



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 18 de octubre del 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva – Huila

El (Los) suscrito(s):

Diego Fernando Cárdenas Márquez, con C.C. No. **1.081.183.520** y **Jhon Sebastián López Vidal**, con C.C. No. **1.081.160.709**, Autores de la tesis y/o trabajo de grado, titulado **“Diseño estructural de un complejo hotelero en concreto reforzado por medio de pórticos resistentes a momentos según los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para contribuir con el desarrollo turístico y económico del municipio de Villavieja de la mano con la alcaldía Municipal y la Asociación de Operadores Turísticos la Tatacoa (ASOTUR)”**, presentado y aprobado en el año **2023** como requisito para optar al título de **Ingeniero civil**; Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Diego Fernando Cárdenas Márquez

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Jhon Sebastián López Vidal

Firma:



Ministerio de Educación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
DIEGO FERNANDO	CARDENAS MARQUEZ
JHON SEBASTIAN	LOPEZ VIDAL

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ALVIN LEONARDO	TEJADA CALDERON

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
NO APLICA	

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA CIVIL

CIUDAD: NEIVA – HUILA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023

NÚMERO DE PÁGINAS: 72

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas_X__ Fotografías_X__ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas_X__ Música impresa___ Planos_X__ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros_X_



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Word y/o PDF

MATERIAL ANEXO: planos, memoria de cálculo, análisis de precios unitarios, estudio de suelos, información de visitantes, encuestas

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): No aplica

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Hotel	Hotel	6. Pórticos	Frames
2. Columnas	Columns	7. Concreto	Concrete
3. Vigas	Beams	8. _____	_____
4. Losas	Slabs	9. _____	_____
5. Cargas	Loads	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Actualmente, el municipio de Villavieja teniendo uno de los atractivos turísticos más importantes del departamento del Huila, presenta un déficit de alojamiento del 17% con base a los turistas nacionales y extranjeros que visitan el desierto de la tatacoa, según encuesta realizada por los autores (ver anexo 1) e información estadística del número de visitante durante el año 2022 (ver anexo 3); por tal motivo, se genera la necesidad de crear un proyecto para hospedaje.

Debido a lo anterior, el presente proyecto consiste en realizar el diseño del sistema principal de resistencia sísmica y elementos complementarios tipo losas de entrepisos y cimentación por medio del método de Interacción suelo-estructura (ISE), para un complejo hotelero de cinco niveles con una capacidad para 296 personas, cuyo sistema estructural está compuesto de pórticos en concreto reforzado, teniendo en cuenta los lineamientos del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10).

La estructura estará localizada sobre el barrio Cacica tocaya en la zona urbana del municipio de Villavieja; el cual, es de tipo residencial, según Acuerdo No. 003 de 2019 (Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT); y de propiedad de la administración municipal de Villavieja.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)



Currently, the municipality of Villavieja, having one of the most important tourist attractions in the department of Huila, presents an accommodation deficit of 17% based on national and foreign tourists who visit the Tatacoa desert, according to a survey conducted by the authors (see annex 1) and statistical information on the number of visitors during the year 2022 (see annex 3); For this reason, the need to create a project for hosting is generated.

Due to the foregoing, this project consists of carrying out the design of the main seismic resistance system and complementary elements such as mezzanine slabs and foundations by means of the Soil-Structure Interaction (ISE) method, for a five-story hotel complex with a capacity for 296 people, whose structural system is composed of reinforced concrete porticos, taking into account the guidelines of the Colombian Regulation for earthquake resistant construction (NSR-10).

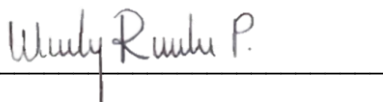
The structure will be located on the Cacica tocaya neighborhood in the urban area of the municipality of Villavieja; which is of a residential type, according to Agreement No. 003 of 2019 (Territorial Planning Scheme - EOT); and property of the municipal administration of Villavieja.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Jackson Andrés Gil Hernández

Firma: 

Nombre Jurado: Wendy Tatiana Rueda Piedrahita

Firma: 

Nombre Jurado: Nilson Andrés Vásquez Zapata

Firma: 



Diseño estructural de un complejo hotelero en concreto reforzado por medio de pórticos resistentes a momentos según los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para contribuir con el desarrollo turístico y económico del municipio de Villavieja de la mano con la alcaldía Municipal y la Asociación de Operadores Turísticos la Tatacoa (ASOTUR)

Autores:

Diego Fernando Cárdenas Márquez – Cod.: 20201186294

Jhon Sebastián López Vidal – Cod.: 20172162023

Universidad Surcolombiana de Colombia

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería civil

Neiva, Huila, Colombia

Año 2023

Diseño estructural de un complejo hotelero en concreto reforzado por medio de pórticos resistentes a momentos según los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para contribuir con el desarrollo turístico y económico del municipio de Villavieja de la mano con la alcaldía Municipal y la Asociación de Operadores Turísticos la Tatacoa (ASOTUR)

Autores:

Diego Fernando Cárdenas Márquez – Cod.: 20201186294

Jhon Sebastián López Vidal – Cod.: 20172162023

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero civil

Director:

Ing. Alvin Leonardo Tejada Calderón

Línea de Investigación:

Ingeniería estructural

Universidad Surcolombiana de Colombia

Facultad de ingeniería

Programa de ingeniería civil

Neiva, Huila, Colombia

Año 2023

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a Dios, sin él no habiéramos podido iniciar y terminar nuestra carrera universitaria, a nuestras familias que son nuestra fuente de inspiración; ya que, con su apoyo incondicional, logramos superar diversos obstáculos que se presentaron durante nuestra vida académica. A nuestros compañeros de clase y profesores que compartieron con nosotros experiencias y conocimientos y nos ayudaron a mejorar cada día.

“Porque tú eres mi roca y mi castillo; Por tu nombre me guiarás y me encaminarás...”

Salmo 31:3

Agradecimientos

A Dios, por regalarnos la sabiduría para desarrollar en su totalidad el proyecto.

A la universidad Surcolombiana por darnos las herramientas y el conocimiento al formarnos como profesionales en la rama de la ingeniería civil.

A nuestras familias que han sido nuestro apoyo para superar todos los obstáculos en nuestra carrera profesional.

Al ing. Alvin Tejada (director del proyecto), por regalarnos su conocimiento y tiempo para poder ejecutar y desarrollar el proyecto de la mejor manera.

A la administración municipal de Villavieja y la asociación de operadores turísticos de Villavieja (ASOTUR), por colaborar al suministrarnos información para la ejecución del proyecto.

Resumen

Actualmente, el municipio de Villavieja teniendo uno de los atractivos turísticos más importantes del departamento del Huila, presenta un déficit de alojamiento del 17% con base a los turistas nacionales y extranjeros que visitan el desierto de la tatacoa, según encuesta realizada por los autores (ver anexo 1) e información estadística del número de visitante durante el año 2022 (ver anexo 3); por tal motivo, se genera la necesidad de crear un proyecto para hospedaje.

Debido a lo anterior, el presente proyecto consiste en realizar el diseño del sistema principal de resistencia sísmica y elementos complementarios tipo losas de entrepisos y cimentación por medio del método de Interacción suelo-estructura (ISE), para un complejo hotelero de cinco niveles con una capacidad para 296 personas, cuyo sistema estructural está compuesto de pórticos en concreto reforzado, teniendo en cuenta los lineamientos del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Además, se empleará a ETABS 2020 y SAFE 2016 para el modelado estructural; los cuales, son softwares especializados para el análisis y diseño de edificaciones.

La estructura estará localizada sobre el barrio Cacica tocaya en la zona urbana del municipio de Villavieja; el cual, es de tipo residencial, según Acuerdo No. 003 de 2019 (Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT); y de propiedad de la administración municipal de Villavieja.

Para concluir, la distribución de espacios y demás conceptos arquitectónicos son creados por los autores, cuya dimensión del terreno para el primer piso es de 26x25.1 metros y altura por piso de 3.06 m; asimismo, se elabora el presupuesto de obra con la finalidad de conocer el valor del proyecto.

Palabras clave: hotel, columnas, vigas, losas, cargas, pórticos, concreto.

Abstract

Currently, the municipality of Villavieja, having one of the most important tourist attractions in the department of Huila, presents an accommodation deficit of 17% based on national and foreign tourists who visit the Tatacoa desert, according to a survey conducted by the authors (see annex 1) and statistical information on the number of visitors during the year 2022 (see annex 3); For this reason, the need to create a project for hosting is generated.

Due to the foregoing, this project consists of carrying out the design of the main seismic resistance system and complementary elements such as mezzanine slabs and foundations by means of the Soil-Structure Interaction (ISE) method, for a five-story hotel complex with a capacity for 296 people, whose structural system is composed of reinforced concrete porticos, taking into account the guidelines of the Colombian Regulation for earthquake resistant construction (NSR-10). In addition, ETABS 2020 and SAFE 2016 will be used for structural modeling; which are specialized software for the analysis and design of buildings.

The structure will be located on the Cacica tocaya neighborhood in the urban area of the municipality of Villavieja; which is of a residential type, according to Agreement No. 003 of 2019 (Territorial Planning Scheme - EOT); and property of the municipal administration of Villavieja.

To conclude, the distribution of spaces and other architectural concepts are created by the authors, whose dimension of the land for the first floor is 26x25.1 meters and height per floor of 3.06 m; Likewise, the work budget is prepared in order to know the value of the project.

Keywords: hotel, columns, beams, slabs, loads, frames, concrete.

Contenido

	Pág.
Resumen	XI
Lista de figuras	XV
Lista de tablas	XVI
Lista de Anexos	XVII
Capítulo 1	18
1. Introducción	18
1.1 Antecedentes	19
1.2 Formulación del problema	21
1.3 Justificación	21
1.4 Objetivos	25
1.4.1 Objetivo General	25
1.4.2 Objetivos específicos.....	25
1.5 Estructura del documento	25
Capítulo 2	27
2. Marco teórico	27
Capítulo 3	43
3. Metodología	43
3.1 Descripción del proyecto	43
3.2 Características de los materiales	45
3.3 Unidades de medida	46
3.4 Zonificación sísmica y perfil del suelo.....	46
3.5 Análisis de cargas	47
3.6 Combinaciones de carga	49
3.7 Irregularidades	50
3.8 Análisis sísmico.....	53
3.9 Programas de modelación	53
3.10 Participación de masa	53
3.11 Ajuste del cortante dinámico total en la base	54
3.12 Verificación del periodo fundamental de la estructura	54

3.13	Derivas.....	55
3.14	Deflexiones máximas	56
3.15	Diseño de vigas	58
3.16	Diseño de columnas	62
3.17	Diseño de losa nervada de entrepiso.....	66
3.18	Diseño de cimentación.....	67
3.19	Factibilidad económica.....	70
Capítulo 4.....		73
4.	Análisis de resultados.....	73
Capítulo 5.....		75
5.	Conclusiones y recomendaciones	75
5.1	Conclusiones	75
5.2	Recomendaciones	76
Bibliografía.....		77

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Capacidad alojamiento en Villavieja. Fuente propia de los autores.....	24
Figura 1-2: Turistas encuestados. Fuente propia de los autores	24
Figura 2-1: Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av. Tomada del título A.2.3 de NSR-10 .	32
Figura 2-2: Irregularidades en planta. Tomada del título A.3.3.4 de NSR-10.....	37
Figura 2-3: Irregularidades en la altura. Tomada del título A.3.3.5 de NSR-10	38
Figura 3-1: Fachada arquitectónica del hotel. Fuente propia de los autores.....	44
Figura 3-2: Plano arquitectónico piso 1 del hotel. Fuente propia de los autores	44
Figura 3-3: Plano arquitectónico piso tipo (2, 3, 4 y 5) del hotel. Fuente propia de los autores	45
Figura 3-4: Espectro elástico de aceleraciones de diseño para Villavieja. Basado del título A.2.6 de NSR-10	49
Figura 3-5: Rotula para verificar ausencia de redundancia. Tomado de ETABS 2020	51
Figura 3-6: Modelado 3D de la estructura del hotel. Tomado de ETABS 2020	53
Figura 3-7: Deriva máxima sentido X. Tomado de ETABS 2020	55
Figura 3-8: Deriva máxima sentido Y. Tomado de ETABS 2020	56
Figura 3-9: Deformación tridimensional de la estructura. Tomado de SAFE 2016	57
Figura 3-10: Deformación planimétrica nivel +12.24m. Tomado de SAFE 2016	57
Figura 3-11: Refuerzo longitudinal para vigas requerido para flexión (vista planta piso 3). Tomado de ETABS 2020	59
Figura 3-12: Refuerzo transversal para vigas requerido para cortante (vista planta piso 3). Tomado de ETABS 2020	60
Figura 3-13: Datos de diseño para viga en el tramo F (3 – 4). Tomado de ETABS 2020	61
Figura 3-14: Columna fuerte viga débil. Tomado de ETABS 2020	63
Figura 3-15: Refuerzo longitudinal para columnas (Eje 1 (A–I)). Tomado de ETABS 2020.....	64
Figura 3-16: Refuerzo transversal para columnas (Eje 1 (A–I)). Tomado de ETABS 2020	64
Figura 3-17: Datos de diseño para columna del piso 3 (eje A-3). Tomado de ETABS 2020.....	65
Figura 3-18: Refuerzo longitudinal para viguetas de losa de entrepiso nivel 3. Tomado de SAFE 2016 ...	66
Figura 3-19: Área de contacto para zapatas aisladas. Tomado de SAFE 2016	68
Figura 3-20: Área de contacto para losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016.....	69
Figura 3-21: Punzonamiento sobre losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016	69
Figura 3-22: Franjas de diseño en losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016	70

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1: Encuesta hoteles de Villavieja. Fuente propia de los autores.	23
Tabla 1-2: Encuesta de turistas. Fuente propia de los autores.	23
Tabla 2-1: Procedimiento de diseño estructural para edificaciones nuevas y existentes. Tomada del título A.1.3 de NSR-10.	31
Tabla 2-2: Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av. Tomada del título A.2.3 de NSR-10 ..	31
Tabla 2-3: Clasificación de los perfiles de suelo. Tomada del título A.2.4.4 de NSR-10.....	33
Tabla 2-4: Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro. Tomada del título A.2.4.5.5 de NSR-10	34
Tabla 2-5: Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios del espectro. Tomada del título A.2.4.5.6 de NSR-10	34
Tabla 2-6: Valores del coeficiente de importancia, I. Tomada del título A.2.5.2 de NSR-10	35
Tabla 2-7: Irregularidades en planta. Tomada del título A.3.3.4 de NSR-10.....	39
Tabla 2-8: Irregularidades en altura. Tomada del título A.3.3.5 de NSR-10.	40
Tabla 2-9: Derivas máximas. Tomada del título A.6.4.1 de NSR-10	41
Tabla 3-1: Parámetros sísmicos. Tomados del estudio de suelos (Anexo 2) y título A.2 de NSR-10	46
Tabla 3-2: Carga muerta. Tomada del título B.3 de NSR-10.....	47
Tabla 3-3: Chequeo de irregularidad por ausencia de redundancia. Fuente propia de los autores.....	51
Tabla 3-4: Configuración estructural del hotel. Tomada del título A.3.3 de NSR-10.....	52
Tabla 3-5: Modos de vibración de la estructura del hotel. Tomado de ETABS 2020	54
Tabla 3-6: Ajuste del cortante dinámico total en la base. Tomado de ETABS 2020.....	54
Tabla 3-7: Verificación periodo fundamental de la estructura. Tomado de ETABS 2020 y titulo A.4.2 de NSR-10	54
Tabla 3-8: Asignación de acero de refuerzo viga eje 1 nivel 15.3. Fuente propia de los autores	58
Tabla 3-9: Acero de refuerzo para losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016	70

Lista de Anexos

Anexo 1: Encuesta hoteles de Villavieja y turistas

Anexo 2: Caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila

Anexo 3: Información estadística de turistas en el año 2022

Anexo 4: Memoria de calculo

Anexo 5: Planos

Anexo 6: Analisis de precios unitarios

Capítulo 1

1. Introducción

El municipio de Villavieja, ubicado al norte del departamento del Huila a 430 msnm, es uno de los principales destinos turísticos más visitados; el cual, año tras año ha estado en constante aumento, debido a la riqueza ecológica, cultural, paleontológica y astronómica que ofrece durante todas las épocas del año. Por otro lado, el alojamiento es una de las principales actividades económicas, según lo describe el informe de comportamiento de la actividad económica de la Cámara de comercio del Huila (CCH, 2022, p. 37).

Para conocer directamente la situación en el municipio, se realizan encuestas a los propietarios de establecimientos de hoteles en Villavieja y turistas aleatorios que estén o no acompañados y que visitan al municipio; en donde, se determinó que la capacidad de alojamiento en hoteles es de 930 personas y que del 100% de turistas encuestados que visitan a Villavieja el 17% no se hospedaron porque no encontraron alojamiento disponible.

Por otro lado, con base a cifras de turistas que visitaron a Villavieja en el año anterior, según información suministrada por la administración municipal de Villavieja (2023) “la cantidad de turistas que visitaron el municipio de Villavieja durante la vigencia 2022, el destino tuvo un cierre anual de 689.894 MIL personas...” y computando los datos de las encuestas, habría un déficit de alojamiento para 322 personas por día aproximadamente.

Dado que la baja oferta de alojamiento en el municipio de Villavieja, frente a la alta presencia de turistas que llegan cada vez a la región como destino turístico, genera la necesidad de construir edificaciones para brindar hospedaje a visitantes nacionales y extranjeros; por tal motivo, el presente proyecto consiste en realizar el diseño del sistema principal de resistencia sísmica y elementos complementarios tipo losas de entrepisos y cimentación por medio del método de Interacción suelo-estructura (ISE), para un complejo hotelero de cinco niveles con una capacidad para 296 personas, cuyo sistema estructural está compuesto de pórticos en concreto reforzado, teniendo en cuenta los lineamientos del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Además, se empleará a ETABS 2020 y SAFE 2016 para el modelado estructural; los cuales, son softwares especializados para el análisis y diseño de edificaciones.

No obstante, existe una serie de restricciones que impiden la construcción de grandes infraestructuras dentro de la zona rural del desierto de la Tatacoa; según el plan de manejo ambiental Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI La Tatacoa 2015, p. 70). Por lo tanto, el proyecto estará ubicado sobre un predio de propiedad de la administración municipal de

Villavieja, localizados en el área urbana del municipio de Villavieja de tipo residencial según Acuerdo No. 003 de 2019 (Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT); en el barrio Cacica tocaya.

Entre otras limitaciones, realizar estudios geotécnicos para conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como lo establece el Título H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Por lo tanto, se recurre a obtener información por medio de la alcaldía municipal de Villavieja, a través de un estudio de suelo realizado para un proyecto anterior sobre la misma zona; el cual, el suelo apto para la cimentación se encuentra a partir de aproximadamente 0.80 m de profundidad con una capacidad portante de 1.70, según caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila (2018, p. 14) (Ver anexo 2).

En cuanto a la metodología de diseño se basará en la recopilación y revisión de la información, aplicación de encuestas, ubicación del proyecto y descripción de los materiales, diseño arquitectónico y estructural del complejo hotelero, teniendo en cuenta las consideraciones de los títulos A, B, C y H del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Además de conceptos técnicos para diseño de elementos en concreto reforzado para la estructura (Mc Cormac, J y Brown, R. (2017); Rochel Awad, R. (2012); Segura Franco, J. (2011)). Y para la cimentación (Garza Vásquez, L. (s.f.)).

Para concluir, se incluyen a dos entidades de la región, como son la administración municipal de Villavieja y la Asociación de Operadores Turísticos de Villavieja (ASOTUR); con la finalidad de ubicar la edificación en alguno de los predios que posee la alcaldía, para que una vez diseñada la infraestructura y entregado el proyecto por los autores, las entidades anteriormente mencionadas si desean, se encarguen de gestionar los recursos necesarios ante las entidades gubernamentales pertinentes para ejecutar físicamente el proyecto; ya que, no se garantizan los recursos para la construcción del mismo.

1.1 Antecedentes

El turismo es una de las actividades económicas más importantes del planeta, representa 30% de las exportaciones en el comercio global de servicios, generando 1 de cada 11 empleos y el 10% del PIB mundial (OMT, 2016). Por otro lado, Colombia es el país latinoamericano con mayor dinamismo en el desarrollo turístico y uno de los más destacados en el mundo por el creciente número de llegadas de viajeros durante los últimos años.

Según Informe mensual de turismo, febrero 2023 – marzo 2023 (Ministerio de comercio, industria y turismo (2023, p.7) “En 2022, la tasa de ocupación de alojamiento fue de 55,6%, aumentando 14,8 p.p. frente al año 2021. Entre enero y febrero de 2023: La tasa de ocupación de alojamiento fue de 53,9%, aumentando 6,3 p.p. frente al año 2019...”

Sin embargo, la pandemia mundial del COVID-19 logró impactar de manera negativa al sector, no obstante, actualmente se está reponiendo de esta crisis, según noticia de turismo del Ministerio de comercio, industria y turismo (2023) “El sector turístico colombiano sigue en plena recuperación luego de los efectos que generó la pandemia de 2020 a esta industria. Así lo

confirman los datos de la Cuenta Satélite de Turismo reportados por el DANE, que indican que al cierre de 2022 la contribución del sector turístico a la economía fue del 2,1%...”

