al nivel de laboratorio.

Por consiguiente se plantea en esta investigación una programación de 10 practicas a través de las cuales el estudiante de partir de una edificación real desarrolla actividades teóricas y prácticas alrededor de las temáticas de la asignatura como son el concepto de rigidez, análisis dinámico tridimensional, aplicación de la norma sismoresistente (NSR-10) y construcción de modelos que le permitan afianzar el concepto de estructura. A su vez las prácticas propuestas buscan la aplicación de herramientas computacionales en el análisis sísmico. Finalmente el proyecto incentiva a los estudiantes a continuar investigando y estudiando modelos a escala, que puedan ser caracterizados dinámicamente utilizando la mesa vibratoria, esto como una futura línea de investigación.

1. DEFINICION DE LAS TEMÁTICAS PARA LAS PRÁCTICAS.

La asignatura Dinámica Estructural tiene como propósitos reconocer y aplicar la fundamentación del comportamiento dinámico de estructuras, evaluar la respuesta de las edificaciones antes acciones dinámicas e identificar y manejar el significado de la acción dinámica. A su vez busca desarrollar las competencias que le permitan al estudiante una vez finalizada la signatura utilizar tecnologías de la información software y herramientas para la ingeniería civil, modelar y simular procesos de ingeniería civil (por ejemplo: efectos dinámicos y sistemas constructivos).

La metodología planteada para el desarrollo del curso se apoya en horas de atención directa (horas de clase) y trabajo independiente por parte del estudiante. Las horas de atención directa cubre las exposiciones dogmaticas y dialogadas en las cuales se darán las bases para poder realizar ejercicios de aplicación de los diferentes conceptos teóricos. A su vez se propone desarrollar estrategias para modelar y simular sistemas y procesos de movimientos dinámicos de estructuras, y la utilización de software y herramientas computacionales para el análisis dinámico.

Los temas a desarrollar en el curso son y se presentan a detalle en la Tabla 1.1:

- Conceptos básicos de dinámica estructural.
- Sistemas de un grado de libertad.
- Sistemas de múltiples grados de libertad.
- Análisis dinámico tridimensional.
- Método de la fuerza horizontal equivalente.
- Normatividad.

Tabla 1. 1 Contenido de la asignatura Dinámica Estructural.

Dinámica Estructural
CONTENIDO
1. Conceptos básicos de dinámica estructural Leyes de Newton. Masa, peso y sistemas de unidades. Rigidez. Amortiguamiento. Tipos de acción dinámica. Métodos de modelización dinámica. Modelos dinámicos característicos.
2. Sistemas de un grado de libertad Ecuación de movimiento. Respuesta a la vibración libre. Respuesta a la excitación armónica. Instrumentos sísmicos. Respuesta a las excitaciones dinámicas generales. Excitación impulsiva e integral de Duhamel. Respuesta espectral.
3. Sistemas de múltiples grados de libertad Ecuación de movimiento. Sistema con vibración libre no amortiguada. Movimiento forzado. Respuesta al movimiento de la base. Reducción de matrices dinámicas.
4. Análisis dinámico tridimensional Propiedades de masa. Matriz de rigidez de todo el edificio. Análisis dinámico de toda la estructura.
5. Método de la fuerza horizontal equivalente Base teórica. Procedimientos de desarrollo.
6. Normatividad

En la Tabla 1.1 se presenta el contenido de la asignatura dinámica estructural, en la cual podemos apreciar las 6 temáticas a tratar durante el curso, de los cuales se han seleccionado 4 temas para tratar en el laboratorio y un tema adicional para contextualizar a los estudiantes en el proceso constructivo de las edificaciones; los temas a tratar son:

A) Rigidez y Amortiguamiento [1]: Toda estructura al ser expuesta a una acción externa, bien sea estática o dinámica, se deforma; la relación entre las acciones externas y las deformaciones que ellas producen se define como la rigidez. La relación entre la fuerza aplicada y la deflexión tiende a tener forma de parábola. En los casos donde la deflexión es pequeña la curva tiende a suavizarse y ser una recta, para dichos casos la rigidez es la pendiente de la recta. Se analizara como afecta la rigidez del elemento en el cálculo del periodo. A su vez se mirara el efecto de la variación de la masa en el elemento; como y de qué manera afecta la variación de la masa en el cálculo del periodo, analizando la expresión del Periodo que está dada por la expresión:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \text{ siendo } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde:

K = rigidez del elemento

m = masa del elemento.

B) Análisis Dinámico Tridimensional: Las características de rigidez y masa de la edificación afectan el análisis de efectos dinámicos y la respuesta ante las cargas aplicadas a la estructura, esto se podrá apreciar utilizando el software SAP 2000, en el cual se modelara la estructura y se incorporara el espectro elástico de diseño al software, para realizar un análisis modal a la misma. Este software es seleccionado por su fácil accesibilidad por parte de los estudiantes.

C) Método de la Fuerza Horizontal Equivalente [7]: El método consiste en definir una fuerza horizontal estática que representa la acción sísmica, reduciendo el problema dinámico a uno estático. Este método es aceptado por la norma sismo resistente colombiana NSR-10 Título A, Capítulo A.4, para el diseño de edificaciones; por medio de este método se pueden definir las fuerzas sísmicas horizontales de diseño que actúan sobre la edificación. Un procedimiento del método consiste en descomponer la fuerza del cortante basal en varias fuerzas aplicadas en los diferentes pisos de la edificación; adicionalmente se debe calcular el centro de masa de cada piso para poder aplicar la fuerza en dicho punto.

D) Normatividad [7][8]: El diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio de la República de Colombia debe someterse a los criterios mínimos que se establecen en la Norma Sismo Resistentes Colombianas (NSR-10). Uno de los objetivos del reglamento es garantizar que una edificación diseñada con los requisitos propuestos, debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le imponen su uso, temblores de poca

intensidad si daño, temblores moderados sin daño estructural, pero con posibles daños en los elementos no estructurales, y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso. El en laboratorio se analizara el Titulo E (casas de uno y dos pisos) y se tomaran apartes del Título A (Capítulo A.4 Método de la Fuerza Horizontal Equivalente).

E) Contextualización del Proceso constructivo: Se pretende que los estudiantes con la elaboración a escala de los elementos constitutivos de la edificación planteada, recreen el proceso constructivo de la vida real, y procedan de la misma manera que se haría para construir elementos en una edificación sin importar el uso que se le vaya a dar a la misma, teniendo en cuenta los materiales y el debido manejo que le se debe dar a los mismo como por ejemplo al cemento; por otro lado los elementos necesarios para la protección personal, serán los equivalentes a los de una obra de construcción.

2. DEFINICION DE PRUEBAS.

En este capítulo se describirán una a una las pruebas que se plantean para que los estudiantes desarrollen en el laboratorio; se deben realizar a cabo en el transcurso del semestre académico que consta de 16 semanas. En la Tabla 2.1 se presentan las 10 pruebas planteadas para que los estudiantes formando Sub-grupos de máximo 5 estudiantes, las realicen en el laboratorio.

Tabla 2. 1 Practicas propuestas para el laboratorio

# PRACTICA	NOMBRE DE LA PRACTICA	TEMA	OBJETIVO
1	Practica informativa		Plantear las condiciones del laboratorio
2	Chequeo de la estructura	Normatividad	Chequeo de la estructura según el Título E de la NSR-10.
3	Selección de la Escala	Análisis dinámico tridimensional	Seleccionar la escala para elaborar los elementos de la edificación.
4	Elaboración de elementos (Figurar Refuerzo)	Contextualización del proceso constructivo	Figurar los alambres a utilizar como refuerzo en los diferentes elementos.
5	Elaboración de elementos (Fundida de elementos)	Contextualización del proceso constructivo	Fundir los elementos a ensayar
6	Elaboración de elementos (Muro)	Contextualización del proceso constructivo	Elaborar el muro a ensayar
7	Elaboración de elementos (Viga Confinante)	Contextualización del proceso constructivo	Fundir la viga confinante del pórtico
8	Espectro elástico de diseño y Método de la fuerza horizontal equivalente.	Método de la fuerza horizontal equivalente y Espectro elástico de diseño	Calcular el espectro elástico de diseño.
9	Modelamiento (SAP 2000)	Análisis dinámico tridimensional	Realizar el análisis modal a la estructura.
10	Calculo del Periodo	Rigidez y amortiguamiento	Calcular teóricamente y experimentalmente el periodo de los elementos.

2.1 PRACTICA INFORMATIVA (Nº1):

El laboratorio de Estructuras fase II - Análisis Dinámico, se iniciara con una charla por parte del docente del laboratorio explicando los temas a tratar, las practicas a realizar y el orden de desarrollo de las mismas. En esta charla se

explicara que se deben armar subgrupos de a 5 estudiantes con el fin de desarrollar entre los miembros del grupo las practicas planteadas. Así mismo se indicara la necesidad que cada grupo proponga una edificación de uno o dos pisos para analizar, de tal manera que se deben conseguir los planos de la edificación para poder realizar el laboratorio en su totalidad. Planteadas las condiciones tanto académicas como disciplinarias del laboratorio se finaliza la primera práctica.

2.2 CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA (Nº2):

Esta práctica consiste en realizar el chequeo de la estructura que previamente ha sido solicitada por el docente y realizar una descripción de la misma. Para realizar este chequeo se hace necesario que los estudiantes dispongan de la norma sismo resistente colombiana (NSR-10, Titulo E) en medio físico o magnético, y que se lleven los planos de la edificación igualmente en medio físico o magnético. La práctica consiste en ir revisando los parámetros expuestos en el Titulo E de la NSR-10, que se puedan chequear por la información que se presenta en los planos. De igual manera al finalizar la práctica se deben seleccionar los siguientes elementos de la estructura:

- Una columna: se selecciona una columna de la estructura con el fin de elaborarla en la siguiente práctica.
- Un pórtico: se selecciona un pórtico de la estructura (pórtico confinante y muro de mampostería) con el fin de elaborarlo en una práctica siguiente.

2.2.1 Definición de la edificación modelo. Para llevar a cabo el montaje del laboratorio de estructuras, fase II, se analizara una edificación de dos pisos, con mampostería confinada, ubicada en el barrio cristal bajo sector 3, manzana 4- casa 25, en el municipio de Bucaramanga, departamento de Santander. Esta edificación es escogida pues en la actualidad se está realizando un estudio de vulnerabilidad sobre el barrio, estudio realizado por el grupo INME, de la

Universidad Industrial de Santander. con el estudio de esta edificación se pretende realizar el montaje del laboratorio, realizando un seguimiento pasó a paso de los ensayos que se podrían realizar para caracterizar la edificación y sus materiales constitutivos, y a su vez poder dejar abierta la posibilidad de avanzar más en la investigación de temas relacionados con el estudio de edificaciones ubicadas en laderas, mediante modelos a escala y que sean ajustados los resultados con ayuda de modelos matemáticos o pruebas experimentales en campo.

La estructura ubicada en el barrio El Cristal de Bucaramanga, corresponde a un sistema aporticado; los muros de mampostería tienen un ancho de 15 cm, y por lo que se puede apreciar en las fotografías y en las salidas de campo se elaboraron con ladrillo H-15. Se asume que le estructura real es una estructura normal con un coeficiente de amortiguamiento con respecto al crítico igual al 5%. Los elementos de la edificación tales como vigas y columnas cuentan con unas dimensiones 15x15 cm y 25x15 cm respectivamente. En la Figura 2.2 se observa la cimentación de la estructura, se utilizo un sistema de zapatas aisladas con dimensiones de 1.3 x 1.3 x 0.3 (largo x ancho x alto).

Figura 2. 1 Fotografía de la fachada frontal de la edificación a estudiar.



Fuente: [5]

2.2.2 Chequeo de la estructura del modelo (NSR-10). Según la nueva norma colombiana NSR-10, Título E, las edificaciones de uno o dos pisos deben cumplir con unos parámetros mínimos en el diseño y la construcción; por consiguiente se realizara el chequeo de la estructura a modelar con el fin de comprobar que la construcción cumple con los requerimientos sismo resistentes mínimos para una vivienda de dos pisos, primer ensayo que deben realizar los estudiantes para garantizar que el modelo cumple con la norma. a continuación se especifican los parámetros más relevantes descritos en el título e de la norma, pues estos no dependen de alguna visita previa, ni del conocimiento del proyecto como tal; si no de la observación de los planos. De esta forma se podría realizar la primera práctica sin ninguna dificultad.

E.2.2 — ESTRUCTURACIÓN DE LOS CIMIENTOS [8]:

E.2.2.1 — GENERAL:

Según la Tabla 1.1, para una edificación de dos pisos, con sistema estructural de mampostería, las dimensiones mínimas para una zapata son 30 cm por cada lado; para el modelo que se va a proponer, que es de mampostería confinada, las dimensiones son de 130 cm ancha x 30 cm de altura. Por lo tanto, cumple con el primer requisito. Los aceros utilizados se asumen de $f_y = 420$ y 240 para acero longitudinal y estribos respectivamente, pues son de fácil acceso en el comercio, igual para el acero de anclaje se asumen varillas No. 3.

Tabla 2. 2 Tabla de valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones.

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP _a	
				f_y	f_c
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	420	17
	Bahareque	200 mm	250 mm		
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm		
	Bahareque	150 mm	200 mm		
Acero Longitudinal		4 No. 3 (ó 10M)	4 No. 4 (ó 12M)	240	
Estribos		No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm		
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412	
	Bahareque	No. 3	No. 4		

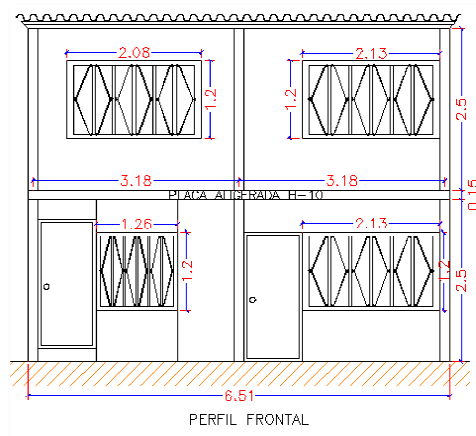
Tomado de: Norma NSR-10 [8]

En la Figura 2.2 se puede observar el perfil longitudinal donde se aprecian las dimensiones de las zapatas de la edificación.

E.3.4 — ABERTURAS EN LOS MUROS [8]

E.3.4.1 Se deberá calcular el área del muro y el 35% de esta, con el fin de comparar este valor con el área de las aberturas de las ventanas y/o puertas, de tal manera que sea menor al 35% del área total del muro.

Figura 2. 4 Perfil Frontal de la edificación, en el cual se ven los vanos y aberturas



Tomado de: [5]

Muro No 1(Superior Derecho):

$$A1: 2.5 \times 3.03, \mathbf{A1 = 7.575 \text{ m}^2}$$

$$0.35 \cdot A1 = \mathbf{2.65 \text{ m}^2}$$

Área de la abertura (Ventana): $1.2 \times 2.13 = 2.56 \text{ m}^2$.

$$0.35 \cdot A1 > \text{Área de la abertura} = 2.56; \mathbf{OK.}$$

Muro No 2(Superior Izquierdo):

$$A2: 2.5 \times 3.03, \mathbf{A1 = 7.575 \text{ m}^2}.$$

$$0.35 \cdot A1 = \mathbf{2.65 \text{ m}^2}$$

Área de la abertura (Ventana): $1.2 \times 2.08 = 2.5 \text{ m}^2$.

$$0.35 \cdot A1 > \text{Área de la abertura} = 2.56; \mathbf{OK.}$$

Muro No 3 (Inferior Derecho):

$$A2: 2.5 \times 3.03, A1= 7.575 \text{ m}^2.$$

$$0.35 \cdot A1 = 2.65 \text{ m}^2$$

Área de la abertura (Ventana + Puerta): $(1.2 \times 2.13) + (0.9 \times 2) = 4.36 \text{ m}^2$.

$$0.35 \cdot A1 < \text{Área de la abertura} = 4.36; \text{ No Cumple.}$$

Muro No 3 (Inferior Izquierdo):

$$A2: 2.5 \times 3.03, A1= 7.575 \text{ m}^2.$$

$$0.35 \cdot A1 = 2.65 \text{ m}^2$$

Área de la abertura (Ventana + Puerta): $(1.26 \times 1.2) + (0.9 \times 2) = 3.31 \text{ m}^2$.

$$0.35 \cdot A1 < \text{Área de la abertura} = 3.31; \text{ No Cumple.}$$

Los muros superiores cumplen con el Ítem 3.4.1, pues el área de las aberturas es inferior al 35% del área del muro; por otro lado los muros de la primera planta no cumple, esto se debería solucionar disminuyendo el área de las ventanas pues la sección de la puerta es estándar. Una alternativa en cuanto a dimensiones sería, 1.26 m de larga, por 1.0 m de alta para el muro de la izquierda y unas dimensiones de 2.13 m por 1.0 m de alta para el muro de la derecha.

E.3.4.2: No cumple la separación mínima entre aberturas, para los muros de la parte baja de la edificación, pues debe ser de 500 mm y las ventanas están contiguas a las puertas.

E.3.4.3: El refuerzo de las aberturas no se cumple pues las ventanas tienen marco metálico al igual que las puertas, y en el ítem de la norma se debe reforzar los vanos y las aberturas con viguetas y columnetas de concreto reforzado.

E.3.5 — ESPESOR DE MUROS [8]:

E.3.5.1: La distancia libre vertical entre diafragmas no puede exceder de 25 veces el espesor efectivo del muro, es decir la altura máxima de un muro debe ser de 3.75 m, para el caso a analizar se tiene 2.5 m en las dos plantas, lo cual nos permite afirmar que está cumpliendo con el requerimiento, pues la mampostería de la edificación se elaboro con ladrillo H-15.

E.3.5.2: La distancia libre horizontal no puede exceder de 35 veces el espesor del muro, es decir, no puede exceder de 5.25 m. Estudiando la edificación, en ambas dirección, se encontró que las luces más cortas son de de 3.03 m (frente) y de 2.92 m (laterales), cumpliendo con la dimensión máxima, pues la mampostería de la edificación se elaboro con ladrillo H-15.

E.3.5.3: Según lo describe la Tabla 1.2, los espesores mínimos para una zona de amenaza sísmica alta son de 11 cm para el primer nivel y de 10 cm para el segundo nivel. En las dos plantas se elaboraron muros de mampostería con un espesor de 15 cm, cumpliendo con las especificaciones mínimas.

Tabla 2. 3 Espesores mínimos nominales para muros estructurales en casa de uno y dos pisos

Zona de Amenaza Sísmica	Número de niveles de construcción		
	Un Piso	Dos Pisos	
		1° Nivel	2° Nivel
Alta	110	110	100
Intermedia	100	110	95
Baja	95	110	95

Tomado de: Norma NSR-10 [8]

E.3.6 — LONGITUD DE MUROS CONFINADOS [8]:

La longitud mínima de muros confinados debe ser:

$$L_{\min} = \frac{M_o A_p}{t}$$

Donde:

L_{min} = longitud mínima de muros estructurales en cada dirección (m)

M_o = coeficiente que se lee en la Tabla E.3.6-1(ver Tabla 1.3)

t = espesor efectivo de muros estructurales en el nivel considerado (mm)

A_p = se considera en m² como sigue:

(a) Igual al área de la cubierta en construcciones de un piso con cubierta en losa de concreto.

(b) Igual al área de cubierta para muros del segundo nivel en construcciones de dos pisos, cuando la cubierta es una losa de concreto.

(c) Igual al área de cubierta más el área de entrepiso para muros de primer nivel en construcciones de dos pisos con cubierta consistente en una losa de concreto.

