



Evaluación sismo resistente del bloque de Dirección Administrativa

**Javier Leonardo Vanegas Gutiérrez
Juan Sebastián Beltrán Andrade**

**Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Civil
Ibagué, 2019**

Evaluación sismo resistente del bloque de Dirección Administrativa

**JAVIER LEONARDO VANEGAS GUTIERREZ
JUAN SEBASTIAN BELTRAN ANDRADE**

Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Civil

Director (a):

Ingeniero Néstor Luis Guerrero Chávez
Profesor Universidad de Ibagué

**Facultad ingeniería
Programa de Ingeniería Civil**
Ibagué, Año



(Dedicatoria o lema)

Este trabajo va dedicado a nuestras familias, ya que su esfuerzo y apoyo incondicional nos han dado las fuerzas necesarias para luchar por nuestros sueños y así lograr culminar nuestras carreras, a Dios y nuestros amigos quienes fueron grandes sabios en momentos difíciles, momentos que nos hicieron aclarar más nuestro amor por esta hermosa profesión.



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo va dedicado a nuestras familias, ya que su esfuerzo y apoyo incondicional nos han dado las fuerzas necesarias para luchar por nuestros sueños y así lograr culminar nuestras carreras, a Dios y nuestros amigos quienes fueron grandes sabios en momentos difíciles, momentos que nos hicieron aclarar más nuestro amor por esta hermosa profesión.

Agradecemos a cada uno de los profesores de la Universidad de Ibagué, que con su gran labor y esfuerzo nos dieron las pautas para que hoy en día estemos a pocos pasos de ser profesiones y grandes personas.

Al ingeniero Nestor Guerrero por ser el responsable de este proyecto y además el tutor de nuestro trabajo, por el tiempo que invirtió y por las grandes ideas que nos han inspirado, y en especial a todas las personas que nos han colaborado a lo largo del desarrollo de este hermoso trabajo y de nuestra interesante vida en la universidad.

Resumen

La estructura del bloque de dirección administrativa tiene alrededor de 30 años de antigüedad, por este motivo se considera realmente necesario realizar una evaluación de la vulnerabilidad sísmica teniendo en cuenta el artículo 54 de la ley 400 de 1997 que está sujeta a los procedimientos estipulados en la NSR-10, con la finalidad de evitar posibles riesgos para toda la comunidad universitaria.

En el presente trabajo de investigación se pretende realizar la evaluación de la vulnerabilidad sismo resistente del bloque de la dirección administrativa de la universidad de Ibagué; para determinar la sismoresistencia de la edificación se debe realizar primeramente un análisis de las características geométricas de los elementos y propiedades mecánicas del concreto, esto se lleva a cabo mediante ensayos destructivos (extracción de núcleos) y no destructivos (esclerometría y ferroscañ) que se realizará a dichos elementos de concreto. Con ello se logra determinar si la estructura actual cuenta con los requisitos mínimos establecidos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10); para finalmente crear un modelo matemático que permita realizar la simulación del comportamiento de la edificación sometida a cargas sísmicas de acuerdo a las características que enmarca la NSR-10.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Sismo, Sismoresistencia, Edificación, Concreto.



Abstract

The structure of the administrative management block is around 30 years old, for this reason it is considered really necessary to conduct an assessment of seismic vulnerability taking into account Article 54 of Law 400 of 1997 that is subject to the procedures stipulated in the NSR-10, with the purpose of avoiding possible risks for the entire university community.

In this research work is intended to assess the seismic vulnerability of the block of the administrative direction of the University of Ibagué; To determine the seismic resistance of the building, an analysis of the geometric characteristics of the elements and mechanical properties of the concrete must first be carried out by means of destructive tests (core extraction) and non-destructive tests (sclerometry and ferroskan) to be carried out. To said concrete elements. With this, it is possible to determine if the current structure has the minimum requirements established by the Colombian Seismic Resistance Construction Regulation (NSR-10); to finally create a mathematical model that allows simulating the behavior of the building submitted to seismic loads according to the characteristics that frames the NSR-10.

Keywords: Vulnerability, Earthquake, Seismic Resistance, Building, Concrete.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	VII
Resumen	VIII
Abstract.....	IX
Capítulo I.....	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Objetivos.....	16
1.3 Justificación.....	16
Capítulo II.....	18
1.4 Marco Teórico	18
1.4.1 Riesgo sísmico	18
1.4.2 Amenaza sísmica	18
1.4.3 Vulnerabilidad sísmica	18
1.4.4 Métodos Cualitativos	19
1.4.5 Método Cualitativo	21
1.4.6 Ensayos no destructivos	22
1.5 Antecedentes	24
1.5.1 Tesis en base al estudio del Instituto técnico y tecnológico San José.....	24
1.5.2 Tesis en base al estudio de la catedral del municipio de Ambalema.....	25
Capítulo III.....	26
1.6 Localización y aspectos generales	26
1.6.1 Descripción general.....	26
1.6.2 Descripción Arquitectónica	27
1.6.3 Descripción Estructural	28
1.7 Resumen de Cargas utilizadas.....	28
1.7.1 Cargas verticales.....	28
1.8 Análisis Sísmico	30
1.8.1 Zona de amenaza sísmica.....	30
1.8.2 Espectro de aceleración	34
1.8.3 Espectro del umbral de daño en el análisis.....	35
1.9 Metodología para el estudio de vulnerabilidad estructural	35
1.9.1 Revisión arquitectónica y estructural preliminar	35
1.9.2 Verificación del estado actual de la estructura.....	36
1.9.3 Verificación mediante el método FEMA P-154.....	43
1.9.4 Ensayos de laboratorio	43
1.9.5 Análisis estructural mediante el programa ETABS (Modelo Matemático).....	44
Capítulo IV	45
1.10 Análisis de resultados	45
1.10.1 Revisión arquitectónica y estructural.....	45
1.10.2 Estado actual de la estructura.....	46
1.11 Ensayos de laboratorio.....	50
1.11.1 Esclerometría	50
1.11.2 Ferro escáner	57



1.12	Análisis estructural por medio del programa ETABS	59
1.12.1	Modelo Estructural.....	59
1.12.2	Localización de columnas, vigas y placas.....	60
1.12.3	Presentación del chequeo de Derivas.....	61
1.12.4	Irregularidades.....	62
Capítulo V	.....	66
1.13	Conclusiones.....	66
Capítulo VI	.....	68
1.14	Recomendaciones.....	68
Capítulo VI	.....	69
Bibliografía	.....	69
Anexos	.....	70



Listado de Figuras

Figura 1. Selección de Chequeos.	15
Figura 2. Formato para la recolección de datos para evaluación cualitativa FEMA P-154.....	20
Figura 3. Formato para la evaluación cualitativa FEMA P-154.....	21
Figura 4. Ensayo No Destructivo: Esclerómetro.....	23
Figura 5. Localización del Bloque de dirección administrativa.	27
Figura 6. Plano Arquitectónico.	28
Figura 7. Carga viva en cubierta.	29
Figura 8. Mapa de la distribución Sísmica.....	31
Figura 9. Valores de Aa y Av según la zona.....	32
Figura 10. Valores para Fa según el tipo de suelo.	33
Figura 11. Valores para Fv según el tipo de suelo.	33
Figura 12. Coeficiente de importancia según su uso.....	34
Figura 13. Plano Arquitectónico Bloque de dirección Administrativa.....	45
Figura 14. Plano Estructural Bloque de Dirección Administrativa.....	45
Figura 15. Tabla de Evaluación FEMA P-154, parte 2.	48
Figura 16. Columna 1, ensayo esclerométrico.	51
Figura 17. Columna 2, ensayo esclerométrico.	52
Figura 18. Columna 3, ensayo esclerométrico.	53
Figura 19. Columna 4, ensayo esclerométrico.	54
Figura 20. Columna 5, ensayo esclerométrico	55
Figura 21. Columna 6, ensayo esclerométrico	56
Figura 22. Distribución de acero Ensayo Ferro escáner.	58
Figura 23. Modelo Estructural	59
Figura 24. Modelo Etabs vista 3D	59
Figura 25. Modelación ETABS, vista en planta	60
Figura 26. Calculo de la Fuerza Horizontal Equivalente.....	61
Figura 28. Chequeo de Derivas para el Sismo de diseño elástico NSR-10.	62

Figura 29. Chequeo de Derivas para el umbral de daño en el análisis de acuerdo a NSR-10.....	62
Figura 27. Tabla A.3.3 NSR-10	63

Listado de Tablas

Tabla 1. Chequeos esenciales para DMO y DES.	15
Tabla 2. Avalúo de cargas muertas.....	30
Tabla 3. . Método FEMA P-154 para la evaluación de la edificación, parte 1	46
Tabla 4 a, Método de verificación de la NRS-10	49
Tabla 5 b, Método de verificación de la NRS-10	50
Tabla 6. Datos Columna 1 de IDR y CCS	51
Tabla 7. Datos Columna 2 de IDR y CCS	52
Tabla 8. Datos Columna 3 de IDR y CCS	53
Tabla 9. Datos Columna 4 de IDR y CCS	54
Tabla 10. . Datos Columna 5 de IDR y CCS	55
Tabla 11. Datos Columna 6 de IDR y CCS	56
Tabla 12. Presentación de las Combinaciones.	63

Listado de Graficas

Grafica 1. Espectro de Aceleraciones.....	34
Grafica 2. Espectro del umbral de daño en el análisis.	35



Capítulo I

1.1 Introducción.

El presente informe contiene los resultados de la comparación de propiedades geométricas de los miembros estructurales contra lo estipulado en la NSR-10 del bloque de dirección administrativa de la Universidad de Ibagué, para ser incorporado en el plan de desarrollo físico de esta Universidad. Esta evaluación sigue la metodología propuesta por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

La NSR 10 define parámetros mínimos para el diseño de estructuras de concreto, según la capacidad de disipación de energía que debe poseer la edificación según la zona de amenaza sísmica en la cual esta ubicada. El capítulo C.21 Requisitos de Diseño Sismo Resistente, contiene disposiciones que se consideran como requisitos mínimos para una estructura de concreto construida en obra o prefabricada capaz de soportar una serie de oscilaciones en el rango inelástico de respuesta sin un deterioro crítico de su resistencia, en la siguiente tabla se encuentran los numerales del capítulo C.21 de la norma que debe cumplir cada edificación, dependiendo la capacidad de disipación de energía que presente, que puede ser DMI, DMO o DES.

Figura 1. Selección de Chequeos.

Componentes que resisten los efectos sísmicos, a menos que se indique de otro modo	Capacidad de disipación de energía		
	Minima (DMI)	Moderada (DMO)	Especial (DES)
Requisitos de análisis y diseño	C.21.1.2	C.21.1.2, C.21.1.3	C.21.1.2, C.21.1.3
Materiales	Ninguna	C.21.1.4 a C.21.1.7	C.21.1.4 a C.21.1.7
Elementos de pórtico	C.21.2	C.21.3	C.21.5, C.21.6, C.21.7, C.21.8
Muros estructurales y vigas de acople	Ninguna	C.21.4	C.21.9
Muros estructurales prefabricados	Ninguna	C.21.4	C.21.4,† C.21.10
Diafragmas y cerchas estructurales	Ninguna	Ninguna	C.21.11
Cimentaciones	Ninguna	Ninguna	C.21.12
Elementos de pórtico que no se han diseñado para resistir fuerzas inducidas por movimientos sísmicos	Ninguna	Ninguna	C.21.13
Anclajes	Ninguna	C.21.1.8	C.21.1.8

* Además de las disposiciones de los Capítulos C.1 al C.19 excepto en lo que se modifiquen en el Capítulo C.21. La sección C.22.10 también aplica en DES.

† Como lo permite el Título A del Reglamento NSR-10

(Fuente: NSR-10)

Para este informe solo se tiene en cuenta las disposiciones que se refieren a la dimensión de los miembros, como evidencia en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que la edificación cuenta con una estructura a porticada que resiste momentos.

Tabla 1. Chequeos esenciales para DMO y DES.

CAPACIDAD	VIGAS	COLUMNAS
DMO	C.21.3.4.1	C.21.3.5.1
DES	C.21.5.1.3 Y C.21.5.1.4	C.21.6.1.1 Y C.21.6.1.2

(Fuente: Autores)

Con lo anterior se pretende entonces llegar finalmente a dar un resultado sobre la vulnerabilidad sismo resistente del bloque de la dirección administrativa de la universidad de Ibagué.