“El alojamiento para visitantes representó la mayor porción de este gasto, seguido por el consumo de bienes y la provisión de alimentos y bebidas. Comparando con 2019, el gasto total del turismo emisor mostró un crecimiento del 11,7%, ya que en ese año se ubicó en 18 billones de pesos...”

En el municipio de Villavieja – Huila el turismo no es la excepción, es uno de los principales destinos turísticos más visitados en el Departamento del Huila, el cual, año tras año ha estado en constante aumento, debido a la riqueza ecológica, cultural, paleontológica y astronómica que ofrece durante todas las épocas del año.

No obstante, la oferta de hospedaje es inferior en comparación con la presencia de turistas que llegan al destino; por lo tanto, genera la necesidad de construir edificaciones sismo resistentes que brinden alojamiento a visitantes nacionales y extranjeros, teniendo en cuenta las limitaciones de construcción dentro del área del desierto de la tatacoa, según el Plan de Manejo Ambiental Distrito Regional de Manejo Integrado La Tatacoa (DRMI La Tatacoa – 2015) de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) “Conservar los espacios naturales asociados a sitios de interés histórico cultural de las comunidades campesinas asentadas en el área fomentando los objetivos de conservación perseguidos mediante la declaratoria del DRMI con las actividades de bajo impacto destinada al acoyo de visitantes, senderismo de interpretación, miradores, actividades turísticas y recreativas...”

Además, el PMA hace una descripción de la geología y geomorfología del terreno dentro de Tatacoa, según DRMI La Tatacoa (CAM-2015) “Las formas naturales más representativas del llamado “Desierto La Tatacoa”; se han desarrollado sobre superficies con afloramientos arcillosos de la formación Honda, los cuales han sido expuestos a la acción climática que genera movimientos de expansión y contracción en las arcillas, provocando el agrietamiento y meteorización de las mismas, con el posterior arrastre de sedimentos efectuado por las lluvias de alta intensidad y de corta duración, características del régimen pluvial imperante en la zona. (Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias. Bogotá, 2006.)”.

Consecuentemente, el servicio geológico colombiano también describe la geología en Villavieja, según la geología de la plancha 303 Colombia departamentos del Huila, Tolima y Meta (Ingeominas, 2002, p. 59) “La Formación Villavieja está compuesta principalmente por lodolitas grises y rojas que alternan con capas menores de litoarenitas volcánicas de grano fino a medio. La parte inferior de la Formación Villavieja es muy fosilífera y está compuesta principalmente por lodolita gris y arenisca con capas menores de lodolita roja. La parte superior es menos fosilífera y está compuesta por gruesos horizontes de lodolita roja con una muy poca litoarenita volcánica y chert litoarenita. Los depósitos de grano fino de la Formación Villavieja contrastan abruptamente con los depósitos de grano fino de la Formación La Victoria.

Los horizontes rojos de lodolita son un rasgo destacado de toda la Formación Villavieja, pero sólo en la parte superior son de considerable espesor. En la parte inferior de la formación estas capas rojas son sólo de 1-3 m, y el espesor máximo obtenido es 12.5 m...”.

Finalmente, el alojamiento en el municipio de Villavieja resulta factible, tras el aumento constante de la presencia de los turistas; sin embargo, no se puede construir un nuevo hotel dentro del área protegida del desierto de la tatacoa.

1.2 Formulación del problema

El municipio de Villavieja se encuentra a 39 km aproximadamente de la ciudad de Neiva; el cual, actualmente el turismo ha aumentado significativamente, presentando un déficit de alojamiento para turistas que visitan al desierto de la tatacoa. Por consiguiente, se llega al tema principal de discusión; ¿Como la construcción de un complejo hotelero fortalecería el desarrollo turístico y económico del municipio de Villavieja de la mano de la alcaldía municipal y la Asociación de Operadores Turísticos la Tatacoa (ASOTUR)?.

1.3 Justificación

El alojamiento es una de las principales actividades económicas en el municipio de Villavieja, según lo describe el informe de comportamiento de la actividad económica de la Cámara de comercio del Huila (CCH, 2022, p. 37) “La principal actividad económica es de alojamiento y servicios de comida, cabe destacar que generalmente hay restaurantes, alojamiento en hoteles, venta de licores, venta de comidas, servicio de hospedaje, heladerías, gasto bar, entre otras. Es importante tener en cuenta que, la participación es del 43% sobre el total de las unidades productivas existentes en el municipio...”; es decir, en el caso de que la oferta de alojamiento fuese mayor a la demanda de turistas que desean hospedarse, los turistas no tendrían que devolverse para dormir en otros destinos, sino que los acogería y aumentaría simultáneamente otras actividades, tales como por ejemplo venta de comida y bebidas, donde también habría sobre la población más posibilidad de empleo.

Por un lado, existe una serie de restricciones que impiden la construcción de grandes infraestructuras dentro de la zona rural del desierto de la Tatacoa; ya que, según el plan de manejo ambiental delimita el área en zonas para realizar algunas actividades (DRMI La Tatacoa 2015, p. 70) “La zonificación es la clasificación de usos del suelo que se realiza con fines de manejo, a fin de garantizar el cumplimiento de sus objetivos de conservación. Las zonas y sus consecuentes subzonas dependerán de la destinación que se prevea para el área según la categoría de manejo definida, conforme a lo dispuesto en (Decreto 1076 del 2015)...”

Subzona de Alta Densidad de Uso (DRMI La Tatacoa 2015, p. 80) “Conservar los espacios naturales asociados a sitios de interés histórico cultural de las comunidades campesinas asentadas en el área fomentando los objetivos de conservación perseguidos mediante la declaratoria del DRMI con las actividades de bajo impacto destinada al acojo de visitantes, senderismo de interpretación, miradores, actividades turísticas y recreativas...”. Teniendo en cuenta lo anterior, como aporte para dar solución al hospedaje, se plantea la opción realizar sobre la zona urbana el diseño estructural del sistema principal de resistencia sísmica de un complejo hotelero por medio del método ISE.

En edificios es común aplicar los movimientos sísmicos a nivel de cimentación para el análisis sísmico de la estructura y suponer que esta descansa o esta soportada sobre un suelo infinitamente rígido (Murià et al., 1993). Sin embargo, con el pasar de los años se han creado nuevos métodos y normas de diseño para edificaciones, en las cuales se reconocen las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo, así como las características de la cimentación, ya que estas pueden ejercer una fluctuación significativa sobre la respuesta dinámica que presenta la estructura debido a los movimientos sísmicos producidos en su base (Roesset, 2003).

Entre los aspectos más importantes a analizar en el diseño de una edificación ante la acción sísmica cuando la estructura se encuentra desplantada sobre un suelo blando, destaca la influencia del método ISE en el cálculo de la respuesta estructural, la cual hace referencia a las características de la estructura y el suelo de soporte (Cruz et al., 2006). El propósito de este proyecto, es determinar la respuesta de la edificación teniendo en cuenta el efecto de interacción suelo-estructura, por medio del software SAFE versión (2016).

Por otro lado, debido a la falta de recursos económicos no se puede realizar estudios geotécnicos para conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como lo establece el Título H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se recurre a obtener información por medio de la alcaldía municipal de Villavieja, por medio de algunos estudios de suelos realizados en la zona urbana para anteriores proyectos de edificaciones y que según Caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila (2018, p. 14) (Ver anexo 2) “se encontró suelo tipo limo de color habano con presencia de raíces hasta profundidad de los 0.40 y 0.80 según perfiles litológicos presentados, subyaciendo esta capa se encuentra suelo limo arenoso con presencia de gravas milimétricas redondeadas, humedad media, plasticidad baja y capacidad alta hasta 1.80 metros. Debajo de la capa de suelo limo arenoso se observa un material duro, grava en matriz limo arenosa con humedad media, no plástico y capacidad alta hasta 2.80 m. Donde el ensayo SPT arroja valores de rechazo. Por lo tanto, el suelo apto para la cimentación se encuentra a partir de aproximadamente 0.80 m de profundidad con una capacidad portante de 1.70 kg/cm²...”.

Sin embargo, se han registrado proyectos relacionados con el diseño y modelado de edificios en concreto reforzado (Cubillos Rojas, J. L. (2021); Alzate Buitrago, A. y Humberto Arenas, C. (2014)) y que sirven como referencia técnica, académica y profesional, para desarrollar el proyecto del complejo hotelero de la mejor manera.

Para iniciar a conocer directamente la situación en la región, se realizan encuestas a los propietarios de establecimientos de hoteles en Villavieja y a turistas aleatorios que estén o no acompañados y que visitan al municipio; lo cual, con base a la tabla 1-1 se determinó que la capacidad de alojamiento en hoteles es de 930 personas y la figura 1-2 demuestra, de que el 52% se hospedan en Villavieja y el 48% de turistas no se hospedan en Villavieja; sin embargo, que del 100% de turistas encuestados que visitan a Villavieja, el 17% no lo hicieron porque no encontraron alojamiento disponible. Para más información ver Anexo 1 – Encuesta hoteles de Villavieja y turistas.

Nombre de hotel	Capacidad alojamiento (Personas)
Villa Paraíso	43
Moon Light	40
Alcaraván del desierto	15
Hostal los caminantes	21
Casa Hotel Diana Luz	22
Hotel Boutique el poblado	35
Hotel Villa del sol	48
Casa hotel estelar	30
Tatacoa star ecohotel	25
Hostal Rolled	20
Tubohotel la Tatacoa	74
Dunas Tatacoa	50
Centro vacacional el Shadday punta del este	17
Hospedaje vacacional sueño real Tatacoa	120
Hostal Ruby	10
Hotel Colonial Villavieja	50
Gold Suite	130
Oasis de la Tatacoa	48
Casa Flor de Liz	40
Hotel Boutique Yararaka	32
Hostal Villa Cecilia	30
Infinito la Casona	30

Tabla 1-1: Encuesta hoteles de Villavieja. Fuente propia de los autores.

Opinión	Turistas encuestados
Se hospeda en Villavieja	464
No se hospeda en Villavieja	280
No encontró alojamiento disponible	155

Tabla 1-2: Encuesta de turistas. Fuente propia de los autores.

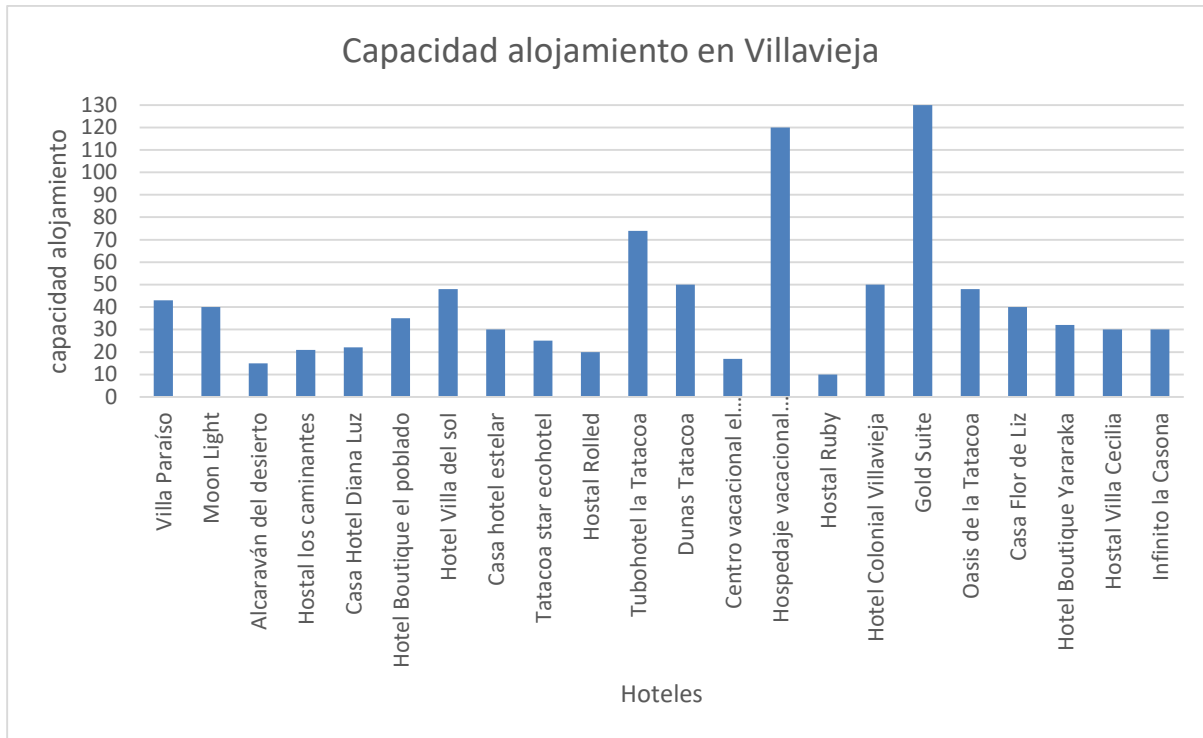


Figura 1-1: Capacidad alojamiento en Villavieja. Fuente propia de los autores.

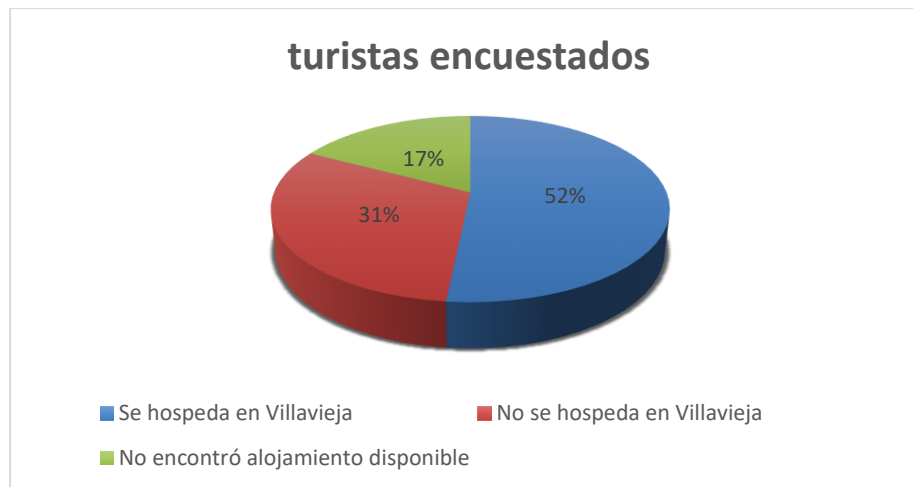


Figura 1-2: Turistas encuestados. Fuente propia de los autores.

Por otro lado, con base a cifras de turistas que visitaron a Villavieja en el año anterior, según información suministrada por la administración municipal de Villavieja (2023) “la cantidad de turísticas que visitaron el municipio de Villavieja durante la vigencia 2022, el destino tuvo un cierre anual de 689.894 MIL personas...” y computando los datos de las encuestas, habría un déficit de alojamiento para 322 personas aproximadamente por día.

Para concluir, se plantea realizar el diseño del sistema principal de resistencia sísmica y elementos complementarios tipo losas de entrepisos y cimentación por medio del método ISE, para un complejo hotelero de cinco niveles con una capacidad para 296 personas, cuyo sistema estructural está compuesto de pórticos en concreto reforzado, teniendo en cuenta los

lineamientos del Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Además, se empleará a ETABS 2020 y SAFE 2016 para el modelado estructural, el proyecto estará ubicado sobre el barrio Cacica tocaya en la zona urbana del municipio de Villavieja; el cual, es de tipo residencial, según Acuerdo No. 003 de 2019 (Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT); y de propiedad de la administración municipal de Villavieja. Asimismo, integrar a entes gubernamentales y a líderes de la región a que se apropien de la iniciativa y ayuden a gestionar recursos para su posterior ejecución física, los cuales, lo más apropiados sería la alcaldía municipal de Villavieja y la Asociación de Operadores Turísticos la Tatacoa (ASOTUR).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Proponer el diseño estructural de un complejo hotelero con la finalidad de dar solución al déficit de alojamiento en el municipio de Villavieja

1.4.2 Objetivos específicos

Recopilar información por medio de aforo, para determinar el número de turistas vs la capacidad de hospedaje de Villavieja

Realizar el diseño arquitectónico y estructural del sistema principal de resistencia sísmica del complejo hotelero

Diseñar la cimentación por medio de metodología ISE

Determinar la factibilidad económica del proyecto

1.5 Estructura del documento

A continuación, se muestra de manera resumida la organización del documento en cinco capítulos:

Capítulo 1. Recopilación, revisión de la información y aplicación de encuestas.

En este capítulo se realiza las investigaciones relacionadas con la información geotécnica del suelo de la zona urbana del municipio de Villavieja, para conocer sus características físicas y mecánicas. Información estadística de la población de visitantes nacionales y extranjeros durante el año 2022 e información técnica con proyectos similares o bibliográficas que soporten el diseño de elementos en concreto reforzado.

Aplicación de encuestas para propietarios de hoteles y turistas hospedados o no en el municipio de Villavieja; con la finalidad de determinar la capacidad actual de alojamiento, motivo del porque no se hospedan en el pueblo y el déficit de oferta de alojamiento.

Capítulo 2. Marco teórico.

En este capítulo se reúne la información que existe en torno al procedimiento de diseño para edificaciones, de acuerdo al Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10).

Capítulo 3. Metodología de diseño.

En este capítulo se describe la ubicación del proyecto, las propiedades de los materiales utilizados para el diseño de la edificación, el diseño arquitectónico, el cual consta de la distribución de espacios según la necesidad del proyecto y a su vez se realizará el diseño estructural de acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR 10) y el método ISE. Asimismo, se elabora la memoria de cálculo perteneciente al diseño de cada uno de los elementos que conforman el sistema principal de resistencia sísmica y complementarios como losas de entrepisos y cimentación, dibujo de planos definitivos y sus respectivos despieces.

Para finalizar, con base a los planos definitivos se elabora el presupuesto de obra con la finalidad de estimar los costos del proyecto hotelero.

Capítulo 4. Análisis de resultados.**Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.**

Capítulo 2

2. Marco teórico

Las consideraciones técnicas para el diseño de la estructura del complejo turístico de 5 niveles en pórticos de concreto reforzado, se basaron en el título A, B, C y H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10); a continuación, se prescribe algunos procedimientos de diseño, en donde se obtuvieron datos para el respectivo análisis, por ejemplo, de la tabla A.1.3-1 y los apartados A.2 y A.3 de la NSR-10.

Tabla A.1.3 -1

Procedimiento de diseño estructural para edificaciones nuevas y existentes

Diseño de edificaciones nuevas	Intervención de edificaciones existentes
<i>Paso 1 — Predimensionamiento y coordinación con los otros profesionales</i>	
Definición del sistema estructural, dimensiones tentativas para evaluar preliminarmente las diferentes solicitaciones tales como: la masa de la estructura, las cargas muertas, las cargas vivas, los efectos sísmicos, y las fuerzas de viento. Estas dimensiones preliminares se coordinan con los otros profesionales que participan en el diseño.	Además de la coordinación con otros profesionales respecto al proyecto, debe establecerse si la intervención está comprendida dentro del alcance dado en A.10.1.3. Si está cubierto, se deben realizar las etapas 1 y 2 de A.10.1.4 y con esa información se debe realizar la etapa 3 de ese numeral.
<i>Paso 2 — Evaluación de las solicitaciones definitivas</i>	
Con las dimensiones de los elementos de la estructura definidas como resultado del paso 1, se evalúan todas las solicitaciones que pueden afectar la edificación de acuerdo con los requisitos del Título B del Reglamento. Estas incluyen: el efecto gravitacional de la masa de los elementos estructurales, o peso propio, las cargas de acabados y elementos no estructurales, las cargas muertas, las fuerzas de viento, las deformaciones impuestas por efectos reológicos de los materiales estructurales y asentamientos del suelo que da apoyo a la fundación. Así mismo se debe determinar la masa de la edificación y su contenido cuando así lo exige el Reglamento, la cual será empleada en la determinación de los efectos sísmicos, de	Se debe realizar la etapa 4 de A.10.1.4 donde, entre otros aspectos, se debe determinar una información real análoga a la exigida para edificaciones nuevas, pero con base en la edificación existente de acuerdo con lo indicado en A.10.4.2.6.