(d) Cuando se emplee una cubierta liviana, los valores del área determinados para cubiertas de losa de concreto según (a), (b), o (c), pueden multiplicarse por 2/3.

Tabla 2. 4 Coeficiente M_o para longitud mínima de muros estructurales confinados.

Zona de Amenaza Sísmica	Valores A _a	Valores M _o
Alta	0.40	33.0
	0.35	30.0
	0.30	25.0
	0.25	21.0
Intermedia	0.20	17.0
	0.15	13.0
Baja	0.10	8.0
	0.05	4.0

(*) Los valores de A_a dependen de la zona sísmica en donde se construye el proyecto. Para ello consultar el mapa de la figura A.2.3.2 y la tabla A.2.3-2.

Tomado de: Norma NSR-10 [8]

Para el cálculo de la longitud mínima de muros confinados se toma el valor de A_a para Bucaramanga (Tabla A.2.3-2, Valor de A_a para ciudades capitales NSR-10), el cual es de 0.25; luego para una zona de amenaza sísmica alta y un A_a de 0.25 según la Tabla 2.3 el valor de M_o es de 21.

Para el cálculo de A_p , se toma el caso (d) el cual menciona la cubierta liviana, y se calcula de la siguiente manera:

$$A_T = 6.51 \times 10.56;$$

$$H_E = 0.9 \times 2.38;$$

$$V_p = 1.85 \times 3.07;$$

$$V_1 = (3.03 \times 0.15) \times 8;$$

$$V_2 = (2.92 \times 0.15) \times 11;$$

$$V_3 = (0.8 \times 0.15) \times 2;$$

$$A_T = 68.75 \text{ m}^2. \text{ Área total}$$

$$H_E = 2.14 \text{ m}^2. \text{ Hueco escalera}$$

$$V_p = 5.68 \text{ m}^2. \text{ Vacio patio}$$

$$V = 3.64 \text{ m}^2. \text{ Viga 1}$$

$$V_2 = 4.82 \text{ m}^2. \text{ Viga 2}$$

$$V_3 = 0.24 \text{ m}^2. \text{ Viga 3}$$

$$A_p = [A_T - H_E - V_p] \times 2/3;$$

$$A_p = [68.75 - 2.14 - 5.68 - 3.64 - 4.82 - 0.24] \times 0.6666;$$

$$A_p = 34.82 \text{ m}^2.$$

$$L_{\min} = (21 \times 34.82) / 150; \quad L_{\min} = 4.87 \text{ m}.$$

Lo cual nos indica que para el modelo estudiado la longitud mínima de los muros según la norma debe ser de 4.87 m; y la edificación se elaboro con muros de longitud máxima de 3.03 m, es decir que la edificación no cumple este parámetro de la norma.

E.4.2— MATERIALES [8]:

E.4.2.1 — Especificaciones mínimas:

- a) Resistencia a la compresión, f'_c , del concreto a los 28 días, igual o superior a 17.5 MPa, este parámetro lo cumple la edificación pues por las características observadas y por lo comentado por el propietario en cuanto a la dosificación de la mezcla.
- b) Limite de fluencia, f_y , para el acero de refuerzo liso o corrugado igual o superior a 420 MPa, este parámetro se cumple pues los valores de 420 MPa para el límite de fluencia son los que se encuentran en el mercado.

E.4.3 — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO [8]:

E.4.3.2 — DIMENSIONES: la sección transversal de las columnas de amarre debe tener un área no inferior a (200 cm^2) , con espesor igual al del muro que confina.

La sección transversal de las columnas es de (375 cm^2) , dada por $25 \times 15 \text{ cm}$; el ancho de la columna concuerda con el espesor del muro, es decir este parámetro es cumplido en su totalidad.

E.4.3.3 — UBICACIÓN: deben colocarse columnas de amarre en los extremos de los muros estructurales seleccionados, en las intersecciones con otros muros estructurales y en lugares intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro, es decir $35 \times 0.15 = 5.25$; 1.5 veces la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento, es decir $2.5 \times 1.5 = 3.75 \text{ m}$ ò 4 m , (este parámetro es cumplido pues la distancia entre columnas es de 3.03 para la dimensión más larga, que en todos los casos es mayor el parámetro que el valor construido).

E.4.3.4 - REFUERZO MÍNIMO: este parámetro se puede chequear siempre y cuando se disponga de los planos estructurales de la edificación.

E.4.4 — VIGAS DE CONFINAMIENTO:

E.4.4.2 — DIMENSIONES: el ancho mínimo de las vigas de amarre debe ser igual al espesor del muro, con un área transversal mínima de 200 cm^2 . Las dimensiones de las vigas son de 15×15 , lo cual genera un área transversal de 225 cm^2 , y se cumple con el espesor igual al ancho del muro.

E.4.4.3 — UBICACIÓN: deben disponerse vigas de amarre formando anillos cerrados en un plano horizontal, entrelazando los muros estructurales en las

dos direcciones principales para conformar diafragmas con ayuda del entrepiso o la cubierta. Deben ubicarse amarres en los siguientes sitios:

- a) A nivel de Cimentación: que para el presente estudio no se utilizaron, se utilizo un sistema de cimentación llamado zapatas aisladas.
- b) A nivel del sistema de entrepiso en casa de dos niveles: las vigas de amarre van embebidas en una losa aligerada con ladrillo H-10, este tipo de placas es permitida por la norma colombiana.

E.4.4.4 — REFUERZO MÍNIMO: este parámetro se puede chequear siempre y cuando se disponga de los planos estructurales de la edificación.

E.5.1.3 — ESPESOR MÍNIMO DE LOSAS: el espesor mínimo de una losa depende del sistema de entrepiso utilizado y del tipo de apoyo o elementos de soporte de acuerdo con la Tabla 2.4 (Tabla E.5.1.1 de la NSR-10). Para la edificación con condiciones de apoyo continuo, el espesor de la losa aligerada será la luz sobre 18.5, ($3.03 / 18.5 = 16.4$ cm); siendo el espesor construido de 15 cm se podría decir que la edificación cumple pues la diferencia es de solo 1.4 cm que constructivamente no representa mucho.

Tabla 2. 5 Espesor mínimo de losas.

TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	L/20	L/24	L/10
Aligerada (Viguetas en una dirección)	L/16	L/18.5	L/8

Tomado de: Norma NSR-10 [8].

E.5.1.5 — LOSAS ALIGERADAS: se puede observar en los planos, que la placa es una losa aligerada con ladrillo H-10, por falta de los planos

estructurales no se puede chequear los espesores de la torta inferior y superior y el refuerzo de las viguetas.

2.3 SELECCIÓN DE LA ESCALA (Nº3):

En esta práctica se debe calcular la escala a la cual se elaboraran los elementos seleccionados, se proporciona a los estudiantes artículos y material de apoyo con el cual ellos pueden realizar la correcta selección de la escala, a su vez el docente instruirá a los estudiantes en la selección de la escala para la aceleración.

2.3.1 Selección del factor de escala para el modelo [3]. Los factores de escala se derivan de la ecuación $\pi_m = \pi_p$, (donde π_m hace referencia al modelo y π_p hace referencia al prototipo) se puede afirmar según el teorema pi de buckingham's la formulación matemática de un fenómeno físico puede reducirse por medio de una ecuación que involucre un juego completo de productos adimensionales,

$$\pi_1 = \emptyset (\pi_2, \pi_3, \pi_4, \dots, \pi_n),$$

La relación entre prototipo y modelo se puede escribir como el cociente:

$$\frac{\Pi_{1p} = \emptyset (\Pi_{2p}, \Pi_{3p}, \Pi_{4p}, \dots, \Pi_{np})}{\Pi_{1m} = \emptyset (\Pi_{2m}, \Pi_{3m}, \Pi_{4m}, \dots, \Pi_{nm})}$$

Donde Π_{1m} se refiere a la propiedad Π_1 del modelo y Π_{1p} se refiere a la propiedad Π_1 del prototipo, para mantener una similitud completa se debe garantizar que las siguientes relaciones se mantengan:

$$\Pi_{2m} = \Pi_{2p}$$

$$\Pi_{3m} = \Pi_{3p}$$

$$\Pi_{4m} = \Pi_{4p}$$

.....

$$\Pi_{nm} = \Pi_{np}.$$

Después se relaciona modelo y prototipo de la siguiente manera:

$$S_i = i_p/i_m;$$

Donde S_i , es definido como el factor de escala para la cantidad i ; los subíndices p y m denotan el prototipo y el modelo, respectivamente.

Para realizar el procedimiento del cálculo de la escala para el modelo a ensayar y los futuros modelos a ensayar por lo estudiantes se parte de una limitante la cual es las dimensiones de la mesa vibratoria; el cálculo de la escala se basa en una cantidad geométrica la cual es la dimensión lineal, y cuyo factor de escala se denota como S_L , la operación matemática a realizar es la siguiente:

$$S_L = \frac{L_p}{L_m}$$

Donde:

L_p es la dimensión larga de la edificación,

L_m es la dimensión larga de la mesa vibratoria.

$$S_L = \frac{10.51}{1.1} ; S_L = 9.55,$$

$$\mathbf{S_L = 10.}$$

Luego se toma el factor de escala igual a 10, pues es el mayor el compararlo con el calculado para las otras dimensiones, igualmente al disminuir la escala el proceso constructivo del modelo se dificultaría mas puesto que las dimensiones de los elementos con la escala 1:10 quedan de aproximadamente 2.5 x 1.5 cm, que son medidas más manejables a la hora de hacer una formaleta o de incorporar el refuerzo en los elementos.

2.3.2 Factor de escala para la aceleración [3]. Los requerimientos de similitud que gobiernan las relaciones dinámicas entre el modelo y la estructura prototipo dependen de la geometría, de las propiedades de los materiales de la estructura y del tipo de carga. Las cargas dinámicas de interés en la ingeniería estructural van desde cargas de viento hasta vibración elásticas producidas por el tráfico; las cargas dinámicas que se estudiarán son las producidas por el espectro de diseño calculado utilizando el método de fuerzas horizontales, al ser aplicado un factor de escala para su respectiva prueba en la mesa vibratoria. Se parte de la premisa que los esfuerzos de gravedad pueden omitirse dentro del comportamiento estructural, dejando la aceleración producida por el sismo como única fuerza para escalar. El factor de escala para la aceleración se puede calcular como el resultado de elevar a la -1 el factor de escala de la dimensión lineal, es decir:

$$S_a = S_L^{-1}$$

$$S_a = \frac{1}{10}$$

$$S_a = 0.1$$

2.4 MATERIALES

Para la elaboración de la estructura se utilizarán diversos materiales tales como: arena de río, cemento portland, alambre negro, ladrillos a escala, balsa, entre otros.

2.4.1 Descripción de los materiales. Los principales componentes del mortero con el cual se pretende simular el concreto son: arena de río, que es muy fácil de adquirir pues en cualquier ferretería se consigue al igual que el cemento tipo portland.

El mortero utilizado para representar el concreto es un mortero 1:3, esta relación indica una unidad de cemento por tres unidades de arena, utilizado en la construcción como mortero de pega, en la elaboración de mampostería.

El alambre negro será utilizado para simular el acero de refuerzo en las vigas y columnas de la estructura; este alambre es utilizado en la construcción como el elemento para amarrar los estribos al refuerzo longitudinal, por este motivo se escogió para representar el refuerzo de los elementos.

Los ladrillos con los cuales se pretende construir la mampostería, son ladrillos de arcilla arquitectónicos utilizados en maquetas con dimensiones de (25x15x10 mm).

2.5 ELABORACION DE ELEMENTOS (FIGURAR REFUERZO) (N°4):

El objetivo de esta práctica es figurar los alambres que representan el refuerzo tanto en la viga de unión como en las columnas; al concluir la práctica se debe tener armada la parrilla de la viga de unión a la mesa vibratoria, con sus respectivos estribos, el refuerzo de las columnas con sus estribos separados según la norma y anclados a la parrilla de la viga, para que en la siguiente practica se realice la fundida de los elementos. Es de suma importancia que los subgrupos tengan una buena distribución interna y que lleven a cabo la totalidad de la práctica el día asignado pues cualquier retraso en los objetivos de la práctica ocasionara incumplimiento en el cronograma. Cada Sub-grupo se encargara de llevar al laboratorio los materiales y herramientas necesarias para poder llevar a cabo la práctica.

2.6 ELABORACION DE ELEMENTOS (FUNDIDA DE ELEMENTOS) (N°5):

Al inicio de la práctica se debe aplicar ACPM, o grasa, o cualquier material que impida la adherencia del mortero a la formaleta de madera, paso seguido se introducen los refuerzos a la formaleta; se elabora el mortero con relacion1:3,

se elaboran las formaletas de las columnas con cartón paja. El objetivo de la práctica es fundir las 2 Vigas de unión, y las 3 columnas con el mortero 1:3. Se realizaron unas ciertas recomendaciones a los estudiantes por parte del docente a cerca del proceso del curado de los elementos.

2.6.1 Vigas de unión: Se elaboraron dos vigas de unión que cumplirán la función de elementos de unión con la mesa vibratoria, la sección recta de la viga es de 5x5 [cm] y una longitud de 42 cm, dentro de esta viga quedaron incorporados dos tornillos de $D= 1 \frac{1}{2}$ ", que son los conectores a la mesa vibratoria. La primera viga unirá la mesa a una columna de la edificación con dimensiones de 2.5x1.5 [cm] y una longitud de 25 cm de altura. La segunda viga unirá la mesa vibratoria a un muro de mampostería confinada, las columnas de dimensiones 2.5x1.5 [cm] y una longitud de 25 [cm] la viga de confinamiento tendrá unas dimensiones de 1.5 x 1.5 [cm] y una longitud de 32 cm, y el muro fabricado con ladrillos arquitectónicos será de 29[cm] de ancho por 25[cm] de alto; el encofrado se realizo con madera utilizando unos elementos de amarre que aseguraban el ancho de la viga. El procedimiento llevado a cabo fue el siguiente:

Se midió la mesa vibratoria con el fin de dimensionar la viga, y ubicar los conectores; se fabrico la formaleta utilizando la madera, se elaboraron los estribos, se armo el refuerzo se aplico ACPM a las paredes internas de la madera con el fin de extraer fácilmente la viga. Se preparo la mezcla de mortero con 500 [gr] de cemento, 1500[gr] de arena tamizada con el tamiz N°10 y 250[ml] de agua. Se aplico una capa de mortero y luego se introdujo la parrilla, se acomodaron los pernos y se introdujeron los alambres para simular el refuerzo de las columnas. En la Figura 2.5 se aprecia el proceso constructivo de las vigas.

Figura 2. 5 Evolución constructiva de las vigas de unión



2.6.2 Columnas de confinamiento: Se elaboraron 3 columnas, una con el fin de observar el movimiento al aplicar fuerzas sísmicas y las otras para el confinamiento del muro. El procedimiento de fabricación es muy sencillo, pues se elaborara con cartón paja un cubo con las dimensiones de la columna, para simular la formaleta, forrándolo por dentro con cinta para evitar que el cartón absorbiera la humedad de la mezcla y elaborar mezcla y fundir las columnas; en la Figura 1.6 se aprecia que dentro de la viga de amarre se dejaron los alambres del refuerzo de la columna, a los cuales se le colocaron lo estribos después de fundir la viga los que se aprecian en la Figura 1.7 son los que van introducidos en la viga. En la Figura 1.7 se aprecia el proceso constructivo.

Figura 2. 6 Evolución constructiva de las columnas de confinamiento



2.7 ELABORACION DE ELEMENTOS (MURO) (N°6):

En esta práctica se elabora un muro de mampostería utilizando ladrillos de maquetas, que deben cumplir con el factor de escala antes calculado para las dimensiones; se elabora un mortero de pega con relación cemento arena 1:3, la arena se deberá pasar por un tamiz N°10 (dependiendo de la conformación de la arena se pasara por un tamiz de menor separación). Al finalizar la práctica se tendrá elaborado un muro de mampostería confinada (la viga de confinamiento se elabora después de la elaboración del muro) a escala (escala seleccionada por los estudiantes); el cual se ensayara en la mesa vibratoria. Los materiales para elaborar el muro deberán ser llevados por cada sub-grupo y se revisara la totalidad de ellos al iniciar la práctica.

2.7.1 Muro de mampostería: Como primer elemento se fabrico un muro utilizando ladrillos, y mortero 1:3, este muro se encuentra en el Eje A entre los pórticos 3 y 4. Sus dimensiones son de 29 cm de ancho por 25 cm de alto ya aplicando la escala. En la Figura 2.7 se aprecia la evolución constructiva. Para la elaboración se hizo necesario 200 ladrillos 200 [gr] de cemento, 600 [gr] de arena tamizada por el tamiz N°10, 100 [ml] de agua, 3 palos de balsa de 32 [cm] de largos, puntillas, una tabla cuadrada de 35x35 [cm], colbon para madera, un palustre, un balde negro y un tamiz N°10 . El procedimiento fue el siguiente:

Se realizo el pesaje a los materiales (arena, cemento y agua), se tamizo la arena y se mezclo con el cemento, se aplico el agua y se preparo la mezcla buscando obtener un mortero de pega con relación 1:3. Con los palos de balsa se armo un marco cuyas dimensiones internas tuvieran las dimensiones del muro, es decir, 29 [cm] de ancho por 25 [cm] de alto, con las puntillas y el colbon se ajustaron los palos de balsa a la tabla con el fin de tener un buen soporte a la hora de armar el muro. Finalmente se procedió con la armada del muro uniendo uno a uno los ladrillos hasta obtener la pared completa. Se elaboro un segundo muro, con el fin de simular una mampostería confinada

utilizando las columnas, el proceso de elaboración de este segundo muro se realizó directamente sobre la viga de amarre, y utilizando las columnas como paramento vertical.

Figura 2. 7 Evolución constructiva del muro de mampostería



2.8 ELABORACION DE ELEMENTOS (Viga Confinante) (N7):

El objetivo de esta práctica es elaborar la viga confinante, es decir la viga que se encuentra en la parte superior del muro y que va anclada a las dos columnas. Inicialmente se deben cortar los refuerzos de la viga y amarrar los estribos a los refuerzos, para posteriormente unir el refuerzo de la viga con los de la columna. El material a utilizar para fundir la viga será mortero de pega con relación 1:3.

2.8.1 Viga de confinamiento: Elemento ubicado en la parte superior del muro, cuyas dimensiones son 1.5x1.5 [cm] y una longitud de 32 [cm]. Se procede armando una formaleta con cartón paja apoyando la parte inferior de la

viga en el muro y dejando una abertura en la parte superior para el vaciado del mortero. Se utilizan 100[gr] de cemento, 300[gr] de arena tamizada por el tamiz N°10 y 50 [ml] de agua. En la figura 1.8 se aprecia el proceso constructivo de la viga de confinamiento.

Figura 2. 8 Proceso constructivo de la viga de confinamiento.



