



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES NIVELES
DE VULNERABILIDAD SÍSMICA QUE PRESENTA
EL MÓDULO 3 DEL EDIFICIO NRO. 4
DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Autores:

Velasquez Eleazar
C.I. 24.238.191
Piersanti Giuliano
C.I 24.553.141

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 3 DEL EDIFICIO NRO. 4
DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Velasquez Eleazar

C.I. 24.238.191

Piersanti Giuliano

C.I. 24.553.141

Tutor: Ing. Luisana Pérez

C.I. 17.637.175

San Diego, abril de 2018



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Luisana Pérez portador de la cédula de identidad N° 17.637.175 en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por (los) ciudadano(s) Eleazar Velasquez y Giuliano Piersanti, portador(es) de la cédula de identidad N° 24.238.191 y 24.553.141, (respectivamente), **EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA QUE PRESENTA EL MÓDULO 3 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 doce días del mes de marzo del año dos mil diez y ocho.

Ing. Luisana Pérez C.I. 17.637.175



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-CV-011-2018-2

Valencia, 13 de Marzo de 2018.

Ciudadanos:

Piersanti Giuliano

C.I. 24.553.141

Velásquez Eleazar

C.I: 24.238.191

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 MÓDULO 3 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 de la Ing. Luisana Pérez C.I. 17.637.175 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).

ZS/fr

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, quien nos iluminó en este camino para poder culminar los objetivos propuestos de manera satisfactoria.

A nuestros padres, por darnos todo su apoyo incondicional durante nuestros estudios y sobretodo en el desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros de clase, quienes nos alentaron e hicieron más llevadera las responsabilidades que implican desarrollar una investigación de esta importancia.

A nuestros profesores, por sus consejos y conocimientos los cuales fueron indispensables para culminar esta etapa.

A la Universidad José Antonio Páez, nuestra casa de estudios, a todo el personal administrativo quienes nos ayudaron a recolectar los requisitos para que esto fuese posible.

En especial a la Ing. Luisana Pérez, nuestra tutora, quien nos dedico su tiempo y a pesar de las dificultades creyó en nuestras capacidades y nos acompañó hasta el final de nuestra defensa de trabajo de grado.

DEDICATORIA

A nuestros padres, por la gran felicidad que representa este trabajo para ellos y el orgullo.

A nuestros familiares, quienes estuvieron atentos y dieron su apoyo durante nuestra Carrera.

A nuestros profesores, quienes nos formaron y que gracias a ellos todo el desarrollo de esta investigación fue posible.

A nuestros compañeros, Arianna Flores, Jorge Mendoza, Valentina Galindo, Maria Laura Regina, Jorge Molina y Rafael Irigoyen, quienes nos ayudaron y acompañaron en esta última etapa de nuestra Carrera.

A todas las personas que nos apoyaron de manera directa, apostando por nosotros y creyendo firmemente en nuestras capacidades.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
EL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Delimitaciones	8
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Riesgo	12
2.2.2 Amenaza	13
2.2.3 Sismos:	14
2.2.4 Cuantificación de los Sismos. Magnitud de un sismo.	17
2.2.5 Sismicidad	18
2.2.6 Sismo como carga accidental en las estructuras.....	19
2.2.7 Evaluación del Riesgo	20
2.2.8 Vulnerabilidad Sísmica	21
2.2.9 Daño en las Edificaciones.....	23
2.2.10 Mitigación del Riesgo Sísmico	26
2.2.11 Índice de Priorización de Edificaciones	28
2.2.12 Edificación de Estructura Irregular	28

2.2.13	Calificación de edificaciones según el uso y obtención del factor de importancia:.....	31
2.2.14	Nivel de Diseño	32
2.2.15	Clasificación según el tipo de estructura	34
2.2.16	Sistemas Estructurales	35
2.2.17	Procedimiento de Inspección de FUNVISIS	39
2.2.19	Valoración de los índices de vulnerabilidad.....	58
2.2.20	Valoración de los índices de riesgo	63
2.3	Bases Legales	65
2.4	Definición de terminos básicos	66
MARCO METODOLOGICO		69
3.1	Diseño de la investigación	69
3.2	Nivel de la investigación.....	71
3.3	Población y muestra	71
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	71
3.5	Fases metodológicas.....	72
PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS		74
4.1	Comprender la geometría del módulo 3 del edificio Nro. 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez.	74
2.Configuración Geométrica		76
3. Dimensiones de las secciones tipo y tabiquería.		77
4.2	Verificar la estructura mediante el uso de un software de cálculo estructural.	77
4.3	Examinar los resultados obtenidos del análisis de la edificación, basándose en la norma venezolana COVENIN 1756-01 (norma sismorresistente) y el código ACI318-14.	82
4.4	Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 3 del edificio 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez mediante la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS.	88

CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	98

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Número de pisos, semi-sótanos y sótanos	41
Figura 2 Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.	42
Figura 3 Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.	43
Figura 4 Separación al talud.....	43
Figura 5 Tipo de estructura.	44
Figura 6 Esquema en planta.	45
Figura 7 Esquema de elevación.....	46
Figura 8 Ausencia de vigas altas	46
Figura 9 Ausencia de vigas altas en las dos direcciones.	47
Figura 10 Mapa de zonificación sísmica.....	51
Figura 11 Vista de planta del nivel planta baja	74
Figura 12 Modelo matemático 3D realizado en software de análisis estructural.	78
Figura 13 Espectro de diseño.....	81
Figura 14 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel planta baja	82
Figura 15 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 1	83
Figura 16 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 2	83
Figura 17 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 4	84
Figura 18 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 3	84
Figura 19 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 5	85
Figura 20 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel techo	85
Figura 21 Porcentaje de columnas en Planta Baja que cumplen con el acero minimo de refuerzo.....	86
Figura 22 Porcentaje de nodos que cumplen con los requerimientos de la normativa vigente	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de importancia.....	32
Tabla 2 Nivel de diseño ND.....	33
Ta	



**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 3
DEL EDIFICIO NRO. 4 DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO
PÁEZ.**

Autores: Eleazar Velazquez

Giuliano Piersanti

Tutor: Ing. Luisana Pérez

Fecha: Abril, 2018.

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la vulnerabilidad sísmica al Módulo 3 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 3 del edificio Nro. 4 de la

Universidad José Antonio Páez.

Para el cumplimiento de estos objetivos, 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 contiene los recursos humanos, institucionales, materiales y tiempo que contará la investigación.

Dicho esto, este estudio pretenderá simplificar la interpretación, puesto que con el desarrollo de la metodología se puede comprobar, verificar e interpretar de manera alternativa los resultados que nos facilitan los softwares de cálculo.

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 artificiales y naturales 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 % y en la última década, los sismos han sido indicados como la causa del 60 % de las muertes ocurridas en el mundo. 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 somos más vulnerables a sufrir grandes daños económicos, materiales y pérdidas de vidas 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 muy pobre en cuanto a su economía y 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.

El último desastre natural de gran tamaño fue el terremoto ocurrido en Chiapas-México, el 7 de septiembre de 2017, el cual fue de 8,2 en la escala de Richdel 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, siendo estos catastróficos y de grandes pérdidas materiales y humanas, 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 de 526 fatalidades en todo el mundo, esto bajo cifras y registros oficiales a la fecha.

Siendo el sismo una de las catástrofes 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 toda la corteza terrestre, y que es ocasionado por la liberación de energía acumulada, el mismo, se produce mayormente por la actividad de las fallas geológicas. Algunas de las fallas más importantes a nivel mundial son: Altyn Tagh, la falla de San Andrés, falla de San Ramón y la falla de Bocono.

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 una gran cantidad 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 Caracas, San Felipe y Barquisimeto en 1812, terremoto de 1900 estado Vargas, terremoto de 1967 estado Táchira, terremoto de 1967 en Caracas, siendo este ultimo 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 las costas, debido al desarrollo económico relacionado principalmente con la exportación y estas a su vez se sitúan en gran parte sobre las fallas antes mencionadas y es por esto que se consideran como zonas de alta amenaza sísmica, aumentando el nivel de riesgo para las edificaciones y la civilización humana.

El municipio San Diego del estado Carabobo no está exento de este riesgo sísmico, siendo una 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, el centro comercial “Metrópolis” siendo este uno de los centros comerciales más grandes de Venezuela, el edificio empresarial “la Isla” aún en construcción, siendo el edificio más alto de toda Venezuela y la Universidad José Antonio Páez, la cual alberga a unos diecinueve mil estudiantes, además de personal obrero, administrativo y docente, por esto es de vital importancia realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica

a esta última para prevenir 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 como son las paredes de mampostería, cristalería, tuberías de aguas blancas, servidas y gas, 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, 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.

La ausencia de un estudio de patología estructural y sismorresistente que evidencie el grado de vulnerabilidad en el cual se encuentren tales estructuras y la carencia de un plan de prevención y mitigación de riesgo en el municipio por parte de las comunidades y autoridades competentes, aflora un entorno sensible al existente riesgo sísmico.

1.2 Formulación del problema

Tomando en consideración la ubicación del módulo 3 del edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez en una zona de alta sismicidad, la cantidad de elementos no estructurales y funcionales que presentan un riesgo considerable, se hace necesario un estudio estructural con el fin de evaluar y determinar cual o cuales serán los niveles de vulnerabilidad sísmica en líneas vitales e instalaciones críticas que se presenta en la edificación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar la vulnerabilidad sísmica del módulo 3 del edificio Nro. 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez.

1.3.2 Objetivos específicos.

Analizar la geometría del modulo 3 del edificio Nro. 4, ubicado en La Universidad Jose Antonio Paez.

Comprobar la estructura mediante el uso de un software de cálculo estructural.

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

Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 3 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 3 del edificio Nro. 4 de la Universidad José Antonio Páez.

El estudio de vulnerabilidad se realizará solo a la superestructura del modulo 3 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 **“Evaluacion de riesgos sismicos 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.

$$\text{Amenaza} + \text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo}$$

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:

- a. 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.
- b. 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.
- c. 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 pronto 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 Alfonzo 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).

2.2.8 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.

2.2.9 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 (Ver ecuación1).

Ecuación 1.

$$\text{Índice del daño económico} = \frac{\text{Costo de reparación}}{\text{Costo de reposición global}}$$

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.

Cuadro 1. Factores que inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones.

Fuente: José L. Garrido, (2007)

2.2.10 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).

2.2.11 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.

2.2.12 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.

Esbeltez 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:

- Columnas o muros que no continúan al llegar a un nivel inferior distinto al nivel de base.
- 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.
- 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:
- **El radio de giro torsional r_t en alguna dirección es inferior al cincuenta por ciento (50%) del radio de giro inercial r :** 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:

- 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.
- 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
- Cuando las plantas presenten un área total de aberturas internas que rebasen el veinte por ciento (20%) del área bruta de las plantas.
- Cuando existan aberturas prominentes adyacentes a planos sismorresistente importantes o, en general, cuando se carezca de conexiones adecuadas con

ellos.

- Cuando en alguna planta el cociente largo/ancho del menor rectángulo que inscriba a dicha planta sea mayor que 5.

2.2.13 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 Tipo II.
- 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 m².
- 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 1.

Tabla 1. Factor de importancia

GRUPO	
A	1,30
B1	1,15
B2	1,00

Fuente: Norma Covenin Sismorresistente (2001)

2.2.14 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.

Tabla 2 Nivel de diseño ND

GRUPO	ZONA SÍSMICA		
	1 y 2	3 y 4	5,6 y 7
A;B1	ND2 ND3	ND3	ND3
B2	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:

Ecuación 2

$$T < T^* \quad A_d = \frac{\alpha \varphi \beta A_0 \left[1 + \frac{T}{T^*} \right] (\beta - 1)}{1 + \left(\frac{T}{T^*} \right) (\beta - 1)}$$

Ecuación 3

$$T^* \leq T \leq T^* \quad A_d = \frac{\alpha \varphi \beta A_0}{\beta}$$

Ecuación 4

$$T > T^* \quad A_d = \frac{\alpha \varphi \beta A_0}{\beta} + \left(\frac{T^*}{T} \right)^{\beta}$$

Dónde:

- A_d = Ordenada del espectro de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de gravedad.
- α = Factor de importancia (Tabla 2).
- A_0 = Coeficiente de aceleración horizontal
- φ = Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal
- β = Factor de magnificación promedio (tabla 4).
- $T_0 = 0.25T^*$ 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 4).
-

$$C = \sqrt[4]{R/\beta}$$

- R = Factor de reducción de respuesta (tabla 5).
- p = Exponente que define la rama descendente del espectro (tabla 3).

Tabla 3

FORMA ESPECTRAL	T^* (seg)		p
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 4 Valores de T^+

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

Fuente: Norma Covenin Sismorresistente (2001)

2.2.15 Clasificación según el tipo de estructura

Segun 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 clasificar 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 deber 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.

2.2.16 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.

1. **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.

2. **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.
3. **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.

1. **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.
2. **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.
3. **Sistema mixto (Building frame system):** A este grupo pertenecen aquellos sistemas estructurales conformados por un sistema aporticado 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
4. **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.

5. **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.
6. **Sistema estructural no definido:** Son sistemas estructurales no identificados dentro del grupo de sistemas estructurales recién definidos.

2.2.17 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:

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.

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.

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.

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 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.

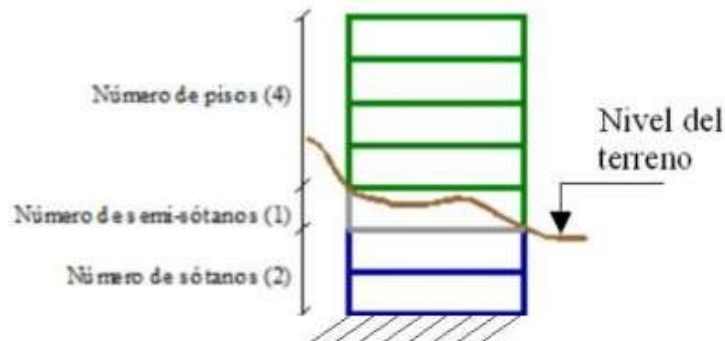


Figura 1 Número de pisos, semi-sótanos y sótanos

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

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
- Médico asistencial
- Educativo
- Deportivo-recreativo
- Cultural
- Industrial
- Comercial
- Oficina
- Religión
- Otro

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.

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”.

Condiciones del terreno

8.1) Indicar con una “x” si la edificación se encuentra en una planicie (pendiente del terreno menor a 20°), en una ladera, en la base o en la cima de montaña (Ver figura 10).

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° a 45° o si es mayor a 45° .

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 11).

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° a 45° o si es mayor a 45° .

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 12).

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).