<p>acuerdo con los pasos siguientes.</p>	
<p>Paso 3 — Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de A_a y A_v</p>	
<p>Este paso consiste en localizar el lugar donde se construirá la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica dados en el Capítulo A.2 del Reglamento y en determinar el nivel de amenaza sísmica del lugar, de acuerdo con los valores de los parámetros A_a y A_v obtenidos en los mapas de zonificación sísmica del Capítulo A.2. El nivel de amenaza sísmica se clasificará como alta, intermedia o baja. En el Apéndice A-4 se presenta una enumeración de los municipios colombianos, con su definición de la zona de amenaza sísmica, y los valores de los parámetros A_a y A_v, entre otros.</p>	<p>Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes los movimientos sísmicos de diseño se determinan de igual forma que para edificaciones nuevas, con la excepción de las edificaciones a las cuales el Reglamento les permite acogerse al uso de movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada para rehabilitación sísmica. Para el uso de movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada debe consultarse A.10.9.2.5, el cual solo aplica a edificaciones declaradas como patrimonio histórico y bajo las condiciones impuestas allí. En este caso se permite el uso de A_e, en vez de los valores de A_a y A_v tal como se indica en A.10.3.</p>
<p>Paso 4 — Movimientos sísmicos de diseño</p>	
<p>Deben definirse unos movimientos sísmicos de diseño en el lugar de la edificación, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.2 del Reglamento y, en el caso de Edificaciones cubiertas por A.1.2.3.3, con los requisitos del Capítulo A.12 del Reglamento, tomando en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) La amenaza sísmica para el lugar determinada en el paso 3, expresada a través de los parámetros A_a y A_v, o A_d, según sea el caso, los cuales representan la aceleración horizontal pico efectiva y la velocidad horizontal pico efectiva expresada en términos de aceleración del sismo de diseño, (b) Las características de la estratificación del suelo subyacente en el lugar a través de unos coeficientes de sitio F_a y F_v, y (c) La importancia de la edificación para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo a través de un coeficiente de importancia I. <p>Las características de los movimientos sísmicos de diseño se expresan por medio de un espectro elástico de diseño. El Reglamento contempla descripciones alternativas del sismo de diseño, ya sea a través de familias de acelerogramas, o bien por medio de expresiones derivadas de estudios de microzonificación sísmica, las cuales deben determinarse</p>	<p>Se deben seguir el mismo procedimiento que para edificaciones nuevas. Para el caso de edificaciones declaradas como patrimonio histórico y bajo las condiciones que lo permite A.10.9.2.5 se pueden utilizar los movimientos sísmicos para el nivel de seguridad limitada definido en A.10.3.</p>

siguiendo los requisitos dados en el Capítulo A.2.	
Paso 5 — Características de la estructuración y del material estructural empleado	
El sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación debe clasificarse dentro de uno de los sistemas estructurales prescritos en el Capítulo A.3: sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico, o sistema dual. El Reglamento define limitaciones en el empleo de los sistemas estructurales de resistencia sísmica en función de la zona de amenaza sísmica donde se encuentre localizada la edificación, del tipo de material estructural empleado (concreto estructural, estructura metálica, mampostería estructural, o madera), de la forma misma como se disponga el material en los elementos estructurales según esté en posibilidad de responder adecuadamente ante movimientos sísmicos como los esperados por medio de su capacidad de disipación de energía, la cual puede ser especial (<i>DES</i>), moderada (<i>DMO</i>) o mínima (<i>DMI</i>); de la altura de la edificación, y de su grado de irregularidad.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes se debe determinar, de acuerdo con las características del sistema estructural empleado originalmente en su construcción, una correspondencia con los sistemas estructurales que se permiten para edificaciones nuevas de acuerdo con lo prescrito en A.10.4.2.
Paso 6 — Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis	
Definición del procedimiento de análisis sísmico de la estructura de acuerdo con la regularidad o irregularidad de la configuración de la edificación, tanto en planta como en alzado, su grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, su altura, las características del suelo en el lugar, y el nivel de amenaza sísmica, siguiendo los preceptos dados en el Capítulo A.3 de este Reglamento.	Se aplican los mismos principios que para edificaciones nuevas.
Paso 7 — Determinación de las fuerzas sísmicas	
Obtención de las fuerzas sísmicas, F_s , que deben aplicarse a la estructura para lo cual deben usarse los movimientos sísmicos de diseño definidos en el paso 4.	Dentro del alcance de la etapa 4 de A.10.4.1, para las edificaciones existentes se determinan unas sollicitaciones equivalentes a las de edificaciones nuevas, pero ajustadas a las propiedades de la estructura existente. Véase A.10.4.2.
Paso 8 — Análisis sísmico de la estructura	
El análisis sísmico de la estructura se lleva a cabo aplicando los movimientos sísmicos de diseño prescritos, a un modelo matemático apropiado de la estructura, tal como se define en el Capítulo A.3. Este análisis se realiza para los movimientos sísmicos de diseño sin ser divididos por el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , y debe hacerse por el método que se haya definido en el paso 6. Deben determinarse los desplazamientos máximos que imponen los movimientos sísmicos de diseño a la estructura y las fuerzas internas que se derivan de ellos.	Se debe cumplir lo indicado en la etapa 5 de A.10.1.4.
Paso 9 — Desplazamientos horizontales	

Evaluación de los desplazamientos horizontales, incluyendo los efectos torsionales de toda la estructura, y las derivas (desplazamiento relativo entre niveles contiguos), utilizando los procedimientos dados en el Capítulo A.6 y con base en los desplazamientos obtenidos en el paso 8.	Se debe cumplir lo indicado en la etapa 9 de A.10.1.4.
Paso 10 — Verificación de derivas	
Comprobación de que las derivas de diseño obtenidas no excedan los límites dados en el Capítulo A.6. Si la estructura excede los límites de deriva, calculada incluyendo los efectos torsionales de toda la estructura, es obligatorio rigidizarla, llevando a cabo nuevamente los pasos 8, 9 y 10, hasta cuando cumpla la comprobación de derivas.	Se debe cumplir lo indicado en la etapa 10 de A.10.1.4.
Paso 11 — Combinación de las diferentes solicitaciones	
<p>Las diferentes solicitaciones que deben ser tenidas en cuenta, se combinan para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura, de acuerdo con los requisitos del Capítulo B.2 del Reglamento, por el método de diseño propio de cada material estructural. En cada una de las combinaciones de carga requeridas, las solicitaciones se multiplican por el coeficiente de carga prescrito para esa combinación en el Capítulo B.2 del Reglamento. En los efectos causados por el sismo de diseño se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, E, obtenidos dividiendo las fuerzas sísmicas F_s, determinadas en el paso 7, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía $R(E = F_s / R)$. El coeficiente de capacidad de disipación de energía, R, es función de:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) El sistema de resistencia sísmica de acuerdo con la clasificación dada en el Capítulo A.3, (b) Del grado de irregularidad de la edificación, (c) Del grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, y (d) De los requisitos de diseño y detallado de cada material, para el grado de capacidad de disipación de energía correspondiente (<i>DMI</i>, <i>DMO</i>, o <i>DES</i>), tal como se especifica en el Capítulo A.3. 	Se debe cumplir lo indicado en las etapas 6 a 8 de A.10.1.4.
Paso 12 — Diseño de los elementos estructurales	
Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado. Los elementos estructurales deben diseñarse y detallarse de acuerdo con los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía mínimo (<i>DMI</i>) moderado (<i>DMO</i>), o especial (<i>DES</i>) prescrito en el Capítulo A.3, según les corresponda, lo cual le permitirá a la estructura responder, ante la ocurrencia de un sismo, en el rango inelástico de respuesta y cumplir con los objetivos de las normas sismo resistentes. El diseño de los elementos estructurales debe realizarse para los valores más desfavorables obtenidos de las combinaciones obtenidas en el paso 11, tal como prescribe el Título B de este	Se debe cumplir lo indicado en las etapas 8, 11 y 12 de A.10.1.4 donde se indica como interpretar la resistencia efectiva de la edificación a la luz de las solicitaciones equivalentes y como se define la resistencia a proveer para reducir la vulnerabilidad de la edificación, cuando es vulnerable, para diseñar la intervención de la edificación.

Reglamento.	
-------------	--

Tabla 2-1: Procedimiento de diseño estructural para edificaciones nuevas y existentes. Tomada del título A.1.3 de NSR-10.

A.2.3 — ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA

La edificación debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica que se definen en esta sección y que están presentadas en el Mapa de la figura A.2.3-1.

A.2.3.1— ZONA DE AMENAZA SÍSMICA BAJA — Es el conjunto de lugares en donde tanto **Aa** como **Av** son menores o iguales a 0.10. Véase la tabla A.2.3-1

A.2.3.2— ZONA DE AMENAZA SÍSMICA INTERMEDIA — Es el conjunto de lugares en donde **Aa** o **Av**, o ambos, son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede 0.20. Véase la tabla A.2.3-1.

A.2.3.3— ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA — Es el conjunto de lugares en donde **Aa** o **Av**, o ambos, son mayores que 0.20. Véase la tabla A.2.3-1.

Tabla A.2.3-1

Nivel de amenaza sísmica según valores de **Aa** y de **Av**

Mayor valor entre Aa y Av	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2y A.2.3-3 a Región N ^o	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Tabla 2-2: Nivel de amenaza sísmica según valores de **Aa** y de **Av**. Tomada del título A.2.3 de NSR-10.

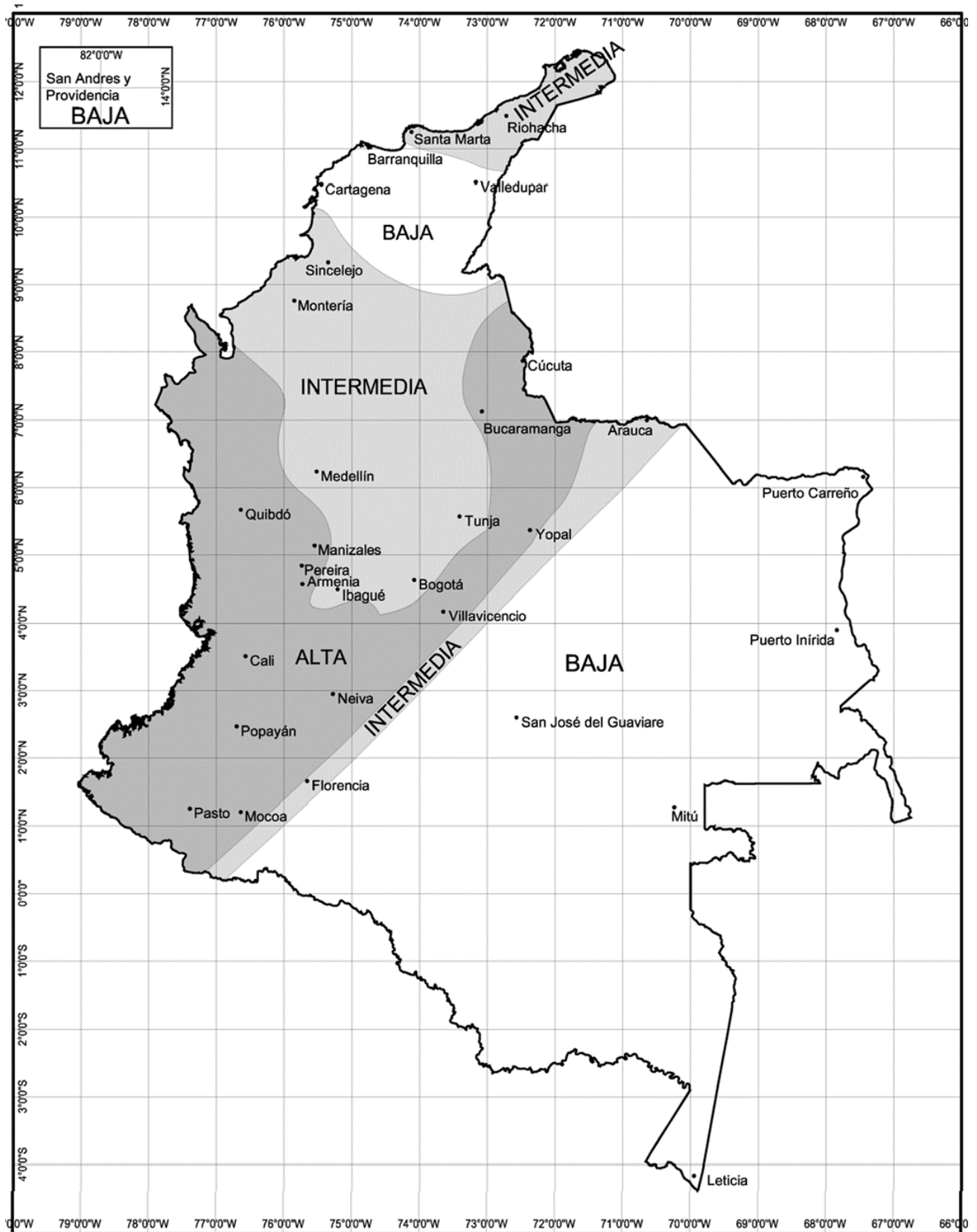


Figura 2-1: Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v . Tomada del título A.2.3 de NSR-10.

A.2.4.4— DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO — El procedimiento que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30 metros superiores del perfil, medidos en el sitio que se describieron en A.2.4.3. La clasificación se da en la tabla A.2.4-1

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

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

Tabla 2-3: Clasificación de los perfiles de suelo. Tomada del título A.2.4.4 de NSR-10.

A.2.4.5.5 — En la tabla A.2.4-3 se dan los valores del coeficiente **F_a** que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos cortos del orden de **T₀**, como muestra la figura A.2.4-1. Para valores intermedios de **A_a** mismo tipo de perfil.

Tabla A.2.4-3

Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

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

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

Tabla 2-4: Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro. Tomada del título A.2.4.5.5 de NSR-10.

A.2.4.5.6 — En la tabla A.2.4-4 se dan los valores del coeficiente F_v que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos intermedios del orden de 1 s. Estos coeficientes se presentan también en la figura A.2.4-2. Para valores intermedios de A_a interpolar linealmente entre valores del mismo tipo de perfil.

Tabla A.2.4-4

Valores del coeficiente F_v , para la zona de períodos intermedios del espectro

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

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

Tabla 2-5: Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro. Tomada del título A.2.4.5.6 de NSR-10.

A.2.5 — COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

En esta sección se definen los grupos de tipo de uso y los valores del coeficiente de importancia.

A.2.5.1 — GRUPOS DE USO — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

A.2.5.1.4 — Grupo I — Estructuras de ocupación normal — Todas las edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

A.2.5.2 — COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

Tabla A.2.5-1

Valores del coeficiente de importancia, I

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

Tabla 2-6: Valores del coeficiente de importancia, I. Tomada del título A.2.5.2 de NSR-10.

A.3.1 — BASES GENERALES DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

A.3.1.1— PROCEDIMIENTO DE DISEÑO — En A.1.3 se establecen los pasos que se deben seguir en el diseño sismo resistente de una edificación. En el Capítulo A.2 se establecen los movimientos sísmicos de diseño. En el presente Capítulo se establecen:

- (a) Los tipos de sistemas estructurales de resistencia sísmica, y los diferentes métodos de análisis, los cuales dependen del grado de irregularidad del sistema estructural y, además, permiten determinar el cortante sísmico en la base y su distribución en la altura de la edificación.
- (b) Determinadas las fuerzas sísmicas correspondientes a cada nivel, se aplican al sistema estructural de resistencia sísmica escogido.
- (c) Por medio de un modelo matemático apropiado se determinan las deflexiones de la estructura y las fuerzas internas en cada elemento del sistema estructural producidas por las fuerzas sísmicas.
- (d) La verificación de derivas se realiza para las deflexiones horizontales de la estructura obtenidas del análisis.
- (e) Se efectúa el diseño de los elementos y sus conexiones utilizando todas las solicitaciones requeridas por el Título B del Reglamento, debidamente combinadas según se exige allí. Las fuerzas sísmicas obtenidas del análisis F_s , se reducen, dividiéndolas por el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , correspondiente al sistema estructural de resistencia sísmica, para obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño ($E = F_s / R$) que se emplean en las combinaciones de carga prescritas en el Título B.
- (f) El valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño, corresponde al coeficiente de disipación de energía básico, R_0 , multiplicado por los coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía por irregularidades en altura, en planta, y por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica ($R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$).
- (g) Los elementos frágiles de conexión entre elementos y otros que de acuerdo con los requisitos de los materiales estructurales que los constituyen requieran el uso del coeficiente de sobrerresistencia Ω_0 , se diseñan utilizando las fuerzas sísmicas de diseño E obtenidas de la ecuación A.3.3-2.

(h) El diseño de los elementos estructurales y sus conexiones se realiza cumpliendo los requisitos exigidos para el grado de capacidad de disipación de energía requerido del material.

(i) Estas fuerzas de diseño de los elementos estructurales obtenidas siguiendo el procedimiento anotado, son fuerzas al nivel de resistencia, o sea que corresponden a fuerzas mayoradas que ya han sido multiplicadas por sus coeficientes de carga. Para elementos que se diseñan utilizando el método de esfuerzos de trabajo, debe consultarse A.3.1.8.

A.3.2 — SISTEMAS ESTRUCTURALES

A.3.2.1— TIPOS DE SISTEMAS ESTRUCTURALES

A.3.2.1.3 — Sistema de pórtico — Es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales. Véase la tabla A.3-3.

A.3.3— CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

A.3.3.3— REDUCCIÓN DEL VALOR DE R PARA ESTRUCTURAS IRREGULARES Y CON AUSENCIA DE REDUNDANCIA — Cuando una estructura se clasifique como irregular, el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R que se utilice en el diseño sísmico de la edificación, debe reducirse multiplicándolo por ϕ_p , debido a irregularidades en planta, por ϕ_a debido a irregularidades en altura, y por ϕ_r debido a ausencia de redundancia, como indica la ecuación A.3.3-1.

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0 \quad (\text{A.3.3-1})$$

A.3.3.4— CONFIGURACION EN PLANTA — La edificación se considera irregular cuando ocurra, véase la figura A.3-1, uno, o varios, de los casos descritos en la tabla A.3-6, donde se definen los valores de ϕ_p .

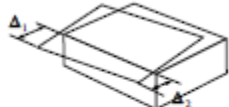
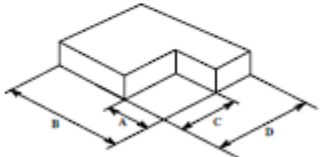
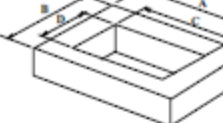
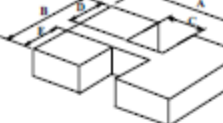
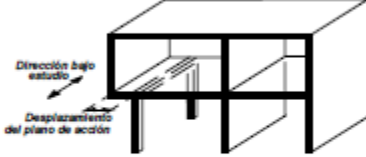
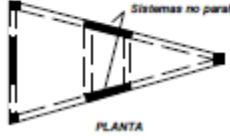
<p>Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p>	<p>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p>
	
<p>Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — $\phi_p = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p>	
	
<p>Tipo 3P — Irregularidad del diafragma — $\phi_p = 0.9$</p>	
<p>1) $C \times D > 0.5A \times B$</p>	<p>2) $(C \times D + C \times E) > 0.5A \times B$</p>
	
<p>Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción — $\phi_p = 0.8$</p>	
	
<p>Tipo 5P — Sistemas no paralelos — $\phi_p = 0.9$</p>	
	

Figura A.3-1 — Irregularidades en planta

Figura 2-2: Irregularidades en planta. Tomada del título A.3.3.4 de NSR-10.

A.3.3.5— CONFIGURACION EN LA ALTURA — Una edificación se clasifica como irregular en altura, véase la figura A.3-2, cuando ocurre uno, o varios, de los casos descritos en la tabla A.3-7, donde se definen los valores de ϕ_a .

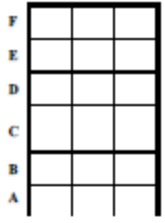
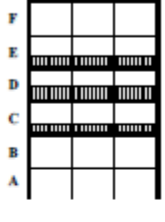
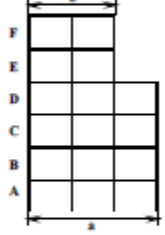
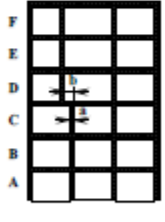
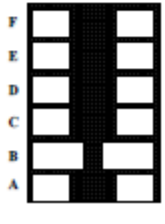
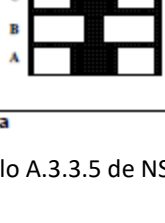
<p>Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ $0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$ o $0.70 (K_D+K_L+K_T) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D+K_L+K_T) / 3$</p> <p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Rigidez } K_C < 0.60 \text{ Rigidez } K_D$ o $\text{Rigidez } K_C < 0.70 (K_D+K_L+K_T) / 3$</p>	
<p>Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$</p> <p>$m_D > 1.50 m_E$ o $m_D > 1.50 m_C$</p>	
<p>Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$</p> <p>$a > 1.30 b$</p>	
<p>Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_a = 0.8$</p> <p>$b > a$</p>	
<p>Tipo 5aA — Piso débil $\phi_a = 0.9$ $0.65 \text{ Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} < 0.80 \text{ Resist. Piso C}$</p>	
<p>Tipo 5bA — Piso débil extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Resistencia Piso B} < 0.65 \text{ Resistencia Piso C}$</p>	

Figura A.3-2 — Irregularidades en la altura

Figura 2-3: Irregularidades en la altura. Tomada del título A.3.3.5 de NSR-10.

A.3.3.8 — AUSENCIA DE REDUNDANCIA EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE RESISTENCIA SÍSMICA

Teniendo en cuenta los requerimientos del presente título A.3.3.8 de la NSR-10 y con base al análisis de unas rótulas del sistema estructural del proyecto, se corre el modelo con ayuda del programa de modelación ETABS 2020, con el objeto de verificar el comportamiento por piso de la estructura ante las eventualidades sísmicas producto de la falla de una conexión del pórtico. Una vez realizado el chequeo, se determinó que este edificio no presentará pérdida de resistencia

en el sistema estructural en ningún sentido por ausencia de redundancia, el cual, se considera con un valor de $\phi_r = 1$.