1.2 Objetivos.

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la vulnerabilidad sismo resistente del bloque de la dirección administrativa de la Universidad de Ibagué.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las características geométricas de los elementos que conforman el sistema resistente de la edificación y describir el tipo de sistema estructural utilizado.
- Comparar la geometría de los elementos existentes con los requisitos establecidos en la NSR-10.
- Evaluar las propiedades mecánicas del concreto en los elementos que conforman el sistema estructural con ensayos destructivos (extracción de núcleos) y no destructivos (Esclerometría y ferro-escáner).
- Realizar una simulación numérica del comportamiento del edificio sometido a cargas sísmicas para comparar los criterios establecidos por NSR-10 teniendo en cuenta su zona de ubicación.

1.3 Justificación.

El bloque de la dirección administrativa de la Universidad de Ibagué fue seleccionada para la realización del presente estudio debido a que está clasificada en el grupo III según su uso (Edificaciones de atención a la comunidad) según la norma NSR-10 en A.2.5.1.2 y además hace parte de la zona académica y parte administrativa de dicha Universidad, el estudio se realiza con el propósito de prever

posibles daños en la estructura que afecta el bienestar de las personas, ya que los daños que pueda presentar pueden causar desde pérdidas económicas hasta lesiones físicas o en el peor de los casos la pérdida de vidas, es importante resaltar que esta edificación como se mencionó anteriormente hace parte de un establecimiento educativo, por lo cual los afectados directos son todos aquellos que suelen concurrir este lugar a diario incluyendo estudiantes, administrativos y personal de seguridad y mantenimiento.

Para prevenir el riesgo de que suceda lo anteriormente mencionado es necesario evaluar el deterioro progresivo que ha presentado la edificación y las posibilidades que tenga la estructura de colapsar frente a algún sismo ya sea de pequeña o gran magnitud. Con el estudio de vulnerabilidad sísmica se busca actualizar la estructura, es decir realizar un replanteo de esta en base a las actualizaciones realizadas en la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) (Requerimientos y la Demanda sísmica con la que se diseña en la actualidad), debido a que la estructura en estudio fue construida hace más de 30 años es necesario realizar estas propuesta de adecuación y actualización de la estructura.



Capítulo II

1.4 Marco Teórico

Este capítulo expone generalidades del análisis de vulnerabilidad sísmica de una estructura determinada de acuerdo a lo establecido por el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10)

1.4.1 Riesgo sísmico

Es la probabilidad que se vean significativamente afectadas las vidas o bienes a causa de un fenómeno dañino dentro de un periodo de tiempo y una frecuencia determinada. (Escobar, 2010).

1.4.2 Amenaza sísmica

Es una probabilidad más acertada de que un fenómeno perjudicial con cierto nivel de magnitud y alcance espacial ocurran en un determinado tiempo. (Escobar, 2010).

1.4.3 Vulnerabilidad sísmica

Es un valor único que permite clasificar a las estructuras de acuerdo a la calidad estructural intrínseca de las mismas, entre un rango de nada vulnerable a muy vulnerable ante la acción de un terremoto. (Mivia, 2006)

1.4.4 Métodos Cualitativos

Con los métodos cualitativos se obtiene un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que da a conocer el comportamiento de una determinada zona ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, brindando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres.

Entre los métodos más usados en el medio, están el Método NSR-10 y el Método FEMA, la cual son descritos en una forma muy breve a continuación:

- **Método NSR-10**

En el capítulo A10 de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10, se presenta una descripción de este método y los criterios que tiene en cuenta para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica estructural de edificaciones construidas.

Por lo que se deduce que lo esencial de este método es encontrar los puntos débiles y posibles zonas de la estructura que pueden causar la pérdida de vidas ante un fenómeno sísmica.

- **Método FEMA 154**

Este método evalúa edificaciones ya construidas de manera rápida, permitiendo descartar aquellas estructuras que no poseen las características necesarias. Aquellas estructuras que pasen la evaluación, son estructuras que requieren una evaluación más profunda y exhaustiva pero el hecho que una estructura no pase la evaluación, no significa que la misma no tenga la capacidad para resistir un Sismo.



Figura 2. Formato para la recolección de datos para evaluación cualitativa FEMA P-154.

FEMA P-154 RAPID VISUAL SCREENING OF BUILDINGS FOR POTENTIAL SEISMIC HAZARDS <u>LEVEL 1</u>				
PHOTO	ADDRESS			
	ZIP			
	USER			
	LATITUDE		LONGITUDE	
	Ss		S1	
	SCREENER		DATE/TIME	
	# STORIES			
	ABOVE GRADE		BELOW GRADE	
	TOTAL FLOOR AREA (m2)			
	YER BUILT		CODE YEAR	
	ADDITIONS			
	NONE	<input type="checkbox"/>	YES, YEAR	<input type="checkbox"/>
OCCUPANCY				
ASSEMBLY	<input type="checkbox"/>	EMERGENCY	<input type="checkbox"/>	
INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	SCHOOL	<input type="checkbox"/>	
UTILY	<input type="checkbox"/>	RESIDENTIAL	<input type="checkbox"/>	
COMMERCIAL	<input type="checkbox"/>	HISTORIC	<input type="checkbox"/>	
OFFICE	<input type="checkbox"/>	GOVENMMENT	<input type="checkbox"/>	
WAREHOUSE	<input type="checkbox"/>	SHELTER	<input type="checkbox"/>	
SOIL TYPE				
A (HARD ROCK)	<input type="checkbox"/>	D (STIFF SOIL)	<input type="checkbox"/>	
B (AVG ROCK)	<input type="checkbox"/>	E (SOFT SOIL)	<input type="checkbox"/>	
C (DENSE SOIL)	<input type="checkbox"/>	F (POOR SOIL)	<input type="checkbox"/>	
IF DNK ASUME TYPE D				
GEOLOGIC HAZARDS				
LIQUEFACTION		YES <input type="checkbox"/> /NO <input type="checkbox"/> / DNK <input type="checkbox"/>		
LANDSLIDE		YES <input type="checkbox"/> /NO <input type="checkbox"/> / DNK <input type="checkbox"/>		
PHOTO				
SKETCH				

(Fuente: FEMA P-154)

Figura 3. Formato para la evaluación cualitativa FEMA P-154

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, SL1																				
FEMA BUILDING TYPE	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RCS W)	S5 (URMI NF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH			
BASIC SCORE	5,1	4,5	3,8	2,7	2,6	3,5	2,5	2,7	2,1	2,5	2	2,1	1,9	2,1	2,1	1,7	2,9			
SEVERE VERT. IRREGULARITY VL1	-1,4	-1,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,4	-1,1	-1,2	-1,1	-1,2	-1	-1,1	-1	-1,1	-1,1	-1	NA			
MODERATE VERT. IRREGULARITY, VL1	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6	NA			
PLAN IRREGULARITY, PL1	-1,4	-1,3	-1,2	-1	-0,9	-1,2	-0,9	-0,9	-0,8	-1	-0,8	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	NA			
PRE - CODE	-0,3	-0,5	-0,6	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,5			
POST - BENCHMARK	1,4	2	2,5	1,5	1,5	0,8	2,1	NA	2	2,3	NA	2,1	2,5	2,3	2,3	NA	1,2			
SOIL TYPE A OR B	0,7	1,2	1,8	1,1	1,3	0,6	1,5	1,6	1,1	1,5	1,3	1,6	1,3	1,4	1,4	1,3	1,6			
SOIL TYPE E (1-3 STORIES)	-1,2	-1,3	-1,4	-0,9	-0,9	-1	-0,9	-0,9	-0,7	-1	-0,7	-0,8	-0,7	-0,8	-0,8	-0,6	-0,9			
SOIL TYPE E (>3 STORIES)	-1,8	-1,6	-1,3	-0,9	-0,9	NA	-0,9	-1	-0,8	-1	-0,8	NA	-0,7	-0,7	-0,8	-0,6	NA			
MINIMUM SCORE, Smin	1,6	1,2	0,9	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,5			
FINAL LEVEL 1 SCORE SL1>Smin																				
OTHER HAZARDS									EXTENT OF REVIEW											
POUNDING POTENTIAL (UNLESS SL2>CUT-OFF, IF KNOW)									EXTERIOR			PARTIAL			ALL SLIDE			AERIAL		
FALLING HAZARDS FROM TALLER ADJACENT BUILDING																				
GEOLOGIC HAZARDS OR SOIL TYPE F									INTERIOR			NONE			VISIBLE			ENTERED		
SIGNIFICANT DAMAGE/DETERIORATION TO THE STRUCTURAL SYSTEM																				
ACTION REQUIRED									DRAWINGS REVIEW			YES			NO					
YES, UNKNOWN FEMA BUILDING TYPE OR OTHER BUILDING									SOIL TPE SOURCE											
YES, SCORE LESS THAN CUT OFF									GEOLOGIC HAZARD SOURCE											
YES, OTHER HAZARDS PRESENT									CONTACT PERSON											
NO																				
DETAILED NONSTRUCTURAL EVALUATION RECOMMENDED? (CHECK ONE)									LEVEL 2 SCREENING PERFORMED											
YES, NONSTRUCTURAL HAZARDS IDENTIFIED THAT SHOULD BE EVALUATED									YES, FINAL LVL2 SCORE, SL2											
NO, NONSTRUCTURAL HAZARDS EXIST THAT MAY REQUIRE MITIGATION, BUT A DETAILED									NO, IS NOT NECESSARY											
NO, NO NONSTRUCTURAL HAZARDS IDENTIFIED									NONSTRUCTURAL HAZARDS?			YES			NO					
WHERE INFORMATION CANNOT BE VERIFIED, SCREENER SHALL NOTE THE FOLLOWING EST = ESTIMATED OR DNK = DO NOT KNOW																				

(Fuente: FEMA P-154)

1.4.5 Método Cualitativo

Los métodos cuantitativos se basan en el análisis que no por exhaustivo son necesariamente más precisos. Típicamente son extensiones propias de los procedimientos de análisis y diseño antisísmico recomendados por las normas modernas.

▪ Método del índice de la vulnerabilidad

Esta metodología considera aspectos como el tipo de suelo sobre el cual están los cimientos y la inclinación que estas presentan, así como la configuración en planta y elevación, el sistema de organización resistente para ver el grado de organización de los elementos, la tipología estructural, resistencia de la edificación ante cargas sísmicas, el sistema de losa y como



está unido al sistema resistente, la ubicación de elementos no estructurales, entre otros.

El grado de daño que puede sufrir una estructura puede ser de dos tipos:

a) Daño Estructural: daño que se produce en elementos que forman parte del sistema resistente de la edificación.

b) Daño No Estructural: que ocurre en los elementos que no forman parte del sistema resistente principal, incluyendo el daño arquitectónico, daño en los sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios y daño en el contenido del edificio.

El daño estructural depende del comportamiento de los elementos del esquema resistente ya sean vigas, columnas, muros de corte, sistemas de piso, etc.

En el presente proyecto se utilizarán ensayos de tipo no destructivos con el fin de determinar la resistencia aproximada a la compresión, f'_c , de uno de los elementos estructurales que componen el bloque de dirección administrativa.

1.4.6 Ensayos no destructivos

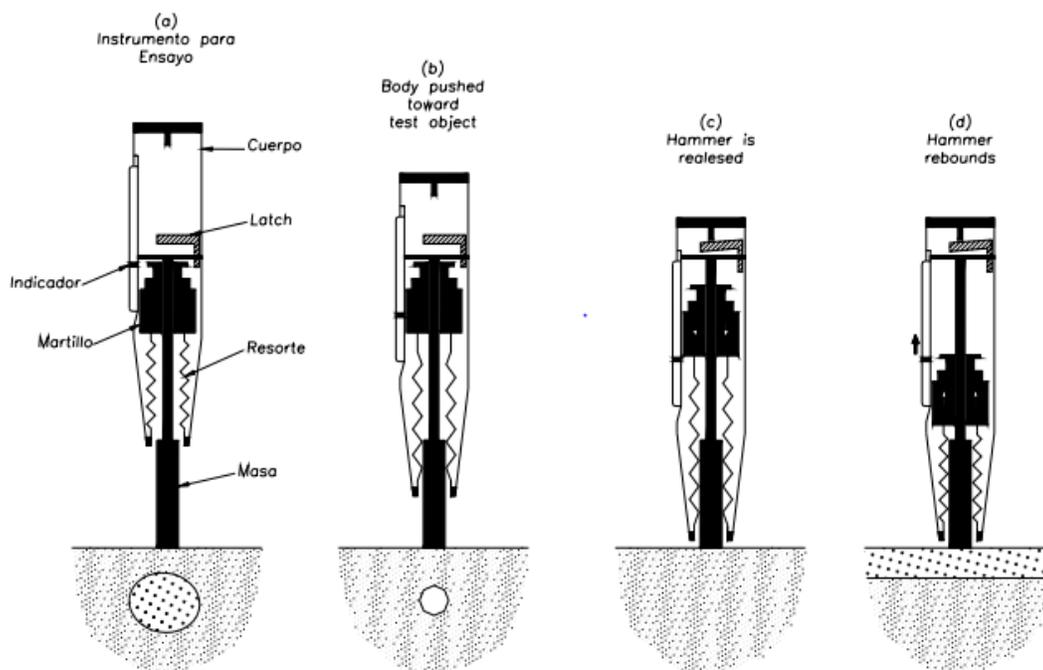
Históricamente, se han llamado “Pruebas no destructivas” porque algunas de las primeras pruebas no dañaron al concreto. Sin embargo al pasar los años, los nuevos métodos han establecido ese resultado como un daño local superficial. Por lo tanto, se utiliza como categoría general la cual incluye los métodos que no alteran al concreto y lo que alteran en menor medida la superficie.