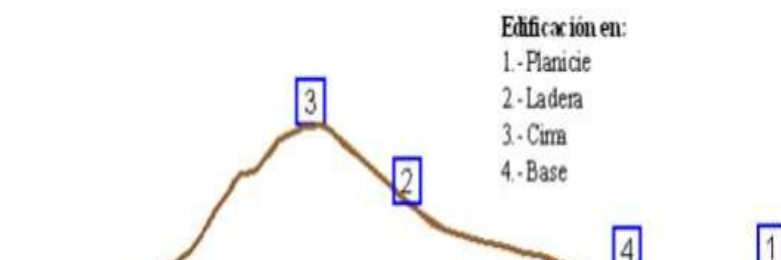


Figura 2 Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

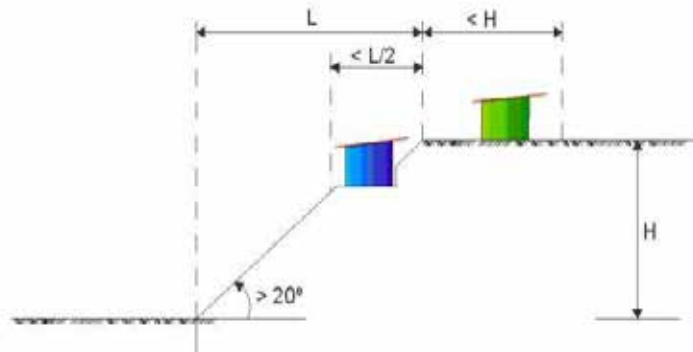


Figura 3 Construcciones donde se consideran los efectos topográficos.

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

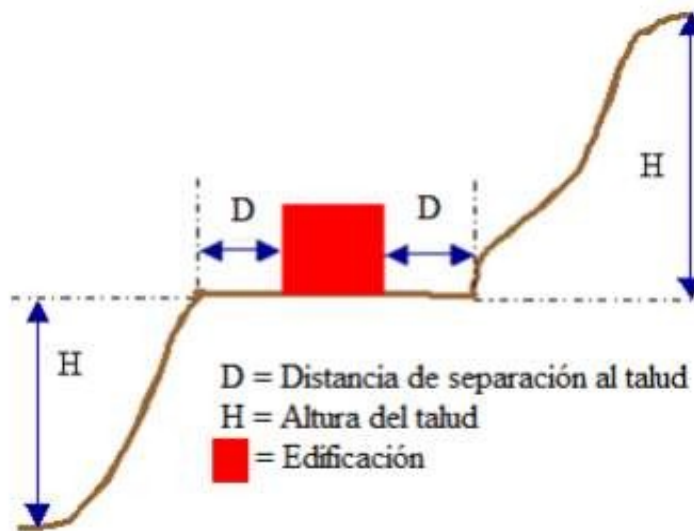


Figura 4 Separación al talud

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

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 5).



Figura 5 Tipo de estructura.

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

Esquema de planta

Indicar el esquema de la planta de la estructura marcando con una “x” para las distintas formas, (Figura 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 $L/A \geq 5$. 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.

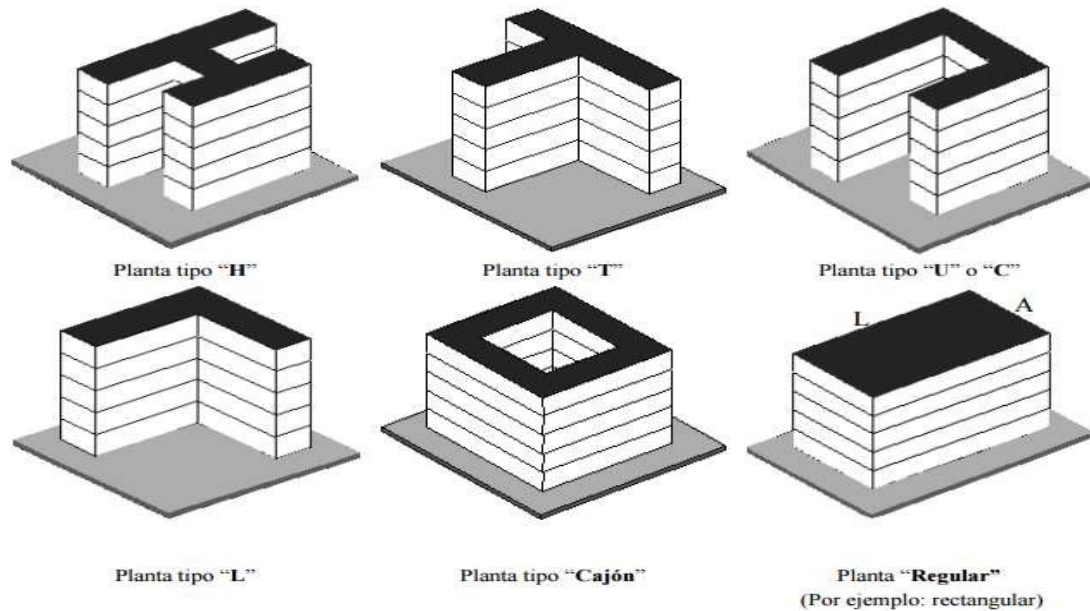


Figura 6 Esquema en planta

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.

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 $H/A \leq 4$. 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

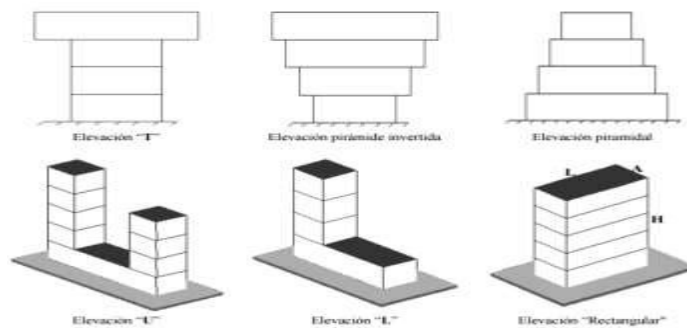


Figura 7 Esquema de elevación

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

Irregularidades

- 12.1)** Indicar con una “x” si no hay vigas altas en una dirección (Ver figura 8) o en dos direcciones (Ver figura 9).



Figura 8 Ausencia de vigas altas

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014



Figura 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

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 entepiso se encuentran a la misma altura.

12.10) Si existe adosamiento entre edificaciones marcar con una “x” si las losas de entepiso 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.

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 severa, 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.

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.

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 el número uno (1) y las otras se enumeran en sentido anti-horario.

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

2.2.18 Índice de Vulnerabilidad y priorización.

El Índice de Priorización (IP) se calcula a partir de la ecuación 5

Ecuación 5

$$I_P = I_A * I_V * I_I$$

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 $I_A * I_V$ representa el Índice de Riesgo (I_R) de la edificación.

1. Índice de la amenaza (I_A)

Los valores estipulados en la Tabla 5 describen el Índice de Amenaza Sísmica, en cada una de las zonas establecidas en la Norma COVENIN 1756-2001 [5.3] 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 con respecto a la Zona 7 la misma proporción que tienen los valores de la aceleración del terreno en las diferentes zonas de dicha norma. (Ver figura 10)

Tabla 5 Índice de amenaza según la zona sísmica.

7	Elevado	0,40	0,90	1
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)

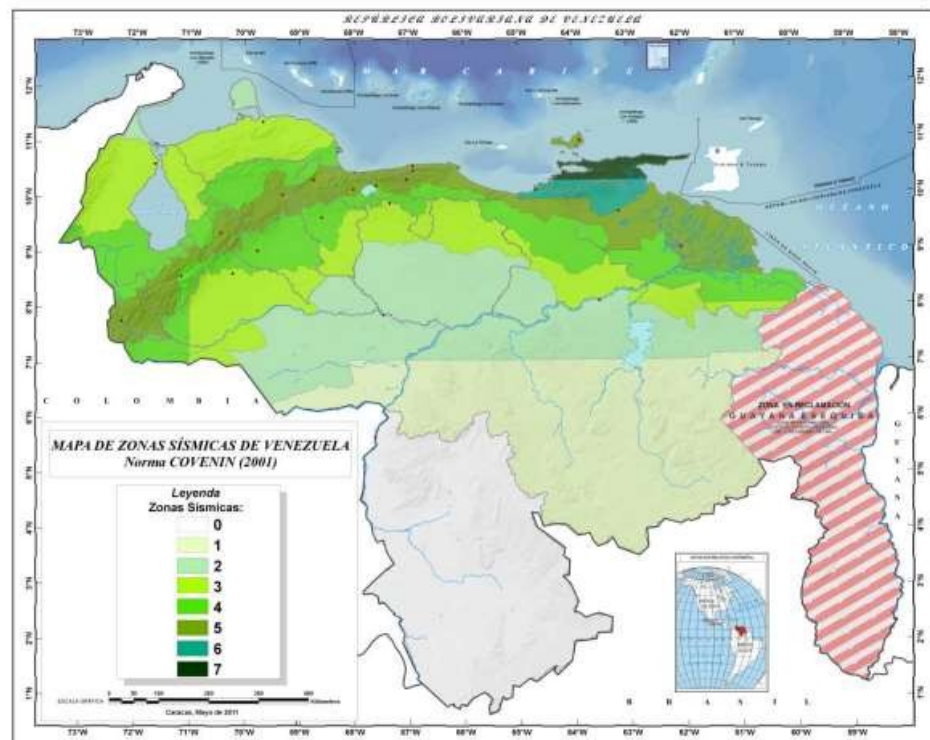


Figura 10 Mapa de zonificación sísmica

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.

2. Índice de Vulnerabilidad I_V

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

6: Ecuación 6.

Dónde:

Donde I_i es el Índice de la Vulnerabilidad específica “i” y w_i es su peso relativo tal como se describe en la Tabla 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 6

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 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 7 Índice de amenaza según año de construcción

I_1	100	80	80	90	60	30	10	15

Fuente: FUNVISIS (2009)

b) Índice de vulnerabilidad asociado al tipo estructural I_2

En la Tabla 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 8 Valores del índice de vulnerabilidad asociado al tipo estructural (I_2)

1	Pórticos de concreto armado ^(a)	25
2	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto	40
3	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	10
4	Muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección, como algunos sistemas constructivos del tipo túnel	90
5	Pórticos de acero	40
6	Pórticos de acero con perfiles tubulares	60
7	Pórticos de acero diagonalizados	20
8	Pórticos de acero con cerchas	40
9	Sistemas pre-fabricados en base de grandes paneles o de pórticos	90
10	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada	70
11	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada ^(b)	100
12	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos ^(b)	90
13	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos ^(b)	95
14	Viviendas de bahareque de un piso	90
15	Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, entre otros)	100

Fuente: FUNVISIS (2009)

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 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 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 11.

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 9 Valores del índice de vulnerabilidad asociado a irregularidades (I_3)

1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	40
2	Ausencia de muros en una dirección como ocurre en algunos sistemas tipo túnel	80
3	Edificios de carácter frágil sin capacidad para disipar energía, como 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 tipo $L^{(1)}$	20
	(a) Losa contra losa	10

9	Adosamiento a edificio adyacente:	(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

FUNVISIS (2009)

Tabla 10 Separación entre edificaciones

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 11 Valores del índice de vulnerabilidad asociado a la profundidad del depósito

Edificios con un número de pisos mayor que 6 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 12 se presentan los valores de I_5 cuya selección depende de los valores del ángulo de inclinación α de la ladera, de la altura H de la ladera y de la distancia D que se definen en la Figura 19. El máximo valor del índice I_5 es 100. Se reconoce igualmente en la Tabla 12 el aumento en la vulnerabilidad cuando la edificación está localizada en una zona sin drenajes de aguas.

Tabla 12 Valores del índice de vulnerabilidad asociado a la topografía y a los drenajes.

Localización de la construcción	Construcción sobre			0
	Construcción sobre dada por:	con pendiente de ángulo 0	Entre 20° y 45°	50
				80
	Construcción sobre la o en la de la ladera de	Menor o igual a H	80	
		Mayor a H	0	
Existencia de drenajes			Si	0
			No	20

Fuente: Informe técnico FUNVISIS 2014

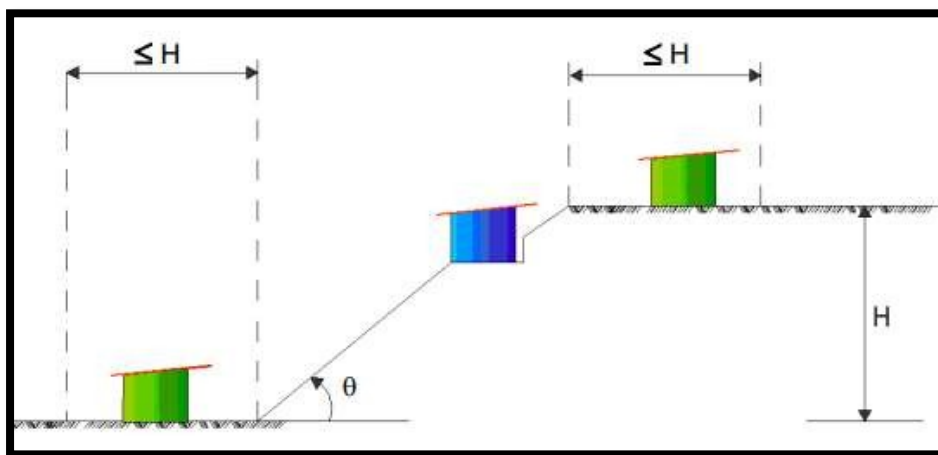


Figura 11. Construcciones considerando vulnerabilidad asociada a la topografía

Fuente: FUNVISIS (2009)

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

En la Tabla 13 se muestran los valores de I_6 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.

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

Tabla 13 Valores del índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro

Fuente: FUNVISIS (2009)

3. 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 1. Los valores de índice de importancia se muestran en la Tabla 15 en función del uso del edificio y del número (N) de personas expuestas u ocupantes de la edificación a ser evaluada.

Cuadro 1. Clasificación según el uso del edificio

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
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

Fuente: FUNVISIS (2009)

Tabla 14 Valores del índice de Importancia

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)

2.2.19 Valoración de los índices de vulnerabilidad

En la Tabla 14 se presentan 21 edificaciones ordenadas de acuerdo con valores crecientes de vulnerabilidad. Las características del edificio y su año de construcción, se indican en la columna titulada Descripción. Se muestran los valores de los seis índices de vulnerabilidad (I1 a I6) para cada edificio, obtenidos de las Tablas 4 a 10. La última columna muestra el Índice de Vulnerabilidad (IV) obtenido de aplicar la Ecuación 2. Todos los edificios están en terreno firme y plano, exceptuando el N° 19 que está sobre sedimentos de profundidad mayor a 120 metros y el N° 21 que está sobre una ladera de pendiente pronunciada, posteriormente en la tabla 14 se presenta una valoración del índice de vulnerabilidad.