Tabla A.3-6
Irregularidades en planta

Tipo	Descripción de la irregularidad en planta	ϕ_p	Referencias
1aP	Irregularidad torsional — La irregularidad torsional existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.2 y menor o igual a 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura, con respecto al mismo eje de referencia.	0.9	A.3.3.6, A.3.4.2, A.3.6.3.1, A.3.6.7.1, A.3.6.8.4, A.5.2.1.
1bP	Irregularidad torsional extrema — La irregularidad torsional extrema existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura, con respecto al mismo eje de referencia.	0.8	A.3.3.6, A.3.4.2, A.3.6.3.1, A.3.6.7.1, A.3.6.8.4, A.5.2.1.
2P	Retrocesos excesivos en las esquinas — La configuración de una estructura se considera irregular cuando ésta tiene retrocesos excesivos en sus esquinas. Un retroceso en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retroceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del retroceso.	0.9	A.3.4.2, A.3.6.8.4, A.3.6.8.5, A.5.2.1,
3P	Discontinuidades en el diafragma — Cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entradas, retrocesos o huecos con áreas mayores al 50 por ciento del área bruta del diafragma o existen cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más del 50 por ciento, entre niveles consecutivos, la estructura se considera irregular.	0.9	A.3.3.7, A.3.4.2, A.3.6.8.4, A.5.2.1.
4P	Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales — La estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en las trayectorias de las fuerzas inducidas por los efectos sísmicos, tales como cuando se traslada el plano que contiene a un grupo de elementos verticales del sistema de resistencia sísmica, en una dirección perpendicular a él, generando un nuevo plano. Los altillos o manzardas de un solo piso se eximen de este requisito en la consideración de irregularidad.	0.8	A.3.3.7, A.3.4.2, A.3.6.8.4, A.3.6.12, A.5.2.1.
5P	Sistemas no paralelos — Cuando las direcciones de acción horizontal de los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica no son paralelas o simétricas con respecto a los ejes ortogonales horizontales principales del sistema de resistencia sísmica, la estructura se considera irregular.	0.9	A.3.4.2, A.3.6.3.1, A.5.2.1.

Tabla 2-7: Irregularidades en planta. Tomada del título A.3.3.4 de NSR-10.

Tabla A.3-7
Irregularidades en la altura

Tipo	Descripción de la irregularidad en altura	ϕ_a	Referencias
1aA	Piso flexible (Irregularidad en rigidez) — Cuando la rigidez ante fuerzas horizontales de un piso es menor del 70 por ciento, pero superior o igual al 60 por ciento de la rigidez del piso superior o menor del 80 por ciento, pero superior o igual al 70 por ciento del promedio de la rigidez de los tres pisos superiores, la estructura se considera irregular.	0.9	A.3.3.5.1, A.3.4.2,

1bA	Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez) — Cuando la rigidez ante fuerzas horizontales de un piso es menor del 60 por ciento de la rigidez del piso superior o menor del 70 por ciento del promedio de la rigidez de los tres pisos superiores, la estructura se considera irregular.	0.8	A.3.3.5.1, A.3.4.2,
2A	Irregularidad en la distribución de las masas — Cuando la masa, m_i , de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos contiguos, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de cubiertas que sean más livianas que el piso de abajo.	0.9	A.3.3.5.1, A.3.4.2.
3A	Irregularidad geométrica — Cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia sísmica en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de los altillos de un solo piso.	0.9	A.3.4.2.
4A	Desplazamientos dentro del plano de acción — La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema de resistencia sísmica, dentro del mismo plano que los contiene, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos, se eximen de esta consideración de irregularidad.	0.8	A.3.3.7, A.3.4.2, A.3.6.12.
5aA	Piso débil — Discontinuidad en la resistencia — Cuando la resistencia del piso es menor del 80 por ciento de la del piso inmediatamente superior pero superior o igual al 65 por ciento, entendiendo la resistencia del piso como la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada, la estructura se considera irregular.	0.9	A.3.2.4.1, A.3.3.6, A.3.3.7, A.3.4.2.
5bA	Piso débil — Discontinuidad extrema en la resistencia — Cuando la resistencia del piso es menor del 65 por ciento de la del piso inmediatamente superior, entendiendo la resistencia del piso como la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada, la estructura se considera irregular.	0.8	A.3.2.4.1, A.3.3.6, A.3.3.7, A.3.4.2.

Tabla 2-8: Irregularidades en altura. Tomada del título A.3.3.5 de NSR-10.

Teniendo en cuenta lo anterior la estructura no presenta ningún tipo de irregularidad en altura, por lo tanto, el factor $\phi_a = 1$.

A.5.4 — ANÁLISIS DINÁMICO ELÁSTICO ESPECTRAL

A.5.4.1— METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS — Deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos, cuando se utilice el método de análisis dinámico elástico espectral:

- (a) **Obtención de los modos de vibración** — Los modos de vibración deben obtenerse utilizando metodologías establecidas de dinámica estructural. Deben utilizarse todos los modos de vibración de la estructura que contribuyan de una manera significativa a la respuesta dinámica de la misma, cumpliendo los requisitos de A.5.4.2.
- (b) **Respuesta espectral modal** — La respuesta máxima de cada modo se obtiene utilizando las ordenadas del espectro de diseño definido en A.5.3.2, para el período de vibración propio del modo.
- (c) **Respuesta total** — Las respuestas máximas modales, incluyendo las de deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos, se combinan de una manera estadística para obtener la respuesta total de la estructura a los

movimientos sísmicos de diseño. Deben cumplirse los requisitos de A.5.4.4 en la combinación estadística de las respuestas modales máximas.

(d) Ajuste de los resultados — Si los resultados de la respuesta total son menores que los valores mínimos prescritos en A.5.4.5, los resultados totales del análisis dinámico deben ser ajustados como se indica allí. El ajuste debe cubrir todos los resultados del análisis dinámico, incluyendo las deflexiones, derivas, fuerzas en los pisos, cortantes de piso, cortante en la base y fuerzas en los elementos.

(e) Evaluación de las derivas — Se debe verificar que las derivas totales obtenidas, debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, no excedan los límites establecidos en el Capítulo A.6.

(f) Fuerzas de diseño en los elementos — Las fuerzas sísmicas internas totales de los elementos, F_s , debidamente ajustadas de acuerdo con los requisitos de A.5.4.5, se dividen por el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , del sistema de resistencia sísmica, modificado de acuerdo con la irregularidad y la ausencia de redundancia según los requisitos de A.3.3.3, para obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño, E , y se combinan con las otras cargas prescritas por este Reglamento, de acuerdo con el Título B.

(g) Diseño de los elementos estructurales — Los elementos estructurales se diseñan y detallan siguiendo los requisitos propios del grado de capacidad de disipación de energía correspondiente del material, de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.3.

A.6.4 — LIMITES DE LA DERIVA

Tabla A.6.4-1
Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ($\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$)
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ($\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$)

Tabla 2-9: Derivas máximas. Tomada del título A.6.4.1 de NSR-10.

Capítulo 3

3. Metodología

3.1 Descripción del proyecto

Las dimensiones para el área del proyecto de la edificación, se establecieron con base al tamaño de algunos predios de propiedad de la administración municipal de Villavieja, que se encuentran sobre la zona urbana y se escogió el que se encuentra sobre el barrio Cacica Tocaya.

La edificación será de 5 niveles, los cuales de uso residencial para satisfacer la demanda de hospedaje en la región. El área del primer piso corresponde a 652.60 m^2 y los niveles superiores (2, 3, 4 y 5) tendrá un área de 710.56 m^2 , obteniendo un área total de 3494.84 m^2 .

Los entresijos poseen una altura común de 3.06 metros; los cuales, al sumarse, la altura total de la edificación es de 15.30 metros, medidos desde el nivel +0.00 de la estructura; la profundidad de desplante para la cimentación es de -0.80 metros medidos desde el nivel +0.00 metros de la estructura, según lo recomendado en el estudio de suelos denominado Caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila (ver anexo 2).

El sistema principal de resistencia sísmica estará conformado por vigas y columnas, las cuales soportaran la totalidad de las cargas de servicio, peso propio, así como la totalidad de las fuerzas sísmicas que actúen en la edificación. Dicho sistema está definido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) en el título A.3.2.1.3 como un sistema de pórtico espacial resistente a momentos, esencialmente completo, sin diagonales, que resisten todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.



Figura 3-1: Fachada arquitectónica del hotel. Fuente propia de los autores.

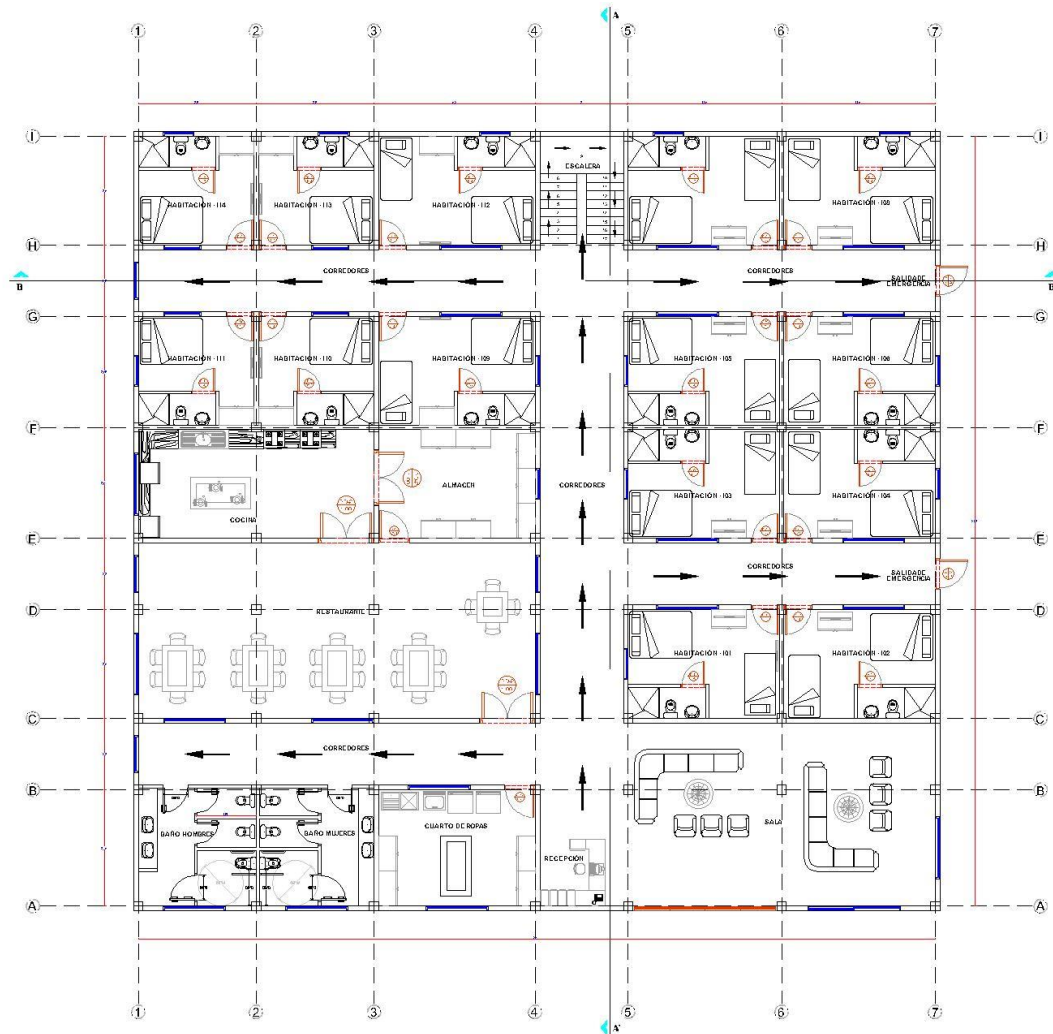


Figura 3-2: Plano arquitectónico piso 1 del hotel. Fuente propia de los autores.

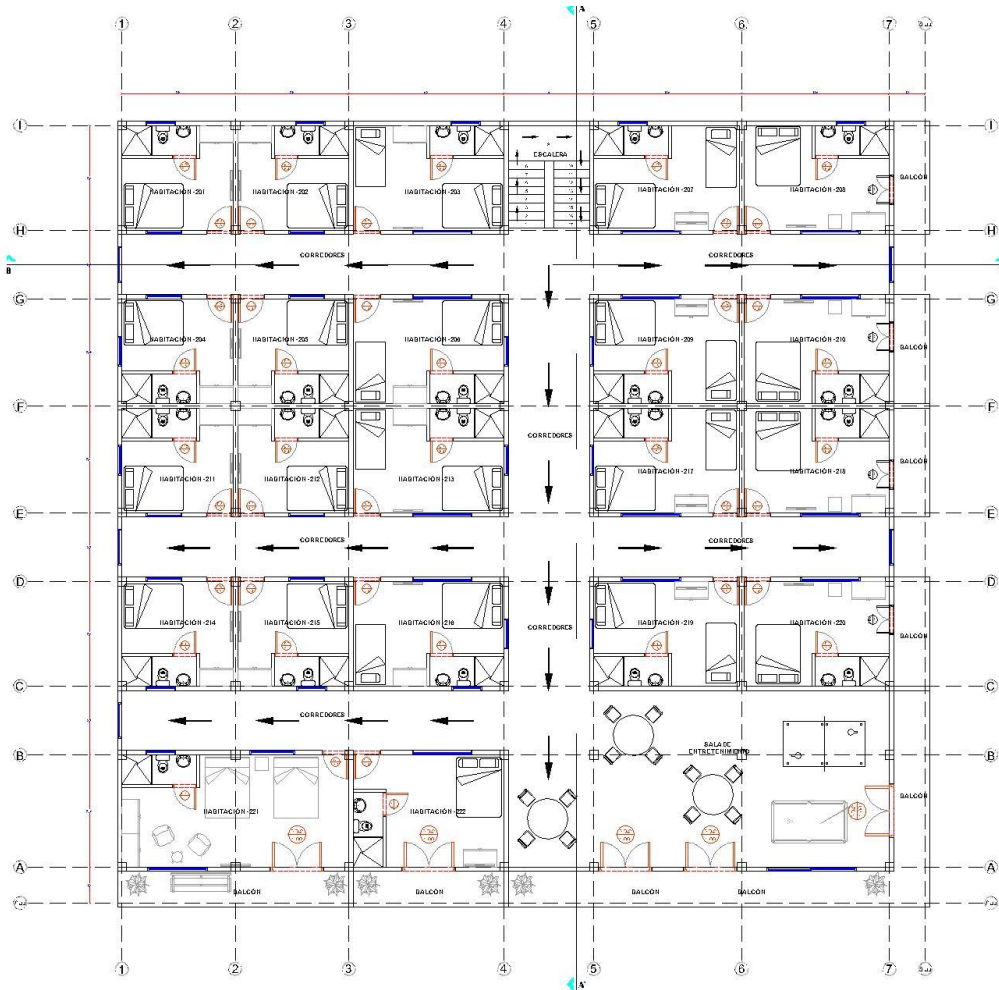


Figura 3-3: Plano arquitectónico piso tipo (2, 3, 4 y 5) del hotel. Fuente propia de los autores.

3.2 Características de los materiales

Las características de los elementos utilizados en el diseño de la estructura se resumen a continuación:

Concreto:

Vigas, columnas, losas y cimentación

28000 KN/m²

Acero de refuerzo:

Acero corrugado, Grado 60, con límite de Fluencia $f_y = 420000 \text{ KN/m}^2$ para todos los diámetros, NTC 2289 (ASTM A-706).

3.3 Unidades de medida

Los diseños y cálculos fueron desarrollados usando las siguientes Unidades:

-	Longitud:	Metro	m
		Milímetro	mm
-	Área:	Metro cuadrado	m ²
		Milímetro cuadrado	mm ²
-	Volumen:	Metro cúbico	m ³
		Milímetro cúbico	mm ³
-	Fuerza:	Kilo newton	kN
		Kilogramo	kg
-	Masa:	Kilogramo	kg
-	Presión:	Kilo pascal	kPa=KN/m ²
		Mega pascal	MPa=N/mm ²
-	Peso específico:	Kilo newton/ metro cúbico	kN/m ³

3.4 Zonificación sísmica y perfil del suelo

Los valores se obtuvieron a partir del estudio de suelos denominado Caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila (ver anexo 2) y de las consideraciones A.2.3.3, A.2.4.5.5 y A.2.4.5.6 de la NSR-10.

PARÁMETROS SÍSMICOS	
<i>A_a</i> coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva	0.25
<i>A_v</i> coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva	0.25
Nivel de amenaza sísmica	ALTA
Perfil de suelo	D
<i>F_a</i> coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.	1.30
<i>F_v</i> coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.	1.90

Tabla 3-1: Parámetros sísmicos. Tomados del estudio de suelos (Anexo 2) y título A.2 de NSR-10.

3.5 Análisis de cargas

La evaluación de cargas se realizó de acuerdo al Título B.3, B.4 y B.6 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Los requisitos básicos que propone dicho título en términos generales corresponden a cargas de estudio por resistencia, funcionamiento, fuerzas causadas por deformaciones impuestas y análisis. En este sentido se evaluaron las siguientes cargas:

- Carga Muerta (D)
- Cargas por fluidos (F) (NO APLICA)
- Presión de Tierras (H) (NO APLICA)
- Carga Viva (L)
- Carga Viva de cubierta (Lr)
- Carga de Viento (W)
- Carga de Sismo (E)

Carga muerta (Título B.3 de NSR-10)

Corresponde a las solicitaciones transmitidas por el peso propio de la estructura, y por el peso de todos los materiales permanentemente fijados a esta o soportados por la misma. El peso propio de los elementos que conforman la estructura fue automáticamente generado por el programa de análisis a partir de la geometría y propiedades asignadas.

DATOS DE CARGAS PARA ETABS			
Masa muerta losa 5 (N + 15.30 m):	$D_{losa} =$	454.05	kN
Masa muerta losa 4 (N + 12.24 m):	$D_{losa} =$	4208.95	kN
Masa muerta losa 3 (N + 9.18 m):	$D_{losa} =$	4199.17	kN
Masa muerta losa 2 (N + 6.12 m):	$D_{losa} =$	4199.17	kN
Masa muerta losa 1 (N + 3.06 m):	$D_{losa} =$	4199.17	kN
Area de losa 5 (N + 15.30 m):	$A_{losa} =$	710.56	m ²
Area de losa 4 (N + 12.24 m):	$A_{losa} =$	700.867	m ²
Area de losa 3 (N + 9.18 m):	$A_{losa} =$	700.867	m ²
Area de losa 2 (N + 6.12 m):	$A_{losa} =$	700.867	m ²
Area de losa 1 (N + 3.06 m):	$A_{losa} =$	700.867	m ²
Carga muerta losa 5 (N + 15.30 m):	$D_{losa} =$	0.64	kN/m ²
Carga muerta losa 4 (N + 12.24 m):	$D_{losa} =$	6.01	kN/m ²
Carga muerta losa 3 (N + 9.18 m):	$D_{losa} =$	5.99	kN/m ²
Carga muerta losa 2 (N + 6.12 m):	$D_{losa} =$	5.99	kN/m ²
Carga muerta losa 1 (N + 3.06 m):	$D_{losa} =$	5.99	kN/m ²

Tabla 3-2: Carga muerta. Tomada del título B.3 de NSR-10.

Carga viva de cubierta (Titulo B.4.2.1 de NSR-10)

Corresponde a las solicitudes transmitidas por la ocupación y uso de la estructura de cubierta.

- Carga viva de cubierta (Lr): 0.50 KN/m^2 , Según Tabla B.4.2.1-2 de NSR-10.

Carga viva (Titulo B.4 de NSR-10)

Según el uso de cada piso y de acuerdo con la tabla B.4.2.1-1 de NSR 10, para un uso residencial, las cargas vivas se distribuyen de la siguiente manera:

- Cuartos privados: 2.0 KN/m^2
- Corredores y escaleras: 3.0 KN/m^2
- Terraza: 5.0 KN/m^2

Carga de granizo (Titulo B.4.8.3 de NSR-10)

No se asigna carga por granizo; debido a que la edificación se encuentra sobre una zona de 430 msnm; lo cual, es inferior a la altura de 2000 msnm, según lo establece B.4.8.3.1 de NSR-10.

Carga de viento (Titulo B.6 de NSR-10)

La altura de la edificación es inferior a 18 metros, según lo definido en el título B.6.2 de la NSR-10 se considera como un edificio bajo; por lo tanto, se puede aplicar la fuerza mínima establecida en el título B.6.1.3.1 de la NSR-10; la cual es de 0.40 kN/m^2 . Además, teniendo en cuenta que la ubicación del municipio de Villavieja no es costera, dicha fuerza se puede despreciar dentro del diseño, por lo tanto, no aplica en este caso de estudio.