- **Ensayo de esclerometría (ASTM C 805)**

Se han hecho muchos intentos de crear pruebas no destructivas, pero muy pocas de ellas han sido realmente exitosas. Un método para el que se ha encontrado aplicación práctica dentro de un campo limitado es la prueba del martillo de rebote, desarrollada por Ernst Schmidt. También se conoce como la prueba de martillo de impacto o Esclerómetro.

La prueba está basada en el principio de que el rebote de una masa elástica depende de la dureza de la superficie sobre la que golpea la masa. En la prueba del martillo de rebote, una masa impulsada por un resorte tiene una cantidad fija de energía que se le imprime al extender el resorte hasta una posición determinada; esto se logra presionando el émbolo contra la superficie del concreto que se quiere probar. Al liberarlo, la masa rebota del émbolo que aún esta en contacto con el concreto y la distancia recorrida por la masa, expresada como porcentaje de la extensión inicial del resorte, es lo que se llama número de rebote y es señalado por un indicador que corre sobre una escala graduada. El número de rebote es una medida arbitraria, ya que depende de la energía almacenada en el resorte y del volumen de la masa.

Figura 4. Ensayo No Destructivo: Esclerómetro.



(Fuente: Udep)

El martillo tiene que utilizarse sobre una superficie plana, de preferencia cimbrada; por lo tanto, no es posible probar concreto de textura abierta. Las superficies llanadas deben frotarse hasta que queden lisas. Cuando el concreto a prueba no



forma parte de una masa mayor, debe sujetarse firmemente, pues los golpes durante la prueba pueden dar como resultado una disminución del número de rebote registrado.

- **Ensayo de Ferro escáner**

Permite hacer la verificación del acero de refuerzo, su posición y diámetro, aproximarse al recubrimiento de las barras, y la ubicación de los estribos. Es muy útil en patologías de estructuras antiguas donde no existen planos o memorias gráficas.

En la actualidad los ensayos no destructivos son los más usados en la construcción por la facilidad de uso y su bajo costo de implementación pero son aquellos que arrojan datos muy variables y que los vuelven muy inexactos a comparación de los ensayos destructivos. En general el uso de los ensayos no destructivos es para verificar el estado de los elementos que conforman la estructura.

1.5 Antecedentes

Para la realización del presente proyecto se tuvieron dos referentes que realizan procesos similares para el estudio de vulnerabilidad sísmica en diferentes edificaciones.

1.5.1 Tesis en base al estudio del Instituto técnico y tecnológico San José

El estudio de vulnerabilidad sísmica del Centro Técnico y Tecnológico San José siguió la metodología del análisis patológico de la estructura en la cual se realizan una serie de investigaciones del estado actual del instituto y por medio de ensayos de extracción de núcleos, humedad, excavaciones y exploración de suelos se realiza el modelo mediante un software se lleva a cabo el análisis de dicha estructura.

Dando como resultado que la estructura no presenta problemas significativos que requieran intervención inmediata pero si se debe mejorar el sistema de acueductos y replantear el diseño de ciertos elementos estructurales ubicados en el sótano.

1.5.2 Tesis en base al estudio de la catedral del municipio de Ambalema

El estudio de vulnerabilidad sísmica del edificio de la antigua catedral del municipio de Ambalema consiste en la documentación y evaluación de las cargas ejercidas sobre la estructura. La documentación comprende las mediciones de las características de los materiales que componen la edificación.

Dando como resultado que la edificación ha sido intervenida en diferentes ocasiones la mayoría realizada de forma empírica por los habitantes aledaños a la edificación lo que indica que no se pudieron realizar análisis cuantitativos de calidad por la falta de registro de dichas intervenciones.

Lograron establecer planes de exploración para la caracterización de los materiales, por primera vez en la historia del templo se pudo realizar la extracción de muestras con el fin determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales y de acuerdo con los parámetros determinados desarrollaron una modelación numérica precisa.



Capítulo III

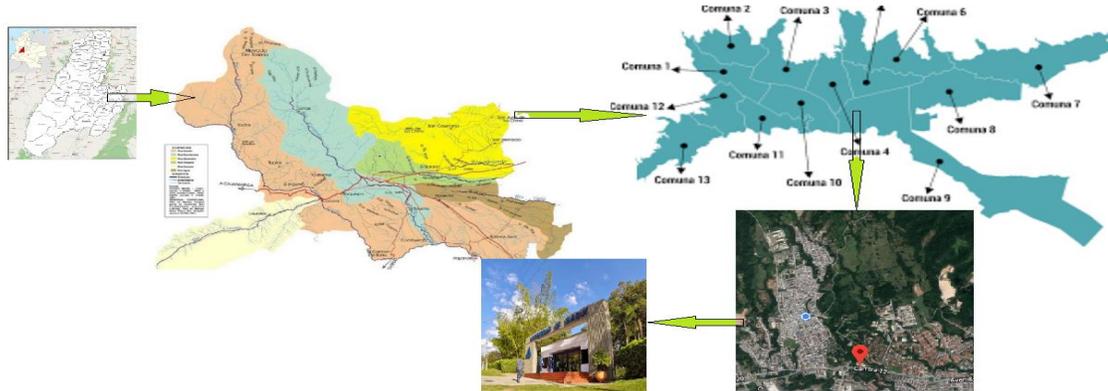
1.6 Localización y aspectos generales

1.6.1 Descripción general

El bloque de la dirección administrativa de la universidad de Ibagué se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Ibagué, en el barrio Ambala de la ciudad de Ibagué, tal y como se muestra en la siguiente figura.

El bloque de la dirección administrativa fue construido hace 36 años, en los inicios de la universidad, este bloque siempre ha estado dispuesto para la atención de toda la comunidad estudiantil. El bloque fue construido antes de que entrara en vigencia la normativa sismo resistente, y, además, corresponde aquellas edificaciones en las que no se tuvieron en cuenta criterios sismo resistente a la hora de su diseño y construcción, esta es la principal razón por la cual sea decidido realizar este proyecto.

Figura 5. Localización del Bloque de dirección administrativa.



(Fuente: Autores)

1.6.2 Descripción Arquitectónica

El bloque de dirección administrativa es un bloque que pertenece a la universidad de Ibagué el cual cuenta con una cierta distribución de oficinas que prestan un servicio a la comunidad estudiantil ya sea de forma administrativa o financiera.

El bloque comprende un área de 385 m² en la cual hay entre quince (15) a diecisiete (17) oficinas que asesoran a la comunidad estudiantil, dos (2) baños para los trabajadores y una cafetería para los mismos con el fin de que tengan un lugar en el que pueda descansar por breves lapsos de tiempo. Cuenta con una altura máxima de 2.8, contando con un muro perimetral de 1 metro de altura y el suelo en el que se encuentra ubicado es de tipo C.



Figura 6. Plano Arquitectónico.



(Fuente: Planta Física)

1.6.3 Descripción Estructural

En cuanto a la parte estructural, el bloque de dirección administrativa cuenta con una sola planta, presenta un sistema estructural aporricado (Columnas unidas por vigas), tiene dos placas de espesor de 8 cm y con áreas de 12.7 m² y 3.5 m² respectivamente, en donde van ubicados dos tanques para el almacenamiento de agua y un aire acondicionado.

Las columnas que comprenden la estructura tienen medidas que van desde 15 cm x 15 cm hasta 35 cm x 25 cm y comprenden un altura en promedio de 2,8 m, mientras que las vigas presentan medidas que van desde 15 cm x 15 cm hasta los 26 cm x 26.

1.7 Resumen de Cargas utilizadas

1.7.1 Cargas verticales

Las cargas verticales analizadas para este proyecto fueron las cargas vivas y las cargas muertas.

▪ Cargas vivas

Las cargas vivas están dadas por el uso que se le da a la edificación y de acuerdo a ello especificadas en la tabla B.4.2.1-1 y B.4.2.1 establecidas por la norma de construcción sismo resistente NRS 10.

Teniendo en cuenta que las cargas vivas que se asignan de acuerdo a su uso aplican a estructuras de dos niveles en adelante y al ser, la estructura a analizar, de un solo nivel las cargas vivas que soportara son únicamente las que genera la cubierta.

Figura 7. Carga viva en cubierta.

CARGA VIVA		
ITEM	CALCULO	VALOR
Tanques	$\frac{[P. Esp. Agua = 9.81KN]}{[Area Tanques = \frac{\pi}{4} * (D^2 = (1.3 m)^2)]}$	7.39



(Fuente: NSR 10)

▪ Cargas muertas

Las losas encontradas en la estructura presentan tamaños relativamente pequeños a comparación de la estructura y su única función es de soportar los tanques de



almacenamiento que abastecen al bloque con una capacidad máxima de 500 L y un diámetro de 1.3 m (ficha técnica colempaques: Tanques bajitos) y a un aire acondicionado que tiene como función controlar el clima de algunas oficinas, además, cuenta con una cubierta en teja tipo canaleta 90 dispuesta en toda el área la cual cuenta con una longitud útil de 4.25 m y un ancho útil de 1 m.

Tabla 2. Avalúo de cargas muertas.

CARGA MUERTA		
ITEM	CALCULO	VALOR
Tanques	$P. \text{ Tanque } KN = (11Kg * 9.81N) / 1000 / A. \text{ Tanqus } = \frac{\pi}{4} * (D^2 = (1.3 m)^2)$	0.08
Teja Eternil	<i>Peso por metro cuadrado de acuerdo a la NSR – 10 Tabla B. 3.4.1 – 4</i>	0.2
Aire Acond.	$\frac{[\text{Peso Aire} = 96 Kg]}{[\text{Area Aire} = 1.33 m^2]} * 0.0098068 KN$	0.71
CARGA MUERTA TOTAL		0.99

(Fuente: Autores)

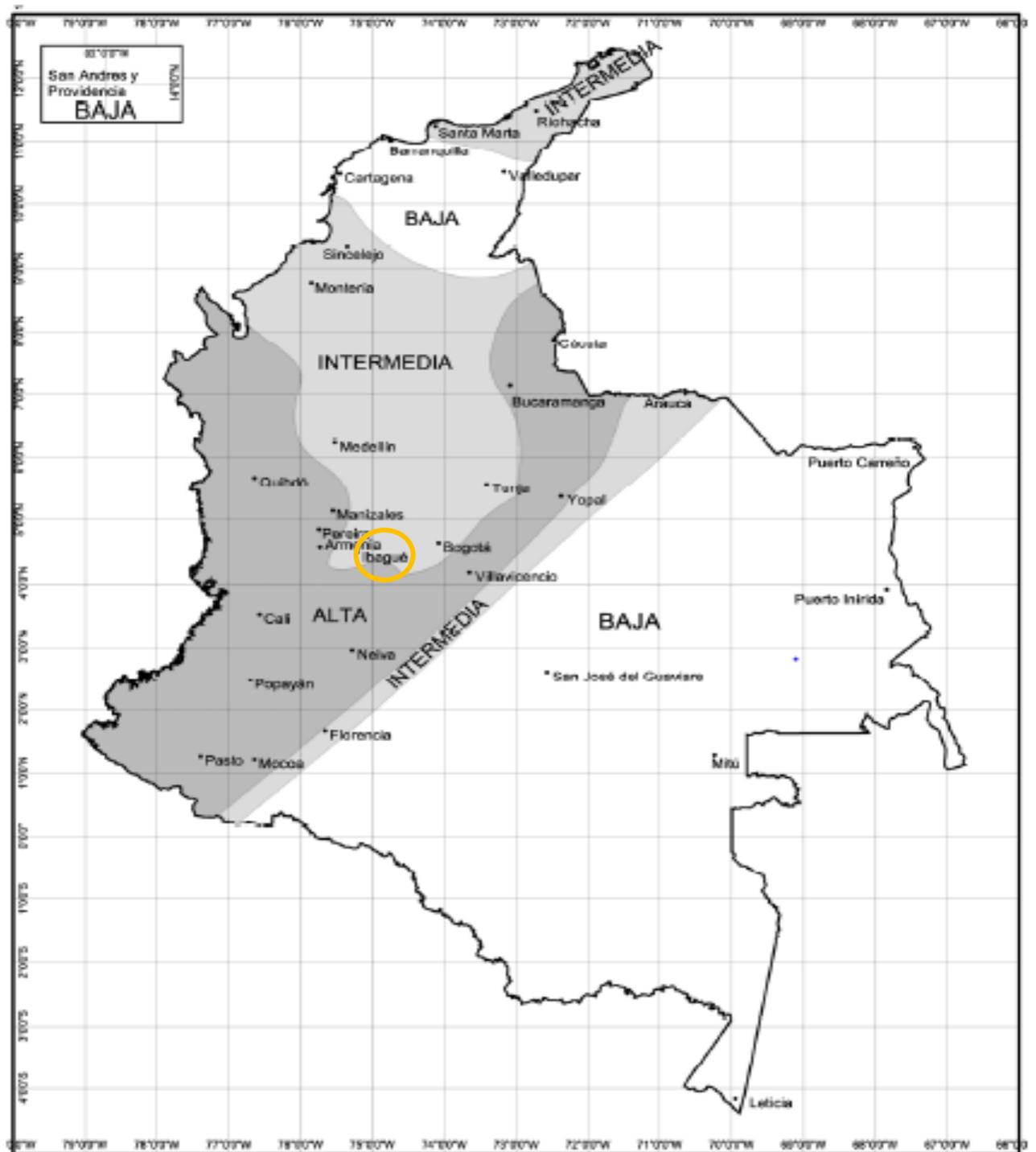
La anterior tabla muestra la carga muerta distribuida de elementos no estructurales que conforman la cubierta. Mientras que los tanques de almacenamiento presentan, al igual que carga muerta, una carga viva que depende del nivel del agua en el que se encuentre y para nuestro caso de estudio es de: $7.36 \text{ KN}/\text{m}^2$, como se menciono en el inciso anterior.