Tabla 15 Edificaciones ordenadas de acuerdo con su Índice de Vulnerabilidad (IV)

N°	Descripción	I1	I2	I3	I4	I5	I6	IV
1	Edificio de 10 pisos, 2004, Tipo Estructural 3.	15	10	0	0	0	0	7,25

	Sin irregularidades. Buen mantenimiento.							
2	Edificio de 10 pisos, 2005, Tipo Estructural 1, paredes separadas del pórtico. Sin irregularidades. Mantenimiento bueno.	15	25	0	0	0	0	12,5
3	Vivienda de 2 pisos, 2010, Tipo Estructural 1, paredes separadas del pórtico, sin irregularidades. Buen mantenimiento.	15	25	0	0	0	0	12,5
4	Edificio de 6 pisos, 1990, Tipo Estructural 7, sin irregularidades. Mantenimiento regular.	30	20	0	0	0	5	14,7
5	Edificio de 6 pisos, 1990, Tipo Estructural 5. Sin irregularidades. Mantenimiento regular.	30	40	0	0	0	5	21,7
6	Edificio, 10 pisos, 2004, Tipo Estructural 2. Columnas cortas. Mantenimiento bueno.	15	40	30	0	0	0	25,25
7	Edificio de 6 pisos, 1990, con Tipo Estructural 6, sin irregularidades.	30	60	0	0	0	5	28,7

	Mantenimiento regular.							
8	Edificio, 10 pisos, 1983, Tipo Estructural 2. Hay columnas cortas. Mantenimiento regular.	30	40	30	0	0	5	29,2
9	Edificio de 10 pisos, 1968, Tipo Estructural 2. Hay columnas cortas. Mantenimiento bajo.	60	40	30	0	0	10	36,9
10	Vivienda de 2 pisos, 1940, Tipo Estructural 2. Columnas cortas. Mantenimiento regular.	80	40	30	0	0	5	41,7
11	Vivienda de 2 pisos, 1956, Tipo Estructural 2. Columnas cortas. Mantenimiento regular.	90	40	30	0	0	5	44,2
12	Edificio de 10 pisos, 1956, Tipo Estructural 2. Columnas cortas. Deterioro moderado y mantenimiento bajo.	90	40	30	0	0	45	45,8
13	Edificio de 10 pisos, 1983, Tipo Estructural 2. Columnas cortas, piso blando y asimetría de rigideces. Mantenimiento	30	40	100	0	0	5	46,7

	regular.							
14	Liceo de 3 pisos, 1970, Tipo Estructural 2 con planta baja libre, columnas cortas, asimetría de rigideces, adosamiento a otro edificio. Mantenimiento regular.	60	40	100	0	0	5	54,2
15	Escuela, 2 pisos, 1956, Tipo Estructural 2, sin vigas en una dirección, columnas cortas, asimetría de rigideces y adosamiento a otro edificio. Mantenimiento regular.	90	40	100	0	0	5	61,7
16	Edificio de 11 pisos, 1960, Tipo Estructural 2, sin vigas en una dirección, planta baja libre, columnas cortas. Mantenimiento regular.	90	40	100	0	0	5	61,7
17	Edificio de 6 pisos, 2012, con muros de bloques de concreto sin refuerzo interior y sin columnas ni vigas. Mantenimiento bueno.	15	100	100	0	0	0	63,75

18	Edificio de 4 pisos, 1985, muros de concreto armado de 14 cm de espesor en una sola dirección, sin vigas. Mantenimiento regular.	30	90	100	0	0	5	64,2
19	Edificio de 11 pisos, 1960, Tipo Estructural 2, sin vigas en una dirección, con planta baja libre, columnas cortas, sobre sedimentos de 120 m de espesor. Mantenimiento regular.	90	40	100	100	0	5	68,7
20	Vivienda popular de dos pisos sobre terreno. plano, Tipo Estructural 12, columnas cortas, planta baja libre y sin vigas en una dirección. Mantenimiento bajo.	100	90	100	0	0	10	81,9
21	Vivienda popular de dos pisos sobre una ladera de pendiente de 45°, Tipo Estructural 12, columnas cortas, planta baja libre y sin vigas en una dirección. Mantenimiento	100	90	100	0	80	10	85,1

	bajo.							
--	-------	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: FUNVISIS (2014)

Tabla 16 Valoración del Índice de Vulnerabilidad (Iv)

Calificación de la Vulnerabilidad	IV Rango de Valores
Muy Elevada	
Elevada	
Media Alta	
Media Baja	
Baja	
Muy Baja	

Fuente: FUNVISIS (2014)

2.2.20 Valoración de los índices de riesgo

El Índice de Riesgo (IR) de la edificación se obtiene del producto de los índices de amenaza y vulnerabilidad (IA.IV). En la Tabla 17 se definen siete rangos del índice de riesgo y se califican los mismos desde un Muy Bajo a un Muy Elevado riesgo. Estos índices se determinaron combinando los valores límites de los rangos de vulnerabilidad (Tabla 15) con los valores límites de las zonas de peligro sísmico (Tabla 1), y fueron posteriormente redondeados.

Tabla 17 Valoración del Índice de Riesgo (IR)

Calificación del riesgo	IR Rango de valores
Muy Elevado	
Elevado	
Alto	
Medio Alto	
Medio Bajo	
Bajo	

Muy Bajo	
----------	--

Fuente: FUNVISIS (2014)

El Índice de Priorización (IP) depende de la amenaza sísmica presente en el sitio, de la vulnerabilidad de la edificación y del uso y número de personas que la ocupan; se obtiene de multiplicar los índices de amenaza, vulnerabilidad e importancia (Ecuación 1). En la tabla 18 se muestra la calificación de la priorización según estudio desarrollado por López & Coronel & Rojas (2014) donde se desarrolló un procedimiento para asignar índices de amenaza, vulnerabilidad, riesgo, importancia y priorización sísmica de edificaciones existentes localizadas en cualquier lugar de Venezuela.

El Índice de Priorización puede variar entre 1 y 100. Se determina multiplicando un Índice de Amenaza por un Índice de Vulnerabilidad y por un Índice de Importancia, el cual toma en consideración el número de ocupantes de la edificación

Tabla 18 Valoración del Índice de Priorización (IP)

Calificación de la Priorización	IP Rango de Valores
P1 (Prioridad máxima)	
P2	
P3	IP <50
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	
P11	

2.3 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:

“Toda persona tiene derecho a una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénica, con servicios básicos esenciales que incluyan un hábitat que humanice las relaciones familiares, vecinales y comunitarias. La satisfacción progresiva de este derecho es obligación compartida entre los ciudadanos y ciudadanas y el Estado en todos sus ámbitos...”.

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, Estatal 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).

2.4 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.

Coefficiente 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 METODOLOGICO

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. Fidias 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 3 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.

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: 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 III: Examinar los resultados obtenidos del análisis dinámico de la edificación, basándose en la norma venezolana COVENIN 1756-01 (norma sismorresistente).

Se determinarán las condiciones límites presentadas por la norma sismorresistente venezolana y estos resultados se analizarán con los obtenidos mediante el análisis dinámico obtenido en la fase anterior.

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 similares.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Comprender la geometría del módulo 3 del edificio Nro. 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez.

Los planos suministrados por planta física, después de ser debidamente identificados, fueron digitalizados mediante un Software de dibujo computarizado para su mejor apreciación y detallado. Una vez analizado el plano de planta del edificio se puede apreciar la presencia de una geometría irregular. Entre el pórtico 11 y 12 se aprecia un cambio de dirección apreciable en la figura.

Como se mencionó con anterioridad, su geometría en planta presenta irregularidad por tener sistemas no ortogonales en varios de sus pórticos, por lo que su comportamiento ante un evento sísmico no se pudiera predecir con completa exactitud.

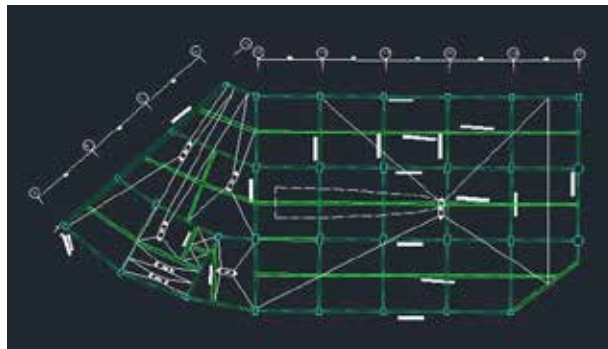


Figura 11 Vista de planta del nivel planta baja

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

1. Definición de propiedades mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas de cada material que fue empleado para la concepción de la estructura fueron proporcionadas por datos en planos y memorias descriptivas que fueron entregados por la dirección de planta física de la Universidad José Antonio Páez, arrojando así que la resistencia

a compresión cilíndrica del concreto $F_c=250 \text{ kgf/cm}^2$, el módulo de elasticidad del concreto se obtuvo empleando la formula proporcionada por la norma COVENIN 1753-2001, y el esfuerzo de fluencia del acero $F_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ (ver tabla 19).

Tabla 19 Definición de propiedades mecánicas.

Descripción del coeficiente	Valor kgf/cm ²
Resistencia a compresión cilíndrica (F_c)	250
Módulo de elasticidad del concreto (E_c)	238752
Esfuerzo de fluencia del acero (F_y)	4200

Fuente: Departamento de planta física.

2. Configuración Geométrica

El estudio de la geometría presente en la estructura fue realizado con los planos obtenidos. En la tabla 20 se enumeran la cantidad de pórticos que existen en los ejes coordenados “X” y “Y” respectivamente y la longitud de los mismos.

Tabla 20 Configuración de pórticos.

Pórtico	Longitud	Unidad	Eje
A	58	m	X
B	58,9	m	X
C	51,5	m	X
D	44	m	X
11	27	m	Y
11'	9	m	Y
11"	9	m	Y
12	27	m	Y
13	27	m	Y
14	27	m	Y
15	27	m	Y
16	27	m	Y
17	27	m	Y

Fuente: Departamento de planta física.

3. Dimensiones de las secciones tipo y tabiquería.

Al hacer inspección de los planos se pudo determinar las dimensiones de las columnas y vigas en la edificación. Estas se encuentran reflejadas en la tabla y las dimensiones de las losas de entepiso y techo, las cuales se reflejan en la tabla 21 y 22.

Tabla 21 Dimensiones de columnas y vigas.

Columnas	Vigas
50X60	40X70
50X70	
50X80	
50X90	
50X110	
50X140	

Fuente: Departamento de planta física.

Tabla 22 Dimensiones de losas

Dimensiones de losas		
Ubicación	Tipo	Espesor (cm)
Losa de entepiso	Nervada	25
Losa de techo	Nervada	25
Losa de sala de maquina	Maciza	30
Losa de escaleras	Maciza	30
Losa de techo de sala de maquinas	Nervada	25

Fuente: Departamento de planta física.

4.2 Verificar la estructura mediante el uso de un software de cálculo estructural.

A partir de la planimetría arquitectónica se pudo obtener la información geométrica de la estructura, siendo esta validada en sitio, se realizó una grilla de coordenadas en 3D para la realización del modelo matemático de la estructura de dicha edificación.



Figura 12 Modelo matemático 3D realizado en software de análisis estructural.

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

1. Definición de cargas gravitacionales.

En el modelo estudiado se definieron diversas variables para establecer las cargas gravitacionales que afectan a la estructura y que a través de las losas distribuyen las tensiones al sistema resistente a sismos, en la tabla 23 se describen las variables consideradas para las cargas permanentes y en la tabla 23 se presentan las cargas variables que fueron consideradas para el estudio de vulnerabilidad de la edificación.

Tabla 23 Cargas permanentes

Sobre Cargas Permanentes (SCP)		
Ubicación	Descripción	Carga (kgf/m ²)
Nivel PB	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Granito	56
	Mampostería	52.77

Nivel 1	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Granito	56
	Mampostería	97.69
Nivel 2	Losa e= 25	65
	Losa nervada e= 25	107.5
	Granito	56
	Mampostería	28.84
Nivel 3	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Granito	56
	Mampostería	86.43
Nivel 4	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Granito	56
	Mampostería	47.96
Nivel 5	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Granito	56
	Mampostería	59.63
Nivel techó	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Manto asfáltico e=5cm	6
Nivel techó 2	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Manto asfáltico e=5cm	6
Nivel techo de sala de máquinas	Losa nervada e= 25	65
	Sobrepiso e=5cm	107.5
	Manto asfáltico e=5cm	6

Losa de escalera	Granito	56
	Sobrepiso e=2cm	43
	Escalones	210.93

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

Tabla 24 Carga Viva

Carga viva o variable (LIVE)	
Descripción	Carga (kgf/m2)
Losa de entrepiso	500
Losa de techo	100
Losa de sala de maquinas	2000
Losa de escalera	500

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

2. Definición del espectro de diseño

El espectro de diseño de la edificación fue obtenido mediante los parámetros establecidos en el diseño original del proyecto, algunos de los mismos fueron llevados a la actual NORMA COVENIN 1756-2001. Los datos se suministraron al software de cálculo estructural de manera ordenada y el mismo los acepto satisfactoriamente. En la tabla se muestra la información proporcionada por planta física para realizar el espectro y en la figura 40 se muestra la gráfica de la función espectral obtenida, bajo los parámetros antes establecidos.

Tabla 25 Parametros Sismicos

PARAMETROS SISMICOS	
ZONA SISMICA	5
Ao	0.3
FORMA ESPECTRAL	S3
	0.75
GRUPO	A
	1.3
NIVEL DE DISEÑO	ND3
TIPO	1
R	6

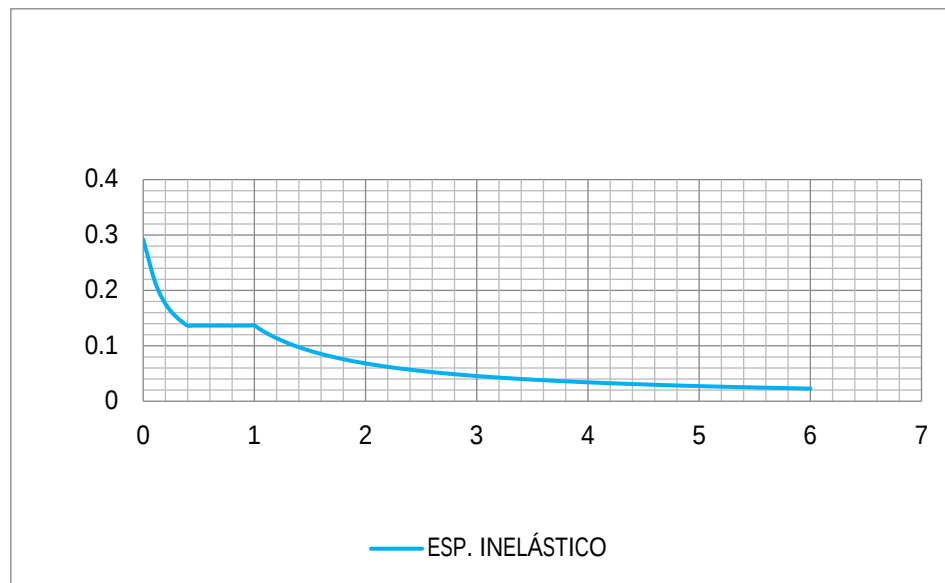


Figura 13 Espetro de diseño

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

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

Mediante las opciones de diseño proporcionadas por el programa de análisis estructural, este realizó el cálculo del acero requerido por las vigas, chequeo de demanda capacidad de columnas y chequeo de 6/5 de viga-columna en nodos, por medio de la normativa ACI 318-14, dado que esta es la normativa más reciente con respecto al diseño de edificaciones en concreto armado y la norma COVENIN 1756-2001 exige la utilización de la normativa técnica más reciente del Instituto Americano de Concreto, en caso de que la norma COVENIN 1753 no haya sido actualizada recientemente.

1. Acero requerido por vigas

Al realizar el diseño estructural de la edificación bajo los parámetros vigentes, de los resultados obtenidos se puede observar las siguientes graficas donde se demuestra el porcentaje de tramos que requieren mayor acero de refuerzo por nivel.