Carga de sismo (Titulo A.2.6 de NSR-10)

Se usa el espectro elástico de diseño, según título A.2.6 de NSR-10, en donde se reemplaza los valores de los parámetros sísmicos definidos en el estudio de suelos denominado Caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila (ver anexo 2):

LOCALIZACIÓN ESTRUCTURA	
Ciudad	Villavieja
Actividad sísmica	Alta
Aa	0.25
Av	0.25
TIPO DE SUELO	
Clasificación	D
Fa	1.3
Fv	1.9
PARÁMETROS DINÁMICOS	
Sistema estructural	Concreto reforzado (pórticos)
C _s	0.047
α	0.900
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	
Grupo de uso	I
I	1
PERIODO DE LA ESTRUCTURA	
Altura entrepiso (m)	3.06
Altura piso ático (m)	
Número de pisos	5
Altura edificio (m)	15.3
T _s (s)	0.547
ESPECTRO DE DISEÑO (S _d)	
T _s	0.547
T ₀	0.146
T _c	0.702
T _l	4.560
S _d (T _s)	0.813
Exponente k	1.024

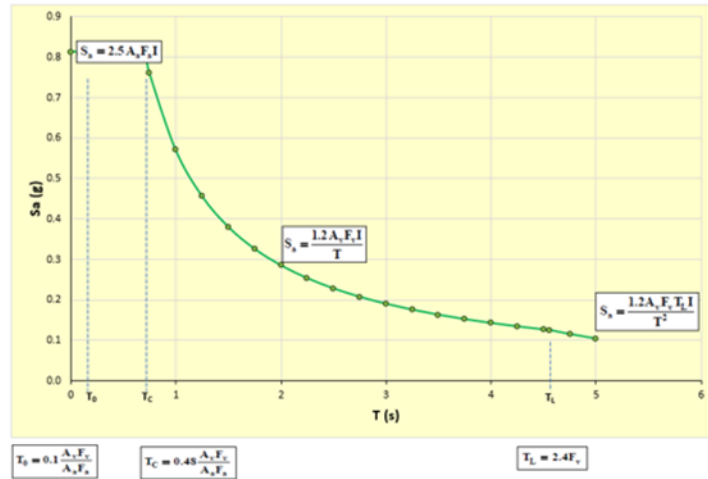


Figura 3-4: Espectro elástico de aceleraciones de diseño para Villavieja. Basado del título A.2.6 de NSR-10.

3.6 Combinaciones de carga

Para el diseño de los elementos del sistema de resistencia sísmica se tomaron las combinaciones de cargas mayoradas usando el método de resistencia, según título B.2.4.2 de NSR-10.

$$1.4(D + F) \tag{B.2.4-1}$$

$$1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \tag{B.2.4-2}$$

$$1.2D + 1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + (L \text{ ó } 0.8W) \tag{B.2.4-3}$$

$$1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \tag{B.2.4-4}$$

$$1.2D + 1.0E + 1.0L \tag{B.2.4-5}$$

$$0.9D + 1.6W + 1.6H \tag{B.2.4-6}$$

$$0.9D + 1.0E + 1.6H \tag{B.2.4-7}$$

Por otro lado, para el diseño de la cimentación se tomaron las combinaciones de cargas para ser utilizadas por el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio, según título B.2.3.1 de NSR-10.

$$D + F \quad (B.2.3-1)$$

$$D + H + F + L + T \quad (B.2.3-2)$$

$$D + H + F + (L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-3)$$

$$D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-4)$$

$$D + H + F + W \quad (B.2.3-5)$$

$$D + H + F + 0.7E \quad (B.2.3-6)$$

$$D + H + F + 0.75W + 0.75L + 0.75(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-7)$$

$$D + H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.3-8)$$

$$0.6D + W + H \quad (B.2.3-9)$$

$$0.6D + 0.7E + H \quad (B.2.3-10)$$

3.7 Irregularidades

Según título A.3.3. de NSR-10 “Para efectos de diseño sísmico la edificación debe clasificarse como regular o como irregular en planta y en altura o como redundante o con ausencia de redundancia...”

por lo tanto, para comprobar la irregularidad por ausencia de redundancia, según el capítulo A.3.3.8 del título A de la NSR-10, en donde establece que para los pisos que resisten más del 35% del cortante basal en la dirección bajo estudio, se debe verificar que la falla de cualquier conexión del pórtico no resulte en una reducción de más del 33% de la resistencia ante las fuerzas sísmicas del piso ni produzca una irregularidad torsional en planta extrema Tipo 1bP. A continuación, se muestra una de las rotulas bajo estudio realizadas en el proyecto para determinar el grado de irregularidad:

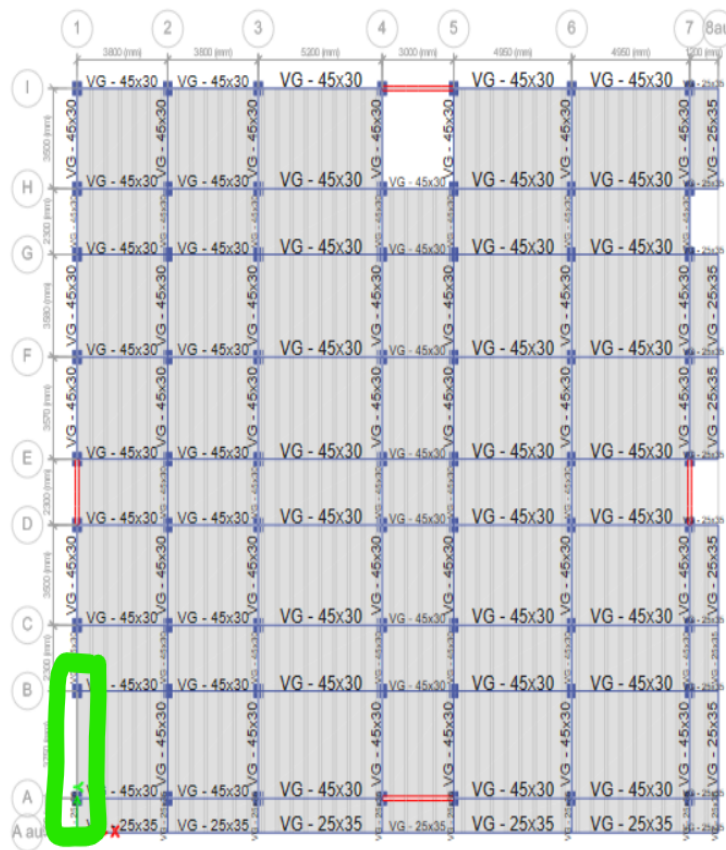


Figura 3-5: Rotula para verificar ausencia de redundancia. Tomado de ETABS 2020.

AUSENCIA DE REDUNDANCIA SENTIDO Y					
Story	Output Case	Shear X	Shear Y	PERDIDA EN LA RESISTENCIA	CHEQUEO
		kN	kN		
Nivel +15.3	Sx estatico	7196,7478	0	0,2041%	Sin irregularidad
Nivel +12.24	Sx estatico	17601,6353	0	0,1473%	Sin irregularidad
Nivel +9.18	Sx estatico	25412,176	0	0,1344%	Sin irregularidad
Nivel +6.12	Sx estatico	30624,3822	0	0,1292%	Sin irregularidad
Nivel +3.06	Sx estatico	33188,0119	0	0,1272%	Sin irregularidad
Nivel +15.3	Sy estatico	0	7196,7478	0,2041%	Sin irregularidad
Nivel +12.24	Sy estatico	0	17601,6353	0,1473%	Sin irregularidad
Nivel +9.18	Sy estatico	0	25412,176	0,1344%	Sin irregularidad
Nivel +6.12	Sy estatico	0	30624,3822	0,1292%	Sin irregularidad
Nivel +3.06	Sy estatico	0	33188,0119	0,1272%	Sin irregularidad

Tabla 3-3: Chequeo de irregularidad por ausencia de redundancia. Fuente propia de los autores.

Para comprobar la irregularidad en planta, se basa primeramente en comparar la geometría en planta del proyecto (véase Figura 3-2) vs las geometrías en planta expuestas en la figura A.3.1- irregularidades en planta de la NSR-10 (véase Figura 2-2) para identificar si algunas de ellas coinciden. Y posteriormente se realiza el cálculo, en este caso se presenta una irregularidad torsional tipo 1aP debido a la excentricidad entre el centro de masa y centro de rigidez de la edificación, según la tabla A.3-6 de la NSR-10 (véase tabla 2-7). Sin embargo, para eliminar la irregularidad torsional en planta, lo ideal sería realizar un diseño completamente simétrico, para que el centro de masa y el centro de rigidez coincidan, pero no es posible ya que se limita a la dimensión del terreno, la distribución de espacio para la ocupación hotelera y el diseño arquitectónico.

Para comprobar la irregularidad en la altura, también se basa en comparar la geometría en altura del proyecto (véase figura 3-1) vs las geometrías en altura expuestas en la figura A.3.2- irregularidades en la altura de la NSR-10 (Véase figura 2-3) para identificar si algunas de ellas coinciden. Y posteriormente se realiza el cálculo teniendo en cuenta la rigidez y masa del edificio y las fuerzas laterales que actúan sobre él, según la tabla A.3-7 de la NSR-10 (véase tabla 2-8)

A continuación, se presenta a manera de resumen los valores obtenidos. Sin embargo, las irregularidades anteriormente mencionadas se encuentran en el informe de cálculo (ver anexo 3).

R₀	7.0
φ_p	0.9
φ_a	1.0
φ_r	1.0
R	6.3

Tabla 3-4: Configuración estructural del hotel. Tomada del título A.3.3 de NSR-10.

Según título A.3.1.1 del literal (f) de NSR-10 “El valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño, corresponde al coeficiente de disipación de energía básico, R_0 , multiplicado por los coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía por irregularidades en altura, en planta, y por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica ($R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$)”.

El coeficiente de disipación de energía R , se utiliza después de verificar de que las derivas obtenidas no excedan los límites dados en el Capítulo A.6, con base al diseño de los elementos y sus conexiones utilizando todas las solicitaciones requeridas por el Título B del Reglamento; luego, Las fuerzas sísmicas obtenidas del análisis F_s , se reducen, dividiéndolas por el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R , correspondiente al sistema estructural de resistencia sísmica, para obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño ($E = F_s / R$) que se emplean en las combinaciones de carga prescritas en el Título B.

3.8 Análisis sísmico

Se procede a realizar la modelación estructural con un software empleando el método del análisis dinámico, según el título A.5 de la NSR-10.

3.9 Programas de modelación

El diseño de los elementos de resistencia sísmica tales como vigas aéreas y columnas, se modelan con el software ETABS 2020, especializado en el análisis y diseño estructural de edificaciones; el cual, es un programa de análisis que mediante métodos matriciales y aplicando análisis dinámico de espectro de respuesta, calcula los centros de masas y de rigidez de la estructura tomando en cuenta una excentricidad mínima del 5%.

Para el diseño de elementos, como losas de cimentación y losas nervadas de entrepiso, se modelan con el software SAFE 2016, que permite modelar, analizar, dimensionar y detallar losas, vigas y cimentaciones de hormigón armado y postensadas.

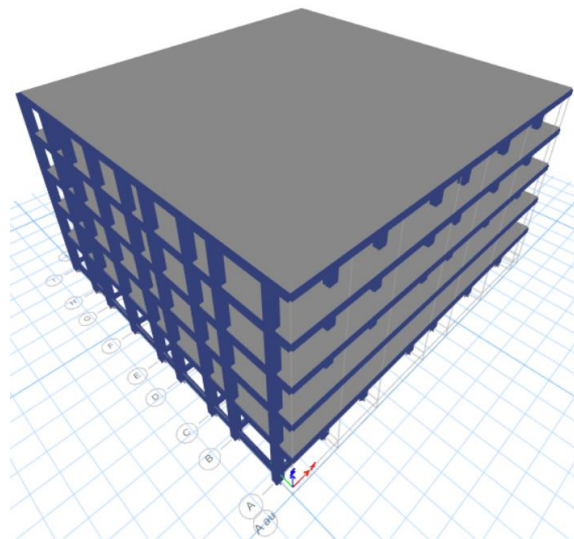


Figura 3-6: Modelado 3D de la estructura del hotel. Tomado de ETABS 2020.

3.10 Participación de masa

Se verifico que el número de modos de vibración presentes en la estructura, contribuyan de manera significativa en la respuesta dinámica de la estructura, es decir, que participe al menos el 90 % de la masa de la estructura en cada una de las direcciones de estudio, según título A.5.4.2 de NSR-10.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
		sec						
Modal	1	0.588	0.6917	0.0332	0	0.6917	0.0332	0
Modal	2	0.563	0.088	0.5871	0	0.7797	0.6203	0
Modal	3	0.519	0.0278	0.2062	0	0.8074	0.8266	0
Modal	4	0.173	0.0449	0.0428	0	0.8524	0.8693	0
Modal	5	0.168	0.0661	0.0488	0	0.9185	0.9182	0
Modal	6	0.155	0.0088	0.0191	0	0.9273	0.9373	0
Modal	7	0.091	1.60E-03	0.0322	0	0.9289	0.9695	0
Modal	8	0.086	0.035	5.00E-03	0	0.9638	0.9745	0
Modal	9	0.081	1.03E-02	0.0036	0	0.9741	0.9781	0
Modal	10	0.059	0.0002	0.0151	0	0.9743	0.9933	0
Modal	11	0.054	0.0105	1.50E-03	0	0.9847	0.9948	0
Modal	12	0.051	0.0096	0.0006	0	0.9944	0.9953	0

Tabla 3-5: Modos de vibración de la estructura del hotel. Tomado de ETABS 2020.

3.11 Ajuste del cortante dinámico total en la base

Teniendo en cuenta que la estructura del edificio es irregular en planta se ajusta el valor del cortante dinámico total en la base al 90 por ciento; según título A.5.4.5 de NSR-10 “El valor del cortante dinámico total en la base, V_{tj} , obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, j , no puede ser menor que el 80 por ciento para estructuras regulares, o que el 90 por ciento para estructuras irregulares, del cortante sísmico en la base, $V_s...$ ”.

AJUSTE POR CORTANTE BASAL							
Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY	ESTRUCTURA IRREGULAR	Factor de escala X	Factor de escala Y
			kN	kN			
Sx estatico	LinStatic		-35760.7278	0	90%	0.992	1.032
Sy estatico	LinStatic		0	-35760.7278			
Espectro X	LinRespSpec	Max	32158.2773	4283.5968			
Espectro Y	LinRespSpec	Max	4238.8586	30887.0475			

Tabla 3-6: Ajuste del cortante dinámico total en la base. Tomado de ETABS 2020.

3.12 Verificación del periodo fundamental de la estructura

El valor del periodo fundamental de la estructura modelado en ETBAS 2020, no debe exceder el valor de $CuTa$ calculado por medio de la ecuación A.4.2-2 del título A.4.2 de NSR-10.

T_a Etabs	0.588
Cu	1.180
$CuTa$	0.657
EL VALOR DE T_a Etabs NO EXCEDE EL VALOR DE $CuTa$	

Tabla 3-7: Verificación periodo fundamental de la estructura. Tomado de ETABS 2020 y título A.4.2 de NSR-10.

3.13 Derivas

Se verifica los desplazamientos horizontales relativos máximos permitidos según título A.6.4.1 de NSR-10 (Véase tabla 2-9); en la cual, la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso, teniendo un valor del 1% sobre las direcciones de estudio (X,Y). Asimismo, las derivas máximas del proyecto para el sentido X es de 1,0% y para el sentido Y es de 0,9% (Véase figura 3-7 y figura 3-8)

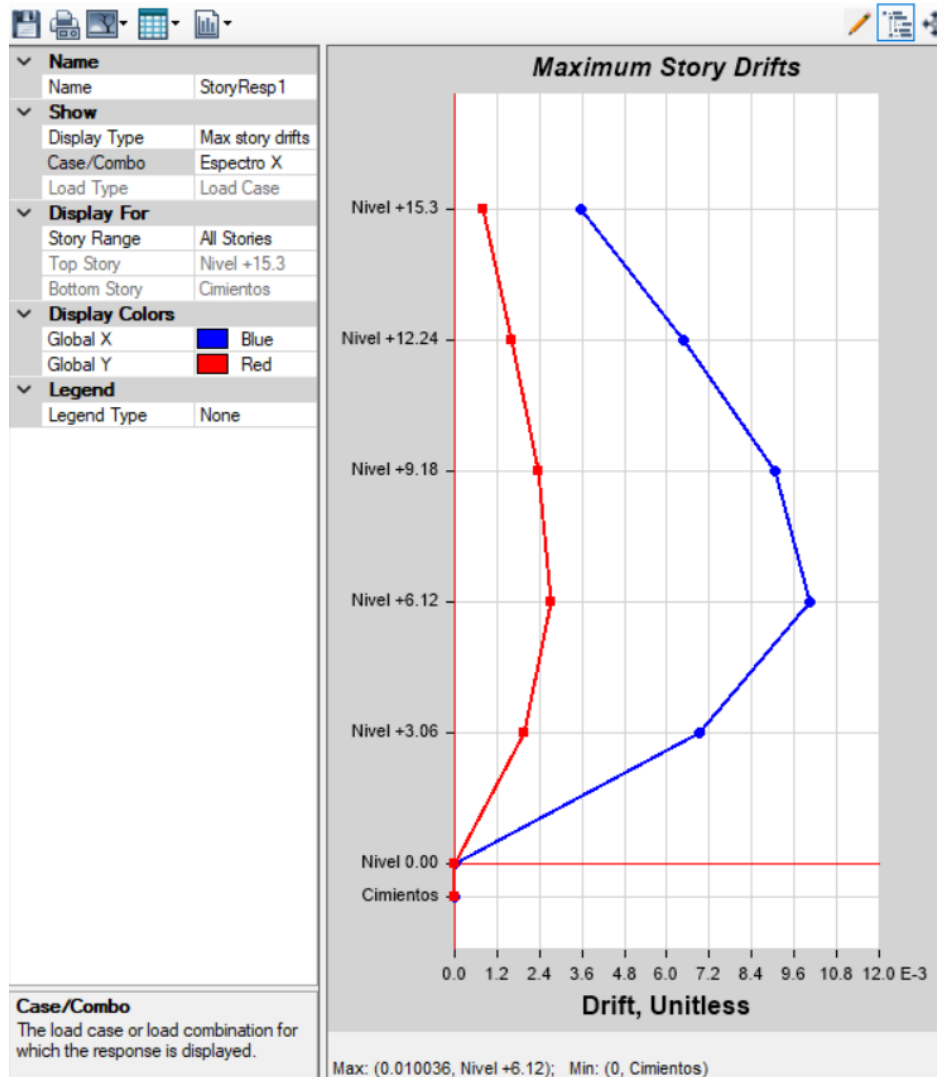


Figura 3-7: Deriva máxima sentido X. Tomado de ETABS 2020.

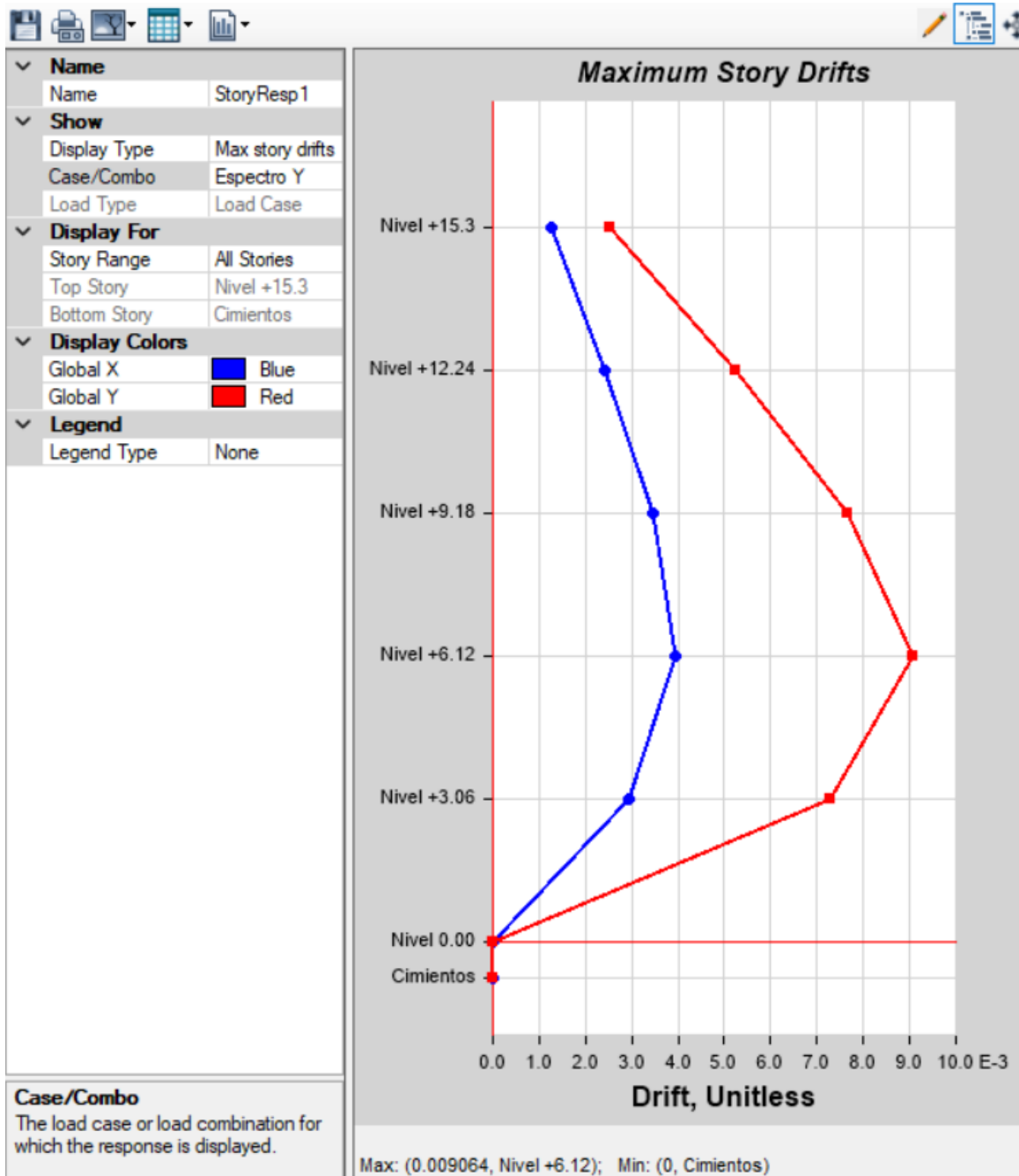


Figura 3-8: Deriva máxima sentido Y. Tomado de ETABS 2020.

3.14 Deflexiones máximas

Se verifica los máximos desplazamientos para condiciones de servicios sobre la losa, teniendo en cuenta que estos no sobrepasen los límites de servicio sugeridos por el título C.9. de NSR-10, en dónde la deflexión máxima presentada es de 3.00 mm y la permitida es de 10.3 mm (L/480), por lo tanto, CUMPLE. A continuación, se muestra el resultado gráfico de esta evaluación.

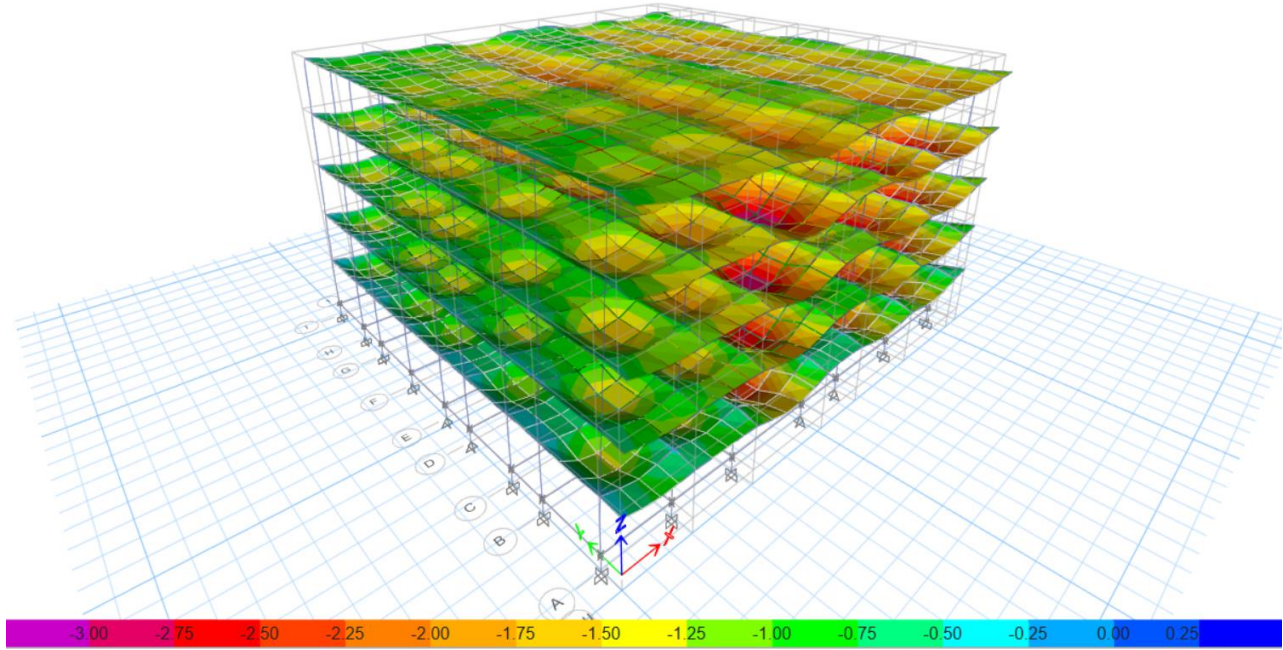


Figura 3-9: Deformación tridimensional de la estructura. Tomado de SAFE 2016.

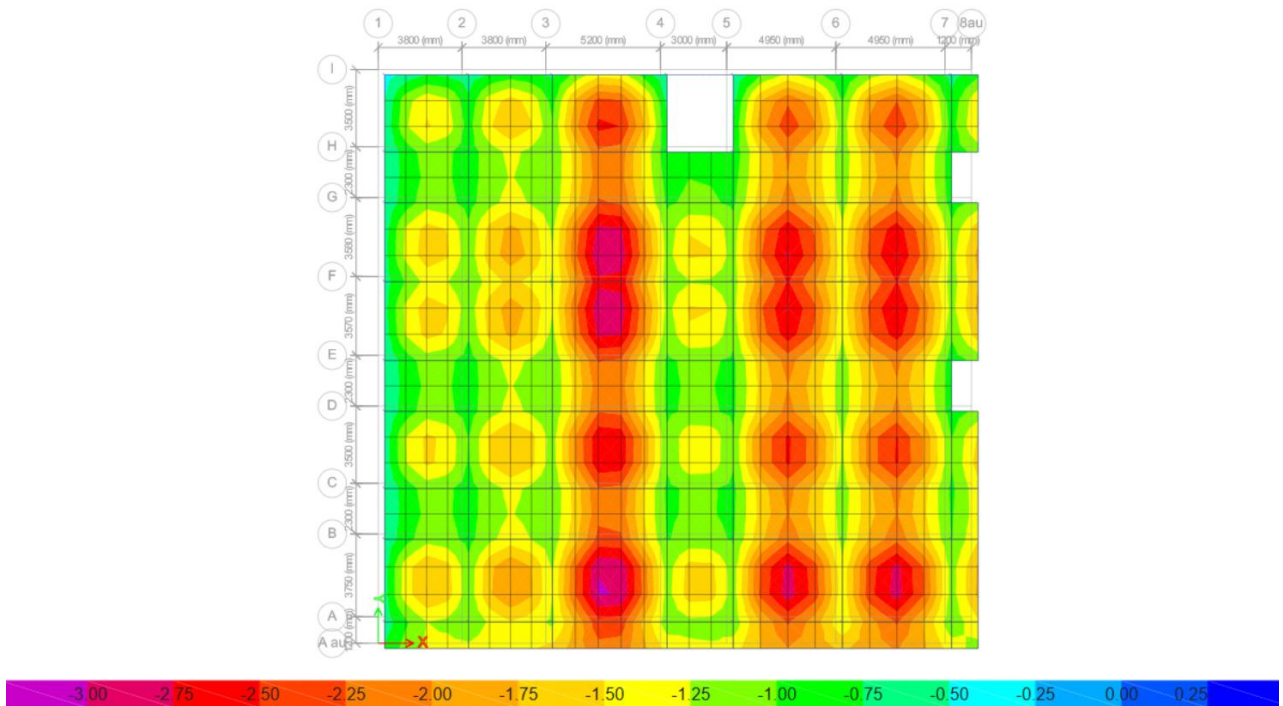


Figura 3-10: Deformación planimétrica nivel +12.24m. Tomado de SAFE 2016.

3.15 Diseño de vigas

Inicialmente se realiza un pre-dimensionamiento de los elementos con base a las tablas C.9.5(a) y CR.9.5 de la NSR-10, el cual era de 25x40 cm; sin embargo, una vez modelado el proyecto se tuvo que aumentar la sección de las vigas para controlar las deflexiones y cumplir con las derivas. En consecuencia, las secciones para todas las vigas de la estructura son de 30x45 cm.

Por otro lado, durante la modelación del proyecto a través del programa ETABS 2020 se determinó la cuantía o el área del acero de refuerzo requerido para cada uno de los elementos, expuestos en la figura 3-11 y figura 3-12. A continuación, se muestra a manera de ejemplo el área de acero requerido dado por el programa, el área de acero mínimo establecido por la NSR-10 y el área de acero suministrada para las vigas del nivel 15.3 del eje 1:

Nivel	Localización Portico	Dimension		Localización Elemento	Acero de refuerzo necesario			P _{min} mm ²	P _{min} mm ²	P _{min} mm ²	Chequeo P _{min}	Numero de barras necesarias			As suministrado			Chequeo		
		b (mm)	h (mm)		mm ²	mm ²	mm ²					No. 4	129	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
Nivel +15.3	Port. Eje 1	300	400	A au-A	355 355	355 355	355 355	400,0	378,0	2169,2	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	A-B	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	B-C	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	C-D	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	D-E	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	E-F	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	F-G	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	G-H	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok
		300	450	H-I	404 404	404 404	404 404	450,0	425,2	2440,4	Ok	4,000 4,000	4,000 4,000	4,000 4,000	516 516	516 516	516 516	Ok Ok	Ok Ok	Ok Ok

Tabla 3-8: Asignación de acero de refuerzo viga eje 1 nivel 15.3. Fuente propia de los autores.

Además, se verifica que éste acero sea necesario para resistir las solicitaciones según C.10, C.11. Y C.21.3 de NSR-10, en donde se establecieron tramos de diseño, es decir, cada tramo tiene una longitud igual a 1/3 de la longitud total efectiva; lo cual, se chequea en cada una de las vigas, expuestas en los datos de diseño generado por el programa, en donde se evidencia el área del acero mínimo requerido para resistir los esfuerzos de tracción, véase (figura 3-11) y esfuerzos de cortante véase (figura 3-12). sin embargo, las tablas totales de diseño de los elementos tipo viga se encuentran consignadas en la memoria de cálculo (ver anexo 4).

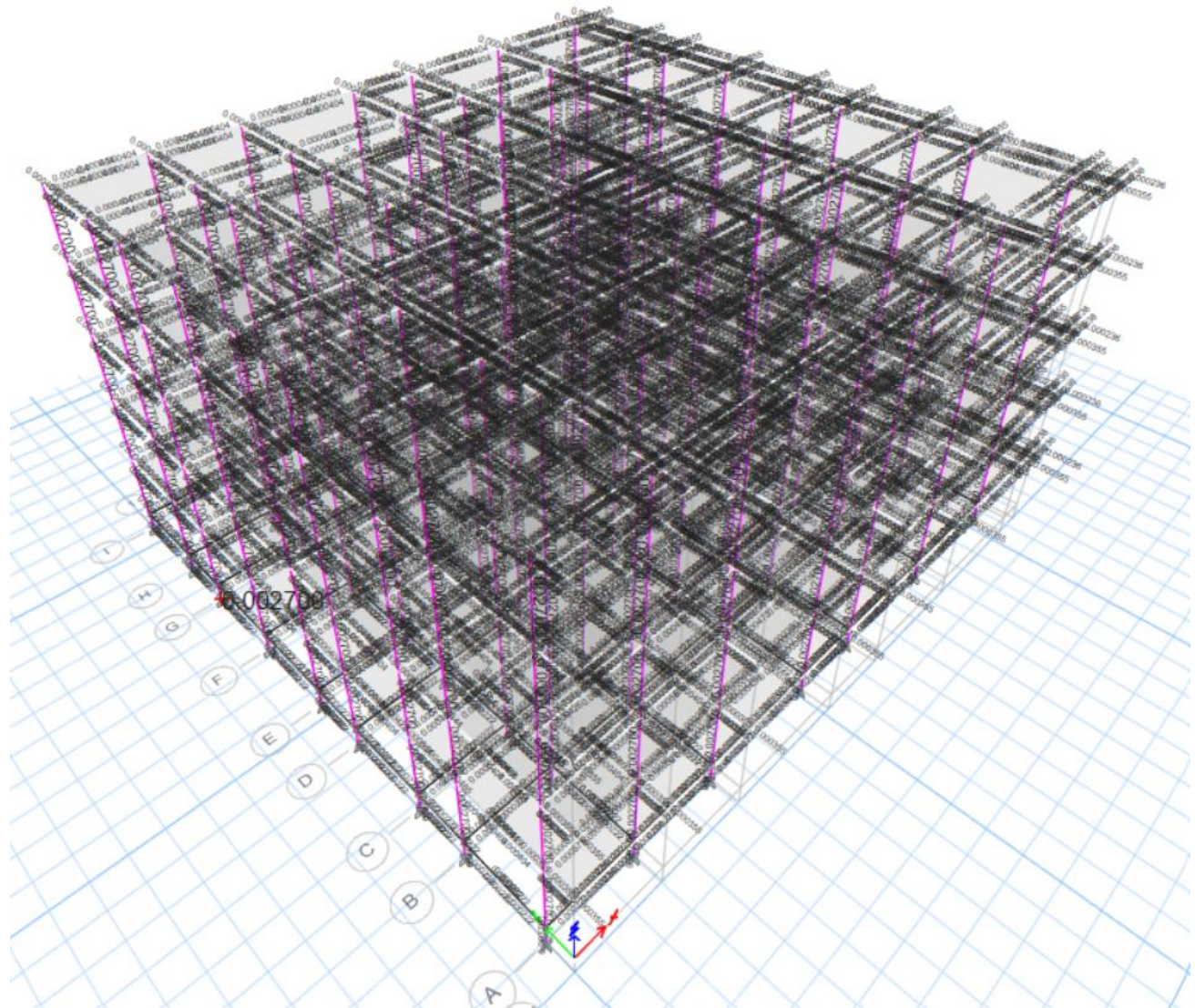


Figura 3-11: Refuerzo longitudinal para vigas requerido para flexión (vista planta piso 3). Tomado de ETABS 2020

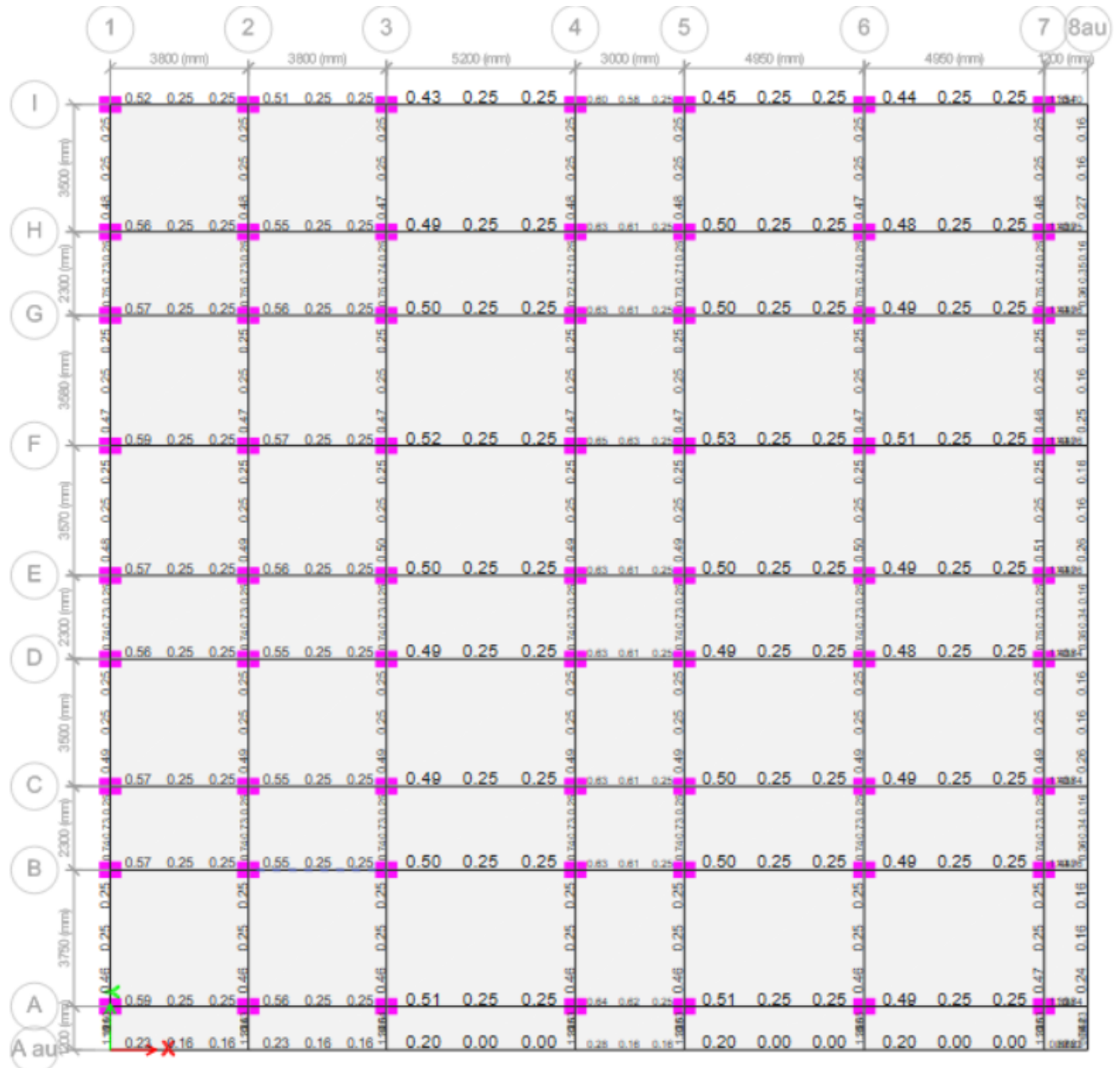
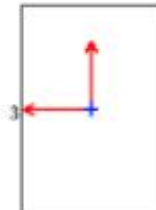


Figura 3-12: Refuerzo transversal para vigas requerido para cortante (vista planta piso 3). Tomado de ETABS 2020

ETABS Concrete Frame Design ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Nivel +15.3	B130	1153	VG-45x30	ENVOLVENTE	3500	3800	1	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _y (mm)	d _s (mm)	d _{cr} (mm)	d _{cs} (mm)
300	450	300	0	40	40

Material Properties

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{yk} (MPa)
24870.06	28	1	420	420

Design Code Parameters

⊕ T	⊕ CTad	⊕ Cspiral	⊕ vha	⊕ Va	⊕ Mdelr
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{ud}

	Design Moment N-mm	Design P _u N	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	0	-1628.35	200	0	404	404
Bottom (-2 Axis)	15114879.96	-1628.35	2	101	404	404

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{ud}

Shear V _{ud} N	Shear ⓅV _{ud} N	Shear ⓅV _{us} N	Shear V _{cd} N	Rebar A _v / s mm ² /mm
78040.57	81065.28	31802.07	52361.19	0.25

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

T _u N-mm	ⓅT _u N-mm	ⓅT _{cr} N-mm	Area A _o mm ²	Perimeter, p _h mm	Rebar A _s / s mm ² /mm	Rebar A _t mm ²
484342.35	4017549.77	16070199.09	64794	1144.4	0	0

Figura 3-13: Datos de diseño para viga en el tramo F (3 – 4). Tomado de ETABS 2020.

3.16 Diseño de columnas

Primeramente, se realiza un pre-dimensionamiento de los elementos a través del método de áreas aferentes; el cual, es un método estático que solo tiene en cuenta las cargas gravitacionales producto del peso propio de los elementos y de las cargas de uso; además, se tiene en cuenta las consideraciones del título C.21.6.1.1 de la NSR-10; en donde se inicia con una sección de 30x30 cm y posteriormente, al modelarse el edificio en ETABS 2020 se amplió la sección para todas las columnas de la estructura a 60x45 cm, para que resistan fuerza axial mayorada de compresión, fuerzas inducidas por los sismos u otro fenómeno natural, de una manera que el lado más fuerte del elemento esté en el sentido más corto y de menos densidad estructural, para lograr un equilibrio en la rigidez del proyecto.

por otro lado, el programa de modelación muestra la cuantía de acero de refuerzo requerida para cada uno de los elementos (véase figura 3-15 y figura 3-16); el cual, se verifica con base a las consideraciones del título C.21.6 de la NSR-10. Una vez conocidas las áreas de refuerzo requeridas, se realiza una distribución de aceros que satisfaga la necesidad estructural del proyecto de acuerdo a los títulos C.11.4. Y C.21.6 de NSR-10. En el caso de estudio, no se presentaron columnas que requieran una cuantía mayor al 2%; por lo tanto, el diseño cumplirá por cuantía mínima para el acero longitudinal en los elementos tipo columna, lo anterior es ideal, teniendo en cuenta la optimización del proyecto. Las tablas totales de diseño de los elementos tipo columnas se encuentran consignadas en la memoria de cálculo (ver anexo 4)

Se realiza el chequeo de columna fuerte viga débil, según el título C.21.6.2.2 de NSR-10, por medio de la ecuación C.21-4, en donde establece que la suma de los momentos nominales de flexión en las columnas debe ser mayor a los momentos nominales de flexión en las vigas en Un factor de 1.2 o 6/5.

La relación debe ser igual o inferior a 1.00, en el caso de estudio todos los elementos tipo columna cumplen con el requerimiento de columna fuerte viga débil, con un factor de seguridad considerablemente superior al requerido por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, ver figura 3-14.

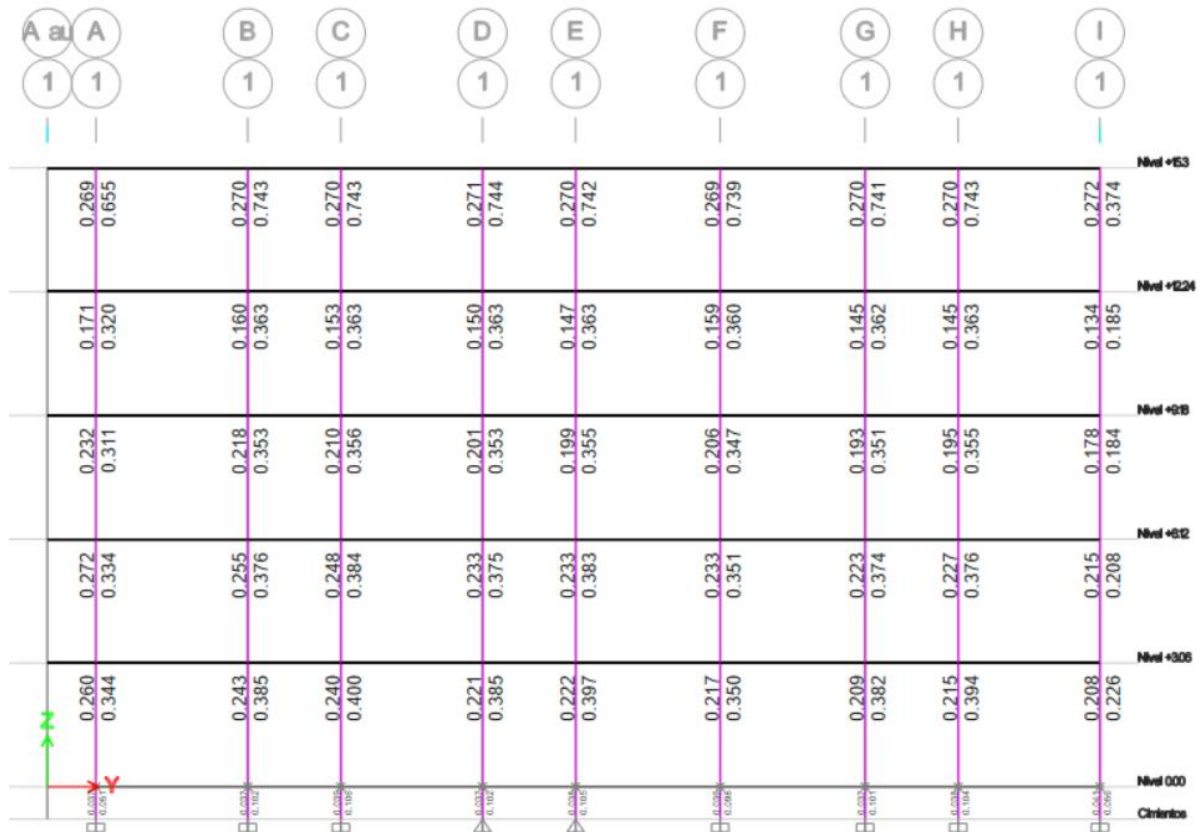


Figura 3-14: Columna fuerte viga débil. Tomado de ETABS 2020.

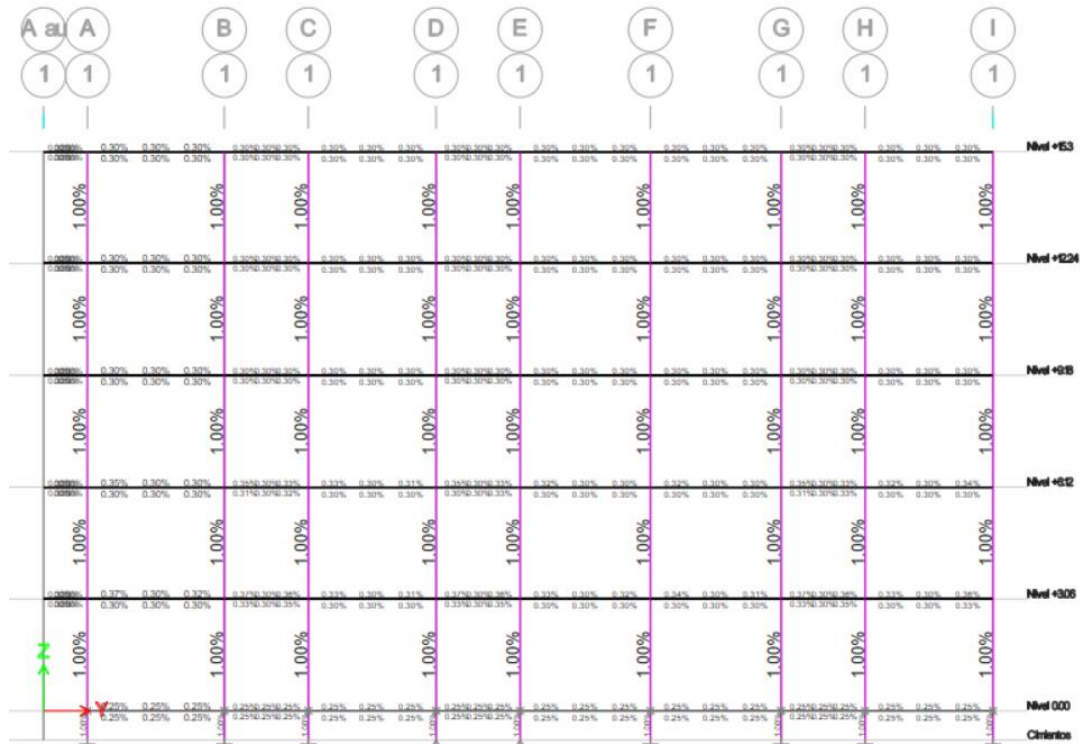


Figura 3-15: Refuerzo longitudinal para columnas (Eje 1 (A-I)). Tomado de ETABS 2020

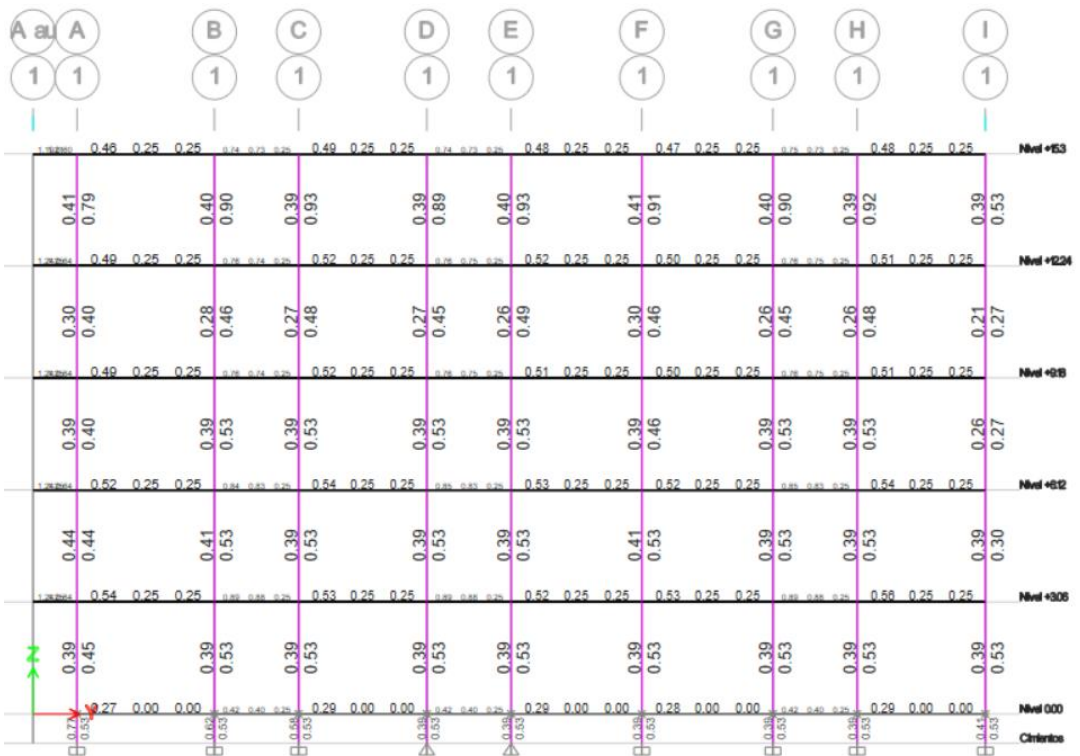
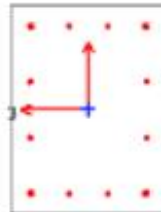


Figura 3-16: Refuerzo transversal para columnas (Eje 1 (A-I)). Tomado de ETABS 2020

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-19 Column Section Design (Summary)



Column Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Nivel +3.06	C9	53	C - X50xY50	ENVOLVENTE	0	3060	0.817	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	dc (mm)	Cover (Torelon) (mm)
450	600	59	27.3

Material Properties

E_c (MPa)	f'_c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (MPa)	f_{yk} (MPa)
27805.57	35	1	420	420

Design Code Parameters

ϕ_T	ϕ_{Tad}	$\phi_{Cajiral}$	ϕ_{M2}	ϕ_{M3}	ϕ_{Vshear}	Ω_0
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85	2

Axial Force and Biaxial Moment Design for P_u , M_{u2} , M_{u3}

Design P_u N	Design M_{u2} N-mm	Design M_{u3} N-mm	Minimum M2 N-mm	Minimum M3 N-mm	Rebar Area mm ²	Rebar % %
3247.87	110528743.14	-157740864	96217.8	111283.22	2700	1

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	C_m Factor Unitless	ζ_{ns} Factor Unitless	ζ_{nt} Factor Unitless	K Factor Unitless	Length mm
Major Bend(M3)	0.552972	1	1	1	2810
Minor Bend(M2)	0.478222	1	1	1	2810

Shear Design for V_{u2} , V_{u3}

	Shear V_u N	Shear ϕV_{u2} N	Shear ϕV_{u3} N	Shear ϕV_{u4} N	Rebar A_v/s mm ² /mm
Major, V_{u2}	63208.97	143809.61	53515.41	41646.2	0.39
Minor, V_{u3}	55154.92	138580.66	51858.67	32947.35	0.53

Figura 3-17: Datos de diseño para columna del piso 3 (eje A-3). Tomado de ETABS 2020.

3.17 Diseño de losa nervada de entrepiso

Se realiza un pre-dimensionamiento de los elementos con base a las tablas C.9.5(a) y CR.9.5 de la NSR-10, en donde la sección para todas las losas nervadas es de 25 cm de espesor que trabaja en una sola dirección; luego al modelarse mediante el programa SAFE 2016, se chequea el cumplimiento de las consideraciones del título C.10.1.3, C.13.3, C.9.5.2 y C.8.13 de NSR-10; asimismo, el propio software muestra la cuantía del acero de refuerzo necesario para la losa nervada, a partir del análisis de franjas de diseño.. A continuación, en la figura 3-18 se presenta el diseño para la losa de entrepiso que comprenden el nivel +12.30 metros; sin embargo, las tablas totales de diseño se encuentran consignadas en la memoria de cálculo (ver anexo 4).

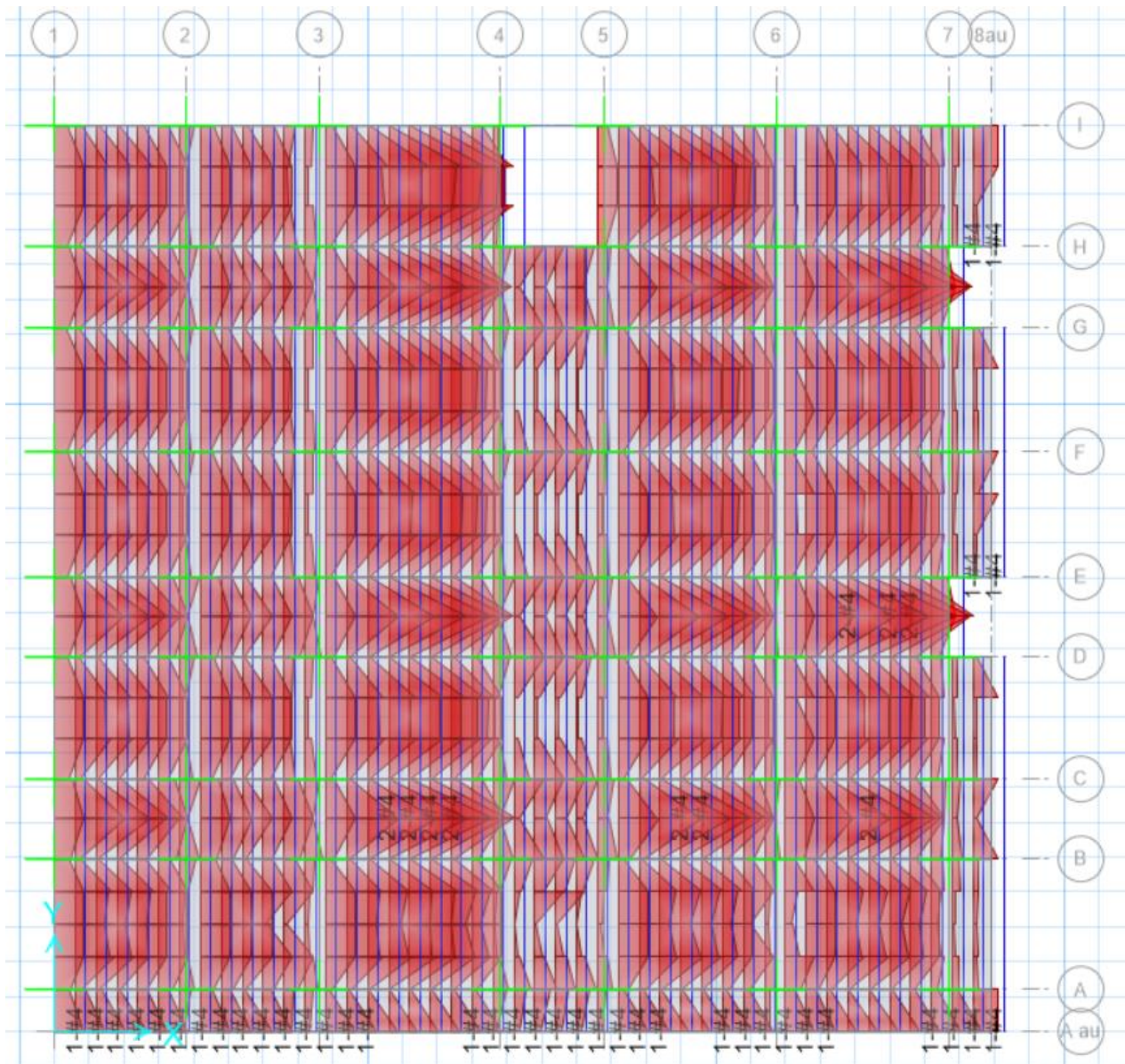


Figura 3-18: Refuerzo longitudinal para viguetas de losa de entrepiso nivel 3. Tomado de SAFE 2016.

3.18 Diseño de cimentación

Teniendo en cuenta, el método de interacción suelo-estructura para el modelo planteado en el software de modelación SAFE 2016, se consideran las articulaciones como un resorte en la base de la cimentación y no como articulaciones rígidas o empotradas, como si la estructura estuviera soportada sobre una base infinitamente rígida; debido a que el suelo con el transcurso del tiempo se va a deformar producto de las cargas generadas por la edificación; estos puntos de conexión entre los elementos, permiten conocer o determinar sus desplazamientos. Las componentes de los desplazamientos (traslacionales y rotacionales) se conocen como grados de libertad.

Los resortes elásticos en la base se utilizan para modelar los grados de libertad actuantes en una articulación conectando la base con el suelo. Las fuerzas de los resortes modelados en la base actúan con relación a sus desplazamientos. Utilizando el software SAFE 2016, se realizó el modelamiento considerando articulaciones tipo resorte en su base de cimentación en donde se obtuvo una pequeña variación del periodo fundamental de la estructura, pero este no superó el valor de $C_u T_a$. Cabe aclarar que el efecto de interacción suelo-estructura suele tenerse en cuenta exclusivamente en el modo fundamental de vibración, es decir, la contribución de los modos diferentes al modo fundamental se determina como se establece para estructuras sin interacción.

Propuesta de zapatas aisladas

Inicialmente, se planteó el diseño de una cimentación superficial correspondiente a zapatas aislada, modeladas por SAFE 2016 y por medio de metodología Interacción Suelo - Estructura (ISE), en donde se determinó el área de contacto requerida para cada una de las zapatas, según las combinaciones de cargas para ser utilizadas por el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio, según título B.2.3.1 de NSR-10.

Sin embargo, las zapatas tenían dimensiones considerables, las cuales no permitían un correcto funcionamiento del suelo debido a su cercanía como se puede apreciar en la figura 3-19; lo cual, era posible que los bulbos de influencia se traslaparan creando zonas de sobre esfuerzo y de esta manera un efecto no deseado en el comportamiento del suelo; por tal motivo, se tomó la decisión de realizar una cimentación superficial por medio de una losa de cimentación, la cual abarca toda el área de la estructura y de esta manera garantizar un correcto funcionamiento del suelo.

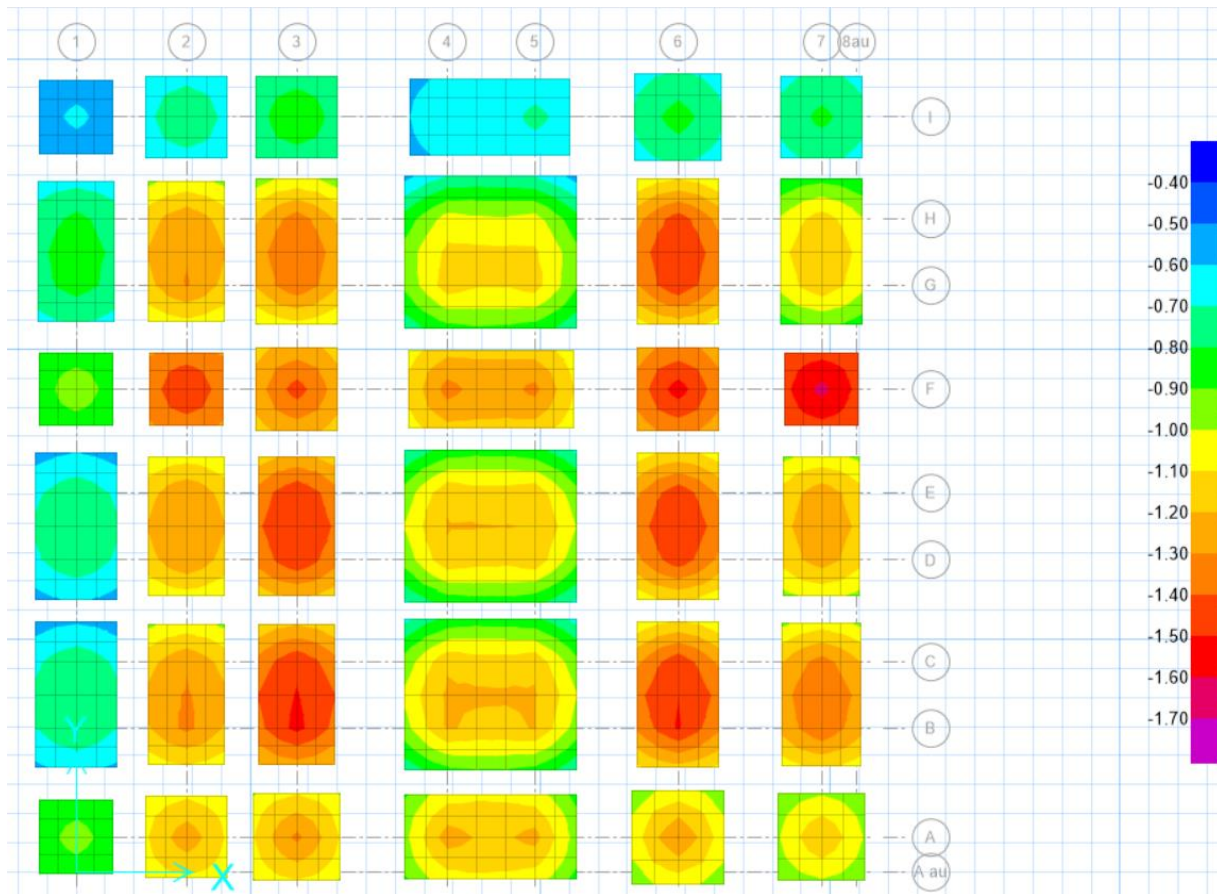


Figura 3-19: Área de contacto para zapatas aisladas. Tomado de SAFE 2016.

Diseño de losa de cimentación

La losa de cimentación posee un espesor de 40 cm y una sección de 27.1x28 m, se modela a través de SAFE 2016 y por medio de metodología Interacción Suelo - Estructura (ISE), en donde se determinó el área de contacto requerida para cada una de las zapatas, según las combinaciones de cargas para ser utilizadas por el método de esfuerzos de trabajo o en las verificaciones del estado límite de servicio, según título B.2.3.1 de NSR-10. Además, se toma un valor de módulo de reacción del suelo, según Morrison & Morrison Ingenieros, de 3.46 kg/cm³.

