



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES  
NIVELES DE VULNERABILIDAD  
SÍSMICA QUE PRESENTA EL MÓDULO 2  
DEL EDIFICIO NRO. 4 DE LA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAÉZ**

**Autores:**

Castellanos Lopez Elvis Oswaldo  
C.I. 24.547.293

Molina Suarez Jorge Alejandro  
C.I 24.591.587

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES NIVELES  
DE VULNERABILIDAD SÍSMICA QUE PRESENTA  
EL MÓDULO 2 DEL EDIFICIO NRO. 4  
DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAÉZ**  
Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Castellanos Lopez Elvis Oswaldo  
C.I. 24.547.293

Molina Suarez Jorge Alejandro  
C.I. 24.591.587

**Tutor:** Carlos Manzanares  
C.I. 19.433.301

San Diego, octubre de 2017



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Carlos Manzanares portador de la cédula de identidad N° 19.433.301 en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por (los) ciudadano(s) Castellanos Elvis y Molina Jorge , portador(es) de la cédula de identidad N° 24.547.293 y 24.591.587, (respectivamente), **EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA QUE PRESENTA EL MÓDULO 2 DEL EDIFICIO NRO. 4 DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los trece días del mes de marzo del año dos mil diez y ocho

  
Ing. Carlos Manzanares. C.I. 19.433.301



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Valencia, 13 de Marzo de 2018.

Ciudadanos:  
**Molina Jorge**  
**C.I. 24.591.587**  
**Castellano Elvis**  
**C.I. 24.547.293**  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 2-2018 de fecha 13/03/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado “EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA QUE PRESENTA EL MODULO 2 DEL EDIFICIO NRO. 4 DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ” presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Carlos Manzanares C.I. 19.433.301 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Prof. Zulay Salcedo**  
**Decana de la Facultad de Ingeniería**



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente quiero agradecer a Dios por darme la sabiduría y paciencia para llevar a cabo este desafío de la mejor manera y ponerme en mi camino a las personas adecuadas para llevar a cabo la exitosa culminación de nuestro trabajo de grado.

Quiero agradecer de todo corazón y sinceridad a todos los profesores que a lo largo de toda mi carrera han impartido su conocimiento de la mejor forma posible y me han ayudado a formarme profesionalmente.

Gracias a nuestro tutor Carlos Manzanares, a los profesores Alejandro Pocaterra, Ahmad Idrees y la profesora Luisana Perez que gracias a la ayuda de ellos fue posible la culminación de este trabajo de grado.

Un Especial agradecimiento a tres personas que a lo largo de mi carrera fueron fundamental, Mi padre Luis Castellanos, Mi Hermana Karen Castellanos y mi cuñado Antonio Espinoza que gracias a su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento hicieron este camino mas fácil.

A mis Sobrinos Gabriel Espinoza, Gabriela Espinoza y Valeria Espinoza, que a lo largo de todos estos años de estudio compartí con ellos como si fueran unos hermanos para mí.

Gracias a mis compañeras de estudio inseparables Marlen Mendoza y Andrea Duran que compartimos prácticamente a lo largo de toda la carrera, Gracias por ser unas personas muy especiales para mi, y siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas y compartir conmigo tantos momentos especiales que nunca olvidaré.

Tambien a mis compañeros Carlos Paredes y Paola Celis que siempre estuvieron ahí para apoyarme.

A mi Compañero de tesis Jorge Molina le doy las gracias por su confianza y responsabilidad a la hora de afrontar este desafío.

Y un Especial Agradecimiento a Ana Hernandez que gracias a su ayuda fue fundamental en la elaboración de este trabajo de grado, gracias por siempre contar con tu ayuda en todo momento y siempre impartir tus conocimientos con nosotros.

Elvis Castellanos.

## AGRADECIMIENTOS

Ante todo debo darle gracias a Dios Padre por encaminarme y definir cada uno de mis días , mi tiempo y llevarme conjunto de su mano a cumplir cada una de sus metas, a iluminarme en cada momento y llenarme de fortaleza para levantarme cuando iba a caer y sobre todo nunca dejarme solo.

Agradezco a mis padres por haberme criado como un hombre de bien y apoyarme en cada momento gracias a todos esos valores inculcados me he convertido en quién soy ahora ..

A mi familia por todo las enseñanzas que me dieron, en especial a mis abuelos por siempre estar ahí y complacerme en todos mis caprichos, a mi tía Johanna Porras por ser mi segunda madre y brindarme un apoyo incondicional (Te Amo mi tita), mi tío Wilmer Porras por ser el que más me regaña, me hace entrar en razón, pero a su vez el que más me comprende , a mi tío Joel Porras por ese hermano mayor que no tuve y poderle confiar todo, Carolina Pinto por su paciencia comprensión y apoyarme en cada momento .

Agradezco a mis hermanos ya que ellos son el motor de mi vida , son los que me impulsan hacer y querer cumplir cada una de las metas que me propongo son mi mayor bastón cuando decaigo, los amo mis pequeñines.

A las hermanas que Dios me regalo por estar cada día conmigo luchando, escuchándome comprendiéndome, bochincheando y peleando conmigo, Sarah Márquez mi fiel confidente mi mano derecha y la persona la cual mas paciencia me tiene, después de mis familiares, Karina Vieira por ser quién me levantaba y me daba ánimos en aquellos días grises, conversando comprendiéndome y hablando de que

haríamos cuando este momento pasara pues ya paso ahora hay que cumplir el siguiente paso te amo y extraño mi Stefany Salas por enseñarme que todo es posible y ver la vida de un punto positivo y dejar el pesimismo y la nube gris a un lado te amo, María Fernanda Guerrero mi fiel escucha quien sabe que palabra decir y sabe comprender en todo momento esa que me brinda de alegría con su risa peculiar que extraño oírla, las amo mucho.

La familia que dios me dejo escoger Luis Nieves gracias por tu alegría y tus momentos de locura, Angie Torres mi gochita aquella que en los momentos en los cuales menos pensé iba a estar estuvo, Carla Cordova una miniatura de persona que posee un corazón tan grande que no cabe en ella los amo.

Mis amigos y futuros colegas Paola Celis, Daniel Bravo, Carlos Paredes, Giuliano Piersanti por ser quienes caminaron en cada momento conmigo durante esta travesía y por último y no menos importante a mi compañero y amigo Elvis Castellanos, sin su apoyo no hubiese sido posible.

Agradezco a la Ing Ana Hernández por todo el apoyo y comprensión que me brinda en todo momento mi hermanita mayor.

Jorge Molina

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	<b>pp</b>
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xvi
Índice de Ecuaciones	xvii
	i
Resumen	xix
Introducción	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	3
<b>1.1</b> Planteamiento del Problema	3
<b>1.2</b> Formulación del Problema	6
<b>1.3</b> Objetivos	7
<b>1.3.1</b> Objetivos generales	7
<b>1.3.2</b> Objetivos específicos	7
<b>1.4</b> Justificación	7
<b>1.5</b> Delimitaciones	9
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	10
<b>2.1</b> Antecedentes de la Investigación	11
<b>2.2</b> Bases Teóricas	13
<b>2.2.1</b> Riesgos	13
<b>2.2.2</b> Amenazas	14
<b>2.2.3</b> Sismos	16
<b>2.2.4</b> Cuantificación de Sismos	19

<b>2.2.5</b>	Sismicidad	20
<b>2.2.6</b>	Sismo Como Carga Accidental en las Estructuras	21
<b>2.2.7</b>	Evaluacion del Riesgo	22
<b>2.2.8</b>	Mitigacion del Riesgo Sismico	26
<b>2.2.9</b>	Indice de Priorizacion de Edificaciones	29
<b>2.2.10</b>	Formas Espectrales Tipificadas de los Terrenos de Fundacion	29
<b>2.2.11</b>	Edificacion de Estructura Irregular	29
<b>2.2.12</b>	Irregularidades en Planta	31
<b>2.2.13</b>	Calificacion de Edificaciones Según el Uso y Obtencion del Factor de Importancia	32
<b>2.2.14</b>	Nivel de Diseño	34
<b>2.2.15</b>	Clasificacion Según el Tipo de Estructura	36
<b>2.2.16</b>	Sistemas Estructurales	37
<b>2.2.17</b>	Procedimiento de Inspeccion de Funvisis	41
<b>2.3</b>	Bases Legales	64
<b>2.4</b>	Definicion de Terminos Basicos	65
<b>CAPITULO III</b>		
<b>MARCO METODOLÓGICO</b>		68
<b>3.1</b>	Diseño de la Investigación	68
<b>3.2</b>	Nivel de la Investigación	69
<b>3.3</b>	Población y muestra	69
<b>3.4</b>	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de los Datos	70
<b>3.5</b>	Fases metodológicas	71
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>		73
<b>4.1</b>	Analizar la geometría de la edificación	73
<b>4.2</b>	Verificación de la estructura mediante el software de cálculo estructural.	86
<b>4.3</b>	Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 2	110

de Edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez.

CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	118
ANEXOS	119

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	<b>pp</b>
<b>Tabla 2.1.</b> Factor de importancia	34
<b>Tabla 2.2.</b> Nivel de diseño ND	34
<b>Tabla 2.3.</b> Valores de $T$	

<b>Tabla 4.4.</b> Configuración de ejes auxiliares.	76
<b>Tabla 4.5.</b> Dimensiones de secciones tipo	77
<b>Tabla 4.6.</b> Dimensiones de secciones tipo	78
<b>Tabla 4.7.</b> Verificación de entrepiso blando en dirección X	79
<b>Tabla 4.8.</b> Verificación de entrepiso blando en dirección Y	80
<b>Tabla 4.9.</b> Verificación de distribución irregular de masas en niveles contiguos	81
<b>Tabla 4.10.</b> Verificación de presencia de diafragma flexible	83
<b>Tabla 4.11.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para PB	94
<b>Tabla 4.12.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N1	95
<b>Tabla 4.13.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N2	95
<b>Tabla 4.14.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N3	95
<b>Tabla 4.15.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N4	96
<b>Tabla 4.16.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N5	96
<b>Tabla 4.17.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para NT	96
<b>Tabla 4.18.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para PB	97
<b>Tabla 4.19.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X	97

para N1	
<b>Tabla 4.20.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N2	98
<b>Tabla 4.21.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N3	98
<b>Tabla 4.22.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N4	99
<b>Tabla 4.23.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N5	99
<b>Tabla 4.24.</b> Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para NT	100
<b>Tabla 4.25.</b> Verificación del cortante en los Nodos de PB.	101
<b>Tabla 4.26.</b> Verificación del cortante en los Nodos de N1.	101
<b>Tabla 4.27.</b> Verificación del cortante en los Nodos de N2.	102
<b>Tabla 4.28.</b> Verificación del cortante en los Nodos de N3.	102
<b>Tabla 4.29.</b> Verificación del cortante en los Nodos de N4.	103
<b>Tabla 4.30.</b> Verificación del cortante en los Nodos de N5	103
<b>Tabla 4.31.</b> Verificación del cortante en los Nodos de NT	104
<b>Tabla 4.32.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para PB	105
<b>Tabla 4.33.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N1.	105
<b>Tabla 4.34.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N2.	106
<b>Tabla 4.35.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N3.	106
<b>Tabla 4.36.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N4.	107

<b>Tabla 4.37.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N5	107
<b>Tabla 4.38.</b> Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para NT.	108
<b>Tabla 4.39.</b> Verificación del valor de cuantía para cada tipo de columna.	109
<b>Tabla 4.40.</b> Verificación del valor de cuantía para cada tipo de columna.	109
<b>Tabla 4.41.</b> Parámetros para el cálculo del índice de importancia.	111
<b>Tabla 4.42.</b> Tabla de vulnerabilidad.	112
<b>Tabla 4.43.</b> Valoración del Índice de Vulnerabilidad (L)	112
<b>Tabla 4.44.</b> Valoración del Índice de Riesgo (I <sub>R</sub> )	113
<b>Tabla 4.45.</b> Valoración del Índice de Priorización (I <sub>p</sub> )	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pp
<b>Figura 2.1.</b> Número de pisos, semi-sótanos y sótanos	43
<b>Figura 2.2.</b> Construcciones donde se consideran los efectos topográficos	45
<b>Figura 2.3.</b> Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.	45
<b>Figura 2.4.</b> Separación al talud	46
<b>Figura 2.5.</b> Tipo de estructura	47
<b>Figura 2.6.</b> Esquema en planta.	48
<b>Figura 2.7.</b> Esquema de elevación	49
<b>Figura 2.8.</b> Ausencia de vigas altas.	50
<b>Figura 2.9.</b> Ausencia de vigas altas en las dos direcciones.	50
<b>Figura 2.10.</b> Mapa de zonificación sísmica	55
<b>Figura 2.11.</b> Construcciones considerando vulnerabilidad asociada a la topografía	61
<b>Figura 2.12.</b> Cuadro de la clasificación según el uso del edificio	63
<b>Figura 3.1.</b> Planilla de Metodología FUNVISIS.	70
<b>Figura 4.1.</b> Vista de planta del nivel planta baja.	73
<b>Figura 4.2.</b> Vista de planta del nivel planta baja para determinar Sistema ortogonal.	82
<b>Figura 4.3.</b> Fotografía de abertura en el tramo central del Módulo en todos los niveles.	83
<b>Figura 4.4.</b> Detalle en Vigas de dimensiones de zonas de confinamiento	84

<b>Figura 4.5.</b> Detalle en Vigas de separación de los estribos de zonas de confinamiento, desde la cara inicial o final.	84
<b>Figura 4.6.</b> Detalle en Vigas. Zonas de empalme	86
<b>Figura 4.7.</b> Inicio de un nuevo modelo.	87
<b>Figura 4.8.</b> Establecimiento de ejes.	88
<b>Figura 4.9.</b> Propiedades de materiales.	88
<b>Figura 4.10.</b> Elementos y secciones.	89
<b>Figura 4.11.</b> Definición de diafragmas.	90
<b>Figura 4.12.</b> Definición del espectro de diseño.	90
<b>Figura 4.13.</b> Definición de patrones de carga	91
<b>Figura 4.14.</b> Definición de casos de carga.	91
<b>Figura 4.15.</b> Definición de casos de carga.	92
<b>Figura 4.16.</b> Asignación de cargas.	93
<b>Figura 4.17.</b> Resultados del primer modelo.	94
<b>Figura 4.18.</b> Resultados del segundo modelo.	100
<b>Figura 4.19.</b> Gràfica de Verificación de derivas en ambas direcciones.	110

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIONES	Pp
<b>Ecuación 2.1.</b> Índice del daño económico	26
<b>Ecuación 2.2.</b> Cálculo de Ad cuando $T < T^+$	35
<b>Ecuación 2.3.</b> Cálculo de Ad cuando $T^+ < T < T^-$	35
<b>Ecuación 2.4.</b> Cálculo de Ad cuando $T > T^-$	35
<b>Ecuación 2.5.</b> Expresión para obtener el valor de C	35
<b>Ecuación 4.1.</b> Índice de vulnerabilidad	111



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE  
VENEZUELA UNIVERSIDAD JOSÉ  
ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES NIVELES DE  
VULNERABILIDAD SÍSMICA QUE PRESENTA EL MÓDULO 2  
DEL EDIFICIO NRO. 4 DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO  
PAÉZ.**

**Autores:** Castellanos Elvis  
Molina Jorge  
**Tutor:** Carlos Manzanares  
**Fecha:** Octubre, 2017.

**RESUMEN**

En el presente trabajo se evaluó la vulnerabilidad sísmica al Módulo 2 del Edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez, siendo el mismo una edificación prioritaria. El estudio se realizó empleando un software de cálculo estructural y la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS, y los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros que establece la norma COVENIN 1756-01 “EDIFICACIONES SISMORESISTENTES” y el código ACI 318-14.

**Descriptor:** vulnerabilidad sísmica, normativa sismorresistente, irregularidades en planta y verticales, amenaza sísmica.

## INTRODUCCIÓN

Venezuela se ubica en el margen de la placa suramericana y la placa del caribe, lo que lo hace un país con una amenaza sísmica latente, por esta razón durante el siglo XX se generaron grandes eventos sísmicos que pusieron en peligro la vida de muchas personas. Entre los últimos eventos de gran importancia para la nación pueden destacarse: el terremoto ocurrido en la ciudad de Caracas el 29 de julio de 1967, el sucedido en Cariaco el 9 de julio de 1997 y el más reciente ocurrido en la zona cercana a la ciudad de Tucacas el 12 de septiembre de 2009.

Estos eventos por su parte, ocasionaron daños considerables a las edificaciones, siendo el de Caracas el que ocasionó mayores pérdidas, tanto humanas como materiales, esto ocurre ya que para la fecha no se tomaba en cuenta las consideraciones sismorresistente necesarias para mitigar los daños en las estructuras, a partir de la fecha se comenzó a involucrar la acción de los sismos en el cálculo de cualquier obra.

La presente investigación se realiza sobre una edificación que se ubica en el municipio San Diego del estado Carabobo, zona que posee un alto riesgo sísmico decir porque debido a la ubicación geográfica, también hay que tomar en consideración la importancia de las grandes edificaciones ya que en el municipio no se cuenta con gran número de instalaciones civiles que puedan salvaguardar vidas en caso de un sismo de importancia considerable. Por todo lo anterior y tomando en cuenta las recomendaciones y consideraciones establecidas por FUNVISIS, se seleccionó la edificación para llevar a cabo el estudio.

El objetivo principal de la investigación es la evaluación de la vulnerabilidad sísmica presente en el módulo 2 del edificio Nro. 4 de la

Universidad José Antonio Páez.

En disposición a llevar a cabo el propósito de la presente investigación se analizará la geometría del módulo 2 del edificio Nro. 4, ubicado en La Universidad Jose Antonio Paez, seguido se examinarán los resultados obtenidos del análisis de la edificación, basándose en la norma venezolana COVENIN 1756-01 (norma sismorresistente) y el código ACI318-14. Posteriormente se realizará la comprobación de la estructura mediante el uso de un software de cálculo estructural y finalmente determinar el índice de vulnerabilidad sísmica mediante la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS. Para llevar a cabo estos objetivos específicos se realizaron una serie de pasos sistemáticos divididos en cuatro capítulos:

El capítulo I denominado “El Problema”, está conformado por el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, la justificación y el alcance.

El capítulo II que corresponde al “Marco Teórico”, contiene todo lo referente a los antecedentes investigativos, las bases teóricas, bases legales y un conjunto de definiciones básicas para la comprensión de este trabajo.

El capítulo III expresado como “Marco Metodológico” enmarca lo relativo al tipo de investigación, el nivel de la investigación, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, y por ultimo las fases de la investigación.

El capítulo IV análisis y comparación de resultados obtenidos por el uso de software y metodología FUNVISIS.

En este orden de ideas, se pretende simplificar la interpretación a través del desarrollo de la metodología, contrastar los resultados obtenidos mediante programas de cálculo estructural, normativas venezolanas vigentes y la metodología FUNVISIS. Conocer la vulnerabilidad sísmica de la edificación en estudio permitirá tomar las precauciones necesarias que ayuden a mitigar los riesgos en el momento en que ocurra dicho fenómeno, mantener en gran medida la integridad de la estructura y evitar las pérdidas humanas.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El ser humano desde sus inicios se ha enfocado en subsistir y crecer no solo a nivel intelectual y social sino en el aspecto económico, para esto se ha hecho de recursos naturales y artificiales a lo largo de la historia. El mismo, ha buscado aprovechar y explotar la naturaleza, por lo general en aquellos países donde su geografía se encuentra beneficiada por poseer grandes zonas costeras, cuyos habitantes se establecen en las mencionadas áreas ya que estas son impulsoras de un mayor desarrollo económico debido a las facilidades de transporte, obtención de alimentos, turismo, agronomía, entre otros. Se puede hacer referencia a la civilización Sumeria la cual es considerada una de las primeras civilizaciones conocidas que se establecieron en las adyacencias del río Éufrates y Tigris para de esta manera asegurar su desarrollo y supervivencia, gracias al agua proveniente de estos dos ríos, sin considerar que muchas de estas zonas son de alto riesgo ante desastres o fenómenos naturales tales como: sismos, inundaciones, erupciones volcánicas, huracanes, tornados, tsunamis, entre otros.

De los eventos naturales ocurridos a nivel mundial los terremotos suponen el 9 % , más en la última década, los sismos se han convertido en el causante de al menos 60% de las muertes asociadas a eventos naturales a nivel mundial. Esto ha traído como consecuencia, el aumento significativo de la vulnerabilidad social y territorial

bajo la cual siguen teniendo auge los asentamientos urbanos motivado a la alta densidad poblacional en zonas de alto riesgo sísmico. Afirma un informe monográfico de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC, 2010), dando por entendido que cada día debido al crecimiento poblacional la probabilidad a sufrir grandes daños económicos, materiales y pérdidas humanas se hace mayor, si no se toman en cuenta los posibles riesgos o vulnerabilidades para las zonas donde se van a llevar a cabo las obras para el crecimiento y expansión territorial del ser humano. Uno de los terremotos más mortíferos registrado en las últimas décadas es el de Haití el 12 de enero del 2010, el cual tuvo epicentro a 15 km de Puerto Príncipe la capital de Haití. Según los servicios geológicos de Estados Unidos el sismo tuvo una magnitud de 7,3 seguido de diversas réplicas de magnitudes 5,9 5,5 y 5,1 según la escala Momentos (Mw), esto desencadenó posteriormente un leve tsunami en las costas de dicho país, lo cual dejó una cifra de aproximadamente 316000 personas fallecidas según fuentes oficiales, 350000 más quedaron heridas y 1,5 millones de personas quedaron sin hogar, es acá donde se puede evidenciar la peligrosidad de una mala planificación ante desastres naturales siendo Haití un país deficiente en todo lo concerniente a la rama de ingeniería civil producto a que no se tenían ni se cumplían con las normas sismorresistentes, impidiendo de esta manera minimizar los daños causados por fallas estructurales.

Entre los últimos desastres naturales de gran tamaño se pueden mencionar el terremoto ocurrido en Chiapas-México, el 7 de septiembre de 2017, el cual fue de 8,2 en la escala de Richter y dejó un saldo de 103 fallecidos y el de Axochiapan- México el 19 de septiembre del presente año, el cual dejó un saldo de 305 fallecidos, en ellos se pudieron evidenciar grandes defectos de construcción y la vulnerabilidades de las edificaciones ante un sismo como otros aspectos que debemos tomar en cuenta a la hora de construir una edificación, como es el tipo de suelo con propiedades arcillosas en el cual se encuentran las grandes ciudades mexicanas.

No se puede hablar de una zona vulnerable si dicha zona no presenta alguna amenaza natural que conlleve a pérdidas humanas y económicas. Según estudios y

resultados obtenidos de los servicios geológicos mundiales se estima que para lo que va del año 2017 se han registrado un total de 7574 sismos de diversas intensidades, dejando un rastro de aproximadamente 526 fallecidos en todo el mundo, esto bajo cifras y registros oficiales a la fecha.

Siendo el sismo uno de los fenómenos naturales más importantes a tomar en cuenta a la hora de construir grandes edificaciones ya que este es producto de un movimiento brusco y pasajero de la corteza terrestre, por la liberación de energía acumulada en forma de onda sísmica. Los más comunes se producen por la actividad de fallas geológicas.

Venezuela no está aislada del riesgo sísmico mundial, ya que está ubicada en el norte de la placa Suramericana, dicha placa tiene un límite transformante dextral con la placa del Caribe esta produce un sistema de fallas como son: las fallas de Bocono, El Pilar, San Sebastián y Oca-Ancón, localizadas en la región andina, oriental y central respectivamente, ocasionando grandes movimientos telúricos a lo largo de la historia como lo han sido el terremoto de Caracas de 1641, terremoto de San Felipe, Caracas y Barquisimeto en 1812, terremoto de 1900 estado Vargas, terremoto de 1967 estado Táchira, terremoto de 1967 en Caracas, siendo este último uno de los más catastróficos en la historia de Venezuela al nivel de pérdidas humanas y materiales.

Cabe destacar que las ciudades con mayor desarrollo en el país están ubicadas en el sistema de fallas, debido a que este desplazamiento de las fallas genera un acomodamiento del suelo que es ideal para el desarrollo de estas civilizaciones, ya que es más fácil penetrar un terreno que ya está removido de manera natural.

El municipio San Diego del Estado Carabobo no está exento de este riesgo sísmico, siendo uno de los municipios con mayor población del estado, este último ha tenido un gran desarrollo a nivel urbanístico y empresarial albergando edificaciones de gran tamaño e importancia para dicho estado, como lo son las diversas empresas e industrias, las universidades como la Universidad José Antonio Páez, la cual alberga a unos diecinueve mil estudiantes, además de personal obrero, administrativo y

docente, por esto es de suma importancia realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica al módulo 2 de la Universidad José Antonio Páez para evitar futuros daños y fallas al nivel estructural en la edificación basándonos en las normas vigentes. También es necesario evaluar el daño que pueden generar los elementos no estructurales, ya que los mismos pueden ocasionar la disfuncionalidad de la edificación. La alta presencia de los elementos no estructurales antes mencionados en el edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez, pueden incrementa los niveles de vulnerabilidad para la edificación, en atención a lo planteado es importante realizar la evaluación pertinente a dichos elementos y conocer la amenaza que representan para los usuarios.

### **1.2 Formulación del problema**

Tomando en consideración que la ubicación de la estructura es una zona de alta sismicidad, la cantidad de elementos no estructurales y funcionales presentan un riesgo considerable, por ello se hace necesario un estudio estructural con el fin de evaluar y determinar ¿Cuáles serán los niveles de vulnerabilidad sísmica en líneas vitales e instalaciones críticas que se presenta el módulo 2 del edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General.**

Evaluar la vulnerabilidad sísmica del módulo 2 del edificio Nro. 4, ubicado en la Universidad José Antonio Páez.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Analizar la geometría del módulo 2 del edificio Nro. 4, ubicado en La Universidad Jose Antonio Paez.

Examinar los resultados obtenidos del análisis de la edificación, basándose en la norma venezolana COVENIN 1756-01 (norma sismorresistente) y el código ACI318-14.

Comprobar la estructura mediante el uso de un software de cálculo estructural  
Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 2 del edificio 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez mediante la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS.

## **1.4 Justificación**

El estudio de aquellos fenómenos naturales que afectan las edificaciones en especial los fenómenos geológicos como la amenaza sísmica, ha mostrado importantes avances y descubrimientos en cuanto a consideraciones y recomendaciones que debemos tomar en cuenta para que las edificaciones y obras civiles sean menos vulnerables a estos, sin embargo, se presenta una gran incertidumbre en cuanto a la magnitud, dirección y en qué momento va a ocurrir un sismo, dejando una variable significativa en la determinación del riesgo por eso es de vital importancia y de suma responsabilidad evaluar los periodos de retorno y la eventualidad de los sismos en el lugar donde se van a realizar dichas edificaciones.

Por esto es que resulta de gran importancia el conocimiento de los niveles de vulnerabilidad que se puedan presentar en la edificación en el momento de ocurrencia de un fenómeno natural, disminuyendo el grado de incertidumbre que presenta esta variable para tomar en cuenta las medidas necesarias y salvaguardar la vida de los

usuarios y de la edificación en sí. Cabe destacar, que los resultados obtenidos podrán ser utilizados tanto por las autoridades competentes, como por urbanistas e ingenieros con el fin de realizar las planificaciones necesarias y garantizar que el edificio tenga la capacidad de brindar servicio de emergencia de forma inmediata ante un evento sísmico y sea capaz de sobre ponerse ante cualquier fenómeno natural.

Por lo general cuando se pre dimensiona o diseña un sistema estructural se busca que este sea de geometría regular ya que es mas fácil predecir cual será su posible comportamiento bajo una fuerza sísmica, sin embargo, hay casos en los cuales el terreno o quienes son mas innovadores arquitectónicamente hacen que estas sean de formas irregulares aumentando aun mas sus niveles de vulnerabilidad, por ende, se deben tomar en cuenta factores que consideren dichas irregularidades geométricas para salvaguardar el comportamiento de la estructura y sea lo mas optima posible ante cualquier sismo. Debido a la forma irregular que tiene el edificio en estudio, es de vital importancia el estudio de la vulnerabilidad sísmica que dicho edificio presenta, para poder cuantificar los posibles daños que pueda generar un sismo, además que servirá de refuerzo y recomendaciones para futuros diseños de edificios con arquitecturas similares.

Toda edificación posee instalaciones para su perfecto funcionamiento como por ejemplo agua, cloacas, tuberías de gas, luz, ventilación, entre otros. El edificio nro 4 de la Universidad José Antonio Páez no está exento de dichos servicios y tampoco a la falla de alguno de ellos bajo una amenaza sísmica, es importante evaluar el posible comportamiento de dichas instalaciones para cuidar la integridad de la super estructura y de los usuarios, al ser un recinto educacional es calificado como una instalación critica ya que requieren de primordial importancia ante un desastre debido a la gran fluencia de personas que pudiesen estar haciendo uso de sus recintos al momento de un terremoto y las mismas pueden servir de refugio ante diversas emergencias.

No es posible garantizar un buen funcionamiento de las líneas vitales que hacen factible el funcionamiento eficiente de la edificación si no se tiene un estudio previo

de vulnerabilidad de estos sistemas críticos. De aquí la importancia del presente estudio.

### **1.5 Delimitaciones**

El edificio está compuesto por cuatro módulos, el presente trabajo de grado solo abarcara el estudio del modulo 2 del edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez.

El estudio de vulnerabilidad se realizará solo a la superestructura del modulo 2 del edificio Nro. 4 de la Universidad Jose Antonio Paez.

Ciertos elementos estructurales no fueron estudiados debido a falta de documentación del proyecto original.

Falta de un análisis de carga preciso de cada nivel en la memoria descriptiva del proyecto original.

No se considerará la mampostería para la realización del modelo que se realizará en el software del cálculo estructural.

No se considerará daños en los elementos no estructurales tales como cristalería, tuberías de aguas blancas, servidas y gas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo correspondiente al marco referencial se presentan las investigaciones realizadas anteriormente que han abordado la temática y los sustentos conceptuales teóricos que constituirán los basamentos conceptuales o metodológicos de este estudio, los cuales podrán generar nuevos conocimientos en el tema planteado, relacionados con las áreas que abarcan el estudio a realizar como son la ingeniería sismorresistente, estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico.

Para la comprensión de todo el complejo que abarca realizar un estudio de vulnerabilidad en edificaciones, es necesario el sustento de organizaciones creadas para este propósito, afortunadamente en la actualidad existen varias de estas, incluso instituciones que promueven de forma permanente investigaciones y estudios especializados en sismología, ciencia geológicas, ingeniería sísmica, se encargan de divulgar el conocimiento relacionado con las técnicas de prevención, la formación de personal especializado en el área de sismología como la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

Igualmente, existen organizaciones encargadas de proporcionar información científica y confiable para describir y comprender la tierra, minimizar la pérdida de vidas y bienes durante los desastres naturales, gestionar el agua, biología, la energía y los recursos minerales, como el servicio Geológico los E.U.; entre otras se encuentran el Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED, 2009),

Instituto de investigaciones en Ingeniería sísmica (EERI), la Asociación Europea de Ingeniería Sísmica (EAEE), la Comisión de Seguridad Sísmica de California (CSSC).

## **2.1 Antecedentes**

Coronel, G y Lopez, Oscar (2010), en su investigación titulada “Evaluación de riesgos sísmicos mediante curvas de fragilidad” proponen una metodología donde se permite estimar daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico en las edificaciones escolares de Venezuela a partir de la información recopilada en un inventario de las características estructurales básicas que condicionan su desempeño sísmico. Bajo la hipótesis de que los edificios fueron diseñados siguiendo la normativa correspondiente a la época de construcción, se estiman los desplazamientos cedente y último de cada edificio. Además, estos autores caracterizaron el daño mediante cuatro estados construyendo curvas de fragilidad sísmica basadas en una distribución lognormal. Desarrollaron también una herramienta computacional integrada a un Sistema de Información Geográfica, mediante el cual se estiman daños y niveles de riesgo sísmico en edificios escolares. En su trabajo, aplicaron la evaluación de niveles de riesgo sísmico a 547 edificios escolares del estado Sucre y 83 de la ciudad de Cumaná. Esta herramienta permite apoyar el proceso de planificación y toma de decisiones con fines de prevención y mitigación del riesgo sísmico en Venezuela.

Por otra parte, Quintero, K. y Rojas, J. (2009), en su trabajo de grado titulado “Niveles de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en Edificaciones de la Parroquia Catedral del Municipio Libertador de Caracas, Venezuela”, tuvo como objetivo principal evaluar los niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico presentes en las edificaciones de la Parroquia Catedral, Municipio Bolivariano Libertador de Caracas, para el cual se utilizaron tres métodos, el primero de ellos es el método propuesto por FUNVISIS, el cual se basa en establecer un índice de priorización sísmica en edificaciones existentes, a modo de poder comparar las mismas, para posteriormente enmarcar los estudios detallados y establecer de manera más eficiente los posibles refuerzos estructurales. La segunda metodología empleada es la italiana, esta fue

propuesta en el año 1982 y se basa en una recopilación de datos de daños causados por los sismos desde 1976, con la misma se ha creado una base de datos con los índices de vulnerabilidad de cada edificio; por último, se empleó el método desarrollado por la Agencia Federal para el manejo de Emergencias (siglas en inglés FEMA), el cual se constituye utilizando los siguientes factores: características del suelo, grado de peligrosidad sísmica, importancia de la edificación dentro de la zona de estudio, cálculo racional y analítico basado en ese procedimiento cuantitativo (con factores de peso), cuyos resultados se refieren a cantidades e interpretaciones físicas.