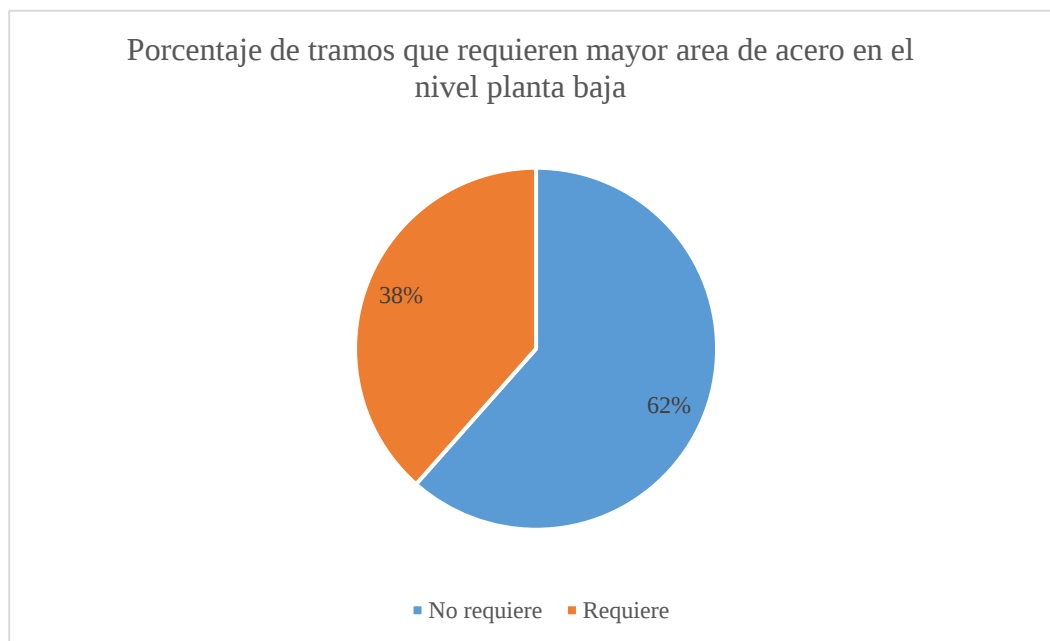


Figura 14 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel planta baja

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

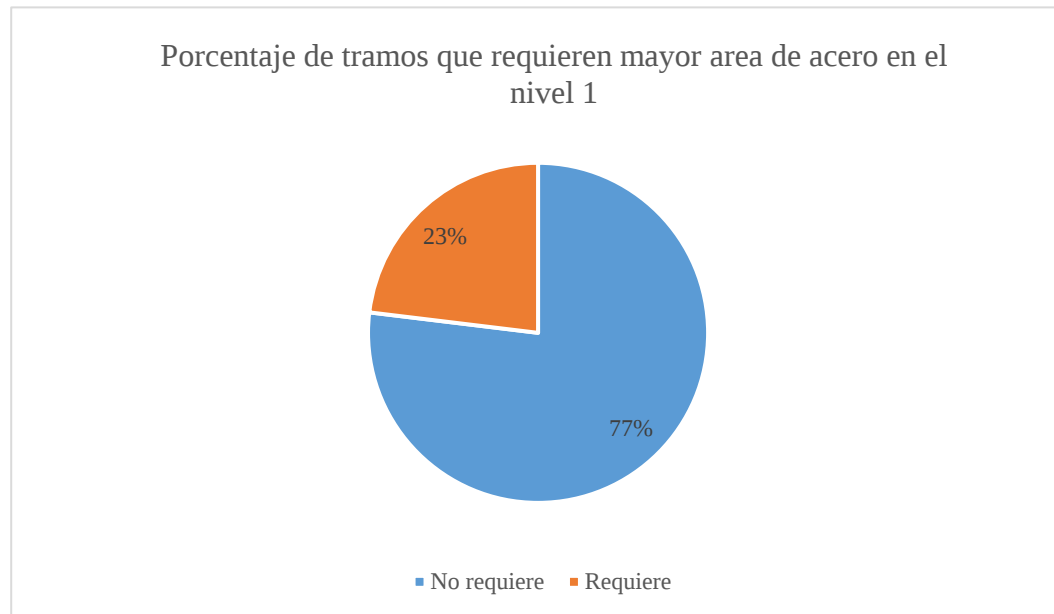


Figura 15 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 1

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

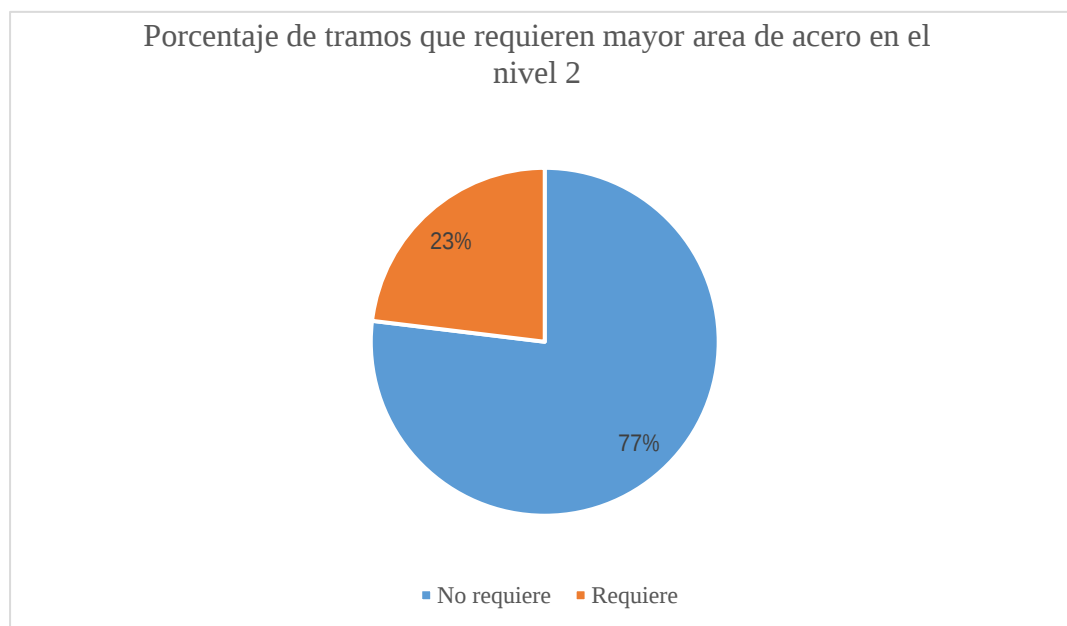


Figura 16 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 2

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

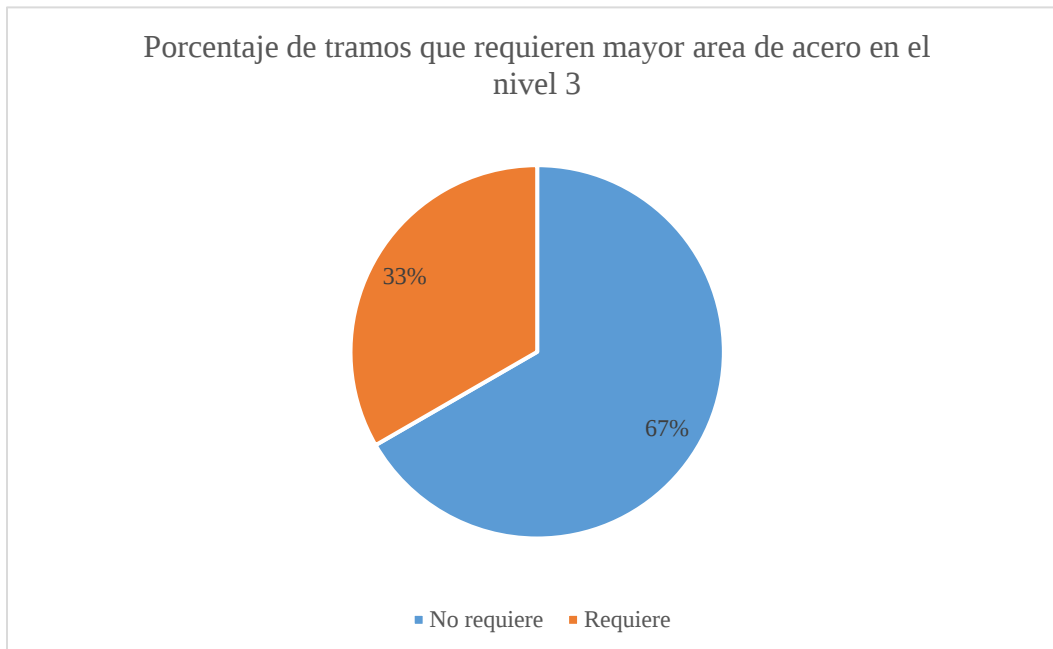


Figura 18 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 3

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

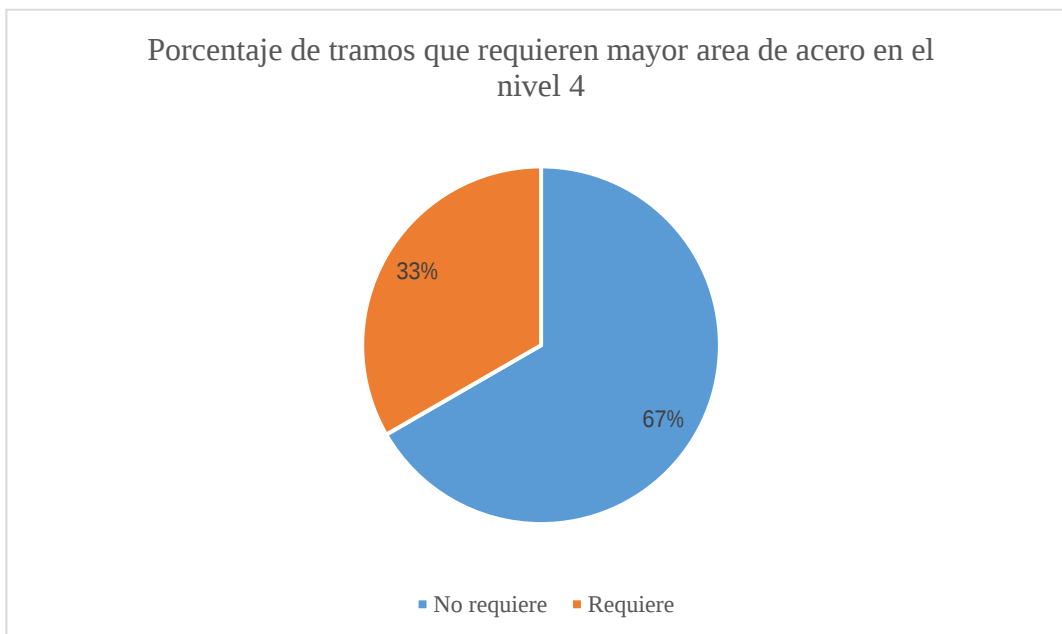


Figura 17 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 4

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

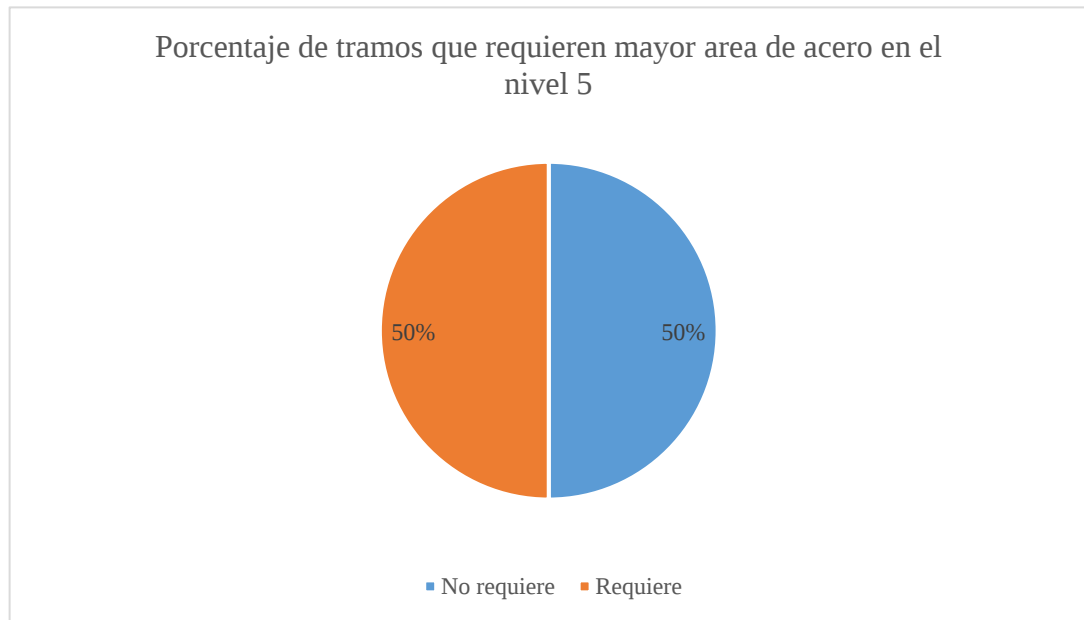


Figura 19 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel 5

fuelle: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

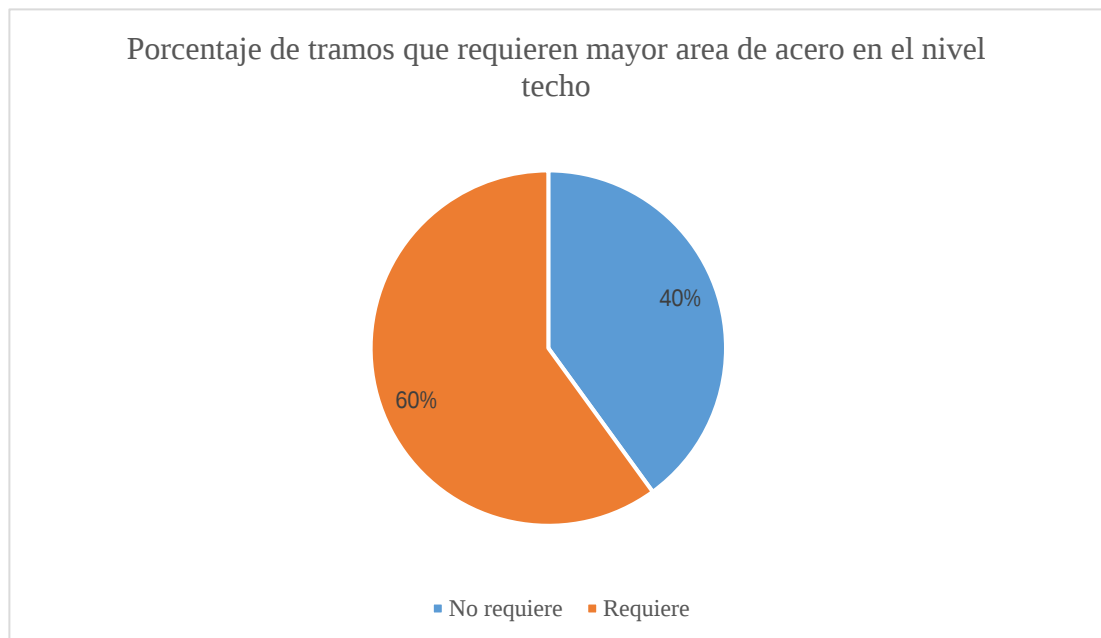


Figura 20 Porcentaje de tramos que requieren mayor area de acero en el nivel techo

fuelle: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

2. Acero requerido por columnas

Al igual que en las vigas, para el análisis de las columnas solo se consideraron aquellas más desfavorables, en el caso de estos elementos verticales siempre las más desfavorables serán aquellas ubicadas en planta baja pues estas se encargarán de recibir el peso del resto de la estructura para posteriormente pasar las solicitaciones al suelo donde se encuentran fundadas. Por esto se chequearon solamente aquellas columnas ubicadas en planta baja.