1.8 Análisis Sísmico

1.8.1 Zona de amenaza sísmica

La estructura debe localizarse en una de las zonas de amenaza sísmica dispuesta por la NSR-10 con el fin de obtener los valores de Aa y Av.

Figura 8. Mapa de la distribución Sísmica

Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_s y A_v

(Fuente: NSR 10)

Figura 9. Valores de A_a y A_v según la zona**Tabla A.2.3-2**
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

(Fuente: NRS-10)

Los valores obtenidos de A_a y A_v para la ciudad de Ibagué son los siguientes:

- $A_a = 0.2$
- $A_v = 0.2$

Con un perfil de suelo tipo C, para fácil desarrollo del proyecto.

Figura 10. Valores para F_a según el tipo de suelo.

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.

(Fuente: NRS-10)

Figura 11. Valores para F_v según el tipo de suelo.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
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.

(Fuente: Autores)

Los valores para F_a y F_v , de acuerdo al tipo de suelo y según los valores de A_a y A_v determinados anteriormente, son los siguientes:

- $F_a = 1.2$
- $F_v = 1.6$



Figura 12. Coeficiente de importancia según su uso

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

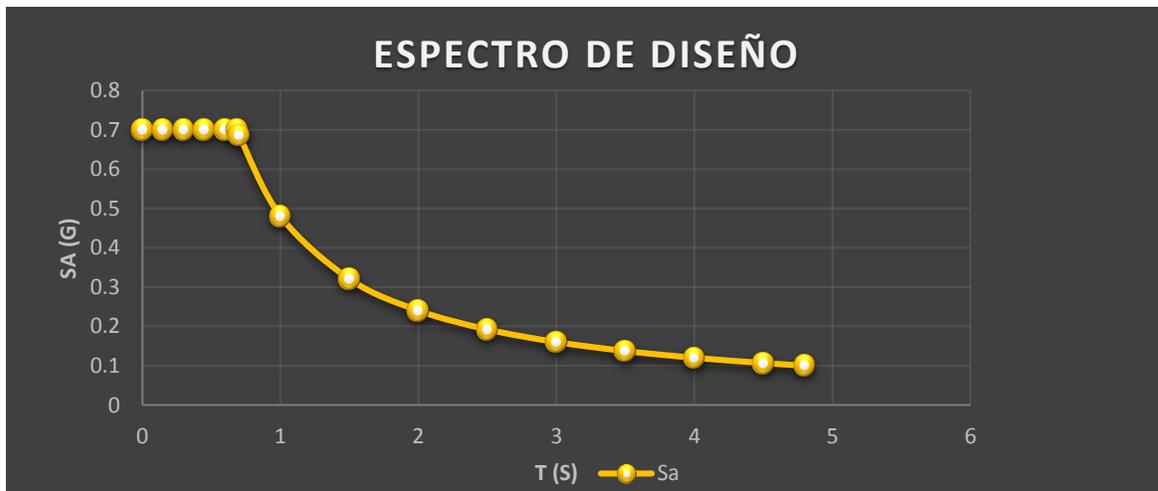
(Fuente: NSR-10)

Teniendo en cuenta que el uso que se le da al bloque de dirección administrativa es atención a la comunidad estudiantil, el valor del coeficiente de importancias es de 1.25.

1.8.2 Espectro de aceleración

Es la gráfica que describe el comportamiento de una fracción de la gravedad al interactuar con diferentes tipos de estructuras y la cual depende de los valores encontrados anteriormente en diferentes instantes de tiempo.

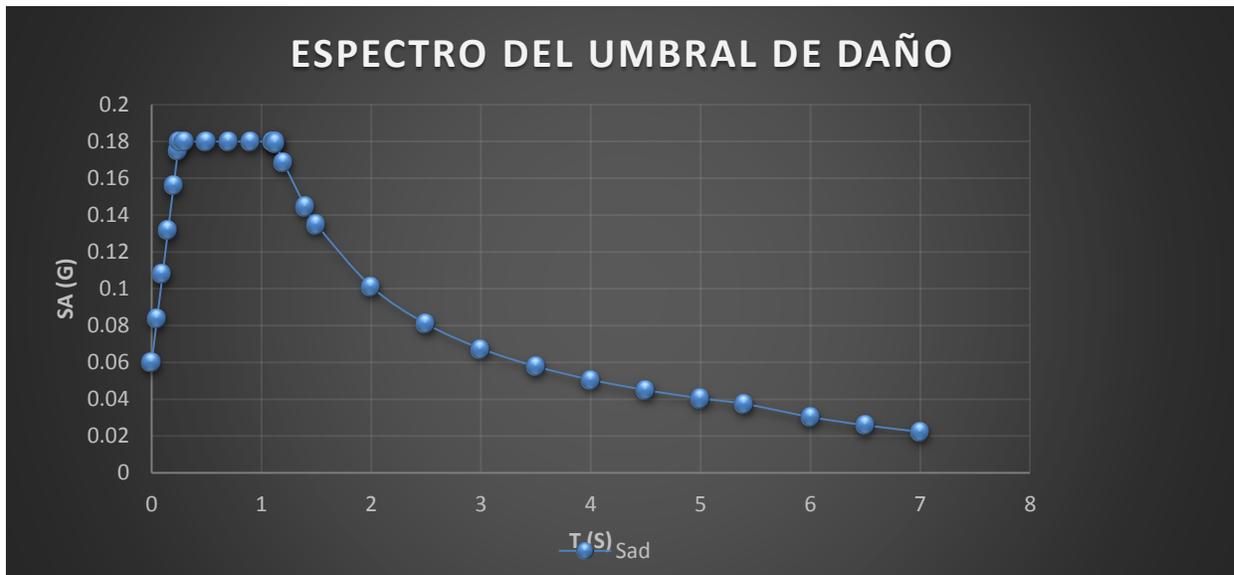
Grafica 1. Espectro de Aceleraciones.



(Fuente: Autores)

1.8.3 Espectro del umbral de daño en el análisis

Grafica 2. Espectro del umbral de daño en el análisis.



(Fuente: Autores)

En la anterior grafica se presenta el espectro del umbral de daño en el análisis que a su vez describe el comportamiento de una fracción de aceleración de la gravedad denominado **Sad** y varía de acuerdo al instante de tiempo en el que se encuentre.

1.9 Metodología para el estudio de vulnerabilidad estructural

La metodología de estudio se basa en el conocimiento del estado de la estructura se evalúa de acuerdo con las características analizadas en campo por medio de una o varias visitas de inspección y diagnóstico y de acuerdo con los datos históricos de su diseño, construcción, y algunos ensayos de tipo no destructivos realizados que puedan ayudar a identificar el comportamiento estructural debido a sucesos extraordinarios y determinar de forma preliminar la línea de degradación o deterioro cronológico de la estructura.

1.9.1 Revisión arquitectónica y estructural preliminar

Se tendrá en cuenta las características geométricas presentes en planta y perfil de la estructura por evaluar.



Esta información es vital importancia para la verificación de la estructura construida y la que se especifica en los planos, en nuestro caso no existía una herramienta importante para el reconocimiento geométrico, arquitectónico y estructural. Por lo que fue necesario la realización de un levantamiento preliminar que fue realizado con cinta métrica. Dentro del levantamiento preliminar se adjuntó las dimensiones de cada uno de los elementos estructurales que se identificaron y se plasmaron en los diferentes planos.

Para el estudio que se realiza a la edificación existente, se tienen en cuenta los elementos estructurales (columnas y vigas) y elementos no estructurales (ventanas, puertas, muros, enchapes, Ventanearía, fachadas) con el objeto de actualizar dichos elementos a la norma de sísmo resistencia vigente (NSR 10).

1.9.2 Verificación del estado actual de la estructura.

El bloque de Dirección Administrativa de la Universidad de Ibagué fue construido antes de la entrada de la vigencia de los reglamentos de Construcción Sísmo Resistente NSR, por lo tanto, el análisis y diseño de muchos de ellos no están acorde a la normativa vigente. Por lo que se hace indispensable realizar una verificación de los elementos estructurales y no estructurales de acuerdo a la Norma NSR 10.

▪ Lista de chequeo para la identificación de deficiencias.

La lista de verificación permite identificar deficiencias siendo la parte más importante del proceso de evaluación.

Los siguientes son los criterios de selección para los diferentes chequeos:

- **C Cumple** – Se realiza esta selección cuando las observaciones concuerdan con el enunciado de la lista.
- **NC No-Cumple** – Se realiza esta selección cuando las observaciones no concuerdan con el enunciado de la lista. Los ítems no conformes son corregidos mediante la propuesta de reforzamiento.

- N/A No Aplicable – Se realiza esta selección cuando el enunciado de la lista no sea aplicable a la edificación en evaluación. Los ítems no aplicables no se toman en consideración en la evaluación de la seguridad sísmica del edificio.

- **Amenazas geotécnicas**

- **Licuefacción:**

No deben existir suelos sueltos, granulares, saturados, susceptibles a licuefacción porque podrían comprometer el desempeño sísmico de la edificación en los 15 metros por debajo de la cimentación.

No Aplica

Debido a que no se realizó estudio de suelo que permita analizar este tipo de fallencias

- **Falla de ladera:**

Si la pendiente del terreno es superior al 17% e inferior al 30%, se requiere una evaluación más detallada para determinar qué medidas de mitigación o reforzamiento son las necesarias.

Cumple

Gracias a las visitas realizadas se pudo detallar que el terreno cumple con lo especificado en el ítem.

- **Cimientos**

- **Cimientos de muros:**

Todas las columnas están conectadas a la cimentación.

Los cimientos están empotrados al menos 50cm por debajo del nivel de desplante.

No Aplica

No se realizó estudio de la cimentación que determinara este ítem.



➤ **Desempeño de los cimientos**

No hay evidencias de movimientos excesivos de la cimentación, como asentamientos o levantamientos que afecten la integridad o resistencia de la estructura.

Cumple

La estructura no presenta variaciones excesivas sobre sus ejes por lo que no se evidencian desplazamientos respectivos a la cimentación.

➤ **Volcamiento:**

La altura total de la edificación (h) es inferior a tres veces la menor dimensión lateral (w).

Cumple

La edificación cumple con esta condición.

▪ **Sistema Constructivo**

➤ **Materiales:**

Los materiales utilizados para los sistemas de cargas por gravedad y de cargas laterales son de concreto reforzado y mampostería de unidades de arcilla, o unidades de concreto.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ **Cantidad de pisos:**

La cantidad máxima de pisos está de acuerdo a lo establecido en la tabla A1.3

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ **Altura de pisos:**

Se considerarán que CUMPLEN las estructuras que tengan una altura máxima de 25 veces el espesor mínimo de los muros en ese piso (NSR-10, 10.3.3). No se recomienda que en ningún caso la altura libre exceda los 3.0 metros en planta baja, o 2.75 metros en los pisos superiores.

Cumple

La edificación cumple con este ítem gracias a que la altura máxima es de 2.8 metros.

➤ **Muros:**

Los muros estructurales están compuestos de unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos y mortero. Las unidades de mampostería y las juntas están en condiciones aceptables.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ **Voladizo:**

Los muros perimetrales de los niveles superiores no están soportados por voladizos o aleros que se extiendan desde las paredes exteriores inferiores más allá del 50% del espesor de la pared.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ **Daños:**

La estructura no tiene daños producidos por sismos ni eventos climáticos, ni en las paredes de mampostería ni en el sistema de cubierta.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.



▪ Muros de Mampostería

➤ Confinamiento:

Los muros están ajustados a las vigas superiores de amarre (conocidas comúnmente como viga cinta) o a las placas de entrepiso y a las columnas.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ Vanos:

Las puertas, ventanas, y otras aberturas mayores a 0.5m deberán extenderse hasta la viga de amarre, o deberán contar con un dintel de concreto reforzado.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ Viga de amarre:

Las edificaciones con techo en cubierta liviana cuentan con un elemento de concreto continuo, y con refuerzo de acero en la parte superior de las paredes para transferir fuerzas laterales a las paredes transversales.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

▪ Configuración

➤ Torsión

Hay muros en todos los lados exteriores de la edificación, a no más de un 25% de la cota en planta del borde de la edificación, incluyendo plantas en Longitud y en Transversal.

Cumple

La edificación cumple con este ítem.

➤ **Juntas sísmicas
edificaciones adyacentes**

Si la Junta Sísmica cumple lo dispuesto en el Capítulo A.6 del Reglamentos NSR10 (Figura A.6.5-1),

No Aplica

La edificación solo cuenta con una planta.

➤ **Discontinuidades verticales**

En general, los muros del Segundo nivel están ubicados sobre los del primer nivel. Los muros del segundo nivel que no estén alineados con los del nivel inferior, estarán soportados por alguna de las siguientes maneras, y no tendrán más de 3.0m de longitud sin apoyo

No Aplica

La edificación solo cuenta con una planta.

▪ **Elementos Constructivos**

➤ **Columnas**

DMO

C.21.3.5 — Columnas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)

C.21.3.5.1 — La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 250 mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.20 m pero su área no puede ser menor de 0.0625 m².

No Cumple

La edificación no cumple con este ítem.

DES

C.21.6.1.1 — La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm. Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.25 m pero su área no puede ser menor de 0.09 m².

No Cumple

La edificación no cumple con este ítem.

➤ **Vigas**



DMO

C.21.3.4.1 — El ancho del elemento, b_w , no debe ser menor que 200 mm.

No Cumple

La edificación no cumple con este ítem.

DES

C.21.5.1.3 — El ancho del elemento, b_w , no debe ser menor que el más pequeño de $0.3b$ y 250 mm.

No Cumple

La edificación no cumple con este ítem.

1.9.3 Verificación mediante el método FEMA P-154

Este método consiste en llenar un formulario el cual contempla la descripción de la edificación con información correspondiente a la localización, número de pisos, año de construcción, área construida, nombre de la edificación, uso, imagen de la edificación, además, cuenta con un espacio para esquematizar las irregularidades tanto en planta como en elevación y recuadros donde se señalaran el uso, la cantidad de personas que la ocuparan, el tipo de suelo, los elementos no estructurales que la conforman.

Posee 15 estructuraciones a contemplar, las cuales serán presentadas con los índices básicos de acuerdo al riesgo sísmico de la localidad, luego presenta un recuadro donde están los factores de ajuste del índice básicos por las siguientes características: altura media (4 – 7 niveles), gran altura (≥ 8 niveles), irregularidades en elevación, irregularidades en planta, ajuste por el año de la edificación ante de uso de la primera normativa, ajuste por el año de construcción después de la normativa vigente.

Por último, se determinará el valor final a través de una suma algebraica de los valores involucrados, que dependen de la información anteriormente mencionada, y el cual nos indica si hay o no necesidad de realizarle un estudio de vulnerabilidad con mayor profundidad a la edificación.

1.9.4 Ensayos de laboratorio

Se pretende realizar ensayos no destructivos (esclerómetro y ferro escáner) en diferentes elementos estructurales que conforman la edificación, siendo estos seleccionados mediante un muestreo representativo con el fin de determinar las características y propiedades de cada uno de ellos y verificar si cumplen con lo estipulado por el reglamento de construcción sismo resistente NSR-10.



1.9.5 Análisis estructural mediante el programa ETABS (Modelo Matemático)

En la siguiente etapa se realiza el análisis del edificio a partir de una modelación estructural en ETABS, aplicando todos los criterios y requerimientos que la NSR-10 exige.

Lo siguiente será determinar todo los elementos que conforman la estructura (vigas, columnas y placas). Los cuales determinan la geometría del edificio, lo anterior está definido por las plantas arquitectónicas, posteriormente se definieron las cargas gravitacionales y sísmicas con el fin de cargar el modelo estructural.

En este punto se darán a conocer las cargas muertas y vivas mínimas que se exigen en el código colombiano, de igual forma se mostrara como se calcula el espectro sísmico de diseño que, posteriormente, será cargado al programa con el fin de simular las cargas procedentes de un sismo.

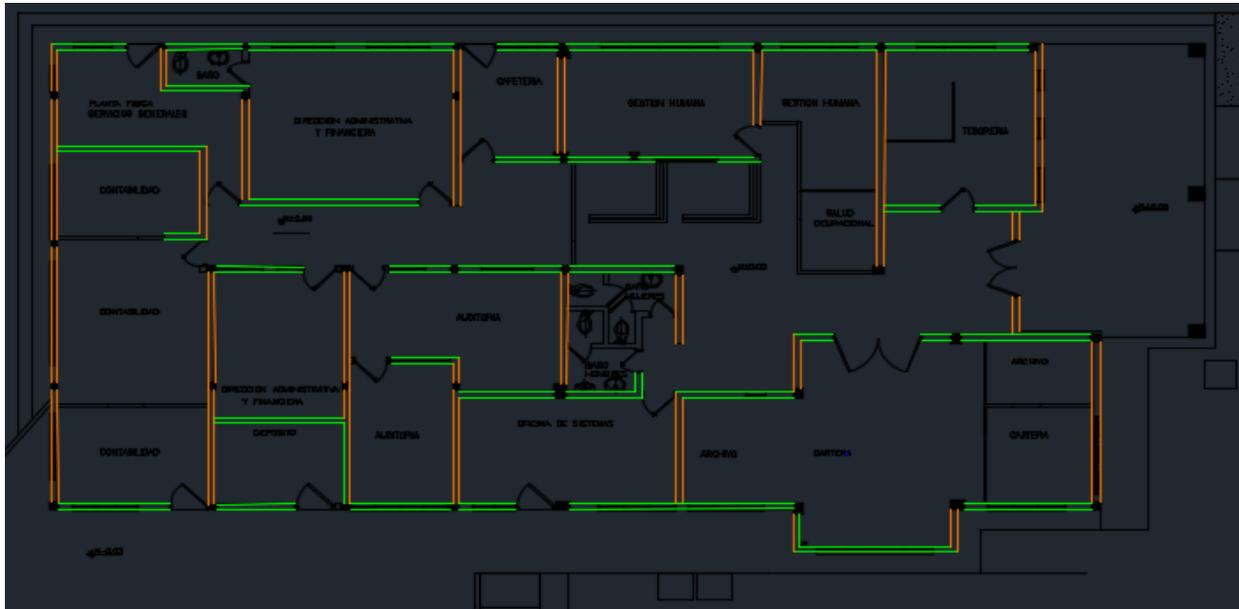
Después de este análisis que realiza el ETABS, se muestra cómo se analizan los resultados que el programa arroja, es decir se analiza si la estructura tiene o no alguna de las irregularidades que el código colombiano tiene, si cumple o no por derivas.

Capítulo IV

1.10 Análisis de resultados

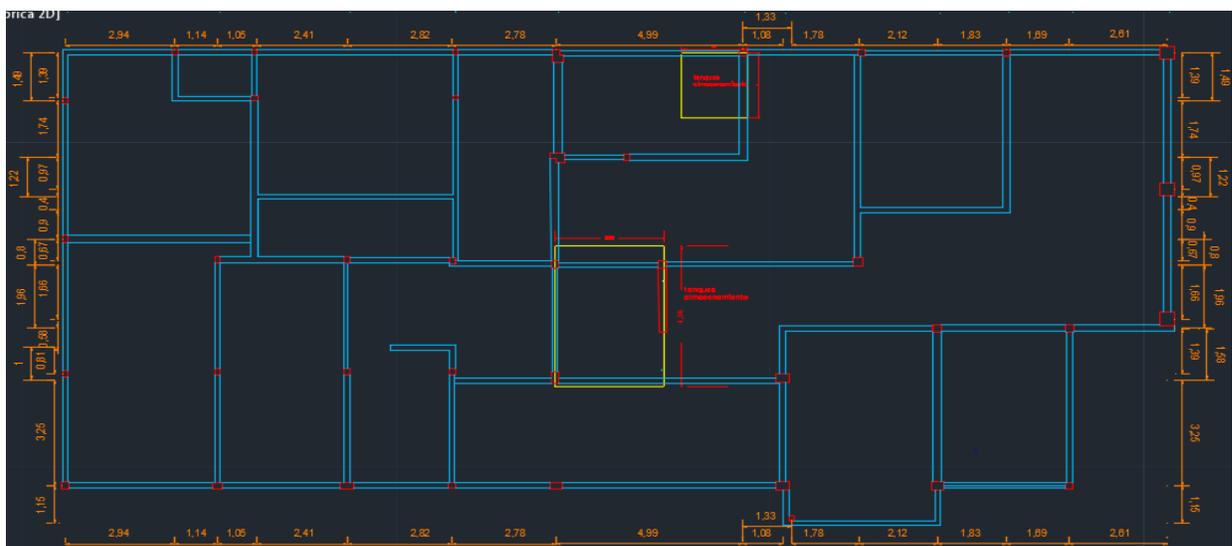
1.10.1 Revisión arquitectónica y estructural

Figura 13. Plano Arquitectónico Bloque de dirección Administrativa.



(Fuente: Autores)

Figura 14. Plano Estructural Bloque de Dirección Administrativa



(Fuente: Autores)



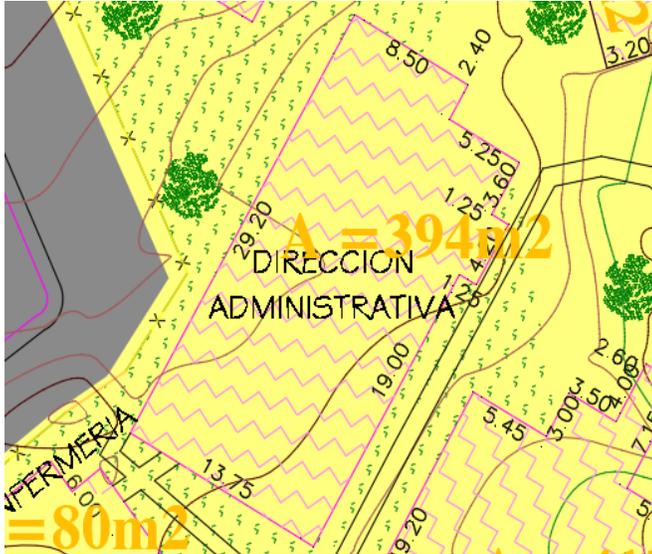
1.10.2 Estado actual de la estructura

Los chequeos realizados para verificar las condiciones de las edificaciones se basaron en los métodos mencionados anteriormente (FEMA P-154 y NSR-10).

- **Chequeo FEMA P-154**

Tabla 3. . Método FEMA P-154 para la evaluación de la edificación, parte 1

FEMA P-154 RAPID VISUAL SCREENING OF BUILDINGS FOR POTENTIAL SEISMIC HAZARDS LEVEL 1				
	ADRESS	Cra. 22 Calle 67 Barrio Ambalá, Ibagué, Tolima		
	ZIP	730001		
	USER			
	LATITUDE	4°27'01"N	LONGITUDE	75°11'58"W
	Ss		S1	
	SCREENER		DATE/TIME	17/06/2018 / 13:26
	# STORIES			
	ABOVE GRADE	1	BELOW GRADE	0
	TOTAL FLOOR AREA (m2)	394		
	YER BUILT	1981	CODE YEAR	98
	ADDITIONS			
	NONE	X	YES, YEAR	<input type="checkbox"/>
	OCCUPANCY			
	ASSEMBLY	<input type="checkbox"/>	EMERGENCY	<input type="checkbox"/>
	INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>	SCHOOL	<input type="checkbox"/>
UTILY	<input type="checkbox"/>	RESIDENTIAL	<input type="checkbox"/>	
COMMERCIAL	<input type="checkbox"/>	HISTORIC	<input type="checkbox"/>	
OFFICE	X	GOVENMMENT	<input type="checkbox"/>	
WAREHOUSE	<input type="checkbox"/>	SHELTER	<input type="checkbox"/>	
SOIL TYPE				
A (HARD ROCK)	<input type="checkbox"/>	D (STIFF SOIL)	<input type="checkbox"/>	
B (AVG ROCK)	<input type="checkbox"/>	E (SOFT SOIL)	<input type="checkbox"/>	
C (DENSE SOIL)	X	F (POOR SOIL)	<input type="checkbox"/>	
IF DNK ASUME TYPE D				
GEOLOGIC HAZARDS				
LIQUEFACTION	YES <input type="checkbox"/> /NO X / DNK <input type="checkbox"/>			
LANDSLIDE	YES <input type="checkbox"/> /NO X / DNK <input type="checkbox"/>			
PHOTO				



SURFACE RUPTURE	YES <input type="checkbox"/> /NO <input checked="" type="checkbox"/> / DNK <input type="checkbox"/>
ADJACENCY	
POUNDING	6 m y 4.78 m
FALLING HAZARDS TALER ADJ. BUILDING	<input type="checkbox"/>
IRREGULARITIES	
VERTICAL TYPE/SEVERITY	Niveles divididos
PLAN TYPE	NO Presenta
EXTERIOR FALLING HAZARDS	
UMBRACED CHIMNEYS	NO Presenta
PARAPETS	NO Presenta
HEAVY CLADDING	NO Presenta
APPENDAGES	NO Presenta
OTHER	NO Presenta
COMMENTS	
ES UN EDIFICIO CON UNA ESTRUCTURA MUY SOLIDA, QUE NO HA PRESENTADO DAÑOS NI EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES NI EN LO NO ESTRUCTURALES Y EL TERRENO DONDE SE ENCUENTRA ES ESTABLE	
ADDITIONAL COMMENTS ON SEPARATED PAGE <input type="checkbox"/>	

(Fuente: Autores)



Figura 15. Tabla de Evaluación FEMA P-154, parte 2.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, SL1																				
FEMA BUILDING TYPE	V1	V1A	V2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (UR MIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (UR MIN F)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH			
BASIC SCORE	5.1	4.5	3.8	2.7	2.6	3.5	2.5	2.7	2.1	2.5	2	2.1	1.9	2.1	2.1	1.7	2.9			
SEVERE VERT. IRREGULARITY VL1	-1.4	-1.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.4	-1.1	-1.2	-1.1	-1.2	-1	-1.1	-1	-1.1	-1.1	-1	NA			
MODERATE VERT. IRREGULARITY, VL2	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	NA			
PLAN IRREGULARITY, PL1	-1.4	-1.3	-1.2	-1	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.8	-1	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	NA			
PRE - CODE	-0.3	-0.5	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.5			
POST - BENCHMARK	1.4	2	2.5	1.5	1.5	0.8	2.1	NA	2	2.3	NA	2.1	2.5	2.3	2.3	NA	1.2			
SOIL TYPE A OR B	0.7	1.2	1.8	1.1	1.3	0.6	1.5	1.6	1.1	1.5	1.3	1.6	1.3	1.4	1.4	1.3	1.6			
SOIL TYPE E (1-3 STORIES)	-1.2	-1.3	-1.4	-0.9	-0.9	-1	-0.9	-0.9	-0.7	-1	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.6	-0.9			
SOIL TYPE E (>3 STORIES)	-1.8	-1.6	-1.3	-0.9	-0.9	NA	-0.9	-1	-0.8	-1	-0.8	NA	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	NA			
MINIMUM SCORE, Smin	1.6	1.2	0.9	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.5			
FINAL LEVEL 1 SCORE = 0.7 AND SCORE MIN = 0.3																				
OTHER HAZARDS									EXTENT OF REVIEW											
POUNDING POTENTIAL (UNLESS SL2>CUT-OFF, IF KNOW)									<input type="checkbox"/>			EXTERIOR		PARTIAL		ALL SLIDE		AERIAL		
FALLING HAZARDS FROM TALLER ADJACENT BUILDING									<input type="checkbox"/>					X						
GEOLOGIC HAZARDS OR SOIL TYPE F									<input type="checkbox"/>			INTERIOR		NONE		VISIBLE		ENTERED		
SIGNIFICANT DAMAGE/DETERIORATION TO THE STRUCTURAL SYSTEM									<input type="checkbox"/>			R		X						
ACTION REQUIRED									DRAWINGS REVIEW											
YES, UNKNOWN FEMA BUILDING TYPE OR OTHER BUILDING									<input type="checkbox"/>			SOIL TPE SOURCE				X		NO		
YES, SCORE LESS THAN CUT OFF									<input type="checkbox"/>			GEOLOGIC HAZARD SOURCE						C		
YES, OTHER HAZARDS PRESENT									<input type="checkbox"/>			CONTACT PERSON						SI		
NO									X			LEVEL 2 SCREENING PERFORMED								
DETAILED NONSTRUCTURAL EVALUATION RECOMMENDED? (CHECK ONE)									YES, FINAL LVL2 SCORE, SL2											
YES, NONSTRUCTURAL HAZARDS IDENTIFIED THAT SHOULD BE EVALUATED									<input type="checkbox"/>			NO, IS NOT NECESSARY						X		
NO, NONSTRUCTURAL HAZARDS EXIST THAT MAY REQUIRE MITIGATION, BUT A									<input type="checkbox"/>			NONSTRUCTURAL HAZARDS?								
NO, NO NONSTRUCTURAL HAZARDS IDENTIFIED									X			YES		<input type="checkbox"/>				NO X		

(Fuente: Autores)

De acuerdo al diagnóstico realizado:

El edificio cuya vulnerabilidad se está analizando constas con una sola planta (una edificación), la cual está estructurada por un sistema denominado “*pórticos de concreto resistentes a momento*”, también consta de muros de mampostería como cerramiento laterales y divisiones internas.

Si el índice de la metodología es mayor o igual que dos (≥ 2), no necesita reforzamiento, el índice 2 significa que la edificación tiene una probabilidad de 1 a 100 de que colapse

Características:

el único piso de la estructura presenta una irregularidad en altura debido a que posee columnas cortas para un valor de -1.1 y con valor de -0.3 en el pre-code, para un valor total de Sa igual a 0.3, lo cual indica que la estructura del bloque de dirección administrativa debe ser intervenida ya que, según el método FEMA P-154, esta es vulnerable.

▪ **Método NSR-10**

Tabla 4 a, Método de verificación de la NRS-10

LISTA DE VERIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS						
1	Amenaza geotécnicas	C	N.C	N.A	Observaciones	Ilustración
1.1	Licuefacción					
1.2	Falla de ladera					
1.3	Muros de contención				No se necesitan muros de contención	
2	Cimientos					
2.1	Cimentación de muros				No hay estudio de la cimentación	
2.2	Desempeños de muros				No se evidencia movimientos en la cimentación	
2.3	Volcamiento				La altura del edificio no sobrepasa la altura estipulada para sufrir una falla por volcamiento	
2.4	Conexión entre elementos de la cimentación				No hay estudio de la cimentación	
2.5	Deterioro				No hay estudio de la cimentación	
3	Sistema Constructivo					
3.1	Materiales				Los materiales están hechos en concreto reforzado	
3.2	Cantidad de pisos					
3.3	Altura de pisos				La altura máxima de piso es menor a 25 veces el espesor mínimo de los muros	
3.4	Sistema de pisos y cubierta					
3.5	Muros				Los muros que conforman la estructura son de materiales adecuados y las juntas están en óptimas condiciones	
3.6	Voladizos				Los muros perimetrales no descansan sobre voladizos	
3.7	Daños					

(Fuente: Autores)



Tabla 5 b, Método de verificación de la NRS-10

4	Muros de Mampostería				
4.1	Confinamiento				Los muros están confinados por las vigas de amarre
4.2	Vanos				
4.3	Viga de amarre				
4.4	Porcentaje area muros				
5	Configuración				
5.1	Torsión				Hay muros presentes en todas las direcciones
5.2	Juntas sísmicas edificación adyacente				
5.3	Discontinuidades Verticales				



(Fuente: Autores)

1.11 Ensayos de laboratorio

1.11.1 Esclerometría

Para este ensayo se seleccionaron seis columnas distribuidas alrededor de la edificación, aunque la norma solicita tomar 3 elementos para un área aproximada de 900 m² y la edificación solo tiene en promedio 385, con el fin de representar el mayor número de columnas.

El uso de la herramienta se debe hacer con el mayor de los cuidados debido a que los valores arrojados dependen de distintos factores como lo son la ubicación del instrumento, el ángulo en el que se posicione y la superficie en la que se trabaje.

Los resultados arrojados fueron los siguientes:

- **Columna 1**

Figura 16. Columna 1, ensayo esclerométrico.



(Fuente: Autores)

Tabla 6. Datos Columna 1 de IDR y CCS

INDICE DE REBOTE (KN/mm2)			C.C.S. (Mpa)		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
27	33	37	16	24	29
28	35	37	21	24	29
27	31	41	17	24	35
27	33	29	16	25	19
31	34	36	16	22	28
28	36	34	21	28	25
28	35	42	17	26	24
30	36	36	17	24	36
30	34	35	20	25	20
			20	22	26
28.44	34.11	36.33	18.1	24.4	27.1
MEDIA INDICE DE REBOTE			MEDIA C.C.S.		
32.96			23.2		

(Fuente: Autores)

- **Columna 2**

Figura 17. Columna 2, ensayo esclerométrico.



(Fuente: Autores)

Tabla 7. Datos Columna 2 de IDR y CCS

INDICE DE REBOTE (KN/mm ²)			C.C.S. (Mpa)		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
32	36	36	26	28	28
36	37	34	28	29	25
36	34	38	28	25	31
35	35	34	26	26	25
37	36	39	29	28	29
35	35	32	26	25	26
35	37	35	26	29	24
34	39	33	25	25	25
37	36	34	29	28	34
35.22	36.11	35	27	27	27.44
MEDIA INDICE DE REBOTE			MEDIA C.C.S.		
35.44			27.15		

(Fuente: Autores)

- **Columna 3**

Figura 18. Columna 3, ensayo esclerométrico.



(Fuente: Autores)

Tabla 8. Datos Columna 3 de IDR y CCS

INDICE DE REBOTE (KN/mm ²)			C.C.S. (Mpa)		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
42	38		36	31	
46	38		39	31	
40	36		31	30	
38	36		33	28	
44	39		31	32	
39	36		39	28	
41	40		32	33	
41	41		35	35	
42	39		35	32	
41.44	38.11		34.56	31.11	
MEDIA INDICE DE REBOTE			MEDIA C.C.S.		
39.78			32.84		

(Fuente: Autores)

Para esta columna no se pudo realizar el análisis en la parte inferior debido a que el concreto en esa zona se encontraba completamente quemado y por ende su superficie no dejaba trabajar de forma correcta al esclerómetro.

- **Columna 4**

Figura 19. Columna 4, ensayo esclerométrico.



(Fuente: Autores)

Tabla 9. Datos Columna 4 de IDR y CCS

INDICE DE REBOTE (KN/mm2)			C.C.S. (Mpa)		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
31	31	39	21	22	32
36	28	33	28	22	24
35	28	35	26	17	26
34	31	38	25	19	29
37	38	36	29	23	28
33	32	37	24	31	29
32	37	40	22	24	33
32	35	35	22	29	26
33	30	36	24	20	28
33.67	32.22	36.56	24.56	23	28.33
MEDIA INDICE DE REBOTE			MEDIA C.C.S.		
34.15			25.3		

(Fuente: Autores)

- **Columna 5**

Figura 20. Columna 5, ensayo esclerométrico



(Fuente: Autores)

Tabla 10. . Datos Columna 5 de IDR y CCS

INDICE DE REBOTE (KN/mm2)			C.C.S. (Mpa)		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
33	36	42	24	28	25
36	36	36	28	26	28
34	35	36	25	29	28
34	35	36	25	26	28
33	36	37	25	28	29
33	40	36	24	33	28
34	35	38	25	26	31
33	39	40	24	32	33
33	35	38	24	26	31
33.67	36.33	37.67	24.89	28.22	29
MEDIA INDICE DE REBOTE			MEDIA C.C.S.		
35.89			27.37		

(Fuente: Autores)

- **Columna 6**

Figura 21. Columna 6, ensayo esclerométrico



(Fuente: Autores)

Tabla 11. Datos Columna 6 de IDR y CCS

INDICE DE REBOTE (KN/mm ²)			C.C.S. (Mpa)		
Superior	Medio	Inferior	Superior	Medio	Inferior
31	37	46	21	29	39
36	39	42	28	32	36
31	34	44	21	25	39
33	35	48	24	26	34
34	38	43	25	25	33
35	34	43	20	25	33
30	36	47	26	25	35
32	39	47	20	32	38
31	35	48	22	26	38
32.56	36.33	45.33	23	27.22	36.11
MEDIA INDICE DE REBOTE			MEDIA C.C.S.		
38.07			28.78		

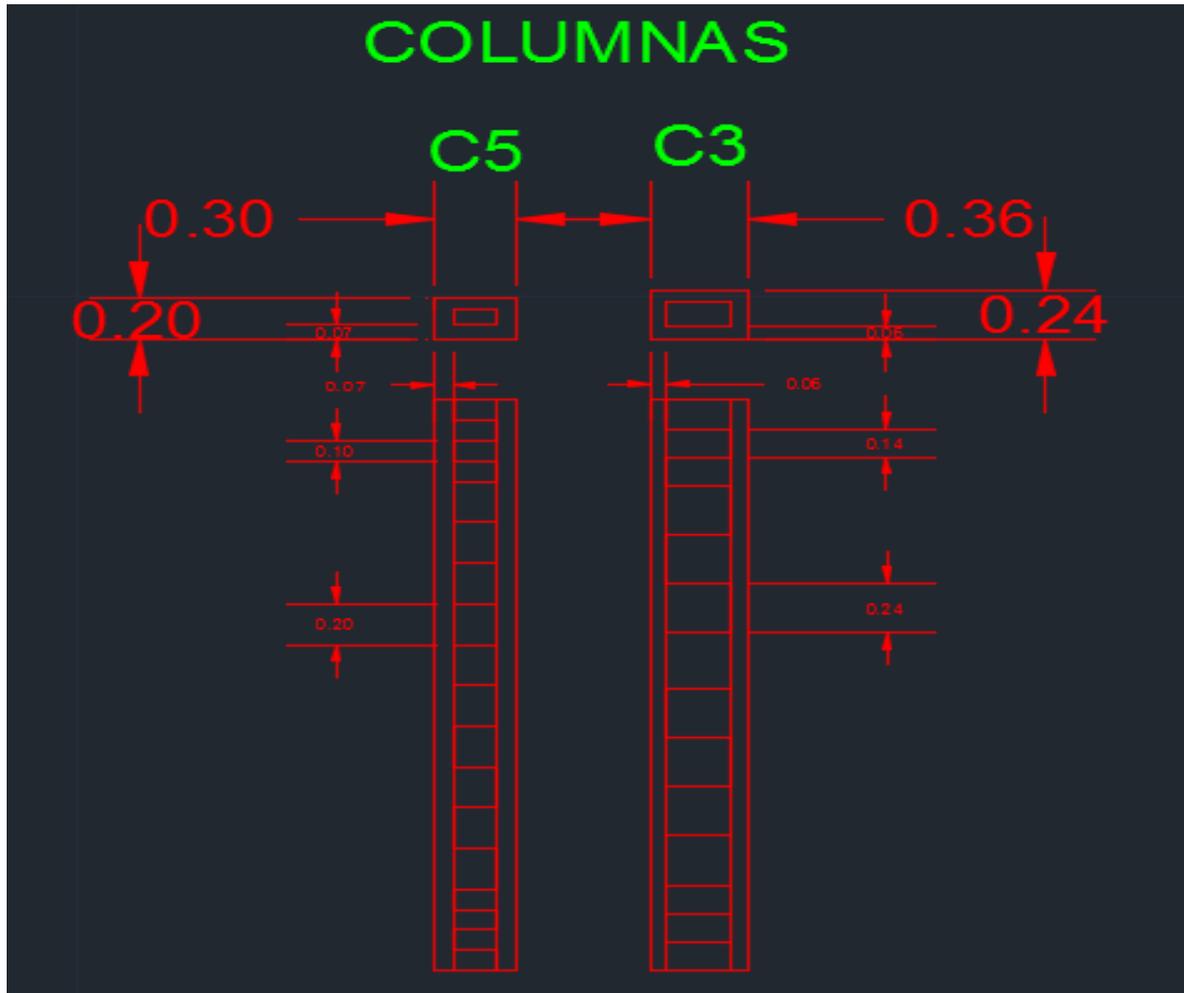
(Fuente: Autores)

1.11.2 Ferro escáner

A la hora realizar el ensayo de ferro escáner es indispensable tener la zona libre de objetos metálicos que puedan generar alteraciones en la toma de datos, el instrumento debe ser reiniciado en un intervalo de tiempo de cinco minutos para evitar que el instrumento memorice ejes ya referenciados y arroje distancias erróneas, y se debe cargar el ferro escáner antes de empezar el ensayo para no dejar el desarrollo de este inconcluso.

Para el ensayo con el ferro escáner se seleccionaron cuatro de las seis columnas trabajas en el ensayo de esclerometría con el fin de determinar la distribución espacial del acero de refuerzo en la columna, los datos arrojados son representados en la siguiente figura.

Figura 22. Distribución de acero Ensayo Ferro escáner.



(Fuente: Autores)

Dos columnas tipo C3 y dos tipo C5 fueron las analizadas en el ensayo de ferro escáner.

Las columnas C3 tienen una separación de refuerzo transversal de 0.14 m en las zonas de confinamiento y una separación de 0.24 m para la zona central, y presenta una cuantía de 0.06 m para el acero de refuerzo longitudinal.

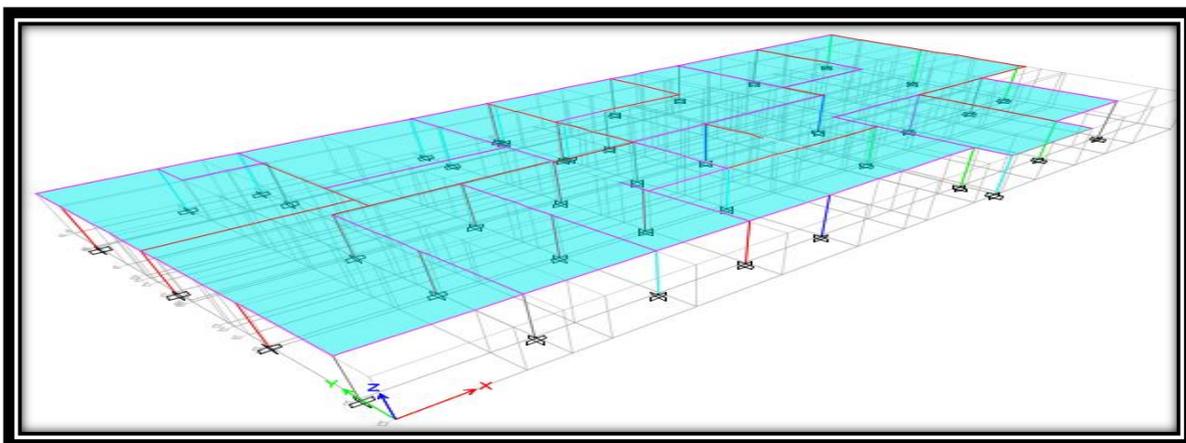
Las columnas C5 tienen una separación de refuerzo transversal de 0.10 m en las zonas de confinamiento y una separación de 0.20, para la zona central y presenta una cuantía de 0.07 m para el acero de refuerzo longitudinal.

1.12 Análisis estructural por medio del programa ETABS

Etabs, es un programa adecuado para el análisis estructural y dimensionamiento de edificios, además de esto, permite el modelado de la estructura y su respectivo seguimiento, dando al ingeniero o respectivamente al usuario un conjunto de herramientas que le permiten asegurar a este mismo el respectivo proceso de diseño basado en las normativas aplicadas a cada país.

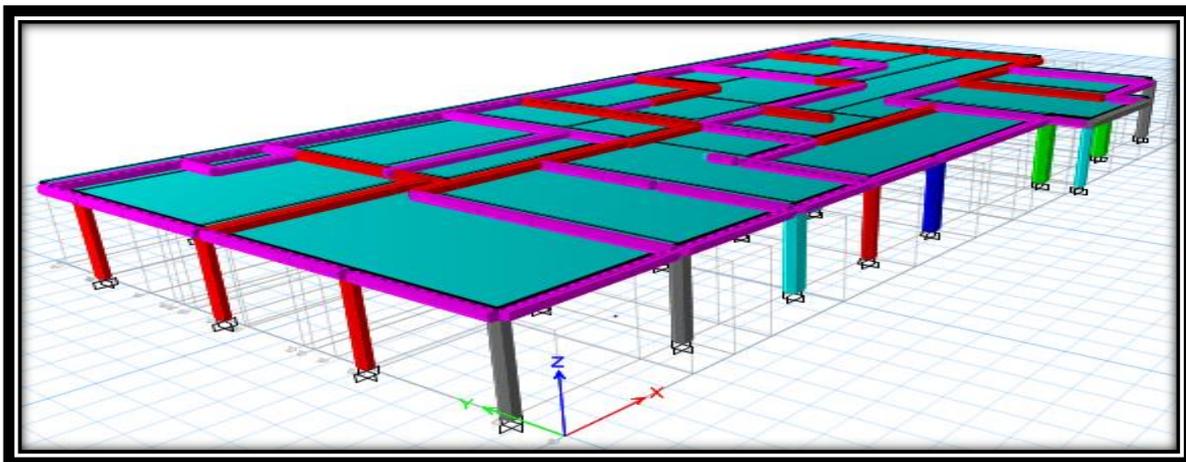
1.12.1 Modelo Estructural

Figura 23. Modelo Estructural



(Fuente: Autores)

Figura 24. Modelo Etabs vista 3D



(Fuente: Autores)

cortantes, momentos, en general una gran cantidad de datos que proporciona el software.

Figura 26. Calculo de la Fuerza Horizontal Equivalente

Piso	W (Ton)	h (m)	W*h	Cv	FHE	FHE x columna	
1	83.973162	2.8	235.12485		1	235.12485	7.347651682
Cortante Basal							
				Vb	235.1248538		

(Fuente: Autores)

1.12.3 Presentación del chequeo de Derivas

Es de saber que en principio los grandes desplazamientos laterales afectan directamente la seguridad constructiva en su totalidad, esto debido al daño que pueden representar para aquellos elementos denominados como No estructurales sin embargo; cuando estos desplazamientos son mucho mayores a lo establecido en la norma no solo afecta a estos elementos si no que por consiguiente se ve manifestado en aquellos elementos estructurales también.

Entendiendo lo anterior y aplicando los criterios de la norma sismo-resistente (NSR-10) se concluye que la relación entre estos desplazamientos laterales denominados Derivas y la altura del piso, no debe ser superior al 1%, pero al tratarse de una edificación con un grado de importancia III también se debe verificar que los desplazamientos laterales no superen el 0.4% con respecto a la altura de piso, en el caso de estar trabajando con pórticos construidos en concreto o en su defecto de acero.

Para realizar el chequeo de derivas es de vital importancia los resultados arrojados por el software Etabs y en su defecto utilizando el software Excel, organizarlos de

manera que se pueda asignar un condicional en el cual se garantice la relación del 0.4% y del 1% de la altura con la deriva resultante y otorgada por el software Etabs.

Figura 27. Chequeo de Derivas para el Sismo de diseño elástico NSR-10.

Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story1	EX1	X	0.019269	16	5.05	14.49	2.8
Story1	EX2	X	0.019269	16	5.05	14.49	2.8
Story1	EY1	Y	0.034798	8	0	13	2.8
Story1	EY2	Y	0.034798	8	0	13	2.8

(Fuente: Autores)

Figura 28. Chequeo de Derivas para el umbral de daño en el análisis de acuerdo a NSR-10.

Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
Story1	EX1	X	0.019269	16	5.05	14.49	2.8
Story1	EX2	X	0.019269	16	5.05	14.49	2.8
Story1	EY1	Y	0.034798	8	0	13	2.8
Story1	EY2	Y	0.034798	8	0	13	2.8

(Fuente: Autores)

1.12.4 Irregularidades

Teniendo en cuenta que el bloque de dirección administrativa de la universidad de Ibagué, posee un sistema estructural de pórticos resistentes a momentos, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y horizontales según lo dispuesto en A.3.2.1.3. El paso siguiente es determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía (R_0) y el coeficiente de sobre resistencia, definidos para cada sistema estructural, por consiguiente, estos valores están consignados en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.

Figura 29. Tabla A.3.3 NSR-10

2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)								
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite	si	sin límite	si	sin límite

(Fuente: NSR-10)

Verificando los tipos de irregularidades existentes en las tablas A.3-6 y A.3-77 de la NSR-10 se pudo encontrar que la estructura no presenta irregularidades tanto en planta como en altura por lo que los valores de ϕ_p y ϕ_a equivalen a la unidad (1) y al tener un sistema constructivo denominado “*pórticos resistentes a momento*” y según el inciso A.3.3.8.2 el valor para ausencia de redundancia, ϕ_r , equivale a la unidad (1).

$$R = R_o * \phi_p * \phi_a * \phi_r$$

$$R = 5 * 1 * 1 * 1 = 5$$

Tabla 12. Presentación de las Combinaciones.

Story	Joint Label	Unique Name	Load Case/Combo	FX	FY	MX	MY
Base	1	1	EY1	-9.7487	-25.0287	48.0957	-12.471
Base	1	1	EY2	-9.7487	-25.0287	48.0957	-12.471
Base	4	7	EY1	-14.3868	-55.0196	105.1503	-24.1921
Base	4	7	EY2	-14.3868	-55.0196	105.1503	-24.1921
Base	6	11	EY1	-16.5484	-35.9463	91.6335	-26.1731
Base	6	11	EY2	-16.5484	-35.9463	91.6335	-26.1731
Base	7	13	EY1	-50.8737	-118.2275	243.1317	-122.5154
Base	7	13	EY2	-50.8737	-118.2275	243.1317	-122.5154
Base	8	15	EY1	-7.6576	-82.503	138.2177	-10.8306
Base	8	15	EY2	-7.6576	-82.503	138.2177	-10.8306
Base	9	17	EY1	-1.3382	-99.2525	153.7342	-2.5788

Base	9	17	EY2	-1.3382	-99.2525	153.7342	-2.5788
Base	10	19	EY1	0.7383	-104.8308	158.8907	1.6725
Base	10	19	EY2	0.7383	-104.8308	158.8907	1.6725
Base	11	21	EY1	8.4149	-97.9224	173.0713	14.6605
Base	11	21	EY2	8.4149	-97.9224	173.0713	14.6605
Base	14	27	EY1	-5.8576	-40.6613	59.4849	-8.8657
Base	14	27	EY2	-5.8576	-40.6613	59.4849	-8.8657
Base	16	31	EY1	-5.899	-45.5542	66.2927	-8.8932
Base	16	31	EY2	-5.899	-45.5542	66.2927	-8.8932
Base	2	3	EY1	-0.7136	-30.8807	86.3502	-1.6239
Base	2	3	EY2	-0.7136	-30.8807	86.3502	-1.6239
Base	12	23	EY1	0.5027	-30.8629	86.3335	1.4063
Base	12	23	EY2	0.5027	-30.8629	86.3335	1.4063
Base	13	49	EY1	16.2141	-52.6836	141.1949	26.8531
Base	13	49	EY2	16.2141	-52.6836	141.1949	26.8531
Base	15	50	EY1	31.9335	-72.4526	193.8363	66.091
Base	15	50	EY2	31.9335	-72.4526	193.8363	66.091
Base	18	41	EY1	22.6425	-57.5172	150.6523	44.2109
Base	18	41	EY2	22.6425	-57.5172	150.6523	44.2109
Base	26	51	EY1	9.6726	-53.1217	95.6443	15.9258
Base	26	51	EY2	9.6726	-53.1217	95.6443	15.9258
Base	27	59	EY1	35.3851	-139.3522	287.8087	81.0395
Base	27	59	EY2	35.3851	-139.3522	287.8087	81.0395
Base	20	122	EY1	32.9964	-158.624	323.0134	79.0208
Base	20	122	EY2	32.9964	-158.624	323.0134	79.0208
Base	23	43	EY1	6.5433	-67.3777	113.9167	9.0007
Base	23	43	EY2	6.5433	-67.3777	113.9167	9.0007

(Fuente: Autores)

Después de implementar el recurso del software Etabs y sus herramientas necesarias para este tipo de análisis y basados en los resultados otorgados es posible concluir que el edificio no se puede considerar bajo ningún aspecto como un edificio Sismo-resistente puesto que, debido a sus desplazamientos desfasados no obedece la normativa aplicada para Colombia haciendo en su defecto que no cumpla con los estándares de seguridad mínimos.

Al establecer una relación directa entre los chequeos realizados mediante el listado para la determinación de deficiencia y chequeo de dimensión y los resultados del

software Etabs, dado que, cuando se analizó los elementos estructurales en los chequeos de deficiencia de tipo DMO, la mayoría de los elementos no superaba los criterios establecidos por la norma sismo resistentes (NSR-10) dejando en evidencia el grave estado de esta edificación en el momento de enfrentarse con una eventualidad de estas (Sismo).

Teniendo en cuenta que le especificaciones y solicitudes establecidas por la norma para las construcciones de tipo DMO son menos rigurosas que para DES, no es necesario realizar un análisis detallado.

Hoy en día la tecnología es una herramienta fundamental en todo tipo de análisis, la implementación de software en diferentes ámbitos es muy importante, entrando al mundo de la ingeniería civil es una ayuda importante y una herramienta valorada pero para poderlos utilizar se deben tener los conocimientos básicos para el análisis de las estructuras ya que el software podría en algún punto contener errores de los cuales si no se tiene un conocimiento previo en relación a este tema no se podrían contrarrestar y mejorar para el adecuado diseño o verificación de una edificación.

Capítulo V

1.13 Conclusiones

En el desarrollo del estudio de vulnerabilidad sísmica a la estructura del edificio del el bloque de dirección administrativa de la Universidad de Ibagué, se concluye que no posee un sistema estructural sismo resistente debido a que los pórticos no son resistentes a momentos.

Con el reconocimiento de las características geométricas que componen la estructura se pudo determinar que la edificación no cuenta con las medidas pertinentes para brindar a la comunidad estudiantil seguridad en caso de se presenten fenómenos naturales tales como terremotos.

Se debe tener en cuenta que el edificio según el título A de la NSR-10, es catalogado como grupo de uso III, debido a que es un establecimiento de atención estudiantil, debe garantizar que esté cumple con los estándares mínimos exigidos por la norma NSR-10 asegurando cada elemento que la conforma (paredes, marcos de ventanas y puertas, divisiones, etc.) a los elementos estructurales (vigas y columnas) pero, de acuerdo a los desplazamientos que se permiten dichos elementos, el edificio de dirección administrativa no garantiza el total cumplimiento de estos requerimientos.

Comparando las dimensiones de los elementos que conforman las estructura (vigas y columnas) con lo establecido por el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 se concluye que más del 73.7% de estos no cumple con los chequeos para una capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y aumentando el porcentaje a un 92.3% para una capacidad de disipación de energía especial.

Mediante los ensayos de laboratorios realizados a las columnas previamente seleccionadas y mediante el ensayo de esclerometría se pudo concluir que estos presentan, en promedio, una resistencia a la compresión f'_c de 27.4 MPa, la cual es mayor a la mínima resistencia solicitada en la norma colombiana de construcción sismo resistente NSR-10 para este tipo de elementos, lo que indica que no por tener una gran resistencia a la compresión, una estructura podrá resistir los efectos de un evento sísmico.

En el modelo matemático (modelación mediante el programa ETABS) se logró determinar que las columnas del bloque de dirección administrativa no cumplen el chequeo de derivas confirmando que, en general, el bloque es sísmicamente vulnerable ante cualquier evento sísmico.

Capítulo VI

1.14 Recomendaciones

Se recomienda mejorar en cuanto a la recolección de información, puesto que, no se puede realizar un análisis completo y conciso sin una información asertiva que respalde los análisis planteados.

Realizar un seguimiento posterior a este estudio para en un futuro cercano tener la certeza de que aquellos resultados mostrados aquí, son los adecuados, o en su defecto si se ha de contrariar de una manera académica dar a conocer los diferentes argumentos para esto.

Es claro que a la hora de tratar de digitalizar información de una edificación ya construida los errores en su gran mayoría son humanos es por esto que se recomienda tener una organización adecuada a la hora de la toma de datos, ya que a la hora del análisis el software simplemente realiza los cálculos y análisis de acuerdo a la información que el usuario les otorgue y no tener el debido orden en la información puede generar una mala actividad en los procesos que este mismo realice

Capítulo VI

Bibliografía

Awada, R. R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: Fondo Editorial Universidad.

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10*. Bogotá.

Escobar, G. D. (2010). *Riesgo Sísmico: Los terremotos*. Neira, Caldas: Universidad Nacional, Sede Manizales.

Flores, D. M. (2014). *Estudio de vulnerabilidad sísmica del Centro Técnico y Tecnológico San Jose*. Ibagué.

M., Harold Alberto Muñoz. (2001). *ASOCRETO- INSTITUTO DEL CONCRETO "Seminario Evaluación y Diagnóstico de la Estructuras en Concreto"*. Bogotá.

Mivia, J. A. (2006). *Evalauacion de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de mampostería en estratos uno y dos*. Bogotá: Universidad de los Andes.

NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS - NTC. (s.f.). *Método de Ensayo para medir el Número de Rebote del Concreto Endurecido*.

Urbano, S. A. (2015). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica y Recomendaciones de reforzamiento estructural para el edificio de la antigua Catedral del municipio de Ambalema*. Ibagué.

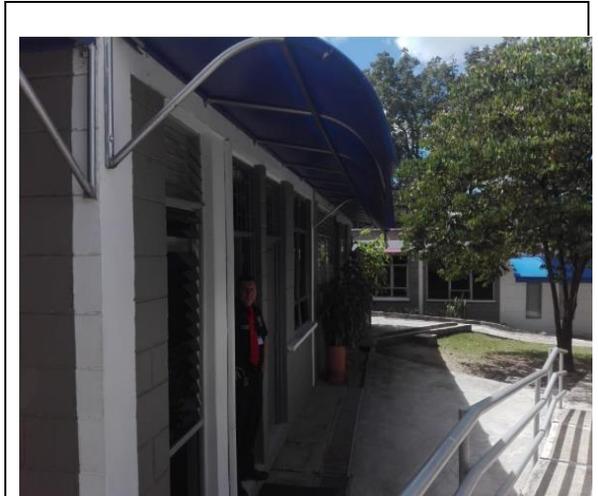
Anexos

- **Anexo 1, Datos columnas**
- **Anexo 2, Avalúos de cargas**
- **Anexo 3, Dirección Administrativa (Chequeo FEMAP)**
- **Anexo 4, Levantamiento en ETABS**
- **Anexo 5, Plano Estructural.**
- **Anexo 6, Plano Arquitectónico.**
- **Anexo 7, lista de chequeo columnas (NSR 10).**
- **Anexo 8, lista de chequeo vigas (NSR 10).**
- **Anexo 9, Chequeo de derivas.**
- **Anexo 10, Registro fotográfico.**

ANEXO 9, REGISTRO FOTOGRAFICO



1. Bloque de Dirección Administrativa



2. Bloque de Dirección Administrativa



3. Dirección Administrativa.



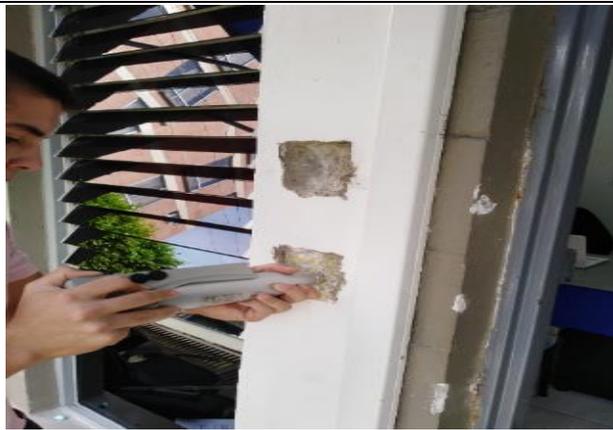
4. Cubierta



5. Tanques de Almacenamiento.



6. Ensayo con el Ferro-escáner.



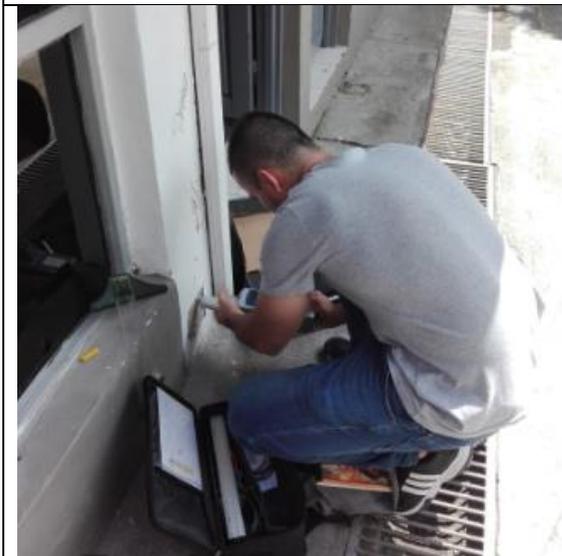
7. Ensayo de Esclerometría.



8. Ensayo de Esclerometría.



9. Recolección de Datos



10. Recolección de Datos