Esta investigación posee un enfoque cuantitativo y de campo, en él se concluyó que un gran número de edificaciones presenta al menos una irregularidad, en estas el grado de deterioro es bajo, considerando que se tiene un gran número de construcciones que datan desde antes de la consolidación de normas constructivas que tomaron en cuenta la acción sísmica, la gran mayoría de las edificaciones poseen adosamientos y el uso de mayor incidencia es el comercial, en atención a lo planteado, las edificaciones estudiadas de la parroquia Catedral de Caracas poseen en grado de vulnerabilidad media y un alto riesgo sísmico.

Adicionalmente, Sandoval, J y Velasquez, K (2015), en su trabajo de grado titulado “Evaluación de los posibles niveles de vulnerabilidad sísmica que presenta el módulo 1 del edificio nro. 4 de la universidad José Antonio Paéz ”, se plantea como objetivo principal: evaluar la vulnerabilidad sísmica al Módulo 1 del Edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez, siendo el mismo una edificación prioritaria. El estudio se realizó empleando un software de cálculo estructural y la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS, y los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros que establece la norma COVENIN 1756-01 “EDIFICACIONES SISMORESISTENTES” y el código ACI 318-14.

Las investigaciones antes mencionadas, constituyen un aporte al presente estudio, ya que nos hace referencia sobre diferentes métodos para obtener los niveles de vulnerabilidad sísmica presentes en una zona en la que gran parte de las

construcciones fueron realizadas sin la necesaria adecuación sismorresistente.

La presente investigación se realiza sobre una edificación que se ubica en el municipio San Diego del estado Carabobo, zona que posee un alto riesgo sísmico, debido principalmente a su ubicación geográfica. Igualmente, hay que tomar en consideración la importancia que reviste este estudio de vulnerabilidad para la protección de esta edificación a la hora de un evento sísmico que permita salvaguardar vidas ya que el municipio no cuenta con grandes instalaciones civiles para dicho fin. Por todo lo anteriormente expuesto y tomando en cuenta las recomendaciones y consideraciones establecidas por FUNVISIS, se seleccionó la edificación para llevar a cabo el estudio.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Riesgo**

Es una categoría compleja, y su concreción resulta del interjuego de múltiples elementos, en sí altamente dinámicos y cambiantes (amenazas, amenazas complejas, vulnerabilidades, entre otros.). La prognosis o monitoreo de nuevos riesgos debe también asumir un papel importante en sociedades urbanas en proceso de transición y cambio constante, debido al nuevo orden económico mundial y los impactos que causa en el entorno urbano de los países en vías de desarrollo.

El concepto de riesgo, en su definición más sencilla, hace referencia a la probabilidad de que a una población (personas, estructuras físicas, sistemas productivos, entre otros.), o segmento de la misma, le ocurra algo nocivo o dañino.

Para que exista un riesgo debe haber tanto una amenaza o, como algunos dirían, un peligro, como una población vulnerable a sus impactos, siendo la "vulnerabilidad" la propensión de sufrir daños que exhibe un componente de la estructura social o la naturaleza misma. El riesgo es, en consecuencia, una condición latente o potencial, y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad existentes. En este sentido, la vulnerabilidad es una expresión del desequilibrio o desajuste, en igual medida, entre la estructura social y

el medio físico-constructivo y natural que lo rodea.

### **Amenaza + Vulnerabilidad = Riesgo**

El riesgo en sí mismo constituye un enfoque directamente asociado a los estudios de medio ambiente urbano. El procedimiento general de las investigaciones incluidas en este rubro es la identificación y el análisis del riesgo en la ciudad o, más exactamente, de los factores de riesgo que representa el medio urbano para la vida, la salud y las actividades humanas.

#### **2.2.2 Amenaza**

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Esta se divide en:

##### **Las Amenazas Naturales**

Son amenazas completamente naturales y forman parte de la historia y de la coyuntura de la formación de la tierra y de la dinámica geológica, geomorfológica, climática y oceánica. Comprenden parte del medio ambiente natural del ser humano, quien ni incide en sentido significativo en su aparición ni puede intervenir (con ciertas excepciones) para que no sucedan.

Tradicionalmente, se clasifica este tipo de amenaza, que afecta a ciudad y campo por igual, en cuatro tipos:

De origen Geotectónico, entre los que se consideran los sismos, actividad volcánica, desplazamientos verticales y horizontales de porciones de la tierra, y los tsunamis o maremotos.

De origen Geomórfico (geodinámica), entre los que se tienen en cuenta los fenómenos tales como los deslizamientos y avalanchas, hundimientos y la erosión terrestre y costera.

De origen Meteorológico o climático, entre los que se hallan los huracanes, tormentas tropicales, tornados, trombas, granizadas, sequías, tormentas de nieve, oleajes fuertes, incendios espontáneos.

**d.** De origen Hidrológico, entre los que se incluyen las inundaciones, desbordamientos, anegamientos y agotamiento de acuíferos.

### **Las Amenazas Socio Naturales**

Claramente, este conjunto de amenazas se interrelaciona en el sentido de que una de ellas puede tener o tiene relación con otras (p.e. sismos y deslizamientos; huracanes e inundaciones; sequía y agotamiento de acuíferos). Sobre estos tipos de fenómenos no hay intervención humana directa o significativa posible.

### **Evaluación de la Amenaza**

La evaluación de la amenaza envuelve las siguientes interrogantes: ¿Qué tan a menudo se espera que ocurra el evento o la amenaza?, y si ocurre, ¿Cuáles serán sus efectos? La evaluación de cualquier tipo de amenaza envuelve las siguientes fases:

Determinar cuando y donde la amenaza o evento ha ocurrido en el pasado.

Determinar el grado de severidad que ha ocasionado un evento pasado con una magnitud o tamaño conocido.

Determinar qué tan frecuentemente pueden esperarse amenazas que sean capaces de producir daños severos.

Determinar cuál sería el daño esperado por un evento con una magnitud dada, si dicho evento tuviera lugar hoy.

Representar gráficamente, en forma clara y sencilla toda la información anteriormente recabada.

Los resultados de la evaluación de la amenaza son, o deberían ser, utilizados por las autoridades municipales, urbanistas e ingenieros con el fin de planificar en forma segura el uso de la tierra y de incorporar los resultados en

códigos y ordenanzas.

Entre las amenazas naturales que más afectan las edificaciones caben destacar las amenazas de origen geológico tales como terremotos, erupciones volcánicas y las avalanchas. (José L. Garrido, 2007).

### **2.2.3 Sismos:**

Un sismo es un movimiento brusco producido en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía acumulada en el interior de la Tierra a causa de un reajuste de ésta. Dicha liberación se efectúa principalmente por la ruptura de zonas deformadas y por consiguiente, la energía se transmite a la superficie en forma de ondas elásticas que se propagan en todas las direcciones en el interior o por la superficie terrestre, causando oscilaciones y vibraciones del material a través del cual se propagan. El punto de origen o liberación de esta energía en todo sismo se llama foco o hipocentro, mientras que el punto de la superficie más próximo al foco se llama epicentro (Abou y Lee, 2005).

Es bien sabido que la investigación académica y la realidad están configuradas de modos muy distintos, debido a los escenarios en las cuales se desarrolla, pues la investigación académica se realiza en un entorno controlado, sofisticado y muchas veces no permite predecir con total acierto el desempeño sísmico real de las edificaciones. Es por ello que José Luis Alfonso Garrido en la realización del libro titulado Vulnerabilidad Sísmica, basa la redacción del mismo a partir de la experiencia acumulada en años a modo de proveer herramientas de fácil manejo y con un puñado de conceptos y lecciones básicas que faciliten el mejor entendimiento de la filosofía y metodología necesario para detectar y mitigar de una forma práctica y sencilla la vulnerabilidad estructural de edificaciones ubicadas en zonas o regiones de alto riesgo sísmico; entre las cuales están:

#### **Foco y Epicentro**

El punto en el plano de falla donde se origina la ruptura y se da inicio a la liberación de energía mediante la propagación de ondas sísmicas recibe el nombre de

foco o hipocentro. Su ubicación se define mediante las coordenadas de longitud, latitud y profundidad focal. El epicentro es el punto sobre la superficie terrestre ubicado directamente sobre el foco o hipocentro. También se lo define como la proyección vertical del foco sobre la superficie terrestre.

### **Ondas sísmicas**

Son oscilaciones, las cuales se propagan desde el foco o hipocentro a través de un medio material elástico, bien sea sólido o líquido, transportando energía mecánica (FUNVISIS, 2002). Se clasifican en dos tipos: corpóreas y superficiales; las corpóreas a su vez se clasifican en: primarias (P) y secundarias (S), y las superficiales se dividen en: ondas Love (L), llamadas así en honor a su descubridor, y ondas Rayleigh (R). Existen otros tipos de ondas superficiales, las mencionadas anteriormente son las más comunes.

**Ondas corpóreas:** Son aquellas que viajan por el interior de la corteza terrestre.

**Ondas primarias (P):** Ellas son las primeras en llegar a la superficie, y se desplazan a través de rocas sólidas y materiales líquidos, generando vibraciones longitudinales.

**Ondas secundarias (S):** Ellas se mueven con menor velocidad que las ondas P, por lo que llegan por posterioridad a la superficie terrestre. Este tipo de ondas suele provocar movimientos perpendiculares, de los cuerpos sólidos, en dirección perpendicular al sentido de su propagación.

**Ondas superficiales:** Son aquellas que viajan por la superficie terrestre.

**Ondas Love (L):** Su movimiento es similar al de las ondas S, con la diferencia que se encuentran restringidas a los intervalos de interacción entre los diferentes estratos de la superficie terrestre.

**Ondas Rayleigh (R):** Ellas se caracterizan por tener una trayectoria elíptica en el plano vertical orientado en la dirección en que éstas se desplazan.

La velocidad de ondas de corte: esta definida como el comportamiento dinámico de un suelo, la resistencia al esfuerzo cortante se evalúa mediante el módulo dinámico de rigidez, siendo una de las características más importantes para su estimación. El valor de las velocidades de ondas de corte es el más importante para la caracterización de la respuesta sísmica de los perfiles geotécnicos.

Las ondas de superficie pueden generar ondas corporales, siempre y cuando actúen como punto de difracción. A las fuentes más cercanas corresponden las frecuencias de mayor valor, ellas se encuentran ubicadas cerca de la superficie.

### **Microsismos.**

Se entiende por microsismos a oscilaciones naturales y regulares del subsuelo, ellos son producidos por fuentes naturales, entre las cuales podemos mencionar: olas oceánicas y tormentas. Ellos se encuentran conformados por ondas Rayleigh de periodos que están en el orden de, 2 a 3 segundos o más (Nakamura, 1989).

### **Microtemblores.**

La superficie de los suelos siempre está vibrando con amplitudes De muchos micrómetros y con periodos de 0,1 a 1 segundos. Estas vibraciones fueron denominadas por Bard (1999), como microtemblores. Ellos son producidos por eventos artificiales, consecuencia de la actividad humana; entre los cuales se pueden mencionar: la maquinaria industrial, el tráfico automotor, explosiones, entre otros. Estos tienen por ventaja frente a los microsismos la estabilidad. Según Aki (1957); Akamatsu y Nogoshi (1961); Nogoshi, e Igarashi (1971), estos microtemblores se encuentran conformados por ondas Rayleigh y S, y son de periodos más cortos, (1 segundo) que los microsismos. El rango de períodos para la medición de los microtemblores oscila de 1 a 2 segundos.

El uso de los microtemblores para estimar los efectos de sitio en ingeniería sísmica, han venido siendo estudiado por muchos años, y a pesar de haber presentado

algunos problemas en la interpretación, han sido una valiosa herramienta para la evaluación de estos efectos, mencionados anteriormente.

#### **2.2.4 Cuantificación de los Sismos. Magnitud de un sismo.**

Es una medida del tamaño del mismo que es independiente del lugar donde se hace la observación y que se relaciona en forma aproximada con la cantidad de energía que se libera durante el evento. Se determina a partir de las amplitudes de registros de sismógrafos estándar. La escala más conocida de magnitudes es la de Richter.

#### **Escala de Richter: MAGNITUD = CAUSA**

Esta escala fue ideada por el Sismólogo norteamericano Charles Francis Richter, indicando que cada incremento de una unidad en la escala, implica un aumento de 32 veces en la cantidad de energía liberada. Esta escala va desde el 1 hasta el 9,5, siendo el 1 el que marca la menor intensidad y el 9,5 la máxima ya que el sismo más grande que se ha registrado instrumentalmente en el mundo, alcanzó una magnitud de 9.5 Richter el 22 de mayo de 1960 en Chile del siguiente modo (el valor máximo es algo que aún no está claro del todo).

#### **Sismogramas**

Los sismógrafos son instrumentos que registran las ondas sísmicas. Ya que los terremotos causan movimiento horizontal y vertical del terreno, es preciso utilizar sismógrafos de componente horizontal según dos direcciones ortogonales (Norte y Sur), y sismógrafos diseñados para medir el movimiento vertical. Los registros así obtenidos reciben el nombre de sismogramas.

Resulta importante señalar que la velocidad de las ondas S a través de material rocoso como por ejemplo el granito, es aproximadamente de 3 kilómetros por segundo. En general, en cualquier material sólido, las ondas P viajan 1,7 veces más de prisa que las ondas S, mientras que las ondas superficiales viajan al 90 por ciento

de la velocidad de las ondas S.

Ya que las ondas superficiales están confinadas a una zona estrecha de la corteza terrestre, no se propagan por el interior de la Tierra como las ondas S y P, conservando su máxima amplitud durante más tiempo. Además, en las ondas superficiales el intervalo de tiempo entre las crestas (período) es más largo, razón por la cual se las conoce también como ondas largas u ondas L. (José L. Garrido, 2007).

### **2.2.5 Sismicidad**

A la fecha, son innumerables las investigaciones científicas y los trabajos conducidos sobre el estudio de los terremotos, características, formas de propagación, origen, causas, entre otros. Una de las informaciones que se tiene, es que los mismos ocurren cuando el esfuerzo en la tierra alcanza un nivel mayor a la resistencia de la roca, causando que los lados opuestos de la misma fallen repentinamente o se deslicen violentamente pasando de un lado a otro. Estos esfuerzos pueden actuar perpendicularmente a la falla empujando las rocas entre ellas, o paralelamente a la falla moviendo las rocas unas contra otras (Hernández, 2002).

#### **Sismicidad en Venezuela**

Los eventos sísmicos representan uno de los mayores riesgos potenciales en Venezuela en cuanto a pérdidas humanas y económicas. En la actualidad, aproximadamente un 80% de la población vive en zonas de alta amenaza sísmica, variable que aumenta el nivel de riesgo, haciéndolo cada vez mayor a medida que se eleva el índice demográfico y las inversiones en infraestructura. Desde la fundación de los primeros asentamientos coloniales en el siglo XVI, el país ha sufrido los efectos de los terremotos. Su historia sísmica revela que durante el período 1530-2004, han ocurrido más de 130 eventos sísmicos, los cuales han provocado algún tipo de daño en varias poblaciones venezolanas.

En Venezuela, la zona de mayor actividad sísmica corresponde a una franja de

unos 100 km de ancho, definida a lo largo de los sistemas montañosos de Los Andes, la Cordillera Central y la Cordillera Oriental, lugares en los que se ubican los principales sistemas de fallas sismogénicas del país: Boconó, San Sebastián y El Pilar, respectivamente.

### **2.2.6 Sismo como carga accidental en las estructuras**

Son las acciones que en la vida útil de la edificación tienen una pequeña probabilidad de ocurrencia solo durante lapsos breves de tiempo. Este tipo de cargas, también conocidas en otros países como cargas ambientales son causadas por el medio ambiente del lugar en el que está ubicada la edificación. En los edificios son causadas básicamente por la lluvia, la nieve, el viento, cambios bruscos de temperatura y sismos.

Las fuerzas que una edificación debe resistir durante la acción de un sismo se originan de las sacudidas del terreno, sobre el cual está fundada. La respuesta estructural, es decir, la magnitud y distribución de las fuerzas y desplazamientos resultantes así inducidos varían en función de las características y propiedades tanto de la estructura como de su fundación, así como también de las características, contenido de frecuencias y duración del sismo actuante.

### **Evaluación de la Amenaza y del Riesgo Sísmico**

Con el fin de incorporar el conocimiento adquirido de los desastres naturales pasados en la planificación de las actividades humanas, se debe evaluar las amenazas y riesgos con ellas relacionadas. A pesar de que los términos evaluación de la amenaza y evaluación del riesgo son a menudo utilizados indistintamente, no son términos sinónimos.

#### **Amenaza Sísmica**

Recibe el nombre de amenaza sísmica aquellas que están vinculadas directamente a la acción de terremotos. Por ejemplo, el movimiento fuerte de la superficie del terreno, el fallamiento superficial, los deslizamientos de taludes, la licuefacción y los

maremotos o tsunamis y el proceso de identificar y cuantificar el peligro o amenaza sísmica en una región o país con el objetivo de delimitar en mapas zonas sujetas a un grado similar de amenaza se conoce como regionalización sísmica de la amenaza.

La evaluación sísmica supone un conocimiento exhaustivo de las fuentes sísmicas capaces de generar terremotos y de sus probabilidades de ocurrencia. Únicamente cuando se dispone de una cantidad significativa de registros del movimiento fuerte del terreno podrán definirse tendencias y de allí generarse pronósticos de la sismicidad. Esta información suele normalmente expresarse mediante relaciones empíricas de tipo probabilístico y mapas de zonificación sísmica regional que no necesariamente reflejan el nivel del daño potencial en el edificio.

### **2.2.7 Evaluación del Riesgo**

La evaluación del riesgo difiere de la evaluación de la amenaza en varios aspectos importantes. El riesgo sísmico puede definirse como la probabilidad de que en un determinado sitio y durante la acción de alguna amenaza natural se produzcan pérdidas de vidas, económicas y sociales que excedan ciertos valores o niveles prefijados de daño. Por ejemplo, daños ocasionados por las sacudidas fuertes del terreno durante un terremoto. Para evaluar el riesgo es preciso establecer la probabilidad de que una amenaza cualquiera con una magnitud determinada ocurra dentro de un período de tiempo determinado. Toma en consideración los siguientes aspectos:

La ubicación de las edificaciones de viviendas, oficinas, hospitales, industrias, escuelas, sistemas de emergencia, líneas de vida, ferrocarriles, viaductos, entre otros, del área en estudio.

Determinación del grado potencial de exposición a la amenaza o evento previstos, (inundaciones por ejemplo).

Vulnerabilidad de las edificaciones y de la población al ser sometidos a la amenaza.

En áreas propensas a la ocurrencia de terremotos, resulta posible evaluar el riesgo

sísmico de edificaciones o de cualquier tipo de obra civil en función de la amenaza sísmica, de su vulnerabilidad y del costo e importancia de las mismas. (José L. Garrido, 2007).

### **Vulnerabilidad Sísmica**

Las pérdidas materiales o de vidas registradas durante la acción de terremotos dependen en gran parte de la capacidad de respuesta de la edificación. La vulnerabilidad sísmica de una estructura puede definirse como el límite en el que se sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto disponible ante una amenaza sísmica conocida.

Ya que el riesgo sísmico de una edificación depende de su vulnerabilidad, y cuando se teme que algunas edificaciones nuevas o algunas existentes que, bien por su antigüedad o por su importancia, puedan sufrir daños importantes ante la acción de sismos futuros, se hace preciso emprender un proceso de evaluación de su vulnerabilidad estructural, a fin de mantener el riesgo sísmico dentro de niveles mínimos de seguridad aceptables. El proceso de evaluación incluye dos aspectos fundamentales: la tipificación y evaluación de los daños potenciales, y la determinación de sus causas.

En general, los daños ocasionados en las edificaciones durante la acción de terremotos se dividen en daños a elementos estructurales y daños a elementos no estructurales. Pero también, se producen graves daños en los sistemas electro-mecánicos e instalaciones sanitarias. Una de las edificaciones que desempeñan gran importancia debido a lo que estas representan son los hospitales se pueden ver afectados los equipos médicos, laboratorios, salas de cirugía, entre otros, ocasionando la inutilización de los mismos. (José L. Garrido, 2007).

### **Análisis de vulnerabilidad**

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado o a sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los

efectos de un evento externo sobre los mismos.

La vulnerabilidad, en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, como, por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los daños o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda que prácticamente solo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, entre otros.

La vulnerabilidad es la susceptibilidad a la producción de daños (víctimas, pérdidas económicas). Es tanto mayor cuanto menor sea la capacidad para hacer frente al proceso (recursos disponibles y potenciales). De esta forma la vulnerabilidad sísmica de una edificación es un conjunto de parámetros los cuales son capaces de predecir el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo.

La vulnerabilidad sísmica se clasifica en:

**Vulnerabilidad Funcional:** está asociada a la capacidad de brindar servicio de forma inmediata de atención de emergencia ante un evento sísmico. Es independiente del daño físico que haya sufrido el edificio.

**Vulnerabilidad no Estructural:** Está asociada a la susceptibilidad de elementos no estructurales de sufrir daños debido a un sismo. Estos elementos no estructurales pueden ser elementos arquitectónicos o componentes electrodomésticos que cumplen una función importante en la edificación.

**Vulnerabilidad Estructural:** Es la susceptibilidad de los elementos que componen el sistema resistente a sismos en sufrir un daño por la acción del mismo.

### **Daño en las Edificaciones**

El daño, en términos generales, es un concepto complejo en su interpretación y en

su evaluación, o de acuerdo a la literatura el daño estructural es un fenómeno que es muy difícil modelar analíticamente o reproducir en laboratorios. El daño es un fenómeno que afecta a cualquier tipo de estructura, sin embargo, a partir de ahora se hará referencia únicamente al daño que pueden sufrir las edificaciones, por ser parte del objetivo de este trabajo. Para esto se clasificará el daño en tres grupos principales:

### **Daño estructural**

Este concepto se asocia al sistema resistente de la estructura, por lo cual, es uno de los más importantes dentro de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio, ya que puede ser el responsable del colapso de la misma. El comportamiento de los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, muros de carga, sistemas de entrepiso, tiene que ver con la calidad de los materiales que componen dichos elementos, su configuración y tipo de sistema resistente e indiscutiblemente de las características de las cargas actuantes (Hernández, 2002).

Existen muchas maneras de evaluar el daño, una de ellas es la cualitativa, en la cual se definen ciertos criterios que indican la presencia de daño en un elemento. Esta forma se basa en la observación y reconocimiento de características puntuales, previamente definidas, que inducen a un daño que pudo ser provocado por diversos factores, desde un terremoto hasta deficiencia en el método constructivo o falta mantenimiento en la estructura.

### **Daño no estructural**

Es el daño causado por los elementos que no forman parte del sistema estructural, como lo son las paredes, ventanas, revestimientos, entre otros (Hernández, 2002). Estos elementos pueden llegar a jugar un papel importante en lo que se refiere a pérdidas humanas y económicas, a pesar de que no, necesariamente, ponen en peligro al sistema estructural. El daño no estructural se mide generalmente a través de índices de daños, el cual involucra

parámetros que miden deformaciones y distorsiones de los elementos no estructurales.

Existen muchas maneras de evaluar el daño, una de ellas es la cualitativa, en la cual se definen ciertos criterios que indican la presencia de daño en un elemento. Esta forma se basa en la observación y reconocimiento de características puntuales, previamente definidas, que inducen a un daño que pudo ser provocado por diversos factores, desde un terremoto hasta deficiencia en el método constructivo o falta mantenimiento en la estructura.

### **Daño económico**

El daño económico se resume a relacionar el daño estructural con las pérdidas económicas de un edificio producto de un evento sísmico. Para lo cual se requiere saber el costo de reposición global en términos financieros, asociándolo a un índice de daño económico global que involucre los anteriores. Generalmente se define de la siguiente manera.

$$\text{Índice del daño económico} = \frac{\text{Costo de reparación de daño}}{\text{Costo de reposición}} \quad (\text{Ec.2.1})$$

En donde, el costo de reparación es una suma ponderada de los costos parciales de reparación, tanto de los elementos estructurales como no estructurales, por lo que se deben relacionar los costos con los indicadores de daño.

### **2.2.8 Mitigación del Riesgo Sísmico**

Por Mitigación del Riesgo Sísmico se entiende “cualquier acción preventiva que se toma antes de la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo intentando reducir sus consecuencias”. Es decir, son todas las medidas tomadas para incrementar la resistencia y mejorar el comportamiento de los edificios y líneas vitales para la seguridad de las personas y para la reducción de las pérdidas económicas y su

impacto social (Hernández, 2002).

El concepto de Mitigación del Riesgo Sísmico está asociado a una acción preventiva, por ejemplo, el trabajo que se realiza para lograr que las consecuencias que padezca una comunidad, ya sean económicas o sociales, después de un terremoto sean las menos posibles.

Como se estudió anteriormente, el cálculo del riesgo sísmico depende tanto de la amenaza sísmica como de la vulnerabilidad sísmica, por otro lado, se sabe que la amenaza sísmica es un factor que depende de la naturaleza, sin embargo, el hombre a través de estudios del suelo podría identificar las zonas menos convenientes para la construcción de edificios, como son fallas, rellenos, zonas con igual sismicidad en general y de lugares de posibles asentamientos, deslizamientos, avalanchas o de un alto potencial de licuefacción y, de ser necesario, se estudiaría la posibilidad de utilizar técnicas de mejoramiento de las condiciones del suelo, siempre buscando disminuir la posible amplificación de la acción del terremoto.

En el caso de la vulnerabilidad sísmica, el hombre si puede tener control, puesto que, como se mencionó anteriormente, es una particularidad de los edificios que se construyen, por tanto, mejoras en los análisis, métodos constructivos, materiales para la construcción, entre otros, ayudan a conocer y saber, cada vez con mayor precisión, el comportamiento de una estructura si se sometiera a esfuerzos externos. Es por esto que las normas sismorresistente se han ido modificando, con el objetivo de brindar mayor seguridad al momento de un terremoto. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, 2011).

Como se puede apreciar la vulnerabilidad de una edificación depende directamente de la misma, es decir del diseño y de la configuración de la estructura, es por esto que se debe manejar un conjunto de conceptos básicos que permitan generalizar un bosquejo del conjunto de partes que conforman la estructura, se sabe que las edificaciones no poseen una configuración uniforme, sino que están compuestas por un conjunto de partes interconectadas, debido a esto, el

desenvolvimiento de las evaluaciones de vulnerabilidad se debe de hacer considerando las distintas partes que comprenden la edificación, es por esto que la distribución de la fuerza sísmica depende de tal configuración y las normas sismorresistente se basan en este principio. Es por esto, que se debe contar con información estructural y no estructural bastante detallada, para poder estimar de manera más confiable su vulnerabilidad y riesgo sísmico asociado. La información que se requiere se puede desglosar de la siguiente manera:

**Información básica:** identificar la edificación, la dirección exacta, las coordenadas geográficas (mediante un GPS). Igualmente indicar la fecha del proyecto y/o construcción de la edificación.

**Croquis de ubicación y croquis de la configuración estructural:** elaborar un croquis que permita ubicar de manera relativa el edificio. Igualmente elaborar un croquis de su configuración estructural, indicando número de vanos, luces, ubicación de elementos estructurales, juntas estructurales, escaleras, entre otros.

**Información complementaria y características básicas de la estructura:** indicar la población, zona sísmica e información básica de la configuración estructural.

**Características particulares de la estructura:** indicar características específicas del edificio inspeccionado, prestando especial atención al sistema estructural resistente a terremotos y las características no estructurales que puedan afectar su comportamiento.

**Indicadores de deterioro de la estructura:** indicar evidencias de agrietamiento de elementos estructurales y no estructurales.

**Comentarios:** realizar aquellos comentarios que permitan complementar la información recabada durante la inspección.

**Levantamiento fotográfico:** realizar un levantamiento fotográfico del

edificio inspeccionado que permita sustentar y complementar la información recabada durante la inspección. (FUNVISISs/f).

### **2.2.9 Índice de Priorización de Edificaciones**

El Índice de Priorización se calcula tomando en consideración la amenaza sísmica en el sitio, el uso y la importancia de la construcción, el número de personas expuestas, la antigüedad de la obra, el tipo estructural y el número de pisos, la profundidad del depósito de suelo, el grado de deterioro, la topografía del sitio y algunas características básicas de la estructura y de las paredes de relleno que condicionan su desempeño sísmico.

#### **2.2.10 Formas espectrales tipificadas de los terrenos de fundación**

La Norma Sismorresistente 1956-2001 considera cuatro formas espectrales tipificadas (S1 a S4) y un factor de corrección para el coeficiente de aceleración horizontal ( ), los cuales dependen de las características del perfil geotécnico del terreno de fundación.

Dónde:

$V_{sp}$  = Velocidad promedio de las ondas de corte en el perfil geotécnico.

$H$  = Profundidad a la cual se consigue material cuya velocidad de las ondas de corte,  $V_s$ , es mayor que 500 m/s.

= Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal.

$H_1$  = Profundidad desde la superficie hasta el tope del estrato blando.

#### **2.2.11 Edificación de Estructura Irregular**

Se considera irregular la edificación que en alguna de sus direcciones principales presente alguna de las características siguientes:

### **Irregularidades Verticales:**

**Entrepiso blando:** La rigidez lateral de algún entrepiso, es menor que 0.70 veces la del entrepiso superior, o 0.80 veces el promedio de las rigideces de los tres entrepisos superiores. En el cálculo de las rigideces se incluirá la contribución de la tabiquería. En el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir.

**Entrepiso débil:** La resistencia lateral de algún entrepiso, es menor que 0.70 veces la correspondiente resistencia del entrepiso superior, o 0.80 veces el promedio de las resistencias de los tres entrepisos superiores. En la evaluación de la resistencia de los entrepisos se incluirá la contribución de la tabiquería. En el caso de que su contribución sea mayor para el piso inferior que para los superiores, esta se podrá omitir.

**Distribución irregular de masas de uno de los pisos contiguos:** Cuando la masa de algún piso exceda 1.3 veces la masa de uno de los pisos contiguos. Se exceptúa la comparación con el último nivel de techo de la edificación. Para esta verificación la masa de los apéndices se añadirá al peso del nivel que los soporte.

**Aumento de las masas con la elevación:** La distribución de masas de la edificación crece sistemáticamente con la altura. Para esta verificación la masa de los apéndices se añadirá al peso del nivel que los soporte.

**Variaciones en la geometría del sistema estructural:** La dimensión horizontal del sistema estructural en algún piso excede 1.30 la del piso adyacente. Se excluye el caso del último nivel.

**Esbeltz excesiva:** El cociente entre la altura de la edificación y la menor dimensión en planta de la estructura a nivel de base exceda a 4. Igualmente cuando esta situación se presente en alguna porción significativa de la estructura.

**Discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales:** De acuerdo con alguno de los siguientes casos:

- a) Columnas o muros que no continúan al llegar a un nivel inferior distinto al nivel de base.
- b) El ancho de la columna o muro en un entrepiso presenta una reducción que excede el veinte por ciento (20%) del ancho de la columna o muro en el entrepiso inmediatamente superior en la misma dirección horizontal.
- c) El desalineamiento horizontal del eje de un miembro vertical, muro o columna, entre dos pisos consecutivos, supera  $1/3$  de la dimensión horizontal del miembro inferior en la dirección del desalineamiento.

**Falta de conexión entre miembros verticales:** Alguno de los miembros verticales, columnas o muros, no está conectado al diafragma de algún nivel.

**Efecto de columna corta:** Marcada reducción en la longitud libre de columnas, por efecto de restricciones laterales tales como paredes.

**Irregularidades en Planta:**

**Gran excentricidad:** En algún nivel la excentricidad entre la línea de acción del cortante en alguna dirección, y el centro de rigidez supera el veinte por ciento (20%) del radio de giro inercial de la planta.

**Riesgo torsional elevado:** Si en algún piso se presenta cualquiera de las siguientes situaciones:

- a) El radio de giro torsional  $r_t$  en alguna dirección es inferior al cincuenta por ciento (50%) del radio de giro inercial  $r$ .
- b) La excentricidad entre la línea de acción del cortante y el centro de rigidez de la planta supera el treinta por ciento (30%) del valor del radio de giro torsional  $r_t$  en alguna dirección.

**Sistema no ortogonal:** Cuando una porción importante de los planos del

sistema sismorresistente no sean paralelos a los ejes principales de dicho sistema.

**Diafragma flexible:**

- a) Cuando la rigidez en su plano sea menor a la de una losa equivalente de concreto armado de 4 cm de espesor y la relación larga/ancho no sea mayor que 4.5.
- b) Cuando un número significativo de plantas tenga entrantes cuya menor longitud exceda el cuarenta por ciento (40%) de la dimensión del menor rectángulo que inscribe a la planta, medida paralelamente a la dirección del entrante; o cuando el área de dichos entrantes supere el treinta por ciento (30%) del área del citado rectángulo circunscrito
- c) Cuando las plantas presenten un área total de aberturas internas que rebasen el veinte por ciento (20%) del área bruta de las plantas.
- d) Cuando existan aberturas prominentes adyacentes a planos sismorresistente importantes o, en general, cuando se carezca de conexiones adecuadas con ellos.
- e) Cuando en alguna planta el cociente largo/ancho del menor rectángulo que inscriba a dicha planta sea mayor que 5.

**1.2.12 Calificación de edificaciones según el uso y obtención del factor de importancia:**

**Grupo A:** Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas humanas o económicas, tales como, aunque no limitadas a:

Hospitales: Tipo IV, Tipo III y TipoII.

Edificios gubernamentales o municipales de importancia, monumentos y templos de valor excepcional.

Edificios que contienen objetos de valor excepcional, como ciertos museos y bibliotecas.

Estaciones de bomberos, de policía o cuarteles.

Centrales eléctricas, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones. Plantas de bombeo.

Depósitos de materiales tóxicos o explosivos y centros que utilicen materiales radioactivos.

Torres de control, hangares y centros de tráfico aéreo.

Edificaciones educacionales.

Edificaciones que puedan poner en peligro alguno de las de este grupo.

**Grupo B1:** Edificaciones de uso público o privado, densamente ocupadas, permanente o temporalmente, tales como:

Edificios con capacidad de ocupación de más de 3000 personas o área techada de más de 20000 m<sup>2</sup>.

Centros de salud no incluidos en el Grupo A.

Edificaciones clasificadas en los Grupos B2 o C que puedan poner en peligro las de este grupo.

**Grupo B2:** Edificaciones de uso público o privado, de baja ocupación, que no excedan los límites indicados en el Grupo B1, tales como:

Viviendas.

Edificios de apartamentos, de oficinas u hoteles.

Bancos, restaurantes, cines y teatros.

Almacenes y depósitos.

Toda edificación clasificada en el Grupo C, cuyo derrumbe pueda poner en peligro las de este grupo.

**Grupo C:** Construcciones no clasificables en los grupos anteriores, ni destinadas a la habitación o al uso público y cuyo derrumbe no pueda

causar daños a edificaciones de los tres primeros grupos.

### **Factor de importancia**

De acuerdo con la anterior clasificación se establece un factor de importancia conforme a la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Factor de importancia

<b>GRUPO</b>	<b><math>\alpha</math></b>
A	1,30
B1	1,15
B2	1,00

**Fuente:** Norma COVENIN Sismorresistente (2001)

### **2.2.13 Nivel de Diseño**

**Nivel de diseño 1:** El diseño en zonas sísmicas no requiere la aplicación de requisitos adicionales a los establecidos para acciones gravitacionales.

**Nivel de diseño 2:** Requiere la aplicación de los requisitos adicionales para este Nivel de Diseño, establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

**Nivel de diseño 3:** Requiere la aplicación de todos los requisitos adicionales para el diseño en zonas sísmicas establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

**Niveles de diseño requerido:** Se usará uno de los Niveles de Diseño (ND) indicados en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Nivel de diseño ND

<b>GRUPO</b>	<b>ZONA SÍSMICA</b>		
	<b>1 y 2</b>	<b>3 y 4</b>	<b>5,6 y 7</b>
<b>A;B1</b>	ND2 ND3	ND3	ND3
<b>B2</b>	ND1 ND2 ND3	ND2 ND3	ND3 ND2

**Fuente:** Norma COVENIN Sismorresistente (2001)

## Espectro de diseño

Las ordenadas  $A_d$  de los espectros de diseño, quedan definidas en función de su periodo  $T$ , estas ordenadas se definen de la siguiente manera:

$$T < T^+ \quad A_d = \frac{\alpha\varphi A_0 \left[ 1 + \frac{T}{T^+} (\beta - 1) \right]}{1 + \left( \frac{T}{T^+} \right)^C (R - 1)} \quad (\text{Ec.2.2})$$

$$T^+ \leq T \leq T \quad A_d = \frac{\alpha\varphi A_0}{R} \quad (\text{Ec.2.3})$$

$$T > T \quad A_d = \frac{\alpha\varphi A_0}{R} \left( \frac{T}{T} \right)^\rho \quad (\text{Ec.2.4})$$

Dónde:

$A_d$  = Ordenada del espectro de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de gravedad.

$\alpha$  = Factor de importancia (Tabla 2.1).

$A_0$  = Coeficiente de aceleración horizontal

$\varphi$  = Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal

$\beta$  = Factor de magnificación promedio (tabla 2.3).

$T_0 = 0.25T$  Período a partir del cual los espectros normalizados tienen un valor constante (seg).

$T$  = Máximo período en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante (Tabla 2.3).

$T^+ \quad T_0$  Período característico de variación de respuesta dúctil (seg).

$$C = \sqrt[4]{R \beta} \quad (\text{Ec.2.5})$$

$R$  = Factor de reducción de respuesta (Tabla 2.4).

$\rho$  = Exponente que define la rama descendente del espectro (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3.** Valores de  $T$ ,  $\beta$  y  $\rho$

FORMA ESPECTRAL	$T$ (seg)		$\rho$
S1	0,4	2,4	1,0
S2	0,7	2,6	1,0
S3	1,0	2,8	1,0
S4	1,3	3,0	0,8

Fuente: Norma COVENIN Sismorresistente (2001)

**Tabla 2.4.** Valores de  $T^+$

CASO	$T^+$
$R < 5$	$0,1*(R-1)$
	0,4

Fuente: Norma COVENIN Sismorresistente (2001)

#### 2.2.14 Clasificación según el tipo de estructura

Según la Norma Venezolana de Edificaciones Sismorresistente 1756- 2001, se establecen los tipos de sistemas estructurales en función de los componentes del sistema resistente a sismos. Una estructura puede clasificarse en tipos diferentes, en sus dos direcciones ortogonales de análisis.

##### Tipo de sistemas estructurales resistentes a sismos

**Tipo I:** Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante sus vigas y columnas, tales como los sistemas estructurales constituidos por pórticos. Los ejes de columnas deben mantenerse continuos hasta su fundación.

**Tipo II:** Estructuras constituidas por combinaciones de los Tipos I y III, teniendo ambos el mismo Nivel de Diseño. Su acción conjunta debe ser capaz de resistir la totalidad de las fuerzas sísmicas. Los pórticos por sí solos deberán estar en capacidad de resistir por lo menos el veinticinco

por ciento (25%) de esas fuerzas.

**Tipo III:** Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante pórticos diagonalizados o muros estructurales de concreto armado o de sección mixta acero-concreto, que soportan la totalidad de las cargas permanentes y variables. Los últimos son los sistemas comúnmente llamados de muros. Se considerarán igualmente dentro de este grupo las combinaciones de los Tipos I y III, cuyos pórticos no sean capaces de resistir por sí solos por lo menos el veinticinco por ciento (25%) de las fuerzas sísmicas totales, respetando en su diseño, el Nivel de Diseño adoptado para toda la estructura. Se distinguen como tipo III a los sistemas conformados por muros de concreto armado acoplados con dinteles o vigas dúctiles, así como los pórticos de acero con diagonales excéntricas acopladas con eslabones dúctiles.

**Tipo IV:** Estructuras que no posean diafragmas con la rigidez y resistencia necesarias para distribuir eficazmente las fuerzas sísmicas entre los diversos miembros verticales. Estructuras sustentadas por una sola columna. Edificaciones con losas sin vigas.

### **2.2.15 Sistemas Estructurales**

Un sistema estructural puede definirse como un sistema tridimensional interconectado por miembros estructurales planos y unidireccionales. Generalmente, pero no siempre, estos elementos planos y lineales están dispuestos en planos verticales y horizontales.

Independientemente de los requerimientos arquitectónicos de funcionalidad, de estética y de servicio, el sistema como conjunto debe estar interconectado en forma tal, que sea capaz de absorber con éxito tanto las cargas impuestas como las deformaciones resultantes (ver figura 7). Los sistemas estructurales deben estar diseñados para resistir las cargas gravitacionales y además las cargas laterales (viento, sismo o presión del terreno).

## **Sistemas Para Resistir Cargas Verticales**

### **Diafragmas horizontales**

En la mayoría de las edificaciones, las cargas gravitacionales son transmitidas a las columnas y a las pantallas mediante sistemas estructurales horizontales planos que forman las cubiertas de techo y de piso. Cuando estas estructuras tienen suficiente rigidez y resistencia para funcionar como un plano rígido, se las denomina diafragma horizontal.

Son de distinto tipo. Entre ellos se distinguen: las losas macizas; las losas nervadas con nervios en una o en dos direcciones, y las losas conformadas por un sistema de vigas altas y losas de cualquiera de los tipos antes mencionados. En el caso de las losas nervadas, los espacios entre nervios se logran utilizando encofrados recuperables metálicos, de madera, de fibra de vidrio, o también utilizando bloques de arcilla, concreto aligerado y en ocasiones bloques de poliestireno expandido (anime). Cada uno de ellos ofrece sus ventajas y desventajas, y su elección depende de factores arquitectónicos y estructurales tales como: la luz entre apoyos, la intensidad de la carga, el uso destinado a la edificación (vivienda, oficinas, hospitales, entre otros).

Existe además un sistema de piso conformado por paredes de carga y losas macizas de concreto armado de relativo poco espesor, vaciadas monolíticamente. Se los conoce como sistemas tipo cajón. Las luces entre las paredes son variables y dependen en general del costo y tolerancia de los moldes metálicos utilizados como encofrado.

### **Sistemas de entramado vertical.**

Están conformados básicamente por columnas, paredes o pantallas, vigas de transferencia y soportes colgantes.

- a) **Columnas:** Son elementos o miembros estructurales unidireccionales de sección compacta, distribuidos según ejes verticales para soportar las cargas transmitidas por las losas hacia la fundación. El área de la

sección se determina en función del espaciamiento entre columnas y del número de pisos de la edificación. Su forma es variada: cuadrada, rectangular, circular, en H, en L, trapezoidal, en cruz, entre otros.

En edificios muy altos de concreto armado la sección transversal de las columnas impone serias limitaciones de espacio en los niveles inferiores, especialmente en el área destinada al estacionamiento de vehículos.

- b) **Paredes de Carga:** Son elementos estructurales planos, dispuestos en planos verticales que se distinguen por su gran esbeltez. Pueden poseer o no algunas aberturas. Son resistentes a la compresión y en muchas ocasiones su cuantía de acero es la mínima. Dependiendo de la magnitud de la carga vertical que soportan, a veces es preciso reforzarlas con ligaduras espaciadas verticalmente, al estilo de las columnas.
- c) **Vigas de Transferencia:** Es un sistema conformado por elementos horizontales de gran peralte que se encarga de transferir las cargas provenientes de las columnas de los pisos superiores a las columnas de los pisos inferiores.

### **Sistemas Para Resistir Fuerzas Laterales**

El diseño sismorresistente de edificaciones debe tomar en cuenta los siguientes principios básicos:

- 1) visualizar cual será la deformación real de la estructura durante un terremoto;
- 2) entender cómo se transmiten las fuerzas laterales desde el nivel techo hasta la fundación del edificio, y
- 3) garantizar la estabilidad lateral de la edificación.

Resulta oportuno señalar que si bien en el diseño las fuerzas sísmicas se consideran actuando desde la parte superior de la edificación hacia abajo, en realidad las fuerzas sísmicas se transmiten desde el suelo hacia arriba.

El tipo de deformación en una estructura se produce por la acción combinada de deformaciones y desplazamientos de los elementos estructurales, tanto en la dirección horizontal como en la dirección vertical.

El tipo de arriostramiento vertical de los elementos estructurales que resisten las fuerzas sísmicas depende del tipo y configuración de la estructura. Pueden ser paredes de corte, pórticos arriostrados con diagonales, pórticos resistentes a momentos o una combinación de las anteriores.

- a) **Sistema de pórticos resistentes a momento:** Es un sistema espacial conformado por marcos rígidos capaces de resistir las cargas gravitacionales y los momentos a flexión causados por la acción de las cargas laterales. Un aspecto muy importante de este tipo de sistema radica en la necesidad de dotarlo con suficientes líneas de resistencia o líneas redundantes. Las estructuras con esta tipología pueden ser de concreto, acero y/o estructuras compuestas de elementos metálicos y de concreto.
- b) **Sistema de paredes portantes (Bearing wall system):** En este tipo de sistemas las cargas gravitacionales y las cargas laterales son resistidas por paredes verticales que actúan como paredes de corte. Las paredes de corte pueden ser de concreto armado, de mampostería armada o estructuras metálicas constituidas por paneles verticales con diagonales. Las estructuras tipo cajón de concreto armado pertenecen a este grupo.
- c) **Sistema mixto (Building frame system):** A este grupo pertenecen aquellos sistemas estructurales conformados por un sistema aporricados espacial encargado de soportar las cargas gravitacionales y por paredes de corte encargadas de absorber el 100% de las cargas laterales. Las paredes de corte pueden ser de concreto armado o estar constituidas por elementos metálicos arriostrados diagonalmente

- d) **Sistema dual:** Un sistema dual es un sistema caracterizado porque reúne en un bloque espacial dos sistemas estructurales que comparten las mismas tareas: resistir conjuntamente las cargas gravitacionales y las cargas laterales. La resistencia a cargas laterales se reparte en forma tal que el 25% de las mismas debe ser resistida por los marcos o pórticos resistentes a momentos, mientras que el resto son resistidos por las paredes de corte. Los dos sistemas deben diseñarse en forma tal que el corte basal resultante sea resistido proporcionalmente a la rigidez de los sistemas.
- e) **Péndulo invertido:** Son estructuras en las que una gran porción de su masa se concentra en el tope de la columna de soporte. Estos sistemas deben tratarse como sistemas generalizados de 1 grado de libertad de traslación horizontal.
- f) **Sistema estructural no definido:** Son sistemas estructurales no identificados dentro del grupo de sistemas estructurales recién definidos.

### **2.2.16 Procedimiento de Inspección de FUNVISIS**

FUNVISIS propone un procedimiento de inspección para asignar índices de priorización de edificaciones para la gestión del riesgo sísmico en poblaciones del país. El índice de priorización incorpora índices de amenaza, de vulnerabilidad y de importancia de la construcción.

A continuación se muestra las instrucciones que se deben llevar a cabo para el llenado de la planilla de inspección de FUNVISIS:

#### **1. Datos generales**

**1.1)** Indicar la fecha de realización de la inspección.

**1.2)** Indicar la hora de inicio de la inspección.

**1.3)** Indicar la hora de culminación de la inspección. Es lo último que se debe llenar en la planilla.

**1.4)** Indicar el código de la edificación el cual será suministrado por el supervisor. Se sugiere que la codificación a utilizar sea la del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el censo nacional del año 2011.

## **2. Datos de los participantes**

**2.1)** Indicar el nombre, teléfono y el correo electrónico de la persona que realiza la inspección.

**2.2)** Indicar el nombre, teléfono y el correo electrónico de la persona que revisa la planilla de inspección.

**2.3)** Indicar el nombre, teléfono y el correo electrónico de la persona que supervisa todo el proceso de inspección.

## **3. Datos del entrevistado**

**3.1)** Indicar cuál es la relación que tiene el entrevistado con la edificación (dueño, empleado, vecino, alquilado, entre otras).

**3.2)** Indicar el nombre y apellido del entrevistado.

**3.3)** Indicar el teléfono del entrevistado.

**3.4)** Indicar el correo electrónico del entrevistado.

## **4. Identificación y ubicación de la edificación**

**4.1)** Indicar el nombre o número de la edificación.

**4.2)** Indicar el número de pisos de la edificación. (Ver figura 2.1)

**4.3)** Indicar el número de semi-sótanos de la edificación.

**4.4)** Indicar el número de sótanos de la edificación.

**4.5)** Indicar el estado o distrito donde se encuentre ubicada la edificación.

**4.6)** Indicar la ciudad donde se encuentre ubicada la edificación.

**4.7)** Indicar el municipio donde se encuentre ubicada la edificación.

**4.8)** Indicar la parroquia donde se encuentre ubicada la edificación.

**4.9)** Indicar la urbanización ó barrio donde se encuentre ubicada la edificación.

**4.10)** Indicar el sector donde se encuentre ubicada la edificación.

**4.11)** Indicar la calle, vereda o número de escalera donde se encuentre ubicada

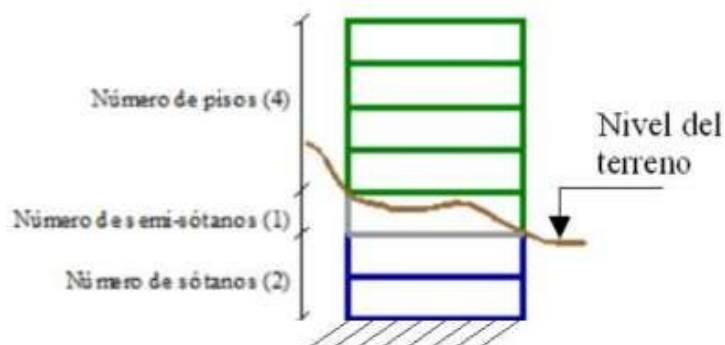
la edificación.

**4.12)** Indicar un punto de referencia cercano a la vivienda.

**4.13)** Indicar la coordenada “X” en metros bajo la proyección UTM. Utilizar el Datum REGVEN. Se requiere un GPS para rellenar este ítem.

**4.14)** Indicar la coordenada “Y” en metros bajo la proyección UTM. Utilizar el Datum REGVEN. Se requiere un GPS para rellenar este ítem.

**4.15)** Indicar el huso en el cual se ubica la edificación, según el sistema UTM.



**Figura 2.1. Número de pisos, semi-sótanos y sótanos**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014

## **5. Uso de la edificación**

Indicar el uso de la estructura inspeccionada marcando con una “x” según corresponda:

- Gubernamental
- Bomberos
- Protección Civil
- Policial
- Militar
- Vivienda popular
- Vivienda unifamiliar
- Vivienda multifamiliar
- Medico asistencial

Educativo  
Deportivo-recreativo  
Cultural  
Industrial  
Comercial  
Oficina  
Religión  
Otro

## **6. Capacidad de ocupación**

**6.1)** Indicar el número de personas que ocupan el inmueble (se deben incluir habitantes, visitantes, empleados, obreros, estudiantes, vigilantes, entre otros).

**6.2)** Marcar con una “x” si la ocupación de la edificación es durante la mañana, tarde o noche.

## **7. Año de construcción**

Indicar el año de construcción en número y marcar con una “x” el rango que corresponda. En caso de no estar seguro del año de construcción de la edificación, se hará su mejor estimación del rango que corresponda y se marca con una “x”.

## **8. Condiciones del terreno**

**8.1)** Indicar con una “x” si la edificación se encuentra en una planicie (pendiente del terreno menor a  $20^\circ$ ), en una ladera, en la base o en la cima de montaña (Ver figura 2.2).

**8.2)** Si la opción en 8.1 es “Ladera” indicar con una “x” si la pendiente del terreno se encuentra entre el rango de  $20^\circ$  a  $45^\circ$  o si es mayor a  $45^\circ$ .

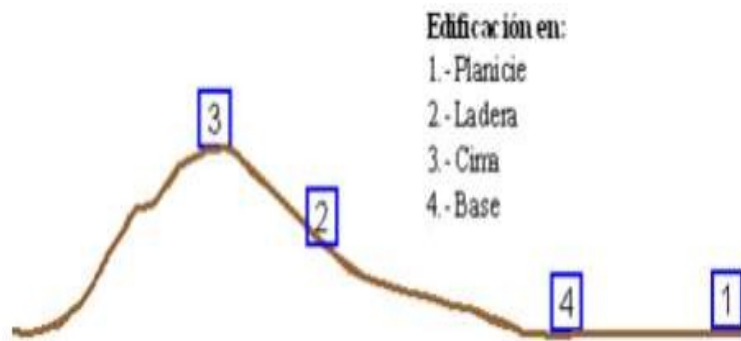
**8.3)** Si la opción en 8.1 es “Ladera” indicar con una “x” la opción “Si” si la edificación se ubica por encima de la mitad superior de la ladera (Distancia menor que  $L/2$  en la Figura 2.3).

**8.4)** Si la opción en 8.1 es “Cima o Base”, indicar con una “x” si la pendiente

del talud más cercano se encuentra entre el rango de  $20^\circ$  a  $45^\circ$  o si es mayor a  $45^\circ$ .

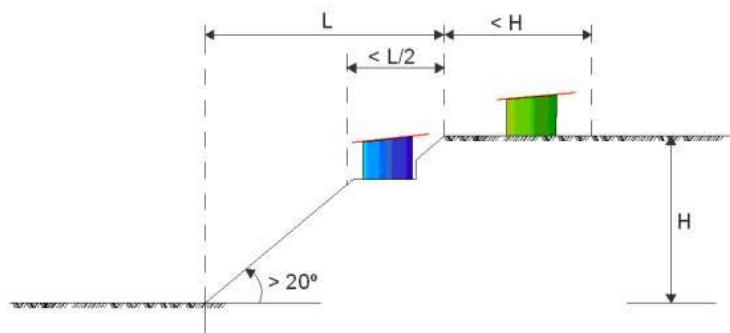
**8.5)** Si la opción en 8.1 es “Cima o Base”, marcar con una “x” si la distancia (D) de separación al talud es menor o mayor que la altura (H) del talud (Figura 2.4).

**8.6)** Indicar con una “x” la opción Si, si existe un sistema de recolección de aguas de lluvia y aguas servidas. En caso contrario indique No (descarga al terreno).



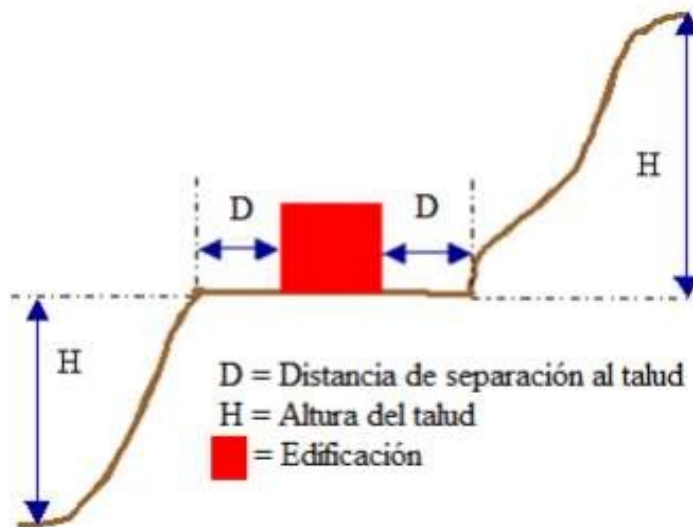
**Figura 2.2. Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014



**Figura 2.3. Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014



**Figura 2.4. Separación al talud**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014

### 9. Tipo estructural

Indicar el Tipo Estructural en 9.1 marcando con una “x” según corresponda. Se puede seleccionar más de una casilla. A continuación, se ilustran diversas tipologías estructurales (Ver figura 2.5).



**Figura 2.5. Tipo de estructura.**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS

### 10. Esquema de planta

Indicar el esquema de la planta de la estructura marcando con una “x” para las distintas formas, (Figura 2.6). Según sea el caso:

Planta en forma “H”

Planta en forma “T”

Planta en forma “U o C”

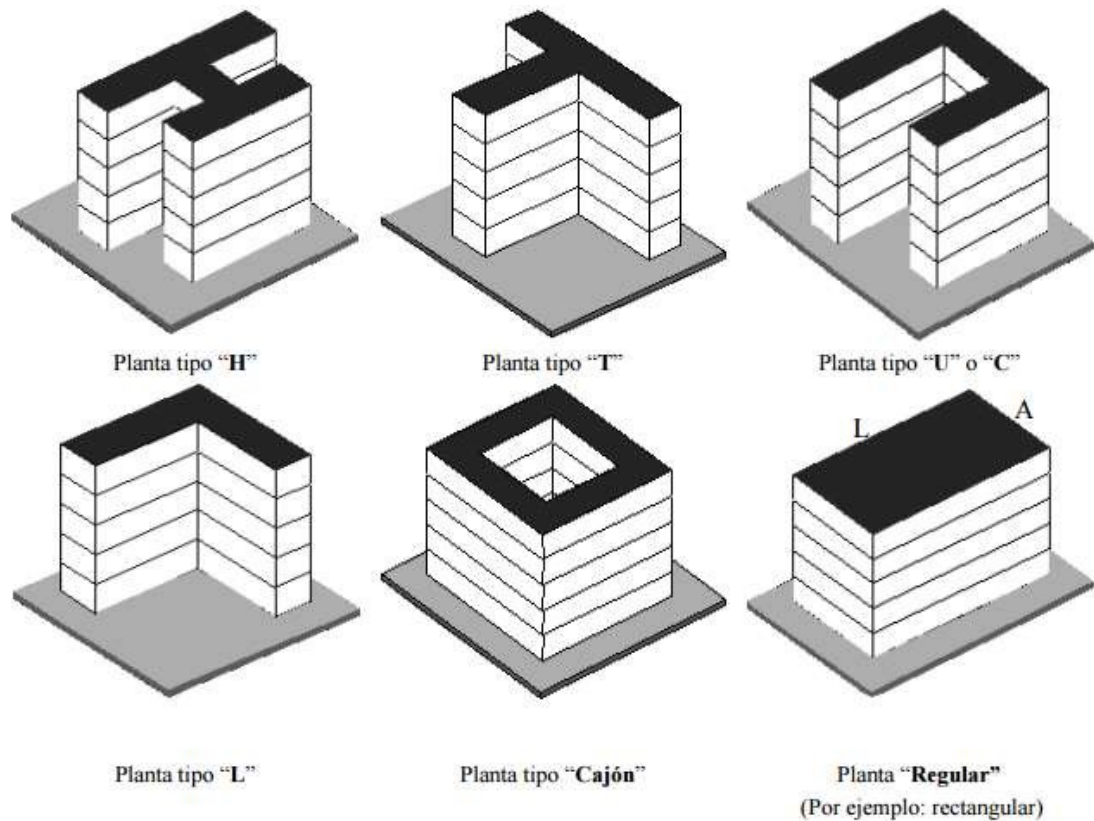
Planta en forma “L”

Planta en forma “Cajón”

Planta en forma "Regular"

Esbeltez horizontal: marque esta opción si  $L/A > 5$ . Si la planta es rectangular se debe determinar las longitudes laterales del edificio, donde “L” es la mayor dimensión lateral de la planta y “A” la menor. Calcular la relación L/A y compararla con el valor 5.

Marque la opción de “Ninguno” en caso de que el esquema de planta de la estructura sea irregular o no esté entre las opciones anteriores.



**Figura 2.6. Esquema en planta.**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014

**Nota:** Es importante verificar la existencia de juntas de construcción en la estructura. Se presupone que en los esquemas de planta mostrados no hay juntas de construcción y existe continuidad entre las diferentes porciones de la edificación.

### 11. Esquema de elevación

Indicar el esquema de elevación de la estructura marcando con una “x” para las distintas formas, según sea el caso:

**Elevación en forma de “T”.**

**Elevación en forma de “Pirámide invertida”**, (Aumento de la masa a medida que aumenta la altura).

**Elevación en forma “Piramidal”** (Disminución de la masa a medida que aumenta la altura).

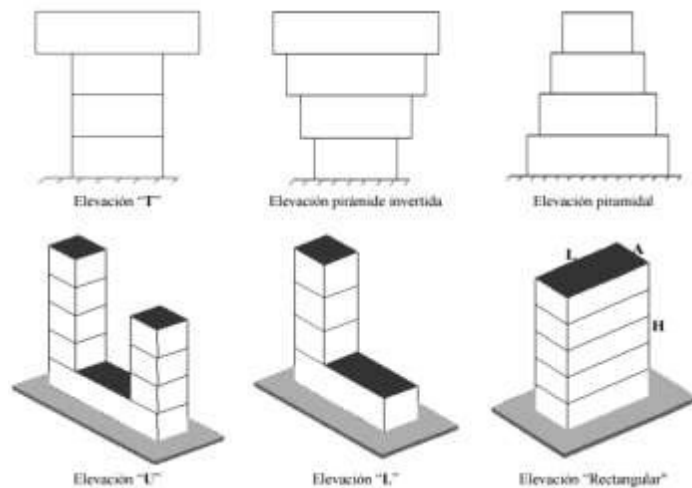
**Elevación en forma de “U”**.

**Elevación en forma de “L”**.

**Elevación de forma “Rectangular”**.

**Esbeltez vertical:** marque esta opción si  $H/A > 4$ . Si el esquema de elevación es rectangular se debe determinar la menor longitud lateral A y la altura del edificio H, calcular la relación A/H y compararla con el valor 4.

Marcar la opción de “Ninguno” en caso de que el esquema en elevación de la estructura sea irregular y no esté entre las opciones que se muestran en la planilla.



**Figura 2.7. Esquema de elevación**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014

## 12. Irregularidades

**12.1)** Indicar con una “x” si no hay vigas altas en una dirección (Ver figura 2.8) o en dos direcciones (Ver figura 2.9).



**Figura 2.8. Ausencia de vigas altas.**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014



**Figura 2.9. Ausencia de vigas altas en las dos direcciones.**

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014

**12.2)** Marcar con una “x” si se comprueba la ausencia de muros en una dirección del edificio, como ocurre en algunos sistemas del tipo túnel.

**12.3)** Marcar con una “x” si el edificio presenta un carácter frágil, correspondiendo a edificios sin capacidad para disipar energía, como las

edificaciones de adobe o de paredes de bloques de concreto o de arcilla que no poseen refuerzo metálico interior ni elementos de confinamiento (columnas, vigas de corona).

**12.4)** Indicar con una “x” si existe un entrepiso blando o débil.

**12.5)** Indicar con una “x” si hay presencia de columnas cortas.

**12.6)** Indicar marcando con una “x” si hay discontinuidad en el eje de las columnas o en paredes portantes o en algún elemento estructural vertical.

**12.7)** Se debe determinar las longitudes laterales de la losa y las longitudes de las aberturas y calcular las áreas. Si la suma de las áreas de Ah) es mayor al 0,20 del área de la losa (A) marcar con una “x”, en caso contrario no marcar.

**12.8)** Si se comprueba la existencia de masas concentradas, muros estructurales, paredes, núcleo de ascensores, núcleo de escaleras u otro, excéntricas en la estructura, que generen asimetría de masas y/o rigideces, marcar con una “x”, en caso contrario dejar la opción en blanco.

**12.9)** Si existe adosamiento entre edificaciones marcar con una “x” si las losas de entrepiso se encuentran a la misma altura.

**12.10)** Si existe adosamiento entre edificaciones marcar con una “x” si las losas de entrepiso se encuentran a distintas alturas.

**12.11)** Si una edificación está adosada a otra adyacente, medir y anotar la separación en centímetros entre ambas. Esta situación de adosamiento entre edificaciones puede presentarse entre dos módulos de la misma edificación separados por juntas de construcción.

### **13. Grado de deterioro**

**131)** Estructura de concreto armado. Si se observa en los elementos estructurales, presencia de grietas al menos de 2 mm de espesor o corrosión avanzada en los aceros de refuerzos escoger la opción Severo marcando con una “x”. En caso que las grietas y la corrosión de los aceros sean menores marcar la opción Moderado, si no observa ningún daño marcar la opción Ninguno.

**132)** Estructuras de acero. Si se observa en los elementos estructurales pandeo, fractura en las conexiones o corrosión avanzada, marcar con una “x” la opción Severo. Si se observa corrosión de menor grado en los elementos estructurales marcar la opción Moderado, si no observa ningún daño marcar Ninguno.

**133)** Si las grietas en la tabiquería son mayores a 2 mm marcar con una “x” la opción severo, si son menores marcar la opción Moderado, si no hay grietas marcar la opción Ninguno.

**134)** Si no hay indicios de deterioro, humedad o filtraciones, marcar la opción Bueno. Si existen numerosos indicios, marcar la opción Bajo. En situaciones intermedias marcar la opción Regular.

### **14. Observaciones**

Indicar si la estructura ha sufrido algún tipo de modificaciones y/o ampliaciones tanto en el sentido horizontal como en el vertical.

Indicar el número de módulos que conforman la instalación.

Indique cualquier aspecto resaltante que considere importante.

### **15. Croquis de ubicación, fachada y planta**

Realizar los croquis de ubicación, fachada y de la planta del módulo a levantar.

**Croquis de ubicación:** En este croquis se debe mostrar la distribución de cada

módulo de la instalación. Viene a ser una vista aérea del conjunto con respecto al terreno, se deben enumerar los módulos e indicar el norte.

**Croquis de fachada:** Se debe dibujar la fachada principal en el plano compuesto por los ejes “Z” y “X”, y una fachada lateral en el plano “Z” y “Y”. Identificar el número de cada fachada según el croquis de planta.

En los croquis de fachada se deben identificar:

El nivel del terreno con respecto a la edificación.

Los pisos, sótanos, y semi-sótanos respecto al terreno.

Concentración de masas en el techo (tanques).

**Croquis de planta:** En este croquis se deben representar la forma de la planta, la ubicación de los elementos estructurales, núcleo de circulación vertical (módulo de escaleras o ascensores), entrada al edificio y el adosamiento con otras estructuras. Indicar el número de las fachadas: La fachada principal es la número uno (1) y las otras se enumeran en sentido anti-horario.

#### **16.) Memoria fotográfica de la edificación inspeccionada**

La inspección debe contar con un registro fotográfico de las características básicas de la edificación. En particular las fotografías a tomar son las siguientes:

Fachadas

Identificación del edificio

Condiciones del terreno

Taludes cercanos

Tipo Estructural

Elementos estructurales

Losas

Juntas

Nodo o conexiones

Irregularidades

Grado de deterioro

### **2.2.17 Índice de Vulnerabilidad y priorización.**

El Índice de Priorización (IP) se calcula a partir de la ecuación 2.5

$$I_P = I_A \cdot I_V \cdot I_I \quad (\text{Ec.2.5})$$

Dónde:

$I_A$ : Índice de amenaza

$I_V$ : Índice de Vulnerabilidad

$I_I$ : Índice de importancia

El índice de amenaza puede variar entre 0,05 y 1,00, el índice de vulnerabilidad entre 6,0 y 100 y el índice de importancia entre 0,80 y 1,00. El índice de priorización puede variar entre 1 y 100. El producto  $I_A \cdot I_V$  representa el Índice de Riesgo ( $I_R$ ) de la edificación.

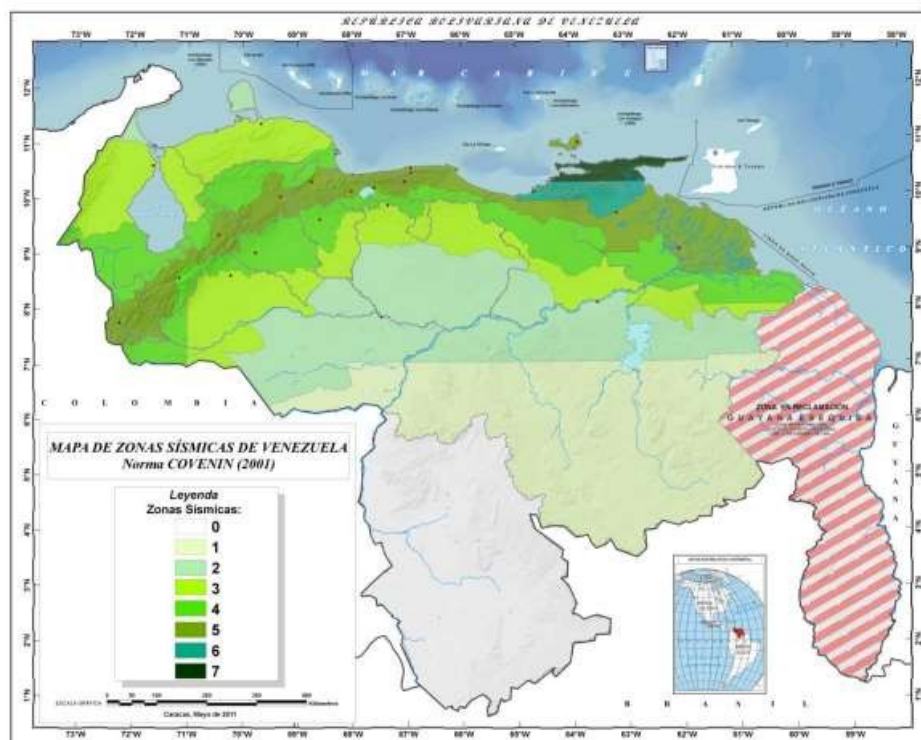
#### **Índice de la amenaza ( $I_A$ )**

Los valores estipulados en la Tabla 2.5 describen el Índice de Amenaza Sísmica ( $I_A$ ), en cada una de las zonas establecidas en la Norma COVENIN 1756-2001 asignándole un valor de  $I_A=1$  a la Zona 7, la de mayor amenaza del país, los valores de  $I_A$  en las otras zonas guardan la misma proporción que tienen los valores de la aceleración del terreno en las diferentes zonas de dicha norma con respecto a la Zona 7. (Ver Figura 2.10).

**Tabla 2.5.** Índice de amenaza según la zona sísmica.

Zona	Peligro Sísmico	$A_0$ (Covenin, 2001)	$I_A$	
			Sin efectos topográficos	Con efectos topográficos
7	Elevado	0,40	0,90	1,00
6		0,35	0,80	0,88
5		0,30	0,68	0,75
4	Intermedio	0,25	0,56	0,63
3		0,20	0,45	0,50
2	Bajo	0,15	0,34	0,38
1		0,10	0,23	0,25
0		-	0,05	0,05

Fuente: FUNVISIS (2009)



**Figura 2.10.** Mapa de zonificación sísmica

Fuente: FUNVISIS (2009)

Se consideran efectos topográficos cuando la construcción esté localizada sobre la mitad superior ( $L/2$ ) de una ladera con pendiente mayor a 20 grados (aproximadamente 36%), o en la zona de la cima que está a una distancia de la cresta

menor a la altura (H) de la ladera. Los valores del índice de amenaza  $I_A$  sin efectos topográficos se incrementan en aproximadamente un 10% al incluir los efectos topográficos, de manera de considerar de forma aproximada las amplificaciones que pueden ocurrir en esas circunstancias.

### Índice de Vulnerabilidad ( $I_V$ )

El Índice de Vulnerabilidad ( $I_V$ ) está dado por la ecuación 2.6:

$$I_V = \sum_{i=1}^6 \alpha_i I_i \quad (\text{Ec.2.6})$$

Dónde:

$I_i$  es el Índice de la Vulnerabilidad específica “i” y  $\alpha_i$  es su peso relativo tal como se describe en la Tabla 2.6. Cada índice  $I_i$  tiene una cota superior de 100 por lo que el Índice de Vulnerabilidad ( $I_V$ ) está también acotado a 100.

**Tabla 2.6.** Índices de Vulnerabilidad y pesos relativos ( $\alpha_i$ )

$I_i$	Vulnerabilidad asociada a:	$\alpha_i$
$I_1$	Antigüedad y norma utilizada	0,25
$I_2$	Tipo estructural	0,35
$I_3$	Irregularidad	0,25
$I_4$	Profundidad del depósito	0,07
$I_5$	Topografía y drenajes	0,04
$I_6$	Grado de deterioro	0,04

Fuente: FUNVISIS (2009)

#### a) Índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad ( $I_1$ )

El índice de vulnerabilidad  $I_1$  atiende a la edad de la construcción y a la norma de diseño utilizada. En la selección de estos valores se ha tomado en cuenta la mayor vulnerabilidad de las construcciones hechas con normas antiguas las cuales poseen menor resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía que las diseñadas con las normas modernas (Hernández, 2009; Coronel y López, 2011).

El valor de  $I_1$  de la Tabla 2.7 tiene un máximo de 100 para las

edificaciones construidas antes de la primera norma del MOP de 1939. El valor de 90 para las construidas en el período 1955-1967 toma en cuenta que la Norma MOP 1955 la cual introdujo requerimientos sismorresistentes menos exigentes que las normas precedentes. El mayor valor de  $I_1$  en las construcciones hechas con la norma 2001 en relación a las hechas con la norma de 1998 se debe a la reducción de algunos valores espectrales en la norma más reciente. Se seleccionará un único valor de  $I_1$  para cada edificación. Si una edificación ha sido construida con diferentes normas, se seleccionará aquella que tenga el mayor índice.

**Tabla 2.7.** Índice de amenaza según año de construcción

<b>Año de Construcción (t)</b>	$t \leq 1939$	$1939 < t \leq 1947$	$1947 < t \leq 1955$	$1955 < t \leq 1967$	$1967 < t \leq 1982$	$1982 < t \leq 1998$	$1998 < t \leq 2001$	$t > 2001$
<b><math>I_1</math></b>	100	80	80	90	60	30	10	15

Fuente: FUNVISIS (2009)

**b) Índice de vulnerabilidad asociado al tipo estructural ( $I_2$ )**

En la Tabla 2.8 se presentan los valores de  $I_2$  para quince tipos estructurales de uso común en el país. Para cada edificación se seleccionará un único valor de  $I_2$ . En caso de que una edificación posea más de un tipo estructural, se recomienda asignarle el índice del tipo predominante o en todo caso asignarle el mayor valor de  $I_2$ .

**Tabla 2.8.** Valores del índice de vulnerabilidad asociado al tipo estructural ( $I_2$ )

Identificación del Tipo estructural		Descripción	$I_2$
1	PCA	Pórticos de concreto armado <sup>(a)</sup>	25
2	PCAP	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	40
3	MCA2D	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	10
4	MCA1D	Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel	90
5	PA	Pórticos de acero	40
6	PAPT	Pórticos de acero con perfiles tubulares	60
7	PAD	Pórticos de acero diagonalizados	20
8	PAC	Pórticos de acero con cerchas	40
9	PRE	Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos	90
10	MMC	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	70
11	MMNC	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada <sup>(b)</sup>	100
12	PMBCB	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos <sup>(b)</sup>	90
13	PMBCA	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos <sup>(b)</sup>	95
14	VB	Viviendas de bahareque de un piso	90
15	VCP	Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)	100

Fuente: FUNVISIS (2009)

En esta estructura las paredes no interfieren con el desplazamiento lateral del pórtico y tienen estabilidad propia para movimientos en su plano y fuera de su plano.

Son aquellas construcciones típicas de los barrios de Caracas que han sido construidas sin diseño de ingeniería formal y sin seguimiento de normas técnicas.

**c) Índice de vulnerabilidad asociado a la irregularidad ( $I_3$ )**

Este índice tiene como finalidad modificar la vulnerabilidad intrínseca de una edificación, aumentándola en aquellas que poseen irregularidades geométricas o deficiencias estructurales significativas que condicionan su desempeño sísmico. En la Tabla 2.9 se definen once (11) irregularidades que son ampliamente reconocidas a nivel internacional como potenciadoras de respuestas sísmicas desfavorables.

En el tipo estructural denominado sistema con muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección (MCA1D), encontrado en

algunas construcciones del tipo túnel, se le debe asignar la irregularidad definida por la ausencia de vigas altas en una o dos direcciones ( $j=1$  en la Tabla 2.9) que caracteriza estas edificaciones.

En la irregularidad  $j = 9$  se considera que una edificación está adosada a otra adyacente cuando la separación entre ellas es menor al valor  $S$  indicado en la Tabla 2.10.

Si ese es el caso, se deberá seleccionar una de las dos situaciones posibles denominadas (a) y (b), las cuales corresponden al caso de que las losas estén a la misma altura (contacto losa-losa) o al caso de que estén a diferentes alturas (contacto losa-columna), respectivamente. En el caso de que existiese adosamiento en más de una fachada del edificio, se selecciona la más desfavorable.

**Tabla 2.9.** Valores del índice de vulnerabilidad asociado a irregularidades ( $I_3$ )

<b>j</b>	<b>Descripción de la irregularidad</b>	<b><math>I_{3j}</math></b>	
1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	40	
2	Ausencia de muros en una dirección, como ocurre en algunos sistemas del tipo túnel.	80	
3	Edificios de carácter frágil, sin capacidad para disipar energía, como lo son las edificaciones de adobe o de paredes de bloques que no poseen refuerzo metálico interior ni elementos de confinamiento (columnas, vigas de corona)	100	
4	Presencia de al menos un entrepiso blando o débil	50	
5	Presencia de columnas cortas	30	
6	Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes	30	
7	Aberturas significativas en losas	10	
8	Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o esquemas de elevación del tipo L <sup>(1)</sup>	20	
9	Adosamiento a edificio adyacente:	(a) Losa contra losa	10
		(b) Losa contra columna	20
10	Planta de forma I, H, T, U, C o similar, sin presencia de juntas, o esbeltez excesiva horizontal	10	
11	Masas que crecen significativamente con la elevación (Tipo T o pirámide invertida) o esbeltez excesiva vertical	10	

**Fuente:** FUNVISIS (2009)

**Tabla 2.10.** Separación entre edificaciones

Número de pisos	Separación con la edificación vecina S (cm)
1-2	14
3-5	30
6-10	70
11-15	100
>15	140

Fuente: FUNVISIS (2009)

**d) Índice de vulnerabilidad asociado a la profundidad del depósito ( $I_4$ )**

El índice  $I_4$  permite tomar en cuenta el aumento en la vulnerabilidad de una edificación alta que se encuentre fundada sobre sedimentos de gran profundidad, generando respuestas sísmicas desfavorables.

**Tabla 2.11.** Valores del índice de vulnerabilidad asociado a la profundidad del depósito ( $I_4$ ).

Situaciones de aplicación	$I_4$
Edificios con un número de pisos mayor que 6 pisos y localizados en depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros	100
Otros casos	0

Fuente: FUNVISIS (2009)

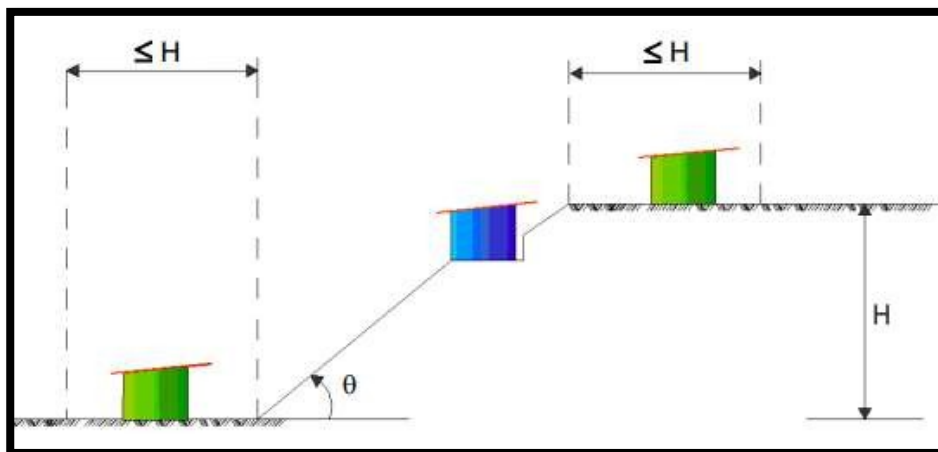
**e) Índice de vulnerabilidad asociado a la topografía y drenajes ( $I_5$ )**

El índice  $I_5$  atiende a identificar situaciones de vulnerabilidad asociadas a construcciones hechas en laderas o cerca de éstas, debido a una potencial falla de estabilidad en taludes no protegidos por obras de contención. En la Tabla 2.12 se presentan los valores de  $I_5$  cuya selección depende de los valores del ángulo de inclinación  $\theta$  de la ladera, de la altura H de la ladera y de la distancia D que se definen en la Figura 2.11. El máximo valor del índice  $I_5$  es 100. Se reconoce igualmente en la Tabla 2.12 el aumento en la vulnerabilidad cuando la edificación está localizada en una zona sin drenajes de aguas.

**Tabla 2.12.** Valores del índice de vulnerabilidad asociado a la topografía y a los drenajes.

		Características	$I_s$
Localización de la construcción	Construcción sobre planicie		0
	Construcción sobre ladera con pendiente de ángulo $\theta$ dada por:	Entre $20^\circ$ y $45^\circ$	50
		$\geq 45^\circ$	80
	Construcción sobre la cima o en la base de la ladera de pendiente $\theta \geq 20^\circ$ , a una distancia D:	Menor o igual a H	80
Mayor a H		0	
Existencia de drenajes		Si	0
		No	20

**Fuente:** Informe técnico FUNVISIS 2014



**Figura 2.11.** Construcciones considerando vulnerabilidad asociada a la topografía

**Fuente:** FUNVISIS (2009)

**f) Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro ( $I_6$ )**

En la Tabla 2.13 se muestran los valores de asignados a diferentes grados de deterioro del edificio, penalizando con los mayores valores a la existencia de corrosión del acero y al agrietamiento estructural. A efectos de calificar el grado de deterioro de la estructura se seleccionará un único valor entre las opciones (a) y (b). En el caso de una edificación mixta que tuviese estructuras

de concreto y de acero, se seleccionará el mayor valor entre las opciones (a) y (b). El máximo valor posible para  $I_6$  es 100.

**Tabla 2.13.** Valores del índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro ( $I_6$ )

Componente	Grado de deterioro	$I_6$	
Estructura	(a) <b>Estructura de concreto:</b> Agrietamiento en elementos estructurales de concreto armado y/o corrosión en acero de refuerzo	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
	(b) <b>Estructura de acero:</b> Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo de elementos	Severo	70
		Moderado	35
		Ninguno	0
Paredes	Agrietamiento en paredes de relleno	Severo	20
		Moderado	10
		Ninguno	0
Todos	Estado general de mantenimiento	Bajo	10
		Regular	5
		Bueno	0

Fuente: FUNVISIS (2009)

### El Índice de Importancia ( $I_I$ )

Tiene como finalidad incorporar dentro del proceso de priorización el uso de la construcción y el número de personas expuestas durante un terremoto. Se asignan índices mayores a aquellas construcciones esenciales, las cuales deben mantener su nivel de operación durante la ocurrencia de un sismo, como pueden ser los hospitales y centros de salud, escuelas que sirven de refugio temporal y otras. Por otro lado, se diferencia también entre edificaciones que aun teniendo el mismo uso y la misma vulnerabilidad estructural, pueden dar lugar a pérdidas distintas si difieren significativamente en el número de personas que las ocupan.

Con un enfoque similar, el uso de la construcción y el número de personas expuestas es tomado en cuenta en la definición de los niveles de amenaza sísmica

exigidos en el diseño de estructuras en diversas normas tales como COVENIN 1756 (COVENIN 2001) y JA-221 (PDVSA 1998). Las construcciones se clasifican según su uso en alguno de los tres grupos definidos en el cuadro de la Figura 2.12. Los valores de índice de importancia se muestran en la Tabla 2.14 en función del uso del edificio y del número (N) de personas expuestas u ocupantes de la edificación a ser evaluada.

<b>Grupo</b>	<b>Uso del edificio</b>
A1	Hospitales y centros de salud, estaciones de bomberos y de protección civil
A2	Cuarteles de policía, edificios de asiento del gobierno local, regional o nacional, edificios educacionales, construcciones patrimoniales de valor excepcional, centrales eléctricas, subestaciones de alto voltaje y de telecomunicaciones, plantas de bombeo, depósitos de materias tóxicas o explosivas y centros que utilicen materiales radioactivos, torres de control, centros de tráfico aéreo. Edificaciones que albergan instalaciones esenciales, de funcionamiento vital en condiciones de emergencia o cuya falla pueda dar lugar a cuantiosas pérdidas económicas. Edificios que contienen objetos de valor excepcional, como ciertos museos y bibliotecas. Edificaciones que puedan poner en peligro algunas de las de los Grupos A1 y A2.
A3	Todas aquellas edificaciones no contenidas en los grupos A1 y A2 tales como viviendas, edificios de apartamentos, de oficinas, comerciales, hoteles, bancos, restaurantes, cines, teatros, almacenes y depósitos.

**Figura 2.12. Cuadro de la clasificación según el uso del edificio**

**Fuente:** FUNVISIS (2009)

**Tabla 2.14. Valores del índice de Importancia ( $I_I$ )**

<b>Uso del edificio</b>	<b>N ≤ 10</b>	<b>10 &lt; N ≤ 100</b>	<b>100 &lt; N ≤ 500</b>	<b>500 &lt; N ≤ 1000</b>	<b>N &gt; 1000</b>
A1	0,90	0,92	0,95	0,97	1
A2	0,85	0,87	0,90	0,93	0,95
A3	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90

**Fuente:** FUNVISIS (2009)

### **13 Bases Legales**

Toda persona tiene el derecho de gozar con un lugar digno y habitable, tal cual como lo establece la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000), que en su Capítulo V denominado “De los Derechos Sociales y de la Familia”, y específicamente el Artículo 82 establece lo siguiente:

Al mismo tiempo, se considera a la Ley Orgánica de los Consejos Comunales (2006), que tiene por objeto regular la constitución, conformación, organización y funcionamiento de los consejos comunales, como una instancia de participación para el ejercicio directo de la soberanía popular y su relación con los órganos y entes del Poder Público para la formulación, ejecución, control y evaluación de las políticas públicas, así como los planes y proyectos vinculados al desarrollo comunitario.

Por otra parte, en materia de gestión de riesgo, se considera la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (2009), la cual tiene por objeto conformar y regular la gestión integral de riesgos socio-naturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estadal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socio-naturales y tecnológicos.

Es importante resaltar los avances en la ingeniería estructural y sismorresistente al día de hoy, por lo que este trabajo se fundamenta, al igual que en las leyes mencionadas anteriormente, en las normas venezolanas COVENIN, entre las cuales tienen mayor relevancia las siguientes:

**COVENIN 1756:2001 - Edificaciones Sismorresistente:** en esta norma se establece que una estructura debe cumplir con los siguientes requerimientos de un diseño sismorresistente:

1. Las estructuras no deben sufrir daños bajo la acción de sismos menores. Deben resistir sismos moderados con algunos daños, económicamente reparables en elementos no estructurales.
2. Deben resistir sismos intensos sin colapsar, aunque presenten daños estructurales importantes (COVENIN, 2001).

**COVENIN 3661:2001 – Gestión de Riesgos, Emergencias y Desastres:** revela una lista de diferentes términos usados en la gestión de riesgos, emergencias y desastres relacionados con eventos de cualquier naturaleza (COVENIN, 2001a).

**COVENIN 3810:2003 – Realización de Simulacros:** establece los lineamientos generales y elementos necesarios para la realización de simulacros en cualquier edificación pública o privada, con la participación de entes nacionales, regionales y/o locales (COVENIN, 2003).

#### **14 Definición de terminos básicos**

**Acción sísmica:** Acción accidental debida a la ocurrencia de sismos, la cual incorpora los efectos traslacionales y los rotacionales respecto al eje vertical.

**Aceleración de diseño:** Valor de la aceleración del terreno para el diseño sismorresistente de obras de ingeniería.

**Cedencia:** Condición del sistema resistente a sismos, caracterizada por aumentos considerables de los desplazamientos, para pequeños incrementos del cortante basal.

**Centro de cortante:** Punto donde actúa la fuerza cortante en un nivel, considerando que las fuerzas horizontales en cada nivel actúan en los centros de masa respectivos.

**Centro de rigidez de un nivel:** Punto del nivel donde al aplicar una fuerza cortante horizontal, el nivel se traslada sin rotar respecto al nivel inferior.

**Coficiente de aceleración horizontal:** Cociente de la aceleración horizontal máxima entre la aceleración de la gravedad.

**Coefficiente de amortiguamiento:** Mide el amortiguamiento de la estructura como una fracción (generalmente expresada en porcentaje) del amortiguamiento crítico.

**El amortiguamiento crítico:** es el valor límite por encima del cual el movimiento libre de la estructura no es vibratorio.

**Demanda de ductilidad:** Cociente entre el máximo valor del desplazamiento alcanzado por un sistema durante su respuesta sísmica y el desplazamiento cedente.

**Ductilidad:** Capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable en su capacidad resistente.

**Espectro de diseño:** Espectro que incorpora el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos adoptado.

**Espectro de respuesta:** Representa la respuesta máxima de osciladores de un grado de libertad y de un mismo coeficiente de amortiguamiento, sometidos a una historia de aceleraciones dada, expresada en función del período.

**Excentricidad accidental:** Valor adicional a la excentricidad estática que toma en cuenta los efectos debidos a: irregularidades en la distribución de masas y rigideces, y a la excitación rotacional del terreno.

**Excentricidad dinámica:** Cociente entre el momento torsor proveniente de un análisis dinámico con tres grados de libertad por nivel, calculado respecto al centro de rigidez, y la fuerza cortante en ese nivel.

**Excentricidad estática:** Distancia entre la línea de acción de la fuerza cortante y el centro de rigidez.

**Factor de reducción de respuesta:** Factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño.

**Fuerzas de diseño:** Fuerzas que representan la acción sísmica sobre la edificación o sus componentes; están especificadas a nivel de cedencia.

**Momento torsor:** Suma de los pares torsores en cada nivel por encima del nivel considerado, incluido éste, más el momento torsor normal a ese nivel, producto de la fuerza cortante del nivel multiplicada por su excentricidad.

**Movimientos de diseño:** Movimientos del terreno seleccionados en forma tal que su probabilidad de excedencia sea suficientemente pequeña durante la vida útil de la edificación; están caracterizados por sus espectros de respuesta.

**Nivel de diseño:** Conjunto de requisitos normativos asociadas a un determinado factor de reducción de respuesta, que se aplica en el diseño de miembros del sistema resistente a sismos, tipificados en esta norma.

**Radio de giro inercial:** Es la raíz cuadrada del cociente entre la inercia rotacional respecto al centro de cortante y la masa, para cada planta de la edificación.

**Radio de giro torsional:** Es la raíz cuadrada del cociente entre la rigidez torsional respecto al centro de cortante y la rigidez lateral en la dirección considerada, para cada planta de la edificación.

**Resistencia lateral de un entrepiso:** Es la suma de las máximas fuerzas cortantes que puedan ser transmitidas por los miembros de ese entrepiso.

**Rigidez lateral de un entrepiso:** Resultado de dividir la fuerza cortante y la diferencia de desplazamientos laterales elásticos entre los dos pisos del entrepiso en consideración.

**Sistema resistente a sismos:** Parte del sistema estructural que se considera suministra a la edificación la resistencia, rigidez y ductilidad necesarias para soportar las acciones sísmicas.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Para poder desempeñar el propósito de la investigación que se fundamenta principalmente en el análisis de la vulnerabilidad estructural, es preciso conocer la metodología empleada, ya que la misma le da credibilidad y avala los resultados obtenidos al poder comprobarlos. Balerstrini (2008), concreta el marco metodológico como “La instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real (pág. 125). Así mismo, al interpretar el concepto antes mencionado, se procede al desarrollo, con el cual se especifica paso a paso las variables de estudio y el área en que se desarrollan.

#### **3.1 Diseño de la investigación**

Al realizar cualquier trabajo de investigación es importante establecer un plan que refleje claramente mediante qué procedimientos se cumplirán los objetivos de la misma. El autor Arias (2006) señala el diseño de la investigación como “La estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado” (pag.26). Fideas G. Arias enuncia que “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables alguna” (2012), es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.

Para el diseño de la investigación se consideró una metodología cuantitativa, lo cual permitió examinar los datos dependiendo de las condiciones o características de las mismas. Esta se orienta sobre cómo se va a realizar la investigación, desde la recopilación de la información necesaria, hasta el análisis e interpretación de los datos obtenidos.

### **3.2 Nivel de la investigación**

Basándose en la metodología investigativa que precede este trabajo de grado, se clasifica como una investigación de tipo descriptiva. Fidiás G. Arias (2012), denota: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere (pag.24). Se puede concluir que la presente es una investigación de tipo descriptiva ya que busca analizar un conjunto de resultados obtenidos mediante la recolección de datos, todo esto con la intención de cumplir con los objetivos propuestos.

El nivel de investigación está asociado a la profundidad del estudio que se está realizando, para poder conferir resultados con veracidad es necesario que el mismo abarque todo lo concerniente a la estructura del edificio, es decir, al análisis de todo el conjunto de los elementos que conforman la superestructura, como lo son las losas, las vigas y las columnas, y a partir del análisis comparativo del diseño real con el diseño proporcionado por el software de cálculo, poder establecer una conclusión de la vulnerabilidad estructural, recordando que esta es una variable importante del riesgo sísmico.

### **3.3 Población y muestra**

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2001), la población “Es la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (pág. 92). En la presente investigación la población será el edificio Nro. 4 de la Universidad José

Antonio Páez, mientras que la muestra la constituye el módulo 2 de dicho edificio.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el proceso de desarrollo del presente trabajo, tuvo primordial importancia el modo de recopilación de datos necesarios para su correcta ejecución, en relación a esto, Arias (1998) define las técnicas e instrumentos de recolección de datos como: “Los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar información”. Retomando la expresión de Ramírez (2007), este define las técnicas de recolección de datos como el “Procedimiento más o menos estandarizado que se ha utilizado con éxito en el ámbito de la ciencia” (pag.157).

Para esta investigación, se recopiló una serie de datos secundarios obtenidos de la dirección de planta física de la Universidad Jose Antonio Paez, mientras que la aplicación del método simplificado de FUNVISIS se realizó a partir de la planilla de inspección suministrada por el departamento de ingeniería de esta fundación.

The image shows a complex inspection form with multiple sections and checkboxes. The title is 'PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES'. It includes fields for 'Fecha', 'Hora', 'Código', 'Nombre', 'Dirección', and 'Categoría'. There are also sections for 'Características y descripción de la edificación' and 'Criterios de inspección'. The form is organized into several columns and rows, with many small boxes for data entry and checkboxes for specific criteria.

**Figura 3.1. Planilla de Metodología FUNVISIS.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018)

La información necesaria se recopiló en las tablas a continuación:

Propiedades de los materiales

Descripción geométrica y configuración de ejes (Principales y auxiliares)

Dimensiones y características de secciones de los elementos estructurales y tabiquería

De esta manera, para la inspección del edificio la técnica de recolección de datos utilizada se basa en la observación directa. Arias (1999), indica que la observación directa consiste “En visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación pre-establecidos”.

### **3.5 Fases metodológicas**

El proceso investigativo se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos, los cuales fueron establecidos, con orden lógico, según el procedimiento secuencia, esta serie de pasos están conformados por:

#### **Fase I: Analizar la geometría de la edificación.**

Una vez obtenidos los planos proporcionados por el departamento de planta física, se determinarán las irregularidades geométricas que pueda presentar la configuración geométrica del edificio, así como también, se obtendrán datos de las secciones típicas de la edificación Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez.

#### **Fase II: Determinar las condiciones límites del análisis dinámico de la edificación, basándose en la norma venezolana COVENIN 1756-01 (norma sismorresistente) y ACI318-14.**

Se determinarán las condiciones límites presentadas por la norma sismorresistente venezolana y la ACI 318-14 para su posterior comparación con los resultados a obtener en las fases siguientes.

#### **Fase III: Comprobar la estructura mediante el uso de un software de cálculo estructural.**

Una vez registradas las secciones típicas de la edificación y su geometría total, se procederá a elaborar un modelo matemático en un software de cálculo estructural con el cual se determinarán todos los parámetros necesarios para la evaluación de dicha estructura.

**Fase IV: Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 3 del edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez mediante la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS.**

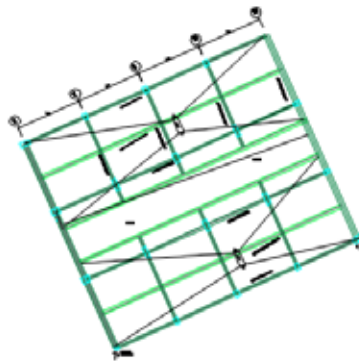
A través de la metodología propuesta por FUNVISIS, se realizará una inspección de todos los puntos a tratar por dicha metodología y se determinará el índice de vulnerabilidad de la edificación para ser comparada con otras que posean características similares.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

#### 1. Analizar la geometría de la edificación.

Para este trabajo de grado se optó como edificación de estudio, la Universidad “José Antonio Páez” ubicada en el Municipio San Diego Estado Carabobo. Realizando un análisis de la geometría en planta del módulo, de acuerdo a los planos del Departamento de Planta Física, se pudo observar que posee una geometría completamente regular, debido a que los pórticos dispuestos tanto en la dirección X como en Y presentan ortogonalidad entre sí, tal como se presenta en la figura 4.1.



**Figura 4.1. Vista de planta del nivel planta baja.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018)

#### 4.1.1. Definición de propiedades mecánicas de los materiales

De acuerdo a la data de planos y memoria descriptiva del módulo 2, en el Departamento de Planta Física de la Universidad José Antonio Páez; se establecieron las propiedades mecánicas de cada material utilizado en la construcción de la superestructura; obteniéndose las siguientes propiedades de los materiales: Tensión Cedente  $F_y = 4200 \text{ Kg}f \text{ cm}^2$ , resistencia a compresión cilíndrica del concreto

$f'c = 250 \text{ Kg}f \text{ cm}^2$  y módulo de elasticidad del concreto de acuerdo a lo establecido en FONDONORMA 1756-2006. (Ver tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Definición de propiedades mecánicas

Propiedades del material	Valor expresado en $\text{Kg}f \text{ cm}^2$
Resistencia a compresión cilíndrica del concreto ( $f c$ )	250
Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )	238752
Tensión de cedencia del acero ( $F_y$ )	4200

**Fuente:** Departamento de Planta Física (2003)

#### 4.1.2 Configuración Geométrica

La configuración geométrica de la super estructura se obtuvo mediante los planos data de la Dirección de Planta Física, la misma fue validada posteriormente con una inspección en campo, detallada y ordenada.

En la tabla 4.2 se presenta la cantidad pórticos que dispuestos tanto en la dirección del eje coordenado "X" y "Y" respectivamente y en la tabla 4.3 las dimensiones de cada uno de ellos.

**Tabla 4.2.** Descripción geométrica

Descripción geométrica de pórticos	Cantidad
Pórticos en dirección "X"	4
Pórticos en dirección "Y"	5
Número de niveles	7
Altura de entrepisos (m)	3.84
Altura total de la edificación (m)	26.88

**Fuente:** Departamento de Planta Física (2003)

**Tabla 4.3.** Configuración de pórticos de ejes principales.

Configuración de los pórticos		
Pórtico	Longitud (m)	Eje
7	27	Y
8	27	Y
9	27	Y
10	27	Y
11	27	Y
A	32	X
B	32	X
C	32	X
D	32	X

**Fuente:** Departamento de Planta Física (2003)

**Tabla 4.4.** Configuración de ejes auxiliares.

Configuración de los Ejes Auxiliares		
Ejes	Longitud (m)	Dirección
A'	32	X
C'	32	X

**Fuente:** Departamento de Planta Física (2003)

#### **Dimensiones de las secciones tipo y tabiquería.**

A partir de la data suministrada por el Departamento de Planta Física, se realizó un registro de las dimensiones de los elementos estructurales (losas, vigas y columnas) existentes en la edificación, a partir de los planos arquitectónicos se obtuvieron las características de los bloques de arcilla de  $e=15\text{cm}$  revestidos a ambas caras. (Ver tablas 4.5 y 4.6).

**Tabla 4.5.** Dimensiones de secciones tipo

Eje	Columnas (cm)	Vigas (cm)
7	50x50	40x70
	50x60	
	50x70	
	50x80	
8	50x50	
	50x60	
	50x70	
	50x110	
	50x120	
	50x130	
	50x140	
9	50x50	
	50x60	
	50x60	
	50x70	
	50x80	
	50x110	
	50x120	
	50x130	
	50x140	
	60x70	
10	50x110	
	50x120	
	50x130	
	50x140	
	50x50	
	50x60	
	50x70	
	50x80	
11	50x50	
	50x60	
	50x70	
	50x80	

**Fuente:** Departamento de Planta Física (2003)

**Tabla 4.6.** Dimensiones de secciones tipo

Dimensiones de losas		
Ubicación	Tipo	Espesor (cm)
Losas de entresijos	Nervada	25
Losas de techo	Nervada	25

**Fuente:** Departamento de Planta Física (2003)

#### **4.1.3. Inspección en sitio de la estructura.**

Con la finalidad de corroborar si la edificación posee las consideraciones mínimas y necesarias para edificaciones en zonas sísmicas y clasificarla de acuerdo a las posibles irregularidades existentes, según lo establecido en la norma COVENIN 1756-2001, se realizó una inspección visual en sitio. El módulo en estudio presenta las características descritas a continuación:

1. Toda la parte exterior de la Universidad posee un revestimiento en tablilla, al cual por consideraciones sísmicas se le debe colocar un anclaje mecánico, para prevenir desprendimientos a la hora del sismo.
2. Las zonas de escape externas no cuentan con una separación mínima con respecto a la edificación, y al momento del sismo es posible que por la cercanía con la zona de escape se origine un desprendimiento de escombros hacia las vías de escape.
3. No posee escaleras, como vías de escape al momento de un evento sísmico.
4. Los salones, en su mayoría, presentan techo de cielo raso, lo que al momento de un sismo puede ocasionar accidentes y poner en riesgo la seguridad de los ocupantes.
5. En el segundo nivel del módulo en estudio se encuentran las unidades odontológicas, cuyas tuberías de agua y aire, son propensas a sufrir fugas a causas de roturas ante un evento sísmico, considerando además la cercanía de estas con las instalaciones eléctricas, lo que incrementa el riesgo.

#### 4.1.4. Requisitos Geométricos establecidos en la norma COVENIN 1756: 2001.

Irregularidades verticales:

En las tablas 4.7 y 4.8 se presentan la verificación de la existencia de la irregularidad del entrepiso blando en niveles consecutivos para cada una de las direcciones.

Esta irregularidad se verifica cuando La rigidez lateral de algún entrepiso, es menor que 0.70 veces la del entrepiso superior, o 0.80 veces el promedio de las rigideces de los tres entrepisos superiores.

**Tabla 4.7.** Verificación de entrepiso blando en dirección X

Verificación en X de entrepiso blando		
Nivel	factor de rigidez	verificación < 0,70
Techo	-	-
5	1,05	REGULAR
4	1,00	REGULAR
3	1,04	REGULAR
2	1,03	REGULAR
1	1,04	REGULAR
Pb	1,47	REGULAR

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.8.** Verificación de entrepiso blando en dirección Y

Verificación en Y de entrepiso blando		
Nivel	Factor de rigidez	Verificación < 0,70
Techo	-	-
5	1,10	REGULAR
4	1,00	REGULAR
3	1,07	REGULAR
2	1,01	REGULAR
1	0,50	IRREGULAR
pb	1,31	REGULAR

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018)

Después de analizar todas las rigideces laterales en los sentidos X e Y de todos los niveles del módulo, a lo establecido en la Norma COVENIN 1756-2001, se encontró que el nivel 1 presenta menos del 70% de la rigidez que el piso superior, en definitiva, la estructura tiene la irregularidad de entrepiso blando.

El módulo 2 cumple con los valores mínimos establecidos para las propiedades de los materiales entre los niveles consecutivos y no presenta variaciones en planta, por ende, la estructura es regular, es decir, que no presenta irregularidad de entrepiso débil.

En la tabla 4.9 se presenta la distribución de la masa de la estructura por cada nivel de la estructura.

**Tabla 4.9.** Verificación de distribución irregular de masas en niveles contiguos.

NIVEL	Mi (Kg)	Presencia de irregularidad en la masa
T	24851,22	NO
N5	94217,41	NO
N4	94633,24	NO
N3	95001,08	NO
N2	95494,45	NO
N1	96117,81	NO
PB	103224,45	NO

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018)

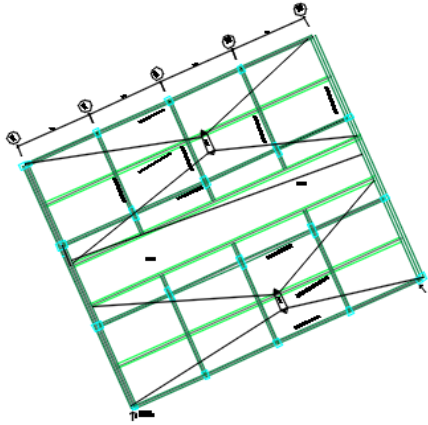
En ningún nivel contiguo la estructura se supera el 30% del valor de  $M_i$ , por lo cual, es regular y no presenta distribución irregular de masas.

El módulo 2 no presenta irregularidad respecto al aumento de las masas en función de la elevación, además no ocurre una variación significativa de las masas por niveles

Para considerar la presencia de esbeltez de una estructura la relación de la altura entre el largo debe ser mayor a cuatro ( $\frac{Altura}{Largo} > 4$ ). Al evaluar la expresión de esbeltez  $\frac{26.88}{32}$ , arroja una relación de **0.84**, que es menor que cuatro; verificando entonces que no existe irregularidad en la estructura asociada a la esbeltez excesiva.

De acuerdo a los planos de columna y envigado y la verificación en campo la estructura no presenta cambios bruscos en la sección de las columnas de niveles continuos, por lo que es regular con respecto a la discontinuidad en el plano del sistema resistente a cargas laterales.

Mediante el uso de los planos, se pudo determinar que la estructural es ortogonal y a su vez los pórticos que forman el sistema en la estructura, son ortogonales entre sí es decir, no presenta irregularidad a causa de sistema no ortogonal. (Ver Figura 4.2.)



**Figura 4.2. Vista de planta del nivel planta baja para determinar Sistema ortogonal.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

Analizando todas las columnas del módulo en estudio y normativamente ninguna columna posee irregularidad de columna corta, no se encontró que la luz libre en la misma, sea más de tres veces menor que la otra.

El módulo presenta una abertura en el tramo central a partir del nivel 1 hasta el nivel techo (Figura 4.3.), cuya área equivale al 11.11% de área total, por ser este valor menor al 20%, la estructura no se considera con diafragma flexible.

**Tabla 4.10.** Verificación de presencia de diafragma flexible

<b>Diafragma Flexible</b>			
	Base (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Estructura	27	32	864
Abertura	24	4	96

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018)



**Figura 4.3.** Fotografía de abertura en el tramo central del Módulo en todos los niveles.

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

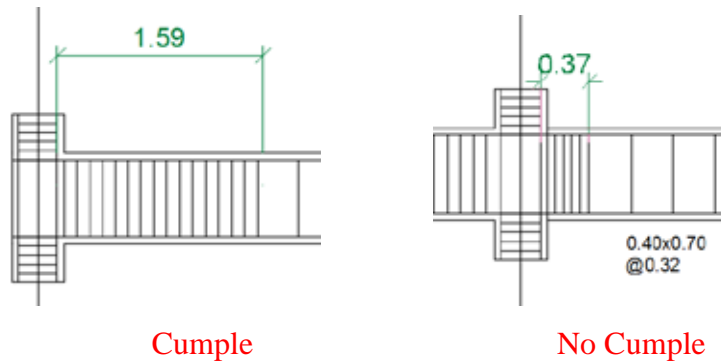
#### **4.1.5. Requisitos para elementos Estructuras ACI- 318-14**

##### Pórticos Ordinarios Resistentes a momentos

La totalidad de las vigas que conforman al módulo 2 de la Facultad de Odontología cumplen con este requisito mínimo, ya que cada una de ellas posee al menos dos barras longitudinales continuas colocadas en las caras superior e inferior.

##### Zona de confinamiento:

La ACI-318-14 establece que en los extremos de la viga se ha de disponer de estribos cerrados de confinamiento por una longitud de (medida desde la cara al elemento al centro de la luz).

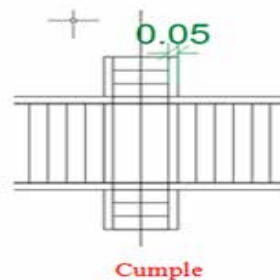


**Figura 4.4. Detalle en Vigas de dimensiones de zonas de confinamiento.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

En la Figura 4.4 se aprecia como a pesar que la mayoría de las vigas satisfacen los requerimientos mínimos, se tienen ciertas excepciones en las que la longitud de confinamiento es menor que el valor mínimo por Norma (ACI318-14), como es el caso de los tramos en voladizo de la abertura central desde el nivel 1 hasta techo.

El primer estribo cerrado debe estar situado a no más de 50mm o 5cm de la cara del elemento del apoyo. Una vez analizados los planos de la estructura, se determinó que se cumple a cabalidad los valores mínimos establecidos. Como se puede observar en la Figura 4.5.



**Figura 4.5. Detalle en Vigas de separación de los estribos de zonas de confinamiento, desde la cara inicial o final.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de estos valores:

- a)  $d/4$
- b)  $6 \cdot D_b$
- c) 15 cm

Aplicando cada una de las tres consideraciones anteriores, como caso de estudio al pórtico más desfavorable:

a)  $\frac{65}{4} = 16.25 \text{ cm}$

b)  $6 (1.905 \text{ cm}) = 11.43 \text{ cm}$

c) 15 cm

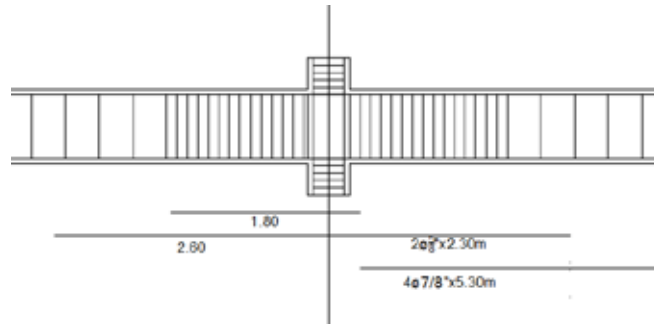
El espaciamiento de los estribos en la zona de confinamiento resultó ser de 11.43 cm, que por criterio de comodidad en el aspecto de construcción se manejan en múltiplos de 5 se tomará un valor aproximado a 10cm y de acuerdo a la verificación en planos de planta la viga cumple con establecido; este hecho asegura la validez de las restantes en todo el módulo

La máxima separación de estribos en zona no confinada (tramo central) debe ser:

$$\frac{d}{2} = \frac{65}{2} = 32.5 \text{ cm}$$

En ningún caso el valor de separación máxima de los estribos en el tramo central de la viga (Zona no confinada) resulta superior a 32.5 cm, es decir que todos los pórticos cumplen con esta condición.

De acuerdo a los planos de data, existen empalmes en los apoyos, los cuales normativamente están prohibidos, debido a que los apoyos representan un punto de fragilidad y este tipo de detalles pueden producir una rótula plástica en el miembro.



**Figura 4.6. Detalle en Vigas. Zonas de empalme.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

Límites dimensionales:

Las columnas deben cumplir con:

(a) La menor dimensión de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide, debe ser al menos 300 mm. La menor dimensión de la columna es de 500 mm, es decir, que todas las columnas cumplen con esta condición.

(b) La relación entre la menor dimensión de la sección transversal y la dimensión perpendicular debe ser al menos 0.4. Verificando la sección más crítica, la columna de 50x140 cm y evaluando,

$$\frac{50}{140} = 0.3571$$

Dando como resultado que todos los elementos dispuestos en dirección vertical satisfacen los requerimientos del criterio de columnas.

Acero de refuerzo longitudinal

El Área de refuerzo longitudinal  $A_{st}$ , debe ser al menos  $0.01 A_g$  y no debe exceder  $0.06 A_g$ . Todas las columnas del módulo cuentan con un área de acero colocada dentro de los rangos normativos, cumpliendo con este requerimiento del Criterio de columnas.

## **4.2. Verificación de la estructura mediante el software de cálculo estructural.**

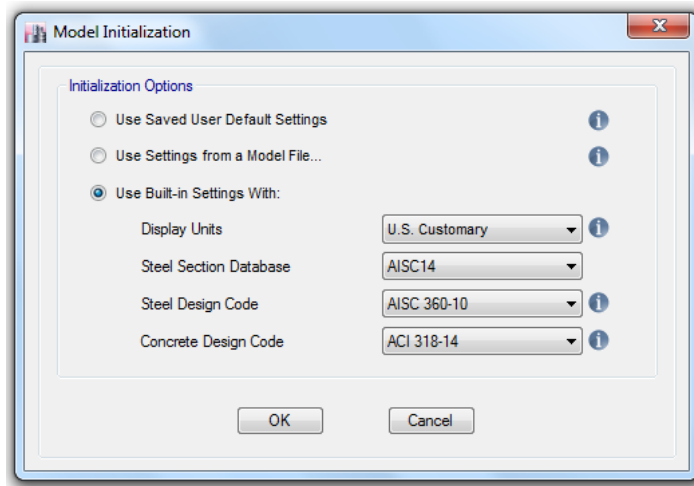
### **1. Modelado de una edificación**

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para el modelado y tipificación de la

edificación en nivel sísmico, se procedió a generar un modelo matemático en el software de cálculo estructural, donde la información se le suministró al programa bajo un proceso ordenado y sistemático.

## 2. Inicio de un nuevo modelo

En este paso se eligió la opción de un nuevo modelo en el menú principal, luego se procedió a establecer los códigos de diseño, en este caso en particular, la norma empleada para el diseño en concreto armado fue la ACI 318-14, el sistema de unidades empleado fue el Sistema Técnico MKS (ver Figura 4.7).

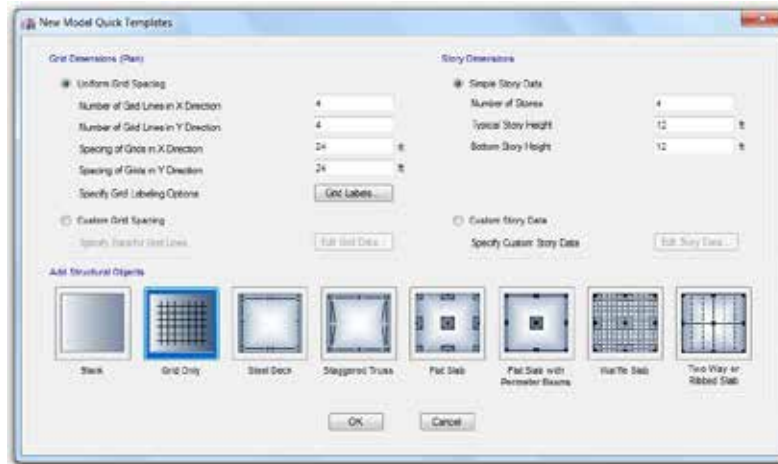


**Figura 4.7. Inicio de un nuevo modelo.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

## 3. Establecimiento de ejes

En la siguiente etapa se procedió a establecer todos los ejes de referencia tanto verticales, que vienen representados por la altura de cada entrepiso, como horizontales, en los cuales se hizo una cuadrícula tomando en consideración todos los ejes necesarios en los sentidos “X” y “Y” para poder dibujar todos los elementos de la edificación (ver Figura 4.8).

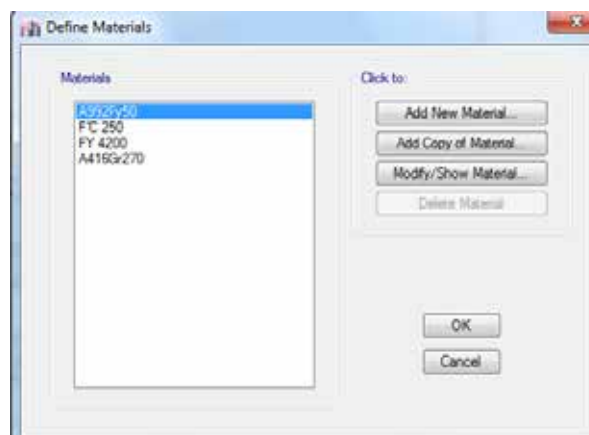


**Figura 4.8. Establecimiento de ejes.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

#### 4. Propiedades de materiales

Luego se establecieron todas las propiedades mecánicas de los materiales a utilizar en el diseño de la edificación, en el caso particular de la estructura evaluada, estos datos fueron suministrados por los planos y memorias descriptivas, las cuales indican que el concreto tiene una resistencia a la compresión cilíndrica  $f_c$  y el acero de refuerzo tiene una fuerza de fluencia  $F_y$  (ver Figura 4.9).

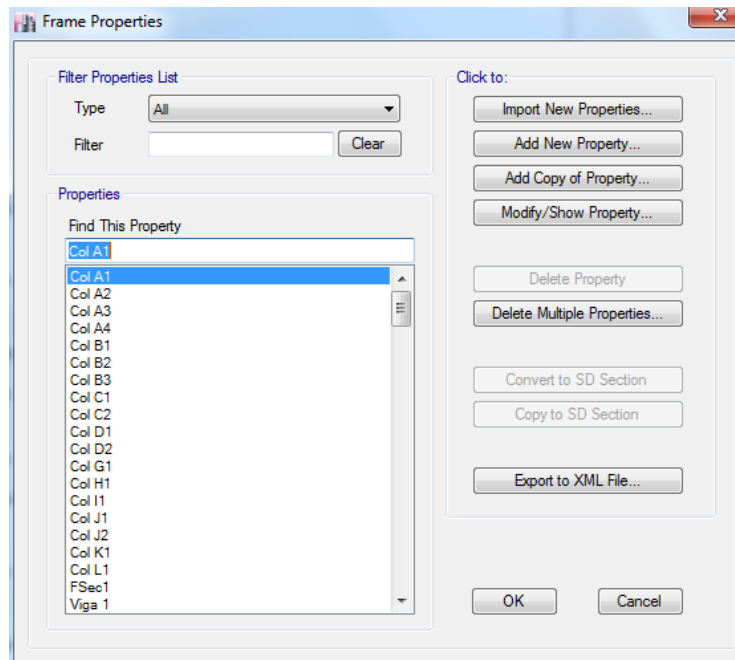


**Figura 4.9. Propiedades de materiales.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

## 5. Elementos o secciones

A continuación se establecieron todas las secciones que forman parte del sistema estructural de la edificación como lo son las losas, vigas y columnas, para esto, igualmente fueron empleados los planos de detalles proporcionados por la dirección de planta física, en estos se muestran todas las secciones de columnas y vigas con su respectivo acero de refuerzo. A continuación en la pantalla, aparecen una serie de elementos pre-definidos los cuales serán eliminados para introducir los elementos correctos de la estructura (ver figura 4.10 ).

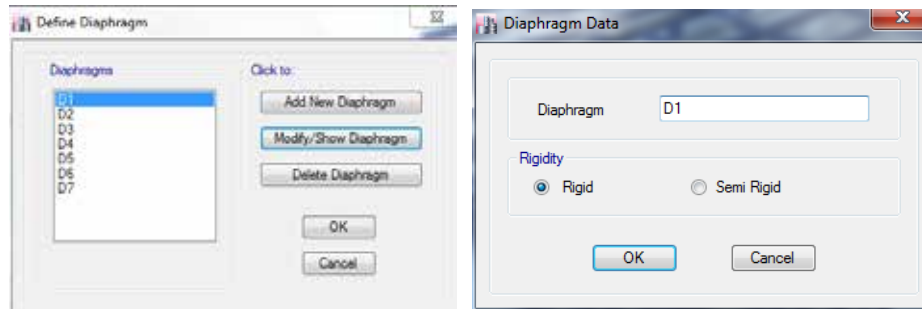


**Figura 4.10. Elementos y secciones.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

## 6. Diafragma

Se procedió a establecer las propiedades que presentan los entrepisos o diafragma, en el caso particular, se definió un diafragma rígido ya que en ningún entrepiso se presenta ninguna característica el cual genere algún elemento que sea flexible (ver figura 4.11).

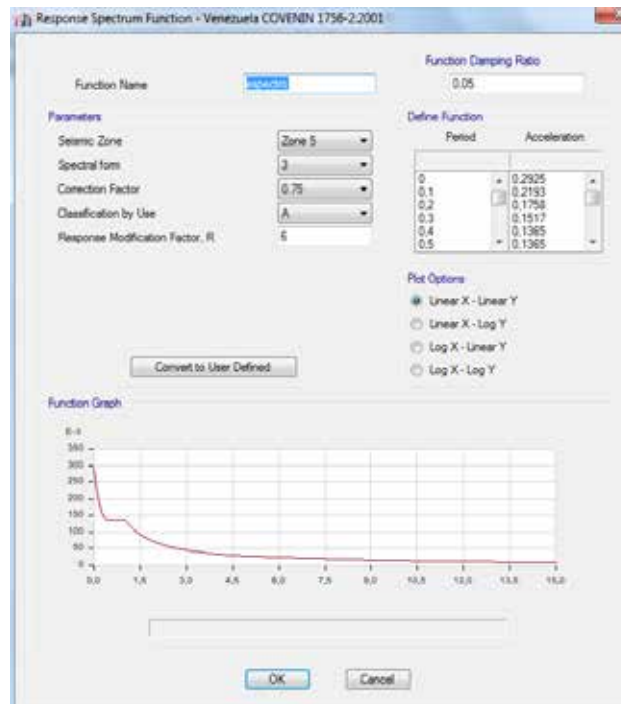


**Figura 4.11. Definición de diafragmas.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

### 7. Espectro de diseño

El software de cálculo empleado posee la opción de utilizar la NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756-2001 “EDIFICACIONES SISMORESISTENTES” y poder establecer exactamente los parámetros para la definición del espectro de diseño que se empleó en el diseño de la edificación (ver figura 4.12).

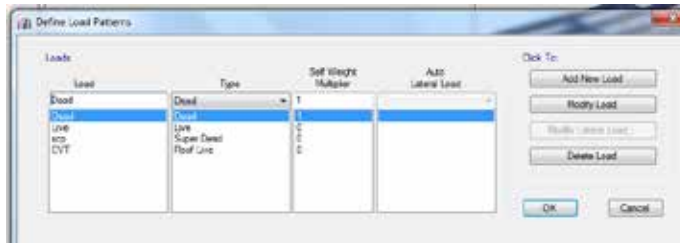


**Figura 4.12. Definición del espectro de diseño.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

## 8. Patrones de carga

En esta etapa del modelado se establecieron los diferentes patrones de carga a la cual va a estar sometida la edificación, entre los que están la carga permanente (DEAD) que la conforma únicamente el peso propio de cada elemento, sobre carga permanente (SCP) la cual es generada por los revestimientos en cada uno de miembros, la carga viva o carga variable (LIVE) que fue establecida según la norma Venezolana COVENIN 2002-88 “CRITERIOS Y ACCIONES MINIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES” y la carga generada por el sismo (SISMO). Para nuestro caso particular no se tenía la información con la cual fue hecho el análisis de cargas, por lo tanto se establecieron dichas cargas observando las características reales que se presentan en la edificación (ver figura 4.13).

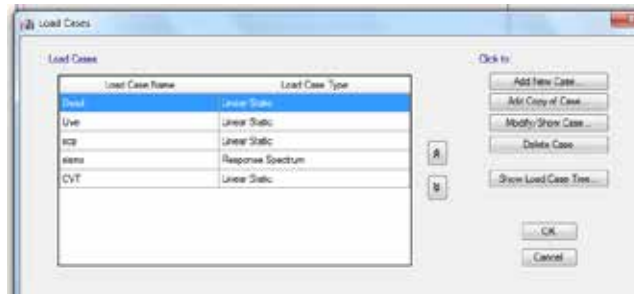


**Figura 4.13. Definición de patrones de carga.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

## 9. Casos de carga

Se establecieron los casos de carga para la evaluación de la carga en la estructura en la cual la carga permanente y variable (DEAD, SCP, LIVE) son casos de carga lineales, es decir, no se va a evaluar su degradación en el tiempo y la carga generada por el sismo (SISMO) es un caso de carga que responde a un espectro de diseño definido (ver figura 4.14).

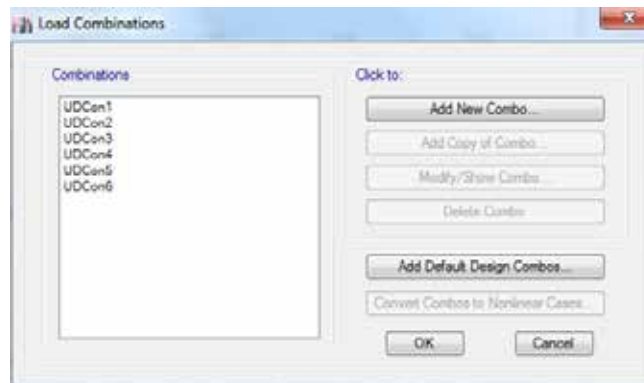


**Figura 4.14. Definición de casos de carga.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

## 10. Combinación de cargas

Este es el último paso para definir el comportamiento de las cargas que actúa sobre la estructura, en él se definieron las combinaciones de carga en la cual las mismas son mayoradas para cumplir con la teoría de estados límites establecida para el diseño según la norma venezolana. En el caso particular, estas combinaciones de carga se establecieron usando las predeterminadas por el programa de cálculo estructural, basadas en el código ACI 318-14, (ver Figura 4.15).



**Figura 4.15. Definición de casos de carga.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

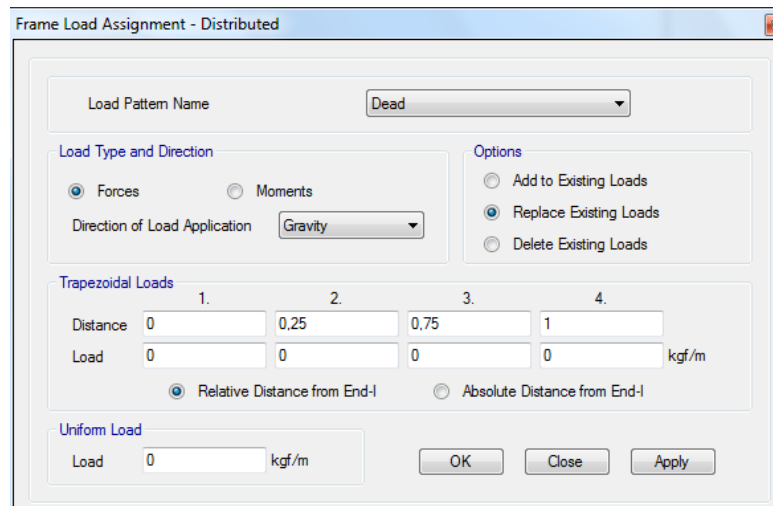
## 11. Dibujo de miembros y asignación de elementos tipo área

Se procedió a dibujar en primera instancia todo el sistema aporricados de la edificación, ubicando cada elemento y orientando los ejes de los mismos según los planos estructurales, luego se dibujó cada losa que conforma el sistema, siendo los elementos tipo área, igualmente las mismas se orientaron según el detalle dado por los planos, cabe destacar que se realizó la discretización de las losas de entrepiso y losas de techo, para la obtención de resultados con mayor aproximación al comportamiento real de la estructura .

## 12. Asignación de cargas

Luego de tener todo el dibujo de la edificación, columnas, vigas y losas, lo siguiente que se realizó fue signar la carga que va a actuar en los elementos, para esto se señaló cada una de las losas por nivel, a las mismas se le asignó cargas variables y cargas permanentes, en las cuales las cargas permanentes incluyen el peso propio de cada elemento, un sobre piso y piso de granito para el acabado terminado, además también se incluye el peso de la mampostería, los cuales se obtuvieron analizando los planos de arquitectura que fueron proporcionados,

también se incluye un peso por carga variable a cada nivel. El análisis de carga respectivo se hizo mediante los pesos que otorga a cada elemento la norma Venezolana COVENIN 2002-88 “CRITERIOS Y ACCIONES MINIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES” (ver figura 4.16).



**Figura 4.16. Asignación de cargas.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

### **13. Masa participativa**

Es importante especificar en el programa la participación de las masas presentes en la estructura, de acuerdo a la acción de las cargas existentes. En el caso particular de estudio el módulo 2 del edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez es una edificación de uso educacional, por lo tanto se utilizó el 100% de la carga permanente y el 50% de la carga variable.

### **14. Revisión del modelo**

En esta etapa ya el modelo está completamente establecido en el programa de cálculo estructural, el mismo tiene la capacidad de hacer una revisión de todas las propiedades del modelo matemático establecido, esto incluye un chequeo de las propiedades de los materiales, propiedades de secciones y el dibujo como tal del modelo.

### **15. Análisis del modelo**

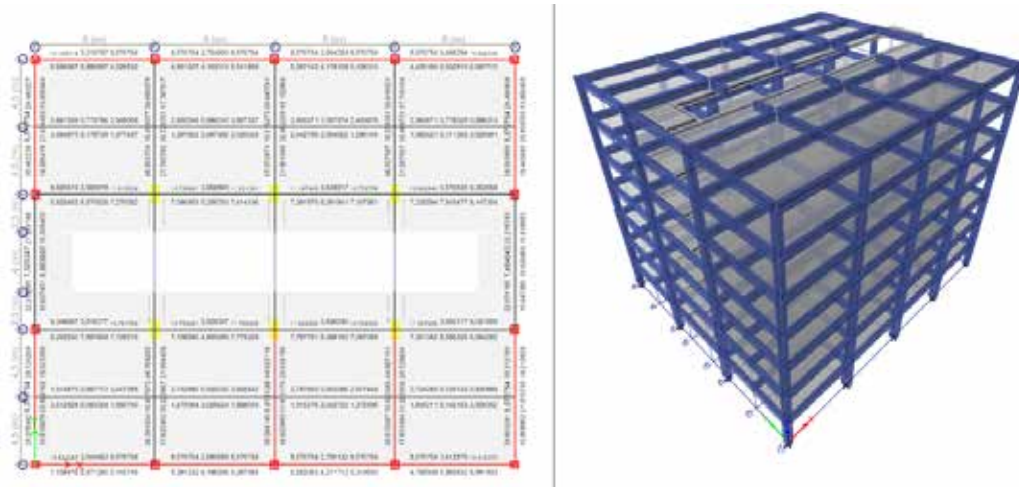
Una vez finalizado el proceso de revisión del modelo y que todos sus parámetros estén bien definidos, se procedió al análisis, en este paso el software de cálculo hace el diseño de cada uno de los elementos en base a todos los datos técnicos suministrados en los pasos

anteriores.

Se analizaron dos modelos por separado, uno en el que se asignó las áreas de columnas para que el software realizará el diseño correspondiente al área del acero para las vigas, mientras que en otro se asignó el área de acero tanto a vigas columnas en donde se realizó el chequeo de nodos (unión columna- viga) y la verificación de la presencia de Columna Fuerte-Viga débil, Verificación de 6/5, cortantes y derivas.

**PRIMER MODELO: Asignando Áreas de Acero a Columnas y solicitando el diseño de vigas:**

**Verificación del acero longitudinal en las vigas en ambas direcciones**



**Figura 4.17. Resultados del primer modelo.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.11. Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para PB**

Nivel	Portico	tramo	DIRECCIÓN Y								VERIFICACION
			As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	
PB	7	A-B	35,47	33,94	18,68	15,74	34,67	36,98	16,31	17,004	NC
	7	B-C	19,16	34,55	16,31	15,98	35,47	34,41	16,31	15,92	NC
	7	C-D	35,47	39,062	16,31	17,85	35,47	30,81	18,68	14,41	NC
	8	A-B	40,85	53,89	20,27	25,62	39,59	48,11	20,27	22,41	NC
	8	B-C	42,44	34,48	20,27	15,93	40,85	36,35	20,27	16,73	C
	8	C-D	40,85	47,89	20,27	22,28	40,85	50,61	20,27	23,78	NC
	9	A-B	35,47	48,99	11,63	22,89	40,85	44,32	11,63	20,35	NC
	9	B-C	40,85	43,66	11,63	19,99	45,61	48,6	11,63	22,67	NC
	9	C-D	45,61	48,78	11,63	22,77	40,85	46,65	11,63	21,61	NC
	10	A-B	40,85	48,51	20,27	22,63	39,59	45,43	20,27	20,95	NC
	10	B-C	42,44	34,6	20,27	15,99	40,85	35,94	20,27	16,55	C
	10	C-D	40,85	47,35	20,27	21,99	40,85	50,23	20,27	23,57	NC
	11	A-B	35,47	33,61	18,68	15,6	34,67	38,54	16,31	17,64	NC
	11	B-C	19,16	35,59	16,31	15,57	35,47	35,52	16,31	16,38	NC
	11	C-D	35,47	36,55	16,31	26,83	35,47	33,98	18,68	15,77	NC

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.12.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N1

DIRECCIÓN Y											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
1	7	A-B	35,78	44,36	18,68	20,37	33,73	42,43	18,68	19,34	NC
	7	B-C	28,03	33,21	18,68	15,42	28,03	36,75	18,21	16,89	NC
	7	C-D	35,78	44,28	14,25	20,32	40,54	41,13	18,68	18,69	NC
	8	A-B	45,06	56,49	20,27	27,1	58,27	54,98	20,27	26,24	NC
	8	B-C	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8	C-D	40,54	58,5	18,68	28,29	35,68	60,25	18,68	29,27	NC
	9	A-B	40,53	56,55	31,9	27,1	50,67	50,97	31,9	23,99	NC
	9	B-C									
	9	C-D									
	10	A-B	45,06	55,52	20,27	26,54	58,27	52,02	20,27	24,57	NC
	10	B-C	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10	C-D	40,54	57,6	18,68	27,73	35,68	60,09	18,68	29,18	NC
	11	A-B	35,78	43,89	18,68	20,12	33,73	43,8	18,68	20,07	NC
	11	B-C	28,03	32,79	18,68	15,24	28,03	36,76	18,21	16,9	NC
11	C-D	35,78	41,79	14,25	0,004	40,54	44,67	18,68	20,54	NC	

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.13.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N2

DIRECCIÓN Y											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
2	7	A-B	31,9	42,74	14,25	19,51	31,9	42,54	12,51	19,39	NC
	7	B-C	31,9	34,04	12,51	15,76	31,9	34,19	12,51	15,82	NC
	7	C-D	31,9	44,69	12,51	20,55	31,9	40,8	14,25	18,564	NC
	8	A-B	46,24	57,05	20,27	27,54	60,81	57,27	20,27	27,54	NC
	8	B-C	60,51	14,83	20,27	8,57	40,54	4,81	20,27	4,81	C
	8	C-B	40,54	4,74	20,27	4,74	60,81	14,6	20,27	8,57	C
	8	C-D	60,81	57,12	20,27	27,45	46,24	57,84	20,27	27,87	NC
	9	A-B	39,43	57,18	31,9	27,5	55,74	53,75	31,9	25,56	NC
	9	B-C	55,74	13,04	31,9	8,51	35,47	4,25	11,63	4,25	C
	9	C-B	45,61	4,82	11,63	4,81	65,88	14,85	35,86	8,57	C
	9	C-D	65,88	57,45	35,86	27,65	45,61	55,83	26,86	26,72	NC
	10	A-B	46,24	56,43	20,27	27,06	60,81	54,66	20,27	26,07	NC
	10	B-C	60,51	14,5	20,27	8,57	40,54	0,47	20,27	0,27	C
	10	C-B	40,54	4,8	20,27	4,8	60,81	14,81	20,27	8,57	C
	10	C-D	60,81	56,2	20,27	26,93	46,24	57,84	20,27	27,87	NC
	11	A-B	31,9	42,35	14,25	19,3	31,9	44,36	12,51	20,37	NC
	11	B-C	31,9	33,64	12,51	15,59	31,9	34,24	12,51	15,85	NC
	11	C-D	31,9	42,08	12,51	19,15	31,9	42,96	14,25	19,63	NC

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.14.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N3

DIRECCIÓN Y											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
3	7	A-B	28,82	37,24	8,55	17,12	28,82	36,76	8,55	17,74	NC
	7	B-C	28,82	31,2	11,08	14,56	24,06	30,72	11,08	14,35	NC
	7	C-D	24,06	41,55	8,55	18,87	28,82	36,95	14,25	17,003	NC
	8	A-B	46,24	52,93	20,27	25,06	60,81	54,73	20,27	26,1	NC
	8	B-C	60,51	14,28	20,27	0,57	40,54	4,64	20,27	4,64	C
	8	C-B	40,54	4,58	20,27	4,58	60,81	14,07	20,27	8,57	C
	8	C-D	60,81	54,88	20,27	26,19	46,24	52,82	20,27	25,02	NC
	9	A-B	38,95	53,004	31,9	25,13	53,2	51,59	31,9	24,34	NC
	9	B-C	53,2	12,64	31,9	8,26	30,4	4,13	11,63	4,13	C
	9	C-B	35,47	4,63	11,63	4,64	55,74	14,29	31,9	8,57	C
	9	C-D	55,74	55,56	31,9	26,63	41,17	53,67	31,9	25,5	C
	10	A-B	46,24	52,37	20,27	24,77	60,81	52,46	20,27	24,83	NC
	10	B-C	60,51	13,9	20,27	8,57	40,54	0,46	20,27	0,26	C
	10	C-B	40,54	4,67	20,27	4,67	60,81	14,36	20,27	8,57	C
	10	C-D	60,81	53,95	20,27	25,66	46,24	53,14	20,27	25,21	NC
	11	A-B	28,82	36,83	8,55	16,97	28,82	41,23	8,55	18,73	NC
	11	B-C	28,82	30,82	11,08	14,39	24,06	31,19	11,08	14,55	NC
	11	C-D	24,06	38,43	8,55	17,6	28,82	37,34	14,25	17,18	NC

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.15.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N4

DIRECCIÓN Y											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
4	7	A-B	19,95	33,72	8,55	15,66	35,06	33,58	8,55	15,59	NC
	7	B-C	24,06	26,52	8,55	12,54	24,06	26,34	8,55	12,45	NC
	7	C-D	24,06	36,37	8,55	16,76	24,06	33,6	8,55	15,6	NC
	8	A-B	36,1	46,31	20,27	21,44	50,67	51,45	20,27	24,26	NC
	8	C-D	50,67	51,99	20,27	24,57	36,1	46,81	20,27	21,71	NC
	9	A-B	31,04	46,8	11,63	21,71	45,61	48,85	11,63	22,83	NC
	9	B-C	45,61	12,23	11,63	8,01	25,34	4,01	11,63	4,01	C
	9	C-B	25,34	4,45	11,63	4,45	48,14	13,66	11,63	8,57	C
	9	C-D	48,14	51,08	11,63	24,06	31,04	46,94	11,63	21,17	NC
	10	A-B	36,1	33,64	20,27	15,62	50,67	35,71	20,27	16,49	C
	10	B-C	50,67	26,29	20,27	14,72	36,1	26,81	20,27	12,66	C
11	B-C	19,95	26,29	8,55	12,42	35,06	26,81	8,55	12,66	NC	
11	C-D	24,06	33,73	8,55	15,67	24,06	34,1	8,55	15,82	NC	

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.16.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para N5

DIRECCIÓN Y											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
5	7	A-B	19,95	29,44	8,55	13,84	18,68	28,75	8,55	13,53	NC
	7	B-C	18,68	22,28	8,55	10,64	28,68	22,01	8,55	10,52	NC
	7	C-D	18,68	30,51	8,55	14,29	28,68	29,49	8,55	13,85	NC
	8	A-B	33,1	38,42	20,27	17,63	45,61	46,73	20,27	21,69	NC
	8	B-C	45,61	16,98	20,27	8,53	25,34	5,46	20,27	5,46	C
	8	C-B	25,34	5,45	20,27	5,45	45,51	16,93	20,27	8,53	C
	8	C-D	45,61	46,83	20,27	21,74	33,1	38,72	20,27	17,75	NC
	9	A-B	24,23	39,35	11,63	18	40,54	44,55	11,63	20,51	NC
	9	B-C	46,64	11,31	11,63	7,42	20,27	3,73	11,63	3,73	C
	9	C-B	22,27	4,1	11,63	4,1	43,67	12,47	11,63	8,17	C
	9	C-D	43,07	46,9	11,63	21,79	24,23	39,43	11,63	18,04	NC
	10	A-B	33,1	38,53	20,27	17,67	45,61	24,95	20,27	20,73	NC
	10	B-C	45,61	17,66	20,27	8,55	33,1	5,64	20,27	5,63	C
	11	C-B	45,61	5,47	20,27	5,47	33,1	17,02	20,27	8,53	C
	10	C-D	45,61	46,01	20,27	21,3	33,1	38,65	20,27	17,72	NC
	11	A-B	19,95	29,66	8,55	13,93	18,68	30,35	8,55	14,23	NC
	11	B-C	18,68	22,12	8,55	10,57	28,68	22,25	8,55	10,63	NC
11	C-D	18,68	28,56	8,55	13,45	28,68	29,56	8,55	13,89	NC	

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.17.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección Y para NT

DIRECCIÓN Y											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
Techo	7	A-B	13,62	14,63	8,55	9,32	11,08	16,13	8,55	8,53	NC
	7	B-C	11,08	13,46	8,55	8,53	11,08	13,39	8,55	8,53	NC
	7	C-D	11,08	17,16	8,55	8,53	11,08	14,88	8,55	8,53	NC
	8	A-B	15,59	15,03	8,55	11,96	28,67	31,28	8,55	14,64	NC
	8	B-C	29,67	11,37	8,55	7,46	11,63	3,74	8,55	3,74	C
	8	C-B	11,63	3,7	8,55	11,23	29,67	3,37	8,55	31,37	NC
	8	C-D	29,67	14,67	8,55	15,28	15,59	11,78	8,55	11,78	NC
	9	A-B	8,55	15,47	8,55	12,54	14,25	30,18	8,55	14,17	NC
	9	B-C	14,25	8,53	8,55	5,15	8,55	2,61	8,55	2,61	C
	9	C-B	8,55	2,79	8,55	2,79	14,25	8,53	8,55	5,58	C
	9	C-D	14,25	31,66	8,55	14,73	8,55	15,42	8,55	12,55	NC
	10	A-B	15,59	15,42	8,55	12,05	28,67	30,18	8,55	14,16	NC
	10	C-D	29,67	11,65	8,55	7,63	15,59	3,81	8,55	3,81	NC
	11	A-B	13,62	14,98	8,55	9,51	11,08	16,98	8,55	8,53	NC
	11	B-C	11,08	13,46	8,55	8,53	11,08	13,43	8,55	8,53	NC
11	C-D	11,08	16,02	8,55	8,53	11,08	14,66	8,55	9,29	NC	

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

De las Tablas 4.11 a 4.17 se muestra que el acero longitudinal de las vigas

sismorresistentes (dirección Y) no cumplen con el acero mínimo requerido proporcionado por el análisis sísmico del software de cálculo en un 74,31 %.

**Tabla 4.18.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para PB

DIRECCIÓN X											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
PB	A	7_8	24,06	21,64	16,31	16,16	24,06	19,26	16,31	13,07	C
	A	8_9	24,06	19,11	16,31	12,75	24,06	16,3	14,25	11,13	C
	A	9_10	24,06	16,84	14,25	11,11	24,06	17,12	16,31	11,13	C
	A	10_11	24,06	18,33	16,31	11,13	24,06	20,91	16,31	16,1	C
	B	7_8	27,14	21,34	14,25	15,11	31,9	21,08	14,25	10,12	C
	B	8_9	31,9	20,46	14,25	10,11	31,9	23,06	14,25	13,38	C
	B	9_10	31,9	23,022	14,25	13,17	31,9	21,16	12,51	10,92	C
	B	10_11	31,9	22,33	12,51	10,68	27,14	22,23	14,35	15,43	NC
	C	7_8	27,14	21,6	14,25	15,21	31,9	21,88	14,25	10,48	NC
	C	8_9	31,9	21,47	14,25	11,3	31,9	23,28	14,25	13,59	C
	C	9_10	31,9	23,06	14,25	13,61	31,9	21,69	12,51	11,44	C
	C	10_11	31,9	21,81	12,51	10,45	27,14	21,8	14,35	15,14	NC
	D	7_8	24,06	22,23	16,31	16,62	24,06	17,1	16,31	10,33	NC
	D	8_9	24,06	15,98	16,31	10,46	19,95	18,84	18,68	12,73	C
	D	9_10	19,95	18,35	18,68	12,94	24,06	16,75	18,68	10,47	C
	D	10_11	24,06	16,21	18,68	9,92	24,06	20,23	16,31	14,79	C
	A'	7_8	8,55	1,22	8,55	4,12	24,06	4,59	8,55	2,34	C
	A'	8_9	24,06	4,38	8,55	2,22	16,31	3,52	8,55	1,81	C
	A'	9_10	16,31	3,6	8,55	1,81	24,06	2,94	8,55	1,52	C
	A'	10_11	24,06	3,02	8,55	1,66	8,55	0,83	8,55	4,2	C
	C'	7_8	8,55	0,99	8,55	4,26	24,06	3,67	8,55	1,88	C
	C'	8_9	24,06	3,54	8,55	1,82	16,31	3,85	8,55	2,02	C
	C'	9_10	16,31	4,053	8,55	2,07	24,06	3,37	8,55	1,73	C
	C'	10_11	24,06	3,66	8,55	1,88	8,55	0,99	8,55	4,11	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.19.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N1

DIRECCIÓN X											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
1	A	7_8	24,06	22,97	18,68	15,76	24,06	18,83	16,31	12,08	C
	A	8_9	24,06	17,28	16,31	11,02	24,06	16,53	16,31	11,15	C
	A	9_10	24,06	17,09	16,31	11,004	24,06	17,003	16,31	11,29	C
	A	10_11	24,06	17,91	16,31	11,25	24,06	22,07	18,68	15,79	C
	B	7_8	31,9	22,95	16,31	15,03	31,9	21,14	16,31	10,46	C
	B	8_9	31,9	20,38	16,31	11,34	31,9	22,73	14,25	13,97	C
	B	9_10	31,9	22,71	14,25	13,8	31,9	20,65	14,25	11,92	C
	B	10_11	31,9	21,81	19,95	10,94	31,9	22,42	14,25	14,95	NC
	C	7_8	40,54	21,86	27,14	14,75	40,54	23,7	27,14	12,87	C
	C	8_9 es 342									
	C	9_10									
	C	10_11	40,54	23,55	31,9	12,95	40,54	22,47	27,14	14,75	C
	D	7_8	24,06	23,38	18,68	16,43	24,06	16,73	16,31	10,74	C
	D	8_9	24,06	15,64	16,31	10,64	24,06	20,11	16,31	10,7	C
	D	9_10	24,06	19,31	16,31	11,04	24,06	16,33	16,31	10,63	C
	D	10_11	24,06	15,79	16,31	10,4	24,06	21,57	18,68	14,71	C
	A'	7_8	8,55	1,28	8,55	4,15	24,06	4,74	8,55	2,42	C
	A'	8_9	24,06	4,38	8,55	2,24	16,31	3,65	8,55	1,89	C
	A'	9_10	16,31	3,7	8,55	1,88	24,06	2,8	8,55	1,46	C
	A'	10_11	24,06	3,03	8,55	1,79	8,55	0,85	8,55	4,22	C
	C'	7_8	15,2	1,31	11,63	4,05	15,21	4,86	11,63	2,48	C
	C'	8_9	-								
	C'	9_10	-								
	C'	10_11	4,88	2,5				1,31		3,88	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**NOTA:** Las celdas sombreadas en ROJO indican ausencia de valores en la data suministrada por la Dirección de Planta Física, lo que obtención de resultados para

esos tramos.

**Tabla 4.20.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N2

Nivel	Portico	tramo	DIRECCIÓN X								VERIFICACION
			As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	
2	A	7_8	31,9	20,76	16,31	13,34	31,9	16,51	14,25	10,59	C
	A	8_9	31,9	15,63	14,25	9,68	31,9	15,14	14,25	9,61	C
	A	9_10	31,9	15,59	19,95	9,49	31,9	15,37	14,25	9,86	C
	A	10_11	40,54	15,56	27,14	9,81	40,54	20,007	27,14	13,32	C
	B	7_8	27,14	20,51	12,51	12,98	27,14	19,3	12,51	9,31	NC
	B	8_9	27,14	18,88	12,51	10,09	27,14	21,22	12,51	12,34	C
	B	9_10	27,14	21,21	12,51	12,2	27,14	19,11	12,51	10,63	C
	B	10_11	27,14	19,88	12,51	9,58	27,14	20,01	12,51	12,97	NC
	C	7_8	35,78	19,67	24,06	12,71	35,78	19,49	18,68	9,4	C
	C	8_9	35,78	19,07	18,68	10,88	35,78	20,45	18,68	11,31	C
	C	9_10	35,78	20,3	18,68	11,33	35,78	19,18	18,68	10,85	C
	C	10_11	35,78	19,41	18,68	9,36	35,78	20,23	19,95	12,69	C
	D	7_8	31,9	20,51	16,31	13,4	31,9	14,88	14,25	9,45	C
	D	8_9	31,9	14,13	14,25	9,17	31,9	15,16	14,25	8,62	C
	D	9_10	31,9	14,7	19,95	8,77	31,9	14,73	14,25	9,08	C
	D	10_11	40,54	14,27	27,14	9,3	40,54	20,04	27,14	12,63	C
	A'	7_8	8,55	1,24	8,55	4,05	24,06	4,51	8,55	2,32	C
	A'	8_9	24,06	3,99	8,55	2,06	16,31	3,69	8,55	1,91	C
	A'	9_10	16,31	3,75	8,55	1,91	24,06	2,65	8,55	1,4	C
	A'	10_11	24,06	2,96	8,55	1,79	8,55	0,85	8,55	4,11	C
	C'	7_8	8,55	0,95	8,55	4,18	24,06	3,41	8,55	1,77	C
	C'	8_9	24,06	3,03	8,55	1,58	16,31	4,16	8,55	2,14	C
	C'	9_10	16,31	4,21	8,55	2,17	24,06	2,88	8,55	1,55	C
	C'	10_11	24,06	3,41	8,55	1,79	8,55	0,96	8,55	4,08	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.21.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N3

Nivel	Portico	tramo	DIRECCIÓN X								VERIFICACION
			As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	
3	A	7_8	18,68	17,48	12,51	10,23	18,68	13,88	11,08	8,57	C
	A	8_9	18,68	13,56	11,08	8,57	18,68	13,21	11,08	8,57	C
	A	9_10	18,68	13,57	11,08	8,57	18,68	13,39	11,08	8,57	C
	A	10_11	18,68	13,01	11,08	8,57	18,68	16,91	12,51	10,2	C
	B	7_8	24,06	17,48	11,08	10,32	24,06	16,99	11,08	8,57	C
	B	8_9	24,06	16,78	11,08	8,57	24,06	18,86	11,08	10,03	C
	B	9_10	24,06	18,86	11,08	9,91	24,06	16,98	11,08	8,69	C
	B	10_11	24,06	17,5	11,08	8,57	19,95	17,03	11,08	10,35	C
	C	7_8	27,14	16,85	14,25	10,19	31,9	17,47	14,25	8,57	C
	C	8_9	31,9	16,96	14,25	8,77	31,9	17,06	14,25	8,57	C
	C	9_10	31,9	17,008	14,25	8,57	31,9	17,01	14,25	8,77	C
	C	10_11	31,9	17,43	14,25	8,57	27,14	17,31	14,25	10,16	C
	D	7_8	18,68	16,16	12,51	9,52	18,68	12,37	11,08	8,57	C
	D	8_9	18,68	12,55	11,08	8,57	18,68	13,44	11,08	8,57	C
	D	9_10	18,68	13,06	11,08	8,57	18,68	12,86	11,08	8,57	C
	D	10_11	18,68	12,08	11,08	8,57	18,68	17,04	12,51	9,78	C
	A'	7_8	8,55	1,19	8,55	3,9	24,06	4,28	8,55	2,21	C
	A'	8_9	24,06	3,65	8,55	1,9	16,31	3,69	8,55	1,92	C
	A'	9_10	16,31	3,79	8,55	1,93	24,06	2,6	8,55	1,38	C
	A'	10_11	24,06	2,94	8,55	1,73	8,55	0,85	8,55	3,95	C
	C'	7_8	8,55	0,94	8,55	3,95	24,06	3,95	8,55	1,83	C
	C'	8_9	24,06	2,83	8,55	1,49	16,31	4,12	8,55	2,13	C
	C'	9_10	16,31	4,16	8,55	2,15	24,06	2,69	8,55	1,42	C
	C'	10_11	24,06	3,29	8,55	1,85	8,55	0,94	8,55	3,91	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.22.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N4

Nivel	Portico	tramo	DIRECCIÓN X								VERIFICACION
			As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	
4	A	7_8	18,68	14,67	8,55	8,57	14,25	10,82	8,55	7,15	NC
	A	8_9	14,25	10,82	8,55	7,14	16,31	10,81	8,55	7,07	NC
	A	9_10	16,31	11,02	8,55	7,27	14,25	10,67	8,55	7,30	NC
	A	10_11	16,31	10,09	8,55	7,1	16,31	14,16	8,55	8,57	NC
	B	7_8	18,68	13,58	8,55	8,57	19,95	15,59	8,55	8,57	NC
	B	8_9	19,95	13,96	8,55	8,57	19,95	14,73	8,55	8,57	NC
	B	9_10	19,95	14,68	8,55	8,57	19,95	14,22	8,55	8,57	NC
	B	10_11	19,95	14,41	8,55	8,57	18,68	13,48	8,55	8,57	NC
	C	7_8	24,06	13,08	11,08	8,57	24,06	14,45	11,08	8,57	NC
	C	8_9	24,06	14,18	11,08	8,57	24,06	14,73	8,55	8,57	NC
	C	9_10	24,06	14,68	11,08	8,57	24,06	13,48	11,08	8,57	C
	C	10_11	24,06	14,41	11,08	8,57	24,06	13,49	11,08	8,57	C
	D	7_8	18,68	13,74	8,55	8,57	14,25	9,67	8,55	7,52	NC
	D	8_9	14,25	10,03	8,55	6,83	16,31	11	8,55	7,25	C
	D	9_10	16,31	10,66	8,55	7,04	14,25	10,34	8,55	6,83	C
	D	10_11	16,31	9,44	8,55	6,67	16,31	14,32	8,55	8,57	NC
	A'	7_8	8,55	1,09	8,55	3,7	24,06	3,84	8,55	2	C
	A'	8_9	24,06	3,15	8,55	1,66	16,31	3,64	8,55	1,88	C
	A'	9_10	16,31	3,75	8,55	1,9	24,06	2,55	8,55	1,36	C
	A'	10_11	24,06	3,75	8,55	1,9	8,55	2,55	8,55	2,36	C
	C'	7_8	8,55	0,91	8,55	3,82	24,06	3,14	8,55	1,91	C
	C'	8_9	24,06	2,71	8,55	1,14	16,31	4,07	8,55	2,09	C
	C'	9_10	16,31	4,07	8,55	2,11	24,06	2,47	8,55	1,32	C
	C'	10_11	24,06	3,15	8,55	1,92	8,55	0,9	8,55	3,77	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

**Tabla 4.23.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para N5

Nivel	Portico	tramo	DIRECCIÓN X								VERIFICACION
			As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	
5	A	7_8	11,08	10,88	8,55	7,19	11,08	8,53	8,55	5,18	C
	A	8_9	11,08	8,53	8,55	5,42	11,08	8,53	8,55	5,4	C
	A	9_10	11,08	8,53	8,55	5,57	11,08	8,53	8,55	5,34	C
	A	10_11	11,08	8,53	8,55	4,78	11,08	10,464	8,55	6,91	C
	B	7_8	14,25	9,35	8,55	6,21	16,31	10,74	8,55	7,12	C
	B	8_9	16,31	10,75	8,55	7,11	16,31	11,79	8,55	7,77	C
	B	9_10	16,31	11,82	8,55	7,78	16,31	10,72	8,55	7,08	C
	B	10_11	16,31	11,06	8,55	7,3	12,51	9,06	8,55	6	C
	C	7_8	14,25	8,94	8,55	5,93	16,31	11,01	8,55	7,27	C
	C	8_9	16,31	10,74	8,55	7,1	16,31	11,14	8,55	7,36	C
	C	9_10	16,31	11,11	8,55	7,34	16,31	10,77	8,55	7,12	C
	C	10_11	16,31	10,96	8,55	7,23	12,51	9,27	8,55	6,16	C
	D	7_8	11,08	10,14	8,55	6,72	11,08	8,53	8,55	4,55	C
	D	8_9	11,08	8,53	8,55	5	11,08	8,53	8,55	5,48	C
	D	9_10	11,08	8,53	8,55	5,31	11,08	8,53	8,55	5,16	C
	D	10_11	11,08	8,53	8,55	4,45	11,08	10,61	8,55	7,01	C
	A'	7_8	8,55	1,01	8,55	3,5	24,06	3,44	8,55	1,94	C
	A'	8_9	24,06	2,73	8,55	1,47	16,31	3,65	8,55	1,88	C
	A'	9_10	16,31	3,75	8,55	1,91	24,06	2,54	8,55	1,37	C
	A'	10_11	24,06	2,73	8,55	1,84	8,55	0,83	8,55	3,55	C
	C'	7_8	8,55	0,88	8,55	3,57	24,06	2,6	8,55	1,4	C
	C'	8_9	24,06	2,6	8,55	1,39	16,31	3,8	8,55	1,99	C
	C'	9_10	16,31	3,84	8,55	2,01	24,06	2,39	8,55	1,3	C
	C'	10_11	24,06	2,96	8,55	2,96	8,55	0,88	8,55	3,51	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018)

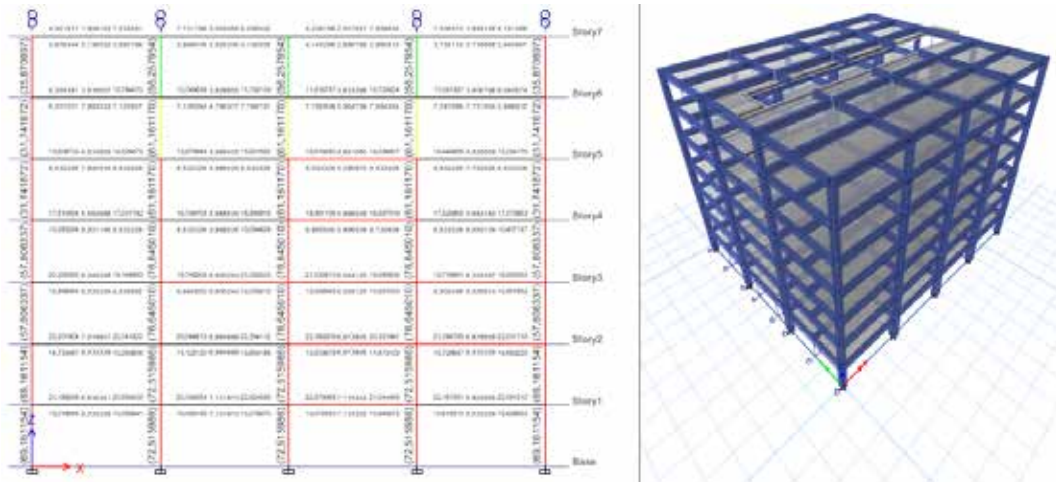
**Tabla 4.24.** Verificación del acero longitudinal en la vigas en dirección X para NT

DIRECCIÓN X											
Nivel	Portico	tramo	As Sup Izq	As Sup Izq SUG	As Inf Izq	As Inf Izq SUG	As Sup Der	As Sup Der SUG	As Inf Der	As Inf Der SUG	VERIFICACION
Techo	A	7_8	8,55	6,31	8,55	3,2	8,55	4,98	8,55	2,55	C
		8_9	8,55	2,75	8,55	6,88	8,55	3	8,55	6,07	NC
		9_10	8,55	3,08	8,55	5,33	8,55	2,72	8,55	4,34	NC
		10_11	8,55	2,23	8,55	6,03	8,55	3,07	8,55	6,07	C
	B	7_8	8,55	4,35	8,55	3,98	8,55	7,23	8,55	3,65	C
		8_9	8,55	7,73	8,55	3,89	8,55	8,31	8,55	4,13	C
		9_10	8,55	8,24	8,55	4,15	11,08	7,66	8,55	3,86	C
		10_11	11,08	7,41	8,55	3,74	8,55	4,16	8,55	3,94	C
	C	7_8	8,55	4,11	8,55	3,93	8,55	7,35	8,55	3,7	C
		8_9	8,55	7,63	8,55	3,84	8,55	7,87	8,55	3,93	C
		9_10	8,55	7,77	8,55	3,84	11,08	7,49	8,55	3,7	C
		10_11	11,08	7,25	8,55	3,63	8,55	4,29	8,55	3,96	C
	D	7_8	8,55	5,86	8,55	2,98	8,55	4,12	8,55	2,14	C
		8_9	8,55	4,91	8,55	2,51	8,55	6,06	8,55	3,07	C
		9_10	8,55	5,83	8,55	2,95	8,55	5,11	8,55	2,59	C
		10_11	8,55	4,08	8,55	2,1	8,55	6,14	8,55	3,11	C
	A'	7_8	8,55	0,66	8,55	2,44	16,31	2,06	8,55	1,56	C
		8_9	16,31	1,65	8,55	0,92	11,08	2,55	8,55	1,31	C
		9_10	11,08	2,6	8,55	1,33	16,31	1,67	8,55	1,06	C
		10_11	16,31	1,72	8,55	1,68	8,55	0,55	8,55	2,47	C
	C'	7_8	8,55	0,57	8,55	2,5	16,31	1,81	8,55	1,57	C
		8_9	16,31	1,71	8,55	0,92	11,08	2,61	8,55	1,3	C
		9_10	11,08	2,67	8,55	1,32	16,31	1,47	8,55	0,84	C
		10_11	16,31	1,79	8,55	1,56	8,55	0,56	8,55	2,46	C

Fuente: Castellanos, Molina (2018).

De las Tablas 4.18 a 4.24 se muestra que el acero longitudinal de las vigas de carga (dirección X) no cumplen con el acero mínimo requerido proporcionado por el análisis sísmico del software de cálculo en un 12,80 %.

**SEGUNDO MODELO: Asignando Áreas de Acero a Vigas y Columnas:**



**Figura 4.18.** Resultados del segundo modelo.

Fuente: Castellanos, Molina (2018).

## Verificación de Cortantes en los Nodos

**Tabla 4.25.** Verificación del cortante en los Nodos de PB.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
PB	A	A-7	B2	NC
		A-8	D1	NC
		A-9	D1	NC
		A-10	D2	NC
		A-11	B3	NC
	B	B-7	D1	NC
		B-8	J1	NC
		B-9	J1	NC
		B-10	J1	NC
		B-11	D1	NC
	C	C-7	D1	NC
		C-8	J2	NC
		C-9	L1	NC
		C-10	J2	NC
		C-11	D1	NC
	D	D-7	B2	NC
		D-8	D2	NC
		D-9	K1	NC
		D-10	D2	NC
		D-11	B3	NC

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.26.** Verificación del cortante en los Nodos de N1.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
1	A	A-7	B2	NC
		A-8	D1	NC
		A-9	D1	NC
		A-10	D2	NC
		A-11	B3	NC
	B	B-7	D1	NC
		B-8	J1	NC
		B-9	J1	NC
		B-10	J1	NC
		B-11	D1	NC
	C	C-7	D1	NC
		C-8	J1	NC
		C-9	L1	NC
		C-10	J1	NC
		C-11	D1	NC
	D	D-7	B2	NC
		D-8	D2	NC
		D-9	K1	NC
		D-10	D2	NC
		D-11	B2	NC

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.27.** Verificación del cortante en los Nodos de N2.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
2	A	A-7	B2	NC
		A-8	C1	NC
		A-9	C1	NC
		A-10	C2	NC
		A-11	B2	NC
	B	B-7	C1	NC
		B-8	I1	NC
		B-9	I1	NC
		B-10	I1	NC
		B-11	C1	NC
	C	C-7	C1	NC
		C-8	I1	NC
		C-9	L1	NC
		C-10	I1	NC
		C-11	C1	NC
	D	D-7	B2	NC
		D-8	C2	NC
D-9		C1	NC	
D-10		C2	NC	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.28.** Verificación del cortante en los Nodos de N3.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
3	A	A-7	A2	NC
		A-8	C1	NC
		A-9	C1	NC
		A-10	C2	NC
		A-11	A3	NC
	B	B-7	C1	NC
		B-8	I1	NC
		B-9	I1	NC
		B-10	I1	NC
		B-11	C1	NC
	C	C-7	C1	NC
		C-8	I1	NC
		C-9	H1	NC
		C-10	I1	NC
		C-11	C1	NC
	D	D-7	A2	NC
		D-8	C2	NC
D-9		C1	NC	
D-10		C2	NC	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.29.** Verificación del cortante en los Nodos de N4.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
4	A	A-7	A2	NC
		A-8	B2	NC
		A-9	B2	NC
		A-10	B2	NC
		A-11	A3	NC
	B	B-7	B1	NC
		B-8	H1	NC
		B-9	H1	NC
		B-10	H1	NC
		B-11	B1	NC
	C	C-7	B1	NC
		C-8	H1	NC
		C-9	H1	NC
		C-10	H1	NC
		C-11	B1	NC
	D	D-7	A2	NC
D-8		B2	NC	
D-9		B2	NC	
D-10		B2	NC	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.30.** Verificación del cortante en los Nodos de N5.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
5	A	A-7	A2	NC
		A-8	B2	NC
		A-9	B2	NC
		A-10	B2	NC
		A-11	A3	NC
	B	B-7	B1	NC
		B-8	H1	C
		B-9	H1	C
		B-10	H1	C
		B-11	B1	NC
	C	C-7	B1	NC
		C-8	H1	C
		C-9	H1	C
		C-10	H1	C
		C-11	B1	NC
	D	D-7	A2	NC
D-8		A4	NC	
D-9		A1	NC	
D-10		A4	NC	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.31.** Verificación del cortante en los Nodos de NT.

Cortantes en los Nodos				
Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
T	A	A-7	A2	C
		A-8	A4	NC
		A-9	A1	C
		A-10	A4	NC
		A-11	A3	C
	B	B-7	A2	NC
		B-8	G1	C
		B-9	G1	C
		B-10	G1	C
		B-11	A2	NC
	C	C-7	A2	NC
		C-8	G1	C
		C-9	G1	C
		C-10	G1	C
		C-11	A2	NC
	D	D-7	A2	NC
		D-8	A4	NC
		D-9	A1	C
		D-10	A4	NC
		D-11	A2	NC

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

De acuerdo al análisis sísmico obtenido a través del software de calculo, y en concordancia con las tablas desde 4.25. a la 4.31. el 88,57% de los nodos no tiene la capacidad a corte para resistir la demanda sísmica.

**Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil.**

**Tabla 4.32.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para PB.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
PB	A	A-7	B2	C
		A-8	D1	C
		A-9	D1	C
		A-10	D2	C
		A-11	B3	C
	B	B-7	D1	C
		B-8	J1	C
		B-9	J1	C
		B-10	J1	C
		B-11	D1	C
	C	C-7	D1	C
		C-8	J2	C
		C-9	L1	C
		C-10	J2	C
		C-11	D1	C
	D	D-7	B2	C
		D-8	D2	C
		D-9	K1	C
		D-10	D2	C
		D-11	B3	C

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.33.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N1.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
1	A	A-7	B2	C
		A-8	D1	C
		A-9	D1	C
		A-10	D2	C
		A-11	B3	C
	B	B-7	D1	C
		B-8	J1	C
		B-9	J1	C
		B-10	J1	C
		B-11	D1	C
	C	C-7	D1	C
		C-8	J1	C
		C-9	L1	C
		C-10	J1	C
		C-11	D1	C
	D	D-7	B2	C
		D-8	D2	NC
		D-9	K1	C
		D-10	D2	NC
		D-11	B2	C

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.34.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N2.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
2	A	A-7	B2	NC
		A-8	C1	C
		A-9	C1	C
		A-10	C2	C
		A-11	B2	C
	B	B-7	C1	C
		B-8	I1	C
		B-9	I1	C
		B-10	I1	C
		B-11	C1	C
	C	C-7	C1	C
		C-8	I1	C
		C-9	L1	C
		C-10	I1	C
		C-11	C1	C
	D	D-7	B2	NC
		D-8	C2	C
D-9		C1	C	
D-10		C2	C	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.35.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N3.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
3	A	A-7	A2	NC
		A-8	C1	C
		A-9	C1	C
		A-10	C2	C
		A-11	A3	NC
	B	B-7	C1	C
		B-8	I1	C
		B-9	I1	C
		B-10	I1	C
		B-11	C1	NC
	C	C-7	C1	NC
		C-8	I1	C
		C-9	H1	C
		C-10	I1	C
		C-11	C1	C
	D	D-7	A2	NC
		D-8	C2	C
D-9		C1	C	
D-10		C2	C	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.36.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N4.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
4	A	A-7	A2	NC
		A-8	B2	C
		A-9	B2	C
		A-10	B2	C
		A-11	A3	C
	B	B-7	B1	NC
		B-8	H1	C
		B-9	H1	C
		B-10	H1	C
		B-11	B1	NC
	C	C-7	B1	NC
		C-8	H1	C
		C-9	H1	C
		C-10	H1	C
		C-11	B1	NC
	D	D-7	A2	NC
D-8		B2	C	
D-9		B2	C	
D-10		B2	C	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.37.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para N5.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
5	A	A-7	A2	NC
		A-8	B2	C
		A-9	B2	NC
		A-10	B2	C
		A-11	A3	C
	B	B-7	B1	NC
		B-8	H1	C
		B-9	H1	C
		B-10	H1	C
		B-11	B1	NC
	C	C-7	B1	NC
		C-8	H1	C
		C-9	H1	C
		C-10	H1	C
		C-11	B1	NC
	D	D-7	A2	NC
D-8		A4	C	
D-9		A1	NC	
D-10		A4	C	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

**Tabla 4.38.** Verificación del Criterio de Columna fuerte – Viga débil para NT.

Nivel	Pórtico	Columna	Tipo de columna	Verificación
T	A	A-7	A2	NC
		A-8	A4	NC
		A-9	A1	NC
		A-10	A4	NC
		A-11	A3	NC
	B	B-7	A2	NC
		B-8	G1	NC
		B-9	G1	C
		B-10	G1	NC
		B-11	A2	NC
	C	C-7	A2	NC
		C-8	G1	NC
		C-9	G1	NC
		C-10	G1	NC
		C-11	A2	NC
	D	D-7	A2	NC
		D-8	A4	NC
D-9		A1	NC	
D-10		A4	NC	
D-11		A2	NC	

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

En función a las tablas anteriores (Desde la 4.32 a la 4.38) un 67,14% de los elementos cumplen con el criterio columna fuerte y viga débil.

## Verificación de Cuantías en las columnas

**Tabla 4.39.** Verificación del valor de cuantía para cada tipo de columna.

Ubicación	BASE (B) m	ALTURA (H) m	ÁREA DE ACERO (As) cm <sup>2</sup>	CUANTIA REAL (	CUANTIA %	CUANTIA %	VERIFICACION DE CUANTIA
A1	50	50	28,19	1,253	1	6	Cumple
A2	50	50	35,78	1,590	1	6	Cumple
A3	50	50	51,94	2,308	1	6	Cumple
A4	50	50	60,81	2,703	1	6	Cumple
B1	50	60	31,67	1,152	1	6	Cumple
B2	50	60	56,05	2,038	1	6	Cumple
B3	50	60	72,21	2,626	1	6	Cumple
C1	50	70	57,55	1,771	1	6	Cumple
C2	50	70	76,3	2,348	1	6	Cumple
D1	50	80	68,73	1,833	1	6	Cumple
D2	50	80	86,78	2,314	1	6	Cumple
G1	50	110	56,05	1,068	1	6	Cumple
H1	50	120	60,81	1,058	1	6	Cumple
J1	50	140	72,21	1,070	1	6	Cumple
J2	50	140	92,48	1,370	1	6	Cumple
K1	60	70	72,21	1,852	1	6	Cumple
L1	60	120	72,21	1,047	1	6	Cumple
I1	50	130	76,32	1,221	1	6	Cumple

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

En la tabla 4.39 se observa como el 100% de las columnas cumple con el porcentaje de acero requerido por norma.

## Verificación de Derivas por nivel

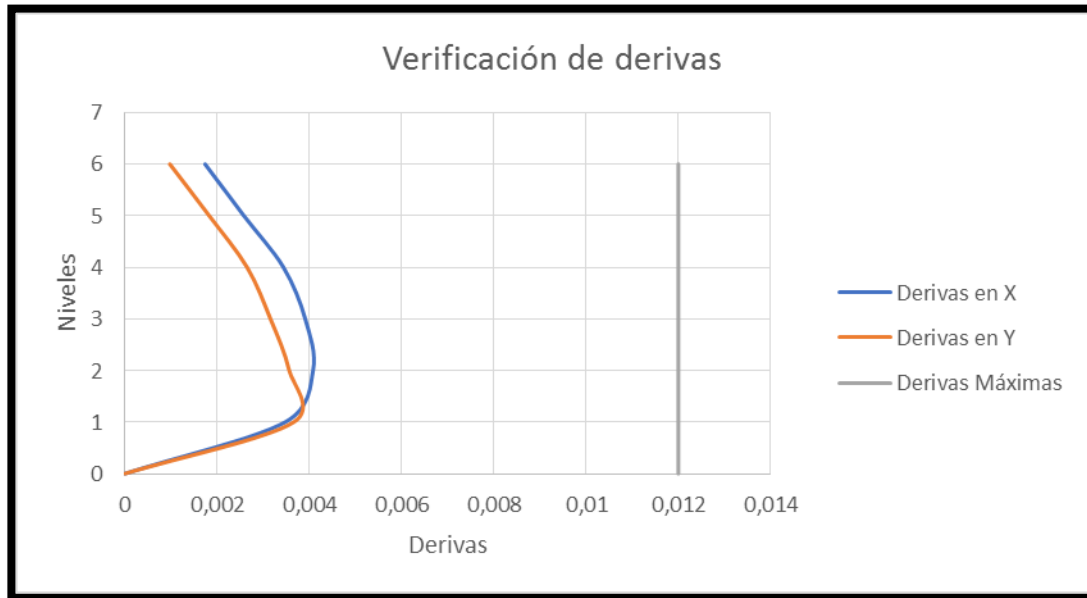
**Tabla 4.40.** Verificación del valor de cuantía para cada tipo de columna.

Chequeo de derivas							
Nivel	Altura (m)	Desplazamiento en X (m)	Desplazamiento en Y (m)	Deriva en X	Deriva en Y	deriva maxima en x 0,012	deriva maxima en Y 0,012
0	3,84	0,007	0,011	0,000	0,000	0	0
1	3,84	0,020	0,025	0,003	0,004	Cumple	Cumple
2	3,84	0,036	0,039	0,004	0,004	Cumple	Cumple
3	3,84	0,051	0,051	0,004	0,003	Cumple	Cumple
4	3,84	0,064	0,061	0,003	0,003	Cumple	Cumple
5	3,84	0,074	0,068	0,003	0,002	Cumple	Cumple
6	3,84	0,081	0,072	0,002	0,001	Cumple	Cumple

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

Graficando los valores de  $\delta_x$ ,  $\delta_y$  y  $\delta_{m\acute{a}x}$  (Figura 20) , se puede observar que ninguna de las derivas en dirección X o Y supera el valor máximo establecido por Norma (COVENIN 1756-2011 Estructuras Sismorresistentes), es decir, el 100% de

los elementos cumple con la deriva normativa menor a 0.012.



**Figura 4.19. Gràfica de Verificación de derivas en ambas direcciones.**

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

### **4.3. Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 2 de Edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez.**

Para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 2 de la Universidad José Antonio Páez, así como el índice de priorización se definieron los parámetros presentados a continuación en la Tabla 4.41 y a partir de estos y la ecuación 2 se obtuvo el índice de priorización de la edificación.

**Tabla 4.41.** Parámetros para el cálculo del índice de importancia.

Características	Parámetros	Tabla
Zona sísmica 5, peligro sísmico elevado $A_o = 0.30$ . Sin efectos topográficos	$I_A = 0.68$	2.5
Edificaciones construidas después del año 2001	$I_1 = 15$	2.7
Pórticos de concreto armado con paredes de bloques de arcilla o de concretos rellenos	$I_2 = 40$	2.8
Presencia de al menos un entrepiso blando o débil $J_4 = 50$	$I_3 = 50$	2.9 y 2.10
Por ausencia de información sobre la profundidad del depósito de sedimentos, se asume perfiles del suelo clasificados como: S3	$I_4 = 15$	2.11
Construcción en una planicie	$I_5 = 0$	2.12
Estructura de concreto. Ninguno = 0.		
Agrietamiento de paredes relleno. Moderado = 10	$I_6 = 15$	2.13
Estado general de mantenimiento. Regular = 0		
Índice de importancia		
Uso de la Edificación A2 N> 1000	$I_I = 0.95$	2.14

**Fuente:** Castellanos, Molina (2018).

Mediante la aplicación de las ecuaciones del índice de priorización y la ecuación para el cálculo del índice de vulnerabilidad se obtiene por la ecuación 4.1

$$I_v = \sum_{i=1}^6 \alpha_i I_i \quad \text{Índice de Vulnerabilidad} \quad (\text{Ec.4.1})$$

**Tabla 4.42.** Tabla de vulnerabilidad.

Descripción	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_V$
Edificio de 7 niveles, construido en el 2003. tipo estructural 2, con entrepiso blando y efecto de columna corta, sin efectos topográfico de moderado mantenimiento.	15	40	50	0	0	15	21
$I \alpha_i$	3,75	14	12,5	0	0	0,6	30,85

**Fuente:** Metodología FUNVISIS (2014)

**Tabla 4.43.** Valoración del Índice de Vulnerabilidad ( $I_V$ )

Calificación de la Vulnerabilidad	$I_V$ Rango de Valores
Muy Elevada	$60 \leq I_V \leq 100$
Elevada	$40 \leq I_V < 60$
Media Alta	$30 \leq I_V < 40$
Media Baja	$20 \leq I_V < 30$
Baja	$10 \leq I_V < 20$
Muy Baja	$0 \leq I_V < 10$

**Fuente:** Metodología Funvisis (2014)

Se procede a comparar índice de Vulnerabilidad con la Tabla 4.43. Y obtenemos que tenemos un índice de vulnerabilidad “Medio Alta”.

#### 4.3.1. Índice de Riesgo:

$$I_R = (I_A \ I_V)$$

$$I_R = 0.68 \ 30.85 = 20.978$$

**Tabla 4.44.** Valoración del Índice de Riesgo ( $I_R$ )

Calificación del riesgo	$I_R$ Rango de valores
Muy Elevado	$60 \leq I_R \leq 100$
Elevado	$40 \leq I_R < 60$
Alto	$25 \leq I_R < 40$
Medio Alto	$15 \leq I_R < 25$
Medio Bajo	$8 \leq I_R < 15$
Bajo	$3 \leq I_R < 8$
Muy Bajo	$0 \leq I_R < 3$

**Fuente:** Metodología Funvisis (2014)

Comparando el Índice de Riesgo con la Tabla 4.44. Valoración del índice de riesgo ( $I_R$ ). Se obtiene que el riesgo es Medio Alto ya que es de **15**  $I_R$  **25**

#### 4.3.2. Índice de Priorización:

$$I_P = (I_A \quad I_V \quad I_I)$$

$$I_P = 0.68 \quad 30.85 \quad 0.95 = 19.92$$

Comparando el índice de Priorización obtenido con la Tabla 4.44, se localiza el rango en el que se encuentra el Índice de Priorización rango, resultando un índice de priorización P7.

**Tabla 4.45.** Valoración del Índice de Priorización ( $I_p$ )

<b>Calificación de la Priorización</b>	<b><math>I_p</math> Rango de Valores</b>
P1 (Prioridad máxima)	$60 \leq I_p \leq 100$
P2	$50 \leq I_p < 60$
P3	$40 \leq I_p < 50$
P4	$30 \leq I_p < 40$
P5	$25 \leq I_p < 30$
P6	$20 \leq I_p < 25$
P7	$16 \leq I_p < 20$
P8	$12 \leq I_p < 16$
P9	$8 \leq I_p < 12$
P10	$5 \leq I_p < 8$
P11	$2 \leq I_p < 5$
P12 (Prioridad mínima)	$0 \leq I_p < 2$

**Fuente:** Metodología Funvisis (2014)

## CONCLUSIONES

La geometría del módulo 2 del edificio Número 4 de la Universidad José Antonio Páez, es netamente ortogonal dado por 7 niveles con una altura de entrepiso constante de 3,84m para una altura total de la edificación de 26,88m, 5 pórticos en dirección Y, 4 pórticos en dirección X y 2 ejes auxiliares en dirección X. Cuenta con 32 mts de frente y 27mts de profundidad y una abertura en el tramo central en dirección X a partir del nivel 1 hasta el Nivel techo con dimensiones de 4m de ancho por 27m de largo.

Existen incogruencias entre la verificación en campo de la estructura y los planos data existentes en la Dirección del Departamento de Planta Física, debido a que el nivel 1 del modulo 2 las vigas del pórtico 9 , tramo C-D y de los porticos 8 y 10 no salen reflejadas en los planos proporcionados por planta física y en dicho espacio los planos indican que existe una gran abertura ,sin embargo cuando verificamos con lo construido dicha abertura no existe y en los ejes indicados existen vigas de igual dimensiones que el resto de las vigas 40x70cm.

En disposición a lo que establece la Norma Venezolana COVENIN 1756-2001 Estructuras Sismorresistentes el Edificio Número 4 del módulo 2 ubicado en el municipio de San Diego del estado Carabobo se encuentra en una zona sísmica 5, con forma espectral S3, pertenece al Grupo A con un factor de importancia ( $\alpha$ ) de 1,30 y requiere ND3. Con respecto al sistema estructural resistente a cargas es tipo I, con un factor de reducción de respuesta igual a 6.

La edificación presenta en el nivel 1 una relación de rigidez relativa de 0,50 con respecto a pb debido al cambio de longitud de las vigas en el tramo B-C

de los pórticos 8-9-10 lo que conlleva que presente la irregularidad vertical de entrepiso blando .

De acuerdo a lo que establece la ACI 318-14 en los requerimientos para vigas, referente al acero de refuerzo transversal los casos de los volados de los pórticos 9 y 11 en todos los niveles no cumple con la separación máxima de 5 cm desde la cara del apoyo del primer estribo. Adicionalmente se evidenciaron solapes en zonas cercanas a los apoyos exceptuando los pórticos A y D de nivel techo que cumple con lo establecido en norma.

Comparando el área de acero longitudinal sugerido en las vigas sismorresistentes (dirección Y) producto del análisis sísmico del software de cálculo con el acero proporcionado según los planos, un 74,31% del acero proporcionado según los planos es inferior al acero longitudinal requerido según el análisis estructural realizado por el software de cálculo en dirección "Y". En el mismo análisis sísmico se determinó que 12,80% del acero proporcionado según los planos es inferior al acero longitudinal requerido según el análisis estructural realizado por el software de cálculo en dirección "X".

El 88,57% de los nodos no tienen la capacidad de resistir la demanda sísmica de acuerdo al análisis a través del software de cálculo

Basados en el análisis del software de cálculo el 67,14% de los elementos cumplen con el criterio columna fuerte - viga débil.

Los desplazamientos relativos (derivadas) en dirección X como en Y para todos los niveles resultan menores al valor máximo establecido por Norma (COVENIN 1756-2011 Estructuras Sismorresistentes) de 0.012.

El Índice de Priorización sísmica del Módulo 2 del edificio 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez mediante la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS resultó ser de 19,92 clasificado como P7 , comparando con varias zonas del municipio como el remanso que posee un

IP de 19,5 P7 e incluso el centro medico valles de san diego que posee un IP de 16,98 P7, se puede evidenciar que dicho modulo posee un índice de priorización alto superior a muchas de las edificaciones evaluadas en la zona.

El módulo 2 del edificio número 4 de la Universidad José Antonio Páez presenta mayor vulnerabilidad sísmica que el módulo 1 del mismo edificio, estableciendo como criterio de comparación el índice de priorización de cada uno.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar un levantamiento estructural de la edificación que permita aclarar las incogruencias existentes en planos de la Dirección de planta física con lo ispeccionado en sitio.

Construir o incorporar vías de escape (escaleras) al módulo 2 del edificio número 4 de la Universidad José Antonio Páez, y lograr una evacuación independiente de los módulos adyacentes en la ocurrencia de un evento sísmico, evitando pérdidas humanas.

Incorporar un sistema de anclaje mecánico que suministren soporte a las tablillas que recubren las paredes exteriores de la edificación, ya que representan un riesgo considerable a los ocupantes al momento de la evacuación, si llegase a ocurrir un sismo, considerando que son propensas a desprenderse.

Realizar un refuerzo de los elementos estructurales que componen la edificación con la finalidad de garantizar un comportamiento adecuado de la edificación durante la ocurrencia de un sismo con características similares al que fue empleado en esta investigación.

Desarrollar investigaciones de vulnerabilidad sísmica a los módulos adyacentes, que permita un estudio en conjunto del Edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez.

Desarrollar investigaciones de vulnerabilidad sísmica a las edificaciones presentes en el campus de la Universidad Jose Antonio Paez.

## BIBLIOGRAFIA

- Alonzo, José L. (2007): **Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones**, Caracas 1ra.. Edición. SIDETUR.
- COVENIN (2001): **Edificaciones Sismorresistente. Norma COVENIN 1756:01**, Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (2006): **Norma Venezolana 1753:2006. Proyecto y Construcción de Obras de Concreto Estructural**, Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS**, (2014). (Página Web en Línea). Disponible: <http://www.funvisis.gob.ve/> (consulta: 2015, Mayo 2).
- Gonzáles, Jesús y Mur, José, (2009): **Niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico presentes en las edificaciones de la Parroquia Catedral, Municipio Bolivariano Libertador de Caracas**, Universidad de Carabobo, trabajo especial de grado. Agosto de 2009.
- Mijares, Héctor y García, Luis, (2007): **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado**, Universidad José Antonio Páez, San Diego, Venezuela.
- Quintero, Nayriuska y Rojas, Jonathan, (2011): **Niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico presentes en las edificaciones de la Parroquia Catedral, Municipio Bolivariano Libertador de Caracas**, Universidad de Carabobo, trabajo especial de grado. Noviembre 2011.

## **ANEXOS**

### A-1. ANÁLISIS DE CARGA PARA TODA LA ESTRUCTURA

Entrepiso de Sótano				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m2	Carga variable kgf/m2	carga permanente kgf/m2
Peso propio de la losa	864	315		315,0
Granito	864	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	864		500,0	0,0
Tabiqueria	864	0,0		0,0
Total de carga variable	864		500,0	
Total de carga permanente				455,0
Entrepiso de Planta Baja				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m2	Carga variable kgf/m2	carga permanente kgf/m2
Peso propio de la losa	864	315		315,0
Granito	864	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	864		500,0	0,0
Tabiqueria	864	0,0		0,0
Total de carga variable			500,0	
Total de carga permanente				455,0
Entrepiso de Niveles 1 ,3 y 5				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m2	Carga variable kgf/m2	carga permanente kgf/m2
Peso propio de la losa	377	315		315,0
Granito	377	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	377		500,0	0,0
Tabiqueria	377	0,0		0,0
Total de carga variable			500,0	
Total de carga permanente				455,0

Entrepiso de nivel 2 parte A				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m2	Carga variable kgf/m2	carga permanente kgf/m2
Peso propio de la losa	377	315		315,0
Granito	377	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	377		500,0	0,0
Tabiqueria	377	0,0		0,0
Mármol	377	0,00		0,0
Total de carga variable			500,0	
Total de carga permanente				455,0

Entrepisos de nivel 2 parte B				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m2	Carga variable kgf/m2	carga permanente kgf/m2
Peso propio de la losa	377	315		315,0
Granito	377	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	377		500,0	0,0
Tabiqueria	377	0,0		0,0
Mármol	377	0,0		0,0
Unidades Odontológicas	377	0,0		0,0
Total de carga variable			500,0	
Total de carga permanente				455,0

Entrepiso de nivel 4 parte A				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m2	Carga variable kgf/m2	carga permanente kgf/m2
Peso propio de la losa	377	315		315,0
Granito	377	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	377		500,0	0,0
Tabiqueria	377	0,0		0,0
Total de carga variable			500,0	
Total de carga permanente				455,0

Entrepiso de nivel 4 parte B				
Especificacion	Área	Peso propio kgf/m <sup>2</sup>	Carga variable kgf/m <sup>2</sup>	carga permanente kgf/m <sup>2</sup>
Peso propio de la losa	377	315		315,0
Granito	377	140,0		140,0
Carga variable (Uso)	377		500,0	0,0
Tabiqueria	377	0,0		0,0
Total de carga variable			500,0	
Total de carga permanente				455,0

**A-2. FOTOGRAFÍAS DE INSPECCIÓN EN SITIO DE LA ESTRUCTURA**





### A-3. PLANILLA DE METODOLOGÍA FUNVISIS

FUNVISIS		PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES		FUNVISIS	
Versión: 200711		(Características Sísmorresistentes)		G-20007150-2	
1. Datos generales					
1.1 Fecha	16/04/16	1.2 Hora inicio	2:25 PM	1.3 Hora culminación	5:00 PM
1.4 Código					
2. Datos de los participantes					
Función	Nombre y apellido	Teléfono	Correo Electrónico		
2.1 Inspeccionador	Elvis Cuchillas / Jorge Molina	0414-7388117	jorge.molina@funvisis.gub.ve		
2.2 Revisor	CARLOS MANZANARES	0417-3581301			
2.3 Supervisor	MARILYS FLORES	0414-6448399	Floresmave@funvisis.gub.ve		
3. Datos del entrevistado					
3.1 Relación con la Edif.	2.2 Nombre y apellido	3.3 Teléfono	3.4 Correo Electrónico		
4. Identificación y ubicación de la edificación					
4.1 Nombre o N°	Módulo 2 - Edificio	4.2 N° de pisos	7	4.3 N° de semi-alturas	3
4.4 N° de sótanos	0	4.5 Estado	Carabobo	4.6 Ciudad	
4.7 Municipio	SAN DIEGO	4.8 Parroquia		4.9 Urb. barrio	Yuma II
4.10 Sector		4.11 Calle/Venida	NPS	4.12 Pto. de Referencia	24 Suroeste de la Urb. - Fernando
Proy. LITMI: REOVEN	4.13 Cuadr. X	4.14 Cuadr. Y		4.15 Altura	
5. Uso de la edificación (marcar con "X", múltiples opciones)					
<input type="checkbox"/> Gubernamental	<input type="checkbox"/> Militar	<input type="checkbox"/> Médico-Asistencial	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Otro (Especificar)	
<input type="checkbox"/> Bienesera	<input type="checkbox"/> Vivienda Popular	<input checked="" type="checkbox"/> Educativo	<input checked="" type="checkbox"/> Comercial		
<input type="checkbox"/> Profesión Civil	<input type="checkbox"/> Vivienda Estudiantil	<input checked="" type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo	<input type="checkbox"/> Oficina		
<input type="checkbox"/> Policial	<input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar	<input checked="" type="checkbox"/> Cultural	<input type="checkbox"/> Religioso		
6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "X", múltiples opciones)					
6.1 Número de personas que ocupan el inmueble	30 personas	6.2 Ocupación durante	<input checked="" type="checkbox"/> Mañana	<input checked="" type="checkbox"/> Tarde	<input checked="" type="checkbox"/> Noche
7. Año de construcción (rellenar y marcar con "X", una opción)					
Año	<input type="checkbox"/> Antes de 1929	<input type="checkbox"/> Entre 1930 y 1947	<input type="checkbox"/> Entre 1948 y 1955	<input type="checkbox"/> Entre 1956 y 1967	
	<input type="checkbox"/> Entre 1968 y 1987	<input type="checkbox"/> Entre 1988 y 1998	<input type="checkbox"/> Entre 1999 y 2001	<input checked="" type="checkbox"/> Después de 2001	
8. Condición del terreno (marcar con "X", una opción por pregunta)					
8.1 Edificación en	<input checked="" type="checkbox"/> Nivel	8.2 Ángulo del terreno	20° - 45°	<input type="checkbox"/> Mayor a 45°	
	<input type="checkbox"/> Ladera	8.3 Localización sobre la mitad superior de la ladera	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
8.4 Pendiente del talud	<input type="checkbox"/> Bajo	8.4 Pendiente del talud	<input type="checkbox"/> 20° - 45°	<input type="checkbox"/> Mayor a 45°	
8.5 Separación al talud	<input type="checkbox"/> Cero	8.5 Separación al talud	<input type="checkbox"/> Menor a 11 del Talud	<input type="checkbox"/> Mayor a 11 del Talud	
9. Tipo estructural					
9.1 Marque con "X" múltiples opciones	9. Sistemas prefabricados a base de grandes paneles o de pórticos				
<input type="checkbox"/> 1. Pórticos de concreto armado	10. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada				
<input checked="" type="checkbox"/> 2. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada				
<input type="checkbox"/> 3. Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	12. Sistemas muros de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos				
<input type="checkbox"/> 4. Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor depositos en una sola dirección (algunos sin tipo suelo)	13. Sistemas muros de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos				
<input type="checkbox"/> 5. Pórticos de acero	14. Viviendas de bahareque de un piso				
<input type="checkbox"/> 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares	15. Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.)				
<input type="checkbox"/> 7. Pórticos de acero mamposteados					
<input type="checkbox"/> 8. Pórticos de acero con arces					
9.2 Indique el número del tipo estructural predominante	2				
10. Esquema de planta (marcar con "X")			11. Esquema de elevación (marcar con "X")		
<input type="checkbox"/> "H"	<input type="checkbox"/> "L"	<input type="checkbox"/> Esbeltez horizontal	<input type="checkbox"/> "T"	<input type="checkbox"/> "U"	<input type="checkbox"/> Esbeltez vertical
<input type="checkbox"/> "T"	<input type="checkbox"/> Cajón	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Pirámide invertida	<input type="checkbox"/> "L"	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno
<input type="checkbox"/> "U" ó "C"	<input type="checkbox"/> Regular		<input type="checkbox"/> Piramidal	<input type="checkbox"/> Rectangular	

**Boliviano**  
de 2010 - 2011

Fundación Boliviana de Investigaciones Tecnológicas (FUNBITEC)  
**Funvisis**

---

**12. Irregularidades (marcar con "x", múltiples opciones)**

<p>12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones</p> <p>12.2 Ausencia de muros en una dirección</p> <p>12.3.1 estructura b.áge</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 12.4 Presencia de aleros en entreepis total o parcial</p> <p>12.5 Presencia de columnas codas</p> <p>12.6 Irregularidad de ejes de columnas o paredes portantes</p>	<p>12.7 Aberturas significativas en losas</p> <p>12.8.1 falta simetría de masas o rigideces en planta</p> <p>12.9 Adosamiento: Losa contra losa</p> <p>12.10 Adosamiento: Losa contra columna</p> <p>12.11 Separación entre edificios (cm) _____</p>
---	--

---

**13. Grado de deterioro (marcar con "x", una opción por pregunta)**

<p>13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo</p> <p>13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de concretos y/o pintura</p> <p>13.3 Agrietamiento en paredes de refugio</p> <p>13.4 Estado general de mantenimiento</p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;"><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</td> <td style="width: 20%;">Moderado</td> <td style="width: 20%;">Severo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ninguno</td> <td>Moderado</td> <td>Severo</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</td> <td>Moderado</td> <td>Severo</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Bueno</td> <td>Regular</td> <td>Mal</td> </tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	Moderado	Severo	<input type="checkbox"/> Ninguno	Moderado	Severo	<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	Moderado	Severo	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	Regular	Mal
<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	Moderado	Severo											
<input type="checkbox"/> Ninguno	Moderado	Severo											
<input checked="" type="checkbox"/> Ninguno	Moderado	Severo											
<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	Regular	Mal											

---


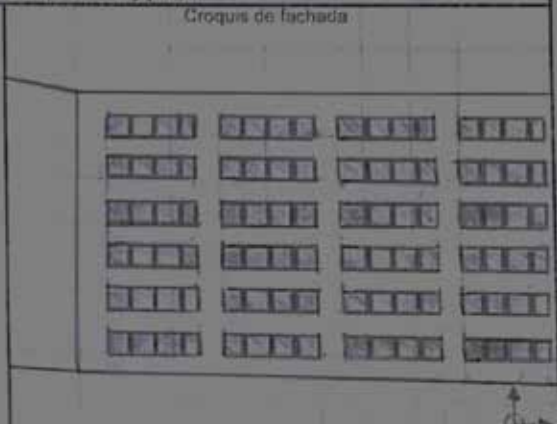

**14. Observaciones**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

**15. Croquis de ubicación, fachada y planta**

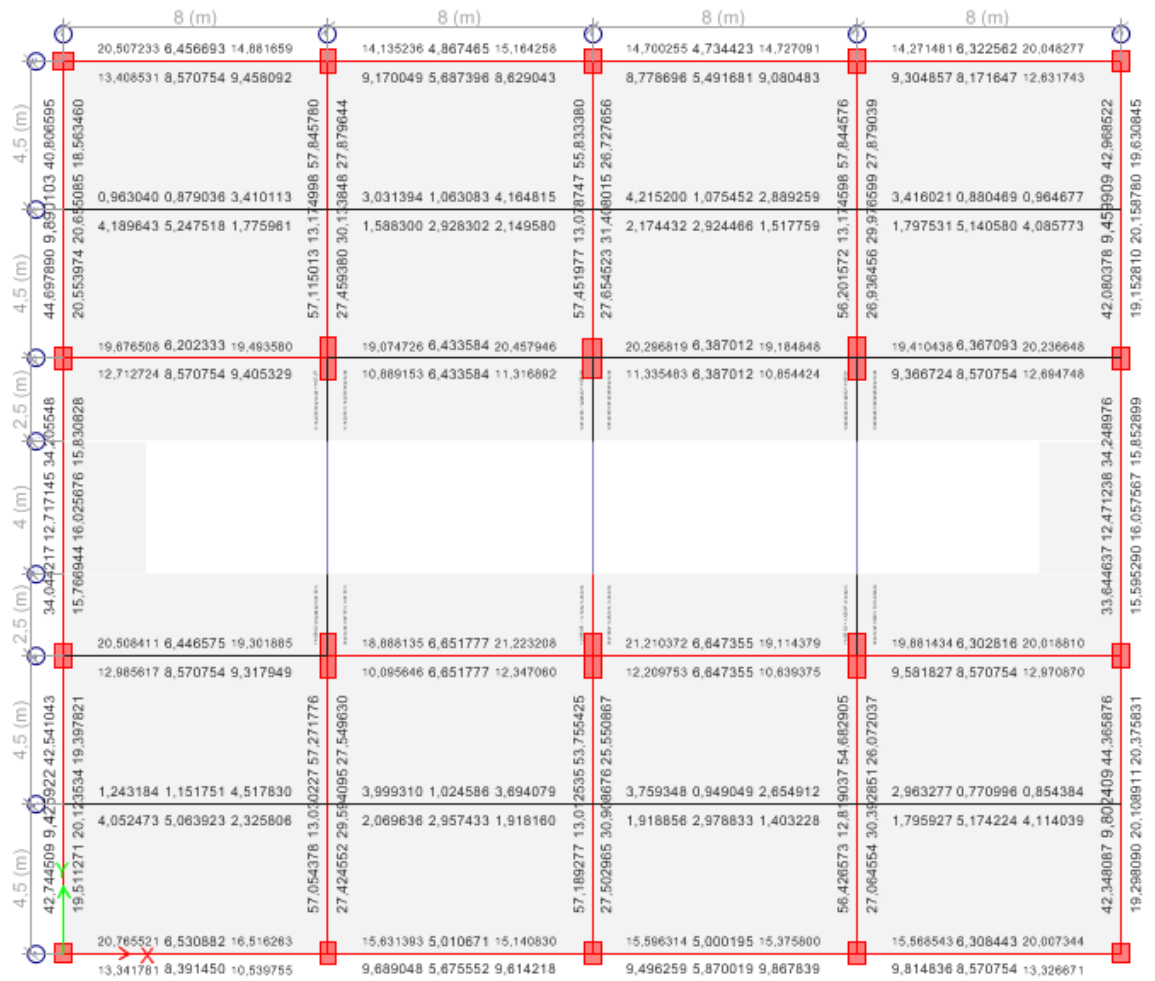
<p style="text-align: center;">Croquis de ubicación</p> 	<p style="text-align: center;">Croquis de fachada</p> 
<p style="text-align: center;">Croquis de planta</p> 	

---

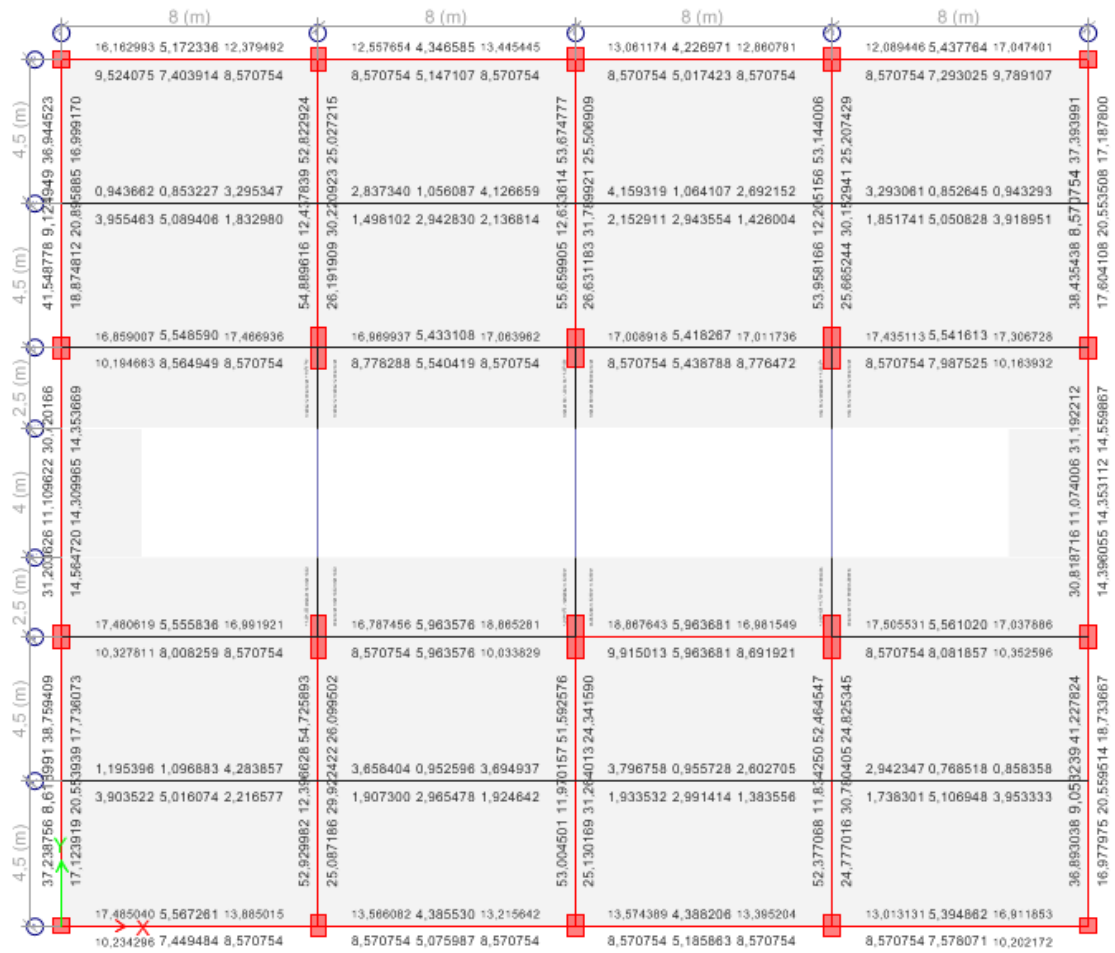
Fotos a tomar	- Fachadas	- Identificación de la edificación	Pendiente del terreno	Talud cercano	Tipo estructural
- Elementos estructurales	- Losas	- Juntas	- Redes o conexiones	- Ausencia de vigas altas	- Presencia columna corta
- Discontinuidad de elementos	- Aberturas excesivas en planta	- Asimetría en planta	- Adosamiento	- Grietas en paredes	- Observaciones o casos especiales
- Grietas o fisuras en elementos de concreto	- Corrosión o deterioro en elementos de acero				



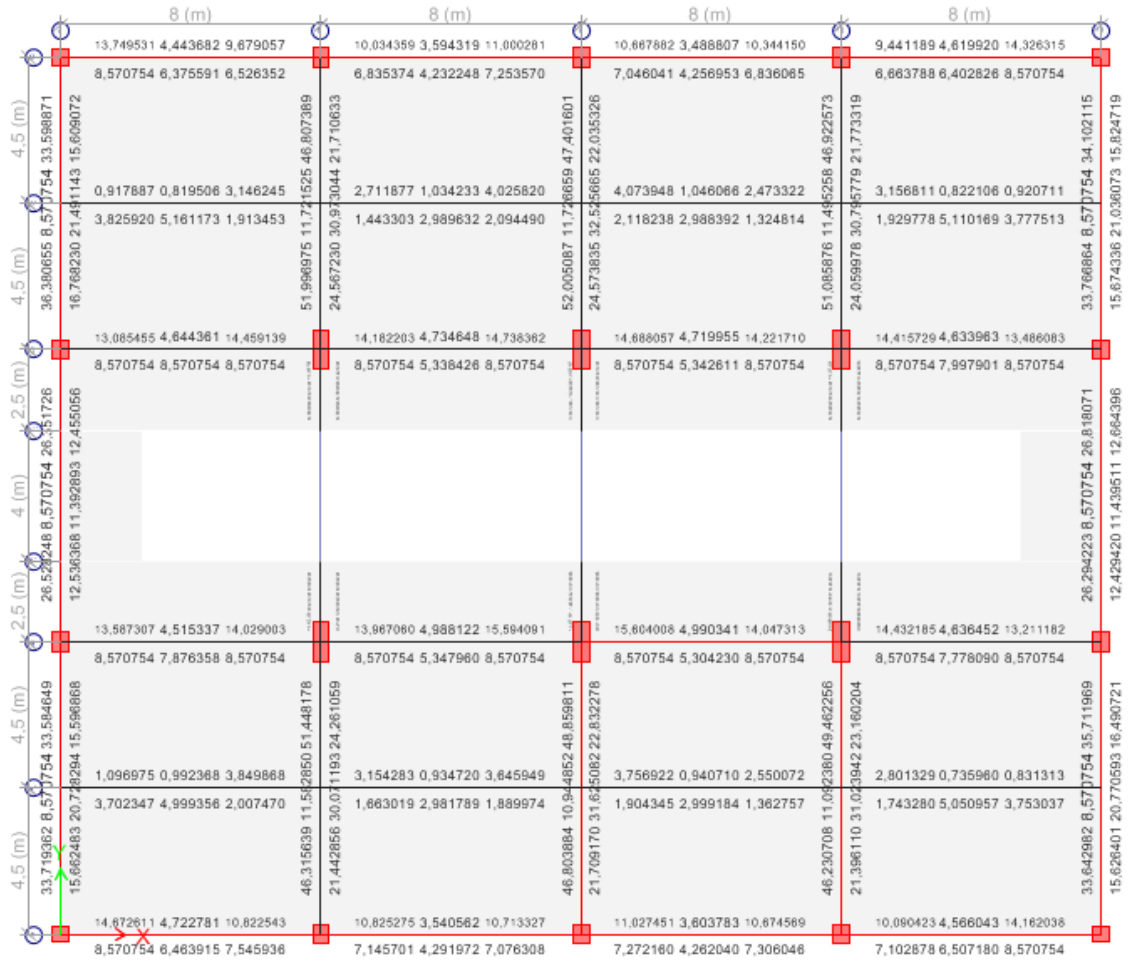




Acero de refuerzo longitudinal para Z= 11.52m



Acero de refuerzo longitudinal para Z= 15.36m



Acero de refuerzo longitudinal para Z= 19.20m



Acero de refuerzo longitudinal para Z= 23.04m



## A-5. SUMARY DEL SEGUNDO MODELO REALIZADO EN EL SOFTWARE CÁLCULO ESTRUCTURAL

	6.305490 1.593367 4.979361	5.392503 1.492231 5.884362	6.066614 1.538534 5.331188	4.344688 1.525765 6.032760	
(35,870897)	3.200548 4.137549 2.549659	2.751301 2.642943 2.996975	3.082502 2.651894 2.724391	2.233805 4.143021 3.065845	Story7
(35,870897)	10.879073 3.559200 8.533329	8.533329 2.690630 8.533329	8.533329 2.770782 8.533329	8.533329 3.427323 10.461403	Story6
(35,870897)	7.188275 5.945948 5.184837	5.411341 4.178775 5.409419	5.573745 4.193437 5.339723	4.777613 5.867957 6.520919	Story5
(35,870897)	14.771063 4.752105 10.927513	10.878967 3.557301 10.778569	11.092517 3.623663 10.746130	10.155266 4.594425 14.257188	Story4
(35,870897)	8.533329 6.484696 7.668360	7.237867 4.309520 7.117480	7.313112 4.288700 7.424451	7.211743 6.532902 8.533329	Story3
(35,870897)	17.636514 5.610982 14.037887	13.650264 4.410613 13.316385	13.674408 4.418084 13.504029	13.111484 5.437243 17.057345	Story2
(56,257954)	10.404966 7.483028 8.533329	8.533329 5.103622 8.533329	8.533329 5.224129 8.533329	8.533329 7.617576 10.364062	Story1
(56,257954)	20.796480 6.537746 16.606332	15.631904 5.009696 15.182730	15.617774 5.005534 15.427669	15.682478 6.323091 20.063693	Base
(56,257954)	13.422532 8.397296 10.699615	9.721608 5.683351 9.664962	9.557937 5.875193 9.925289	9.867387 8.533329 13.384770	
(56,257954)	22.852943 7.126567 18.770548	17.210595 5.478964 16.494475	17.011476 5.419509 16.970521	17.802908 6.885577 22.017280	
(56,257954)	15.728061 8.533329 12.027233	11.003122 6.281137 11.108084	10.890467 6.258333 11.258478	11.222042 8.533329 15.718533	
(56,257954)	21.673203 6.780376 19.296369	19.123784 6.036853 16.338427	16.856582 5.455923 17.167013	18.338220 6.575249 20.876127	
(56,257954)	16.238027 8.533329 13.111198	12.816963 6.306949 11.174983	11.158487 6.019488 11.180078	11.197501 8.533329 16.154696	

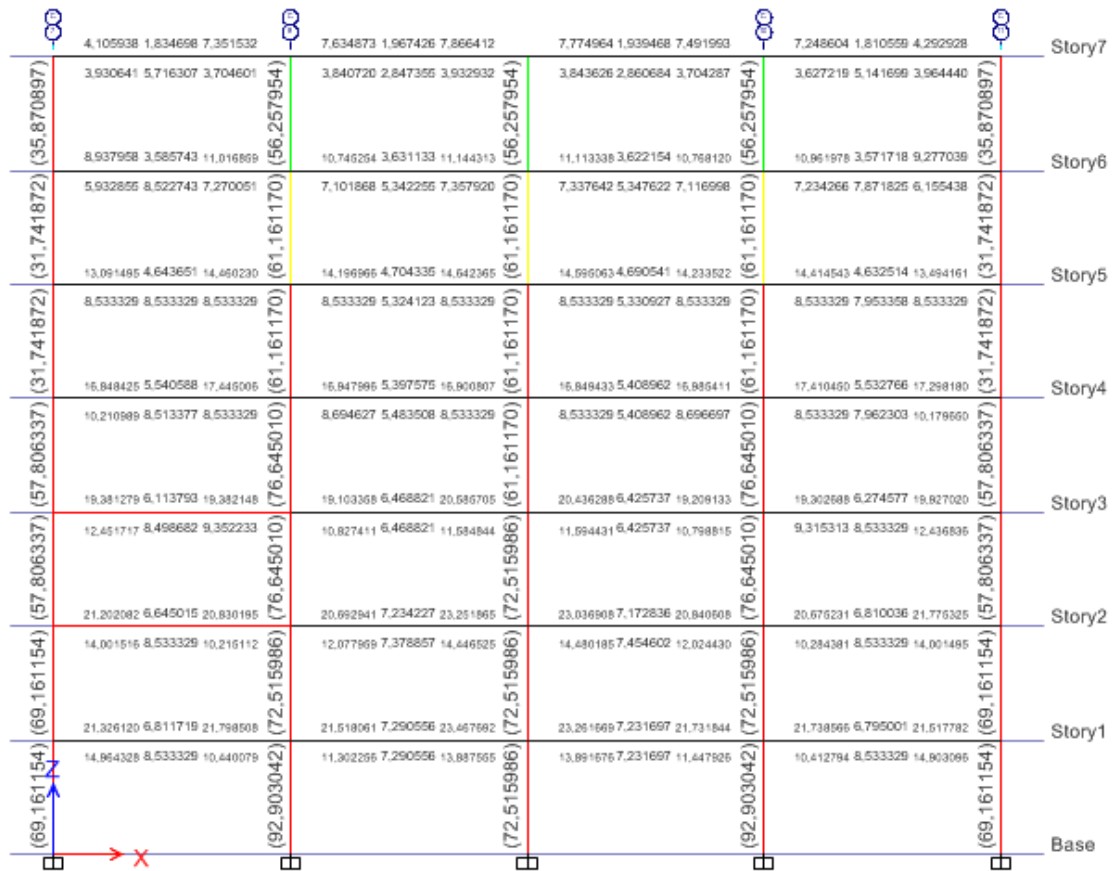
Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico A

	0.645621 0.548125 2.062563	1.652353 0.648608 2.555352	2.600514 0.653152 1.666510	1.723714 0.466105 0.554908	Story7
	2.442665 3.680174 1.565418	0.922128 1.861602 1.314333	1.325958 1.862656 1.062496	1.680868 3.731102 2.471354	
	1.014605 0.896917 3.443314	2.734857 0.929874 3.645685	3.750230 0.941798 2.541309	2.728326 0.722834 0.830052	Story6
	3.502357 5.060827 1.942262	1.466557 3.013216 1.881774	1.908863 3.029452 1.369897	1.838407 5.119549 3.549441	
	1.056428 0.991756 3.847559	3.150697 0.930688 3.627414	3.737206 0.936625 2.542668	2.794760 0.734323 0.829721	Story5
	3.693108 4.977330 2.006301	1.861241 2.968511 1.881678	1.896222 2.986222 1.359091	1.737632 5.028488 3.744736	
	1.194752 1.096332 4.281801	3.654046 0.949070 3.680781	3.779158 0.951936 2.595169	2.918237 0.762562 0.852744	Story4
	3.894975 4.997882 2.215456	1.905057 2.952571 1.917554	1.925921 2.978530 1.379778	1.736272 5.091341 3.945549	
	1.238914 1.147707 4.501845	3.977877 1.019207 3.675125	3.740835 0.944296 2.639407	2.954207 0.768651 0.851846	Story3
	4.036308 5.042172 2.317651	2.058791 2.944500 1.508545	1.909285 2.965395 1.395318	1.786461 5.154480 4.098572	
	1.274835 1.193720 4.704373	4.351437 1.107220 3.643420	3.689760 0.930248 2.782524	3.014905 0.779839 0.853929	Story2
	4.116821 5.024812 2.409212	2.234786 2.932618 1.883957	1.879262 2.935811 1.457844	1.775630 5.155277 4.189725	
	1.216591 1.154416 4.574706	4.362859 1.103272 3.512185	3.586822 0.893250 2.933518	3.013436 0.772513 0.830142	Story1
	4.106452 4.951132 2.330279	2.223806 2.859949 1.802707	1.801813 2.831537 1.516456	1.654648 5.026525 4.145244	Base

Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) p $\acute{o}$ rtico A'

	4,351917 1,808153 7,233281	7,731758 2,040365 8,206002	8,239166 2,047647 7,658934	7,409574 1,849158 4,161466	Story7
(35,870897)	3,976349 5,136532 3,650789	3,898019 2,820200 4,130028	4,145286 2,880768 3,860615	3,735110 5,718668 3,940967	
(31,741872)	9,354381 3,516507 10,784070	10,749536 3,826855 11,792139	11,816787 3,833298 10,720524	11,061367 3,600798 9,040674	Story6
(31,741872)	6,207201 7,863233 7,122837	7,105084 4,780317 7,768737	7,782609 5,364738 7,084354	7,297069 7,751004 5,999812	
(31,741872)	13,608733 4,514605 14,029473	13,870849 4,989425 15,001962	15,610080 4,991060 14,056831	14,440688 4,638058 13,234175	Story5
(31,741872)	8,533329 7,840516 8,533329	8,533329 4,989425 8,533329	8,533329 5,280970 8,533329	8,533329 7,752038 8,533329	
(31,741872)	17,514894 5,564566 17,001742	16,799709 5,966520 18,880815	18,881165 5,966028 16,997319	17,520865 5,564184 17,072863	Story4
(57,806337)	10,383284 8,001195 8,533329	8,533329 5,966520 10,084626	9,965500 5,966028 8,735608	8,533329 8,055729 10,407167	
(57,806337)	20,329356 6,392358 19,148583	18,746205 6,600244 21,052933	21,030813 6,593125 18,980836	19,718961 6,252487 18,953393	Story3
(57,806337)	12,968964 8,533329 9,245682	9,995853 6,600244 12,226212	12,092543 6,593125 10,631033	9,505466 8,526514 12,851662	
(57,806337)	22,501904 7,019901 20,741522	20,046813 6,984689 22,394112	22,360209 6,973805 20,321841	21,384785 6,876658 22,001710	Story2
(69,161154)	14,733467 8,533329 10,263638	11,122120 6,984689 13,654186	13,603579 6,973805 11,673129	10,728947 8,533329 14,663220	
(69,161154)	21,188289 6,635341 20,954038	20,348064 7,131874 22,824989	22,870069 7,115333 21,044495	22,181961 6,922859 22,081210	Story1
(69,161154)	15,018985 8,533329 10,056941	10,028165 7,131874 13,278070	13,072380 7,115333 10,840273	10,612513 8,533329 15,628990	Base

Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico B



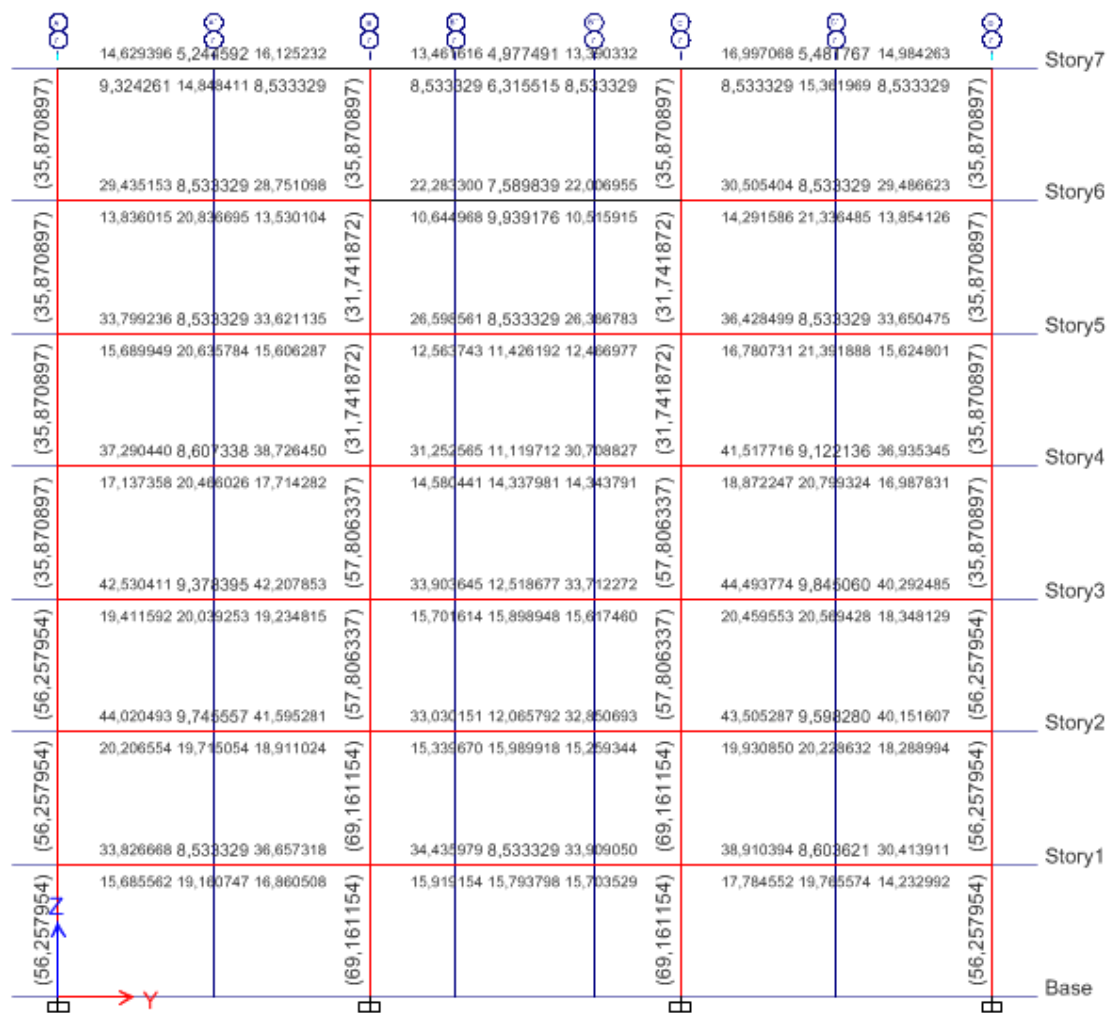
Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico C

	0,573778 0,485659 1,812932	1,711114 0,656168 2,606676	2,667108 0,662883 1,472330	1,791525 0,482433 0,561005	Story7
	2,500517 3,749993 1,574673	0,927230 1,790901 1,298361	1,328342 1,810082 0,848332	1,555175 3,688731 2,455320	
	0,880208 0,772593 2,941890	2,603769 0,980358 3,793255	3,840358 0,991999 2,399059	2,959613 0,776959 0,884817	Story6
	3,565848 5,145257 1,954125	1,398297 2,989957 1,988176	2,011449 2,987452 1,296673	1,962000 5,078054 3,510976	
	0,915539 0,817700 3,139853	2,726077 1,017878 3,960260	4,009123 1,029891 2,492469	3,150960 0,820430 0,918489	Story5
	3,805016 5,127272 1,889570	1,449823 2,982062 2,061519	2,085633 2,980773 1,333797	1,905747 5,076431 3,756722	
	0,943626 0,853607 3,297628	2,868335 1,033073 4,033801	4,070947 1,042197 2,730288	3,295804 0,853137 0,943367	Story4
	3,932461 5,051589 1,802489	1,513066 2,935736 2,090478	2,108795 2,935830 1,444518	1,820589 5,010715 3,895515	
	0,952142 0,868459 3,367835	3,021655 1,066723 4,180274	4,217353 1,075823 2,870940	3,372003 0,869466 0,953352	Story3
	4,138182 5,189639 1,754682	1,583138 2,919176 2,156856	2,175132 2,918519 1,508342	1,792358 5,091203 4,041062	
	0,954102 0,879995 3,429428	3,253057 1,031348 4,052262	4,083118 1,038950 3,093998	3,419436 0,877420 0,951536	Story2
	4,277026 5,280320 1,775821	1,687665 2,846216 2,082455	2,097716 2,855871 1,608729	1,770755 5,131655 4,131422	
	0,980079 0,921720 3,624201	3,508819 1,013555 4,002392	4,089094 1,034123 3,328278	3,620082 0,920622 0,979136	Story1
	4,220615 5,117458 1,857949	1,802301 2,826454 2,044892	2,089260 2,842556 1,711352	1,855877 4,972369 4,074428	
					Base

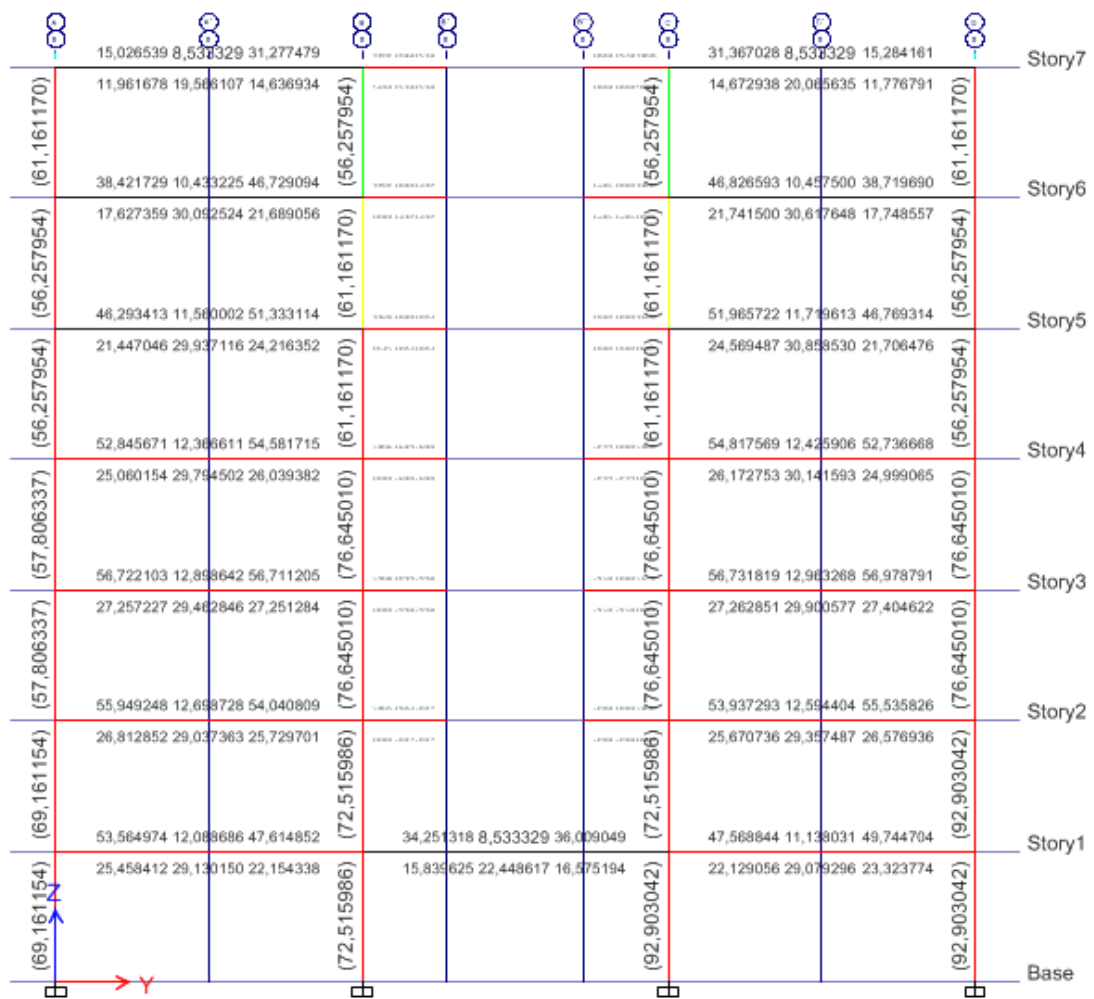
Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico C'



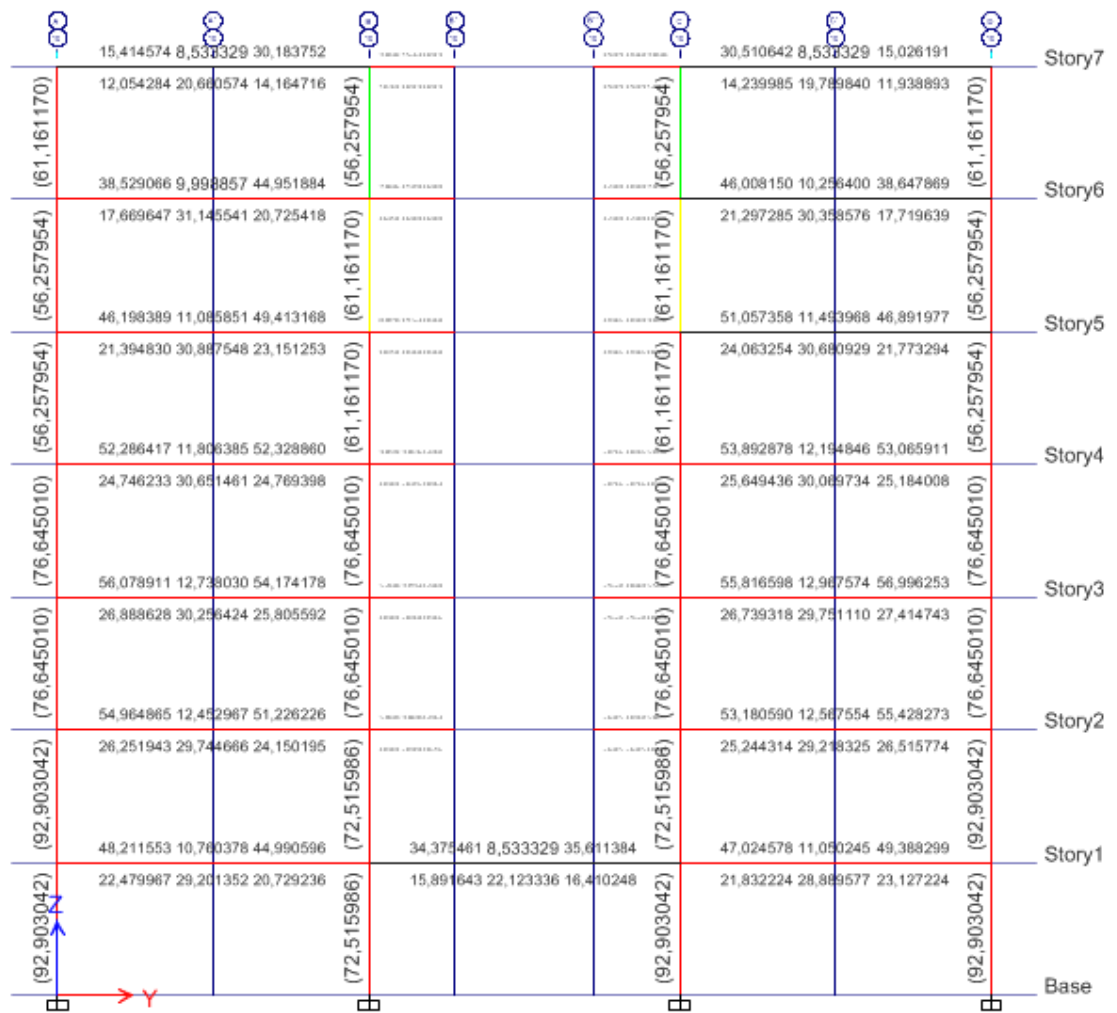
Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico D



Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico 7



Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico 8



Acero de refuerzo longitudinal (Vigas y columnas) pórtico 10



**A-6. PLANO DE PLANTA TIPO PARA LOS NIVELES 1, 2, 3, 4, 5 Y TECHO  
UNA VEZ CORREGIDA LA INCONGRUENCIA DE LOS PLANOS DE LA  
DIRECCIÓN DE PLANTA FISICA**