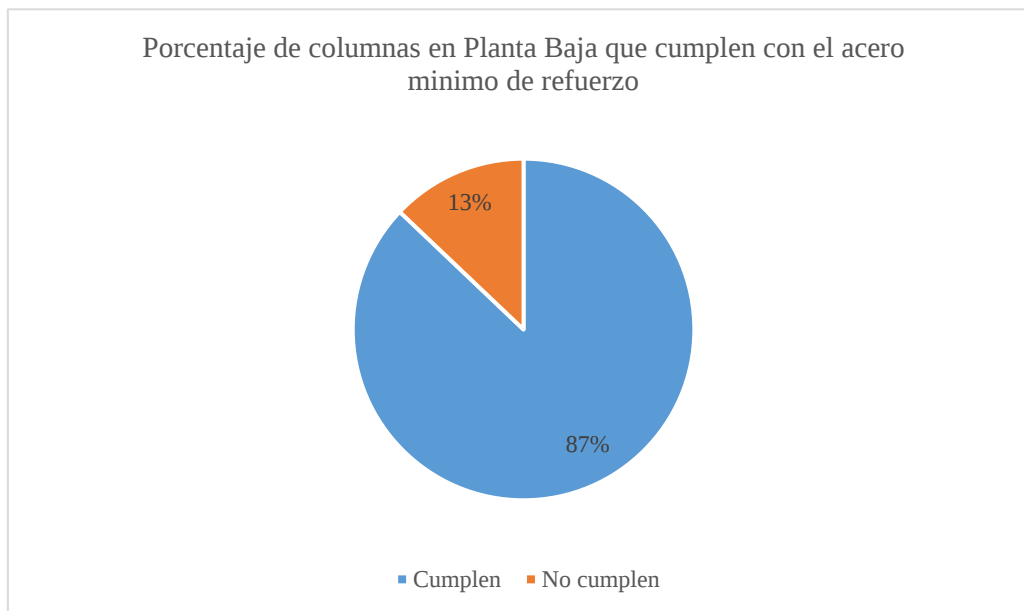


Figura 21 Porcentaje de columnas en Planta Baja que cumplen con el acero minimo de refuerzo

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

3. Verificación de nodos

Para los nodos se realizó el chequeo de 6/5 de viga-columna, este consiste en que la relación del momento en las vigas entre el momento en las columnas no debe ser mayor de 6/5 y este solo se chequea en los nodos de planta baja. Se obtuvo del diseño el siguiente resultado:

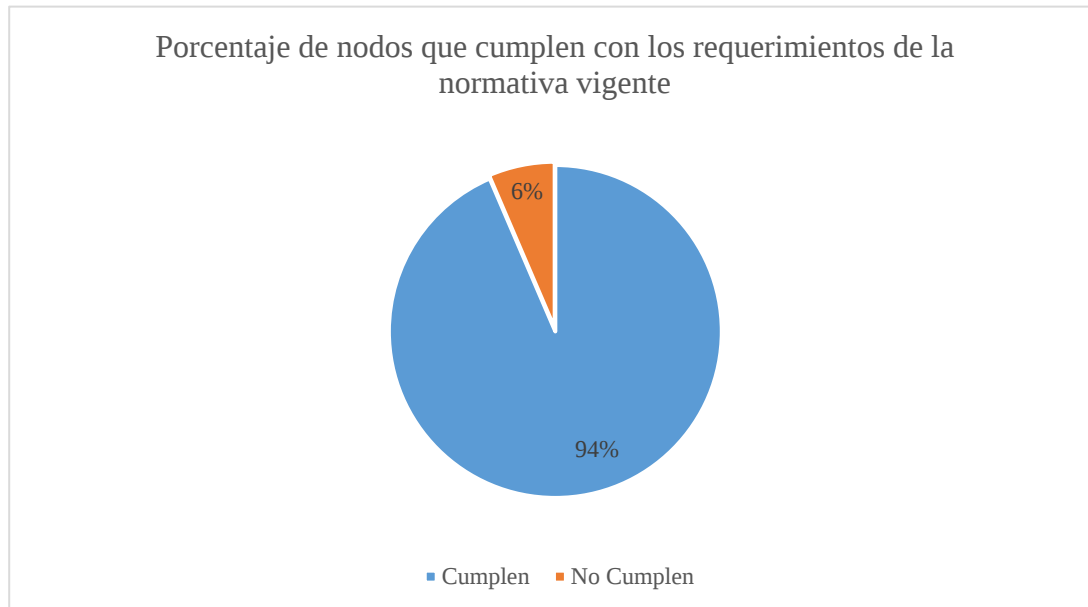


Figura 22 Porcentaje de nodos que cumplen con los requerimientos de la normativa vigente

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

4. Chequeo de derivas.

Debido a que la edificación pertenece a un conjunto de estructuras que conforman el edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez es importante conocer y controlar los desplazamientos laterales de la estructura, para el análisis se evaluó el desplazamiento máximo que se genera, los valores se muestran a continuación en la tabla 26.

Tabla 26 Chequeo de derivas

Planta Baja	X	0,000906	0,0043488	0,012	Cumple
Planta Baja	Y	0,000665	0,003192	0,012	Cumple
Piso1	X	0,001564	0,0075072	0,012	Cumple
Piso1	Y	0,00063	0,003024	0,012	Cumple
PISO2	X	0,001353	0,0064944	0,012	Cumple
PISO2	Y	0,000497	0,0023856	0,012	Cumple

PISO3	X	0,00058	0,002784	0,012	Cumple
PISO3	Y	0,000757	0,0036336	0,012	Cumple
PISO4	X	0,00052	0,002496	0,012	Cumple
PISO4	Y	0,000141	0,0006768	0,012	Cumple
PISO5	X	0,001389	0,0066672	0,012	Cumple
PISO5	Y	0,000376	0,0018048	0,012	Cumple
TECHO	X	0,001623	0,0077904	0,012	Cumple
TECHO	Y	0,000516	0,0024768	0,012	Cumple
SM	X	0,00029	0,001392	0,012	Cumple
SM	Y	0,000245	0,001176	0,012	Cumple

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

5. Irregularidades estructurales

Mediante una inspección visual se pudo determinar la presencia de dos tipos de irregularidades, La irregularidad en planta el cual se aprecia en el plano de planta un sistema no ortogonal y efecto columna corta. Apreciable en las columnas adyacentes al módulo de escaleras y la unión con el módulo 4.

4.4 Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 3 del edificio 4, ubicado en La Universidad José Antonio Páez mediante la metodología simplificada propuesta por FUNVISIS.

Para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica del Módulo 3 de la Universidad José Antonio Páez, así como el índice de priorización se definieron los siguientes parámetros presentados en la tabla 27 y a partir de ellos mediante la utilización de la ecuación 2 se obtuvo el índice de priorización de la edificación.

Tabla 27 Parametros para calculo de índices.

Características	Parámetros	Tabla
Índice de amenaza Zona sísmica 5, Peligro Sísmico elevado, $A_o = 0,30$, Sin efectos topográficos	IA=0,68	Tabla 2.3

Edificación Construida después del año 2001	I1=15	Tabla 2.4
Pórticos de concreto armado rellenos de con paredes de bloques de arcilla o de concreto.	I2=40	Tabla 2.6
Presencia de columnas cortas j6=30 Fueres asimetrías de masas o de rigideces, debido al núcleo de ascensor J8 = 20	I3=50	Tabla 2.6
Por ausencia de información sobre la profundidad del depósito de sedimentos, se asume perfiles de suelo clasificados como S3	I4=0	Tabla 2.8
Construcción en una planicie	I5=0	Tabla 2.9
* Estructura de concreto ninguno = 0 Agrietamiento de paredes de relleno ninguno = 10 * Estado general de mantenimiento bueno = 0	I6=10	Tabla 2.10
Índice de importancia Uso de la edificación A2 N> 1000	II=0,95	Tabla 2.11

Fuente: Eleazar Velasquez, Giuliano Piersanti

1. Índice de vulnerabilidad:

$$= (0,25*15) + (0,35*40) + (0,25*50) + (0,04*10) \\ = 30,65$$

Al hacer comparación con la tabla 14 para valoración de edificaciones ordenadas de acuerdo con su Índice de Vulnerabilidad, la edificación en estudio tiene la misma vulnerabilidad sísmica que un Edificio de 10 pisos, construido en 1983, tipo estructural 2, con presencia de columnas cortas y mantenimiento regular.

Esta tabla de valoración sirve para hacer una comparación de edificaciones para ubicar si existen similitudes entre estas.

Para determinar el riesgo de la edificación se dispone de la tabla 15, Valoración del Índice de Vulnerabilidad, donde se demuestra que las edificaciones con índice de vulnerabilidad entre 30 y 40 son clasificadas con Vulnerabilidad media alta.

2. Índice de riesgo:

$$IR = 30,65 * 0,68$$

$$IR = 20,84$$

Para determinar qué tan vulnerable es la edificación se dispone de la tabla 16, donde se definen siete rangos del índice de riesgo y se califican los mismos desde un Muy Bajo a un Muy Elevado riesgo. La edificación en estudio presenta un Riesgo medio alto.

3. Índice de priorización:

$$IP = 0,68 * 30,65 * 0,95$$

$$IP = 19,80$$

Al hacer comparación con la tabla 17 se demuestra que la edificación una

prioridad P7, en una escala del 1 al 12, donde P1 es considerado prioridad máxima, y P12 prioridad mínima.

Como referencia del índice de priorización se utilizó información de otro trabajo de grado (Diaz&Hung, 2012), para comparar éste con el índice de priorización otros edificios del mismo municipio (Tabla 28)

Tabla 28 Indices de vulnerabilidad, amenaza y priorización del municipio San Diego

Código	Latitud	Longitud	Municipio	Nombre	Uso	Año construcción	Tipo. Estructural	Irregular plant	A	V	IP
SD-17	613551,49	1134691,18	San Diego	La Gaviota	Res.	1993	PCARCP	i	S0,68	24,5	14,16
SD-18	613557,37	1134726,45	San Diego	La Esmeralda	Res.	1992	PCARCP	o	N0,68	19,5	11,27
SD-19	613548,55	1134635,33	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613313,41	1131675,52	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613286,96	1131693,16	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613316,35	1131731,37	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613345,74	1131784,28	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613369,26	1131754,88	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613345,74	1131696,1	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613366,32	1131654,95	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613389,83	1131719,61	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613413,35	1131751,94	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613425,1	1131646,13	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613442,74	1131707,86	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613466,25	1131751,94	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613451,56	1131625,56	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613486,83	1131672,58	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51
SD-19	613501,52	1131740,19	San Diego	Yuma 26	Res.	1988	MCAED	i	S0,68	13	7,51

SD-19	613489,77	1131610,86	San Diego	Yuma 26	Re s.	1988	MCAED D	i	S	0,68	13	7,51
SD-19	613522,1	1131672,58	San Diego	Yuma 26	Re s.	1988	MCAED D	i	S	0,68	13	7,51
SD-19	613545,61	1131734,31	San Diego	Yuma 26	Re s.	1988	MCAED D	i	S	0,68	13	7,51
SD-19	613548,55	1134635,33	San Diego	Yuma 26	Re s.	1988	MCAED D	i	S	0,68	13	7,51
SD-20	613548,55	1134594,18	San Diego	Centro Medico Valles de San Diego	M-A	2007	PCARCP	i	S	0,68	25,75	16,98
SD-21	613527,98	1134579,48	San Diego	Clinica La Esmeralda	M-A	1990	PCARCP	N o	S	0,68	19,5	12,2

Fuente: Diaz&Hung (2012).

CONCLUSIONES

Al menos el 23% de las vigas en cada nivel requieren mayor acero de refuerzo longitudinal según la normativa vigente.

Un 13% de las columnas requiere mayor acero de refuerzo longitudinal en el nivel planta baja de la edificación según la normativa vigente.

Para los nodos, el chequeo de 6/5 de viga – columna, en el 6% de los nodos en que esta condición puede ser chequeada, no satisface la normativa vigente.

Las derivas de la edificación cumplieron con la normativa venezolana vigente.

El índice de priorización de la edificación es de 19,80, este valor en comparación a los de otras edificaciones considerablemente mas alto.

Adicionalmente presenta una vulnerabilidad y riesgo medio-alto.

Por lo tanto, se puede concluir que el modulo 3 del edificio Nro.4 de la Universidad José Antonio Páez es vulnerable ante acciones sísmicas al ser evaluada con la normativa vigente. De la metodología simplificada de FUNVISIS, a través de la planilla de inspección, se obtuvo que la edificación cumple de forma positiva con una serie de características que en esta se estudia; se determinó el índice de vulnerabilidad de la edificación, tipificándose en esta un índice de vulnerabilidad estructural $I_v = 30,65$ con la cual se pudo clasificar como media alta, por lo que la edificación presenta una vulnerabilidad alta mas no critica de acuerdo con la metodología de FUNVISIS.

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones sobre el estudio realizado al Módulo 3 del Edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez se propone realizar estudios para determinar el índice de vulnerabilidad y priorización de edificaciones cercanas a estas, y así poder comparar con mayor exactitud los valores obtenidos en este trabajo de grado y categorizar todas las edificaciones.

Igualmente se recomienda, continuar esta investigación para poder determinar las posibles soluciones estructurales para reducir la vulnerabilidad sísmica y mejorar el comportamiento de la edificación bajo la acción de movimientos telúricos.