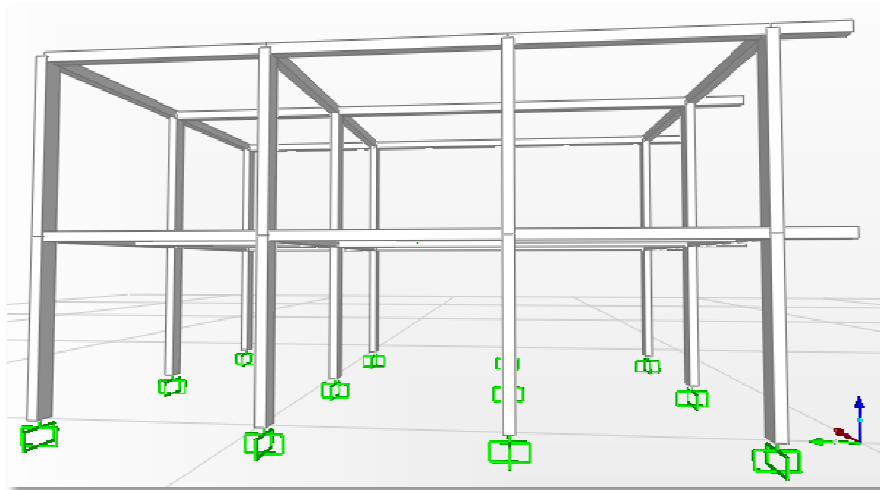
2.9 METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (M.F.H.E) (N°8):

El método de la fuerza horizontal equivalente (M.F.H.E.), es un método de análisis y diseño propuesto por la norma NSR-10, con el cual podemos obtener los valores aproximados de las fuerzas sísmicas horizontales de diseño y durante el procedimiento del método, se puede calcular el espectro elástico de diseño el cual se presenta mediante una grafica de Aceleración espectral Vs Periodo de la estructura. Con el cambio de la norma, cambio el procedimiento para la selección de algunos parámetros necesarios para el cálculo del espectro; dichos cambios se presentaran en el laboratorio, y se orientara al estudiante en el proceso matemático y analítico del cálculo de las fuerzas horizontales. El objetivo de la prueba será calcular las fuerzas sísmicas horizontales y la respuesta de la edificación planteada por cada sub-grupo ante estas fuerzas, utilizando el programa Microsoft Office Excel (cualquier versión), este programa se selecciona por su sencillez en el uso a la hora de graficar.

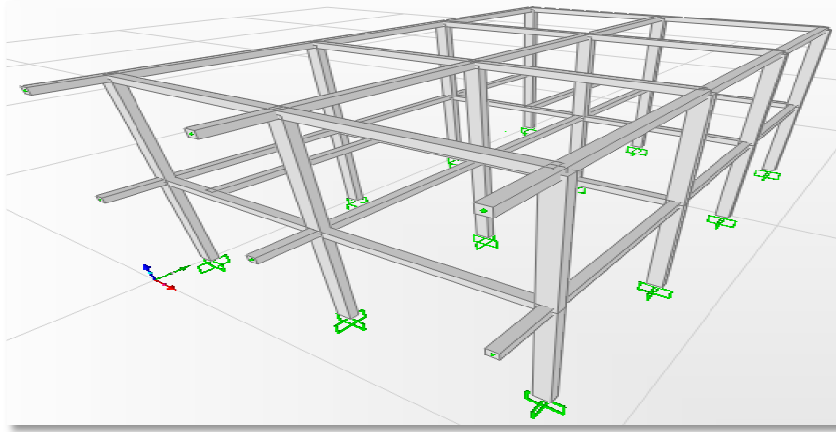
2.9.1 Acción sísmica. Mediante el uso del método de las fuerzas horizontales equivalentes, se conocerá la respuesta dinámica de la edificación tipo en el sentido x. la acción sísmica se calculara para el modelo real de la edificación, es decir, el cálculo de las cargas se realizara tomando valores mínimos de la norma, esto con el fin de tener datos más exactos para introducir al software y eliminar una posible fuente de error en el modelo. los parámetros necesarios para el cálculo de la acción sísmica por el método de la fuerza horizontal equivalente se tomaran de la NSR-10, tales como el coeficiente de aceleración pico efectivo, los efectos locales, etc.

La estructura ubicada en el barrio El Cristal de Bucaramanga, corresponde a un sistema aporticado. Se asume que le estructura real es una estructura normal con un coeficiente de amortiguamiento con respecto al crítico igual al 5%. Los elementos de la edificación tales como vigas y columnas cuentan con unas dimensiones 15x15 cm y 25x15 cm respectivamente.

Figura 2. 9 Imágenes de los espesores de los elementos de la edificación



a) Vista lateral izquierda



b) Sistema aporticado de la edificación.

2.9.2 Cálculo de la fuerza sísmica y espectro de diseño. Para el cálculo de la fuerza sísmica y el espectro de diseño mediante el método de la fuerza horizontal se seguirá los siguientes pasos:

A) Estimación de la masa de la cubierta y placa de entrepiso.

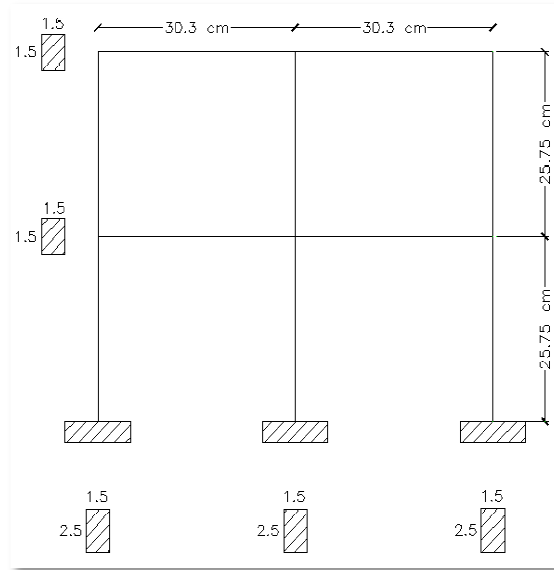
Según la Tabla B.3.4.3-1 de la norma NSR-10 [7]; se estiman unos valores mínimos con los cuales se procedió a cargar el modelo, estos valores son los siguientes: para el uso residencial el valor de carga muerta para fachada y particiones es de $3.0 \text{ [KN/m}^2\text{]}$, y para afinado de pisos y cubiertas es de $1.6 \text{ [KN/m}^2\text{]}$; esto da un total de $4.6 \text{ [KN/m}^2\text{]}$ de carga muerta para entrepiso.

Para la cubierta se tomó el valor dado por la norma en la Tabla B.3.4.1-4, que hace referencia a tipos de cubiertas y se propuso el valor de $0.20 \text{ [KN/m}^2\text{]}$, que equivale a cubierta corrugada de asbesto-cemento.

B) Idealización de la estructura.

La acción sísmica en el sentido X, es soportada por los pórticos 1-2-3-4, en la Figura 2.2 se representa el pórtico tipo para los pórticos resistentes.

Figura 2. 10 Pórtico Tipo 1-2-3-4.



C) Evaluación de la masa.

- Masa entrepiso: $469.07 \text{ [Kg/m}^2\text{]} \times (10.56 \times 6.51 \text{ [m}^2\text{]}) = 32246.5 \text{ [Kg]}$
- Masa cubierta: $20.39 \text{ [Kg/m}^2\text{]} \times (10.56 \times 6.51 \text{ [m}^2\text{]}) = 1401.72 \text{ [Kg]}$.
- Masa Total: 33648.22 [Kg] .

D) Determinación del nivel de riesgo sísmico.

Dentro de los mapas de zonificación sísmica Figura A.2.3.1 del Capítulo A-2 de la norma NSR-10 [7], Bucaramanga se encuentra ubicada en una zona de riesgo sísmico Alto.

E) Coeficiente de aceleración pico efectivo, para diseño.

De acuerdo con el numeral A.2.3 zona de Amenaza Sísmica, de la NSR-10 [7], podemos observar la Tabla A.2.3-2, en la cual nos indica que el A_a (coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño); para la ciudad de Bucaramanga es de 0.25. Así mismo el coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva A_v , para diseño, en el caso de estudio para Bucaramanga es de 0.25.

F) Efectos locales.

La clasificación del suelo según la norma NSR-10 [7] depende de la longitud de onda de cortante del suelo del estrato, y, del número de golpes por pie obtenido en el ensayo de penetración estándar, con estos dos parámetros se clasifican los suelos en 6 tipos (A, B, C, D, E, F; Tabla A.2.4-1 NSR-10) como lo muestra la Tabla 2.5.

Tabla 2. 6 Clasificación de los perfiles del suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $>$ $\bar{V}_s > 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $>$ $\bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$, o $\bar{q}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $>$ $\bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 >$ $N \geq 15$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) $>$ $\bar{q}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s $>$ V_s
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP $>$ 20 w $>$ 40% 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) $>$ q_u
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H $>$ 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H $>$ 7.5 m con Índice de Plasticidad IP $>$ 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H $>$ 36 m)	

Tomado de: Norma NSR-10 [7]

Que para el caso del barrio El Cristal se tomara un tipo de suelo D.

Dependiendo del tipo de suelo en el cual se clasifica el suelo del proyecto, se procede a calcular dos factores necesarios para el cálculo de los periodos cortos y largos de la edificación, estos son F_a (coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos), y F_v (coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios), coeficientes a dimensionales a utilizar posteriormente.

F.1) Cálculo de f_a .

Para el cálculo de este coeficiente se puede proceder de dos maneras una gráfica y una analítica. Para el desarrollo del proyecto se calculará por el método analítico; el cual permite calcular el valor interpolando linealmente los valores expuestos en la Tabla 2.6 (Tabla A.2.4-3).

Tabla 2. 7 Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro.

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tomado de: Norma NSR-10 [7]

Para un tipo de suelo D y coeficientes A_a entre 0.2 y 0.3, y realizando un procedimiento de interpolación lineal corresponde un valor de $F_a = 1.3$.

F.2) Cálculo de F_v [7].

Al igual que para el cálculo de F_a , se procederá de manera analítica interpolando los valores de A_a para un tipo de suelo D. En la Tabla 2.7 (Tabla A.2.4-4) se muestran los valores.

Tabla 2. 8 Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro.

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.6
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tomado de: Norma NSR-10 [7]

Para un tipo de suelo D y coeficientes de A_a entre 0.20 y 0.30, se realiza la interpolación lineal y se obtiene un valor de $F_V = 1.9$.

G) Grupo de uso.

La edificación se ubica en el Grupo de uso I (Artículo A.2.5.1.1 NSR-10) [7].

H) Coefficiente de importancia.

Los valores del coeficiente de importancia se dan en la Tabla 2.8 (Tabla A.2.5-1) [7] y que para el caso con una edificación de Grupo de uso I el valor de I es igual a 1.00.

Tabla 2. 9 Valores del coeficiente de importancia, I.

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Tomado de: Norma NSR-10 [7]

I) Periodos T_0 , T_C , T_L [7]:

T_0 (periodo de vibración del sistema elástico), T_C (periodo de vibración para periodos cortos), y T_L (periodo de vibración para periodos largos) se calcularan según las siguientes expresiones:

$$T_0 = \frac{0.10 (AV \times FV)}{(Aa \times Fa)}$$

$$T_C = \frac{0.48(AV \times FV)}{(Aa \times Fa)}$$

$$T_L = 2.4 F_V.$$

$$T_0 = \frac{0.10(0.25 \times 1.9)}{(0.25 \times 1.3)}; \quad T_0 = 0.146 \text{ [s]}$$

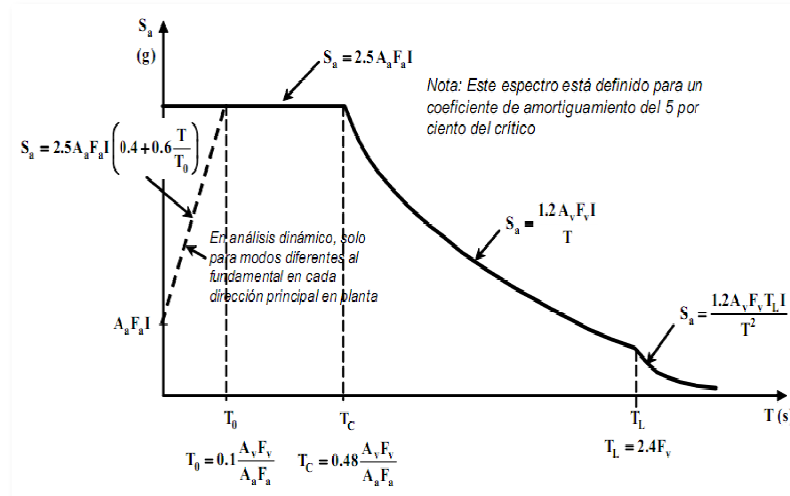
$$T_C = \frac{0.48(0.25 \times 1.9)}{(0.25 \times 1.3)}; \quad T_C = 0.701 \text{ [s]}$$

$$T_L = 2.4 \times 1.9; \quad T_L = 4.56 \text{ [s].}$$

J) Espectro elástico de aceleraciones [7].

El espectro está definido en la sección A.2.6 de la NSR-10. En la Figura 2.11 (Figura A.2.6-1) se puede observar su representación grafica.

Figura 2. 11 Espectro elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g



Tomado de: Norma NSR-10 [7]

Según la grafica el espectro se define así:

$$S_a = 2.5 \times A_a \times F_a \times I \quad T < T_c$$

$$S_a = \frac{1.2 \times A_v \times F_v \times I}{T} \quad T_c < T < T_L$$

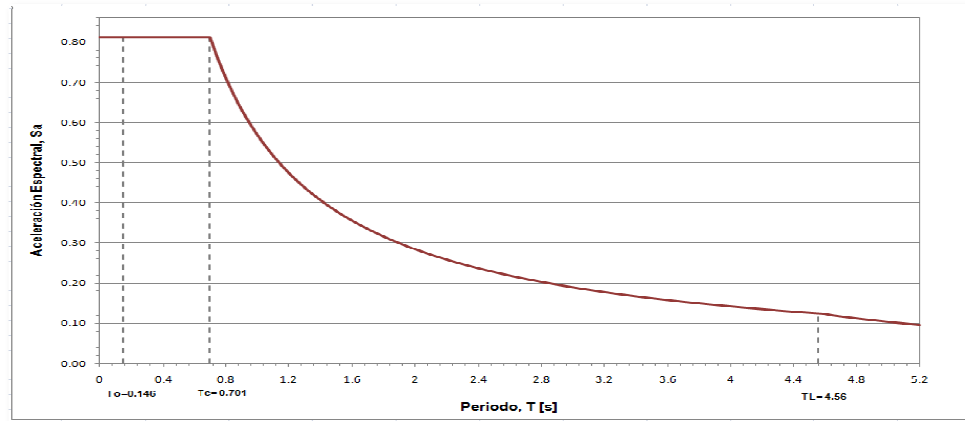
$$S_a = \frac{1.2 \times A_v \times F_v \times T_L \times I}{T^2} \quad T > T_L$$

En la Figura 2.12 se presentan los parámetros del espectro y su representación grafica.

Figura 2. 12 Espectro elástico de diseño para la edificación problema.

Localización Geografica:	Bucaramanga	
Zona de Amenaza Sísmica:	Alta	
Definición de los Coeficientes Sísmicos de diseño:		
Coeficiente de Aceleración Aa:	0.25	
Coeficiente de Velocidad Av:	0.25	
Tipo de Suelo:	D	
Coeficiente de Amplificación de la Aceleración Fa:	1.3	
Coeficiente de Amplificación de la Aceleración Fv:	1.9	
Grupo de Uso:	I	
Coeficiente de Importancia (I):	1.0	
Periodos de Vibración:		
Ta:	0.205	
To:	0.146	
Tc:	0.701	
TL:	4.56	
Valores de Sa en fracción de la Gravedad:		
T < Tc	Sa = 2.5 x Aa x Fa x I	0.8125
Tc < T < TL	Sa = (1.2 x AV x FV x I) / T	0.57/T
T > TL	Sa = (1.2 x AV x FV x TL x I) / T^2	2.6/T^2

(a) Parámetros del espectro de diseño.



(b) Representación gráfica del Espectro.

Los pasos siguientes se realizan con el fin de realizar todos los procedimientos propuestos por el método, pero no son necesarios para el análisis modal de la estructura.

K) Calculo del periodo fundamental.

El periodo fundamental se puede calcular como:

$$T_a = C_t \times h^\alpha.$$

Donde C_t y α son valores que se obtienen de la Tabla 2.9 (Tabla A.4.2-1).

Tabla 2. 10 Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado T_a .

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería.	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Tomado de: Norma NSR-10 [7]

El valor del coeficiente C_t es igual a 0.047 y para α de 0.9, es decir el periodo fundamental es igual a:

$$T_a = 0.047 \times 5.15^{0.9}, T_a = \mathbf{0.205 [s]}.$$

L) Determinación del cortante basal.

El periodo fundamental de la estructura se encuentra en el intervalo $T_0 < T < T_C$, es decir que para el cálculo de S_a , se utiliza la ecuación:

$$S_a = 2.5 \times A_a \times F_a \times I; \quad S_a = 2.5 \times 0.25 \times 1.3 \times 1$$

$$\mathbf{S_a = 0.8125.}$$

El cortante en la base se determina como:

$$V_s = S_a \times g \times M$$

$$V_s = 0.8125 \times 9.8 \left[\frac{m}{s^2}\right] \times 33648.22[\text{kg}]$$

$$V_s = 267923.952[\text{N}]$$

$$\mathbf{V_s = 267.924[\text{KN}]}$$

M) Definición de las fuerzas sísmicas.

La fuerza sísmica horizontal, F_x , en cualquier nivel x , para la dirección en estudio, debe determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$F_x = C_{vx} \times V_s,$$

Donde C_{vx} es:

$$C_{vx} = \frac{m_x * h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i * h_i^k)}$$

Siendo:

m_x, m_i , la masa total que está colocada en el nivel x o i ;

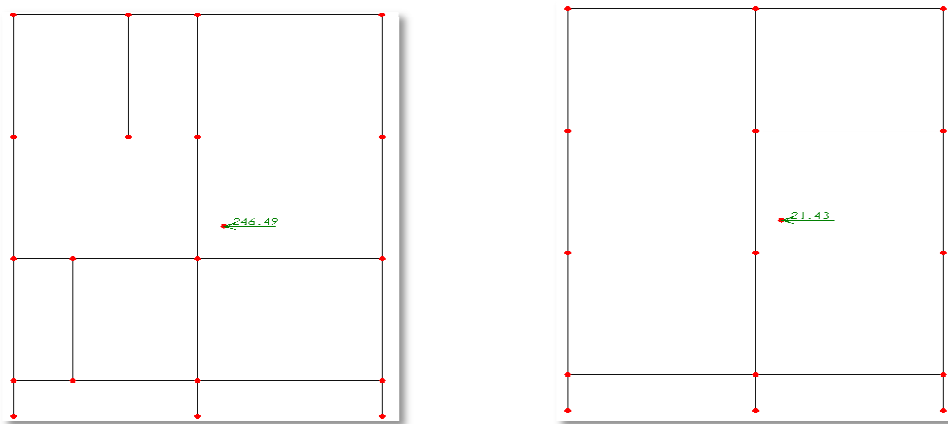
h_x, h_i , la altura medida desde la base al nivel x o i ;

k , es un exponente relacionado con el periodo fundamental, T , de la edificación;
que para el caso de $T < 0.5$ [s], $k=1.0$.

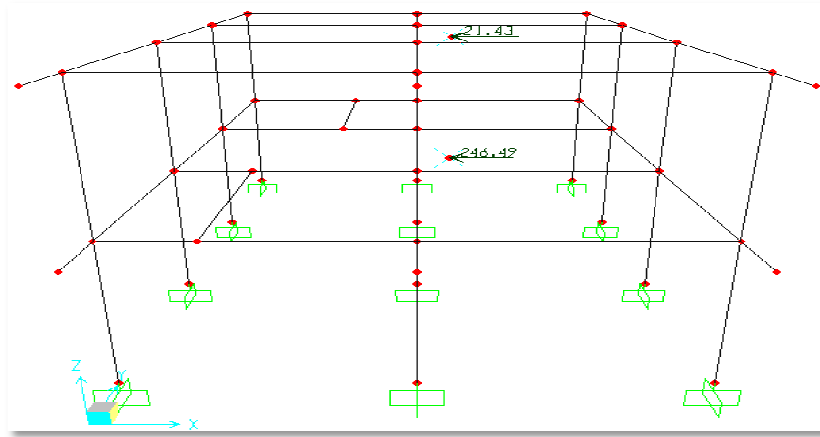
Tabla 2. 11 Determinación de las fuerzas sísmicas por nivel.

