



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**Estudio Patológico a Hospital antiguo Regional
de Moniquirá Especialización Patología de la
Construcción**

**ESTUDIO PATOLÓGICO A HOSPITAL ANTIGUO REGIONAL DE
MONIQUIRÁ**

Presentado por:

**DANIEL FELIPE BERNAL NOCUA
LAURA YESENIA GARAVITO JOYA**

Asesor:

OSMAR ALBERT GAMBA GOMEZ

**Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Patología de la Construcción
2025**

Tabla de Contenido.

Resumen.....	3
Abstract	3
Historia Clínica	4
Antecedentes Constructivos Y Normativos.	4
Lesiones Dentro De La Edificación.	5
Metodología	7
Análisis De Datos	9
Diagnóstico	11
Propuesta De Intervención.	13
Análisis De Vulnerabilidad Sísmica.	15
Cronograma.....	16
Presupuesto.	16
Resultados.	17
Evaluación del Estado General de la Edificación.	17
Condiciones Ambientales.....	17
Patologías generales.....	17
Evaluación de análisis sísmico.....	18
Modelamiento estructural	18
Bibliografía	20
Anexos	21

Resumen

El Hospital Antiguo Regional de Moniquirá es una estructura construida hace más de 100 años, dada su antigüedad presenta lesiones patológicas de tipo físicas, mecánicas y químicas que impiden utilizar la edificación desde marzo de 2019.

Dentro del estudio patológico realizado se recopiló información de los antecedentes de la edificación, se realizó el respectivo reconocimiento de la estructura, y se realizó el modelamiento estructural de la misma utilizando el programa ETABS-21; lo que permitió analizar la inadecuada combinación de materiales y sistemas estructurales utilizados en la construcción del hospital; además, por las visitas técnicas se pudo realizar el correspondiente mapeo de las distintas lesiones patológicas que presenta la edificación, tales como: humedades, erosión, suciedad, organismos, grietas, fisuras, y desprendimientos; lesiones que llevaron al colapso de algunos elementos de la edificación. Este estudio patológico se realizó por medio de un análisis de datos, un diagnóstico, se planteó una posible propuesta de intervención, un análisis de vulnerabilidad, un cronograma, presupuesto y un análisis de los resultados a través de la normativa aplicable vigente.

Palabras clave: Patología, Estructura, lesiones, grietas, fisuras, humedad, suciedad, erosión, edificación.

Abstract

The Old Regional Hospital of Moniquirá is a structure built more than 100 years ago, given its age it presents pathological physical, mechanical and chemical injuries that prevent using the building since March 2019.

Within the pathological study carried out, information on the background of the building was collected, the respective recognition of the structure was carried out, and the structural modeling of it was carried out using the ETABS-21 program; which allowed analyzing the inadequate combination of materials and structural systems used in the construction of the hospital; in addition, the technical visits made it possible to carry out the corresponding mapping of the different pathological lesions that the building presents, such as: dampness, erosion, dirt, organisms, cracks, fissures, and landslides; injuries that led to the collapse of some elements of the building. This pathological study was carried out by means of a data analysis, a diagnosis, a possible intervention proposal was proposed, a vulnerability analysis, a schedule, budget and an analysis of the results through the current applicable regulations.

Keywords: Pathology, Structure, injuries, cracks, fissures, humidity, dirt, erosion, construction.

Historia Clínica

La recopilación de la información se inicia con una visita técnica a la edificación, en donde se realiza un registro fotográfico a cada una de las lesiones presentes, se toman datos del estado de algunas de las zonas del hospital y se procede con un levantamiento geométrico de la estructura para sus respectivo modelamiento arquitectónico y estructural.

Nombre: El Hospital San José

Ubicación: Calle 6 No. 9-67, Moniquirá – Boyacá

Año de construcción: Fue fundado el 19 de marzo de 1938.

Uso original y actual: Desde sus inicios funcionó como Hospital. Desde 2019 funciona como archivo.

Área construida: 2297 m².

Sistema estructural Principal: Se identifica que la estructura está compuesta por muros en adobe, columnas realizadas con machones en mampostería, cubiertas de entramado de madera con teja de barro y machimbrados. La estructura de cimentación, bajo relatos de las personas del sector consisten en concretos ciclópeos que apoyan los muros.

Figura 1

Isométrico General del Hospital Antiguo Regional de Moniquirá.



Dentro de las labores investigativas efectuadas se determina que la estructura no cuenta con estudios predecesores de patología y/o vulnerabilidad sísmica asociados, el deterioro progresivo de la misma yace en factores propios de la vetustez de la edificación, el uso y mantenimientos asociados.

Antecedentes Constructivos Y Normativos.

Se procede a recolectar información sobre la historia de la edificación, en donde se indica que la edificación lleva 100 años de construida, no se cuenta con información previa sobre los planos, intervenciones anteriores a la edificación. Fue fundado el 19 de marzo de 1938 por la





Reverenda Madre María Indalecia de la comunidad de las hermanas dominicas de la Presentación. El Hospital San José inició sus labores en la casa donde funcionó siendo remodelada y ampliada de manera progresiva. Desde el momento en que se iniciaron las diferentes intervenciones constructivas del Hospital hasta el año 2019, las instalaciones del Hospital se mantuvieron de la mejor forma posible, puesto que se debía cumplir con las Normas para prestar servicios de Salud; sin embargo, desde antes se iniciaron a presentar lesiones patológicas en la estructura, que llevaron a no poder prestar más servicio a la comunidad. En este momento el Hospital se encuentra en abandono, exceptuando la última etapa construida, que está siendo usada para el archivo del Hospital. Por ende, no se cuenta con ningún tipo de estudio, ni información detallada sobre los antecedentes de la construcción de la edificación.

Lesiones Dentro De La Edificación.

Las lesiones encontradas en el paciente en estudio corresponden principalmente a Grietas, desprendimientos, eflorescencias, humedades. Es importante, recalcar que muchas de estas lesiones has aumentado desde el abandono de la edificación, puesto que no se ha hecho ningún tipo de mantenimiento, ni reparación a ninguno de estos elementos. En la tabla 1 se muestra de manera generalizada las lesiones identificadas y de mayor relevancia del paciente.

Tabla 1.

Lesiones presentadas en diferentes zonas del hospital.

Lesión	Descripción	Registro Fotográfico	
Humedades, eflorescencias, bacterias, mohos, corrosión	Se presentan distintas humedades en los muros, placas y elementos estructurales de la edificación.		
			

Lesión	Descripción	Registro Fotográfico
Ensuciamiento	<p>En Cubiertas, muros de fachada. Se presenta ensuciamiento en las estructuras que componen en la edificación. Esto pudo ser ocasionado por falta de protección a las estructuras y de mantenimiento a las mismas</p>	
Colapso de Estructuras.	<p>Sala de espera, baños internos, laboratorios clínicos. Colapso de algunas estructuras que conformaban la edificación. La estructura que se encuentra en colapso son estructuras en Bambú principalmente</p>	
Grietas	<p>Muros internos, fachadas. Se presentan grietas de consideración, puesto que estas dan con la fachada de la edificación. Estas grietas oscilan en una apertura de 1 a 2 cm.</p>	

Lesión	Descripción	Registro Fotográfico	
Desprendimien tos	Techos en general, muros.		
			
			
			

Metodología

La siguiente metodología se plantea de acuerdo con el plan de acción a ejecutar de acuerdo con el estado actual del paciente en estudio. Esta metodología se basa en normatividad vigente aplicable a esta estructura; en la tabla 2 se muestra cada una de las etapas que se llevaron cabo para el desarrollo de este estudio patológico.

Tabla 2.
Relaciones ensayos y actividades propuestos para el paciente.

Etapas	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Inspección visual y visita técnica	Inspección visual a la edificación. Toma de registro fotográfico al estado actual de la edificación. Reconocimiento de cada una las lesiones patológicas presentes. Recolección de información e historial de la construcción de la edificación.	Cámara fotográfica, flexómetro, distanciómetro laser, Cinta métrica, fisurómetro	Identificar cada unas de las lesiones presentes en la edificación.
Levantamiento geométrico de la estructura.	Conocer y obtener las dimensiones y geometría real de la edificación. Conocer al detalle las medidas de elementos estructurales y arquitectónicos que componen la edificación.	Estación total, niveles, distanciómetros, flexómetro, Materiales de papelería. NSR-10.	Conocer e identificar las áreas que componen la estructura. Identificar los elementos que componen la estructura con sus medidas reales.
Mapeo de Lesiones patológicas	Documentar cada una de las lesiones patológicas encontradas, clasificándolas de acuerdo con su tipo y factor que la provocó.	Programas de computación. NSR - 10.	Mitigación y prevención de control de riesgos
Modelamiento estructural de la Edificación	Con las dimensiones reales de la edificación se analizará el funcionamiento real de edificación, analizando	Programa de modelamiento ETABS – 21. AIS 610-EP-17. NSR-10.	Conocer el estado de la estructura, bajo el cumplimiento Normativo actual. Conocer el estado de

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
	su estado actual, cumplimiento con normas y la eficiencia que esta tiene. Localizar zonas estructuralmente vulnerables.		cada uno de los elementos que la componen la edificación y su generalidad determinar índices de flexibilidad y comportamiento sísmico.
Diagnóstico	Con la recopilación de la Información y con el análisis a través del modelamiento estructural se integrarán parámetros técnicos y normativos que permitan dar posibles soluciones o propuestas de intervención.	NSR-10, Software de modelamiento (ETABS-21)	Determinación de resultados obtenidos y posibles Propuestas de intervención.

Análisis De Datos

El presente análisis se realiza con los datos recopilados de la etapa anterior, con el fin de examinar el estado de la edificación y de esta manera evaluar los diferentes aspectos de la siguiente manera sintetizados en la Tabla 3 de la siguiente manera:

Tabla 3.

Análisis de Resultados obtenidos.

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Visita técnica – Estado general de la edificación	Registro fotográfico en donde se evidencia el estado actual de la edificación. Las afectaciones que se han tenido en cada elemento que	Inspección visual, visitas técnicas, registro fotográfico. Aplicación de Norma NSR-10.	Identificación de cada lesión, posibles causas, grado de afectación en los elementos que componen la estructura. El estado

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
	compone la estructura por los daños o lesiones encontradas.		general de la edificación es MALO. Riesgo: ALTO
Afectaciones derivadas por condiciones ambientales y de entorno	Temperatura: 11°C – 24°C. Precipitaciones: 106mm hasta 384mm Clima: Cálido y templado. Aceleraciones pico efectivas: Aa=0.15. Zona de amenaza sísmica: Intermedia. Coeficiente de Importancia: 1.50 (Grupo de uso IV). Nivel freático: No se evidencia.	Datos registrados por el Servicio Geológico Colombiano, NSR 10.	Las condiciones ambientales en Moniquirá – Boyacá, son determinantes e influyentes en las patologías encontradas, puesto que afectaron directamente a la estructura por la alta precipitación, humedad y sismicidad que presenta el municipio.
Lesiones patológicas	Fisuras Humedades por capilaridad. Desprendimientos Eflorescencias Colapso de estructuras. Ensuciamientos	Levantamiento geométrico de la estructura, mapeo de las lesiones patológicas, Software de modelamiento ETABS-21 – NSR-10	Incumpliendo normativo. Falta de ensayos a los elementos y materiales que componen la estructura. Falta de mantenimiento y seguimiento.
Análisis estructural de la edificación	La mayor parte de la estructura está compuesta por muros en adobe, cubiertas de entramado de madera y columnas compuestas por machones en	NSR-10, Título A, B, I. AIS 610-EP-17.	Deficiencia de estudios geotécnicos, estructurales y arquitectónicos. Dentro de las ampliaciones no se realizaron reconocimientos

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
	mampostería, lo que evalúa la necesidad de realizar un reforzamiento estructural; además es necesario el reemplazo de los elementos que componen la estructura.		estructurales a la edificación, ni tampoco acompañamiento de interventorías y Supervisión técnica que certifiquen el estado de los materiales, y el cumplimiento normativo.
Modelamiento Estructural	Se realiza el modelamiento estructural con las medidas reales y los materiales usados en la construcción de la edificación.	NSR-10, Título A, B, I. AIS 610-EP-17.	Verificación de las zonas más vulnerables en toda la edificación. La incidencia del sismo en toda la estructura y las deformaciones correlacionadas a esto.

Diagnóstico

Dentro del diagnóstico se pretende establecer de manera clara los hallazgos encontrados en la estructura, con el fin de relacionarlos con las posibles causas y así establecer la propuesta de intervención como se muestra a continuación en la tabla 4:

Tabla 4.

Diagnostico patológico.

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Estado general de la estructura	Las lesiones patológicas presentes afectan el debido funcionamiento de los elementos que	La estructura presenta un riesgo Alto de probabilidad de ocurrencia de accidentalidad y	Se requieren acciones inmediatas de intervención, y mitigación de

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
	componen la estructura.	colapso, en los distintos elementos que la componen. NSR-10.	peligros para los ciudadanos.
Lesiones en fachada	Sobre carrera 19 y calle 9.	Lesiones en fachada ensuciamiento. Humedades por capilaridad. Desprendimientos por materiales por su antigüedad, por su falta de mantenimiento y baja calidad en los materiales	Reforzamiento de muros con platinas metálicas, pernos y malla electrosoldada bajo cumplimiento de cumplimiento de la NSR-10, AIS 610-EP-17.
Lesiones en placas	Costado norte, zona posterior del hospital	Contaminación vegetal, ensuciamiento, humedades y desprendimientos	Realizar la respectiva limpieza y mantenimiento adecuado, implementar estructuras de protección. NSR-10, AIS 610-EP-17.
Lesiones en columnas	Pasillos interiores, zonas comunes	Machones de mamposterías macizas de arcillas, armados sin refuerzo en sección cuadrada, contaminación vegetal, desprendimientos y fisuras.	Recalce de columnas para mejorar las condiciones de estabilidad y reforzamiento cumplimiento de NSR-10, AIS 610-EP-17.
Lesiones en cubiertas	Fachadas principales exteriores, corredores internos	Avanzado estado de deterioro, desprendimientos, humedades y fisuras.	Mantenimiento, e impermeabilización de cubiertas. Retiro de cubiertas colapsadas. NSR-10.

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Lesiones en muros	Zona de cuartos de cirugía, fachada exterior	Colapso de muros, grietas, desprendimientos.	Reforzamiento exterior con platinas metálicas, pernos, y pañete estructural con mallas electrosoldadas.
Normatividad aplicable	Se evalúan cada uno de los elementos que componen la estructura, y se evalúa el cumplimiento con la normatividad vigente NSR-10, AIS 610-EP-17.	Los elementos que componen la estructura no cumplen con las exigencias normativas NSR-10, AIS 610-EP-17. Además, no se cuenta con estudios geotécnicos, diseños estructurales y arquitectónicos para las edificaciones de ampliación.	Se recomienda que todas las modificaciones a realizar cumplan con los requerimientos normativos aplicables y el acompañamiento de supervisión técnica continua y permanente.
Modelamiento Estructural	Realizar el respectivo modelamiento de la estructura analizando cada uno de los factores de sismicidad, mecánicos, y características propias de la Edificación.	Se comprueba que la edificación presenta zonas de vulnerabilidad alta. No cumple con actual NSR-10, lo que infiere que no posee estabilidad, resistencia, y seguridad apropiada para el uso que se le estaba dando.	El modelamiento se realiza con el fin de establecer los parámetros mínimos con los que debe cumplir la edificación, para de esta manera poder intervenir.

Propuesta De Intervención.

La presente propuesta de intervención para el estudio patológico del Hospital Antiguo de Moniquirá se presenta con el fin de enfocar todas las lesiones patológicas encontradas, y de esta

manera intervenir de manera eficaz en la erradicación de cada problema encontrado en la estructura.

Tabla 5.

Propuestas de Intervención

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Reemplazo total de la cubierta y elementos de madera rolliza	Elevar de manera previa una cubierta falsa y temporal sobre la actual estructura con elementos livianos tipo listones de madera y tejas de zinc u otros de símiles características. Seguidamente se procede al reemplazo de los elementos de madera adosados a los muros y que sostienen la cubierta en teja de barro, el reemplazo del acabado de cubierta se propone en una estructura en teja ondulada de asbesto cemento y sobre ella teja de barro	Se pretende a partir de la actividad anterior la mejora de la estructura de cubierta que impida que las escorrentías por aguas lluvias ingresen a la edificación y sobre todo humedezca y genere detrimento de los muros de adobe existentes.
Reforzamiento estructural de muros de adobe / Demolición y reemplazo de aquellos siniestrados previos	Se propone generar un entramado exterior en cada una de las caras de los muros de adobe mediante platinas metálicas de 2 a 3 pulgadas de ancho y un espesor no inferior a 5/16” generando una malla con espaciamiento en ambos sentidos no mayor de 50 cm. En las intersecciones de esta malla se atraviesan pernos pasantes de Ø3/8” con rosca en ambos extremos y tensados con tuerca y arandela. Se finaliza con la instalación de malla electrosoldada con fy no menor de 485Mpa en ambas caras y grafil XX 7.5 mm c/.15 y pañete estructural espesor no menor de 7.5 cm 24.5 MPa.	De acuerdo con la propuesta antes indicada se proporciona a la estructura existente rigidez mayor que permite evitar los desplazamientos excesivos que tiene actualmente la estructura y proveer un sistema mas confiable y seguro frente a las solicitaciones sísmicas propias de la zona y acordes al uso de la edificación.
Cambio de Uso de la edificación	El uso previo de la edificación era para la prestación de servicios de salud situación que la ubica como una edificación	Al cambiar el uso de la edificación se disminuye los requerimientos

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
	indispensable y con una serie de requerimiento sismorresistente de la mas alta demanda normativa y por ello las propuestas de reforzamiento son tan agresivas e invasivas para su cumplimiento.	sismorresistentes de la edificación y se puede mejorar las propuestas de reforzamiento como también limitar el uso intensivo de la estructura, máxime si se considera que este tipo de servicio ya este suplido en la región por las nuevas instalaciones construidas y modernas.

Análisis De Vulnerabilidad Sísmica.

Dentro de las visitas técnicas realizadas y bajo el cumplimiento de la norma NSR-10, se evalúan cada uno de los compontes de la estructura, con el fin de evaluar individualmente el riesgo que presentan para la edificación.

Tabla 6.

Análisis de Vulnerabilidad Sísmica.

Ítem	Descripción
Ubicación	Calle 6 No. 9-67 Moniquirá - Boyacá
Descripción geológica	Se encuentra sobre materiales de depósito aluvial compuesto por sedimentos heterogéneos sobre la mencionada formación Paja, constituida mayoritariamente de lutitas y limolitas con intercalaciones con areniscas. Esta estructura regional está afectada por el sinclinal de Chiquinquirá – San José de Pare, sobre flanco oriental.
Histórico de sismos	En Moniquirá son reconocidos cuatro eventos históricos sísmicos de relevancia dentro de la base de datos histórica del Servicio Geológico Colombiano como son: Sismo de Betulia - Santander año 1967 magnitud 6.8, Sismo de Murindó - Antioquia año 1992 magnitud 7.1, Sismo de Colombia - Huila año 2016 magnitud 5.3, Sismo de Juanito - Meta año 2023 magnitud 6.1.
Vecinos colindantes	La edificación de encuentra rodeada de unidades de vivienda muy antiguas y con la capilla que pertenece a la Hospital Regional

Sistema constructivo Materiales Cimentación Sistema estructural	antiguo de Moniquirá. Dado el funcionamiento del Hospital, se presencia aún comercio frente a la edificación. Barro, adobe, mampostería, cal, madera, trabes de madera. Muros en adobe, columnas realizadas con machones en mampostería de ladrillo tolete, con cubiertas de entramado de madera con teja de barro y machimbrados. La estructura de cimentación es concretos ciclópeos. Muros de carga.
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cronograma.

El presente cronograma reúne las actividades principales que se ejecutaron durante el desarrollo del estudio patológico, con el fin de establecer el tiempo requerido en la ejecución de estas, orientando de manera específica el tiempo que duró la investigación.

CRONOGRAMA PARA ESTUDIO PATOLÓGICO A HOSPITAL REGIONAL DE MONIQUIRÁ - BOYACÁ												
ACTIVIDAD	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Visita de campo (Registro fotográfico, recopilación de Información)												
Levantamiento Topográfico												
Visita de campo (Toma de medidas, Mapeo a lesiones)												
Levantamiento Arquitectónico												
Modelamiento Estructural												
Análisis de Información												
Diagnostico												
Alternativas de intervención												

Presupuesto.

En el presupuesto se detalla el valor de cada uno de los Ítems que se desarrollaron en la ejecución del estudio patológico, con el fin de establecer el costo directo asociado.

PRESUPUESTO PARA ESTUDIO PATOLÓGICO A HOSPITAL REGIONAL DE MONIQUIRÁ - BOYACÁ					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	ESTUDIOS TÉCNICOS Y PROFESIONALES				
1.1	Levantamiento Arquitectónico	UN	1	2,500,000	2,500,000
1.2	Levantamiento topográfico	UN	1	1,800,000	1,800,000
1.3	Modelamiento estructural (Software ETABS)	UN	1	3,500,000	3,500,000
2	VISITAS TÉCNICAS				
2.1	Visitas de campo (Incluye transporte, materiales de inspección, viáticos, entre otros)	UN	3	300,000	900,000
TOTAL					8,700,000
Administración				20%	1,740,000
Imprevistos				5%	435,000
Utilidades				5%	435,000
TOTAL COSTOS AIU					\$2,610,000
COSTO TOTAL					\$11,310,000

Resultados.

Evaluación del Estado General de la Edificación.

Las visitas técnicas realizadas permitieron evidenciar el avanzado deterioro de los elementos que componen la estructura, muchos de estos afectados por lesiones patológicas de gran consideración que llevaron al colapso y desprendimiento de elementos. Dentro de la inspección realizada se evidenciaron daños en los muros de fachada, placas, columnas, y cubiertas. Las principales lesiones encontradas corresponden a grietas, fisuras, humedades, desprendimientos, eflorescencias, ensuciamientos, entre otras.

En términos generales, estas afectaciones corresponden a la falta de cumplimiento normativo durante la construcción de la edificación; consecuente a esto, la falta de diseños geotécnicos, arquitectónicos y estructurales también hacen parte de las causas que llevaron al deterioro avanzado de la estructura; además, es de resaltar las condiciones ambientales a las que se encuentra expuesta la estructura frente a mantenimientos inexistentes.

Los muros fueron construidos en tapia pisada y adobe, las cuales presentan fallas por flexión y corte, donde se evidencia que no fueron confinados ni reforzados adecuadamente. Tienen presencia de suciedad por lavado diferencial, organismos ubicados desde la base y desprendimientos con una extensión de 1.50m y una altura variable de 0.80 a 1.10 m, y grietas de aproximadamente 3 a 4 mm.

Se determinan coeficientes de reducción de resistencia por estado de edificación y calidad de la construcción como Malos con un valor de 0.60 (Tabla 5.4.3-1 AIS 610 EP-17).

Condiciones Ambientales

Las lesiones correspondientes a humedades, eflorescencias, filtraciones y desprendimientos de techos se presentan por las condiciones ambientales agresivas e importantes por altas precipitaciones que presenta el municipio que llevaron al deterioro de los elementos. La temperatura y humedad relativa tienen incidencia directa con la aparición de moho, eflorescencias, y propagación de bacterias en muros y placas.

Por otro lado, la cimentación presenta afectaciones por la humedad presente en el suelo, los cambios en la temperatura y la erosión que presenta el suelo, siendo determinantes para el aumento de filtraciones por capilaridad en muros.

Patologías generales

El deterioro significativo del Hospital evidencia la gravedad y complejidad de las lesiones presentes en la edificación, puesto que existen estructuras colapsadas, muros con riesgo alto de colapso y columnas que no tienen ningún tipo de reforzamiento, muros sin el debido

reforzamiento y confinamiento. Se destacan las lesiones mecánicas existentes representadas en grietas de gran envergadura y con ello un proceso patológico progresivo de deterioro y pérdida de sección de elementos

Evaluación de análisis sísmico

De manera preliminar se parte de la base que la edificación posee ya lesiones de consideración y que hace parte del análisis de vulnerabilidad, entre ellas tenemos lesiones mecánicas representadas en distintas grietas y fisuras seguidas de lesiones de segundo orden de tipo física por humedades, suciedades, entre otros; todo esto aunado a un bajo e inadecuado sistema de resistencia sísmica basado en muros de carga de tipo tapia pisada en un aglomerado de ladrillo sin reforzamiento alguno, aspecto que a la luz de la NSR-10 no cumple con las provisiones mínimas de sismo resistencia pues este tipo de sistema está prohibido para zonas de amenaza sísmica intermedia como indica la tabla A.3-2 de la norma *Ibidem*.

A pesar de tener un alto potencial de riesgo a la luz de la normativa actual y factores directos e indirectos de amenaza sísmica, es de entender que para la época de construcción de dicha edificación no existía reglamento alguno de construcción, las mismas como parte de la naturaleza de la época, posiblemente se rigió por la experiencia de su constructor líder, la comunidad unida, y el empirismo, aspecto que no es de menospreciar pues aún la edificación no está colapsada en su totalidad y sus lesiones son localizadas y puntuales.

Modelamiento estructural

Se realizó un modelamiento estructural de la edificación consistente en muros de adobe de mamposterías no reforzadas acorde a los lineamientos de AIS 610, dentro de la caracterización de los materiales y la definición de parámetros de sitio para la edificación se estableció los siguientes parámetros de entrada: Modulo de elasticidad de muros 70MPa, peso específico del material 19 KN/m³, Modulo de Corte 20 MPa, ahora bien, respecto a la definición del espectro sísmico se tomó lo indicado en capítulo 5 de la norma *ibidem* que señala que este se evalúan para el espectro definido en la ecuación A.2.6-3 del reglamento NSR-10, es decir, en la meseta del espectro, que para el caso, bajo un perfil D se obtuvo un Sa de 0.56 como fracción de g, y el R definido para la estructura es de 1.00.

De conformidad con lo prescrito en A.3.4. de NSR-10 se emplea para el desarrollo del presente proyecto el método de análisis dinámico elástico de conformidad con el capítulo A.5 de NSR-10. Para dicho fin se proyectó un modelo matemático tridimensional de elementos finitos asistido por ordenador de cómputo. En dicho modelo se proyectaron segmentos de línea tipo “frame” y elementos de área tipo Shell, el primero de ellos simula elementos tipo columna, viga, viguetas, y tensores, el segundo de ellos para elementos tipo área como muros, pantallas, placas,

etc., y en cada uno de ellos se asigna una geometría particular, rigidez, y peso determinado basados en sus propiedades antes dichas.

El elemento tipo Shell para cubiertas no contribuye a dar rigidez estructural al sistema y se proyecta como un elemento únicamente transmisor de carga a sus elementos de apoyo.

Los resultados obtenidos muestran que se supera el límite superior de desplazamiento horizontal para el sismo con un resultado máximo de 0.05132% para deriva, lo anterior debido que la hipótesis de análisis de la edificación (AIS 610 EP-17) supone la no existencia de un diafragma rígido en la corona de los muros pues este amarre es solo cubiertas en teja de barro sobre maderas rollizas sin tratamiento, y además, la baja capacidad de la zona de conexión entre muros longitudinales y transversales trabajando independientemente entre si. En virtud de esto se corroboran las observaciones de campo identificadas en la edificación que mostraban lesiones mecánicas en los muros y principalmente en la intersección entre estos. Por último, se fija que el índice de flexibilidad actual de la estructura es de 10.26.

Bibliografía

Climate Data. (2024, marzo 23). *Datos y gráficos del tiempo y el clima en Moniquirá*. Climate-Data.org. <https://en.climate-data.org/south-america/colombia/boyaca/moniquira-27786/#climate-graph>

Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismorresistentes. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Servicio Geológico Colombiano. (2024, marzo). *Mapa geológico de Moniquirá*. https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Atlas_Geologico_colombiano_2015/

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2017). *AIS 610-EP-17: Reforzamiento estructural de edificaciones existentes*. AIS.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). *Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Anexos

A continuación, se presenta el levantamiento geométrico y modelamiento estructural de la edificación.

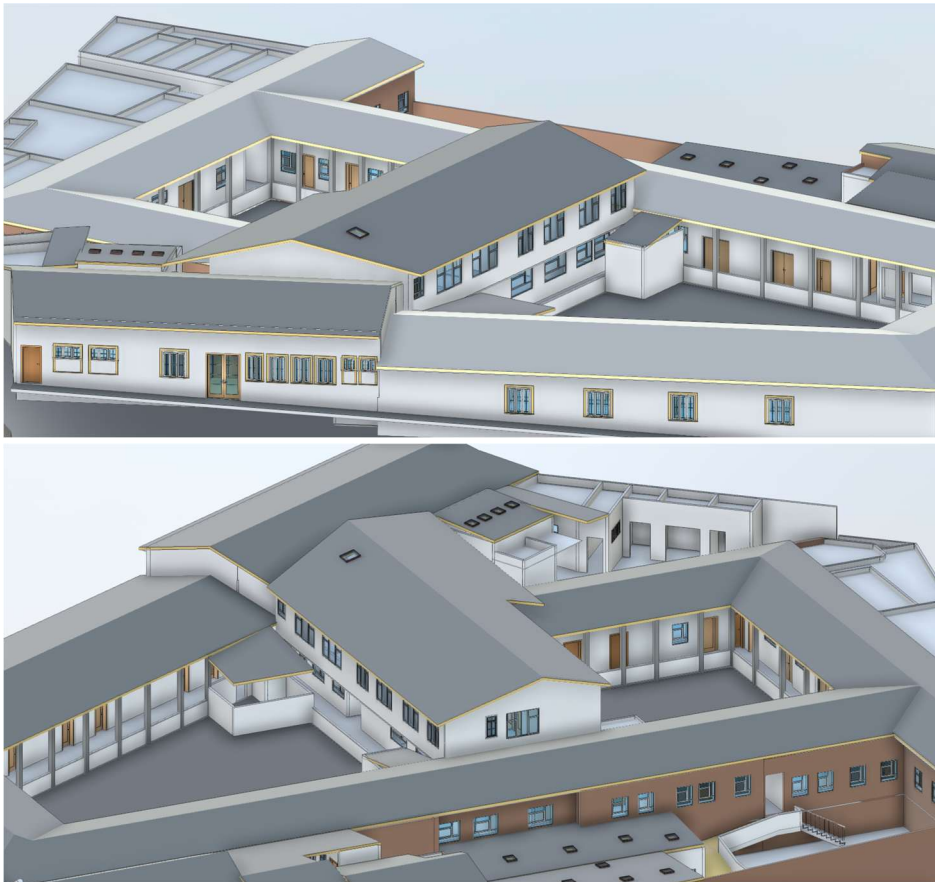
Anexo 1

Fachada principal de la edificación



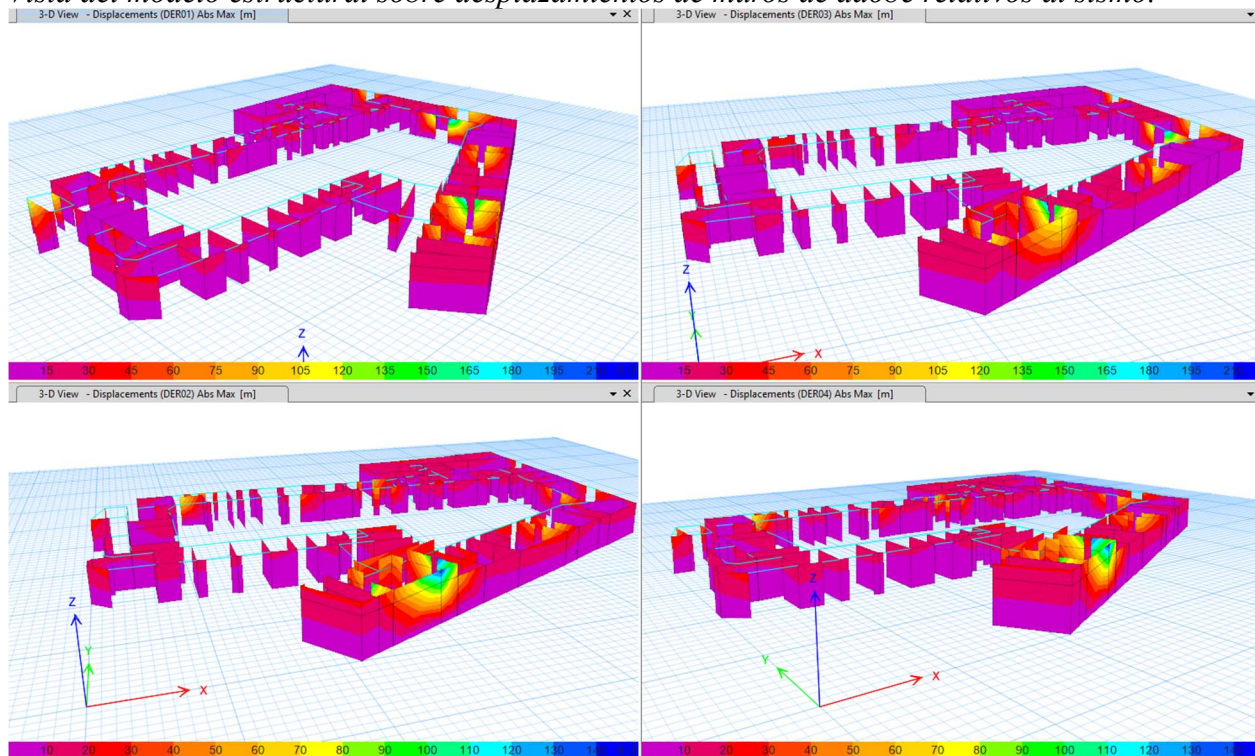
Anexo 2

Isométrico de áreas internas de la edificación.



Anexo 3

Vista del modelo estructural sobre desplazamientos de muros de adobe relativos al sismo.



Nota: La figura representa los contornos de desplazamiento máximo por carga horizontal de sismo, los contornos mas señalados en escala de color indican las zonas más vulnerables con desplazamientos absolutos máximos para el sismo de diseño de NSR-10.