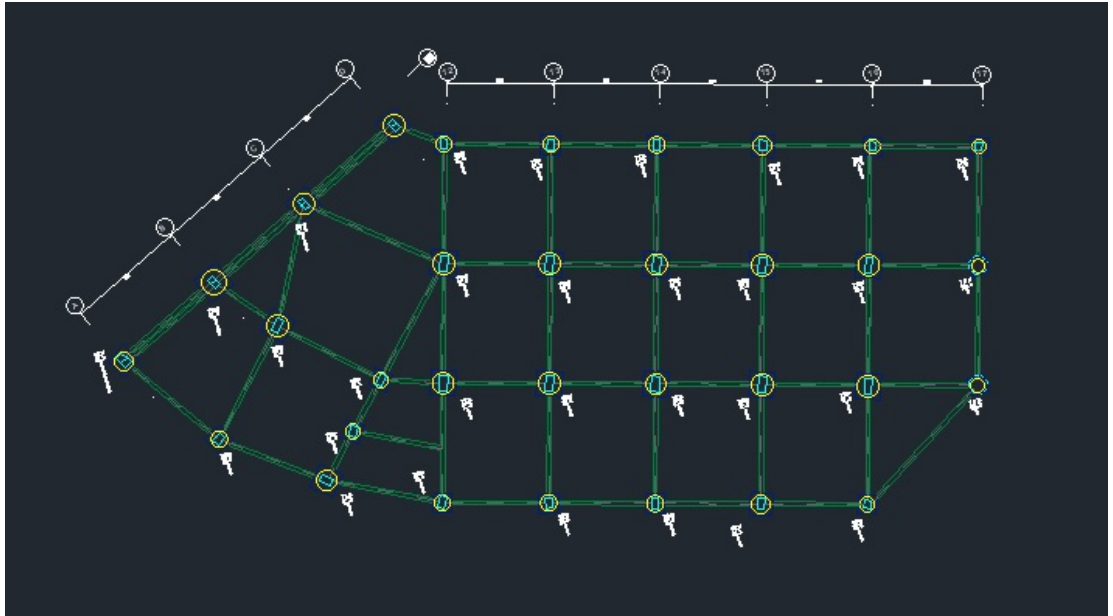
Por último, es necesario crear un plan de gestión ante acciones que puedan comprometer gravemente la edificación, y así lograr salvaguardar más vidas ya que los usuarios conocerían mejor que zonas son más seguras.

BIBLIOGRAFÍA

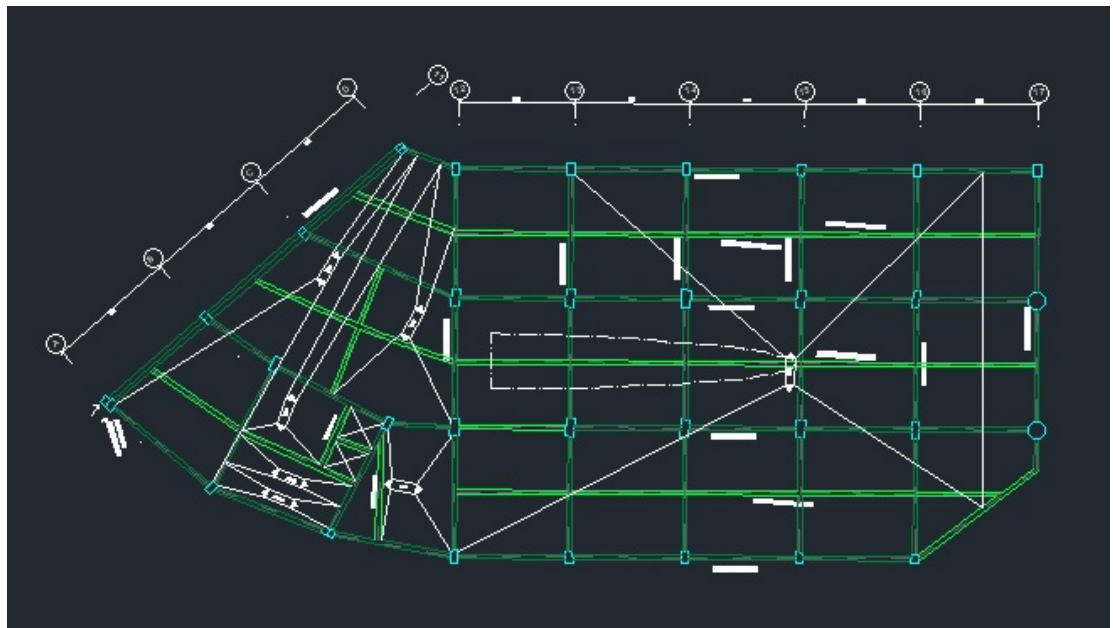
- Alonzo, José L. (2007): **Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones**, Caracas 1ra.. Edición. SIDETUR.
- COVENIN (2001): **Edificaciones Sismorresistente. Norma COVENIN 1756:01**, Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (2006): **Norma 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.
- Hung, Angel y Girón, Luis,(2012):**Indice de priorizacion sismica de las edificaciones de los municipio Diego Ibarra, San Joaquin, Guacara, San Diego y Naguanagua del estado Carabobo. Para gestion de riesgo sismico**, Universidad de Carabobo, trabajo especial de grado. Noviembre

2012

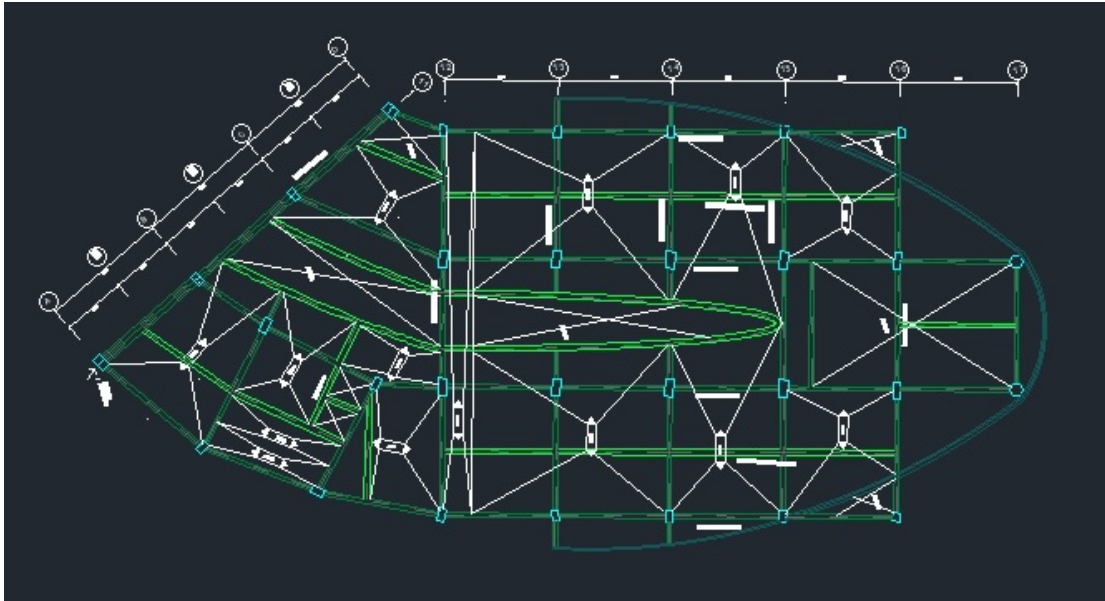
ANEXOS



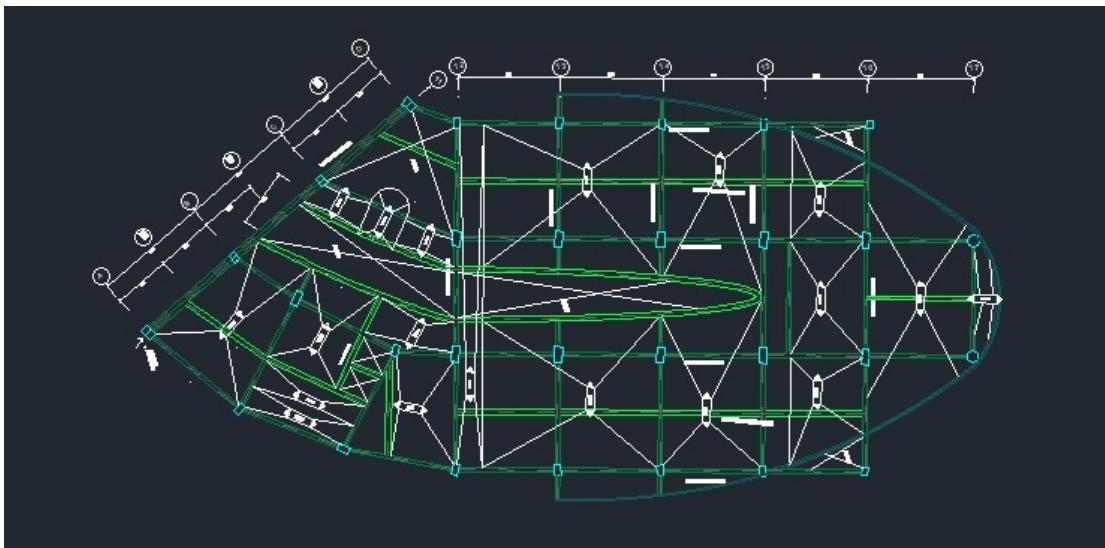
Plano de planta de fundaciones.



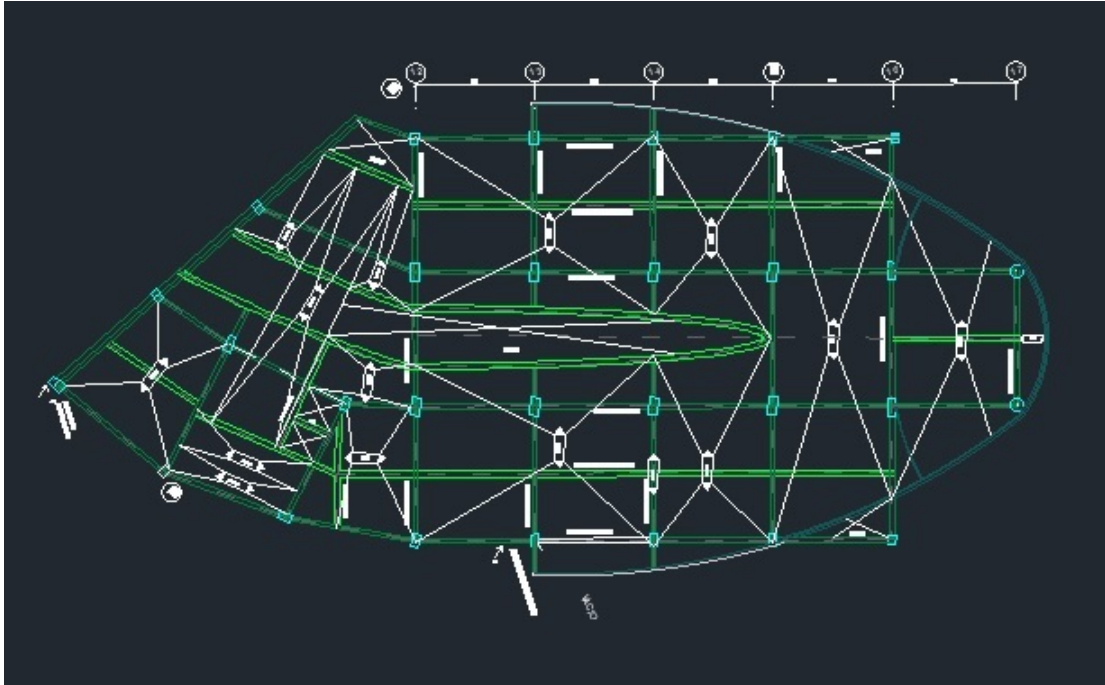
Plano de planta de primer nivel.



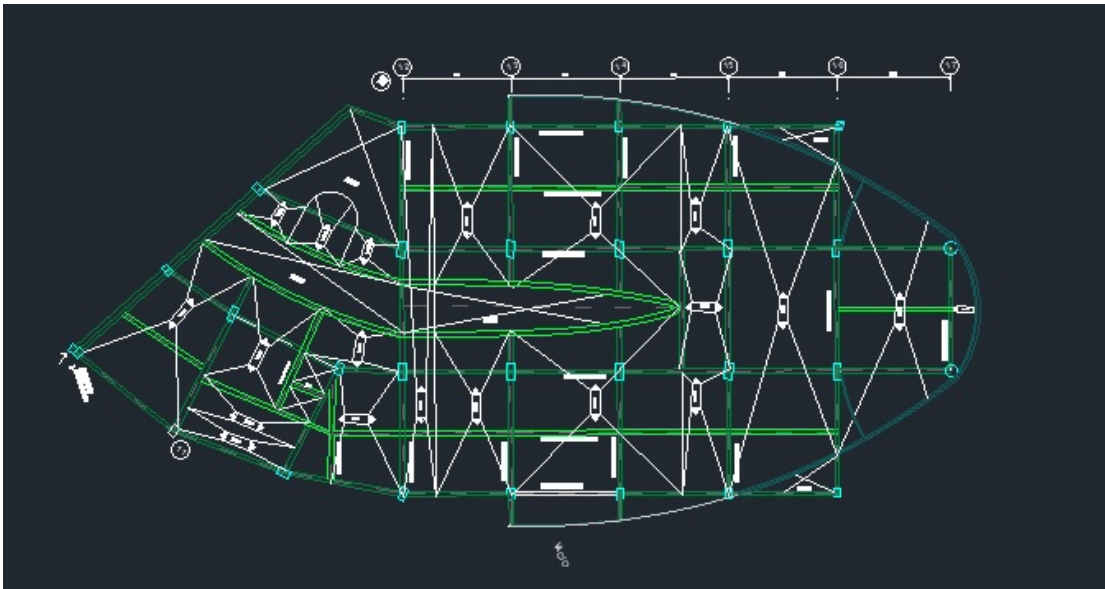
Plano de planta de Segundo nivel.



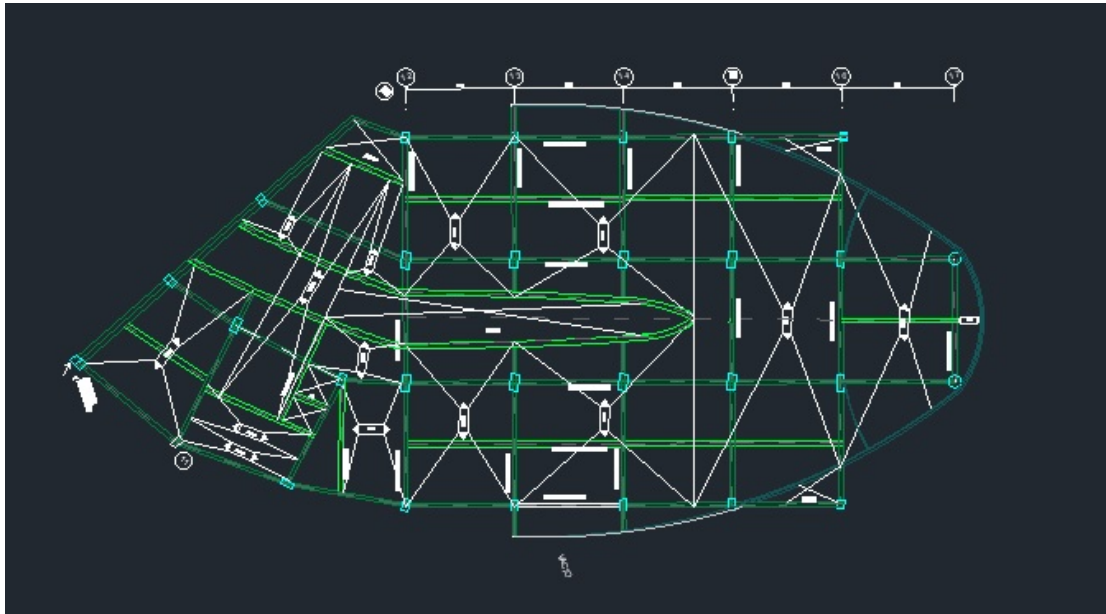
Plano de planta de tercer nivel.