NIVELX	h_x [m]	m_x [Mg]	$(m_x)*(h_x)^k$	C_{vx}	V_s	F_x
Segundo	5.15	1.402	7.22	0.079990871	267.924	21.4314742
Primero	2.575	32.3	83.04	0.920009129	267.924	246.492526
TOTALES	5.15	33.652	90.26	1		267.924

Figura 2. 13 Cortante basal y fuerzas sísmicas en cada nivel.



a) Fuerza sísmica ubicada en el entrepiso. **b)** Fuerzas sísmicas en la cubierta.



c) Vista tridimensional del modelo con las fuerzas Sísmicas en cada nivel.

Se esquematizan las fuerzas resultantes aplicadas en el centro de masa, calculado en el Capítulo 3.0, con el fin de indicar que estas son necesarias para el chequeo de las derivas en la estructura y que el cálculo de estas fuerzas se realiza posteriormente al cálculo del espectro. El espectro de diseño es el necesario para el análisis modal de la estructura.

2.10 MODELAMIENTO (SAP 2000 V14) (Nº):

Como objetivo de la práctica se plantea el modelamiento de la estructura utilizando el software SAP 2000, durante el desarrollo de la misma se guiara y resolverán dudas acerca del funcionamiento y del manejo del programa; así mismo se enseñara el procedimiento para la inclusión del espectro de diseño en el programa y la metodología necesaria para el análisis modal; al final de la practica se deben entregar los valores del factor de participación modal de la masa junto con las imágenes de los modos de vibración con mas alta participación de masa. Esta práctica se plantea desarrollarla en la semana 14, debido a que los alumnos en las clases teóricas han tenido una inducción en el manejo del programa y se pretende que en el laboratorio se solucionen dudas acerca del funcionamiento y manejo del programa.

2.10.1 Modelo computacional. El prototipo de la edificación se plantea simularlo utilizando un software académico, SAP 2000(v14). La finalidad de la modelación será el poder realizar un análisis de participación de masa y un análisis modal, esto para obtener los periodos de vibración y su respectiva participación de masa pues es importante conocer la relación entre la participación de la masa respecto al periodo de la estructura. para el cálculo de masa que soportara la estructura se utilizaron valores propuestos por la norma NSR-10, en el título B.

Los elementos estructurales tales como vigas y columnas se simularon mediante elementos tipo FRAME, cada nodo de la estructura se plantea para tener 3 reacciones (en direcciones x,y,z), la interacción suelo estructura se plantea empotrada para generar los 3 grados de libertad. Al entrepiso se le asigna la propiedad de diafragma rígido con el fin de observar el movimiento de la estructura como un todo y restringir los desplazamientos en el eje z es decir los desplazamientos verticales.

2.10.2 Montaje del modelo de la estructura mediante software. Inicialmente se plantean las grillas donde se van a ubicar las columnas y las vigas, se realiza el dimensionamiento espacial en el programa; se crean las secciones y los materiales a utilizar, se denota cada elemento y se asigna una sección para cada elemento. Creados los elementos tipo frame para las columnas se selecciona el tipo de apoyo para cada elemento. Con los pórticos espaciales creados en el programa y cada sección asignada a su respectivo elemento estructural se procede a cargar la estructura con los valores propuestos por la norma NSR-10.

Para la selección de valores de cargas se tiene en cuenta el tipo de uso, es decir tipo de uso I; como carga viva se toma el valor de 5 [Kn/m²], como carga muerta se toma el valor de 4.6 [Kn/m²] en el cual está incluido el peso de elementos no estructurales como fachadas y particiones, junto con afinado de

pisos y cubiertas, el peso propio de la estructura no se tiene en cuenta para los cálculos pues el programa puede colocarlo al seleccionar la opción de tomar el peso propio y sumarlo al valor dado como carga muerta. Para el cálculo de las reacciones en las viguetas que serán transmitidas a las vigas se realizan las siguientes operaciones:

$$D \times S = D_{\text{aplicada}};$$

$$L \times S = L_{\text{aplicada}};$$

Donde:

D, es la carga muerta.

S, la separación entre viguetas.

L, carga viva.

$$D_{\text{aplicada}} = 4.6 \times 0.4 = \mathbf{1.84 \text{ [Kn/m]}}$$

$$L_{\text{aplicada}} = 5 \times 0.4 = \mathbf{2.0 \text{ [Kn/m]}}$$

En la placa de entrepiso se presentan 3 tipos de viguetas, por sus diferentes longitudes, cada vigueta es cargada con los valores anteriormente calculados, las reacciones se presentan en la Tabla 2.11. Las viguetas se modelan como elementos con dos grados de libertad en el software.

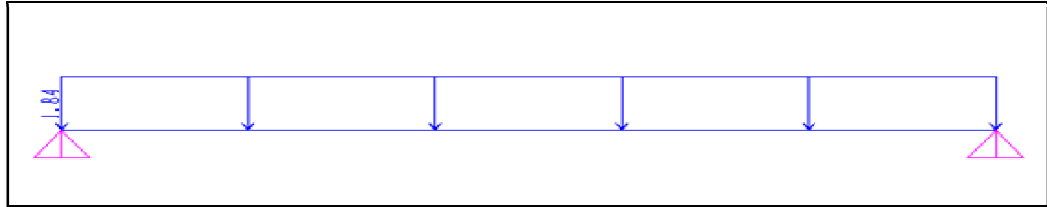
Tabla 2. 12 Valores de las reacciones en los tipos de viguetas.

VIGUETA	LONGITUD [m]	RL[Kn]	RD[Kn]
T1	3.18	3.18	2.926
T2	2.0	2.0	1.84
T3	1.0	1.0	0.92

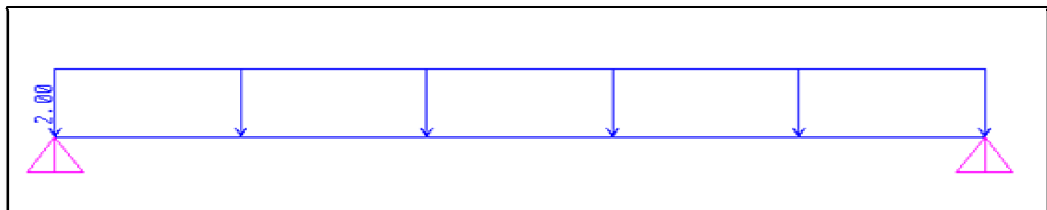
Los valores de RL y RD son las reacciones de cada apoyo para el estado de carga antes propuesto. Las reacciones RL y RD se dividen por la separación de

las viguetas y esta será la carga distribuida aplicada sobre las vigas. Para esquematizar lo descrito se presenta la Figura 2.14.

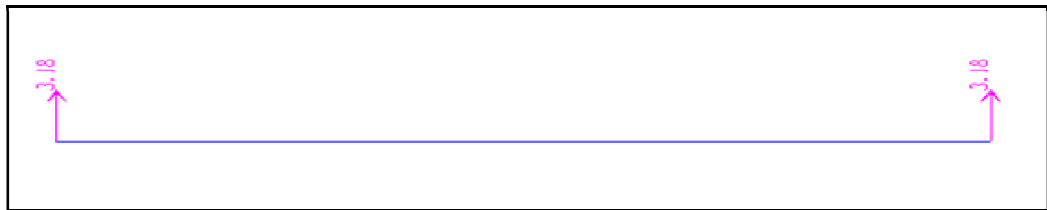
Figura 2. 14 Vigueta T1 con las cargas aplicadas y las respectivas reacciones.



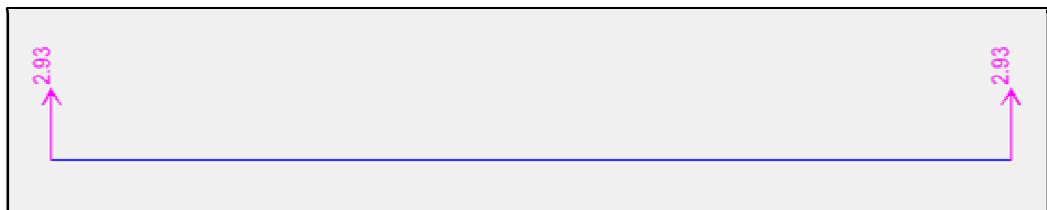
a) Vigueta T1 con la carga Daplicada.



b) Vigueta T1 con la carga Laplicada.



c) Vigueta T1 con la reacción por la carga Laplicada.



d) Vigueta T1 con la reacción por la carga Daplicada.

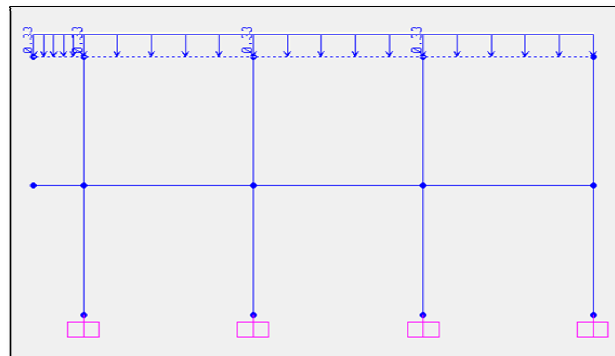
Para el caso de la cubierta se toma un valor de 0.20 [Kn/m²], para una luz total de 6.51 [m]; es decir que la carga aplicada para cada viga ubicada en la cubierta será de 1.302 [KN/m]. En la Tabla 2.12 se presentan las cargas

distribuidas a aplicar en los diferentes elementos tipo viga. En la Figura 2.14 se presenta el pórtico A, con las cargas distribuidas sobre los elementos.

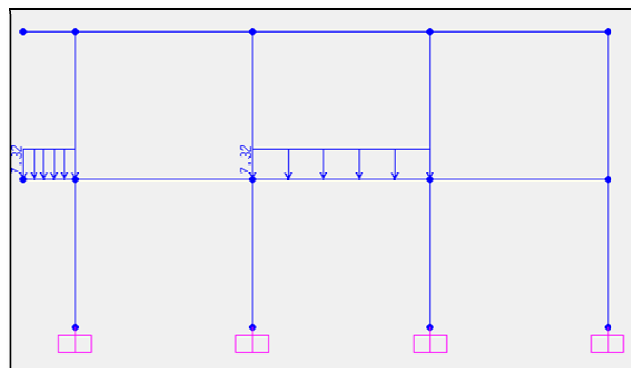
Tabla 2. 13 Cargas distribuidas a aplicar en las vigas.

VIGUETA	LONGITUD [m]	L[Kn/m]	D[Kn/m]
T1	3.18	7.95	7.32
T2	2.0	5.0	4.6
T3	1.0	2.5	2.3

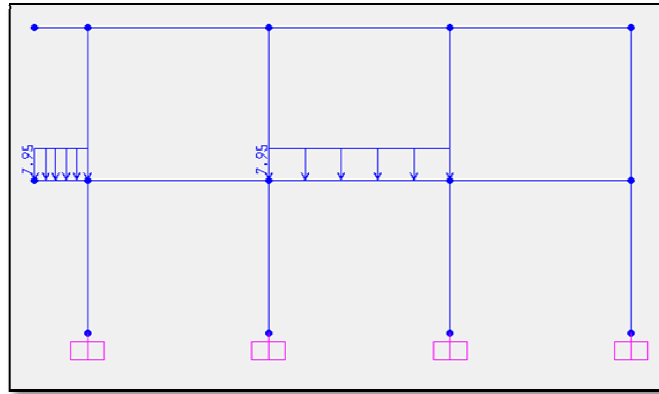
Figura 2. 15 Pórtico A. con las diferentes cargas distribuidas (Muerta, Viva, Cubierta)



a) Pórtico A con la carga de la cubierta.



b) Pórtico A con la carga muerta.



c) Pórtico A con la carga viva.

Paso siguiente es la inclusión del espectro de diseño antes calculado al programa, con el fin de asignar estas fuerzas sísmicas a los ejes X e Y. En la Figura 2.16 se observa el cuadro de dialogo para incluir el espectro elástico de diseño representado en la Figura 2.12-b al programa. En la Figura 2.17 se observa la manera en que el programa reconoce el espectro y realiza la grafica del mismo.

Figura 2. 16 Cuadro de dialogo para la inclusión del espectro de diseño.

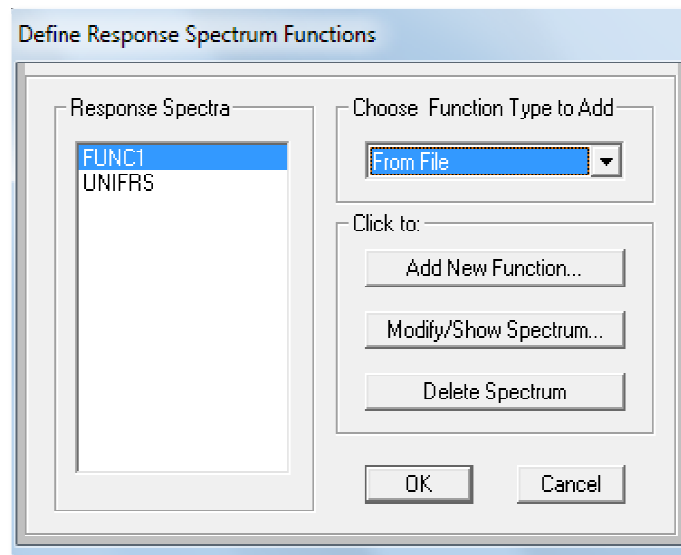
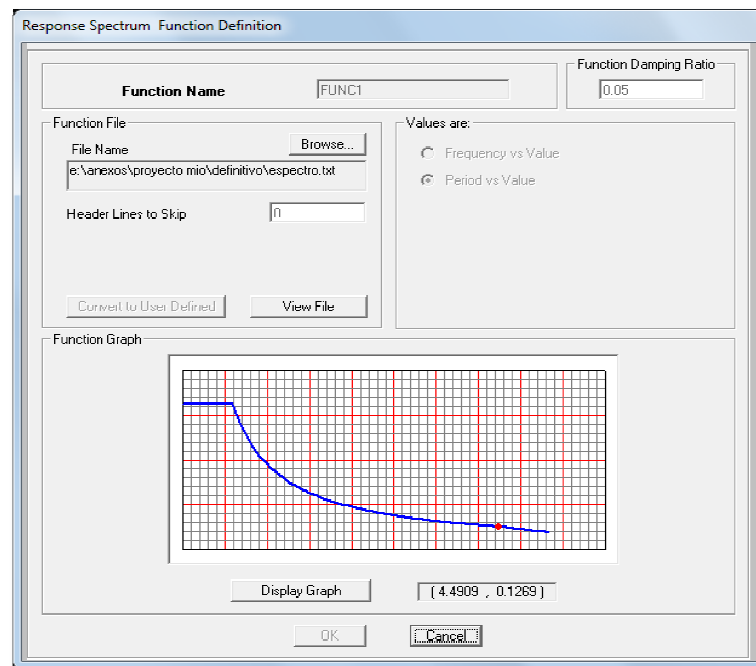


Figura 2. 17 Espectro de diseño graficado por el programa

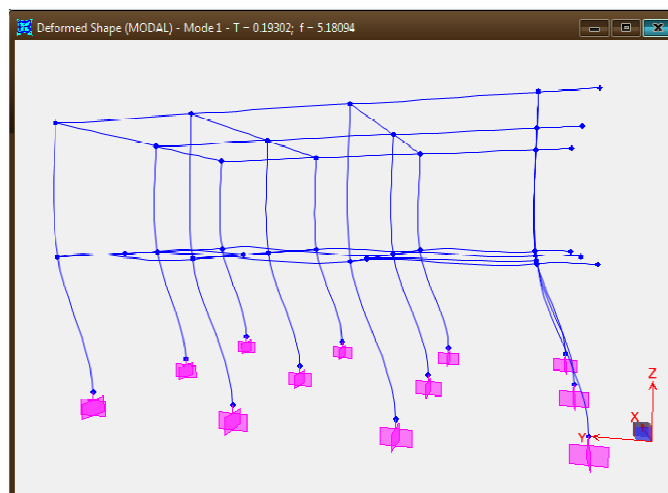


2.10.3 Analisis de participacion modal. El programa SAP 2000 (v14) utilizado para el modelamiento de la estructura, en una de sus herramientas nos proporciona la tabla del factor de participación modal de la masa, al analizar la Tabla 2.13 se observan dos modos de vibración en los cuales la participación de la masa es superior al 80%, esto nos dice que para un modo de vibración con un periodo dado la estructura oscila en una dirección X o Y; en la Figura 2.18 se aprecian los modos de vibración 1 y 3 para los cuales la participación de masa es en los ejes Y y X es del 99.99% y 94.25% respectivamente. Se tomaron los 5 primeros modos de vibración puesto que en ellos la participación de masa en los ejes x e y son significativos, a partir del modo 5 la participación disminuye notablemente en los dos ejes de modo que tiende a ser 0, un procedimiento sencillo de verificación es sumar las columnas de U_x y U_y y esta sumatoria debe dar como resultado 1, esto indica que el programa está realizando el análisis correctamente.

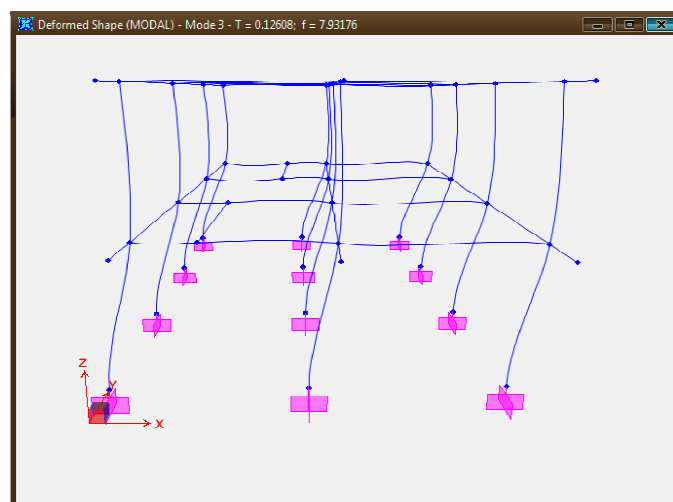
Tabla 2. 14 Tabla del factor de participación modal de la masa.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.19606	3.227E-08	0.9994	1.043E-06
Mode	2	0.136432	0.0613	0.0002336	9.011E-06
Mode	3	0.126296	0.9384	0.00001388	7.396E-07
Mode	4	0.032781	0.00003589	1.32E-09	0.0391
Mode	5	0.031893	2.194E-10	4.884E-06	0.00004733

Figura 2. 18 Modos de Vibración de la Estructura.



a) Oscilación de la Estructura en el Primero Modo de Vibración, eje Y.



b) Oscilación de la Estructura el Tercer Modo de Vibración, eje X

2.11 CALCULO DEL PERIODO (ENSAYO DE LOS ELEMENTOS) (N°10):

Como última prueba del laboratorio se plantea el ensayo de los elementos construidos con anterioridad (columnas, muro confinado), utilizando la mesa vibratoria, este equipo se encuentra ubicado en el Edificio Álvaro Beltrán Pinzón, Laboratorio de Estructuras 109. Esta prueba tiene dos objetivos, el primer objetivo de la prueba es observar los modos de vibración y calcular el periodo experimentalmente de los elementos; el cálculo del periodo experimentalmente se basa en el análisis de los datos arrojados por los acelerómetros adaptados a los elementos. El segundo objetivo es el cálculo del periodo de manera teórica realizando el esquema del sistema Masa-Resorte, para los elementos elaborados y analizar los posibles cambios del periodo al variar la rigidez de los elementos.