Según, estudio de suelos denominado Caracterización de suelo para proyecto Institución Educativa Gabriel Plaza Versión 2 ubicado en el municipio de Villavieja Departamento del Huila (ver anexo 2), la capacidad admisible del suelo a cimentar es de 1.7 kg/cm² y la presión ejercida por la losa de cimentación es de 1.66 kg/cm², como se puede apreciar en la figura 3-20; asimismo, se verifica el punzonamiento que ejercen las columnas sobre la losa de cimentación, dicha relación debe ser inferior a 1.00, el cual, el mayor valor corresponde a 0,7584 según figura 3-21. por lo tanto, la dimensión y espesor de la losa CUMPLE.

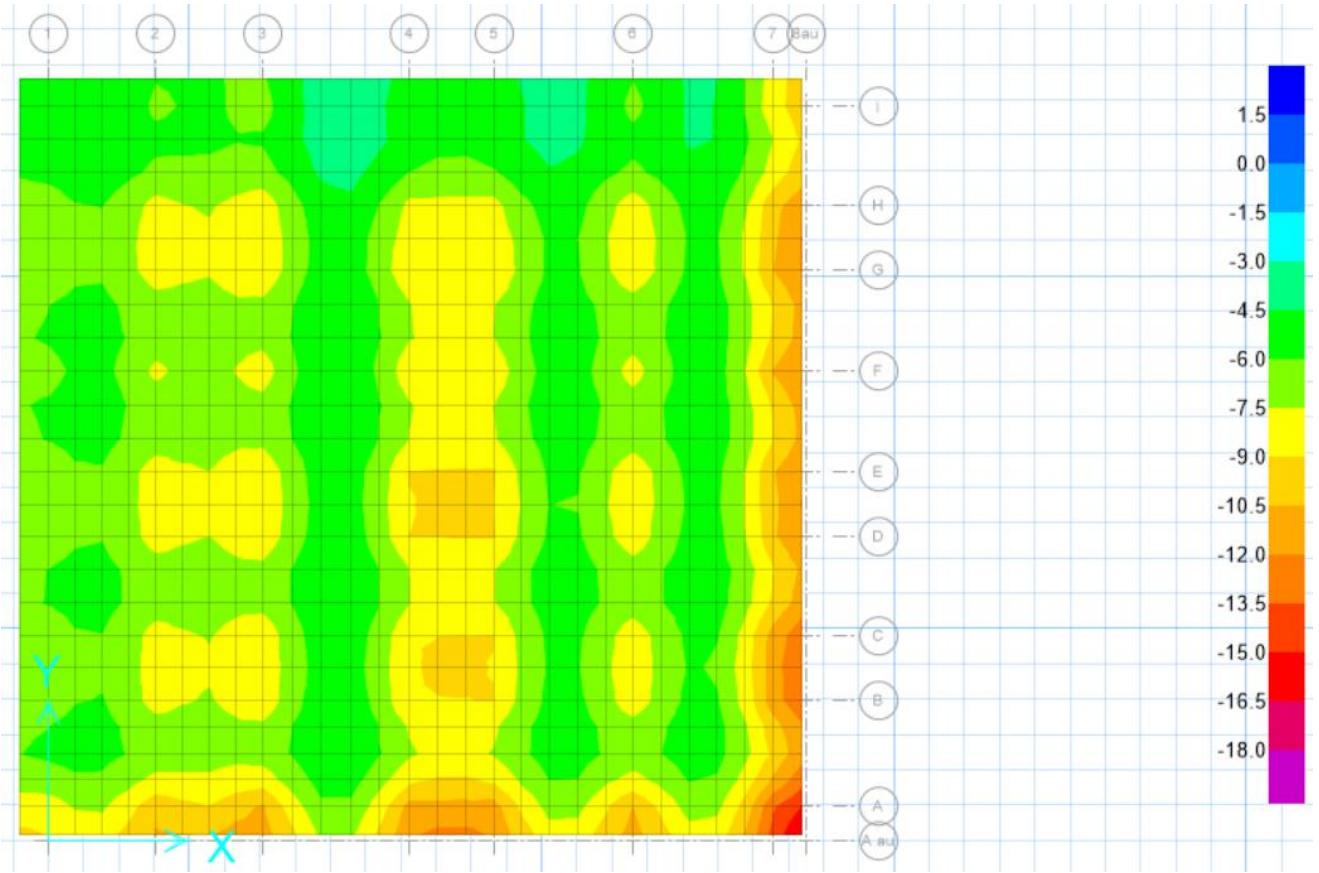


Figura 3-20: Área de contacto para losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016



Figura 3-21: Punzonamiento sobre losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016

La cuantía del acero de refuerzo se obtuvo a partir del análisis por medio de franjas de diseño (véase figura 3-22); en donde se modelaron las franjas en el programa SAFE 2016 cada 50 cm como se aprecia en la figura 3-20, con la finalidad de garantizar un análisis más detallado y una mejor optimización del refuerzo, mostrado en la tabla 3-9.

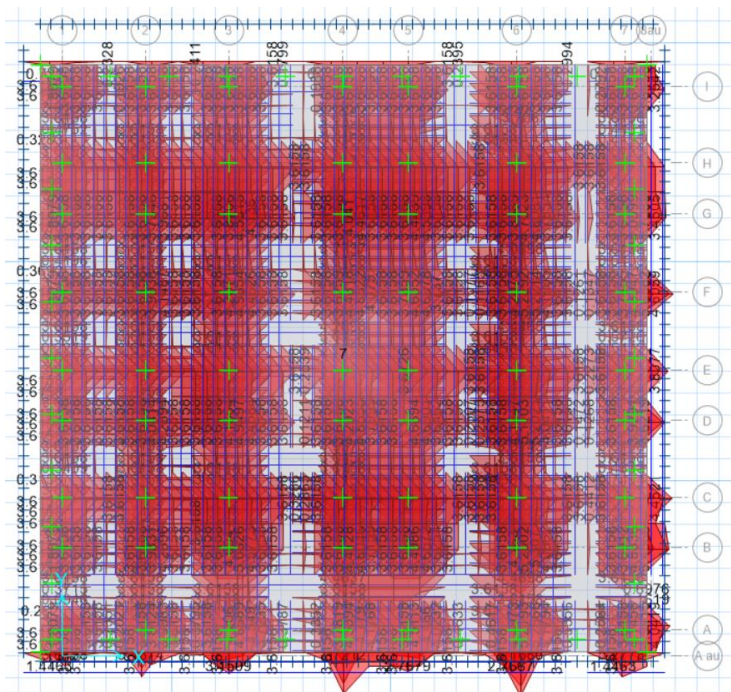


Figura 3-22: Franjas de diseño en losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016

Etiqueta	Descripcion	# de barra	Separacion (cm)	Separacion (cm) Constructiva	
LOSA DE CIMENTACION	Acero Inferior X	#4	12	Inferior	12
	Acero Inferior Y	#4	12		
	Acero Superior X	#5	12	Superior	12
	Acero Superior Y	#5	12		

Tabla 3-9: Acero de refuerzo para losa de cimentación. Tomado de SAFE 2016.

3.19 Factibilidad económica

ÍTEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
CAPÍTULO 1: ACTIVIDADES PRELIMINARES					
1.1	Localización y replanteo manual	M2	652,6	\$ 3.385	\$ 2.209.051,00
1.2	Excavación mecánica en material común (h=0.8 m), incluye retiro	M3	644,98	\$ 47.653	\$ 30.735.231,94

1.3	Relleno con material seleccionado de la excavación, incluye compactación	M3	227,64	\$ 28.570	\$ 6.503.674,80
1.4	Cerramiento provisional en tela verde	M3	106,2	\$ 12.786	\$ 1.357.873,20
SUBTOTAL 1					\$ 40.805.830,94
CAPÍTULO 2: CIMENTACION					
2.1	Afirmado en recebo común (e=0.30 m)	M3	644,98	\$ 94.570	\$ 60.995.758,60
2.2	Solado de limpieza e=0.05 m, en concreto 14 MPa (2000 PSI)	M2	758,8	\$ 26.183	\$ 19.867.660,40
2.3	Construcción de losa maciza de cimentación e=0.40 m, en concreto 28 MPa (4000 PSI)	M2	758,8	\$ 299.010	\$ 226.888.788,00
2.4	Suministro y figurado de acero de refuerzo 420 MPa para losa de cimentación	KG	35928	\$ 7.731	\$ 277.759.368,00
SUBTOTAL 2					\$ 585.511.575,00
CAPÍTULO 3: ESTRUCTURA EN CONCRETO					
3.1	Construcción de columna 0.60m x 0.45 m en concreto de 28 MPa (Incluye suministro transporte y colocación de concreto, formaleta, vibrado, protección, curado)	M	289,1	\$ 291.984	\$ 84.412.574,40
3.2	Suministro y figurado de acero de refuerzo 420 MPa para columnas	KG	46519,16	\$ 7.731	\$ 359.639.625,96
3.3	Construcción de viga nivel +0.00 m; de sección 0.30m x 0.30m en concreto 28 MPa (4000 PSI)	M	364,35	\$ 90.135	\$ 32.840.687,25
3.4	Suministro y figurado de acero de refuerzo 420 MPa para viga nivel +0.00 m	KG	6264,54	\$ 7.731	\$ 48.431.158,74
3.5	Construcción de viga aérea 0.30m x 0.45 m en concreto de 28 MPa (Incluye suministro, transporte y colocación de concreto, formaleta, vibrado, protección, curado)	M	1908,75	\$ 157.420	\$ 300.475.425,00
3.6	Suministro y figurado de acero de refuerzo 420 MPa para vigas aéreas	KG	47055,5	\$ 7.731	\$ 363.786.070,50
3.7	Construcción de loseta e=0.05 m en concreto de 28 MPa, incl. refuerzo (Incluye suministro, transporte y colocación de concreto, formaleta, vibrado, protección, curado)	M2	715,36	\$ 155.896	\$ 111.521.762,56

3.8	Construcción de vigueta 0.13m x 0.25m en concreto de 28 MPa (Incluye suministro, transporte y colocación de concreto, formaleta, vibrado, protección, curado)	M	4301,25	\$ 67.714	\$ 291.254.842,50
3.9	Suministro y figurado de acero de refuerzo 420 MPa para viguetas	KG	133636,71	\$ 7.731	\$ 1.033.145.405,01
SUBTOTAL 3					\$ 2.625.507.551,92
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS (1+2+3)					\$ 3.251.824.957,86
ADMINISTRACIÓN (20%)					\$ 650.364.991,57
IMPREVISTOS (1%)					\$ 32.518.249,58
UTILIDAD (6%)					\$ 195.109.497,47
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 877.992.738,62
TOTAL, PRESUPUESTO DE OBRA					\$ 4.129.817.696,48

Capítulo 4

4. Análisis de resultados

Con base a la encuesta para turistas, el 17% no se hospeda en Villavieja porque no encuentra alojamiento disponible con un déficit de 322 personas; por lo tanto, se propone una infraestructura nueva con capacidad de alojamiento para 296 personas; sin embargo, ésta es inferior en comparación con el déficit de alojamiento; con la finalidad de que el hotel sea productivo todos los días del año.

El valor del coeficiente de disipación de energía básico, $R_0=7.0$; debido al tipo de sistema estructural conformado por pórticos en concreto reforzado; el coeficiente de reducción de capacidad de disipación de energía por irregularidades en planta, $\phi_p=0.9$, debido a la irregularidad torsional por el diafragma rígido a causa de la excentricidad entre el centro de masa y centro de rigidez del proyecto. Por último, no hay irregularidad en altura y por ausencia de redundancia, $\phi_a=\phi_r=1.0$.

La participación de la masa de la estructura del hotel, comienza a cumplir en el quinto modo de vibración, al superar más del 90 %, según título A.5.4.2 de NSR-10.

Los valores de las máximas derivas se encuentran sobre el límite del 1%, con la finalidad de optimizar el proyecto y por lo general, estos máximos valores aparecen en pisos intermedios debido a que, en estas zonas, la estructura oscila como un péndulo por la fuerza del sismo.

Teniendo en cuenta los planos arquitectónicos propuestos anteriormente, se buscó una distribución geométrica de columnas con una longitud entre vanos relativamente pequeña, esto para controlar la sollicitación de áreas aferentes en cada uno de los elementos y de esta manera lograr secciones coherentes con las descritas en el diseño arquitectónico; sin embargo, una vez modelado el proyecto, éstos elementos presentaron una diferencia significativa entre las secciones propuestas inicialmente y el resultado del cálculo estructural; a su vez, se genera una irregularidad torsional en planta debido a la excentricidad de los centros de masas y centros de rigidez. Por tal motivo, se recomienda implementar otros tipos de sistemas estructurales, para eliminar la torsión al hacer coincidir los centros de rigidez y de masa; además, optimizar un poco más el proyecto.

Los resultados obtenidos por medio del modelo matemático realizado en los softwares ETABS y SAFE muestran que el pórtico es capaz de resistir las cargas de servicio, las cargas sísmicas y la combinación de estas basándose en el criterio de diseño por resistencia según los parámetros y requisitos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, por lo tanto, el modelo cumple con los criterios para evitar cualquier tipo de falla por inestabilidad, esto se aprecia en la verificación de columna fuerte viga débil, en donde se obtiene la totalidad de los momentos ocasionados en los elementos tipo viga y columna, verificando de esta manera que la suma de los momentos nominales en las columnas en el nudo sea mayor en una relación de 6/5 veces la suma de los momentos nominales ocasionados en las vigas, para de esta manera garantizar mayor resistencia a flexión en los elementos tipo columna.

Se descartó la posibilidad del sistema de cimentación por zapatas aisladas; ya que, éstas tenían dimensiones considerables y muy cercanas; las cuales, era posible que los bulbos de influencia se traslaparan creando zonas de sobre esfuerzo y de esta manera un efecto no deseado en el comportamiento del suelo.

La cimentación del proyecto está conformada por una losa de cimentación con un espesor de 40 cm y un área de 758.80 m², en donde cumple por punzonamiento y presión ejercida sobre el suelo, al obtener valores inferiores a 1.0 y 1.7 Kg/cm² respectivamente.

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con base a las encuestas realizadas y la información suministrada por la alcaldía municipal, el 52% de los turistas se hospedan en Villavieja y 17% de los turistas no se hospedan porque no hay disponibilidad, generando un déficit de 322 personas por día aproximadamente. Por tal motivo, se diseña el sistema principal de resistencia sísmica de un complejo hotelero de cinco niveles con capacidad para 296 personas.

Con base en los resultados obtenidos en la modelación con ETABS y SAFE, y teniendo en cuenta los resultados de otras investigaciones, se generan las siguientes conclusiones:

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos bajo los parámetros y requerimientos de diseño establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), los elementos que conforman el sistema principal de resistencia sísmica en el pórtico son capaces de resistir las solicitaciones de cargas de servicio, las cargas sísmicas y la combinación de estas, las cuales están presentes ante una eventualidad sísmica, garantizando de esta manera, seguridad para sus ocupantes y un desempeño ideal de la edificación ante la ocurrencia de un sismo.

Por otra parte, teniendo en cuenta, que la geometría propuesta en el diseño arquitectónico para las columnas difiere de manera significativa del resultado obtenido en el cálculo estructural, es pertinente, adoptar un sistema estructural diferente a los pórticos, para de esta manera reducir las dimensiones de las columnas y realizar un diseño más óptimo desde el punto de vista funcional.

El diseño de los elementos de cimentación por medio de la metodología ISE permite generar de forma adecuada modelos que describen el comportamiento real del suelo a partir de sus características físicas y mecánicas.

La implementación de softwares como ETABS Y SAFE para el diseño de estructuras, permiten generar modelos adecuados, que a su vez permiten simular con éxito diferentes configuraciones geométricas para cada elemento, por lo cual son ideales para realizar diseños en menor tiempo y de esta manera comparar y optimizar de manera acelerada la configuración estructural de un proyecto.

El diseño estructural de un proyecto depende fundamentalmente de dos criterios; inicialmente el cumplimiento de los parámetros y requisitos estipulados en la normativa vigente para el diseño de estructuras y por consiguiente los criterios propios del ingeniero diseñador; sin embargo, lo que se busca es un objetivo en común y es un correcto funcionamiento de la estructura para de esta manera garantizar la seguridad de sus ocupantes.

El costo de la estructura diseñada por medio de pórticos es de \$4.129.817.696,48 Pesos colombianos, por lo tanto, con el fin de tener la mayor factibilidad de diseño se recomienda implementar sistemas estructurales diferentes al aquí propuesto (sistema dual, sistema combinado y muros industrializados) para que de esta manera la Alcaldía Municipal de Villavieja junto a la Asociación de Operadores Turísticos la Tatacoa (ASOTUR) gestionen los recursos necesarios ante los entes gubernamentales para la construcción del complejo hotelero.

5.2 Recomendaciones

Realizar estudio de suelos sobre el área donde se desee ejecutar el proyecto, con la finalidad de comparar y determinar las características físicas y mecánicas reales del suelo de fundación.

Realizar una valoración técnica del proyecto, a través de profesionales especialistas en estructuras; con la finalidad de verificar la información y obtener un visto bueno, antes de ser ejecutado el proyecto físicamente.

Chequear sobre el proyecto otro tipo de sistema estructural; con la finalidad de comparar el factor costo – beneficio, para verificar si es posible optimizar un poco más el proyecto.

Bibliografía

Alcaldía municipal de Neiva (2020). Listado de precios oficial. https://www.findeter.gov.co/index.php/system/files/convocatorias/PAF-PMIB-O-019-2020/PAF-PMIB-O-019-2020%40paf-pmib-o-019-2020_3-listado-de-precios-neiva.xls

Angarita Duarte, C. (2022). Diseño arquitectónico de vivienda de interés social multifamiliar en altura en el barrio Girardot del municipio de Bucaramanga, Santander. Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/47997>

Alzate Buitrago, A. y Humberto Arenas, C. (2014). Proceso de diseño para edificios de concreto reforzado de 1 a 5 pisos, en el municipio de Pereira, basado en la ACI 318-02. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16952/PROCESO%20DE%20DISE%203%91O%20PARA%20EDIFICIOS%20.pdf?sequence=1>

Cámara de Comercio del Huila (CCH, 2022). Informe de comportamiento de la actividad económica. <https://www.cchuila.org/wp-content/uploads/Informe-de-comportamiento-de-la-actividad-economica-de-la-Villavieja-Baraya-Tello-Colombia-y-Aipe.pdf>

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título A: Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá D.C., Colombia.

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título B: Cargas. Bogotá D.C., Colombia.

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título C: Concreto estructural. Bogotá D.C., Colombia.

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título H: Estudios geotécnicos. Bogotá D.C., Colombia.

Concejo municipal de Villavieja Huila (2019). Acuerdo No. 003 de 2019, Por medio del cual se ajusta y reformula el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Villavieja – Huila. <https://www.sirhuila.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/Villavieja-Acuerdo-No.-003-de-2019.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM, 2015). Plan de Manejo Ambiental Distrito Regional de Manejo Integrado – DRMI La Tatacoa. Neiva, Colombia. <https://cam.gov.co/areas-protegidas/planes-de-manejo/category/205-drmi-tatacoa.html>

Cruz C. A., Camargo J., Murià D., Aldama B. D., (2006). Método para Calcular las Rigideces y los Amortiguamientos Asociados a los Efectos de Interacción Suelo Estructura de Construcciones Cimentadas con Pilotes de Fricción. Memorias del XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural en Jalisco, México.

Cubillos Rojas, J. L. (2021). Análisis comparativo para el diseño estructural de un edificio porticado con la normativa ACI318S-19 y el reglamento Colombiano NSR-10. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/28511>.

Garza Vásquez, L. (s.f.) Diseño de estructuras de cimentación de acuerdo a NSR-10, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (1 ed.).

Gobernación del Huila, secretaria de vías e infraestructura norte (2020). Análisis de precios unitarios APU.

Mc Cormac, J y Brown, R. (2017) Diseño de concreto reforzado (10 ed. Con el código ACI 318-14) Alfaomega Grupo Editor, SA de C.V., México.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Informen mensual de Turismo, febrero 2023 – marzo 2023. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-de-turismo/2023/febrero/oe-e-yv-turismo-febrero-24-04-2023.pdf.aspx>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Turismo sigue recuperándose, como lo confirman cifras de la Cuenta Satélite a 2022. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/turismo/turismo-recuperandose-cifras-cuenta-satelite-2022>

Muriá D., González R., Espinosa J. M., (1993). Efecto de Interacción Suelo-Estructura en la Respuesta Sísmica de un Edificio Instrumentado. Series del Instituto de Ingeniería UNAM, Volumen 565, México, 118 pp.

Organización Mundial del Turismo (2016). El sector turístico y los objetivos del desarrollo sostenible.

http://cf.cdn.unwto.org/sites/all/files/pdf/turismo_responsable_omt_pm_acc_20170126.pdf

Rochel Awad, R. (2012). Análisis y diseño sísmico de edificios (2 ed.) Fondo editorial universidad EAFIT. Medellín, Colombia.

Roesset J. M., (2003). Interacción Suelo Estructura- Un Estado del Arte. Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Guanajuato, México.

Segura Franco, J. (2011). Estructuras de concreto 1 (7 ed.). Ayala Ávila & Cia Ltda, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.