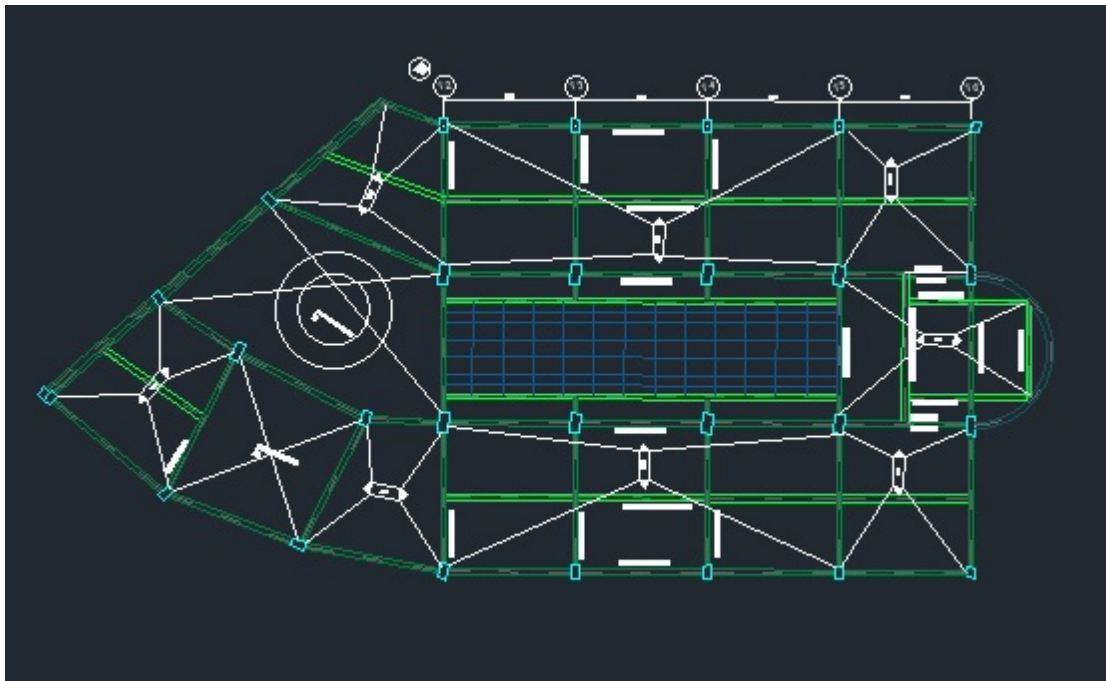
Plano de planta de cuarto nivel.



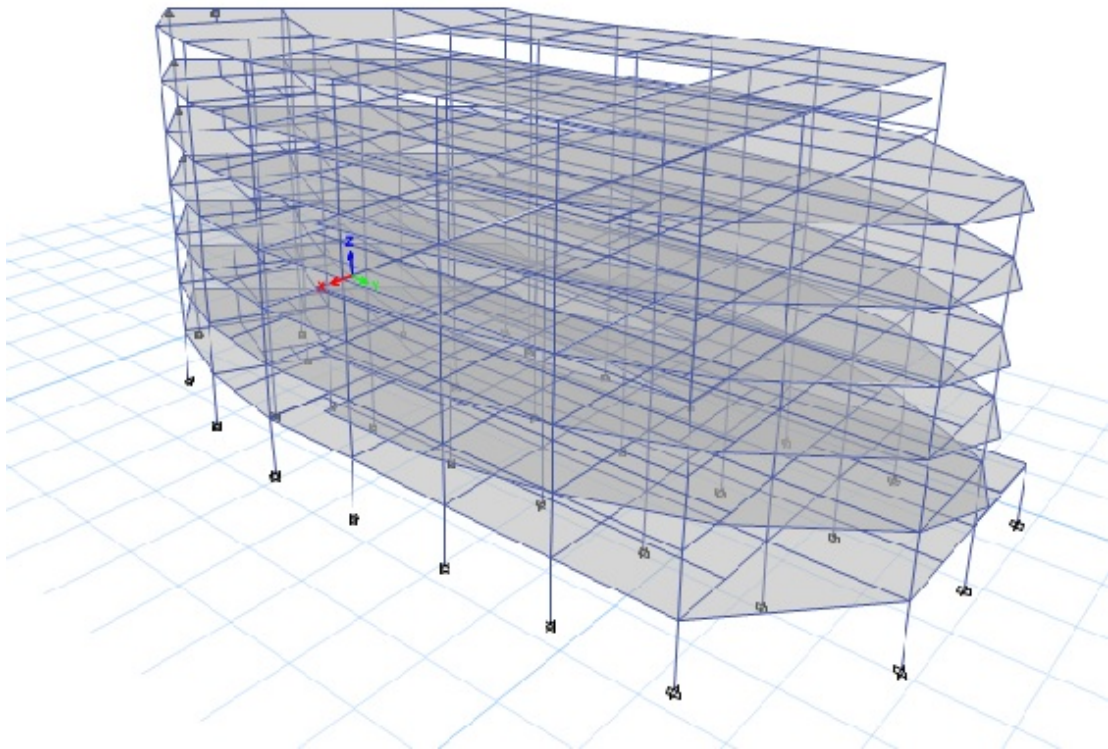
Plano de planta de Quinto nivel.



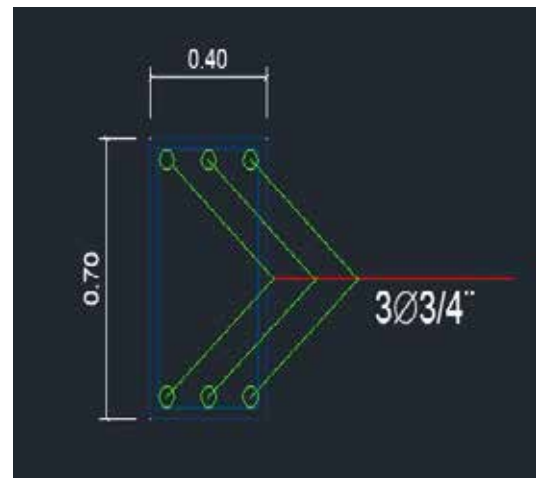
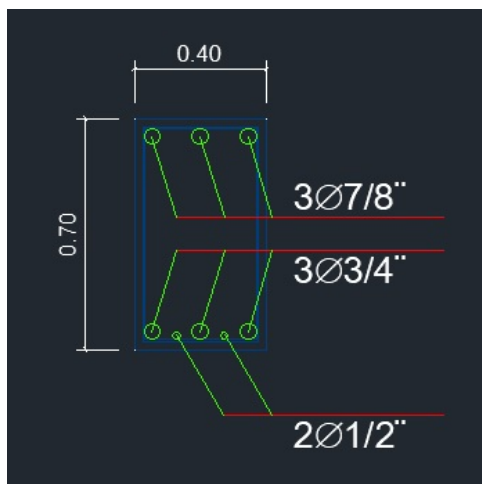
Plano de planta de sexto nivel.



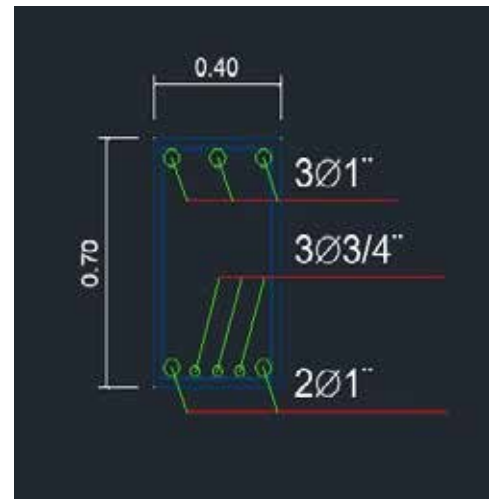
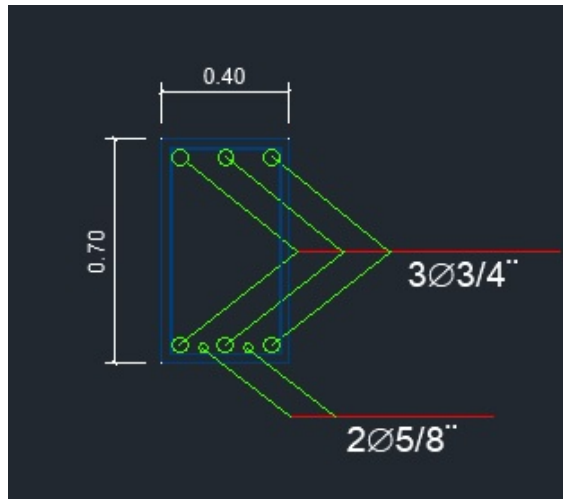
Plano de planta de septimo nivel.



Modelado geometrico en software estructural.



Secciones de viga.



Secciones de viga.



Detalle de separación de estribos en vigas.

NIVEL	PORTICO	TRAMO	DIMENSION DE LA SECCION	AS. SUPERIOR REAL (PLANO)	AS. SUPERIOR SUGERIDO (SOFTWARE)	COND.	INFERIOR REAL (PLANO)	AS. INFERIOR SUGERIDO (SOFTWARE)	COND.	CUANTIAS	0.0033<C<0.025
P L A N T A	A	11_16	40X70	7,62	4,22	Cumple	10,795	8,67	Cumple	0,00657679	cumple
		B 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	8,255	10,03	No cumple	0,00532946	cumple
		C 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	8,89	8,66	Cumple	0,00555625	cumple
		D 11_17	40X70	5,715	4,21	Cumple	5,715	8,66	No cumple	0,00408214	cumple
		11 A_D	40X70	6,6675	5,87	Cumple	8,89	8,66	Cumple	0,00555625	cumple
		11' A_B	40X70	12,7	7,7	Cumple	16,8275	24,9	No cumple	0,01054554	cumple
		11" A_B	40X70	22,86	4,1	Cumple	15,24	7,5	Cumple	0,01360714	cumple
		12 A_D	40X70	10,16	6,8	Cumple	10,16	8,66	Cumple	0,00725714	cumple
		13 A_D	40X70	10,16	8,66	Cumple	15,24	8,66	Cumple	0,00907143	cumple
		14 A_D	40X70	7,62	8,44	No cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,00873125	cumple
		15 A_D	40X70	10,16	8,66	Cumple	17,78	8,66	Cumple	0,00997857	cumple
		16 A_D	40X70	15,24	8,66	Cumple	17,78	8,66	Cumple	0,01179286	cumple
		17 A_D	40X70	12,17	8,66	Cumple	12,7	8,66	Cumple	0,00888214	cumple
P L A N T A	1	A 11_16	40X70	7,62	4,44	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,00657679	cumple
		B 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	9,525	8,66	Cumple	0,00578304	cumple
		C 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,00442232	cumple
		D 11_16	40X70	5,715	5,23	Cumple	5,715	8,66	No cumple	0,00408214	cumple
		11 A_D	40X70	6,6675	5,39	Cumple	9,525	8,66	Cumple	0,00578304	cumple
		11' A_B	40X70	22,86	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,01417411	cumple
		11" A_B	40X70	22,86	4,72	Cumple	15,24	8	Cumple	0,01360714	cumple
		12 A_D	40X70	10,16	8,18	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,00748393	cumple
		13 A_B	40X70	17,78	8,66	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,01360714	cumple
		14 A_B	40X70	12,7	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,01054554	cumple
		15 A_D	40X70	17,78	8,66	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,01360714	cumple
		16 A_D	40X70	12,7	8,66	Cumple	16,51	8,66	Cumple	0,01043214	cumple
		17 B_C	40X70	12,7	8,66	Cumple	12,7	8,66	Cumple	0,00907143	cumple
P L A N T A	2	A 11_16	40X70	7,62	4,96	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,00657679	cumple
		B 11_17	40X70	7,62	8,5	No cumple	10,4775	8,66	Cumple	0,00646339	cumple
		C 11_17	40X70	7,62	8,66	No cumple	10,16	8,66	Cumple	0,00635	cumple
		D 11_16	40X70	5,715	4,77	Cumple	5,715	6,42	No cumple	0,00408214	cumple
		11 A_D	40X70	6,6675	5,74	Cumple	9,525	8,66	Cumple	0,00578304	cumple
		11' A_B	40X70	22,86	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,01417411	cumple
		11" A_B	40X70	22,86	4,85	Cumple	15,24	7,9	Cumple	0,01360714	cumple
		12 A_D	40X70	10,16	8,66	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,00748393	cumple
		13 A_B	40X70	17,78	8,64	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,01360714	cumple
		14 A_B	40X70	15,24	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,01145268	cumple
		15 A_D	40X70	17,78	8,66	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,01360714	cumple
		16 A_D	40X70	17,78	8,66	Cumple	17,78	8,66	Cumple	0,0127	cumple
		17 B_C	40X70	15,24	8,66	Cumple	15,875	8,66	Cumple	0,0111125	cumple
P L A N T A	3	A 11_16	40X70	5,715	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004082143	cumple
		B 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	9,525	8,66	Cumple	0,005783036	cumple
		C 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	8,255	8,66	No cumple	0,005329464	cumple
		D 11_16	40X70	5,715	6,23	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004082143	cumple
		11 X	40X70	X	8,66	Cumple	X	8,66	Cumple	#¡VALOR!	#¡VALOR!
		11' A_B	40X70	22,86	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,014174107	cumple
		11" A_B	40X70	22,86	5,33	Cumple	15,24	8,57	Cumple	0,013607143	cumple
		12 A_D	40X70	10,16	8,21	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,007483929	cumple
		13 A_B	40X70	17,78	8,38	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,013607143	cumple
		14 A_B	40X70	12,7	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,010545536	cumple
		15 A_D	40X70	15,24	8,66	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,0127	cumple
		16 A_D	40X70	17,78	8,66	Cumple	13,97	8,66	Cumple	0,011339286	cumple
		17 B_C	40X70	15,24	8,66	Cumple	14,605	8,66	Cumple	0,010658929	cumple
P L A N T A	4	A 11_16	40X70	5,715	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004082143	cumple
		B 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004422321	cumple
		C 11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004422321	cumple
		D 11_16	40X70	5,715	5,49	Cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004082143	cumple
		11 X	40X70	X	8,66	Cumple	X	8,66	Cumple	#¡VALOR!	#¡VALOR!
		11' A_B	40X70	17,78	8,66	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,012359821	cumple
		11" A_B	40X70	22,86	4,46	Cumple	15,24	7,03	Cumple	0,013607143	cumple
		12 A_D	40X70	10,16	8,66	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,007483929	cumple
		13 A_B	40X70	12,7	8,4	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,011792857	cumple
		14 A_B	40X70	15,24	7,82	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,011452679	cumple
		15 A_D	40X70	15,24	8,32	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,0127	cumple
		16 A_D	40X70	15,24	8,66	Cumple	13,97	8,66	Cumple	0,010432143	cumple
		17 B_C	40X70	10,16	8,66	Cumple	10,795	8,66	Cumple	0,007483929	cumple