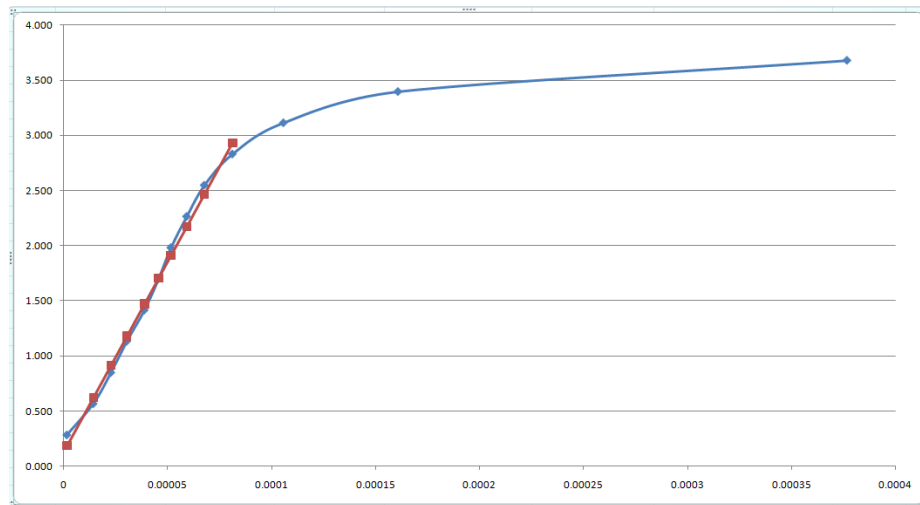
2.11.1 Cilindro de Mortero: Para el cálculo del módulo de elasticidad del mortero, con el cual se fundieron las Vigas de unión, las Columnetas y la viga de confinamiento, se elaboro un cilindro de prueba de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, que se ensayo pasados siete días de su elaboración. El ensayo se llevo a cabo en las instalaciones de la universidad en el edificio Álvaro Beltrán Pinzón, y arrojó un modulo de elasticidad (E) de 1853 [MPa] y cuyo comportamiento se aprecia en la Figura 2.20, con este valor se podrán realizar los cálculos en la decima prueba. En la figura 2.19 se aprecia la elaboración y ensayo del cilindro.

Figura 2. 19 Elaboración y ensayo del cilindro con mortero 1:3





Figura 2. 20 Grafica de Esfuerzo Vs Deformación del mortero 1:3, y línea de tendencia.



2.11.2 Prueba en la Mesa Vibratoria: Se plantea inicialmente realizar un ensayo en el cual se utilizaría la mesa vibratoria; el ensayo consistía en aplicar una fuerza cíclica de la forma $A \sin(wt)$, donde: el valor de A, es la deriva máxima de la edificación afectada por el factor de escala; el valor de w, es la frecuencia angular para el periodo fundamental afectado por el factor de escala y el valor de t, es el tiempo. El ensayo no se pudo realizar debido a un

problema técnico de la mesa; pues hace falta el montaje de una pieza para el correcto funcionamiento del equipo, a su vez hace falta el programa de adquisición de datos para capturar los registros de los acelerómetros y los acelerómetros. Se recomienda que la escuela adquiera los equipos y elementos necesarios para poder implementar el laboratorio, pues en la metodología planteada en el proyecto, la décima prueba consiste en ensayar unos elementos de una edificación utilizando la mesa vibratoria.

A continuación en la Tabla 2.15 se presenta la manera como se distribuirán las 10 prácticas en el periodo académico que comprende 16 semanas y los temas a tratar en cada práctica.

Tabla 2. 15 Desarrollo de las prácticas en el transcurso del semestre académico y la temática a tratar.

SEMANA	PRÁCTICA	TEMA
1	Practica informativa	
2		
3	Chequeo de la Estructura	Normatividad
4		
5	Selección de la Escala	Análisis Dinámico tridimensional
6		
7	Elaboración de Elementos (Figurar Refuerzo)	Contextualización del proceso constructivo de los elementos de una edificación
8	Elaboración de Elementos (Fundida de Elementos)	
9	Elaboración de Elementos (Muro)	
10	Elaboración de Elementos (Viga Confinante)	
11		
12	Espectro Elástico de Diseño y Método de la Fuerza Horizontal equivalente	Método de la Fuerza Horizontal equivalente y Espectro Elástico de Diseño
13		
14	Modelamiento (SAP 2000 V14)	Análisis Dinámico Tridimensional
15		
16	Calculo del Periodo (ensayo de los Elementos)	Rigidez y Amortiguamiento

3. ESTRUCTURAS DE LAS PRUEBAS.

Las diferentes pruebas a realizar dentro del laboratorio de Dinámica se registrarán según el orden plateado.

3.1 DURACION DE LA PRÁCTICA

El laboratorio de Dinámica constara de 2 horas a la semana; en estas dos horas se llevara a cabo la práctica propuesta para el día y las actividades a realizar en el transcurso de estas dos horas serán las indicadas en la Tabla 3.1:

Tabla 3. 1 Actividades a realizar en el transcurso de la práctica.

	DURACION	DESCRIPCION
1	5 minutos	Evaluación Inicial 10%
2	10 minutos	Introducción
3	90 minutos	Desarrollo de la Practica 70%
4	15 minutos	Conclusiones 20%

Los porcentajes indicados en la Tabla 3.1 serán los aplicados a cada actividad en cada prueba para sacar una nota única por prueba.

3.1.1 Evaluación inicial: La evaluación inicial es necesaria para medir como están los estudiantes antes de realizar la práctica, esto genera que los estudiantes lean el material de apoyo propuesto antes de presentarse a la práctica, también sirve de mecanismo para controlar la asistencia y no generar inconvenientes en el

desarrollo de la misma; al mismo tiempo se revisara que los estudiantes lleven los materiales necesarios para el correcto desarrollo de la práctica.

3.1.2 Introducción: El docente encargado del laboratorio realiza un breve presentación de cómo se procede en la prueba; si se necesita utilizar algún equipo del laboratorio, se explicara el manejo para proporcionar un correcto funcionamiento del mismo.

3.1.3 Desarrollo de la práctica: Los estudiantes deberán llevar a cabo la práctica, guiándose del material de apoyo y siendo supervisados por el docente con el fin de aclarar dudas que surjan en la prueba. el acompañamiento del docente es importante para culminar con éxito la práctica.

3.1.4 Conclusiones: En este tiempo cada grupo deberá compartir con sus compañeros los resultados obtenidos, y se realizara una comparación con los demás grupos de trabajo, empezando por exponer la metodología utilizada para ubicar posibles fuentes de error durante la ejecución de la práctica; posteriormente cada grupo expondrá las conclusiones y observaciones de la práctica.

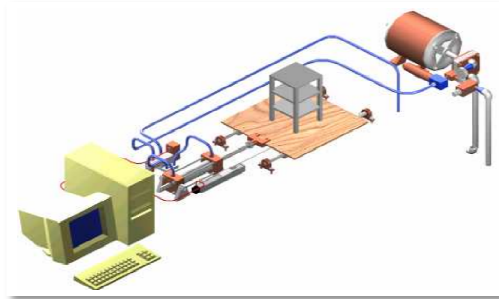
4. EQUIPOS DE LABORATORIO

Se hizo necesario para las pruebas del laboratorio la utilización de:

MESA VIBRATORIA [4]:

La mesa vibratoria o simulador sísmico (SS), es un mecanismo que permite realizar ensayos dinámicos controlados en condiciones de laboratorio para la predicción del comportamiento sísmico de edificaciones mediante modelos estructurales a escala. El SS presente en el laboratorio 109 del edificio Álvaro Beltrán Pinzón consta de unos cilindros hidráulicos, unas válvulas proporcionales de accionamiento electromagnético y un PC como elemento central de control. El SS será utilizado en el laboratorio para ensayar los elementos a escala elaborados por los estudiantes.

Figura 4. 1 Mesa Vibratoria o Simulador Sísmico (SS).



Tomado de: [4].

COMPUTADOR:

Se hizo necesario el uso de un computador para el montaje y realización del laboratorio, que fue utilizado en el montaje de la estructura en el Software SAP

2000, el cálculo y diagrama del espectro elástico de diseño con la herramienta Microsoft office Excel. Las especificaciones técnicas del computador son:

- Procesador Intell® Core™ 2 Quad CPU Q8400 @2.66 GHz 2.67 GHz
- Memoria Ram de 4.00 GB
- Sistema operativo de 32 bits
- Windows 7 Home Basic.

Para las pruebas planteadas, en las cuales se hace necesaria la utilización de un PC, se podrá utilizar el CENTIC.

HERRAMIENTA MENOR:

La herramienta menor utilizada en el montaje del laboratorio, se debe tener un juego por Sub grupo de trabajo, y son:

- Corta frio; necesario para cortar los alambres.
- Alicates; para ajustar los estribos en los elementos.
- Llaves fijas de 1"; para ajustar los tornillos en el SS.
- Formaleta de madera; necesaria para la fundición de las Vigas de unión.
- Sujetadores; para ajustar la formaleta de madera.
- Grasa; para aplicarle a los tornillos sujetadores del SS.

ACELEROMETROS:

Estos acelerómetros miden la aceleración en los tres ejes del espacio, en un rango de 1 a 1000 [Hz] y están realizados en materiales ligeros con el fin de minimizar la influencia del peso del sensor sobre el comportamiento vibratorio de la pieza. Como aplicaciones típicas encontramos análisis estructural, análisis modal, control de vibraciones, túneles de viento, ensayos en componentes electrónicos, pequeñas piezas, tornillos y, en general en cualquier aplicación donde se deba medir las vibraciones en los tres ejes.

5. EVALUACIÓN

Es de suma importancia que los estudiantes evalúen el proceso que se está llevando a cabo práctica tras práctica, y que evalúen al final del laboratorio temas específicos que sirven para la retroalimentación del laboratorio, por tal motivo se plantean dos encuestas evaluativas. Una para realizarla por parte de los estudiantes al finalizar cada práctica y otra al finalizar el curso. A continuación se presentan los temas a evaluar del laboratorio por parte de los estudiantes. El modo de calificación será una tabla con rangos de 0 – 5.

5.1 EVALUACIÓN DE CADA PRACTICA

Los temas a evaluar por parte de los estudiantes en cada práctica son:

PERTINENCIA DE LA PRUEBA: Se pretende que el estudiante realice un análisis cualitativo y cuantitativo de la prueba y de una observación acerca de lo pertinente que resulto realizar una práctica sobre un tema específico. Es decir, que califique de 0 a 5 lo conveniente de realizar una prueba sobre la Normatividad.

COMPLEJIDAD: El estudiante calificara de 0 a 5 la complejidad de la prueba y realizara observaciones a la misma con el fin de optimizar la práctica.

TIEMPO DE DESARROLLO: El estudiante calificara de 0 a 5 el tiempo dispuesto para el desarrollo de la práctica, es decir, calificando con 5 si las dos horas para el laboratorio son más que suficientes para llevar a cabo la totalidad de la práctica, o en caso contrario se calificaría con 0. Cabe resaltar que se tendrá en cuenta la puntualidad de los integrantes del grupo para realizar la práctica.

MATERIAL DE AYUDA DIDACTICA (Manual): Los estudiantes evaluarán el contenido del manual, basándose en el hecho que todo lo concerniente a la práctica se encontraba allí, como marco teórico y el procedimiento; en caso tal que se deje algún material extra de lectura se evaluará igual según la complejidad de la lectura o su fácil lenguaje y su fácil interpretación.

MATERIALES: Es de importancia saber para la retroalimentación del laboratorio saber si fue de fácil acceso la obtención de los materiales planteados para la realización de las prácticas; y si afecto de alguna manera la asistencia o no al laboratorio.

EQUIPO DE CÓMPUTO Y DE LABORATORIO: Se mirarán las capacidades del laboratorio en cuanto a herramientas cuando se trabaje en el laboratorio de materiales, si están completos, si son de fácil manejo, si están a la mano de los estudiantes, etc. Cuando se trabaje en una sala de cómputo se mirará si la capacidad de los computadores era la suficiente para llevar a cabo la práctica.

5.2 EVALUACION DEL LABORATORIO

Los temas a evaluar al finalizar el curso acerca del laboratorio son:

CUBRIMIENTO TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA: Se requiere que el estudiante evalúe el contenido del laboratorio, de manera tal que se pueda reconocer en el laboratorio un cubrimiento total de la temática planteada en la asignatura.

TIEMPO DE DEDICACION DIRECTO E INDIRECTO: el estudiante describirá el tiempo dedicado al laboratorio de una manera directa, es decir, las 2 horas semanales que debe asistir a la práctica y el tiempo indirecto, es decir, las horas que se debió dedicar de más en horario extra curricular.

COSTO DE LOS MATERIALES: se calculara un estimativo por Sub-grupo del monto invertido en el transcurso del laboratorio, y si se estudiara la manera de suplir algunos materiales.

APORTE EN EL APRENDIZAJE: es una pregunta directa, en la cual se indaga sobre si el laboratorio influyo en el reforzamiento de la temática trabajada en la asignatura dinámica estructural.

6. CONCLUSIONES

- Por medio de este proyecto final de carrera se da inicio a la implementación del laboratorio en la asignatura dinámica estructural, dado que es la primera etapa se ha hecho énfasis en la aplicación de métodos analíticos para analizar una estructura real. A su vez se proponen actividades prácticas como la elaboración de elementos constitutivos de la edificación, con el fin de desarrollar la parte práctica del laboratorio.

- A través del proyecto propuesto el estudiante tiene la oportunidad de identificar una edificación real, de explorar los aspectos estructurales de las edificaciones de mampostería confinada, sus aspectos constructivos y aprehender a interpretar los planos arquitectónicos y estructurales; y a partir de ellos analizar el cumplimiento de las normas mínimas de construcción y diseño vigentes para el territorio colombiano. De esta manera el estudiante a través de la práctica interioriza, aplica e interpreta la norma NSR10.

- A sí mismo a través de estas primeras prácticas y durante el transcurso del laboratorio, el estudiante identifica elementos constitutivos de la edificación para ser analizados en diferentes prácticas. Selecciona una columna y un muro confinado y materializa su construcción a una escala adecuada, para ser ensayado posteriormente en la mesa vibratoria. De esta manera se logra el objetivo de inicializar al estudiante en la construcción de modelos a escala y se contextualizan en el proceso constructivo real de una edificación.

- A partir de la elaboración de los modelos se logra que el estudiante identifique los aspectos más relevantes del proceso constructivo de una columna, un muro confinado y una edificación.

- A partir de las pruebas planteadas se incentiva la utilización de la mesa vibratoria, y a realizar ensayos dinámicos sobre elementos elaborados a escala reducida, se recomienda la adquisición de la totalidad de los elementos constitutivos de la mesa vibratoria para la implementación del laboratorio.

- Con el trabajo propuesto se busca que el estudiante tenga una mayor participación en su proceso de aprendizaje, dado que tendrá la oportunidad de desarrollar competencias analíticas tales como la conceptualización estructural; a su vez de la manera en que están estructurada las prácticas se espera que se afiancen las competencias de trabajo en grupo, liderazgo y de superar las dificultades que se presenten en la materialización de los modelos.

- A partir del proceso de autoevaluación se busca que el estudiante desempeñe un papel importante en el mejoramiento y crecimiento del laboratorio.

- Finalmente otro objetivo alcanzado es el de ofrecer una metodología y un material didáctico de apoyo, tanto al docente como al estudiante; con el fin de poder desarrollar el laboratorio, abarcando cuatro de los seis temas planteados en la asignatura dinámica estructural.

▪ Con la elaboración de este proyecto de grado se crean nuevas líneas de investigación, puesto que se puede llegar a realizar una implementación del laboratorio de dinámica estructural, desarrollando ensayos a nuevos elementos constitutivos de edificaciones, tales como:

- ✓ Muros con aberturas céntricas y excéntricas, para analizar el efecto que produce una abertura, ya sea para una ventana o una puerta en un muro de mampostería.
- ✓ Muros sin confinar, para analizar y comparar el comportamiento estructural del muro ante eventos sísmicos.
- ✓ Muros esbeltos, observar la variación del periodo a medida que se aumenta o disminuye la relación de esbeltez y como varia el comportamiento estructural del mismo.
- ✓ Columnas esbeltas, para profundizar conceptos de rigidez, y analizar su comportamiento ante eventos sísmicos.
- ✓ Muros reforzados, para analizar el comportamiento estructural del muro y compararlo con el comportamiento estructural de un muro confinado; variado el tipo de refuerzo, ya sea reforzando el muro longitudinal o transversalmente, o utilizando otro tipo de técnicas como el friso estructural, el refuerzo con malla electro soldada, la aplicación de resinas, etc.

- ✓ Pórticos sin mampostería de relleno, analizar el comportamiento a escala ante un evento sísmico de un pórtico compuesto por columnas y viga; comparar los resultados con lo analizado en un pórtico real.

- ✓ La implementación de ensayos utilizando la mesa vibratoria, a elementos elaborados a escala reducida de edificaciones características de zonas con problemas de vulnerabilidad sísmica, simulando concreto reforzado, mampostería confinada y sin confinar.

- ✓ La implementación de ensayos a elementos metálicos como perfiles laminados y a estructuras metálicas, elaboradas a escala reducida utilizando la mesa vibratoria.

- ✓ La aplicación de resultados de los ensayos a elementos elaborados a escala reducida simulando concreto reforzado, mampostería confinada y sin confinar, a zonas con altos problemas de vulnerabilidad sísmica.

7. BIBLIOGRAFIA.

- [1] MALDONADO RONDON, E. y CHIO CHO G. Análisis Sísmico de Edificaciones. (2004), Universidad Industrial de Santander, Publicaciones UIS.
- [2] CATELLANOS SUESCUN C. Montaje del laboratorio de Estructuras Primera Fase. Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. (2009).
- [3] VIDEZ DE LA HOZ F. Metodología para Realizar Modelos de Concreto Reforzado a Escala Reducida. Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. (2006).
- [4] BAUTISTA HERNANDEZ L.A. Mesa Vibratoria para la Simulación de Movimientos Telúricos en una Dirección. Trabajo de Grado Maestro en Informática. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. (2005).
- [5] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Convenio Interadministrativo suscrito entre la CDMB, el Municipio de Bucaramanga y la UIS Número 115. Anudar Esfuerzos Entre la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga, la Universidad Industrial de Santander y el Municipio de Bucaramanga, para el Apoyo en la Planificación Integral para el Manejo y Atención del Riesgo de Origen Natural y Antropico en Algunas Comunas del Municipio de Bucaramanga. (2011)

[6] ESCAMILLA J. (2000). Análisis de Estructuras. Segunda Edición. Ecoe Ediciones.

[7] COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10, Bogotá D.C. Título A.

[8] COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10, Bogotá D.C. Título E.

[9] CHOPRA ANIL K. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. Upper Saddle River, NJ: Second Edition (2001).

8. ANEXOS.

8.1 ANEXO 1, CARTILLA DEL ESTUDIANTE

Anexos 8. 1 Cartilla del Estudiante.

**MANUAL DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS FASE II
ANALISIS DINAMICO**

MANUAL DEL ALUMNO

ELABORADO POR:

JORGE ANDRES QUINTERO MUÑOZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°1

TEMA: Información General.

OBJETIVO:

- Informar a los estudiantes sobre el contenido del laboratorio, el modo de evaluación y su intensidad horaria.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

La práctica inicia a la hora indica en el horario para no generar atrasos con los demás grupos; se deben conformar grupos de trabajo de máximo 5 estudiantes, que deben ser constantes en el transcurso del semestre. Deben tener en cuenta la manera en la cual se desarrollara la práctica, que en la Tabla 1 se describe.

TABLA 1.

	DURACION	DESCRIPCION
1	5 minutos	Evaluación Inicial 10%
2	10 minutos	Introducción
3	90 minutos	Desarrollo de la Practica 70%
4	15 minutos	Conclusiones 20%

Cada sub-grupo de trabajo deberá conseguir los planos estructurales de una edificación de uno o dos pisos, con el fin de realizar los diversos análisis y poder llevar a cabo las prácticas y desarrollar el laboratorio. La frecuencia con la cual se desarrollaran las prácticas se indicara por el docente del laboratorio. Se realizaran 10 prácticas en el transcurso del semestre, cada práctica durara 2 horas; las practicas teóricas se realizan cada 2 semanas y las practicas experimentales una vez por semana.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°2

TEMA: Chequeo de la Estructura.

OBJETIVO:

- Realizar el chequeo de los parámetros mínimos de diseño y construcción de la estructura propuesta por cada Sub-grupo, utilizando el Título E de la NSR-10.
- Redimensionar la estructura cuyos parámetros no cumplan con la norma NSR-10.

MATERIALES:

- Capitulo E de la norma NSR-10, en medio magnético o físico.
- Planos de la edificación, en medio magnético o físico.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Presentar los planos de la edificación al docente del laboratorio para su aprobación.
2. Realizar una descripción de la edificación, en la cual se tengan en cuenta aspectos como ubicación geográfica, sistema estructural, tipo de suelo, materiales constitutivos, contextualización del entorno, vegetación de los alrededores (estos últimos temas se incluyen si se conoce el proyecto), etc.
3. Realizar el chequeo de la estructura siguiendo uno a uno los ítems del Capítulo E de la norma NSR-10.
4. Trazar sobre los planos en planta, ejes horizontales y verticales, para facilitar la ubicación de los elementos que cumplen y no cumplen con el respectivo chequeo de la norma.

5. Elaborar una lista con los parámetros o ítems no cumplidos.
6. Las listas deben hacer diferencia entre parámetros estructurales y parámetros no estructurales.

Se debe tener mayor cuidado a la hora de realizar el chequeo de la estructura, con los ítems relacionados con elementos estructurales

7. Realizar el redimensionamiento de los elementos o de los parámetros cuyo chequeo no cumpla con las norma.

8. Realizar el bosquejo de la edificación con las nuevas dimensiones, esto se debe realizar en los planos; para poder compararlos.

9. Se debe seleccionar una columna de la edificación, indicando los ejes de corte, con el fin de elaborarla en las prácticas siguientes.

10. Se debe seleccionar un pórtico de la edificación, indicando los ejes de corte, con el fin de elaborarlo en las prácticas siguientes.

11. CONCLUSIONES.

12. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°3

TEMA: Selección de la Escala.

OBJETIVO:

- Seleccionar la escala de los elementos a elaborar.

MATERIALES:

- VIDEZ DE LA HOZ F. Metodología para Realizar Modelos de Concreto Reforzado a Escala Reducida. Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. (2006).

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. En los primeros cinco minutos de la práctica cada sub-grupo conversaran entre ellos lo investigado sobre el proceso de escalar una magnitud.
2. Un integrante por sub-grupo realizara una breve exposición de las conclusiones a las cuales llegaron en su respectivo sub-grupo.
3. Seleccione la escala a la cual se van a elaborar los elementos de la edificación.
4. Realice la toma de medidas de la plataforma de la mesa vibratoria.
5. Con las medidas de la mesa vibratoria recalculé el factor de escala.
6. Defina las dimensiones de los elementos que va a elaborar.
7. Calcule el factor de escala para una propiedad física como la aceleración.

8. Realice una relación de los elementos a elaborar, complete la siguiente tabla.

ELEMENTO	LONGITUD REAL	LONGITUD ESCALADA	ESCALA

9. CONCLUSIONES.

10. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°4

TEMA: Elaboración de Elementos (Figurar Alambres)

OBJETIVO:

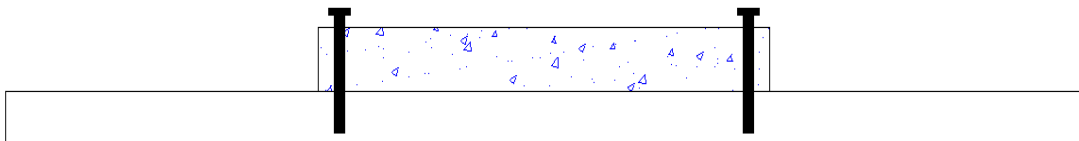
- Figurar los alambres que serán utilizados como refuerzo en los diferentes elementos.

MATERIALES:

- Cinta métrica.
- Corta frio o alicata.
- Alambre negro.
- Hilo de cobre.
- Una vara de balsa.
- 6 puntillas pequeñas para madera.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Realizar un debate con los compañeros sobre cómo se podrían anclar los diferentes elementos a realizar en la plataforma de la mesa vibratoria.
2. Realice mediciones sobre la plataforma de la mesa vibratoria, con el fin de ubicar los espacios en los cuales se podrían dejar los pernos de anclaje. Dimensione la siguiente grafica.



3. Dimensione la viga de unión propuesta por el docente.

4. Proponga un refuerzo para la viga de unión.
5. Cuantifique las cantidades de refuerzo que llevara la viga de unión, especifique la separación tanto del refuerzo longitudinal como transversal.

El procedimiento que se describe a continuación se debe realizar paralelamente para las dos vigas de unión y las tres columnas.

6. Dimensione el refuerzo a utilizar, es decir, haga los cálculos necesarios para obtener la longitud de los refuerzos.

7. Con el balso y las puntillas elabore un banco para figurar, como el de la figura.



8. Corte el alambre que representara el refuerzo, se debe incluir el refuerzo de las vigas de unión como el de las columnas.
9. Elabore la parrilla del refuerzo, con ayuda del hilo de cobre amarre los refuerzos, mantenga las dimensiones de separación entre el refuerzo.
10. Armada la parrilla inspeccione el espacio para los pernos de anclaje.
11. CONCLUSIONES.
12. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°5

TEMA: Elaboración de Elementos (Fundir los elementos)

OBJETIVO:

- Fundir la viga de unión que servirá como anclaje de los elementos a la mesa vibratoria.
- Fundir las columnas seleccionadas para ensayar en la decima prueba.

MATERIALES:

- Formaleta de madera con las dimensiones de la viga de unión.
- 600 gr de cemento.
- 1800 gr de arena de rio.
- Palustre.
- Balde negro (para mezclar).
- Tamiz N° 10.
- Cinta para pegar ancha.
- Recipiente para medir, capacidad 500 ml.
- Aceite quemado, o cualquier otro material que impida la adición del mortero a la formaleta.
- Un pliego de cartón paja.
- Puntillas para madera.
- Tijeras o bisturí.
- 4 tornillos de 1" de diámetro, de unos 10 cm de largo.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Realice un algoritmo del procedimiento de fundir un elemento en la vida real.

2. Elabore con cartón paja un cubo, cuyos lados sean las dimensiones de las columnas. (Dejar unas aristas para ajustar a la viga de unión).
3. Forre el interior del cubo con la cinta de pegar, esto con el fin de impedir que el cartón absorba la humedad de la mezcla.
4. Pesar 600 gr de cemento.
5. Pesar 1800 gr de arena.
6. Tamizar la arena por el tamiz N°10.
7. Medir 150ml de agua.
8. Mezclar los materiales hasta obtener una mezcla homogénea.

Los siguientes pasos se debe ir realizando paralelamente para las dos vigas de unión.

9. Aplicar el aceite quemado a la formaleta.
10. Unir el refuerzo de las columnas a las parrillas de las vigas de unión.
11. Engrase los tornillos que servirán de anclaje a la plataforma de la mesa vibratoria.
12. Adicione una pequeña capa de mezcla para garantizar el recubrimiento del refuerzo.
13. Incorpore a la formaleta las parrillas del refuerzo, junto con los tornillos de anclaje; recuerde que debe mantener las dimensiones de los tornillos para no tener problema en el anclaje del elemento a la hora de realizar la decima practica.
14. Complete la adición de la mezcla a la formaleta.

15. Cuando la mezcla adquiera consistencia, incorpore los cubos que servirán de formaleta para las columnas.
16. Apuntille los cubos a la viga de unión con las puntillas.
17. Adicione la mezcla para fundir las columnas. Las tres columnas se deben fundir al tiempo.
18. Garantice la verticalidad de los elementos, con apoyos extras.
19. Un integrante del grupo debe asistir al día siguiente para adicionar agua los elementos, garantizar el proceso de curado de los elementos.
20. CONCLUSIONES.
21. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°6

TEMA: Elaboración de Elementos (Muro)

OBJETIVO:

- Elaborar un muro de la edificación, utilizando ladrillos a escala y mortero con relación cemento arena 1:3.

MATERIALES:

- Tabla de 30 x 30 cm.
- 3 palos de balsa de 30cm.
- Colchon madera.
- Puntillas para madera.
- 300 gr de cemento.
- 900 gr de arena de río.
- 200 ladrillos para maquetas.
- Palustre.
- Balde negro (para mezclar).
- Tamiz N° 10.
- Cinta para pegar ancha.
- Guantes quirúrgicos.
- Recipiente para medir, capacidad 500 ml.
- Una hoja de segueta.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Marque sobre la tabla las dimensiones del muro a elaborar.
2. Con los palos de balsa arme un marco, cuyos bordes sean las dimensiones del muro a elaborar, dejando uno horizontal de soporte y dos verticales de guía.



3. Cubra la superficie de la tabla en contacto con el muro, esto lo realiza utilizando la cinta de pegar.
4. Corte a la mitad aproximadamente 15 ladrillos.
5. Sumerja los ladrillos a utilizar en agua.
6. Se pesan 300 gr de cemento.
7. Se pesan 900gr de arena y se pasan por el tamiz N°10.
8. Se miden 150 ml de agua.
9. Se mezclan los materiales hasta obtener una mezcla homogénea.
10. Elabore el muro, este procedimiento debe ser elaborado por un solo miembro del grupo.
11. CONCLUSIONES.
12. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°7

TEMA: Elaboración de Elementos (Viga Confinante)

OBJETIVO:

- Elaborar la viga confinante, del pórtico seleccionado, con mortero 1:3.

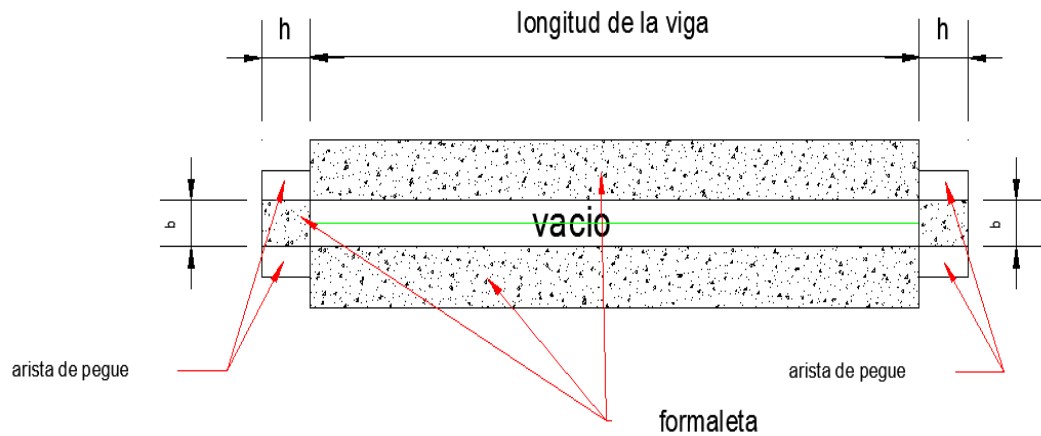
MATERIALES:

- 100 gr de cemento.
- 300 gr de arena de río.
- Palustre.
- Balde negro (para mezclar).
- Tamiz N° 10.
- Cinta para pegar ancha.
- Recipiente para medir, capacidad 500 ml.
- Grasa, aceite quemado, o cualquier otro material que impida la adición del mortero a la formaleta.
- Un pliego de cartón paja.
- Tijeras o bisturí.
- Guantes quirúrgicos.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Pesar 100 gr de cemento.
2. Pesar 300 gr de arena, y tamizar con el tamiz N°10.
3. Se miden 50 ml de agua.
4. Se mezclan los materiales hasta obtener una mezcla homogénea.

5. Prepare otra mezcla de cemento y agua para pegar el muro a las columnas y a la viga de amarre.
6. Pesar 100 gr de cemento.
7. Adicione 50 ml de agua al cemento.
8. Con la mezcla de cemento y agua se pega el muro a las columnas y a la viga de amarre.
9. Elabore un sólido como el representado en la siguiente Figura.



Donde:

h = es la altura de la viga.

b = es el ancho de la viga.

El espacio que está indicado como vacío, es el espacio ocupado por el muro de mampostería elaborado con los ladrillos de maquetas; la línea verde de la mitad será la encargada de dividir ese espacio entre dos, y las caras sobrantes se podrán unir al muro garantizando que el mortero no baje por el muro. Los rectángulos achurados son los lados que formaran la viga.

10. Asegurarse de la estabilidad de la formaleta al colocarla sobre el muro.
11. Incorpore la mezcla de cemento y arena a la formaleta.
12. Golpee suavemente los lados de la formaleta, para asegurar la perfecta colocación de las partículas del mortero.
13. Con ayuda de un trozo de palo de balsa, nivele el mortero en la parte superior de la viga.
14. Ajuste la formaleta de cartón paja con alambre de la siguiente manera:



15. Al siguiente día se debe ir al laboratorio a adicionar agua a la viga.
16. En la semana siguiente, que no hay practica programada, se debe ir al laboratorio a quitar la formaleta (cartón paja) de la viga.
17. CONCLUSIONES.
18. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANÁLISIS DINAMICO
PRUEBA N°8

TEMA: Método de la Fuerza Horizontal Equivalente (M. F. H. E.)

OBJETIVO:

- Calcular las fuerzas sísmicas horizontales.

MATERIALES:

- Capítulo A de la norma NSR-10, en medio magnético o físico.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Calcule el valor de la carga muerta para los entresijos y la cubierta.
2. Esquematice los pórticos resistentes a la acción sísmica.
3. Calcule la masa total de la edificación.
4. Determine el nivel de riesgo sísmico de la edificación.
5. Determine el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva para diseño A_a .
6. Determine el coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva A_v .
7. Clasifique el tipo de suelo en el cual se encuentra ubicada la edificación.
8. Determine el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en zona de periodos cortos F_a .
9. Determine el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en zonas de periodos intermedios F_v .

10. Clasifique la edificación según el tipo de uso de la misma.
11. Determine el coeficiente de importancia para el grupo de uso determinado en el ítem anterior.
12. Calcule los periodos de Vibración T_0 , T_c , T_L , de la siguiente manera:

$$T_0 = \frac{0.10 (AV \times FV)}{(Aa \times Fa)}$$

$$T_c = \frac{0.48(AV \times FV)}{(Aa \times Fa)}$$

$$T_L = 2.4 F_V.$$

13. Complete la siguiente tabla:

Localizacion Geografica:		
Zona de Amenaza Sismica:		
Definicion de los Coeficientes Simicos de diseño:		
Coeficiente de Aceleracion Aa:		
Coeficiente de Velocidad Av:		
Tipo de Suelo:		
Coeficiente de Amplificacion de la Aceleracion Fa:		
Coeficiente de Amplificacion de la Aceleracion Fv:		
Grupo de Uso:		
Coeficiente de Importancia (I):		
Periodos de Vibracion:		
Ta:		
To:		
Tc:		
TL:		
Valores de Sa en fraccion de la Gravedad:		
T < Tc	Sa = 2.5 x Aa x Fa x I	
Tc < T < TL	Sa = (1.2 x AV x FV x I) / T	
T > TL	Sa = (1.2 x AV x FV x TL x I) / T^2	

14. Realice la representación grafica del espectro elástico de diseño; se debe incorporar a la grafica los valores de T_0 , T_c , T_L .
15. Almacene los datos de la grafica en formato .txt.
16. Determine el parámetro C_t y α .
17. Determine el periodo fundamental de la estructura.

18. Calcule el coeficiente de máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un periodo de vibración T (S_a).
19. Calcule el cortante basal de la estructura.
20. Determine las fuerzas sísmicas por cada nivel.
21. Ubique las coordenadas del centro de masa de las plantas de entrepiso y cubierta.
22. CONCLUSIONES.
23. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°9

TEMA: Modelamiento SAP 2000 V14.

OBJETIVO:

- Realizar el análisis modal de la estructura.

MATERIALES:

- Un computador con las siguientes especificaciones técnicas mínimas:
 - Procesador Intel® Core™ 2 Quad CPU Q8400 @2.66 GHz 2.67 GHz
 - Memoria Ram de 4.00 GB
 - Sistema operativo de 32 bits
 - Windows 7 Home Basic.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Cada sub-grupo debe llevar a la práctica el modelo montado en el programa, es decir, se debe llevar la estructura como tal en el programa, los pórticos cargados (carga muerta y carga viva).
2. Rectifique las grillas de la edificación, que cada luz concuerde con la información de los planos.
3. Realice la inclusión de las combinaciones de carga o combos (Load Combinations), las cuales serán indicadas por el docente.
4. Cree un nodo especial (Special Joint), para cada placa de entrepiso y cubierta, cuyas coordenadas sean la calculadas en la práctica anterior para los centros de masa.
5. Introduzca la propiedad de diafragma rígido en el programa al modelo de la estructura; y asigne a cada piso la fuerza horizontal respectiva

6. Ejecute el programa; exporte del programa los valores de la deformación de los nodos (Derivas).
7. Realice un pantallazo de la estructura deformada.
8. Elimine del programa los nodos del centro de masa en los cuales están aplicadas las fuerzas sísmicas horizontales.
9. Realice la inclusión del espectro elástico de diseño, para el análisis modal; creando un patrón de carga de sismo tipo Quake.
10. Adicione el patrón de sismo como caso de carga estática.
11. Adicione el caso de carga espectro para la dirección x como aceleración (Accel).
12. Adicione el caso de carga espectro para la dirección y como aceleración (Accel).
13. Incorpore la combinación de carga envolvente, la cual es la sumatoria de todas las combinaciones de carga anteriores.
14. Ejecute el programa de nuevo.
15. Se deben buscar las tablas de participación modal y exportarlas a Excel.
16. Indique cuales modos de vibración presentan una participación de masa superior al 80% y señale en que periodo se presentan.
17. Realice pantallazos de los modos de vibración con la participación de masa más representativos, es decir, superior al 80%.
18. CONCLUSIONES.
19. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°10

TEMA: Ensayo de los Elementos

OBJETIVO:

- Calcular experimentalmente el periodo de los elementos a ensayar.
- Calcular teóricamente el periodo de los elementos a ensayar.

MATERIALES:

- Mesa vibratoria.
- Elementos de la edificación.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Idealice el elemento tipo columna como un sistema masa resorte.
2. Calcule la rigidez del elemento tipo columna.
3. Calcule analíticamente el periodo del elemento tipo columna.
4. Idealice el elemento tipo pórtico, como un sistema masa resorte, desprecie la rigidez que pueda aportar la viga y el muro.
5. Calcule analíticamente el periodo del elemento tipo pórtico.
6. Realice un registro fotográfico de la prueba
7. Ubique el elemento en la plataforma de la mesa vibratoria; ajuste los pernos de anclaje.

8. Ubique los acelerómetros de la siguiente manera: uno en el nodo, uno a una altura de $H/2$, y uno a una altura de H ; siendo H la altura del elemento.
9. Incorpore en el programa de adquisición de datos el acelerograma afectado por la escala de una cantidad física como la aceleración.
10. Accione la mesa vibratoria.
11. Realice la lectura de datos que arrojan los acelerómetros.
12. Realice el montaje de los modos de vibración, a partir de los datos arrojados por los acelerómetros.
13. Calcule el periodo del elemento a partir del registro de datos que capturaron los acelerómetros.
14. Compare el valor del periodo calculado analíticamente con el calculado experimentalmente.
15. Repita el procedimiento a partir del paso numeral 6.
16. OBSERVACIONES.
17. CONCLUSIONES.

8.2 Anexo 2. CARTILLA DEL DOCENTE

Anexos 8. 2 Cartilla del Docente

**MANUAL DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS FASE II
ANALISIS DINAMICO**

MANUAL DEL PROFESOR

ELABORADO POR:

JORGE ANDRES QUINTERO MUÑOZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2011**

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°1

TEMA: Información General.

OBJETIVO:

- Informar a los estudiantes sobre el contenido del laboratorio, el modo de evaluación y su intensidad horaria.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

La práctica inicia con la toma de asistencia por parte del docente, seguidamente se explica la conformación de los grupos de trabajo, subdividiendo el grupo en Sub-grupos de 5 estudiantes, estos Sub-grupos no se podrán variar en el transcurso del semestre; se explica la manera de evaluar el laboratorio según la siguiente Tabla 1.

TABLA 1.

	DURACION	DESCRIPCION
1	5 minutos	Evaluación Inicial 10%
2	10 minutos	Introducción
3	90 minutos	Desarrollo de la Practica 70%
4	15 minutos	Conclusiones 20%

Cada Sub-grupo debe proponer una edificación de uno o dos pisos, con la cual se trabajara durante el semestre, realizando diversos análisis a la misma. Se explica la dinámica de las pruebas, es decir, se informa a los estudiantes el cronograma del laboratorio, como se muestra en la Tabla 2, y se comentara con qué frecuencia se desarrollaran las pruebas, realizando una breve introducción sobre cada una de ellas.

TABLA 2.

SEMANA	PRÁCTICA	TEMA
1	Practica informativa	
2		
3	Chequeo de la Estructura	Normatividad
4		
5	Selección de la Escala	Análisis Dinámico tridimensional
6		
7	Elaboración de Elementos (Figurar Refuerzo)	Contextualización del proceso constructivo de los elementos de una edificación
8	Elaboración de Elementos (Fundida de Elementos)	
9	Elaboración de Elementos (Muro)	
10	Elaboración de Elementos (Viga Confinante)	
11		
12	Espectro de Diseño (M.F.H.E.)	Método de la Fuerza Horizontal equivalente
13		
14	Modelamiento (SAP 2000 V14)	Análisis Dinámico Tridimensional
15		
16	Calculo del Periodo (ensayo de los Elementos)	Rigidez y Amortiguamiento

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°2

TEMA: Chequeo de la Estructura

OBJETIVO:

- Realizar el chequeo de los parámetros mínimos de diseño y construcción de la estructura propuesta por cada Sub-grupo, utilizando el Título E de la NSR-10.
- Redimensionar la estructura cuyos parámetros no cumplan con la norma NSR-10.

MATERIALES:

- Capítulo E de la norma NSR-10, en medio magnético o físico.
- Planos de la edificación, en medio magnético o físico.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. La edificación propuesta por el Sub-grupo, previamente debe ser aceptada por el docente del laboratorio.
2. Revisar la descripción de la edificación, definiendo ubicación geográfica, sistema estructural, materiales utilizados (tipo de concreto, refuerzo), tipo de suelo, etc.
3. Basándose en lo descrito en el Título E de la norma NSR-10, cada sub-grupo debe realizar el chequeo de la estructura propuesta por ellos. Advertir a los estudiantes del procedimiento para el chequeo de los parámetros importantes, como los que hacen referencia a los elementos estructurales. Si no se tiene planos de hierros omitir el chequeo de esos ítems.
4. Revisar la lista de los parámetros que no cumple la edificación propuesta por los sub-grupos; indicándoles que deben realizar la lista separando los elementos estructurales de parámetros en los cuales hacen referencia a elementos no

estructurales, tales como aberturas de muros, fachadas, especificaciones de materiales.

5. Revisar el redimensionamiento de los elementos o los parámetros que no cumplen con la norma. Se aconsejara a los estudiantes que tomen los parámetros mínimos expuestos en la norma en cuanto a dimensiones.

6. Realizar el bosquejo en los planos de las nuevas dimensiones que tendrían los elementos o los parámetros que no cumplen con la norma. Se debe verificar por parte del docente la correcta selección de las dimensiones, los parámetros que hagan referencia a los elementos no estructurales que no cumplan con la norma se realizara una observación indicando que el parámetro del ítem específico no cumple con la norma.

7. Instruir a los estudiantes sobre la selección de una columna de la edificación. Se indica por parte del docente que la columna seleccionada será elaborada durante las prácticas siguientes.

8. Instruir a los estudiantes sobre la selección de un pórtico de la estructura. Todos los elementos constitutivos del pórtico, como columnas, vigas y muro de mampostería se realizaran en las prácticas siguientes.

9. CONCLUSIONES.

10. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°3

TEMA: Selección de la Escala.

OBJETIVO:

- Seleccionar la escala de los elementos a elaborar.

MATERIALES:

- VIDEZ DE LA HOZ F. Metodología para Realizar Modelos de Concreto Reforzado a Escala Reducida. Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. (2006).

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Se realiza una pequeña exposición por parte de los estudiantes, uno por cada Sub-grupo, de lo investigado sobre el proceso de escalar una magnitud (dimensión) y dependiendo de esa exposición será la nota de la evaluación inicial para los miembros del Sub-grupo.
2. Cada Sub-grupo de trabajo debe realizar los cálculos necesarios para la selección de la escala a la cual se van a elaborar los elementos ya seleccionados, se pueden guiar por la tesis de grado propuesta en la bibliografía.
3. Calculada la escala de los elementos se procede a medir la mesa vibratoria.
4. Se enseña por parte del docente la mesa vibratoria, se toman las medidas de la plataforma del equipo, en la cual se apoyaran los elementos y que medidas son necesarias.

5. Indique la escala más favorable para elaborar los elementos; argumentando que hay restricciones en cuanto a las dimensiones de la mesa.
6. Se recalcula el factor de escala de los elementos; y se definen las dimensiones con las cuales se elaboraran lo elementos.
7. El docente debe realizar una explicación de cómo proceder para el cálculo del factor de escala para una cantidad física como la aceleración.
8. Los estudiantes calcularan el factor de escala para una propiedad física como la aceleración.
9. Los estudiantes deben entregar todos los cálculos y resultados que se hicieron respecto al factor de escala, junto con las dimensiones de los elementos en longitud real y escalada; y los cálculos para el factor de escala de la aceleración.
10. CONCLUSIONES.
11. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°4

TEMA: Elaboración de Elementos (Figurar Alambres)

OBJETIVO:

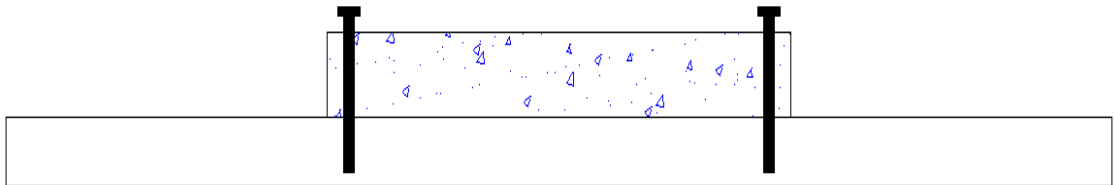
- Figurar los alambres que serán utilizados como refuerzo en los diferentes elementos.

MATERIALES:

- Cinta métrica.
- Corta frio o alicate.
- Alambre negro.
- Hilo de cobre.
- Una vara de balsa.
- 6 puntillas pequeñas para madera.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Realizar un debate con los estudiantes sobre cómo se podrían anclar los diferentes elementos a realizar en la plataforma de la mesa vibratoria.
2. Proponer la viga de unión como elemento más práctico para anclar los elementos a la plataforma.
3. Realizar mediciones sobre la mesa vibratoria para ubicar los espacios en los cuales se podrían dejar los pernos de anclaje. Dimensionar la siguiente grafica.



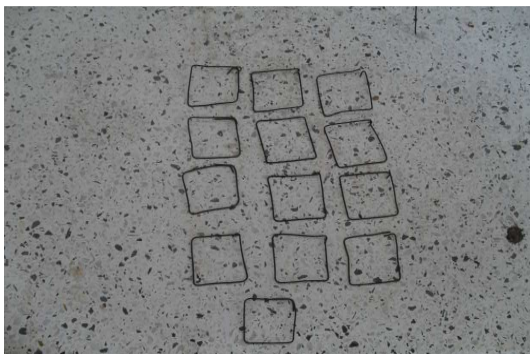
4. Dimensionar la viga de unión; hacer un bosquejo de las dimensiones de la sección recta de la viga.
5. Revisar la propuesta de los estudiantes en cuanto al refuerzo a utilizar en la viga de unión (cantidad), refuerzo longitudinal y refuerzo transversal; separación del refuerzo longitudinal y separación de flejes.

El procedimiento que se describe a continuación se debe realizar paralelamente para las dos vigas de unión y las tres columnas.

6. Recordar la inclusión del alambre que representara el refuerzo de las columnas; para su respectivo corte y figurado tanto del refuerzo longitudinal y transversal (flejes).
7. Revisar las dimensiones del refuerzo longitudinal y refuerzo transversal (flejes) tanto de las vigas de unión como de las columnas.
8. Sugerir una forma en la cual los estudiantes pueden armar el apoyo para el proceso de figurar el refuerzo, utilizando el balso y las puntillas.



9. Supervisar el corte del alambre con el cual se armara la parrilla.



10. Supervisar la armada de la parrilla, revisar la separación de los alambres longitudinales y transversales de las vigas de unión y de las columnas.



11. Señalar que el hilo de cobre es para amarrar los alambres.

12. Dejar el espacio dentro de la parrilla para los pernos de anclaje.



13. CONCLUSIONES.

14. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°5

TEMA: Elaboración de Elementos (Fundir los elementos)

OBJETIVO:

- Fundir la viga de unión que servirá como anclaje de los elementos a la mesa vibratoria.
- Fundir las columnas seleccionadas para ensayar en la decima prueba.

MATERIALES:

- Formaleta de madera con las dimensiones de la viga de unión.
- 600 gr de cemento.
- 1800 gr de arena de rio.
- Palustre.
- Balde negro (para mezclar).
- Tamiz N° 10.
- Cinta para pegar ancha.
- Recipiente para medir, capacidad 500 ml.
- Aceite quemado, o cualquier otro material que impida la adición del mortero a la formaleta.
- Un pliego de cartón paja.
- Puntillas para madera.
- Tijeras o bisturí.
- 4 tornillos de 1" de diámetro, de unos 10 cm de largo.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Cada estudiantes deberán realizar un algoritmo de cómo se debe proceder para fundir un elemento en la vida real; este algoritmo será la evaluación inicial.
2. Elaborar con el cartón paja un cubo, el cual servirá de formaleta para la fundida de la columna, es importante dejar unas aristas al final del cubo.



3. Con la cinta de pegar se aislara el interior del cubo, con el fin de que el cartón paja no absorba la humedad de la mezcla.
4. Se pesan 600 gr de cemento.
5. Se pesan 1800 gr de arena y se pasan por el tamiz N°10.
6. Se miden 300 ml de agua.
7. Los estudiantes deben mezclar el cemento junto con la arena, y adicionar los 150 ml de agua a la mezcla dentro del balde negro.



8. Indicar como se aplica el aceite quemado a la formaleta.
9. Indicar como se introduce la parrilla previamente elaborada a la formaleta.

10. Indicar como se introduce el alambre de las columnas a la parrilla de la viga de unión.



11. Indicar que se debe aplicar grasa a los tornillos para que se puedan girar al anclar la viga de unión a la mesa y se introducen dentro de la formaleta.

12. Señalarle a los estudiantes que se debe adicionar la mezcla lentamente dentro de la formaleta, teniendo en cuenta que se deben realizar punzonamientos con un alambre para garantizar la correcta conformación de la mezcla.



13. Se debe ir revisando que se guarden las dimensiones de separación de las columnas, y la separación de los tornillos.

14. Enfatizar en respetar la dimensión de separación de los tornillos puesto que esto ocasionaría que no se pudieran anclar los elementos a la mesa vibratoria.

15. Finalizada la primera parte (fundir las dos vigas de unión), se deja un descanso de 20 min, esto con el fin de que la mezcla adquiera consistencia.
16. Pasados los 20 min, dar la orden de introducir los cubos de cartón paja en el alambre de las columnas, las aristas se deben dejar por la parte de la viga de unión.
17. Indicar que el anclaje de los cubos se realiza por medio de las puntillas.
18. Se vacía dentro de los cubos el mortero, se debe golpear suavemente el cubo para garantizar que la mezcla baje, y se funda el nodo compactamente.



19. Revisar la verticalidad de los elementos.
20. Fundidas las 3 columnas. Finaliza la práctica.
21. CONCLUSIONES.
22. OBSERVACIONES.
23. Al siguiente día se debe ir al laboratorio con el fin de adicionar agua a los elementos.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°6

TEMA: Elaboración de Elementos (Muro)

OBJETIVO:

- Elaborar un muro de la edificación, utilizando ladrillos a escala y mortero con relación cemento arena 1:3.

MATERIALES:

- Tabla de 30 x 30 cm.
- 3 palos de balsa de 30cm.
- Colchon madera.
- Puntillas para madera.
- 300 gr de cemento.
- 900 gr de arena de rio.
- 200 ladrillos para maquetas.
- Palustre.
- Balde negro (para mezclar).
- Tamiz N° 10.
- Cinta para pegar ancha.
- Guantes quirúrgicos.
- Recipiente para medir, capacidad 500 ml.
- Una hoja de segueta.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Que los estudiantes ubiquen en la tabla las dimensiones del muro a elaborar, es decir que marquen sobre la tabla las dimensiones del muro.
2. Con los palos de balsa se arma un marco, cuyos bordes sean las dimensiones del muro a elaborar, dejando uno horizontal de soporte y dos verticales de guía.



3. Con la cinta se cubre la superficie de la tabla que va a quedar en contacto con los ladrillos.



4. Con la ayuda de la hoja de segueta, se deben cortar aproximadamente 15 ladrillos a la mitad.

5. Sumergir en agua, todos los ladrillos a utilizar en la elaboración del muro.



6. Se pesan 300 gr de cemento.
7. Se pesan 900 gr de arena, y se pasan por el tamiz N°10.
8. Se miden 150 ml de agua.
9. Se mezcla el cemento junto con la arena, y se adicionan los 150 ml de agua a la mezcla dentro del balde negro.



10. Con la mezcla preparada y los ladrillos en agua se procede a elaborar el muro; se debe recomendar que sea una sola persona la encargada de la elaboración del muro y que utilice los guantes quirúrgicos.



11. Pasados dos (2) días se pueden desmontar el muro de la base.

12. CONCLUSIONES.

13. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°7

TEMA: Elaboración de Elementos (Viga Confinante)

OBJETIVO:

- Elaborar la viga confinante, del pórtico seleccionado, con mortero 1:3.

MATERIALES:

- 100 gr de cemento.
- 300 gr de arena de río.
- Palustre.
- Balde negro (para mezclar).
- Tamiz N° 10.
- Cinta para pegar ancha.
- Recipiente para medir, capacidad 500 ml.
- Grasa, aceite quemado, o cualquier otro material que impida la adición del mortero a la formaleta.
- Un pliego de cartón paja.
- Tijeras o bisturí.

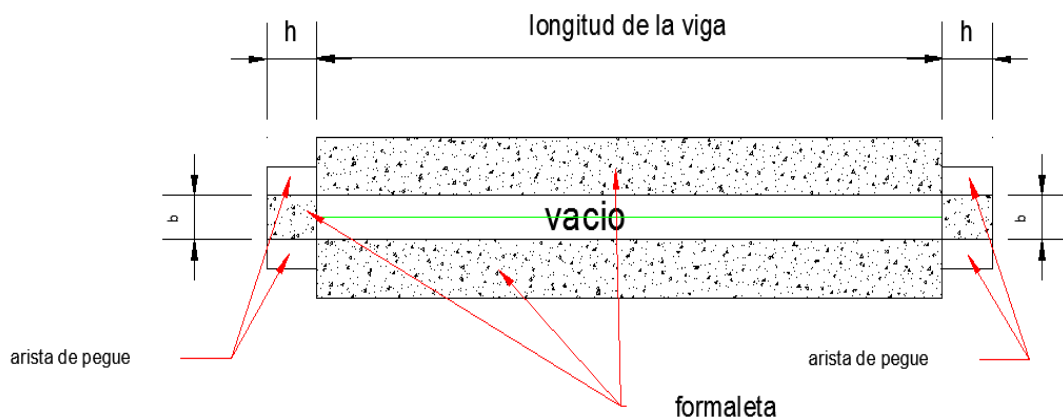
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Pesar 100 gr de cemento.
2. Pesar 300 gr de arena, y tamizar con el tamiz N°10.
3. Se miden 50 ml de agua.
4. Se debe preparar una mezcla de cemento y agua para pegar el muro a las columnas, con 100 gr de cemento y 50 ml de agua.

5. Se mezcla el cemento junto con la arena, y se adicionan los 150 ml de agua a la mezcla dentro del balde negro.



6. Se elabora un sólido con el cartón paja cuyas dimensiones sea las de la viga de confinamiento; con la cinta se forra el interior del sólido. El sólido se aprecia en la siguiente figura.



Donde:

h = es la altura de la viga.

b = es el ancho de la viga.

El espacio que está indicado como vacío, es el espacio ocupado por el muro de mampostería elaborado con los ladrillos de maquetas; la línea verde de la mitad será la encargada de dividir ese espacio entre dos, y las caras sobrantes se podrán unir al muro garantizando que el mortero no baje por el muro. Los rectángulos achurados son los lados que formaran la viga.

7. Cerciorarse de la estabilidad de la formaleta.

8. Se procede al llenado de la formaleta con la mezcla de mortero 1:3.
9. Se golpea suavemente los lados de la formaleta, asegurando la perfecta acomodación de las partículas del mortero.
10. Al siguiente día se debe ir al laboratorio a adicionar agua a la viga.
11. En la semana siguiente, que no hay practica programada, se debe ir al laboratorio a quitar la formaleta (cartón paja) de la viga.
12. CONCLUSIONES.
13. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°8

TEMA: Método de la Fuerza Horizontal Equivalente (M. F. H. E.)

OBJETIVO:

- Calcular las fuerzas sísmicas horizontales.

MATERIALES:

- Capítulo A de la norma NSR-10, en medio magnético o físico.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Se orienta sobre la estimación del valor de la carga muerta para la placa de entrepiso (una o dos placas dependiendo del tipo de edificación) y la cubierta; se pueden utilizar los valores propuestos en la norma NSR-10 (Tabla B.3.4.3-1 y Tabla B.3.4.1-4).
2. Se explica cómo realizar la idealización de la estructura, es decir, que esquematicen los pórticos resistentes a la acción sísmica.
3. Se da un ejemplo de cómo se evalúa la masa de la placa de entrepiso y de la cubierta, calculando la masa total de la edificación.
4. Se determina el nivel de riesgo sísmico según la Figura A.2.3.1 del Capítulo A-2 de la norma NSR-10.
5. Según la Tabla A.2.3-2, se determina el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva para diseño A_a , de igual manera se determina el coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva A_v .

Para cada uno de los procedimientos se debe asesorar a los estudiantes de la correcta selección de los parámetros.

6. Se clasifica el tipo de suelo según la Tabla A.2.4-1 NSR-10, se da un ejemplo de que tipo de suelos más comunes en Bucaramanga y sus características.
7. Se debe calcular el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en zona de periodos cortos F_a , se puede calcular por el método grafico o por medio de la Tabla A.2.4-3 e interpolando linealmente.
8. Se calcula el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en zonas de periodos intermedios F_v , se puede calcular por el método grafico o por medio de la Tabla A.2.4-4 e interpolando linealmente.
9. Se clasifica la edificación dependiendo del tipo de uso Artículo A.2.5.1.1.
10. Se selecciona el coeficiente de importancia para el grupo de uso seleccionado (Tabla A.2.5-1), por el tipo de proyecto planteado en la metodología será de 1.00.
11. Se deben calcular los periodos de vibración propuestos por la norma (T_o , T_c , T_L).
12. Complete la siguiente Tabla.

Localizacion Geografica:		
Zona de Amenaza Sismica:		
Definicion de los Coeficientes Simicos de diseño:		
Coeficiente de Aceleracion A_a :		
Coeficiente de Velocidad A_v :		
Tipo de Suelo:		
Coeficiente de Amplificacion de la Aceleracion F_a :		
Coeficiente de Amplificacion de la Aceleracion F_v :		
Grupo de Uso:		
Coeficiente de Importancia (I):		
Periodos de Vibracion:		
Ta:		
To:		
Tc:		
TL:		
Valores de Sa en fraccion de la Gravedad:		
$T < T_c$	$S_a = 2.5 \times A_a \times F_a \times I$	
$T_c < T < T_L$	$S_a = (1.2 \times A_v \times F_v \times I) / T$	
$T > T_L$	$S_a = (1.2 \times A_v \times F_v \times T_L \times I) / T^2$	

13. Con todos los parámetros de la tabla calculados, se procede a realizar la representación grafica del espectro elástico de diseño; utilizando la herramienta de Excel; en la grafica se deben apreciar los periodos de la edificación.

14. La tabla de valores con los cuales se realiza la grafica del espectro se deben guardar copiar y guardar en formato .txt, para luego ser introducida al programa SAP.
15. Orientar sobre la selección de los coeficientes C_t y α de la Tabla A.4.2-1 para el cálculo del periodo fundamental.
16. Chequear las operaciones realizadas para el cálculo del cortante basal.
17. Chequear las operaciones realizadas para el cálculo de las fuerzas sísmicas por nivel.
18. Realizar una breve descripción de como calcular el centro de masa de los entrepisos.
19. CONCLUSIONES.
20. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N°9

TEMA: Modelamiento SAP 2000 V14.

OBJETIVO:

- Realizar el análisis modal de la estructura.

MATERIALES:

- Un computador con las siguientes especificaciones técnicas mínimas:
 - Procesador Intell® Core™ 2 Quad CPU Q8400 @2.66 GHz 2.67 GHz
 - Memoria Ram de 4.00 GB
 - Sistema operativo de 32 bits
 - Windows 7 Home Basic.

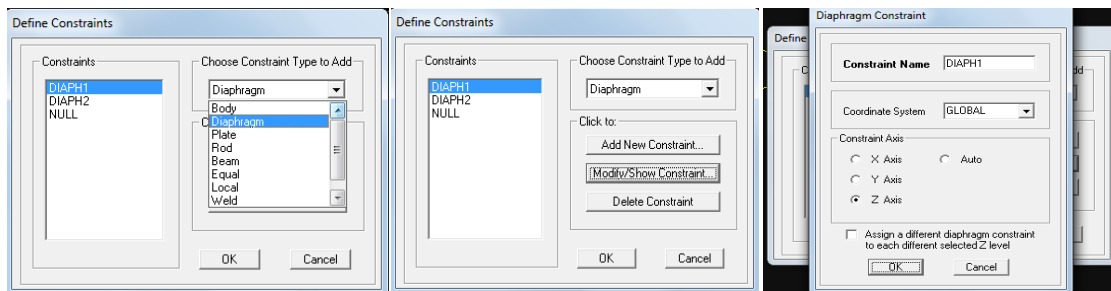
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Esta práctica se debe llevar a cabo en una sala de centro de tecnologías de información y comunicación CENTIC.
2. Cada sub-grupo debe llevar a la práctica el modelo montado en el programa, es decir, se debe llevar la estructura como tal en el programa, los pórticos cargados (carga muerta y carga viva).
3. Si se ha presentado alguna dificultad en el proceso de cargar los pórticos se pueden solucionar las dudas durante la práctica.
4. Inicialmente se revisa que concuerden las grillas del programa con las dimensiones de la edificación.
5. Se revisa que los pórticos estén cargados correctamente, los combos o combinaciones de carga se realizan en el laboratorio y son:

- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L.
- 1.2 D + 1.0 Ex + 0.3 Ey + 1.0 L.
- 1.2 D + 1.0 Ey + 0.3 Ex + 1.0 L.
- 0.9 D + 1.0 Ex + 0.3Ey.
- 0.9 D+ 1.0 Ey + 0.3 Ex.
- Envolvente.

6. Se indica que se debe crear un nodo, con la opción special joint, cuyas coordenadas sean las del centro de masa, este procedimiento se realiza para cada entrepiso y cubierta.

7. se indica que se debe crear un diafragma rígido de la siguiente manera; se selecciona la planta del entrepiso en el programa, y se define un diafragma, en las siguientes graficas se muestra el procedimiento.



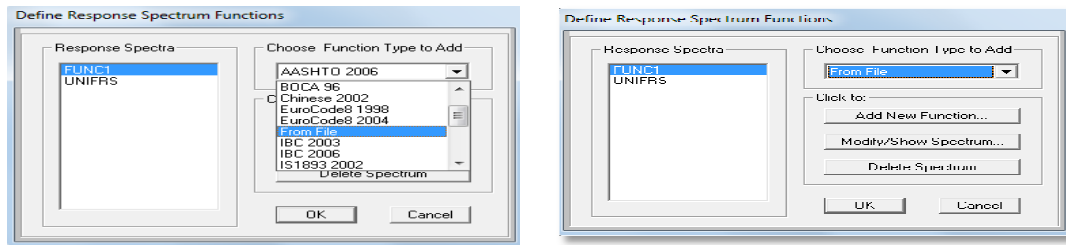
Luego de haber seleccionado en la lista de Choose Constraint Type to Add, la opción diaphragm, se selecciona modify, y en el cuadro de Coordinate System se selecciona la opción Global; y en la lista de Constraint Axis se da un click en la opción de Z Axis.

8. Se asigna a cada nodo la fuerza sísmica horizontal respectiva para cada piso; el procedimiento es el siguiente: seleccione el nodo, luego en el menú de inicio se selecciona la opción Assign, se selecciona de la lista Joint Loads, Forces, y se introduce la magnitud y sentido de la fuerza. Este procedimiento se realiza para cada placa de entrepiso y cubierta.

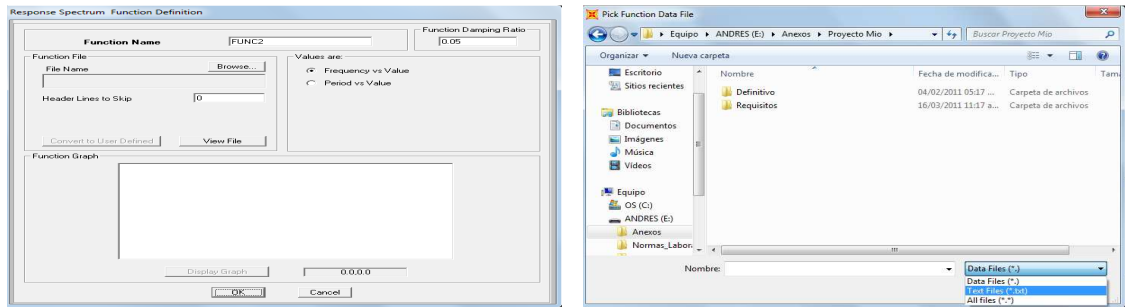
9. Se da la indicación de que antes de ejecutar el programa el docente debe dar el visto bueno al modelo, con el fin de eliminar posibles errores en los resultados.

10. Con el modelo ejecutado en el programa se debe extraer un pantallazo de la deformada de la estructura.

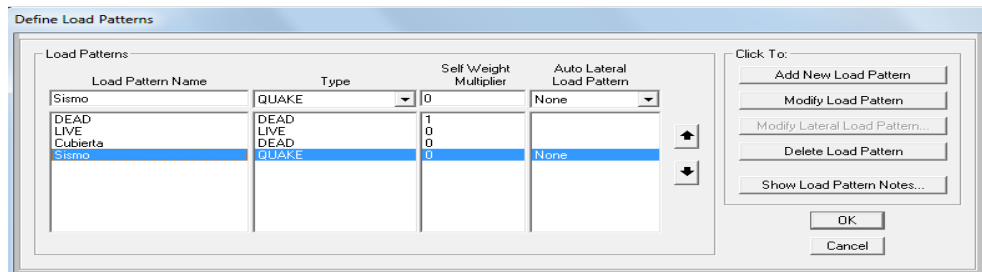
11. Extraer del programa los datos de la deformación máxima, Deriva.
12. Se debe eliminar los valores de las fuerzas sísmicas horizontales y los nodos del centro de masa sin eliminar el diafragma rígido del piso.
13. Con estas fuerzas excluidas del programa, se debe proceder a la inclusión del espectro elástico de diseño.
14. El procedimiento para la inclusión del espectro es el siguiente:
 - En la barra de menú se selecciona el comando Define.
 - Luego se selecciona el icono de functions, Response Spectrum.
 - En la lista de Choose Functions Type to Add, se selecciona From File; seguidamente se selecciona el icono de Add New Function.



- Se nombra el espectro en la casilla de Function Name, se da un click en la casilla de Browse, y se busca el archivo, es importante cambiar el formato de archivo como se muestra en la siguiente imagen.
- Después de dar Abrir en la ventana de dialogo se debe cambiar el tipo de grafica, en la parte superior derecha se selecciona Period Vs Value.
- Paso seguido es dar click sobre el icono de Display Graph, y click sobre OK luego OK de nuevo.



15. Se crea un patrón de carga de sismo, de tipo Quake; en procedimiento es: Define, Load Patterns, en Load Patterns Name se nombra con sismo; en Type se selecciona Quake, paso seguido es dar click sobre OK.



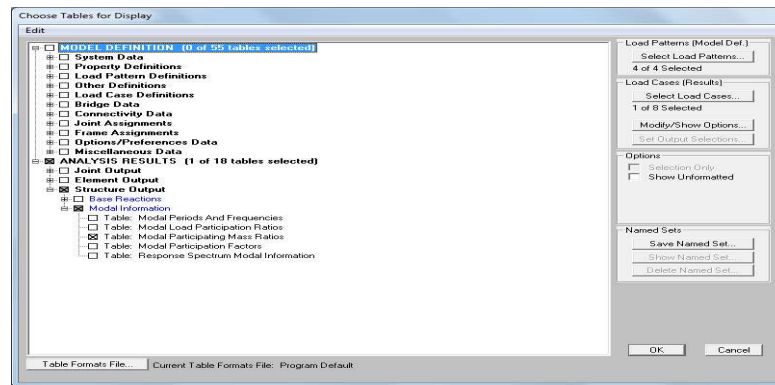
16. Luego se debe realiza el siguiente procedimiento:

Define, Load Cases, Add New Load Case, en el espacio de Load Case Name se coloca inicialmente sismo, en Load Case Type se selecciona de la lista Static, en la sección de Loads Applied se selecciona de la lista de Load Type Load Pattern, en Load Name se selecciona Sismo, Scale Factor se coloca 1.

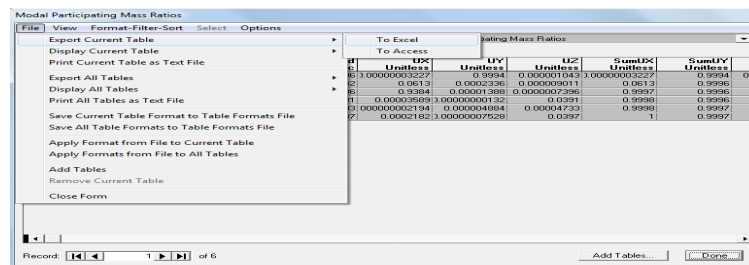
17. Se repite el paso 16 para Load Case Name de espectro en x y espectro en y; en la casilla de Load Case Type se selecciona Response Spectrum y en Load Type se selecciona Accel, en Load Name se selecciona U1 y U2 respectivamente para el espectro en x e y.

18. Se adiciona el combo con la envolvente, la cual es la sumatoria de todos los combos anteriores, el procedimiento es el siguiente: Define, Load Combinations, Add New Combo, en Load Combination Name se coloca Envolvente, en Load Combination Type se selecciona Envelope, y se adiciona uno a uno los 6 combos o combinaciones de carga y se corre el programa de nuevo.

19. Ejecutado el programa, paso seguido es buscar las tablas de participación modal, el procedimiento es el siguiente: Shift + F12, Analysis Results, Structure Output, Modal Information, Table: Modal Participating Ratios, OK.



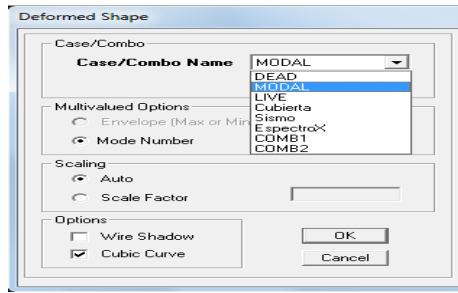
20. Paso seguido es exportar a Excel los datos, se realiza de la siguiente manera:



21. Se indica cuales son los modos de vibración con la participación de masa más representativa, es decir superior al 80%, y se subrayan en la tabla de Excel, por ej:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.19606	3.227E-08	<u>0.9994</u>	1.043E-06
Mode	2	0.136432	0.0613	0.0002336	9.011E-06
Mode	3	0.126296	<u>0.9384</u>	0.00001388	7.396E-07
Mode	4	0.032781	0.00003589	1.32E-09	0.0391
Mode	5	0.031893	2.194E-10	4.884E-06	0.00004733

22. Se indican cuales son los modos de vibración de la estructura y se capturan las imágenes de los modos de vibración con la participación de masa mayor. El procedimiento es el siguiente: se pulsa la tecla F6, en la lista de Case/Combo Name se selecciona Modal, y luego click en OK.



23. Se muestra a los estudiantes que en la parte inferior derecha, aparece un icono de Start Animation, y seguido se encuentran unas flechas con las cuales se busca el modo de vibración y se capturan las imágenes.

24. Se debe resaltar que la participación de masa en el eje Z debe ser nula.

25. CONCLUSIONES.

26. OBSERVACIONES.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
ANALISIS DINAMICO
PRUEBA N° 10

TEMA: Ensayo de los Elementos

OBJETIVO:

- Calcular experimentalmente el periodo de los elementos a ensayar.
- Calcular teóricamente el periodo de los elementos a ensayar.

MATERIALES:

- Mesa vibratoria.
- Elementos de la edificación.
- 6 acelerómetros de 1 a 1000 [Hz].
- Juego de llaves.
- Cámara fotográfica.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

1. Los estudiantes deben idealizar el elemento como un sistema masa resorte.

2. Calcule la rigidez del elemento de la siguiente manera:

$$K = \frac{3 * E * I}{L^3}$$

3. Calcule la frecuencia angular del elemento, de la siguiente manera:

$$W = \sqrt{\frac{K}{M}}; \text{ siendo K la rigidez y M la masa del elemento.}$$

4. Calcule el periodo del elemento de la siguiente manera:

$$T = \frac{2 * \pi}{W}$$

5. Se deben repetir los pasos 1 al 4, para el pórtico, teniendo en cuenta que se calcula la rigidez equivalente para dos columnas, se desprecia la rigidez que pueda aportar la viga y el muro, explique el por qué del cambio en la manera de calcular la rigidez.

$$K = 2 * \left(\frac{12 * E * I}{L^3} \right)$$

6. Indique como se podría llevar el registro fotográfico de la prueba.

7. Proporcione las herramientas necesarias para que los estudiantes ubiquen el elemento en la plataforma de la mesa vibratoria; y ajusten los pernos de anclaje.
8. Indique las posiciones en las cuales se deben ubicar los acelerómetros; uno en el nodo de unión (viga de unión – columna), uno a una altura de $H/2$, y uno a una altura H ; siendo H la altura del elemento.
9. Incorpore en el programa de adquisición de datos el acelerograma afectado por la escala de una cantidad física como la aceleración, el procedimiento de escala se debe realizar por parte de los estudiantes.
10. Accione la mesa vibratoria.
11. Indique en qué forma se debe realizar la lectura de datos arrojados por los acelerómetros.
12. Indique el procedimiento para que los estudiantes unifiquen los datos y realicen el montaje de los modos de vibración, a partir de los datos arrojados por los acelerómetros.
13. Indique la manera de calcular el periodo a partir del registro de datos que capturaron los acelerómetros.
14. Compare el valor del periodo calculado analíticamente con el calculado experimentalmente.
15. Repita el procedimiento a partir del numeral 6 para el pórtico.
16. OBSERVACIONES.
17. CONCLUSIONES.

8.3 ANEXO 3, EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA

Anexos 8. 3 Evaluación de la Práctica.

EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA N°#

1) Evalué la pertinencia de haber realizado una prueba sobre el tema para complementar lo aprehendido en clase.

NULA	BAJA		MEDIA	ALTA	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

2) Califique la complejidad de la prueba, justifique su respuesta.

NULA	BAJA		MEDIA	ALTA	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

3) Fue justo el tiempo que se separo para el desarrollo de la práctica, de serlo evalué con 5, de no serlo evalué con 0.

INSUFICIENTE	POCO		ACEPTABLE	SUFICIENTE	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

4) Fue de gran ayuda el material didáctico de soporte brindado por el laboratorio para llevar a cabo con éxito la práctica.

NULA	BAJA		MEDIA	ALTA	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

5) ¿Qué tan difícil fue para usted la obtención de los materiales necesarios para la práctica de hoy?

NULA	BAJA		MEDIA	ALTA	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

6) Fue de gran ayuda los materiales suministrados por el laboratorio, o la capacidad de los equipos de cómputo fue la suficiente para la práctica.

NULA	BAJA		MEDIA	ALTA	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

8.4 ANEXO 4, EVALUACION DEL LABORATORIO

Anexos 8. 4 Evaluación del laboratorio

EVALUACIÓN DEL LABORATORIO

- 1) Cree usted que en el transcurso del laboratorio, con las prácticas desarrolladas, ¿se cubrió al máximo el contenido de la asignatura dinámica estructural?

NO	POCO		MEDIO	TODO	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

- 2) ¿Cree que el tiempo que usted le dedico al laboratorio fue suficiente (estipulado en el horario)? y por consiguiente, ¿se deben mantener las horas en cada practica?

INSUFICIENTE	POCO		ACEPTABLE	SUFICIENTE	
0	1	2	3	4	5

Si	No

OBSERVACIONES:

- 3) ¿Considera usted que el monto monetario invertido en el laboratorio es razonable?

INSUFICIENTE	POCO		ACEPTABLE	SUFICIENTE	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES:

- 4) Califique el aporte del laboratorio al reforzamiento de los temas trabajados en clase.

NULA	BAJA		MEDIA	ALTA	
0	1	2	3	4	5

OBSERVACIONES.