P L A N T A 5	A	11_16	40X70	5,715	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004082143	cumple
	B	11_17	40X70	5,715	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004082143	cumple
	C	11_17	40X70	6,6675	8,66	No cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004422321	cumple
	D	11_16	40X70	5,715	2,13	Cumple	5,715	5,4	Cumple	0,004082143	cumple
	11	X	40X70	X	8,66	Cumple	X	8,66	Cumple	#¡VALOR!	#¡VALOR!
	11'	A_B	40X70	17,78	8,04	Cumple	16,8275	27,63	No cumple	0,012359821	cumple
	11"	A_B	40X70	22,86	8,04	Cumple	15,24	10,24	Cumple	0,013607143	cumple
	12	A_D	40X70	6,6675	8,66	No cumple	10,795	8,66	Cumple	0,006236607	cumple
	13	A_B	40X70	10,16	4,6	Cumple	20,32	5,46	Cumple	0,010885714	cumple
	14	A_B	40X70	12,7	4,24	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,010545536	cumple
	15	A_D	40X70	10,16	5,19	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,010885714	cumple
	16	A_D	40X70	15,24	5,5	Cumple	20,32	7,5	Cumple	0,0127	cumple
	17	B_C	40X70	6,6675	8,6	No cumple	10,795	8,66	Cumple	0,006236607	cumple
T E C H O	A	11_16	40X70	5,715	3,79	Cumple	5,715	5,37	Cumple	0,004082143	cumple
	B	11_17	40X70	5,715	3,77	Cumple	5,715	7,38	No cumple	0,004082143	cumple
	C	11_17	40X70	5,715	4,47	Cumple	5,715	9,12	No cumple	0,004082143	cumple
	D	11_16	40X70	x		Cumple	x		Cumple	#¡VALOR!	#¡VALOR!
	11	X	40X70	x		Cumple	x		Cumple	#¡VALOR!	#¡VALOR!
	11'	A_B	40X70	5,715	6,5	No cumple	8,25	8,66	No cumple	0,0049875	cumple
	11"	A_B	40X70	5,08	3,09	Cumple	14,6	3,09	Cumple	0,007028571	cumple
	12	A_D	40X70	6,66	3,05	Cumple	5,715	8,66	No cumple	0,004419643	cumple
	13	A_B	40X70	10,16	4,25	Cumple	20,32	8,66	Cumple	0,010885714	cumple
	14	A_B	40X70	15,24	4,48	Cumple	16,8275	8,66	Cumple	0,011452679	cumple
	15	A_D	40X70	5,715	4,48	Cumple	2,8575	8,66	No cumple	0,003061607	Nocumple
	16	A_D	40X70	5,715	3,54	Cumple	5,715	7,48	No cumple	0,004082143	cumple
	17	B_C	40X70	x		Cumple	x		Cumple	#¡VALOR!	#¡VALOR!

Chequeo de vigas.

NIVEL	UBICACIÓN	DIMENSION DE LA SECCION	AS. REAL (PLANO)	AS. MINIMO (SOFTWARE)	COND.	CUANTIA	COND.
P L A N T A	A-11	50X70	60,84	35	Cumple	1,73828571	Cumple
	A-11'	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	A-11''	50X90	81,12	45	Cumple	1,80266667	Cumple
	A-12	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	A-13	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	A-14	50X80	152,1	51,22	Cumple	3,8025	Cumple
	A-15	50X80	152,1	41,17	Cumple	3,8025	Cumple
	A-16	50X60	101,4	31,23	Cumple	3,38	Cumple
B A J A	B-11	50X80	68,76	40	Cumple	1,719	Cumple
	B-11'	50X110	109,32	130,4	No Cumple	1,98763636	Cumple
	B-11''	50X90	81,12	45	Cumple	1,80266667	Cumple
	B-12	50X140	283,92	70	Cumple	4,056	Cumple
	B-13	50X140	72,2	70	Cumple	1,03142857	Cumple
	B-14	50X140	72,2	90,14	No Cumple	1,03142857	Cumple
	B-15	50X140	72,2	40	Cumple	1,03142857	Cumple
	B-16	50X140	121,68	90,14	Cumple	1,73828571	Cumple
	B-17	100	141,96	78,54	Cumple	1,80749123	Cumple
	C-11	50X80	68,76	40	Cumple	1,719	Cumple
	C-12	50X140	121,68	131,54	No Cumple	1,73828571	Cumple
	C-13	50X140	121,68	70	Cumple	1,73828571	Cumple
	C-14	50X140	92,48	70	Cumple	1,32114286	Cumple
	C-15	50X140	92,48	90,5	Cumple	1,32114286	Cumple
	C-16	50X140	92,48	102,69	No Cumple	1,32114286	Cumple
	C-17	100	141,96	78,54	Cumple	1,80749123	Cumple
D	D-11	50X80	101,4	40	Cumple	2,535	Cumple
	D-12	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	D-13	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	D-14	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	D-15	50X80	152,1	40	Cumple	3,8025	Cumple
	D-16	50X60	101,4	30	Cumple	3,38	Cumple
	D-17	50X60	101,4	30	Cumple	3,38	Cumple

Chequeo de columnas.

	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m
SALA DE MAQUINAS	4556,96	4556,96	21,0893	13,346	21,3302	12,9625
TECHO	69600,92	69600,92	15,3166	33,8595	16,85	33,27
PISO5	115370,63	115370,63	15,2724	34,7856	17,59	33,24
PISO4	116552,39	116552,39	15,275	34,9926	17,14	36,11
PISO3	111884,14	111884,14	15,2298	34,5109	17,82	35,59
PISO2	118582,88	118582,88	15,0873	35,0967	15,4004	34,83
Piso1	118866,32	118866,32	15,2652	35,3382	14,3793	32,3457
Planta Baja	127273,02	127273,02	14,6148	36,3903	13,4959	36,5068

Centro de masa y centro de rigidez.

Nodo	Valor		Limite normativo		Condición	
	Contrareloj	Reloj	Contrareloj	Reloj	Contrareloj	Reloj
A-11	0,61	0,418	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-11'	0,437	0,299	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-11''	0,365	0,831	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-12	0,562	0,935	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-13	0,513	0,783	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-14	0,417	0,617	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-15	0,527	0,727	0,83	1,2	Cumple	Cumple
A-16	0,85	0,704	0,83	1,2	No Cumple	Cumple
B-11	0,66	0,986	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-11'	0,182	0,683	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-11''	0,412		0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-12	0,38	0,575	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-13		0,693	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-14	0,245	0,693	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-15	0,262	0,69	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-16	0,25	0,697	0,83	1,2	Cumple	Cumple
B-17	0,279	0,282	0,83	1,2	Cumple	Cumple
C-11	0,552	0,531	0,83	1,2	Cumple	Cumple
C-12	0,37	0,926	0,83	1,2	Cumple	Cumple
C-13	0,315	0,671	0,83	1,2	Cumple	Cumple
C-14	0,332	0,676	0,83	1,2	Cumple	Cumple
C-15	0,348	0,673	0,83	1,2	Cumple	Cumple

C-16	0,384	0,679	0,83	1,2	Cumple	Cumple
C-17	0,427	0,183	0,83	1,2	Cumple	Cumple
D-11	0,382	0,366	0,83	1,2	Cumple	Cumple
D-12	0,677	0,669	0,83	1,2	Cumple	Cumple
D-13	0,554	0,63	0,83	1,2	Cumple	Cumple
D-14	0,453	0,466	0,83	1,2	Cumple	Cumple
D-15	0,658	0,606	0,83	1,2	Cumple	Cumple
D-16	0,872	0,676	0,83	1,2	No Cumple	Cumple
D-17		0,687	0,83	1,2	Cumple	Cumple

Chequeo de nodos.



Abertura en entre pisos.



Abertura en techo.



Junta sismica entre modulo 3 y modulo 2.



Fachada del modulo 3.

Versión 06/2013

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
(Características Sismorresistentes)

G-20007752-2

1. Datos generales

1.1 Fecha: _____ 1.2 Hora Inicio: _____ 1.3 Hora culminación: _____ 1.4 Código: _____

2. Datos de los participantes

Función	Nombre y apellido	Teléfono	Correo Electrónico
2.1 Inspector	Giuliano Piersanti, David Velasquez	04124883004	giuliano.piersanti@hotmail.com davidvelasquez@gmail.com
2.2 Revisor	Ing. Luisana Perez		
2.3 Supervisor			

3. Datos del entrevistado

3.1 Relación con la Edif.	3.2 Nombre y apellido	3.3 Teléfono	3.4 Correo Electrónico

4. Identificación y ubicación de la edificación

4.1 Nombre o N°: Modulo 3 Edif Nro 4 4.2 N° de pisos: 8 4.3 N° de semi-sótanos: 1
 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 2
 4.10 Sector: _____ 4.11 Calle, Vereda: _____ 4.12 Pto. de Referencia: 2do semaforo de la Urb Esmeralda
 Proy. UTM (REGVEN) 4.13 Coord. X: _____ 4.14 Coord. Y: _____ 4.15 Huso: _____

5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)

- | | | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|---|
| ☐ Gubernamental | ☐ Militar | ☐ Médico-Asistencial | ☐ Industrial | ☐ Otro (Especifique) |
| ☐ Bomberos | ☐ Vivienda Popular | ☒ Educativo | ☐ Comercial | |
| ☐ Protección Civil | ☐ Vivienda Unifamiliar | ☒ Deportivo-Recreativo | ☐ Oficina | |
| ☐ Policial | ☐ Vivienda Multifamiliar | ☒ Cultural | ☐ Religioso | |

6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)

6.1 Número de personas que ocupan el inmueble: 14000 6.2 Ocupación durante: ☐ Mañana ☐ Tarde ☐ Noche

7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)

Año: _____
☐ Antes de 1939 ☐ Entre 1940 y 1947 ☐ Entre 1948 y 1955 ☐ Entre 1956 y 1967
☐ Entre 1968 y 1982 ☐ Entre 1983 y 1998 ☒ Entre 1999 y 2001 ☐ Después de 2001

8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)

8.1. Edificación en: ☒ Planicie ☐ Ladera ☐ Base ☐ Cima
 8.2 Pendiente del terreno: ☐ 20° - 45° ☐ Mayor a 45°
 8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera: ☐ Si ☐ No
 8.4 Pendiente del talud: ☐ 20° - 45° ☐ Mayor a 45°
 8.5 Separación al talud: ☐ Menor a H del Talud ☐ Mayor a H del Talud

9. Tipo estructural

- 9.1 Marque con "x", múltiples opciones:
- | | |
|--|--|
| ☐ 1. Pórticos de concreto armado | ☐ 9. Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos |
| ☒ 2. Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto | ☐ 10. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada |
| ☐ 3. Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales | ☐ 11. Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada |
| ☐ 4. Sistemas con muros de concreto armado de poco espesor, dispuestos en una sola dirección (algunos sist. tipo túnel) | ☐ 12. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a 2 pisos |
| ☐ 5. Pórticos de acero | ☐ 13. Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a 2 pisos |
| ☐ 6. Pórticos de acero con perfiles tubulares | ☐ 14. Viviendas de bahareque de un piso |
| ☐ 7. Pórticos de acero diagonalizados | ☐ 15. Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.) |
| ☐ 8. Pórticos de acero con cerchas | |

9.2 Indique el número del tipo estructural predominante: _____

10. Esquema de planta (marcar con "x")

- | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|--|
| ☐ "H" | ☐ "L" | ☐ Esbeltez horizontal |
| ☐ "T" | ☐ Cajón | ☒ Ninguno |
| ☐ "U" ó "C" | ☐ Regular | |

11. Esquema de elevación (marcar con "x")

- | | | |
|---|--------------------------------------|---|
| ☐ "T" | ☐ "U" | ☐ Esbeltez vertical |
| ☐ Pirámide Invertida | ☐ "L" | ☒ Ninguno |
| ☐ Piramidal | ☐ Rectangular | |

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

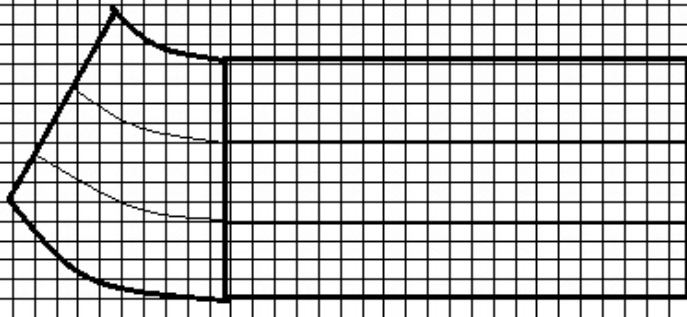
- | | |
|--|---|
| ☐ 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones | ☐ 12.7 Aberturas significativas en losas |
| ☐ 12.2 Ausencia de muros en una dirección | ☐ 12.8 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta |
| ☐ 12.3 Estructura frágil | ☐ 12.9 Adosamiento: Losa contra losa |
| ☐ 12.4 Presencia de al menos un entrepiso débil o blando | ☐ 12.10 Adosamiento: Losa contra columna |
| ☐ 12.5 Presencia de columnas cortas | 12.11 Separación entre edificios (cm): _____ |
| ☐ 12.6 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes | |

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

- | | | | |
|---|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| 13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo: | ☒ Ninguno | ☐ Moderado | ☐ Severo |
| 13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo: | ☐ Ninguno | ☐ Moderado | ☐ Severo |
| 13.3 Agrietamiento en paredes de relleno: | ☒ Ninguno | ☐ Moderado | ☐ Severo |
| 13.4 Estado general de mantenimiento: | ☒ Bueno | ☐ Regular | ☐ Bajo |

14. Observaciones

15. Croquis de ubicación, fachada y planta

Croquis de ubicación	Croquis de fachada																				
																					
Croquis de planta 																					
Fotos a tomar: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>- Fachadas</td> <td>- Identificación de la edificación</td> <td>- Pendiente del terreno</td> <td>- Talud cercano</td> <td>- Tipo estructural</td> </tr> <tr> <td>- Elementos estructurales</td> <td>- Losas</td> <td>- Juntas</td> <td>- Ausencia de vigas altas</td> <td>- Presencia columna corta</td> </tr> <tr> <td>- Discontinuidad de elementos</td> <td>- Aberturas excesivas en planta</td> <td>- Asimetría en planta</td> <td>- Adosamiento</td> <td>- Grietas en paredes</td> </tr> <tr> <td>- Grietas o fisuras en elementos de concreto</td> <td>- Corrosión o deterioro en elementos de acero</td> <td>- Observaciones o casos especiales</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		- Fachadas	- Identificación de la edificación	- Pendiente del terreno	- Talud cercano	- Tipo estructural	- Elementos estructurales	- Losas	- Juntas	- Ausencia de vigas altas	- Presencia columna corta	- Discontinuidad de elementos	- Aberturas excesivas en planta	- Asimetría en planta	- Adosamiento	- Grietas en paredes	- Grietas o fisuras en elementos de concreto	- Corrosión o deterioro en elementos de acero	- Observaciones o casos especiales		
- Fachadas	- Identificación de la edificación	- Pendiente del terreno	- Talud cercano	- Tipo estructural																	
- Elementos estructurales	- Losas	- Juntas	- Ausencia de vigas altas	- Presencia columna corta																	
- Discontinuidad de elementos	- Aberturas excesivas en planta	- Asimetría en planta	- Adosamiento	- Grietas en paredes																	
- Grietas o fisuras en elementos de concreto	- Corrosión o deterioro en elementos de acero	- Observaciones o casos especiales																			

Planilla de inspección FUNVISIS para Modulo 3 del edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez.