

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de
Ingeniera Civil**

**Análisis Estructural para Rehabilitación de Edificaciones Patrimoniales,
aplicada al Antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H.**

Katherine Fernanda Guamba Yumbay

Quito, noviembre 2024

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, Katherine Fernanda Guamba Yumbay, con cédula de identidad # 172445050-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, noviembre 2024.

Katherine Fernanda Guamba Yumbay

Correo electrónico: katherine.guamba@uisek.edu.ec

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**Análisis Estructural para Rehabilitación de Edificaciones Patrimoniales, aplicada
al Antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H.**

Realizado por:

GUAMBA YUMBAY KATHERINE FERNANDA

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA CIVIL

ha sido dirigido por el profesor

HUGO MARCELO OTÁÑEZ GÓMEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

Análisis Estructural para Rehabilitación de Edificaciones Patrimoniales, aplicada al Antiguo

Colegio Simón Bolívar-Bloque H.

Por: Katherine Fernanda Guamba Yumbay

Octubre 2024.

Aprobado:

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

_____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK

Dedicatoria

A Dios, a mis padres Oswaldo y Bertha, a mis hermanas Mayte y Emili quienes siempre creyeron en mí, me alentaron y me apoyaron, en días en los que perdía la fé, sin duda, este logro les pertenece a ustedes ya que sin ustedes esto hubiese sido imposible.

A mis primos, Edy, Adri, Oscar, quienes han sido como mis hermanos mayores, siempre cuidándome y viendo por mi y por mi felicidad.

Por último, mi dedicatoria estaría incompleta sino mencionara a mi perrita Mya, que es más que mi mejor amiga, definitivamente me dio vida en días oscuros y siempre dormidita en mis pies me acompaño y cuido.

Agradecimiento

Gracias infinitas a mis padres, quienes me ayudaron día tras día a cumplir este sueño, han sido sin duda alguna el motor más fuerte para poder continuar, les debo todo y espero algún día devolverles un poquito de lo que han sabido entregarme. A mis hermanitas quienes con sus travesuras y ocurrencias hacían más llevadera esta trayectoria, llorando conmigo y riendo también.

A mi gran amigo Luis, quien me supo levantar en días malos y en días buenos festejaba conmigo. Juntos hemos tenido grandes aventuras; lágrimas y risas nunca faltaron. Gracias por todo amigo.

Por último, pero no menos importante a mi perrita y mejor amiga Mya, quien ha sido mi compañera fiel en largas noches de trabajo, con su compañía nunca me sentí sola, juntas lo logramos chiquita mía.

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| Resumen | i |
| Abstract | ii |
| Capítulo 1: Aspectos Generales | 1 |
| 1.1. Tema de Investigación | 1 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.3. Objetivos | 1 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 1 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 2 |
| 1.4. Justificación del problema..... | 2 |
| 1.5. Hipótesis..... | 3 |
| 1.5.1. General..... | 3 |
| 1.5.2. Específicas..... | 3 |
| Capítulo 2: Marco Teórico | 4 |
| 2.1. Edificaciones Patrimoniales | 4 |
| 2.2. Niveles de intervención en bienes patrimoniales tangibles..... | 5 |
| 2.3. Edificio: Antiguo Colegio Simón Bolívar..... | 6 |
| 2.4. Materiales principales en la edificación patrimonial. | 8 |
| 2.4.1. Cimentación de piedra | 8 |
| 2.4.2. Mampostería de adobe | 9 |
| 2.4.3. Cubierta..... | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.5. Propiedades de los materiales más comunes en la edificación. | 14 |
| 2.5.1. Madera como material de construcción..... | 14 |
| 2.5.2. Adobe como material de construcción..... | 17 |
| 2.6. Comportamiento sísmico del adobe..... | 19 |
| 2.6.1. Clasificación del muro por el comportamiento sísmico..... | 20 |
| 2.6.2. Comportamiento de los muros de adobe y muros de adobón o tapial..... | 21 |
| 2.6.3. Comportamiento de los muros por su geométrica..... | 22 |
| 2.7. Normas para estructuras de adobe..... | 24 |
| 2.7.1. Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada..... | 24 |
| 2.8. Tipos de ensayos..... | 27 |
| 2.8.1. Ensayos No Destructivos (END):..... | 28 |
| 2.8.2. Ensayos destructivos:..... | 28 |
| 2.8.3. Ensayos para mamposterías de adobe..... | 28 |
| 2.9. Otros tipos de ensayos según la norma peruana E0.80..... | 30 |
| 2.9.1. Ensayo de resistencia del material a compresión..... | 30 |
| 2.9.2. Ensayo de resistencia del material a tracción..... | 31 |
| 2.9.3. Ensayos de resistencia del mortero a la tracción..... | 31 |
| 2.9.4. Ensayo a compresión del murete..... | 32 |
| 2.9.5. Ensayo tracción indirecta..... | 32 |
| 2.10. Patologías estructurales en edificaciones patrimoniales..... | 34 |
| 2.10.1. Tipos de patologías en edificaciones patrimoniales..... | 35 |
| 2.10.2. Causas Comunes de Patologías en Edificaciones Patrimoniales..... | 37 |
| 2.10.3. Importancia de la Identificación y Tratamiento de Patologías..... | 38 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.11. | Análisis estático lineal..... | 38 |
| 2.12. | Análisis dinámico lineal..... | 39 |
| 2.13. | Metraje de cargas..... | 39 |
| 2.13.1. | Carga muerta..... | 39 |
| 2.13.2. | Carga viva..... | 39 |
| 2.14. | Cargas laterales de diseño..... | 40 |
| 2.14.1. | Coefficiente de importancia (I)..... | 40 |
| 2.14.2. | Factor de reducción de resistencia sísmica (R)..... | 40 |
| 2.14.3. | Irregularidades y coeficientes de configuración estructural..... | 42 |
| 2.14.4. | Espectro de diseño en aceleración ($S_a(T_a)$)..... | 43 |
| 2.15. | Derivas de piso..... | 47 |
| 2.16. | Reforzamiento de muros de adobe..... | 48 |
| 2.16.1. | Malla electrosoldada con enchape de hormigón, unidas mediante conectores o anclajes. | 48 |
| Capítulo 3: Levantamiento de información de campo..... | | 50 |
| 3.1. | Levantamiento planialtimétrico..... | 50 |
| 3.2. | Fichas de recolección de datos..... | 54 |
| 3.3. | Levantamiento de fichas patológicas..... | 60 |
| 3.4. | Ensayos..... | 67 |
| 3.4.1. | Ensayo a compresión de adobe..... | 67 |
| 3.4.2. | Ensayo a corte directo de adobe..... | 68 |
| 3.4.3. | Ensayo a flexión de adobe..... | 69 |
| Capítulo 4: Modelación de ETABS..... | | 70 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1. Metraje de cargas..... | 70 |
| 4.1.1. Cargas permanentes (carga muerta). | 70 |
| 4.1.2. Carga viva. | 71 |
| 4.1.3. Sobrecargas. | 72 |
| 4.1.4. Combinación de cargas..... | 73 |
| 4.2. Cargas laterales de diseño. | 73 |
| 4.3. Modelación de las estructuras. | 76 |
| 4.3.1. Definición de materiales. | 77 |
| 4.3.2. Definición de propiedades de sección. | 80 |
| 4.3.3. Asignación de los estados de carga..... | 87 |
| 4.3.4. Asignación de cargas a elementos..... | 89 |
| 4.3.5. Consideraciones adicionales. | 90 |
| 4.4. Modelo reforzado-Malla electrosoldada. | 91 |
| Capítulo 5: Análisis de resultados..... | 95 |
| 5.1. Verificaciones de modelo NO reforzado. | 95 |
| 5.1.1. Derivas de piso S_x | 95 |
| 5.1.2. Derivas de piso S_y | 95 |
| 5.1.3. Periodo de diseño. | 96 |
| 5.1.4. Participacion de modal. | 97 |
| 5.1.5. Primer y segundo modo traslacional. | 97 |
| 5.1.6. Escalar cortante dinámico. | 98 |
| 5.2. Verificaciones de modelo reforzado..... | 99 |
| 5.2.1. Derivas de piso S_x | 99 |

| | |
|---|------------|
| 5.2.2. Derivas de piso S_y | 100 |
| 5.2.3. Periodo de diseño. | 101 |
| 5.2.4. Participacion de modal. | 101 |
| 5.2.5. Primer y segundo modo traslacional. | 102 |
| 5.2.6. Escalar cortante dinámico..... | 102 |
| Capítulo 6: Conclusiones..... | 104 |
| Capítulo 6: Recomendaciones. | 107 |
| Referencias bibliográficas | 108 |
| Anexos..... | 111 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.- Edificio Antiguo Colegio Simón Bolívar | 6 |
| Figura 2.- Edificio antiguo Colegio Simón Bolívar | 7 |
| Figura 3.- Cimentaciones de piedra..... | 9 |
| Figura 4.- Mampostería de adobe..... | 10 |
| Figura 5.- Mampostería de adobe..... | 11 |
| Figura 6.- Mampostería en antiguo colegio Simón Bolívar..... | 11 |
| Figura 7.- Mampostería de adobe en el antiguo colegio Simón Bolívar. | 12 |
| Figura 8.- Mampostería de ladrillo en el antiguo colegio Simón Bolívar. | 12 |
| Figura 9.- Esquema de cubierta..... | 13 |
| Figura 10.- Diagrama de la relación alto-espesor. | 20 |
| Figura 11.- Representación de Torre no esbelta como muros anchos..... | 22 |
| Figura 12.- Representación de muros con aberturas. | 24 |
| Figura 13.- Criterios para construcción con tierra..... | 25 |
| Figura 14.- Esquema de colocación de refuerzo con geomalla..... | 27 |
| Figura 15.- Ensayo de resistencia a tracción..... | 31 |
| Figura 16.- Ensayo a compresión..... | 32 |
| Figura 17.- Ensayo a tracción indirecta. | 33 |
| Figura 18.- Espectro de diseño en aceleración..... | 43 |
| Figura 19.- Mapa de zona sísmica del Ecuador. | 44 |
| Figura 20.- Enchape global de la estructura..... | 48 |
| Figura 21.- Plano arquitectónica planta baja..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 22.- Plano arquitectónica planta alta. | 51 |
| Figura 23.- Plano arquitectónica planta de cubierta. | 52 |
| Figura 24.- Plano arquitectónica planta baja bloque H. | 52 |
| Figura 25.- Plano arquitectónica planta alta bloque H. | 53 |
| Figura 26.- Definición de Sub-bloques, planta baja. | 56 |
| Figura 27.- Definición de Sub-bloques, planta alta. | 56 |
| Figura 28.- Resumen de patologías planta baja. | 65 |
| Figura 29.- Resumen de patologías planta alta. | 66 |
| Figura 30.- Espectro. | 75 |
| Figura 31.- Modelación 3D. | 76 |
| Figura 32.- Corrida de modelación 3D. | 76 |
| Figura 33.- Definición de materiales. | 77 |
| Figura 34.- Definición de material: Hormigón fc 210. | 78 |
| Figura 35.- Definición de material, Muros de adobe. | 78 |
| Figura 36.- Definición de material, madera de chanul. | 79 |
| Figura 37.- Definición de propiedades de sección. | 80 |
| Figura 38.- Propiedades de sección, cerchas 15x15 cm. | 80 |
| Figura 39.- Propiedades de sección, correas 8x8 cm. | 81 |
| Figura 40.- Propiedades de sección, vigas de entrepiso 13x18 cm. | 81 |
| Figura 41.- Propiedades de sección, vigas de entrepiso 12x15 cm. | 82 |
| Figura 42.- Vigas de entrepiso 13x20 cm. | 82 |
| Figura 43.- Pilares de madera 20x20 cm. | 83 |
| Figura 44.- Soleras 16x16 cm. | 83 |

| | |
|--|-----|
| Figura 45.- Wall propety..... | 84 |
| Figura 46.- Modeling type. | 85 |
| Figura 47.- Coeficientes de modificadores de rigidez..... | 86 |
| Figura 48.- Discretización de muros de adobe..... | 87 |
| Figura 49.- Asignación de los estados de carga. | 87 |
| Figura 50.- Asignación de cargas laterales estáticas en X..... | 88 |
| Figura 51.- Asignación de cargas laterales estáticas en Y..... | 88 |
| Figura 52.- Asignación de cargas laterales dinámicas..... | 89 |
| Figura 53.- Asignación de cargas a elementos..... | 89 |
| Figura 54.- Fuente de masa. | 90 |
| Figura 55.- Vectores de Ritz. | 90 |
| Figura 56.- Modelo de muros reforzados..... | 91 |
| Figura 57.- Modelo reforzado con todos los elementos. | 92 |
| Figura 58.- Definición de las propiedades del adobe reforzado..... | 92 |
| Figura 59.- Property modification factors..... | 93 |
| Figura 60.- Cargas laterales de diseño- espectro reforzado. | 94 |
| Figura 61.- Derivas SX..... | 95 |
| Figura 62.- Derivas SY..... | 95 |
| Figura 63.- Derivas SX..... | 99 |
| Figura 64.- Derivas SY..... | 100 |
| Figura 65.- Grafica de ensayo a corte directo. | 137 |
| Figura 66.- Grafica de ensayo a corte directo. | 138 |
| Figura 67.- Vista de modelado 3D. | 140 |

| | |
|---|-----|
| Figura 68.- Vista de modelado en 3D..... | 140 |
| Figura 69.- Visita técnica a Antiguo Colegio Simón Bolívar..... | 141 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.- Clasificación de edificaciones patrimoniales en función de su protección..... | 5 |
| Tabla 2.- Tipo de madera de acuerdo con el grupo..... | 16 |
| Tabla 3.- Propiedades de la madera Grupo B..... | 16 |
| Tabla 4.- Propiedades mecánicas del adobe..... | 18 |
| Tabla 5.- Tipos de ensayos no destructivos en adobe/tapial..... | 28 |
| Tabla 6.- Tipos de ensayos destructivos en adobe/tapial..... | 29 |
| Tabla 7.- Coeficiente de importancia..... | 40 |
| Tabla 8.- Factor de suelo (S)..... | 41 |
| Tabla 9.- Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación..... | 41 |
| Tabla 10.- Coeficiente sísmico por zonas sísmicas para edificaciones de tierra reforzada..... | 41 |
| Tabla 11.- Factor de reducción de resistencia sísmica..... | 42 |
| Tabla 12.- Coeficiente de regularidad en planta..... | 42 |
| Tabla 13.- Coeficiente de regularidad en elevación..... | 43 |
| Tabla 14.- Zona sísmica..... | 45 |
| Tabla 15.- Coeficiente de amplificación de suelo..... | 45 |
| Tabla 16.- Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto..... | 46 |
| Tabla 17.- Coeficiente de amplificación de suelo..... | 46 |
| Tabla 18.- Periodo de vibración..... | 47 |
| Tabla 19.- Valores de derivas máximas..... | 47 |
| Tabla 20.- Ficha de recolección de datos..... | 55 |
| Tabla 21.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque A..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Tabla 22.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque B. | 58 |
| Tabla 23.- Ficha técnica..... | 60 |
| Tabla 24.- Ficha Técnica #1..... | 61 |
| Tabla 25.- Ficha Técnica #2..... | 62 |
| Tabla 26.- Ficha Técnica #3..... | 63 |
| Tabla 27.- Ficha Técnica #4..... | 64 |
| Tabla 28.- Ensayo a compresión de adobe. | 67 |
| Tabla 29.- Ensayo a corte directo de adobe..... | 68 |
| Tabla 30.- Ensayo a flexión de adobe..... | 69 |
| Tabla 31.- Carga muerta de cubierta. | 70 |
| Tabla 32.- Carga muerta de vigas de entrepiso..... | 70 |
| Tabla 33.- Carga viva de cubierta. | 71 |
| Tabla 34.- Carga vida de vigas de entrepiso para aulas y corredores..... | 71 |
| Tabla 35.- Sobrecargas de viento. | 72 |
| Tabla 36.- Sobrecargas de granizo. | 73 |
| Tabla 37.- Resumen de parámetros. | 73 |
| Tabla 38.- Tipos de elementos. | 77 |
| Tabla 39.- Valores de rigidez efectiva de elementos de concreto..... | 86 |
| Tabla 40.- Periodo de diseño..... | 96 |
| Tabla 41.- Comprobación de periodo de diseño. | 97 |
| Tabla 42.- Participación modal. | 97 |
| Tabla 43.- Primer y segundo modo traslacional..... | 98 |
| Tabla 44.- Escalar cortante dinámico. | 98 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 45.- Periodo de diseño..... | 101 |
| Tabla 46.- Comprobación de periodo de diseño. | 101 |
| Tabla 47.- Participación modal. | 101 |
| Tabla 48.- Primer y segundo modo traslacional..... | 102 |
| Tabla 49.- Escalar cortante dinámico. | 103 |
| Tabla 50.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque C | 111 |
| Tabla 51.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque D | 112 |
| Tabla 52.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque E..... | 113 |
| Tabla 53.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque F..... | 115 |
| Tabla 54.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque G | 116 |
| Tabla 55.- Ficha Técnica #5..... | 118 |
| Tabla 56.- Ficha Técnica #6..... | 119 |
| Tabla 57.- Ficha Técnica #7..... | 120 |
| Tabla 58.- Ficha Técnica #8..... | 120 |
| Tabla 59.- Ficha Técnica #9..... | 121 |
| Tabla 60.- Ficha Técnica #10..... | 122 |
| Tabla 61.- Ficha técnica #11 | 123 |
| Tabla 62.- Ficha técnica #12 | 124 |
| Tabla 63.- Ficha técnica #13 | 125 |
| Tabla 64.- Ficha técnica #14..... | 127 |
| Tabla 65.- Ficha técnica #15 | 128 |
| Tabla 66.- Ficha técnica #16..... | 129 |
| Tabla 67.- Ficha técnica #17 | 130 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 68.- Ficha técnica #18..... | 131 |
| Tabla 69.- Ficha técnica #19..... | 132 |
| Tabla 70.- Ficha técnica #20..... | 133 |
| Tabla 71.- Ensayo a compresión de adobe. | 134 |
| Tabla 72.- Ensayo a compresión de adobe. | 135 |
| Tabla 73.- Ensayo a compresión de adobe. | 136 |
| Tabla 74.- Excel de espectro de aceleración NEC-15 | 139 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|------------------|-----|
| Ecuación 1..... | 20 |
| Ecuación 2..... | 40 |
| Ecuación 3..... | 40 |
| Ecuación 4..... | 44 |
| Ecuación 5..... | 47 |
| Ecuación 6..... | 47 |
| Ecuación 7..... | 74 |
| Ecuación 8..... | 74 |
| Ecuación 9..... | 74 |
| Ecuación 10..... | 97 |
| Ecuación 11..... | 99 |
| Ecuación 12..... | 99 |
| Ecuación 13..... | 102 |
| Ecuación 14..... | 103 |
| Ecuación 12..... | 103 |

Resumen

Las estructuras de valor histórico, cultural, científico o simbólico para la identidad de una comunidad o nación se conocen como estructuras patrimoniales. La mayoría de estas estructuras tienen entrepiso, techo de madera, muros de adobe o tierra apisonada y cimientos de piedra. Estos edificios han sufrido diversos daños estructurales a lo largo de los años, principalmente de mampostería, como consecuencia de diversas acciones sísmicas. Por esta razón, esta investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento estructural y ofrecer algunas recomendaciones para el refuerzo y que sean compatibles con los materiales descritos anteriormente para que no sufran daños significativos en caso de terremoto. Con más de 300 años de historia, el antiguo Colegio Simón Bolívar ha sufrido diversos cambios y, consecuentemente, diversos daños. Por esta razón, se busca analizar el mejor refuerzo estructural. Esto con la ayuda de la modelación del software ETABS, que revelará el comportamiento actual de la estructura. Del mismo modo, se creará otro modelado en el que ya estará presente el refuerzo seleccionado y se examinará su comportamiento.

Palabras clave: patrimonio, análisis estructural, adobe, reforzamiento estructural.

Abstract

Structures of historical, cultural, scientific or symbolic value to the identity of a community or nation are known as heritage structures. Most of these structures have mezzanine floors, wooden roofs, adobe or rammed earth walls, and stone foundations. These buildings have suffered various structural damages over the years, mainly masonry, as a consequence of various seismic actions. For this reason, this research aims to analyze the structural behavior and offer some recommendations for reinforcement that are compatible with the materials described above so that they do not suffer significant damage in the event of an earthquake. With more than 300 years of history, the old Simón Bolívar School has suffered several changes and, consequently, several damages. For this reason, we seek to analyze the best structural reinforcement. This will be done with the help of ETABS software modeling, which will reveal the current behavior of the structure. In the same way, another modeling will be created in which the selected reinforcement will already be present, and its behavior will be examined.

Keywords: heritage, structural analysis, adobe, structural reinforcement.

Capítulo 1: Aspectos Generales.

1.1.Tema de Investigación

Análisis Estructural para Rehabilitación de Edificaciones Patrimoniales, aplicada al Antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H.

1.2.Planteamiento del problema

A la hora de realizar un estudio estructural con el fin de rehabilitar estructuras históricas, uno de los retos más importantes que se plantean es la falta de conocimiento sobre el funcionamiento actual de la estructura. De todos es sabido que las estructuras antiguas están construidas con materiales como barro, adobe, madera, piedra y otros elementos que no son totalmente compatibles con los materiales de construcción contemporáneos.

Actualmente existen diversas técnicas de reforzamiento estructural, la presente investigación tiene como finalidad conocer cuál sería la que mejor le convenga a la edificación escogida “Antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H”.

Formulación de preguntas para el desarrollo de la investigación (Tesis):

- ¿Como se está comportando actualmente la estructura de la edificación patrimonial?
- ¿Cuál sería el método de reforzamiento óptimo para la estructura?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Análisis Estructural del estado actual de la edificación patrimonial “Antiguo Colegio Simón Bolívar- Bloque H”.

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar la resistencia de los materiales predominantes en la edificación a ser estudiada, mediante ensayos.

Describir las diferentes patologías encontradas en la edificación mediante la elaboración de fichas patológicas.

Realizar la modelación estructural con la ayuda del programa ETABS para verificar el estado actual de la edificación y dar recomendaciones para su óptimo funcionamiento estructural.

1.4. Justificación del problema

En 1978 la UNESCO declaró a Quito como Patrimonio Cultural de la Humanidad, lo cual implica que las edificaciones propiamente patrimoniales deberán mantener su arquitectura intacta, tomando en cuenta que se deberán realizar diferentes acciones de mantenimiento y restauración ya que con el pasar de los años estas infraestructuras irán deteriorándose ya sea por temas de abandono, factores ambientales, factores sociales, etc.

La presente investigación está enfocada netamente al análisis estructural de la edificación patrimonial en donde se encontraba el Colegio Simón Bolívar-bloque H ubicada en el centro histórico de Quito, la cual tiene más de 300 años de vida, esta infraestructura fue realizada con materiales como el adobe, tapial, piedra, madera, entre otros, formando muros de mampostería, pisos, cubiertas, cimentaciones, etc. Al ser una edificación realizada con materiales anteriormente dichos, este no cuenta con reforzamientos que puedan evitar el colapso de la estructura es por ello por lo que es muy importante realizar un análisis estructural, revisando cuales serían los métodos más eficaces para un reforzamiento idóneo.

Actualmente se cuenta con diversos tipos de softwares que serán de gran utilidad uno de ellos ETABS el cual nos ayudará a realizar el análisis estructural de la presente investigación y así se podrá tener respuestas con mayor exactitud, esto nos ayudará a dar recomendaciones para el reforzamiento estructural de no solamente la edificación planteada, si no para que sirva de referencia a diferentes inmuebles patrimoniales que cuenten con la misma tipología y morfología arquitectónica.

1.5. Hipótesis

1.5.1. General

Con las diferentes investigaciones bibliográficas, de campo, ensayos, entre otras y al realizar el análisis estructural (modelado) de la edificación se nos permitió saber el comportamiento de la estructura actual y a su vez se pudo recomendar un método de reforzamiento de muros, esto debido a que al predominar material de adobe se encontró materiales que tengan una gran compatibilidad entre ellos.

1.5.2. Especificas

La edificación actualmente cuenta con una estructura inestable, lo cual indica que esta necesita de reforzamiento estructural para evitar posibles grietas que comprometan a la edificación y un posible colapso.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1. Edificaciones Patrimoniales

Las edificaciones patrimoniales son construcciones que tienen un valor histórico, cultural, arquitectónico o artístico significativo para una comunidad, región o nación. Estas edificaciones pueden ser monumentos, edificios antiguos, iglesias, casas, palacios, entre otros, que han sido preservados y protegidos debido a su importancia en la historia o la cultura de un lugar. (Kapitel19, 2024)

La importancia histórica y cultural de los edificios patrimoniales de Quito los convierte en una parte significativa del paisaje general de la ciudad. La gran mayoría de estas estructuras se encuentran en el distrito histórico de la ciudad, donde están protegidas por normas y regulaciones diseñadas para promover su preservación. Estos inmuebles, que incluyen residencias, edificios y monumentos, han sido rehabilitados y mantenidos gracias a las inversiones realizadas por el Municipio de Quito. Además, la ciudad alberga una serie de instituciones educativas, así como embajadas de otros países que se alojan en estructuras históricas.

El 9 de junio de 1978 se promulgó la Ley de Patrimonio Cultural, que definió directrices para la investigación, inventario, protección, conservación y salvaguardia del Patrimonio Cultural del Estado. (INCP, 2021)

De acuerdo con los criterios de “valor universal excepcional”, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) designó a la ciudad de Quito Patrimonio de la Humanidad el 8 de septiembre de 1978. Esto se debió a que la capital de Ecuador tenía el núcleo histórico mejor conservado y menos modificado de toda América

Latina. Todas las estructuras culturales de la ciudad fueron designadas bienes patrimoniales por el Instituto Nacional de Cultura en 1984. (INCP, 2021)

2.2. Niveles de intervención en bienes patrimoniales tangibles.

La catalogación de bienes patrimoniales tangibles es por antigüedad; valor tipológico; valor arquitectónico, técnico constructivo; significado simbólico, (histórico, tecnológico, hito urbano, científico entre otros) y relación con el entorno. (Delgado, 2019)

La catalogación aplicada de edificaciones patrimoniales se muestra en la Tabla 1, que resumirá la clasificación a cada edificación en uno de los cuatro grupos considerados.

Tabla 1.- Clasificación de edificaciones patrimoniales en función de su protección.

| Grupo | Descripción |
|---|--|
| 1. Edificaciones y conjuntos con protección absoluta. | Son aquellas edificaciones patrimoniales que, por su alta valoración arquitectónica, individual, de conjunto, de contexto y de entorno, pasan a formar parte de la memoria colectiva, inclusive de la Nación, debiendo conservarse en toda su magnitud y unidad, manteniendo sus características originales y los aportes realizados en el tiempo. En caso de ser necesario, se recuperarán las mismas a través de intervenciones especializadas como: conservación orientada al mantenimiento, restauración, consolidación, reintegración, liberación de elementos no compatibles. También calificarán en este grupo las edificaciones monumentales y las de interés especial que lo ameriten. |
| 2. Edificaciones y conjuntos con protección parcial. | Conocidas también como rehabilitables, son aquellas que siendo también patrimoniales, son susceptibles de modificación con la finalidad de recuperar o mejorar sus condiciones de habitabilidad, lo cual implica que en la catalogación correspondiente constarán los elementos que deban conservarse obligatoriamente y aquellos que puedan modificarse, así como sus grados y tipos de intervención, que están contenidos en la rehabilitación arquitectónica, siendo el factor predominante de la intervención la recuperación de elementos tipológicos de fachada, cubierta, implantación y características volumétricas. Se permite también la realización de obra nueva con diseño integrado como complemento a las demandas funcionales, las que deberán integrarse a las características del entorno tanto del paisaje construido como el natural. |
| 3. Edificaciones y conjuntos con protección condicionada. | La edificación y conjunto tiene un grado de protección condicionada por ser de Interés Patrimonial, en donde sus interiores poseen un alto nivel de deterioro o de intervención lo que ha ocasionado la pérdida de sus características tipológicas originales. Se conservará las características volumétricas, compositivas y de materiales, básicamente al exterior por su aporte al conjunto e imagen urbanas. |
| 4. Edificaciones con catalogación negativa. | Son aquellas edificaciones que no presenten valores arquitectónicos representativos ni relevantes, que no tienen significación ni histórica ni cultural, y que no forman parte de un conjunto arquitectónico homogéneo o que si lo integra vaya en contra de su unidad y armonía |

Nota: La presente tabla detalla la clasificación de edificaciones patrimoniales en función de su protección. (Fuente: (Delgado, 2019))

2.3. Edificio: Antiguo Colegio Simón Bolívar

Figura 1.- Edificio Antiguo Colegio Simón Bolívar



Nota: en la presente figura se puede observar todo el predio del edificio Antiguo Colegio Simón Bolívar antes de que se realice la intervención de cubiertas. (Fuente: Guamba. K, 2023)

El antiguo Colegio Simón Bolívar, una estructura significativa en el corazón histórico de Quito, fue construido como seminario jesuita en el siglo XVIII. Su historia se remonta a esa época y ahora se considera un hito importante. En el siglo XIX, tras la expulsión de los jesuitas, la estructura se utilizó como institución educativa. Durante los primeros cuarenta años, sirvió de residencia para los estudiantes del Instituto Nacional Mejía. En 1937, los estudiantes se trasladaron a sus nuevas instalaciones.

Durante el siglo XX, el Liceo Bolívar se estableció como colegio privado para la educación de mujeres jóvenes. María Angélica Idrobo, una educadora de la comunidad imbabureña, fue la impulsora del establecimiento de esta institución. La escuela se especializaba en corte y confección, costura y contabilidad. Por decisión del Ministerio de Educación en 1948, el LICEO SIMÓN BOLÍVAR fue elevado a la categoría de dependencia nacional, por lo que pasó a depender del Ministerio de Educación Pública. El 21 de septiembre de 1957 tuvo lugar una reorganización del Liceo, que pasó a denominarse COLEGIO

TÉCNICO DE SEÑORITAS SIMÓN BOLÍVAR. Las especialidades se mantuvieron durante todo este proceso.

Tras 44 años de productiva labor, el 7 de agosto de 1984 fue reconocida como PLANTEL EXPERIMENTAL por Acuerdo Ministerial. Este reconocimiento exigió el establecimiento de nuevos fines y objetivos, que finalmente se tradujeron en la creación de nuevas especialidades dentro de la institución. En respuesta a las peticiones formuladas por los alumnos de la institución, se establecieron las siguientes especializaciones: secretariado bilingüe, licenciatura en informática, contabilidad y, en el campo de las ciencias, matemáticas físicas y biología química. El funcionamiento continuó así durante un total de veintiocho años. En la actualidad, se ha eliminado la distinción de Experimental, y nos referimos a él como COLEGIO SIMÓN BOLÍVAR. (Quito, 2021)

Los estudiantes del Colegio Simón Bolívar fueron reubicados en un nuevo plantel en el centro-norte de la ciudad en el año 2010. Desde ese año, el edificio se encontraba abandonado y había pasado a propiedad del Miduvi. En el año 2023, el edificio tuvo la intervención completa de todos la cubierta y reforzamiento de muros con el fin de su restauración. En la actualidad, la estructura ha experimentado diversas transformaciones y usos.

Figura 2.- Edificio antiguo Colegio Simón Bolívar





Nota: en la presente figura se puede observar todo el predio del edificio Antigua Colegio Simón Bolívar después de realizarse la intervención de cubiertas. (Fuente: Guamba. K, 2023)

2.4. Materiales principales en la edificación patrimonial.

En los edificios históricos, los materiales que se utilizaron para construirlos difieren en función de la época y el lugar en que se construyeron. Elementos como el adobe, la piedra, la madera y el ladrillo se utilizaron en la construcción de la estructura y se eligieron en función de los recursos accesibles en la región. Además, los métodos de construcción utilizados en cada época influyeron en la selección de los materiales, que requirieron una adaptación a las circunstancias naturales y a las tradiciones arquitectónicas de la zona. Muchos de los edificios del patrimonio histórico de Quito, como el Antigua Colegio Simón Bolívar, se construyeron con materiales como la piedra para los cimientos, el adobe para los ladrillos y la madera para las cubiertas.

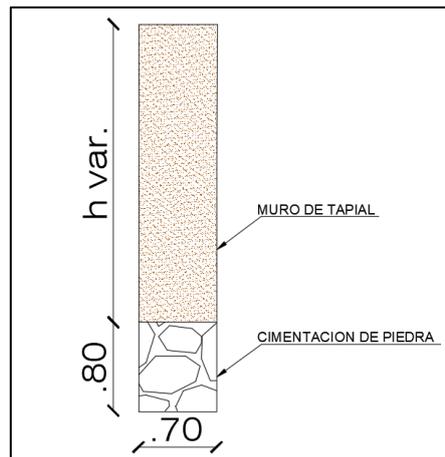
2.4.1. Cimentación de piedra

La piedra es un material tradicional que se ha utilizado durante siglos en la construcción de edificios antiguos. En algunos casos, las cimentaciones de piedra pueden requerir reparaciones y restauraciones para mantener su integridad y funcionalidad.

Las cimentaciones de piedra son un método constructivo tradicional utilizado en edificaciones patrimoniales en muchos lugares del mundo. En estos casos, las piedras se disponen de tal manera que se ajustan para formar una base sólida y estable para la estructura.

Las cimentaciones de piedra son valoradas en edificaciones patrimoniales por su durabilidad y resistencia, además de por su estética y el valor cultural que aportan. En algunas zonas, como el casco histórico de ciudades como Quito, los edificios patrimoniales se asientan sobre cimientos de piedra que datan de la época colonial.

Figura 3.- Cimentaciones de piedra

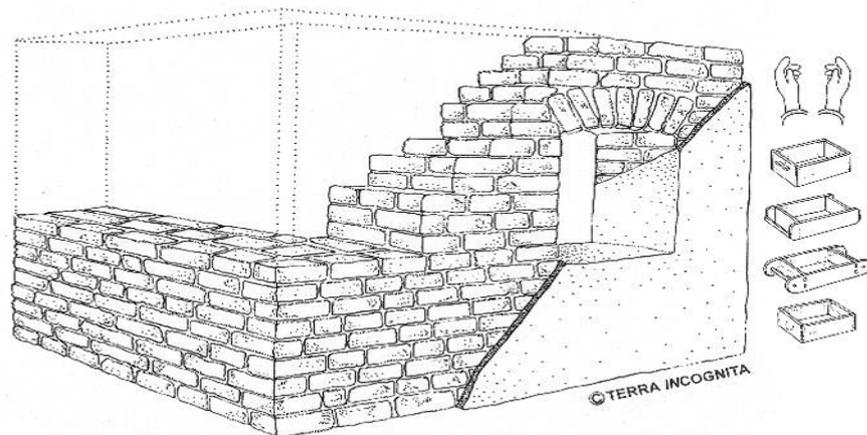


Nota: en la presente figura se muestra un corte, referenciando el sistema constructivo de una cimentación de piedra. (Fuente: Guamba, K, 2023)

2.4.2. Mampostería de adobe

Antes de la introducción del acero y el hormigón como materiales de construcción, los edificios de tierra eran muy comunes. Esto se debe a que la tierra es un recurso natural abundante que se ha utilizado para suplir la necesidad de vivienda desde el principio de la historia de la humanidad. Tanto desde el punto de vista térmico como acústico, las construcciones de tierra, como el adobe, poseen cualidades excepcionales. Además, esta tipología estructural es una técnica a la vez sencilla y barata. Sin embargo, son estructuras muy vulnerables ante fenómenos naturales como lluvias y principalmente sismos. (Chacon , Suquillo, Sosa, & Celi , 2021)

Figura 4.- Mampostería de adobe



Nota: en la presente figura se muestra el proceso de construcción de la mampostería de adobe. (Fuente: (Chacon , Suquillo, Sosa, & Celi , 2021)

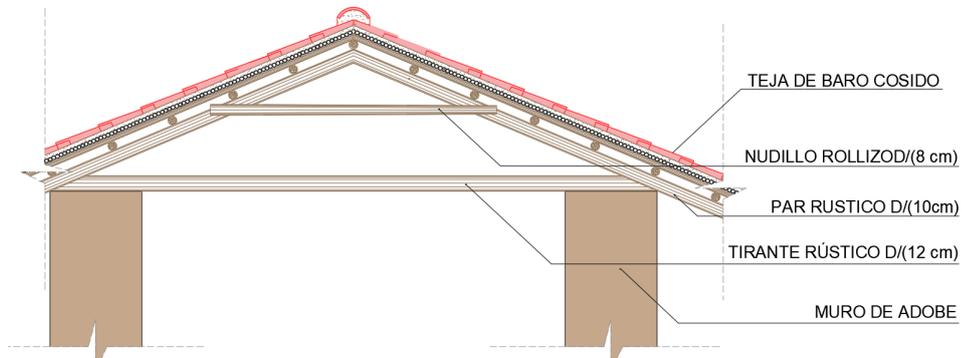
Los sistemas constructivos en tierra de edificaciones patrimoniales consisten principalmente en muros de carga; se diseñaron para soportar cargas verticales (peso propio, entresijos, cubiertas y otros) y de servicio (carga viva), sin incluir los efectos producidos por un sismo. Se asimilan entonces a un sistema de mampostería compuesto por unidades de tierra cruda, aparejadas de diferentes formas, con la que se construyen muros que varían en espesor y en altura y que pueden o no trabarse. (Rivera, 2012)

En general, su anchura es superior a la de los muros que soportan, y sus magnitudes varían en función del tipo de suelo sobre el que se apoyan (lo mismo ocurre con su profundidad).

- Muros cargueros tienen un grosor que oscila entre 0,90 y 1,20 metros y una altura que suele oscilar entre 5 y 7 metros. Además, hay aberturas aquí y allá para puertas y ventanas aquí y allá. Para evitar que el elemento se desplome hacia el exterior, estos muros longitudinales funcionan en combinación con contrafuertes que están situados en el cuarto o quinto vano de la longitud del elemento, a una distancia de entre tres y cuatro metros entre sí. Estos muros generalmente reciben las cargas de cubierta transmitidas a éstos mediante el

apoyo de los tirantes y demás estructura de armar a una viga solera que se ubica sobre el cabezal del muro. (Rivera, 2012)

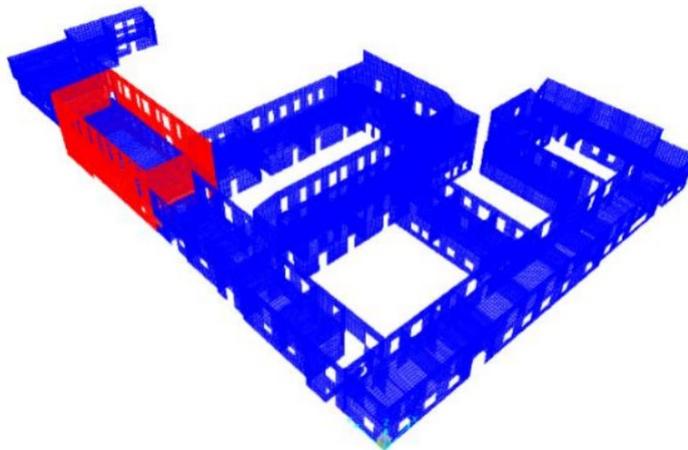
Figura 5.- Mampostería de adobe



Nota: en la presente figura se muestra un corte, referenciando el sistema constructivo de una mampostería de adobe. (Fuente: Guamba. K, 2023)

El adobe es el material predominante en la construcción de los muros del Antiguo Colegio Simón Bolívar. Los ladrillos se utilizan muy poco en la construcción de los muros. Como puede verse en este diagrama, alrededor del noventa por ciento (el tono azul) está compuesto de adobe, mientras que el diez por ciento restantes (el color rojo) está compuesto de ladrillo.

Figura 6.- Mampostería en antiguo colegio Simón Bolívar.



Nota: en la presente figura se muestra la planta del edificio antiguo colegio Simón Bolívar, en donde se ve el material que prevalece en las mamposterías del edificio. (Fuente: (Chacon , Suquillo, Sosa, & Celi , 2021)

Figura 7.- Mampostería de adobe en el antiguo colegio Simón Bolívar.



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar la mampostería de adobe en el antiguo Colegio Simón Bolívar y las llaves de madera para reforzamiento. (Fuente: Guamba. K, 2023)

Figura 8.- Mampostería de ladrillo en el antiguo colegio Simón Bolívar.



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar la mampostería del ladrillo en el antiguo Colegio Simón Bolívar. (Fuente: Guamba. K, 2023)

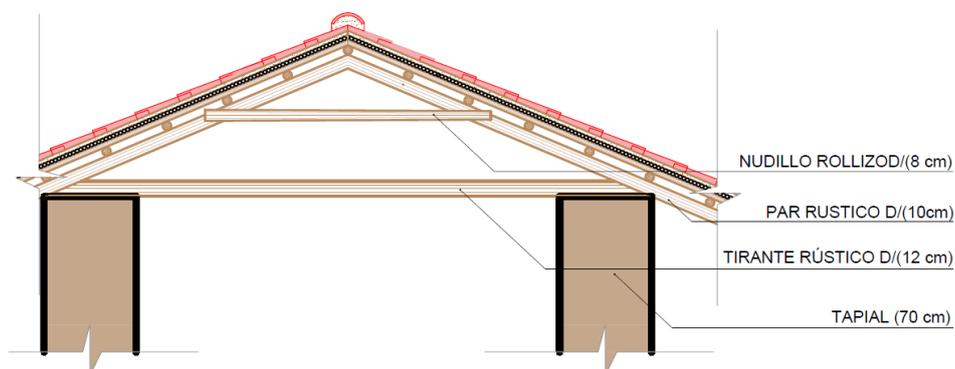
2.4.3. Cubierta.

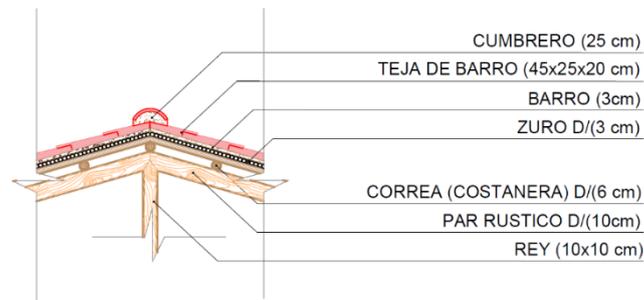
Las cubiertas, a menudo inclinadas, sirven para proteger la parte superior de la estructura de las condiciones climáticas adversas, especialmente la lluvia, por lo que es fundamental cuidarlas. Las estructuras de cubierta de las casas de adobe presentan una amplia gama de diseños y configuraciones. En general, hay una preponderancia de piezas de madera redonda, y en ciertos casos específicos, hay piezas de madera aserrada disponibles. Los siguientes son los componentes principales que se incluyen en una de las estructuras dominantes, que se denomina estructura de par y nudillo:

- Cumbretero. – conforma la viga longitudinal principal y recibe las correas.
- Correas. - vigas principales que sostienen el encañado de techo.
- Par. - elementos diagonales.
- Tirantes. - vigas de madera que atraviesan el vano y reciben las vigas soleras.
- Solera. - vigas instaladas en las cajas de los tirantes. Reciben las correas y las vigas pares.
- Nudillos. - elementos longitudinales de amarre entre vigas correas y vigas pares.

(Cardona, y otros, 2010)

Figura 9.- Esquema de cubierta.





Nota: en las presentes imágenes se puede observar el esquema de cubierta de madera. (Fuente: Guamba. K, 2023)

2.5. Propiedades de los materiales más comunes en la edificación.

A continuación, se presenta las propiedades mecánicas y físicas de los materiales más comunes usados en edificaciones patrimoniales como lo son el adobe y la madera.

2.5.1. Madera como material de construcción.

Como se mencionó en la sección 2.4.3. la madera es parte fundamental en la construcción de una edificación patrimonial es por ello por lo que a continuación se describe las propiedades físicas y mecánicas.

2.5.1.1. Propiedades mecánicas y físicas de la madera.

Al hablar de las características de las propiedades físicas de la madera, es esencial destacar las siguientes:

- Anisotropía. - es una característica de la madera que conlleva un cambio en su comportamiento en función de la dirección en la que se presentan las fibras.
- Higroscopia. - Es una de las características de la madera que le permite absorber o eliminar agua hasta alcanzar un estado de equilibrio con la humedad relativa del aire que la rodea.
- Humedad. - El agua es la causa de la formación de la madera natural y, al ser una sustancia higroscópica, tiene la capacidad de liberar o absorber humedad en función del ambiente que la rodea.

- Conductividad térmica. – Cuando se trata de calor y electricidad, la madera seca no es buena conductora. Esto se debe a que la madera seca tiene células que han perdido agua y encapsulan burbujas de aire, lo que hace que funcione como aislante térmico
- Densidad. – la densidad puede variar de una especie a otra y esto depende del grado de humedad y el sitio del árbol. De esta manera, para determinar el valor correspondiente a cada especie es necesario extraer probetas de varios sitios.
(Manitio & Vasconez, 2013)

Al considerar las propiedades mecánicas de la madera, es necesario tener en cuenta las características inherentes al material. Esto hace necesario incluir ciertas restricciones en el diseño, como la luz del elemento, la carga y las tensiones admisibles. A continuación, se enumeran los elementos mencionados:

- Dureza. - depende de la densidad, la edad, la estructura y la orientación de las fibras que producen las fibras de trabajo.
- Resistencia a la compresión. - Como la humedad influye en este parámetro, la resistencia a la compresión aumenta a medida que disminuye el grado de humedad.
- Resistencia a la tracción. – Debido a la naturaleza anisotrópica de la madera, ésta presenta una resistencia mayor en la dirección paralela a las fibras que en la dirección perpendicular a las fibras. La rotura de tracción se produce de repente, y la resistencia que ofrece no está en función del peso específico utilizado.

- Resistencia al corte. – puede definirse como la capacidad de soportar fuerzas que tienen la tendencia a inducir a un componente del material a deslizarse sobre la sección que está a su lado.
- Resistencia a flexión. – Las direcciones radial y tangencial de las fuerzas de flexión no son algo que la madera sea capaz de soportar, en general. Sin embargo, este no es el caso cuando la aplicación se realiza en una dirección perpendicular a las fibras. En el proceso de flexión, un elemento sufre una deformación que hace que las fibras superiores se acorten y las inferiores se alarguen. (Manitio & Vasconez, 2013)

2.5.1.2. Propiedades de la cubierta de madera.

De acuerdo con las especificaciones del manual de diseño para maderas del grupo andino se pudo identificar el grupo al cual pertenece la especie de madera que está en la cubierta de la edificación patrimonial del presente caso de estudio. A continuación, se detalla la información obtenida.

Tabla 2.- Tipo de madera de acuerdo con el grupo.

| | | | |
|---------|---|------------------------------------|--|
| ECUADOR | A | Caimitillo Guayacán pechiche | <i>Chrysophyllum cainito</i> <i>Minquartia guianensis</i> |
| | B | Chanul Moral fino Pituca | <i>Humiriastrum procerum</i> <i>Chlorophora tinctoria</i> <i>Clarisia racemosa</i> |
| | C | Fernansánchez Mascarey Sande | <i>Triplaris guayaquilensis</i> <i>Hieronyma chocoensis</i> <i>Brosimum utile</i> |

Nota: en la presente tabla se indica el grupo de especies estudiadas en el Pat-Refort para madera estructural. Fuente ((Andino)

Tabla 3.- Propiedades de la madera Grupo B.

| Propiedad | Nomenclatura | Unidad | Magnitud |
|---|--------------|------------------------|-----------|
| Esfuerzo admisible-compresión paralela | f_{ep} | (kg/cm ²) | 164,03 |
| Esfuerzo admisible-compresión perpendicular | f_{epr} | (kg/cm ²) | 60,05 |
| Esfuerzo admisible a corte | V_e | (kg/cm ²) | 11,87 |
| Módulo de elasticidad | E_e | (kg/cm ²) | 126355,53 |
| Peso específico | γ_e | (Tonf/m ³) | 0,81 |
| Densidad | ρ | (Ton/m ³) | 0,81 |
| Módulo de Poisson | μ | s/u | 0,40 |
| Coefficiente de expansión térmica | α | °C ⁻¹ | 3,00E-06 |

Nota: en la presente tabla se detalla las propiedades mecánicas y físicas que serán usadas para la modelación del caso de estudio. (Fuente: (Manitio & Vasconez, 2013))

2.5.2. Adobe como material de construcción.

La mayoría de las estructuras construidas en Ecuador con adobe, que es el principal material utilizado, se construyen sin tener en cuenta las características granulométricas del material. Estas cualidades son significativas en cuanto a las capacidades mecánicas, permeabilidad y resistencia a los agentes ambientales que tiene el material. La arcilla debe estar entre el 10 y 20 por ciento del volumen del suelo, el limo entre el 15 y 25 por ciento y la arena entre el 55 y 70 por ciento, según la norma peruana NTE E 080. Además, para minimizar el agrietamiento como resultado del secado, se utilizan materiales adicionales como pelo de animales, estiércol y/o fibras vegetales (especialmente paja). El uso de paja provocó una disminución de la resistencia a la compresión. En la mayoría de los casos, la resistencia a la compresión del adobe se sitúa entre 1,3 MPa y 2,1 MPa. Se recomienda que la resistencia a la compresión oscile entre 2,0 MPa y 2,5 MPa para lograr una estabilización óptima del suelo, que consiste en modificar las características del suelo para mejorar su comportamiento mecánico o físico. La resistencia a la tracción es difícil de medir debido a los efectos de las grietas de contracción; sin embargo, oscila entre 0,370 a 0,834 MPa. (Aguilar & Quezada, 2017)

2.5.2.1. Propiedades físicas del adobe.

El adobe al ser una mezcla de diferentes elementos pero que el principal es suelo, posee debilidades a ciertas propiedades físicas:

- Fluctuaciones de temperatura. – al tener una composición variada sus coeficientes de expansión térmica a su vez son diferentes y por consiguientes las variaciones térmicas causan agrietamientos en las unidades de adobe como en las juntas de unión. (Manitio & Vasconez, 2013)

- Erosión por agua y viento. - Al estar el adobe en constante interacción con el medio está expuesto a lluvias y vientos que disgregan el material y lo arrastran, lo que causa disminuciones en las dimensiones del adobe. (Manitio & Vasconez, 2013)

Tomando en cuenta estos parámetros ahora se puede mencionar las propiedades físicas que hacen al adobe un material alternativo de construcción.

- **Aislante térmico y acústico.** – la baja conductividad térmica hace que los ambientes contenidos por paredes de adobe sean frescos en verano y cálidos en invierno, debido a sus diferentes espesores los cuales son entre 0.6 a 1.20 metros, así mismo este gran espesor ayuda a evitar la propagación de ruido o sonido. (Manitio & Vasconez, 2013)
- **Resistente al fuego.** – debido a su naturaleza el adobe presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego, como resultado de su composición es claramente superior a otros materiales como el ladrillo o acero. (Manitio & Vasconez, 2013)

En general, las cualidades mecánicas que se deben considerar para la mampostería de adobe se derivan a través de ensayos; sin embargo, la norma peruana E 0.80 considera valores que son más bien conservadores en el caso de que no se puedan realizar tales experimentos. Estos valores se muestran a continuación:

Tabla 4.- Propiedades mecánicas del adobe.

| Propiedad | Unidad | Magnitud | Referencia |
|-----------------------------|------------|-----------|---|
| Resistencia a la compresión | F_o | kg/cm^2 | 12,59 Ensayos de resistencia a compresión. |
| Módulo de Poisson | u | | 0,25 Norma E 0.80 |
| Peso específico | γ_m | ton/m^3 | 1.6 Norma E 0.80 |

| | | | | |
|-----------------------------------|----------|-------------|----------|---|
| Módulo de elasticidad | E_m | kg/cm^2 | 2100 | Artículo. - Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta |
| Coefficiente de expansión térmica | α | $^{\circ}C$ | 0.000006 | Norma E 0.80 |

Nota: en la presente tabla se puede observar los valores que indica la norma peruana. (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

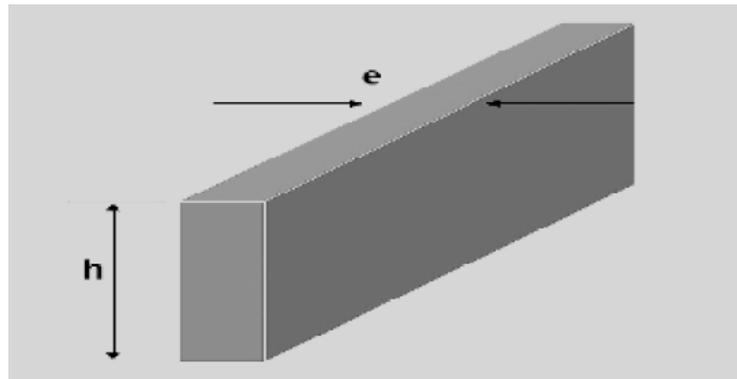
2.6. Comportamiento sísmico del adobe.

A lo largo de la historia de la humanidad, las construcciones de tierra han sido un fenómeno muy extendido. Esto se debe principalmente a que las estructuras de tierra son fáciles de construir, los materiales que se utilizan son fáciles de conseguir y protegen de los efectos del clima.

El uso de esta tipología constructiva se generalizó en el siglo XVII, llegando en construcciones de gran envergadura como las destinadas a usos religiosos, militares y público. Sin embargo, su utilización sufrió una depresión desde mediados del siglo anterior, como una consecuencia de la aparición de nuevos materiales más versátiles y de la búsqueda de mayor seguridad para la construcción. (Moran, 2003)

Durante los periodos de gran actividad sísmica se desarrollaron tecnologías constructivas sismorresistentes basadas en la experiencia, que permitieron preservar las construcciones mediante la utilización de conocidas relaciones alto/espesor de los muros, de una distribución sistemática de aberturas para puertas y ventanas, además del uso de prácticas constructivas que integran la estructura de cubierta y las de entrepiso a la resistencia de los muros de mampostería de tierra. (Moran, 2003)

Figura 10.- Diagrama de la relación alto-espesor.



Nota: en la presente figura se puede observar el diagrama de relación alto-espesor. (Fuente: (Moran, 2003))

Considerando que las mamposterías en tierra son elementos frágiles cuyo rango elástico es casi despreciable, la ductilidad o capacidad del material para incursionar en deformaciones inelásticas es nula, razón por la cual la sollicitación sísmica es cuantificada por la energía o inercia desarrollada por la masa (m) y la aceleración (a) del muro del movimiento, representada por la ecuación:

Ecuación 1

$$U = m * a$$

Donde:

- $a =$ *aceleración del muro.*

2.6.1. Clasificación del muro por el comportamiento sísmico.

Se define grupos de muros en función de la tipología constructiva de los elementos que lo conforman, la forma geométrica del muro en planta y en elevación y el sistema de arriostramiento estructural, considerando que estas variables son las que definen el comportamiento dinámico de un muro, caracterizado por la forma de vibrar de un muro.

Por la tipología que los elementos que lo conforman.

- Muros conformados con mampuestos de tierra (adobes)
- Muros construidos con módulo de tierra apisonada (adobones/tapiales)

- Muros mixtos (adobe-ladrillo; adobón-ladrillo)

Por la geometría del muro en planta y elevación.

- Muros continuos sin aberturas.
- Muros con aberturas.
- Muros de doble altura (dos pisos)

Por los sistemas de arriostramiento transversal.

- Muros arriostrados por otros muros transversales.
- Muros arriostrados por los sistemas de pisos.
- Muros arriostrados por la estructura de cubierta.

2.6.2. Comportamiento de los muros de adobe y muros de adobón o tapial.

Los muros de mampostería en tierra se conforman por la unión ordenada de mampuestos de diferentes tamaños, cuyo comportamiento dinámico está definido por la tecnología constructiva del muro y la masa de casa mampuesto.

Los muros de mampostería de tierra bajo solicitaciones gravitacionales estáticas, conforman un cuerpo considerado como continuo, pero cuando el muro se encuentra solicitado por cargas dinámicas como las sísmicas, después del primer movimiento presenta ligeras fisuraciones, consideradas como trazas de una forma de discretización de la masa del muro; en los siguientes movimientos, por causa de las fisuraciones el muro pierde la continuidad y cada elemento se comporta como un nuevo muro independiente de menor masa, que busca una forma de equilibrio. Este proceso de división y subdivisión continua hasta que los elementos discretizados encuentran una masa cuya respuesta (periodo fundamental) es diferente al predominante del suelo. En algunos casos, cuando el sismo es de gran magnitud, la discretización del muro se presenta violentamente produciéndose una degradación de los materiales, cuyo resultado final es el colapso.

El comportamiento sísmico del adobe, que son mampuestos de gran tamaño y peso, dependerá esencialmente de la masa y de las relaciones geométricas del muro y de los mismos, considerando que las trazas de una primera fisuraciones están dadas por las líneas de unión entre adobe, si el periodo fundamental es diferente al del suelo, se espera una respuesta atenuada y el trabajo de la masa, durante el movimiento, igualara satisfactoriamente a la energía del sismo, en caso contrario si las condiciones de estabilidad contra el volcamiento lo permiten, el adobón se subdividirá en otros segmentos de menor masa hasta encontrar una masa de equilibrio o el muro colapsara por volcamiento. (Moran, 2003)

2.6.3. Comportamiento de los muros por su geométrica

Muros anchos.

En las construcciones antiguas se demuestra que los muros cuya geometría presenta una relación:

$$\frac{\text{altura}}{\text{espesor}} = \frac{a}{e} = 4.0; \text{Son clasificados como "Muros Anchos"}$$

Esta simple relación geométrica utilizada tradicionalmente con seguridad, en zonas de alto riesgo sísmico, demuestra que el equilibrio estable de una construcción muraría, es una función de la masa y de los desplazamientos, independientemente del estado tensional del material. (Moran, 2003)

Figura 11.- Representación de Torre no esbelta como muros anchos.



Nota: en la presente figura se puede observar la representación de una torre no esbelta como muros anchos. (Fuente: (Moran, 2003))

Muros delgados.

En las construcciones antiguas se demuestra que los muros cuya geometría presenta una relación:

$$\frac{\text{altura}}{\text{espesor}} = \frac{a}{e} = 4.0 \rightarrow \frac{\text{largo}}{\text{espesor}} = 10.0 \text{ Son clasificados como "Muros Delgados"}$$

Las deformaciones transversales analizadas mediante modelos matemáticos en “muros delgados” y largos tienen una tendencia marcada a las deformaciones flexo-torsionales, perpendiculares al plano del muro y alrededor de un eje vertical. El comportamiento estudiado de los modelos matemáticos concuerdan con los sistemas de fisuraciones observados en muros existentes afectados por los sismos, pues las fisuraciones y agrietamientos inclinados, localizados en las inmediaciones de las esquinas superiores revelan deformaciones torsionales (aleteo de las esquinas del muro) y los agrietamientos verticales, en los medios de la longitud, ponen de manifiesto las deformaciones por esfuerzos flexionantes transversales alrededor de un eje vertical. (Moran, 2003)

Muros con aberturas.

En muros que contengan aberturas (puertas, ventanas, etc.) la lectura estructural para detectar los posibles sitios de fisuración y la consecuente subdivisión de muro y definir su comportamiento dinámico, se simplifica, pues los sitios de discontinuidad, caracterizados por un cambio violento de rigidez donde aparecen las aberturas, son los espacios propicios para el primer agrietamiento y subdivisiones del muro. El comportamiento dinámico y la estabilidad de los segmentos individualizados.

Figura 12.- Representación de muros con aberturas.



Nota: en la presente figura se puede observar la representación de muros con aberturas, ya sean de puertas o ventanas. (Fuente: (Moran, 2003))

2.7. Normas para estructuras de adobe.

El adobe al ser un material derivado de la tierra cuenta con pocas normas para su diseño, es por ello que se ha realizado la investigación de diferentes fuentes bibliográficas, una de ellas la norma Peruana E.080, la cual cuenta con diferente información sobre como realizar una construcción con tierra y a su vez parámetros mecánicos y físicos de la misma.

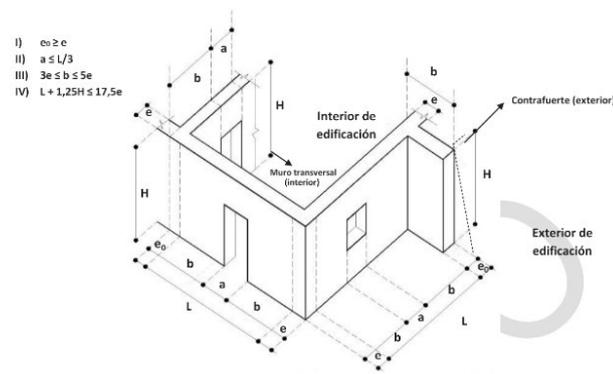
2.7.1. Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada.

Los siguientes son algunos de los parámetros que identifica esta norma para la construcción de tierra, concretamente adobe:

- Muros anchos para su mayor resistencia y estabilidad frente al volteo. El espesor mínimo del muro es de 0.40 m.
- Los muros deben tener arriostres horizontales (entrepisos y techos) así como arriostres verticales (contrafuerte o muros transversales).

- La densidad de muros en la dirección de los ejes principales debe tener el valor mínimo indicado - Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación. De ser posible, todos los muros deben ser portantes y arriostrados.
- Tener una planta simétrica respecto a los ejes principales.
- El espesor (e), densidad y altura libre de muros (H), la distancia entre arriostres verticales (L), el ancho de los vanos (a), así como los materiales y la técnica constructiva para la construcción de una edificación de tierra reforzada, deben ser aplicados de manera continua y homogénea.
- Los vanos deben tener las proporciones y ubicación de acuerdo con lo indicado. Así mismo, se recomienda que sean pequeños y centrados.

Figura 13.- Criterios para construcción con tierra



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar los criterios para la construcción con tierra. (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)

- Tener como mínimo una viga collar en la parte superior de cada muro fijada entre sí, así como a los refuerzos, y construidos con un material compatible con la tierra reforzada. (Ministerio de vivienda, 2017)

Para los refuerzos se debe tener en cuenta las consideraciones siguientes:

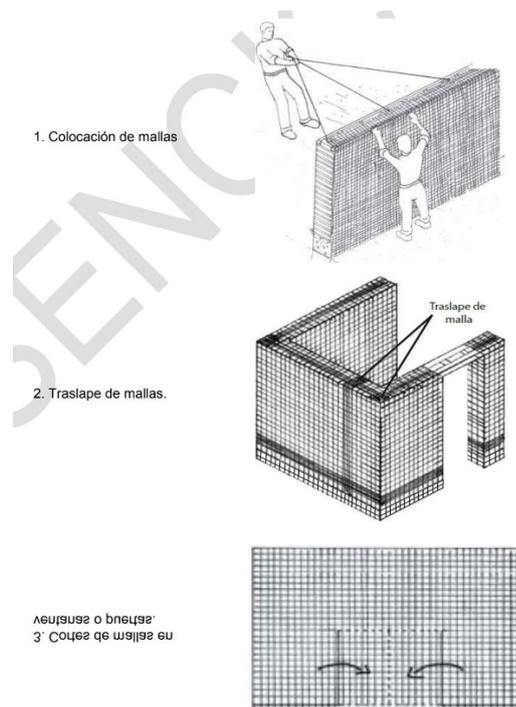
- Los muros y contrafuertes de las edificaciones de tierra reforzada deben tener refuerzos.
- En caso de que los refuerzos sean externos a los muros o contrafuertes deben estar embutidos en el enlucido.

- No deben usarse refuerzos en una sola dirección, pues no logran controlar los desplazamientos y pueden sufrir colapsos parciales. Deben usarse refuerzos en dos direcciones (horizontales y verticales).
- En todos los casos, el refuerzo horizontal coincide con los niveles inferior y superior de los vanos.
- Los elementos que conforman los entrepisos o techos de las edificaciones de tierra reforzada deben estar adecuadamente fijados al muro mediante una viga collar. El refuerzo debe fijarse desde la base del sobrecimiento a la viga collar.
- En caso se utilice refuerzos de tipo vegetal, geomallas, dinteles y/o mallas de sogas sintéticas, debe considerarse, según sea el caso, como mínimo lo siguiente:
 - ✓ Caña carrizo (hueca) o caña brava (sólida), completas, de 25 mm de diámetro aproximado como refuerzo vertical y chancadas tipo carrizo o guadua angustifolia (sin dañarlas) como refuerzo horizontal.
 - ✓ Madera en rollizos o aserrada con diámetros igual o mayores a 25 mm como refuerzo vertical externo y sogas naturales (cabuya o sisal) de mínimo 6 mm de diámetro como refuerzo horizontal externo.
 - ✓ Ramas trenzadas de fibra vegetal, en paquetes de diámetros de 25 mm como refuerzo vertical externo y ramas sueltas trenzadas o sogas como refuerzo horizontal externo, con diámetros mayores a 6 mm.
 - ✓ Sogas de cabuya, sisal o fibras naturales trenzadas formando mallas ortogonales externas.
 - ✓ En caso se utilice refuerzo de mallas sintéticas de nudos integrados (geomallas), el refuerzo debe ser externo y embutido en el enlucido. La geomalla, constituida por material sintético, debe reunir las

características necesarias para ser usada como refuerzo de edificaciones de tierra, tales como:

- a. Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con o sin diagonales interiores, con abertura máxima de 50 mm. y nudos integrados.
- b. Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m, (356.9 kgf/m) en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
- c. Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en tierra. (Ministerio de vivienda, 2017)

Figura 14.- Esquema de colocación de refuerzo con geomalla.



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar los criterios para la colocación de refuerzo con geomalla para la construcción con tierra. (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017))

2.8. Tipos de ensayos

Para verificar los diferentes parámetros ya sean mecánicos o físicos de diferentes tipos de materiales se requiere hacer diferentes ensayos, ya sean destructivos o no destructivos, los cuales se detallan a continuación:

2.8.1. Ensayos No Destructivos (END):

Un tipo de ensayo conocido como ensayo no destructivo, a veces abreviado como END, es un método que se utiliza para analizar las características de un material, componente o sistema sin infligir ningún daño al objeto que se está probando.

Los ensayos no destructivos, a menudo conocidos como END, son una técnica que se utiliza principalmente para inspeccionar materiales y componentes en busca de defectos como grietas, defectos, inclusiones y fugas. Además, esta tecnología permite medir el grosor de los materiales, la dureza de los metales y la calidad de los materiales compuestos.

2.8.2. Ensayos destructivos:

Estos ensayos implican la extracción de muestras o la aplicación de cargas que pueden dañar la estructura, por lo que su uso debe ser cuidadosamente considerado en edificaciones patrimoniales.

2.8.3. Ensayos para mamposterías de adobe.

Para evaluar la calidad, resistencia y estado de muros de adobe y tapial, se realizan varios ensayos, tanto destructivos como no destructivos. Estos ensayos permiten comprender mejor el comportamiento estructural de estos materiales, que son comunes en edificaciones patrimoniales.

Tabla 5.- Tipos de ensayos no destructivos en adobe/tapial.

| Tipos de ensayos no destructivos en adobe/tapial. | | |
|--|--|---|
| Tipo | Descripción | Objetivo |
| Ultrasonido | Se mide la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas a través del material. | Permite evaluar la homogeneidad del material, detectar grietas internas y medir la densidad relativa. |

| | | |
|-------------------------|--|---|
| Esclerometría | Utiliza un martillo de rebote (esclerómetro) para medir la dureza superficial del muro. | Ofrece una estimación de la resistencia a la compresión del material sin dañar la estructura. |
| Termografía infrarroja. | Detecta variaciones de temperatura en la superficie del muro. | Ayuda a identificar áreas con humedad, defectos o delaminaciones en el muro. |
| Resonancia acústica. | Se golpea ligeramente el muro y se analiza el sonido producido. | Permite identificar grietas, vacíos o áreas con baja cohesión en el material. |
| Tomografía eléctrica. | Se aplica una corriente eléctrica a través del muro y se mide la resistividad eléctrica. | Detecta humedad, diferencias en la composición del material y otras irregularidades internas. |

Nota: la presente tabla detalla los ensayos no destructivos usados en el adobe. (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 6.- Tipos de ensayos destructivos en adobe/tapial.

| Tipos de ensayos destructivos en adobe/tapial. | | |
|---|--|--|
| Tipo | Descripción | Objetivo |
| Corte directo. | Se aplica una fuerza de corte a un bloque de adobe o a una muestra extraída del muro. | Evalúa la resistencia al corte, que es crucial para entender la estabilidad de muros bajo cargas laterales. |
| Flexión. | Se aplican cargas en puntos específicos de una muestra para evaluar su resistencia a la flexión. | Mide la resistencia del material a esfuerzos de flexión, especialmente relevante en muros que soportan vigas o techos. |

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| Extracción de núcleos (Coring) | Se perfora el muro para extraer núcleos cilíndricos de material. | Permite realizar análisis detallados de la microestructura, humedad y resistencia del material. |
| Absorción de agua. | Se sumerge una muestra en agua para medir la cantidad de agua absorbida. | Determina la porosidad y la capacidad del material para absorber agua, lo que afecta su durabilidad. |
| Análisis químico. | Determina la composición química del adobe o tapial. | Identifica sales solubles, carbonatos, o materiales orgánicos que pueden afectar la durabilidad. |

Nota: la presente tabla detalla los ensayos destructivos usados en el adobe. (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

2.9. Otros tipos de ensayos según la norma peruana E0.80.

Como se detalla anteriormente la norma peruana E0.80 dicta diferentes tipos de ensayos a realizarse en una muestra de adobe los cuales se detallan a continuación:

2.9.1. Ensayo de resistencia del material a compresión.

Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
- La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $f_0 = 1.0\text{MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$.
- Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

- En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de 0.1 x 0.1 x 0.15 m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso. (Ministerio de vivienda, 2017)

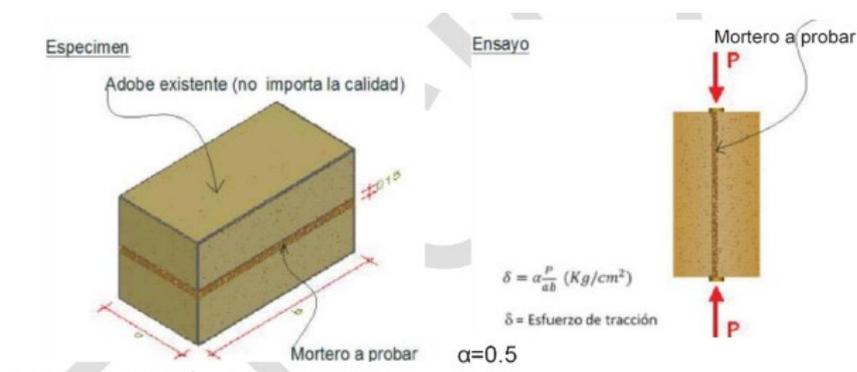
2.9.2. Ensayo de resistencia del material a tracción

- La resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.
- La resistencia última es de 0.08MPa = 0.81 kgf/cm².
- Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada. (Ministerio de vivienda, 2017)

2.9.3. Ensayos de resistencia del mortero a la tracción.

- La resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes unidos por mortero de barro con o sin aditivos naturales, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño.
- La resistencia última es de 0.012 MPa = 0.12 kgf/cm².
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada. (Ministerio de vivienda, 2017)

Figura 15.- Ensayo de resistencia a tracción.



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar el proceso de ensayo de resistencia a tracción. (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017)

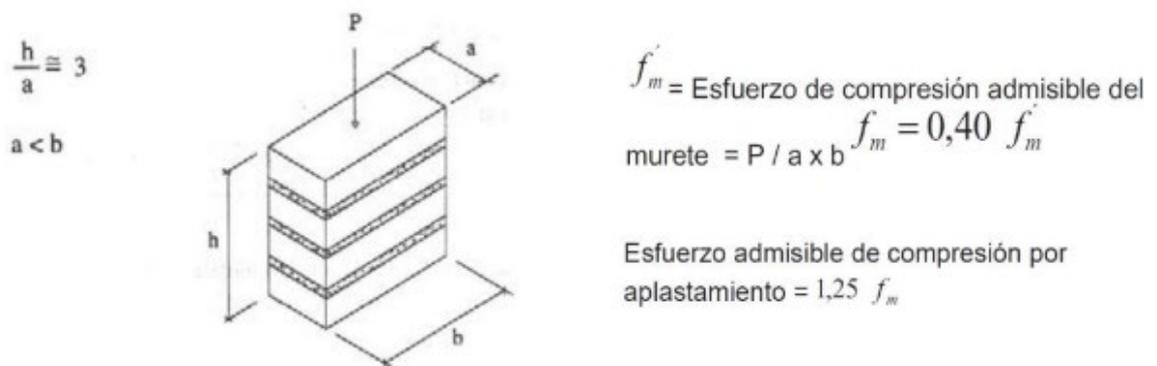
2.9.4. Ensayo a compresión del murete.

La resistencia del murete a la compresión se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
- El ensayo de compresión en muretes de adobe o tapial de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente).
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

(Ministerio de vivienda, 2017)

Figura 16.- Ensayo a compresión.



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar el proceso de ensayo de resistencia a compresión. (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017))

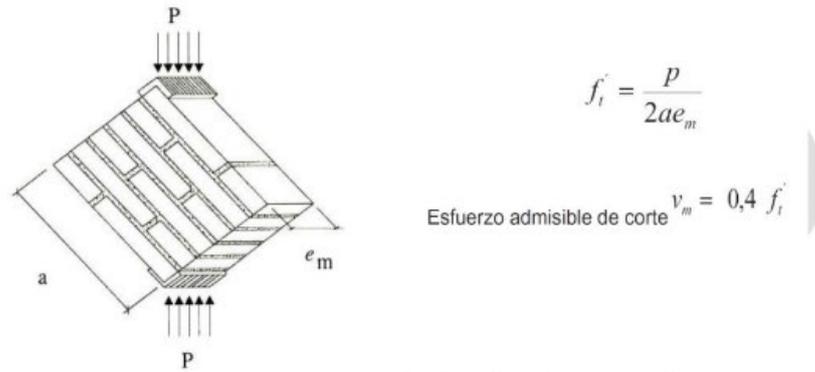
2.9.5. Ensayo tracción indirecta

Resistencia del murete a la tracción indirecta, se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia última es de 0.025 MPa = 0.25 kgf/cm².
- El ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta de muretes de adobe o tapial de aproximadamente 0,65 m. x 0.65 m. x em.
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea

- igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado. (Ministerio de vivienda, 2017)

Figura 17.- Ensayo a tracción indirecta.



Nota: en las presentes imágenes se puede evidenciar el proceso de ensayo a tracción indirecta. (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017))

- La resistencia de muros a tracción por flexión tiene una resistencia última 0.14 MPa = 1.42 kgf/cm².
- Mientras no se cuente con resultados de ensayos experimentales para el módulo de elasticidad de los muros de tierra, se usa el valor de 200 MPa = 2040 kgf/cm².
- Para la resistencia de las cañas, se considera:
 - Guadua: Resistencia última 100 MPa = 1020 kgf/cm².
 - Carrizo o Caña Brava: Resistencia última 40 MPa = 408 kgf/cm².
- Para la resistencia de las sogas sintéticas (drizas), la resistencia última es de 120 MPa = 1200 kgf/cm².
 - Se debe cumplir que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada. La resistencia se calcula como el cociente entre la fuerza de rotura del ensayo a tracción y el área transversal, considerando el diámetro nominal de la driza. El diámetro nominal es el nombre por el cual se define a la driza.

- El valor indicado de la resistencia corresponde a las drizas de color blanco. Se pueden utilizar drizas de otros colores considerando dos drizas de colores para remplazar una driza blanca.
- El coeficiente de seguridad de las drizas debe ser de 2.5 para considerar cargas admisibles. (Ministerio de vivienda, 2017)

2.10. Patologías estructurales en edificaciones patrimoniales.

Cuando se habla de «patologías», se hace referencia a defectos, daños o degeneraciones que afectan a un edificio o estructura. Estas patologías, que pueden afectar a la seguridad, el funcionamiento y la estética de un edificio, suelen ser consecuencia de causas como la antigüedad de la estructura, materiales defectuosos, errores de construcción, falta de mantenimiento o malas condiciones ambientales. Estas patologías también pueden dañar la integridad del edificio.

La detección y el tratamiento de enfermedades en el interior de un edificio son muy necesarios para garantizar el funcionamiento, la durabilidad y la seguridad de la instalación. En el proceso de diagnóstico de patologías suelen incluirse inspecciones visuales, ensayos no destructivos y análisis técnicos. Se realizan para determinar el origen del daño y su grado de gravedad. Una vez reconocidas, las patologías deben abordarse con las reparaciones necesarias para detener su avance y garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura.

En conclusión, las patologías de los edificios son indicios de degradación o daños que deben analizarse y corregirse cuidadosamente para mantener la integridad estructural de los edificios y garantizar que sigan siendo utilizables durante mucho tiempo.

2.10.1. Tipos de patologías en edificaciones patrimoniales.

Las patologías en edificaciones patrimoniales son problemas o deterioros que afectan tanto la estructura como los elementos decorativos y arquitectónicos de estos edificios históricos. Estas patologías pueden ser particularmente graves debido al valor cultural, histórico y artístico de las edificaciones patrimoniales, donde la preservación de la autenticidad es fundamental. A continuación, se detallan las principales Patologías en Edificaciones Patrimoniales.

- Fisuras y Grietas:
 - ✓ Fisuras por asentamientos: Los movimientos del suelo o los asentamientos diferenciales pueden causar grietas en los muros y estructuras, comprometiendo la estabilidad del edificio.
 - ✓ Grietas estructurales: Pueden aparecer en elementos como arcos, bóvedas, y muros de carga, a menudo debido a sobrecargas, deterioro de los materiales o intervenciones previas mal ejecutadas.
- Humedades:
 - ✓ Humedad por capilaridad: Las construcciones antiguas a menudo carecen de barreras impermeables adecuadas, lo que permite la absorción de humedad desde el suelo, afectando muros y pisos.
 - ✓ Filtraciones: El deterioro de las cubiertas, juntas, y elementos de protección contra el agua puede llevar a filtraciones, que dañan tanto la estructura como los elementos decorativos (pinturas murales, yeserías).
 - ✓ Condensación: La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.
- Deterioro de materiales:

- ✓ Piedra: La erosión, la contaminación, y las sales pueden deteriorar la piedra, causando pérdida de material y de detalles ornamentales.
- ✓ Ladrillo y adobe: El desgaste, la humedad y la erosión pueden degradar ladrillos y adobe, reduciendo la capacidad de carga y provocando desprendimientos.
- ✓ Madera: La madera en edificaciones patrimoniales es vulnerable a la pudrición, insectos (como termitas y carcomas) y hongos, especialmente en estructuras de techos y pisos.
- Corrosión:
 - ✓ Corrosión de metales: Elementos metálicos como refuerzos, marcos de ventanas, y herrajes pueden corroerse, especialmente en ambientes húmedos o contaminados, debilitando su función estructural o decorativa.
- Desprendimiento de revestimientos:
 - ✓ Revoques y enlucidos: El deterioro de los revoques y enlucidos, especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes.
 - ✓ Pinturas murales: Las pinturas murales y otros elementos decorativos pueden desprenderse debido a la humedad, la falta de adherencia o el deterioro de los materiales originales.
- Deformaciones estructurales:
 - ✓ Asentamientos diferenciales: En edificaciones patrimoniales, los cimientos a menudo no fueron diseñados para soportar las cargas y condiciones actuales, lo que puede llevar a asentamientos diferenciales y, consecuentemente, a deformaciones y grietas.

- ✓ Flechas en vigas y losas: Las estructuras de madera o metal pueden experimentar flechas (deformaciones verticales) debido al envejecimiento de los materiales o sobrecargas.
- Erosión y desgaste:
 - ✓ Erosión de la piedra: La exposición prolongada a la intemperie puede desgastar la superficie de la piedra, especialmente en áreas ornamentales, provocando la pérdida de detalles.
 - ✓ Desgaste por uso: En edificios patrimoniales con tránsito constante, como iglesias o palacios, el desgaste de suelos y escaleras puede ser significativo.

2.10.2. Causas Comunes de Patologías en Edificaciones Patrimoniales

- **Edad de la construcción:** El paso del tiempo lleva inevitablemente al desgaste y deterioro de los materiales originales, especialmente en construcciones que han pasado siglos expuestas a la intemperie y al uso.
- **Cambios en el entorno:** Modificaciones en el entorno cercano, como la construcción de nuevas edificaciones, cambios en el nivel freático, o variaciones en la topografía, pueden afectar la estabilidad de los cimientos y provocar asentamientos o deformaciones.
- **Intervenciones inadecuadas:** Las restauraciones o modificaciones previas, si no se realizan con criterios adecuados, pueden agravar las patologías existentes o generar nuevas, como la incompatibilidad de materiales nuevos con los originales.
- **Falta de mantenimiento:** Es posible que las patologías leves se agraven con el tiempo si no se realizan cuidados suficientes y regulares en el edificio. Esto pondría en peligro la estructura del edificio y su valor histórico.
- **Condiciones climáticas y ambientales:** La degradación de los materiales puede verse acelerada por una serie de factores, entre los que se incluyen la sal (en lugares costeros),

la humedad elevada, la contaminación atmosférica y los cambios bruscos de temperatura.

2.10.3. Importancia de la Identificación y Tratamiento de Patologías.

La identificación temprana de patologías en edificaciones patrimoniales es crucial para su conservación. Un diagnóstico adecuado permite planificar intervenciones que respeten el valor histórico y arquitectónico del edificio, utilizando técnicas y materiales compatibles con los originales. El tratamiento de las patologías debe ser minucioso y llevado a cabo por especialistas en restauración, con el objetivo de preservar la autenticidad y prolongar la vida útil de la construcción patrimonial.

2.11. Análisis estático lineal.

“Consiste en realizar un esquema de la actividad del sismo por medio de cargas laterales estáticas semejantes las cuales serán aplicadas en cada uno de los pisos de la estructura, en la misma se calcula el cortante basal teniendo en consideración un comportamiento lineal de los materiales constituyentes. En la norma NEC-15, señala que el método de análisis estático lineal será aplicado en todas las edificaciones que vayan a ser diseñadas”. (Amaguaña & Yumbay, 2016)

El análisis estático lineal se utiliza para calcular los desplazamientos, fuerzas para el diseño sísmico, la distribución de fuerzas sobre la altura del edificio y fuerzas internas, en este procedimiento se definen estados de fuerza laterales estáticas y procedimientos elásticos para determinar la relación demanda -capacidad de los elementos proporcionando buena aproximación de la capacidad elástica y de la primera cedencia, pero no pueden predecir mecanismo de falla. (Calle, 2021)

2.12. Análisis dinámico lineal.

“El análisis dinámico lineal estima varios grados de libertad. Además, al cortante basal se adiciona un espectro de diseño en aceleraciones con lo cual encontramos la respuesta estructural y la información requerida de los modos de vibración; además de considerar a los materiales con un comportamiento lineal (dentro del rango elástico)”. (Chicaiza, 2022)

“La acción sísmica se modela empleando un análisis espectral modal o un análisis temporal. El análisis espectral modal presume que la respuesta dinámica de una estructura se puede establecer considerando de forma independiente, la respuesta de cada modo natural de vibración usando un espectro de respuesta elástico. Sólo se toman en cuenta los modos que contribuyen considerablemente a la respuesta de la estructura”. (Chicaiza, 2022)

2.13. Metraje de cargas.

2.13.1. Carga muerta.

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura, son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura. (NEC, 2015)

2.13.2. Carga viva.

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras. (NEC, Cargas (No sísmicas), 2015)

2.14. Cargas laterales de diseño.

Esta carga dinámica será estimada por el DISEÑO BASADO EN FUERZAS del capítulo de Peligro Sísmico de la NEC – 15, mediante el procedimiento de cálculo del cortante basal de diseño (V_b).

Ecuación 2.

$$V_b = \frac{I * S_a * T_a}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

Donde:

- I = *coeficiente de importancia.*
- R = *factor de reducción de resistencia sísmica.*
- $S_a (T_a)$ = *espectro de diseño en aceleración.*

2.14.1. Coeficiente de importancia (I).

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño. (NEC, 2015)

Tabla 7.- Coeficiente de importancia.

| Categoría | Tipo de uso, destino e importancia | Coeficiente I |
|-----------------------------------|---|---------------|
| Edificaciones esenciales | Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas. | 1.5 |
| Estructuras de ocupación especial | Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente | 1.3 |
| Otras estructuras | Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores | 1.0 |

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

2.14.2. Factor de reducción de resistencia sísmica (R).

La fuerza sísmica horizontal en la base de las edificaciones de tierra reforzado se determina mediante la siguiente expresión. (Ministerio de vivienda, 2017)

Ecuación 3

$$H = S.U.C.P$$

Donde:

- *S*: factor de suelo. Tabla N°1
- *U*: factor de uso. Tabla N°2
- *C*: Coeficiente sísmico. Tabla N°3
- *P*: Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de carga viva. (Ministerio de vivienda, 2017)

Tabla 8.- Factor de suelo (S)

| Tipo | Descripción | Factor de suelo (S) |
|------|---|---------------------|
| I | Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm ² | 1,0 |
| II | Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm ² | 1,4 |

Nota: la presente tabla contiene el factor de suelo (S). (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017))

Tabla 9.- Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.

| Tipo de Edificaciones | Factor de Uso (U) | Densidad |
|--|-------------------|----------|
| NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones | 1,4 | 15% |
| NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas | 1.2 | 12% |
| Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta | 1,0 | 8% |

Nota: la presente tabla contiene el factor de uso (U). (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017))

Tabla 10.- Coeficiente sísmico por zonas sísmicas para edificaciones de tierra reforzada.

| Zona Sísmica | Coeficiente Sísmico (C) |
|--------------|-------------------------|
| 4 | 0,25 |
| 3 | 0,20 |
| 2 | 0,15 |
| 1 | 0,10 |

Nota: la presente tabla contiene el coeficiente sísmico por zonas sísmicas para edificaciones de tierra reforzada. (Fuente: (Ministerio de vivienda, 2017))

Así mismo el código ASCE 7-16 Minimum Desig Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures indica un factor de reducción de resistencia sísmica basada en diferentes parámetros.

Tabla 11.- Factor de reducción de resistencia sísmica.

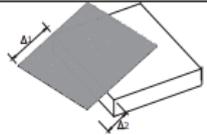
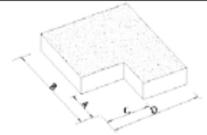
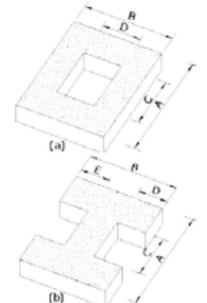
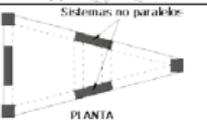
| Seismic Force-Resisting System | ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified | Response Modification Coefficient, R ^a | Overstrength Factor, Ω _s ^b | Deflection Amplification Factor, C _d ^c | Structural System Limitations Including Structural Height, h _s (ft) Limits ^d | | | | |
|---|---|---|--|--|--|-----|----------------|----------------|----------------|
| | | | | | Seismic Design Category | | | | |
| | | | | | B | C | D ^e | E ^e | F ^e |
| A. BEARING WALL SYSTEMS | | | | | | | | | |
| 1. Special reinforced concrete shear walls ^{g,h} | 14.2 | 5 | 2½ | 5 | NL | NL | 160 | 160 | 100 |
| 2. Ordinary reinforced concrete shear walls ^g | 14.2 | 4 | 2½ | 4 | NL | NL | NP | NP | NP |
| 3. Detailed plain concrete shear walls ^g | 14.2 | 2 | 2½ | 2 | NL | NP | NP | NP | NP |
| 4. Ordinary plain concrete shear walls ^g | 14.2 | 1½ | 2½ | 1½ | NL | NP | NP | NP | NP |
| 5. Intermediate precast shear walls ^g | 14.2 | 4 | 2½ | 4 | NL | NL | 40' | 40' | 40' |
| 6. Ordinary precast shear walls ^g | 14.2 | 3 | 2½ | 3 | NL | NP | NP | NP | NP |
| 7. Special reinforced masonry shear walls | 14.4 | 5 | 2½ | 3½ | NL | NL | 160 | 160 | 100 |
| 8. Intermediate reinforced masonry shear walls | 14.4 | 3½ | 2½ | 2¼ | NL | NL | NP | NP | NP |
| 9. Ordinary reinforced masonry shear walls | 14.4 | 2 | 2½ | 1¾ | NL | 160 | NP | NP | NP |
| 10. Detailed plain masonry shear walls | 14.4 | 2 | 2½ | 1¾ | NL | NP | NP | NP | NP |
| 11. Ordinary plain masonry shear walls | 14.4 | 1½ | 2½ | 1¼ | NL | NP | NP | NP | NP |

Nota: En la presente tabla se indica el factor de reducción de resistencia para un muro de corte de mampostería ordinaria.
Fuente: (ASCE, 2017)

2.14.3. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural.

Coficiente de regularidad en planta. - se estimará a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en las plantas en la estructura. (NEC, 2015)

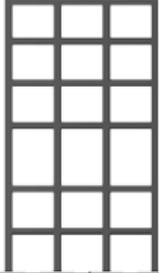
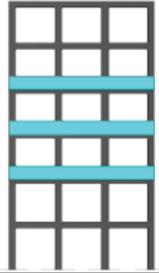
Tabla 12.- Coficiente de regularidad en planta.

| | |
|--|--|
| <p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{tr}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p> |  |
| <p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{tr}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$ La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p> |  |
| <p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{tr}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[Cx D + Cx E] > 0.5Ax B$ La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p> |  |
| <p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{tr}=0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p> |  |
| <p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p> | |

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes coeficientes de regularidad en planta. Fuente: (NEC, 2015)

Coefficiente de regularidad en elevación. - se estimará a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en elevación de la estructura. (NEC, 2015)

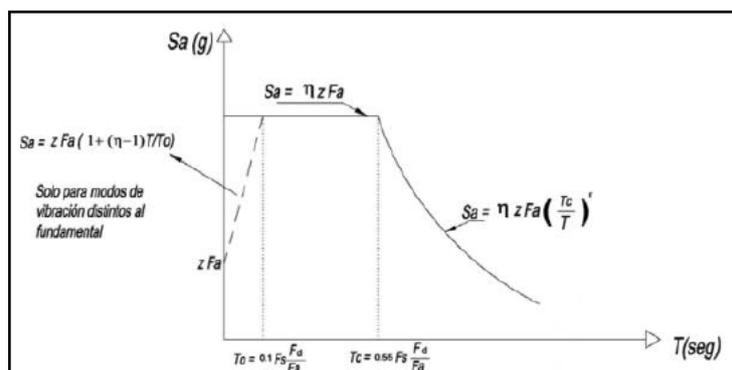
Tabla 13.- *Coefficiente de regularidad en elevación.*

| | |
|---|--|
| <p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{EI}=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$ La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p> |  |
| <p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{EI}=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$ La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p> |  |
| <p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{EI}=0.9$ $a > 1.3 b$ La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p> |  |
| <p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p> | |

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes coeficientes de regularidad en elevación. Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4. Espectro de diseño en aceleración (Sa (Ta))

Figura 18.- *Espectro de diseño en aceleración.*



Nota: En la presente figura indica el espectro de diseño en aceleración. Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4.1. Periodo límite de vibración.

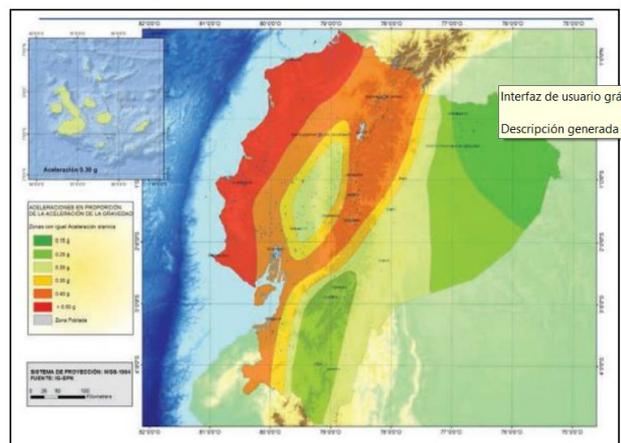
Para calcular S_a es necesario verificar en qué tramo del espectro se encuentra y determinar así la ecuación a utilizarse. Para efecto, se comparará el valor de T con T_c ; este último límite de la meseta. Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño (T_c).

Ecuación 4.

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Estos tres factores (F_s , F_d y F_a) serán definidos en función de la zona sísmica, en este caso Quito. Según el mapa que se muestra a continuación se puede establecer el factor de zona “ Z ”.

Figura 19.- Mapa de zona sísmica del Ecuador.



Nota: En la presente figura indica el mapa de zona sísmica del Ecuador. Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4.2. Zona sísmica

El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z . Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta. (NEC, 2015)

Tabla 14.- Zona sísmica.

| Zona sísmica | I | II | III | IV | V | VI |
|-------------------------------------|------------|------|------|------|------|----------|
| Valor factor Z | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥ 0.50 |
| Caracterización del peligro sísmico | Intermedia | Alta | Alta | Alta | Alta | Muy alta |

Nota: En la presente tabla se presenta las diferentes zonas sísmicas. Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4.3. Coeficiente de amplificación de suelo / Comportamiento elástico (F_s)

Consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos. (NEC, 2015)

Tabla 15.- Coeficiente de amplificación de suelo.

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z | | | | | |
|-----------------------------|---|------------|-------------|------------|-----------|------------|
| | I 0.15 | II 0.25 | III 0.30 | IV 0.35 | V 0.40 | VI ≥0.5 |
| A | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| B | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| C | 0.85 | 0.94 | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.23 |
| D | 1.02 | 1.06 | 1.11 | 1.19 | 1.28 | 1.40 |
| E | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2 |
| F | Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 | | | | | |

Tabla 5 : Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes tipos de suelo y factores del comportamiento inelástico. Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4.4. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto / comportamiento elástico (F_a)

Amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio. (NEC, 2015)

Tabla 16.- Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z | | | | | |
|-----------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 1.4 | 1.3 | 1.25 | 1.23 | 1.2 | 1.18 |
| D | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.25 | 1.2 | 1.12 |
| E | 1.8 | 1.4 | 1.25 | 1.1 | 1.0 | 0.85 |
| F | Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4 | | | | | |

Tabla 3: Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes tipos de suelo y factores de sitio F_a . Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4.5. Coeficiente de amplificación de suelo / comportamiento inelástico (F_d)

Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (NEC, 2015)

Tabla 17.- Coeficiente de amplificación de suelo.

| Tipo de perfil del subsuelo | Zona sísmica y factor Z | | | | | |
|-----------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | ≥0.5 |
| A | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.15 | 1.11 | 1.06 |
| D | 1.62 | 1.45 | 1.36 | 1.28 | 1.19 | 1.11 |
| E | 2.1 | 1.75 | 1.7 | 1.65 | 1.6 | 1.5 |
| F | Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 | | | | | |

Tabla 4 : Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes tipos de suelo y factores de sitio F_d . Fuente: (NEC, 2015)

2.14.4.6. Periodo de vibración.

El método 1 de la NEC-15 establece una determinación aproximada del periodo de vibración como:

Ecuación 5.

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Donde:

- C_t = coeficiente que depende del tipo de edificio.
- α = constante que depende del tipo de edificio.
- h = altura máxima de la edificación de N° de pisos.

Tabla 18.- Período de vibración.

| Pórticos especiales de hormigón armado | | |
|--|-------|------|
| Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras | 0.055 | 0.9 |
| Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural | 0.055 | 0.75 |

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes periodos de vibración. Fuente: (NEC, 2015)

2.15. Derivas de piso.

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso. (NEC, 2015)

Tabla 19.- Valores de derivas máximas.

| Estructuras de: | Δ_M máxima (sin unidad) |
|--|--------------------------------|
| Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera | 0.02 |
| De mampostería | 0.01 |

Tabla 7 : Valores de Δ_M máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Nota: En la presente tabla se presenta los diferentes valores de derivas máximas. Fuente: (NEC, 2015)

De acuerdo con la tabla 19 se hará un control de deformaciones, a través del cálculo de las derivas inelásticas máximas de piso. Para el caso de estudio la deriva máxima de piso será 0.01, o el 1%. Para ello se deberá ocupar la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$\Delta m = 0.75 * R * \Delta e * 100$$

Donde:

- Δm = deriva máxima inelástica

- $\Delta e =$
desplazamiento obtenido en aplicacion de las fueras laterales de diseño reducida.
- $R =$ *factor de reduccion de resistencia.*

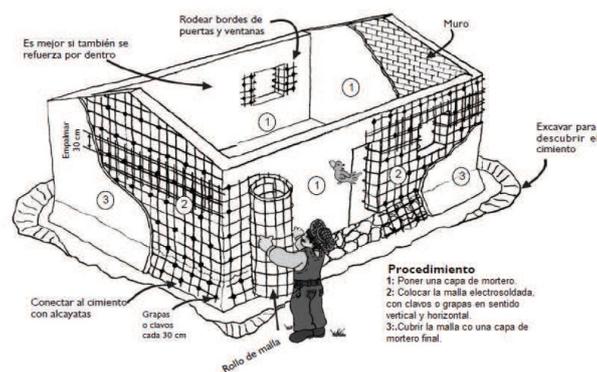
2.16.Reforzamiento de muros de adobe.

2.16.1. Malla electrosoldada con enchape de hormigón, unidas mediante conectores o anclajes.

Debido a que se trata de un material muy accesible en los mercados locales, la malla electrosoldada, es el método más utilizado para reforzar los muros de adobe. Esto se debe a que la combinación de la chapa de hormigón y la malla electrosoldada confiere a la estructura un comportamiento sismorresistente más fuerte, lo que a su vez le proporciona una mayor resistencia al corte. Para llevar a cabo el método de refuerzo mediante malla electrosoldada se pueden utilizar diferentes enfoques:

- **Reforzamiento mediante un enchapado global de la estructura.** - En el primer escenario, toda la estructura está chapada de tal manera que actúa como una sola pieza. En este escenario, la malla debe unirse mediante conectores.

Figura 20.- Enchape global de la estructura.



Nota: En la presente figura indica el enchapado global de la estructura. Fuente: (Manitio & Vasconez, 2013)

En un reforzamiento con mallas electrosoldadas estas cumplen la función de vigas y columnas de confinamiento están diseñadas para soportar movimientos sísmicos. Los estudios realizados en los laboratorios indican que las mallas electrosoldadas aumentan la resistencia al

corte en los muros de adobe, en comparación a otras técnicas estudiadas. (Huaman & Neymar, 2018)

Proceso de reforzamiento de muros de adobe:

- Preparación del muro, colocación de conectores.
 - Colocación de malla electrosoldada.
 - Sujeción de malla con conectores
 - Rellenar orificios con lechada de cal.
 - Recubrimiento de la malla con mortero.
-
- ***Reforzamiento mediante la simulación de vigas y columnas en forma de un pórtico.***
 - Para este caso se construye franjas horizontales verticales que simulen vigas y columnas, las mallas serán unidas mediante alambres conectores. (Manitio & Vasconez, 2013)

Capítulo 3: Levantamiento de información de campo.

3.1. Levantamiento planialtimétrico.

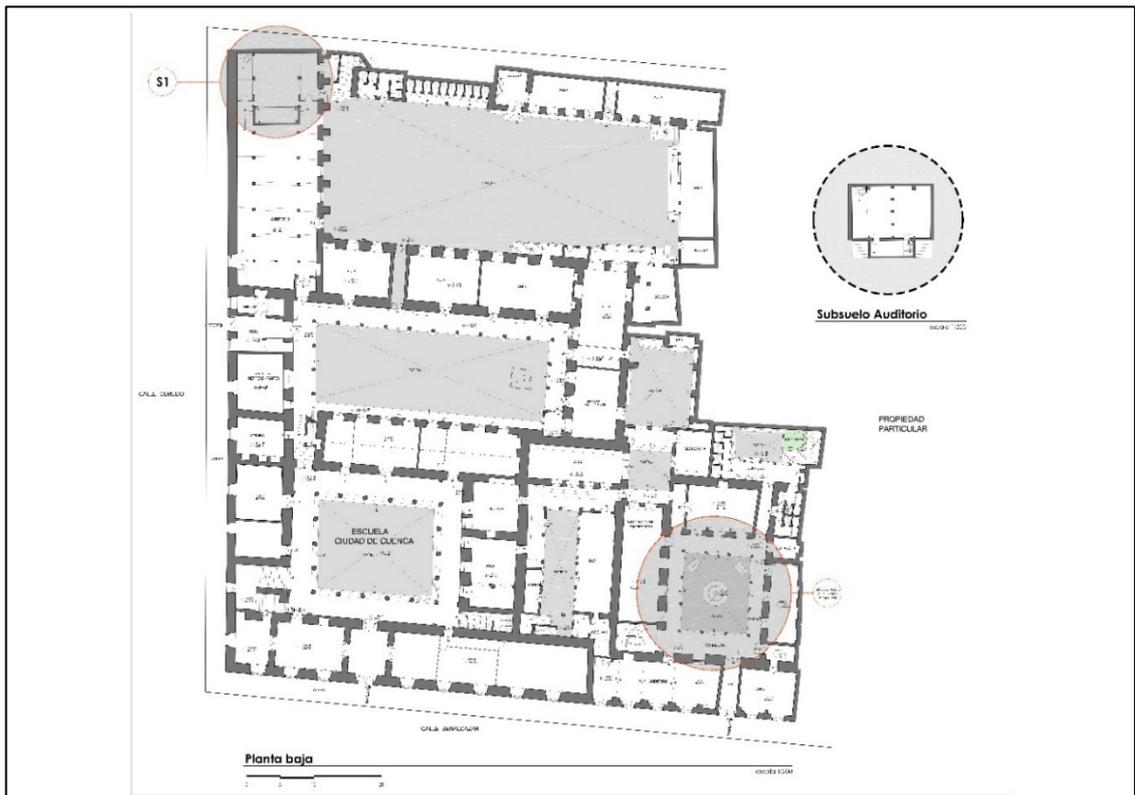
De manera general el inmueble patrimonial Antiguo Colegio Simón Bolívar- Bloque H, está conformado por una edificación de dos plantas, la planta baja tiene un área de 994.09 m², la primera planta alta tiene un área de 1009.65 m² y la cubierta tiene un área de 935.73 m².

La edificación consta de una estructura en su mayoría de muros de adobe de gran espesor, acorde a la tipología estructural de la época, las paredes tienen un espesor variable generalmente entre 0.60 m a 1.20 m en planta baja y alta, las paredes longitudinales transmiten el peso de la cubierta, a su vez la forma de caja que conforman los muros cumple la función principal de arriostrar las paredes que le intersecan en su dirección perpendicular, sin embargo, las paredes poseen aberturas de puertas y ventanas.

Originalmente la cubierta se encuentra estructurada con cerchas de madera, conformada por tirantes, par, tornapunta, sobre esta, correas de madera, planchas P10 y teja de barro cosido.

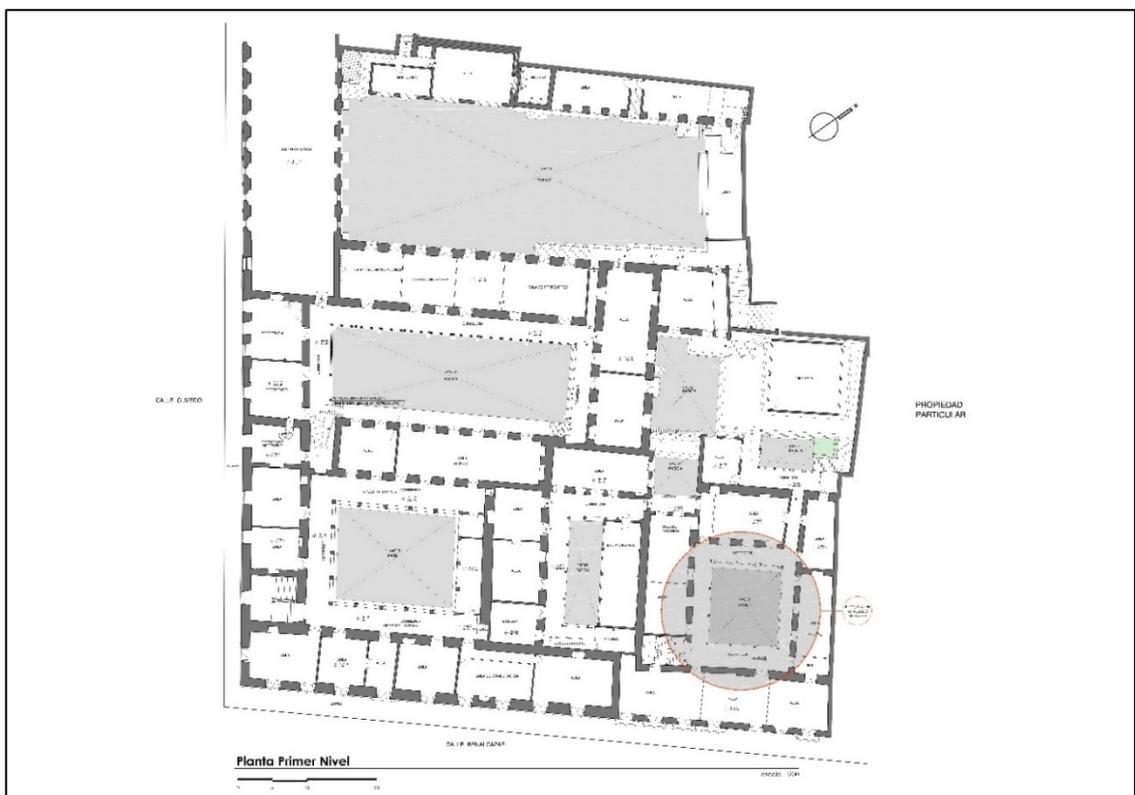
El entrepiso cuenta con vigas de madera apoyadas cada 0.50 m sobre los muros longitudinales de adobe, actualmente estos se encuentran con diferentes patologías.

Figura 21.- Plano arquitectónica planta baja.



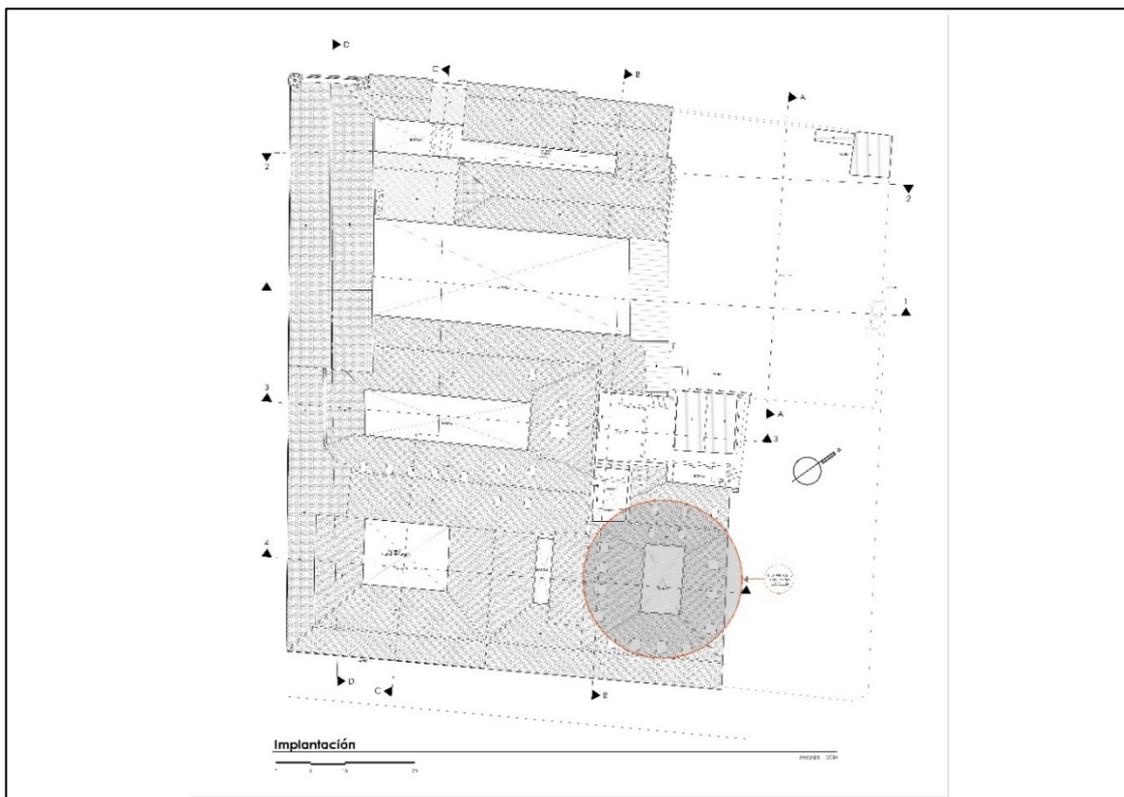
Nota: La presente figura representa el levantamiento del inmueble patrimonial, Planta baja. (Elaboración Propia, 2024)

Figura 22.- Plano arquitectónica planta alta.



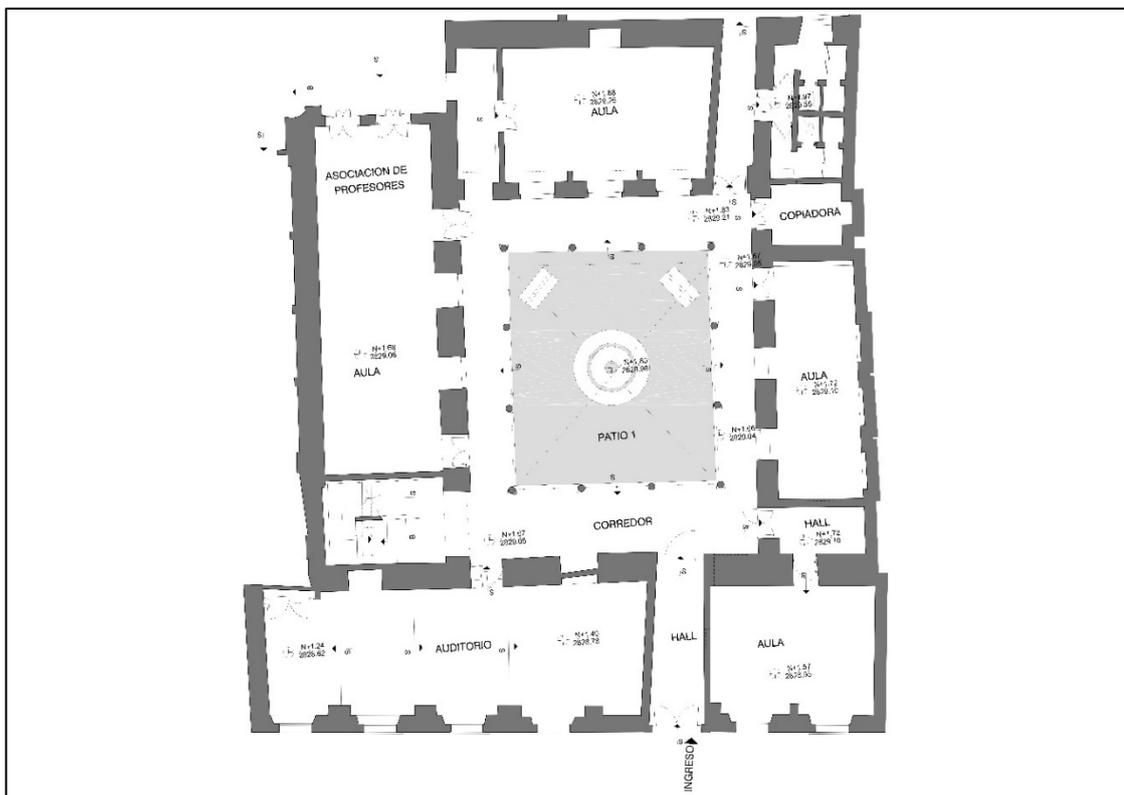
Nota: La presente figura representa el levantamiento del inmueble patrimonial, Planta alta. (Elaboración Propia, 2024)

Figura 23.- Plano arquitectónica planta de cubierta.



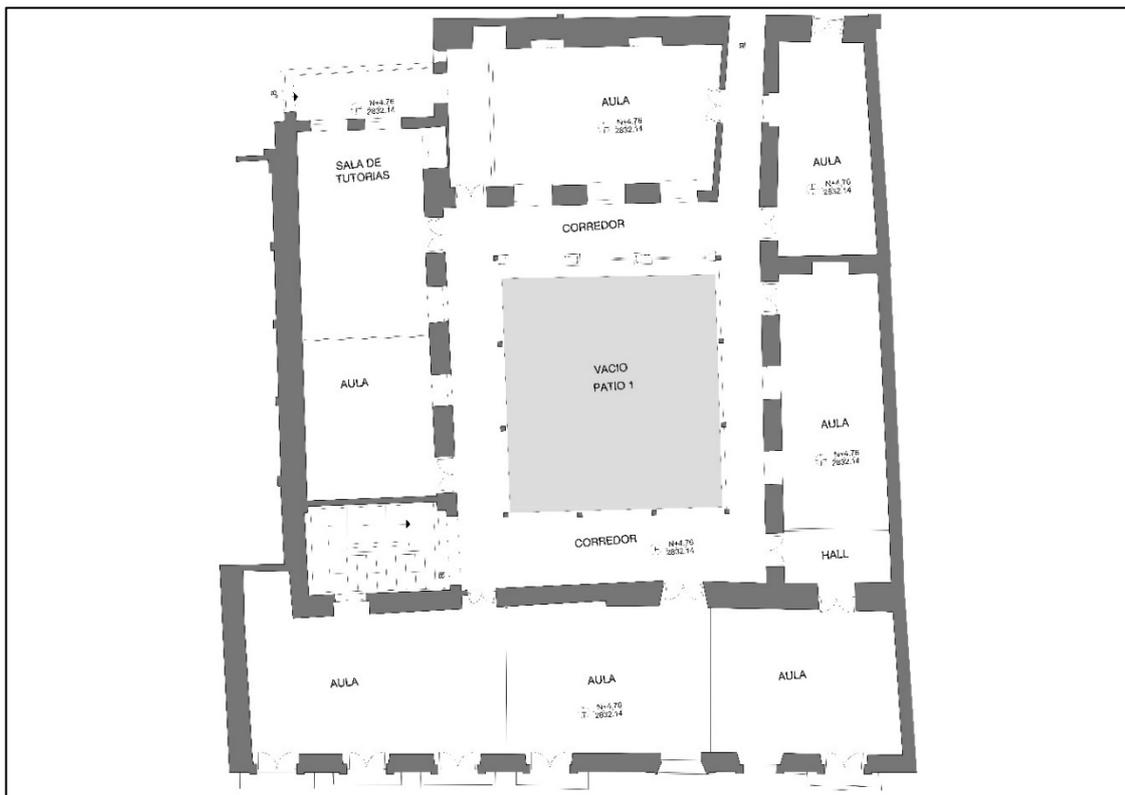
Nota: La presente figura representa el levantamiento del inmueble patrimonial, Planta de cubierta. (Elaboración Propia, 2024)

Figura 24.- Plano arquitectónica planta baja bloque H.



Nota: La presente figura representa el levantamiento del inmueble patrimonial, Planta baja bloque H. (Elaboración Propia, 2024)

Figura 25.- Plano arquitectónica planta alta bloque H.



Nota: La presente figura representa el levantamiento del inmueble patrimonial, Planta alta bloque H. (Elaboración Propia, 2024)

3.2. Fichas de recolección de datos.

Con el fin de emitir un diagnóstico y, en su caso, un tratamiento a corto o largo plazo, la recolección de datos se llevó a cabo utilizando exclusivamente el método del análisis visual. Este método consiste en realizar un examen de todas las enfermedades presentes tanto dentro como fuera del edificio.

En primer lugar, se inició el proceso de elaboración de un formulario con los porcentajes de afectación (en el que los daños se clasifican de menor a mayor, es decir, en una escala de 0%-100%), de acuerdo con la revisión visual de cada aula de la estructura que se estaba tomando en consideración, con especial atención a las zonas que presentaban una mayor cantidad de daños.

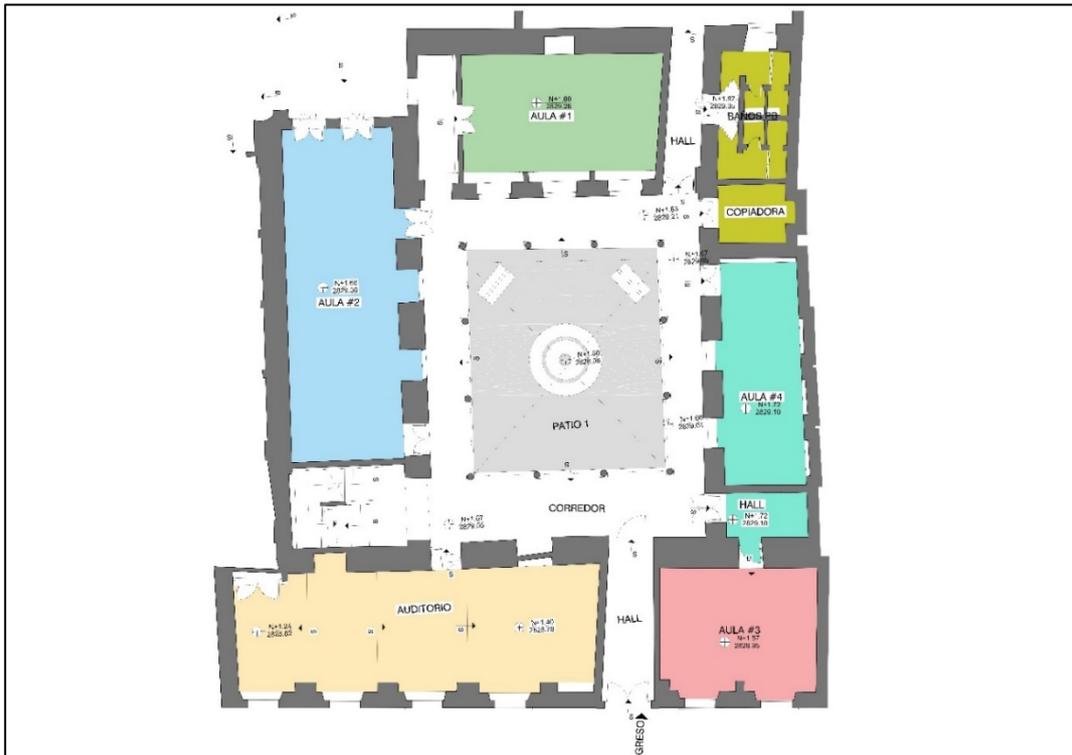
Las paredes o muros, el tipo de material del que está hecho y los principales deterioros que se pudieron observar y cuantificar fueron algunas de las variables significativas que se tuvieron en cuenta para el estudio. Una vez finalizado el análisis, se le asignó una calificación porcentual.

Tabla 20.- Ficha de recolección de datos.

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|--------|
| Ubicación: | | | | |
| Nº | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | |
| | | Planta Alta: | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | |
| | | | Desgaste por uso | |
| 2 | Cubierta | Fisuras y/o grietas | | |
| | | Humedad | | |
| | | Deterioro del material | | |
| | | Corrosion | | |
| | | Manchas de pintura | | |
| | | Desprendimiento de enlucidos | | |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | Planta Alta: | Desprendimiento de enlucidos | |
| | | | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | |
| 4 | Pisos | Planta Baja: | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | Planta Alta: | Desprendimiento de enlucidos | |
| | | | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | |
| 5 | Columnas | Planta Baja: | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | Planta Alta: | Desprendimiento de enlucidos | |
| | | | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | |
| 6 | Vigas | Planta Baja: | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | Planta Alta: | Desprendimiento de enlucidos | |
| | | | Desgaste por uso | |
| | | | Fisuras y/o grietas | |
| | | | Humedad | |
| | | | Deterioro del material | |
| | | | Corrosion | |
| | | | Manchas de pintura | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | |
| Observacion: | | | | |

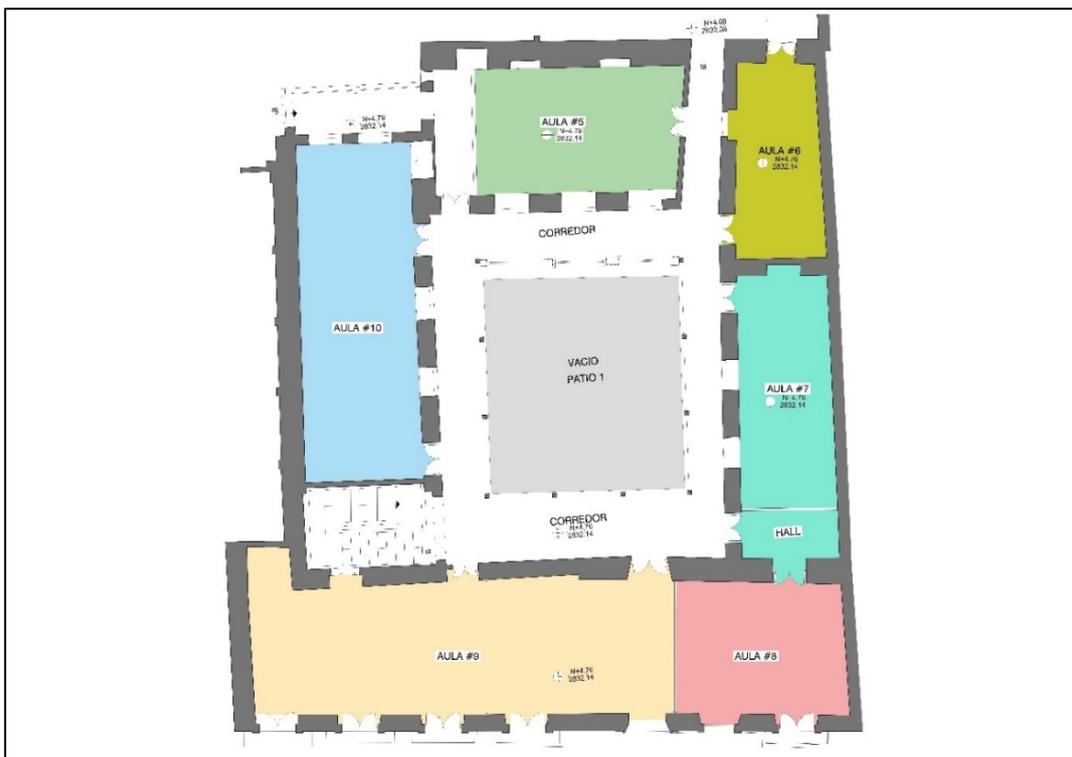
Nota: La presente tabla muestra la ficha de recolección de datos usadas para el levantamiento de información. (Elaboración Propia, 2024)

Figura 26.- Definición de Sub-bloques, planta baja.



Nota: la presente figura indica la subdivisión que se empleó para la recolección de datos planta baja bloque H. (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Figura 27.- Definición de Sub-bloques, planta alta.



Nota: la presente figura indica la subdivisión que se empleó para la recolección de datos planta alta bloque H. (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 21.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque A

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial- Sub-Bloque A. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Adobe | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 60 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 50 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 40 |
| | | | Desgaste por uso | 50 |
| | | Planta Alta: Adobe | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | 20 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 40 |
| 2 | Cubierta | Madera/ Teja de barro cocido. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: Tríplex | Fisuras y/o grietas | 100 |
| | | | Humedad | 100 |
| | | | Deterioro del material | 100 |
| | | | Manchas de pintura | 90 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 90 |
| | | Planta Alta: N/E | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 4 | Pisos | Planta Baja: Cerámica | Fisuras y/o grietas | 40 |
| | | | Humedad | 60 |
| | | | Deterioro del material | 80 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 80 |
| | | Planta Alta: Duela | Fisuras y/o grietas | 90 |
| | | | Humedad | 60 |
| | | | Deterioro del material | 90 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 90 |

| | | | | |
|--------------|-------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 5 | Vigas | Planta Baja: Madera de chanul | Fisuras y/o grietas | 30 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 60 |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 60 |
| | | Planta Alta: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | . |
| | | | Desgaste por uso | - |
| Observación: | | | | |

Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque A (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 22.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque B.

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial. Sub-Bloque B. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Adobe | Fisuras y/o grietas | 30 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 50 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 40 |
| | | | Desgaste por uso | 50 |
| | | Planta Alta: Adobe | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 20 |
| | | | Manchas de pintura | 40 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 40 |
| 2 | Cubierta | Madera/ Teja de barro cocido. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: Tríplex. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 40 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 40 |

| | | | | |
|--------------|-------|--------------------------------|------------------------------|----|
| | | Planta Alta: N/E | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 4 | Pisos | Planta Baja: Cerámica | Fisuras y/o grietas | 10 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 80 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 80 |
| | | Planta Alta: Duela de madera. | Fisuras y/o grietas | 60 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 90 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 60 |
| 5 | Vigas | Planta Baja: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | 30 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 60 |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 60 |
| | | Planta Alta: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | . |
| | | | Desgaste por uso | - |
| Observación: | | | | |

Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque B (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

3.3. Levantamiento de fichas patológicas.

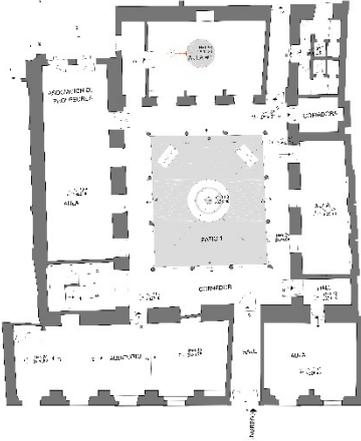
Posteriormente se realizó la recolección de datos mediante una ficha patológica, en la cual se inspeccionó espacio de “Antiguo Colegio Simón Bolívar”, y se llenó de acuerdo con la identificación de patologías existentes, para luego ser diagnosticadas y posteriormente recibir su recomendación para su correcto tratamiento.

Tabla 23.- Ficha técnica.

| FICHA TECNICA | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Tema: | Codigo: |
| Direccion: | |
| Ubicación de la patologia: | |
| Uso actual: | Uso original: |
| Fotografía | Ubicación en plano |
| Descripcion de la patologia | |
| Posibles causas: | |
| Tratamiento: | |

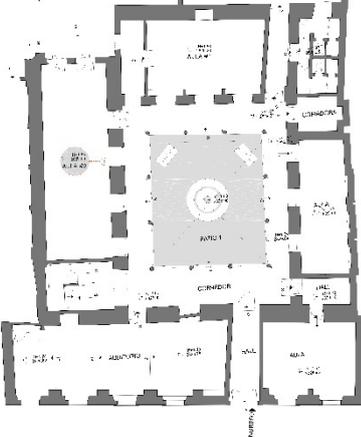
Nota: La presente tabla muestra la ficha técnica usadas para el levantamiento de información. (Elaboración Propia, 2024)

Tabla 24.- Ficha Técnica #1

| FICHA TECNICA #1 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB001 |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Aula #1. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Desprendimiento de cielo raso. - se puede observar que se encuentra desprendida del techo.</p> <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados completamente.</p> |
| Posibles causas: | <p>Filtraciones: El deterioro de las cubiertas, juntas, y elementos de protección contra el agua puede llevar a filtraciones, que dañan tanto la estructura como los elementos decorativos (pinturas murales, yeserías).</p> <p>La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.</p> <p>Desgaste por uso: En edificios patrimoniales con tránsito constante, como iglesias o palacios, el desgaste de suelos y escaleras puede ser significativo.</p> |
| Tratamiento: | En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas. |

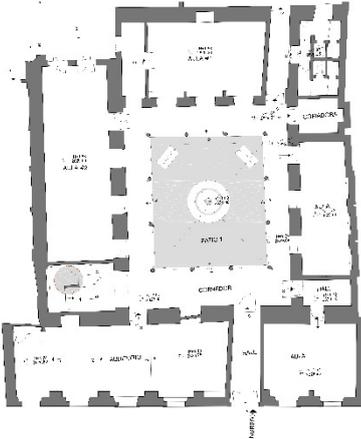
Nota: Ficha patológica #1 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 25.- Ficha Técnica #2

| FICHA TECNICA #2 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB002 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Aula #2 | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Desprendimiento de cielo raso. - se puede observar que se encuentra desprendida del techo.</p> <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> |
| Posibles causas: | <p>Condiciones climáticas y ambientales: Factores como la humedad, la salinidad (en zonas costeras), la contaminación atmosférica, y las variaciones extremas de temperatura pueden acelerar el deterioro de los materiales.</p> <p>Edad de la construcción: El paso del tiempo lleva inevitablemente al desgaste y deterioro de los materiales originales, especialmente en construcciones que han pasado siglos expuestas a la intemperie y al uso.</p> |
| Tratamiento: | En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas. |

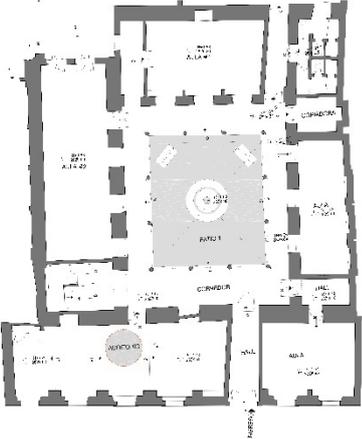
Nota: Ficha patológica #2 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 26.- Ficha Técnica #3

| FICHA TECNICA #3 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB003 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Grada PB. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | Desgaste por uso. - En edificios patrimoniales con tránsito constante, como iglesias o palacios, el desgaste de suelos y escaleras puede ser significativo. |
| Posibles causas: | Falta de mantenimiento: La ausencia de un mantenimiento continuo y adecuado puede permitir que pequeñas patologías se agraven con el tiempo, comprometiendo la estructura y el valor patrimonial del edificio. |
| Tratamiento: | Mantenimiento de instalaciones: Asegurarse de que los sistemas eléctricos, de plomería, calefacción, y aire acondicionado funcionen correctamente, realizando inspecciones y limpiezas regulares. Protección contra la humedad: Reaplicar selladores impermeabilizantes y mantener las áreas expuestas al clima bien protegidas. |

Nota: Ficha patológica #3 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 27.- Ficha Técnica #4

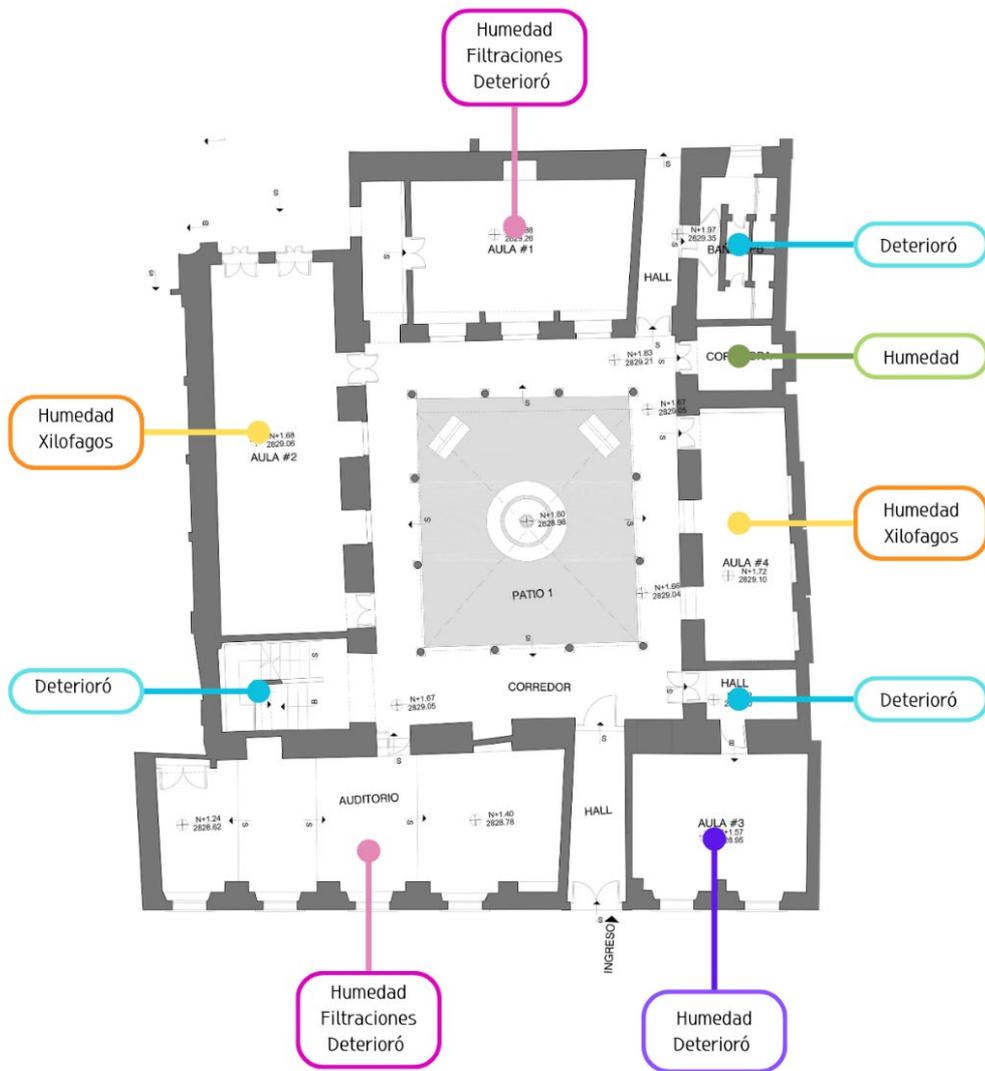
| FICHA TECNICA #4 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB004 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Auditorio. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Humedad por capilaridad. - Las construcciones antiguas a menudo carecen de barreras impermeables adecuadas, lo que permite la absorción de humedad desde el suelo, afectando muros y pisos.</p> <p>Condensación. - La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.</p> <p>El deterioro de los revoques y enlucidos. - especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes.</p> |
| Posibles causas: | <p>Edad de la construcción: El paso del tiempo lleva inevitablemente al desgaste y deterioro de los materiales originales, especialmente en construcciones que han pasado siglos expuestas a la intemperie y al uso.</p> |

| | |
|----------------------------|---|
| | <p>Falta de mantenimiento: La ausencia de un mantenimiento continuo y adecuado puede permitir que pequeñas patologías se agraven con el tiempo, comprometiendo la estructura y el valor patrimonial del edificio.</p> <p>Condiciones climáticas y ambientales: Factores como la humedad</p> |
| <p>Tratamiento:</p> | <p>En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas.</p> |

Nota: Ficha patológica #4 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

A continuación, se presenta un plano general con el resumen de las patologías encontradas en la edificación de estudio, planta baja.

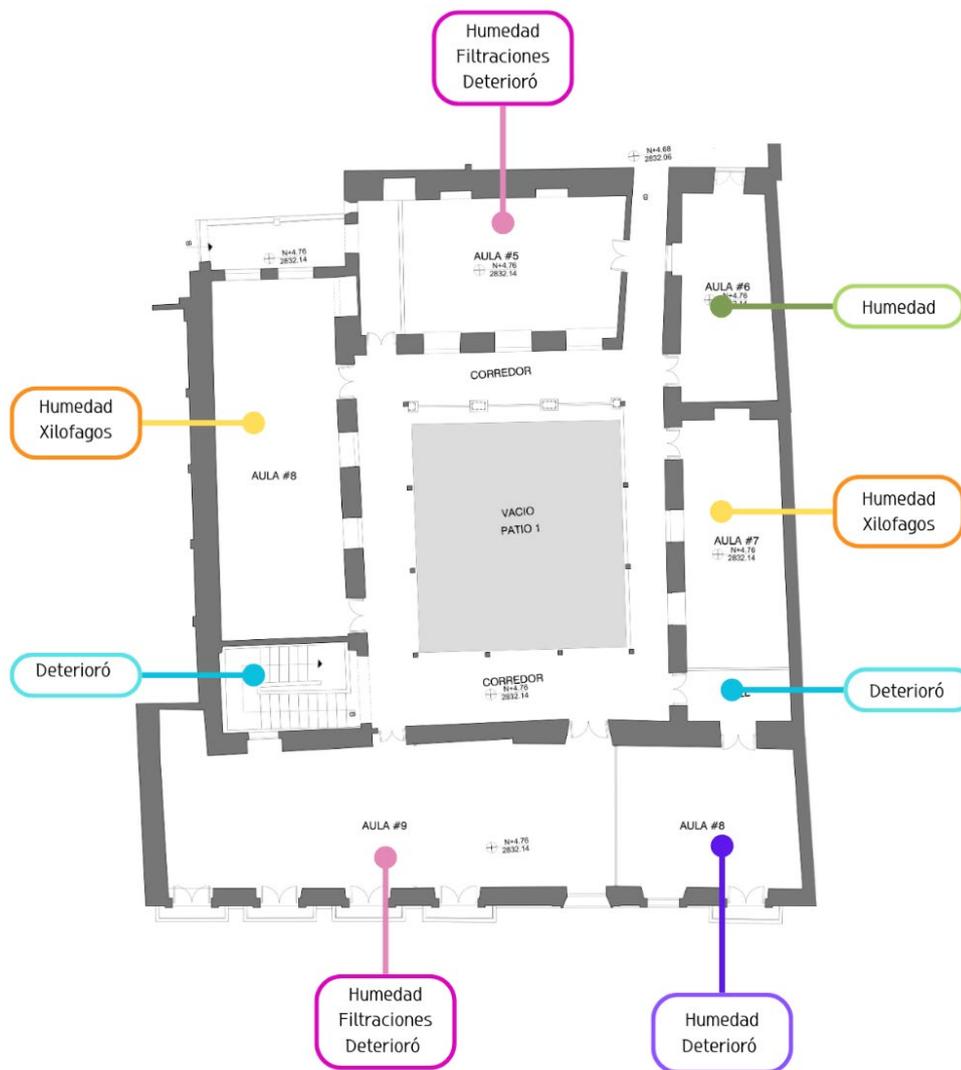
Figura 28.- Resumen de patologías planta baja.



Fuente: (Elaboración Propia, 2024)

Plano general con el resumen de las patologías encontradas en la edificación de estudio, planta baja.

Figura 29.- Resumen de patologías planta alta.



Fuente: (Elaboración Propia, 2024)

3.4. Ensayos.

De acuerdo con la sección 2.8 que menciona los diferentes tipos de ensayos destructivos y no destructivos, para el presente caso de estudio se usaron tres tipos de ensayos que se detallan a continuación, las muestras de estos ensayos fueron obtenidas del antiguo Colegio Simón Bolívar.

3.4.1. Ensayo a compresión de adobe.

Detallado en la sección 2.9.4.

Tabla 28.- Ensayo a compresión de adobe.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE

INF. No. 16 - 0446 Quito, 20 de mayo de 2016
Hoja 05 de 06

SOLICITA: ING. ALEX ALBUJA
Atención: PNUD
Dirección: Av. Amazonas 2889
PROYECTO: NUEVA CASA COMÚN DE NACIONES UNIDAS, QUITO - ECUADOR
CONTRATISTA: ARQ. LUIS LOPEZ
FISCALIZADOR: ARQ. TANNYA PICO
FECHA ENSAYO: 20 de abril de 2016
NORMAS: ITINTEC 331.017

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN: 6-CA

| N. | FECHA FABRICACIÓN | EDAD (días) | DIMENSIONES ENSAYO (mm) | | | AREA (cm ²) | P. ESPEC. (g/cm ³) | CARGA | | f _o | |
|----|-------------------|-------------|-------------------------|-------|---------|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|----------------|-------------------------|
| | | | LARGO | ANCHO | ESPESOR | | | (KN) | (Ton) | (Mpa) | (kg / cm ²) |
| 1 | *** | > 28 | 9,8 | 9,9 | 9,9 | 97,02 | 1,59 | 11,42 | 1,17 | 1,18 | 12,01 |
| 2 | *** | > 28 | 10,7 | 10,3 | 10,4 | 110,21 | 1,56 | 14,52 | 1,48 | 1,32 | 13,44 |
| 3 | *** | > 28 | 10,0 | 9,8 | 9,9 | 98,00 | 1,59 | 14,03 | 1,43 | 1,43 | 14,60 |
| 4 | *** | > 28 | 10,1 | 9,9 | 10,0 | 99,99 | 1,58 | 9,94 | 1,01 | 0,99 | 10,14 |
| 5 | *** | > 28 | 9,8 | 10,2 | 9,8 | 99,96 | 1,63 | 11,01 | 1,12 | 1,10 | 11,23 |

OBSERVACIONES: El muestreo, procedencia, la ubicación y la muestra como tal se detallan en el informe de avance adjunto.

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| f _o promedio: | 1,20 Mpa |
| | 12,28 kg / cm ² |



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Ché. Marín, Qc. H.S. email: laboratoriodeln@yaho.com / Telf.: (02) 2976 300 ext. 1039
Año: AD16-001-016

3.4.2. Ensayo a corte directo de adobe.

Detallado en la sección 2.9.5.

Tabla 29.- Ensayo a corte directo de adobe.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

CORTE DIRECTO

INF No.016-0439 Quito, 20 de mayo de 2016
HOJA 01 DE 03

SOLICITA: ING. ALEX ALBUJA
Atención: PNUD
Dirección: Av. Amazonas 2889
PROYECTO: NUEVA CASA COMÚN DE NACIONES UNIDAS, QUITO - ECUADOR
CONTRATISTA: ARQ. LUIS LOPEZ
FISCALIZADOR: ARQ. TANNYA PICO
MUESTRA: 4 - VB
PROFUNDIDAD: *****
NORMA: ASTM - D3080

| ENSAYO | 1 | | 2 | | 3 | |
|-----------------------------------|------------------------|---|------------------------|---|------------------------|---|
| AREA (cm ²) | 43,24 | | 43,24 | | 43,24 | |
| DENSIDAD (gr/cm ³) | 1,46 | | 1,52 | | 1,52 | |
| HUMEDAD NAT.(%) | 5,44 | | 5,37 | | 5,40 | |
| ESF. NORMAL (kg/cm ²) | 0,50 | | 1,00 | | 2,00 | |
| DEFORMACION HORIZONTAL (mmx10-2) | FUERZA TANGENCIAL (KN) | ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²) | FUERZA TANGENCIAL (KN) | ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²) | FUERZA TANGENCIAL (KN) | ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²) |
| 0 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 5 | 0,072 | 0,170 | 0,080 | 0,142 | 0,063 | 0,149 |
| 10 | 0,116 | 0,274 | 0,078 | 0,184 | 0,125 | 0,295 |
| 15 | 0,134 | 0,316 | 0,104 | 0,245 | 0,182 | 0,429 |
| 20 | 0,164 | 0,387 | 0,131 | 0,309 | 0,228 | 0,538 |
| 25 | 0,182 | 0,429 | 0,155 | 0,366 | 0,285 | 0,672 |
| 30 | 0,207 | 0,488 | 0,188 | 0,443 | 0,322 | 0,780 |
| 40 | 0,260 | 0,613 | 0,230 | 0,543 | 0,396 | 0,934 |
| 50 | 0,280 | 0,680 | 0,279 | 0,658 | 0,477 | 1,125 |
| 60 | 0,309 | 0,729 | 0,320 | 0,755 | 0,548 | 1,293 |
| 70 | 0,352 | 0,830 | 0,362 | 0,854 | 0,617 | 1,455 |
| 80 | 0,377 | 0,889 | 0,422 | 0,995 | 0,685 | 1,616 |
| 90 | 0,398 | 0,939 | 0,471 | 1,111 | 0,761 | 1,795 |
| 100 | 0,423 | 0,998 | 0,520 | 1,227 | 0,840 | 1,981 |
| 125 | 0,455 | 1,073 | 0,631 | 1,488 | 0,977 | 2,305 |
| 150 | 0,462 | 1,090 | 0,710 | 1,675 | 1,076 | 2,538 |
| 175 | 0,475 | 1,120 | 0,698 | 1,646 | 1,091 | 2,574 |
| 200 | 0,489 | 1,153 | 0,635 | 1,498 | 0,958 | 2,260 |
| 250 | 0,501 | 1,182 | 0,572 | 1,349 | 0,840 | 1,981 |
| 300 | 0,481 | 1,135 | 0,545 | 1,286 | 0,740 | 1,746 |
| 350 | 0,472 | 1,113 | 0,526 | 1,241 | 0,676 | 1,595 |
| 400 | 0,462 | 1,090 | 0,518 | 1,222 | 0,632 | 1,491 |
| 450 | 0,439 | 1,036 | 0,508 | 1,198 | 0,618 | 1,458 |
| 500 | 0,421 | 0,993 | 0,500 | 1,179 | 0,587 | 1,385 |


 ING. MERCEDES VILLAGIS
 JEFE DE LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanina, Ofic. M15 email: laboratorioiv@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext: 1609
CD016-003

3.4.3. Ensayo a flexión de adobe.

Detallado en la sección 2.9.6.

Tabla 30.- Ensayo a flexión de adobe.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

FLEXIÓN EN ADOBE

INF. No. 016 - 457 Quito, 20 de mayo de 2016
Hoja 1 de 1

SOLICITA: ING. ALEX ALBUJA
Atención: PNUD
Dirección: Av. Amazonas 2889
PROYECTO: NUEVA CASA COMÚN DE NACIONES UNIDAS, QUITO - ECUADOR
CONTRATISTA: ARQ. LUIS LOPEZ
FISCALIZADOR: ARQ. TANNYA PICO
FECHA ENSAYO: 6 de abril de 2016
NORMA: ITINTEC 331,017 / NTE INEN 295

| N. | CÓDIGO IDENTIFICACIÓN | DIMENSIONES ENSAYO | | | DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm) | CARGA DE ROTURA (G) | MÓDULO DE ROTURA (R) |
|----|-----------------------|--------------------|------------|--------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| | | LARGO (mm) | ANCHO (mm) | ESPESOR (mm) | | | |
| 1 | 4 - CB | 414,50 | 208,50 | 104,50 | 286,50 | 617,82 | 0,12 |
| 2 | 4 - LA | 447,50 | 208,00 | 126,25 | 298,00 | 588,40 | 0,08 |
| 3 | 12 - MA | 435,00 | 209,50 | 109,50 | 281,50 | 664,89 | 0,11 |
| 4 | 8 - AA | 450,00 | 225,00 | 99,42 | 296,50 | 925,75 | 0,19 |
| 5 | 1 - TA | 436,75 | 212,75 | 109,92 | 290,63 | 768,84 | 0,13 |


 ING. MERCEDES VILLACÍS
 JEFE DEL LABORATORIO



Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil, Mezanine, Ofic. IM15 email: laboratorio@epn.edu.ec / Telf.: (02) 2976 300 ext.: 1609
Archivo: ADFLX-016-001.xls

Capítulo 4: Modelación de ETABS.

Para este proyecto se han utilizado diversas aplicaciones informáticas, como Sketchup, AutoCAD y Etabs 21.2, un programa especializado en el análisis y el diseño estructural de edificios. Este programa ayuda a los ingenieros civiles y estructurales a evaluar el comportamiento de los edificios bajo cargas como el viento, los terremotos y otros elementos, modelando, analizando y diseñando estructuras complejas en tres dimensiones. Se utiliza para modelar, analizar y diseñar estructuras complejas.

4.1. Metraje de cargas

4.1.1. Cargas permanentes (carga muerta).

Para el caso de estudio se tomaron en cuenta el peso propio de muros, acabados, techos, entrepisos, entre otros. Este tipo de estructuras concentra la mayor parte de su peso en los muros cuyo espesor varía entre 0.50 a 1.40 m. Se tomaron en cuenta el peso de los materiales más ligeros, por ello se tomó en cuenta la estructura de madera de la cubierta, entrepisos, vigas, etc.

- **Cubierta:**

Tabla 31.- Carga muerta de cubierta.

| N.º | Elemento | Cantidad | Unidad | Referencia |
|-----|------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Teja cóncava de barro cocido | 80,00 | kg/m ² | NEC-15, Tabla 8- Pag 24 |
| 2 | Cubierta fibrocemento | 20,00 | kg/m ² | NEC-15, Tabla 8- Pag 24 |
| | D= | 100,00 | kg/m² | |

Fuente: (Elaboración Propia, 2024)

Las cargas se van a ingresar por metro lineal, es decir que se deberá multiplicar por la distancia entre correas (0.80 m).

$$D = 100 \frac{kg}{m^2} * 0.8 m$$

$$D = 80.00 \frac{kg}{m}$$

- **Vigas de entrepiso en aulas y corredor:**

Tabla 32.- Carga muerta de vigas de entrepiso.

| N.º | Elemento | Cantidad | Unidad |
|-----------|-----------|--------------|-------------------------|
| 1 | Entablado | 27,50 | kg/m ² |
| 2 | Acabados | 10,00 | kg/m ² |
| D= | | 37,50 | kg/m² |

Fuente: (Elaboración Propia, 2024)

Las cargas se van a ingresar por metro lineal, es decir que se deberá multiplicar por la distancia entre vigas de entrepiso (0.50 m).

$$D = 37.50 \frac{kg}{m^2} * 0.5 m$$

$$D = 18.75 \frac{kg}{m}$$

4.1.2. Carga viva.

Para el caso de estudio se trata de una edificación que antiguamente fue una unidad educativa, al momento esta se encuentra sin uso.

- **Cubierta:**

Tabla 33.- Carga viva de cubierta.

| | |
|---------------------------------------|------|
| Cubiertas | |
| Cubiertas planas, inclinadas y curvas | 0.70 |

Las cargas se van a ingresar por metro lineal, es decir que se deberá multiplicar por la distancia entre correas (0.80 m).

$$L = 70 \frac{kg}{m^2} * 0.8 m$$

$$L = 56.00 \frac{kg}{m}$$

- **Vigas de entrepiso:**

Tabla 34.- Carga vida de vigas de entrepiso para aulas y corredores.

| | | |
|------------------------------------|------|------|
| Unidades educativas | | |
| Aulas | 2.00 | 4.50 |
| Corredores segundo piso y superior | 4.00 | 4.50 |
| Corredores primer piso | 4.80 | 4.50 |

Las cargas se van a ingresar por metro lineal, es decir que se deberá multiplicar por la distancia entre vigas de entrepiso (0.50 m).

- Aulas

$$D = 20 \frac{kg}{m^2} * 0.5 m$$

$$L = 10.00 \frac{kg}{m}$$

- Corredor

$$D = 40 \frac{kg}{m^2} * 0.5 m$$

$$L = 20.00 \frac{kg}{m}$$

4.1.3. Sobrecargas.

- Carga de viento.

Tabla 35.- Sobrecargas de viento.

| Carga Viento | Categoría B(obstrucción baja): | | | |
|--------------|--------------------------------|-------------------|------|------|
| $\sigma=$ | 0.88 | | | |
| $V=$ | 21.0 | m/s | 75.6 | km/h |
| $V_b =$ | 18.48 | m/s | | |
| $\rho=$ | 1.25 | kg/m ³ | | |
| $C_e=$ | 0.9 | Entorno/Altura | | |

| Superficies verticales de edificios | | |
|-------------------------------------|-------|-------------------|
| <u>Barlovento</u> | 0.5 | |
| $P=$ | 96.05 | Pa |
| $W_b=$ | 9.79 | kg/m ² |

Las cargas se van a ingresar por metro lineal, es decir que se deberá multiplicar por la distancia entre correas (0.80 m).

$$W = 9.79 \frac{kg}{m^2} * 0.8 m$$

$$W = 7.83 \frac{kg}{m}$$

- Carga de granizo.

Tabla 36.- Sobrecargas de granizo.

| | | |
|-----------------------|-------|-------------------|
| Sobrecarga de granizo | 50.00 | kg/m ² |
| S= | 50.00 | kg/m ² |

Las cargas se van a ingresar por metro lineal, es decir que se deberá multiplicar por la distancia entre correas (0.80 m).

$$S = 50 \frac{kg}{m^2} * 0.8 m$$

$$S = 40.00 \frac{kg}{m}$$

4.1.4. Combinación de cargas.

Las construcciones en general deberán diseñarse para resistir las combinaciones de: cargas permanentes, cargas variables, cargas accidentales.

Combinación 1

1.4 D

Combinación 2

1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L_r; S; R]

Combinación 3*

1.2 D + 1.6 max[L_r; S; R] + max[L; 0.5W]

Combinación 4*

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r; S; R]

Combinación 5*

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

Combinación 6

0.9 D + 1.0 W

Combinación 7

0.9 D + 1.0 E

4.2. Cargas laterales de diseño.

A continuación, se menciona los parámetros asumidos para el cálculo del corte basal obtenidos de las diferentes tablas de la norma NEC-2015, peligro sísmico detallados en la sección 2.14.

Tabla 37.- Resumen de parámetros.

| DATOS DE ENTRADA | | REFERENCIA NEC-2015 |
|------------------|------|---|
| I | 1,30 | Tabla 7*. Coeficiente de importancia. |
| R | 1,50 | Ecuación 3*, Tabla 11*. Factor de reducción de resistencia sísmica. |
| øP | 0,90 | Tabla 12*. Coeficientes de regularidad en planta. |
| øE | 0,90 | Tabla 13*. Coeficiente de regularidad en elevación. |
| Z | 0,40 | Tabla 14*. Coeficiente de zonas sísmica. |
| Fs. | 1,28 | Tabla 15*. Factores de comportamiento inelástico. |
| Fa | 1,2 | Tabla 16*. Factores de sitio Fa. |
| Fd | 1,19 | Tabla 17*. Factores de sitio Fd. |

Fuente: (Elaboración Propia, 2024)

Con estos valores se obtiene el periodo límite de vibración:

Ecuación 7

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$T_c = 0.698 \text{ (s)}$$

Periodo de vibración.

Ecuación 8

$$T = C_t h_n^\alpha$$

$$T = 0.055 * 6.40_2^{0.75}$$

$$T = 0.221 \text{ (s)}$$

Al comparar el periodo calculado por el método aproximado de la NEC-15 resulta $0 \leq$

$T < T_c$ es posible establecer la ecuación del tramo de análisis en el espectro como:

Ecuación 9

$$S_a = \eta z F_a$$

Se define la razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado (η), como $\eta = 2.48$, correspondiente a la Sierra.

$$S_a = 2.48 * 0.40 * 1.20$$

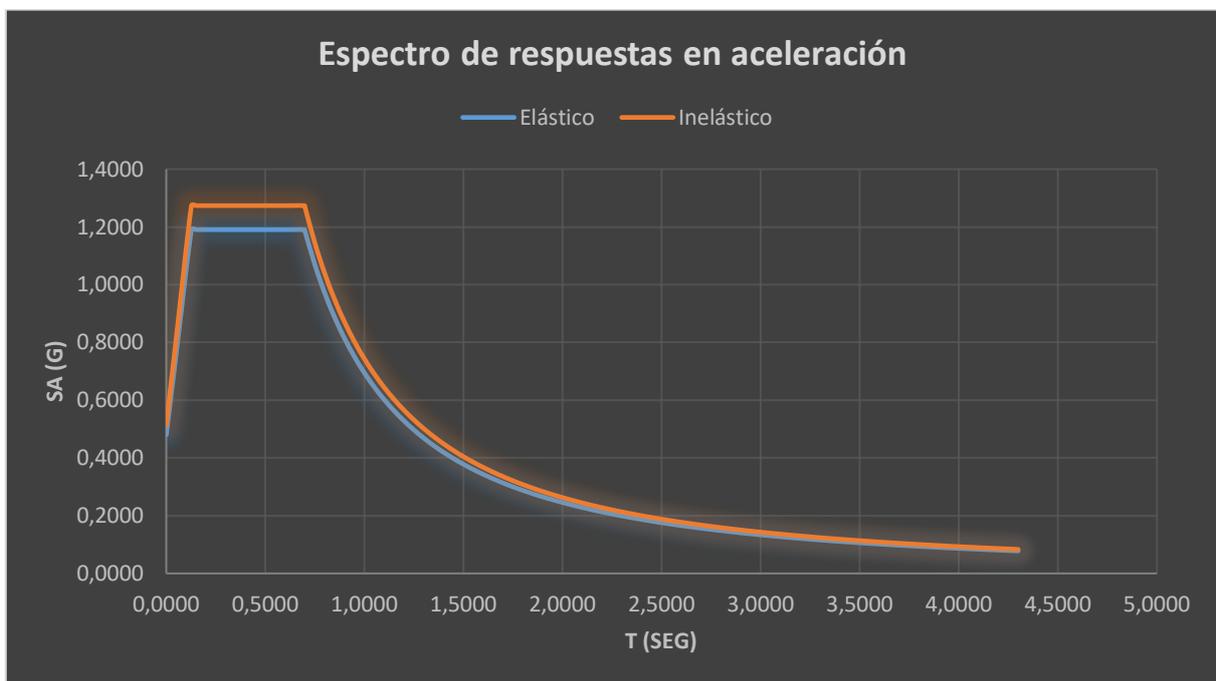
$$S_a = 1.19$$

Con todos los parámetros definidos se obtiene el cortante basal de diseño:

$$V_b = \frac{1.3 * 1.19}{1.5 * 0.9 * 0.9} * W$$

$$V_b = 1.2737 * W$$

Figura 30.- Espectro.

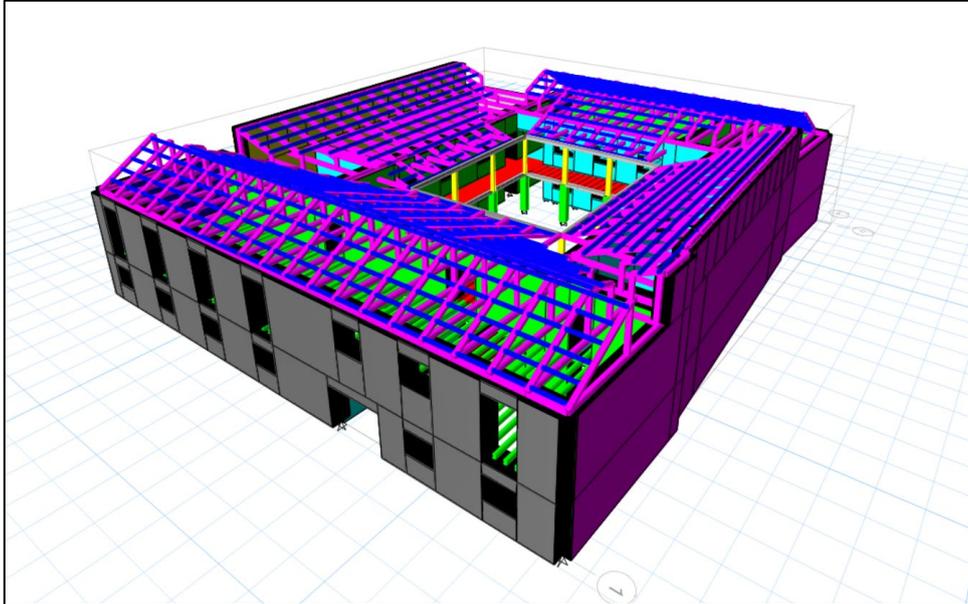


Fuente: (Elaboración Propia, 2024)

4.3. Modelación de las estructuras.

A continuación, se presenta la modelación de la edificación.

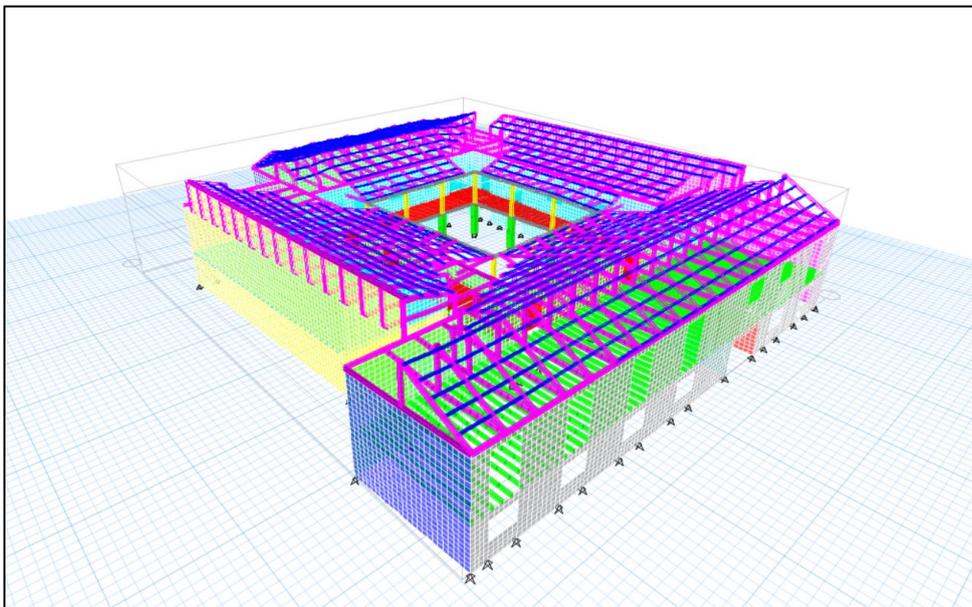
Figura 31.- Modelación 3D.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

A continuación, se presenta la modelación de la edificación discretizada.

Figura 32.- Corrida de modelación 3D.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Para el modelo realizado se usaron diferentes elementos, esto tomando en cuenta que todas las uniones o empalmes deberán ser perfectas, para que así no exista ningún error y a su vez el programa pueda generar resultados coherentes a la realidad.

Es así como de acuerdo con lo planteado se usaron los siguientes tipos de elementos para la modelación:

Tabla 38.- Tipos de elementos.

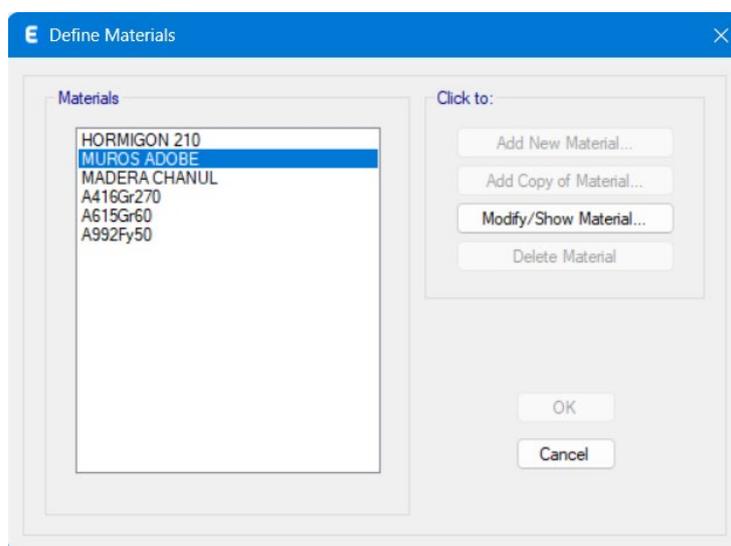
| Elemento a modelar | Tipo de elemento ETABS |
|--------------------|------------------------|
| Muros | Shell-Thick |
| Vigas de entrepiso | Frame |
| Cubierta | Frame |
| Columnas | Frame |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.1. Definición de materiales.

Este menú permite al usuario definir, modificar o seleccionar materiales con propiedades específicas, que serán asignados a los elementos estructurales como: Modulo de elasticidad, E; Modulo de Poisson, ν ; Coeficiente de dilatación térmica; Peso específico; Tipo de material.

Figura 33.- Definición de materiales.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- **Hormigón fc 210.**

Figura 34.- Definición de material: Hormigón fc 210.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material named 'HORMIGON 210'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: HORMIGON 210; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: (magenta square); Material Notes: (empty).
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density; Specify Mass Density. Weight per Unit Volume: 0.024 kgf/cm³; Mass per Unit Volume: 0.000024 kgf-s³/cm⁴.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 181142.21 kgf/cm²; Poisson's Ratio, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000099 1/C; Shear Modulus, G: 75475.92 kgf/cm².
- Design Property Data:** (Buttons: Modify/Show Material Property Design Data...)
- Advanced Material Property Data:** (Buttons: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...)
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:** Program Default (Based on Concrete Slab Design Code); User Specified.

Buttons at the bottom: OK, Cancel.

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

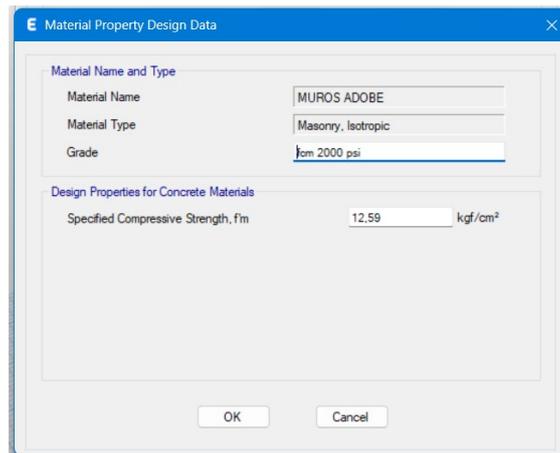
- **Muros de adobe.**

Figura 35.- Definición de material, Muros de adobe.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a masonry material named 'MUROS ADOBE'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: MUROS ADOBE; Material Type: Masonry; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: (grey square); Material Notes: (empty).
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density; Specify Mass Density. Weight per Unit Volume: 0.0016 kgf/cm³; Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s³/cm⁴.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 2024 kgf/cm²; Poisson's Ratio, U: 0.25; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000006 1/C; Shear Modulus, G: 809.6 kgf/cm².
- Design Property Data:** (Buttons: Modify/Show Material Property Design Data...)
- Advanced Material Property Data:** (Buttons: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...)

Buttons at the bottom: OK, Cancel.

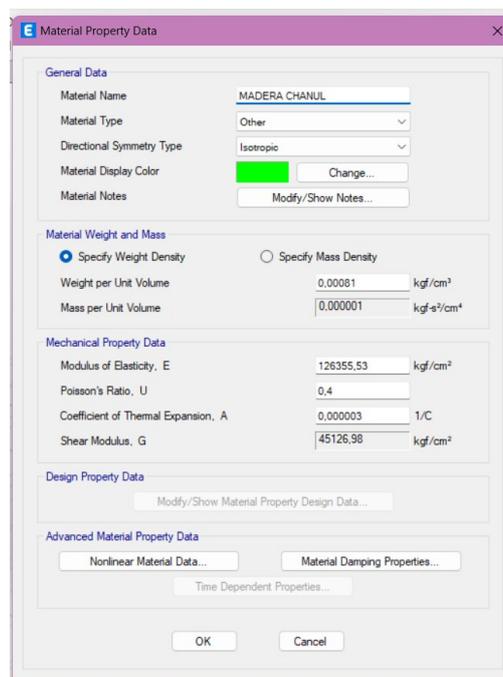


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Las propiedades de masonry (mampostería) permiten modelar y analizar muros de mampostería en estructuras. Estas propiedades se pueden configurar tanto para mampostería no reforzada como reforzada, dependiendo de la necesidad. Los muros de mampostería pueden ser utilizados como elementos estructurales para resistir cargas verticales y laterales, incluyendo fuerzas sísmicas.

- **Madera de chanul.**

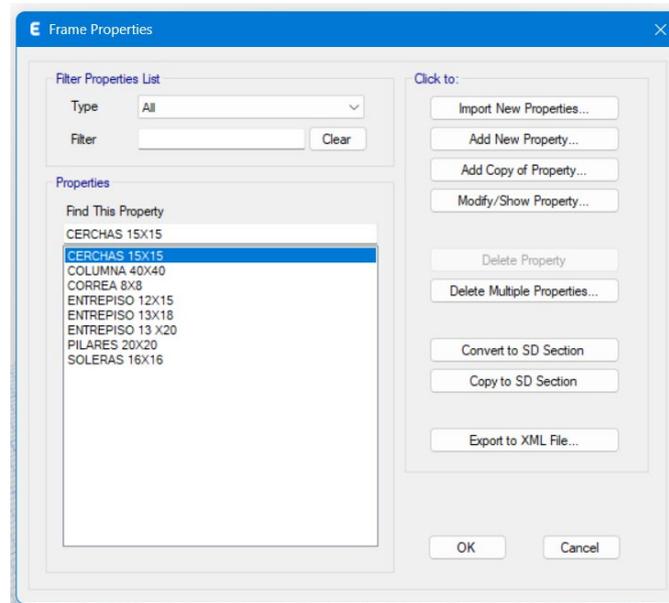
Figura 36.- Definición de material, madera de chanul.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.2. Definición de propiedades de sección.

Figura 37.- Definición de propiedades de sección.

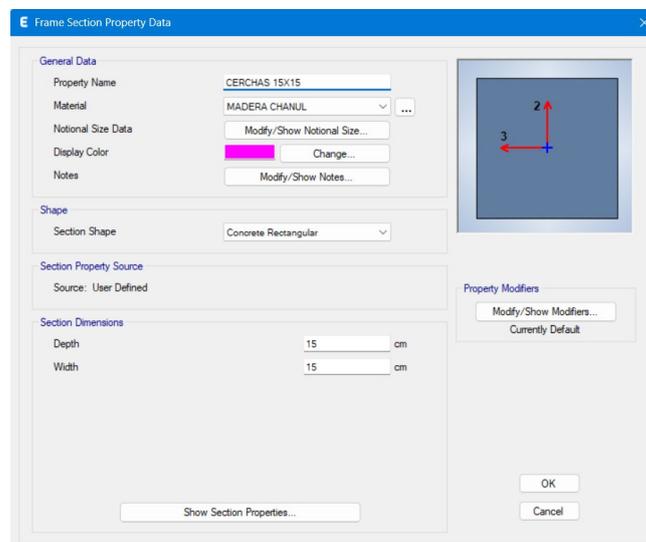


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

En el levantamiento de información realizado in situ, se procedió a tomar medidas de los diferentes elementos estructurales de madera, es decir de: vigas de entrepiso, cerchas de madera, correas de cubierta, pilares, entre otros. Se agruparon los elementos y se obtuvo los siguientes detalles:

- Cerchas 15x15 cm.

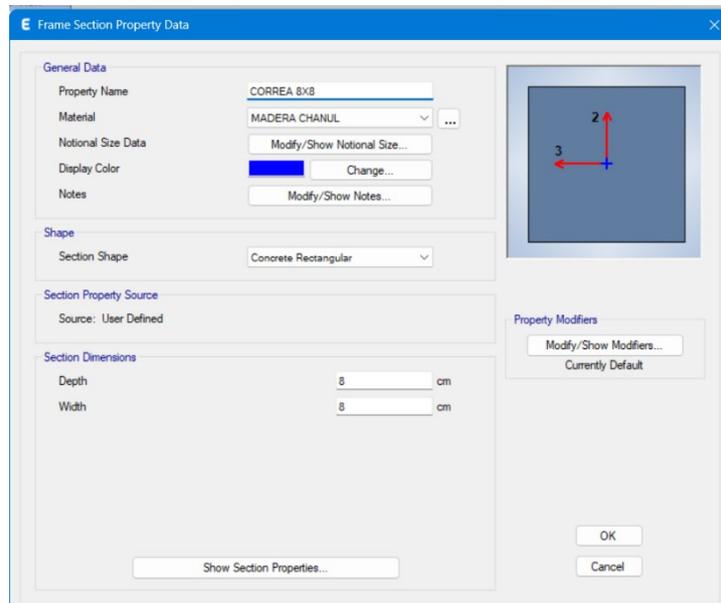
Figura 38.- Propiedades de sección, cerchas 15x15 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- Correas 8x8 cm.

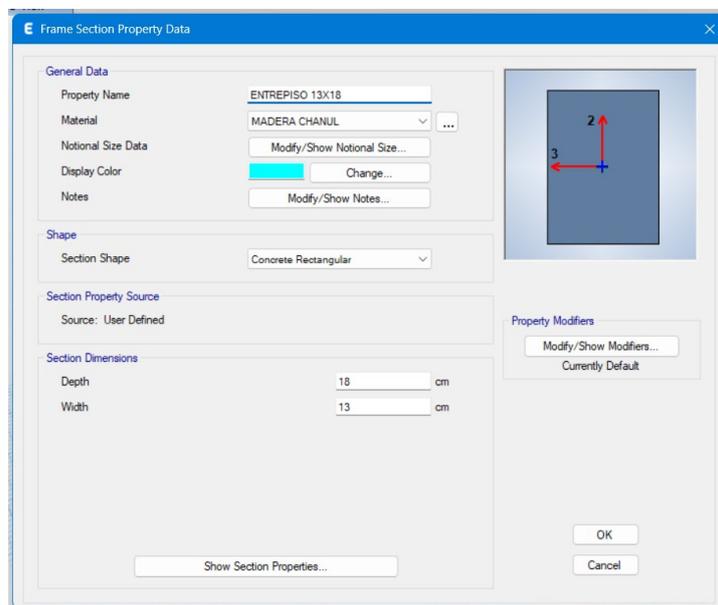
Figura 39.- Propiedades de sección, correas 8x8 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- Vigas de entrepiso en aulas de bloque A, B, C, F 13x18 cm.

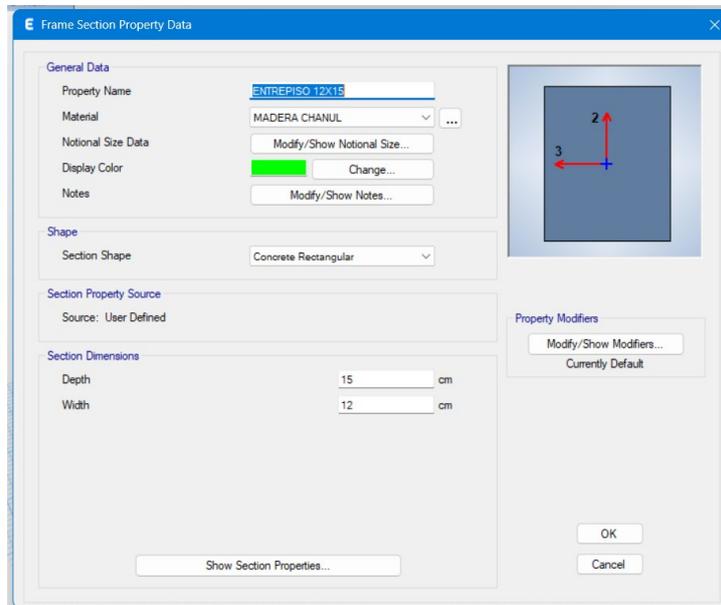
Figura 40.- Propiedades de sección, vigas de entrepiso 13x18 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- Vigas de entrepiso en aulas de bloque E, D 12x15 cm.

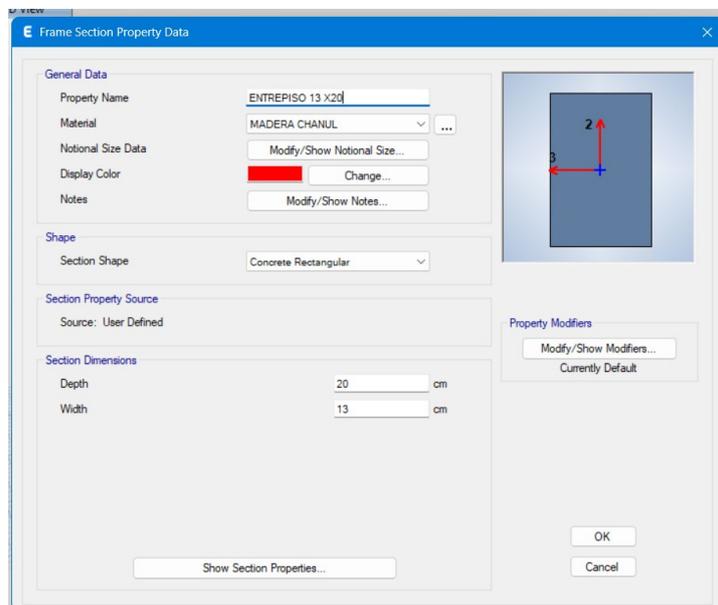
Figura 41.- Propiedades de sección, vigas de entrepiso 12x15 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- Vigas de entrepiso en corredores 13x20 cm.

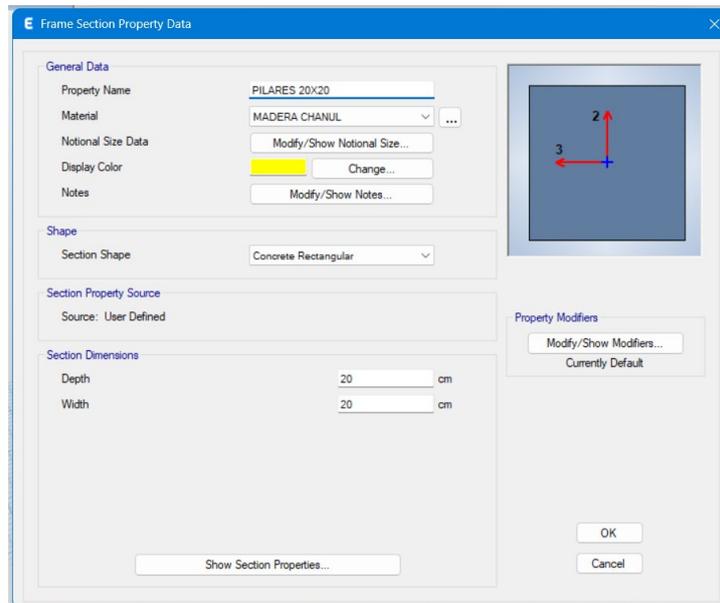
Figura 42.- Vigas de entrepiso 13x20 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- Pilares de madera Planta alta 20x20 cm.

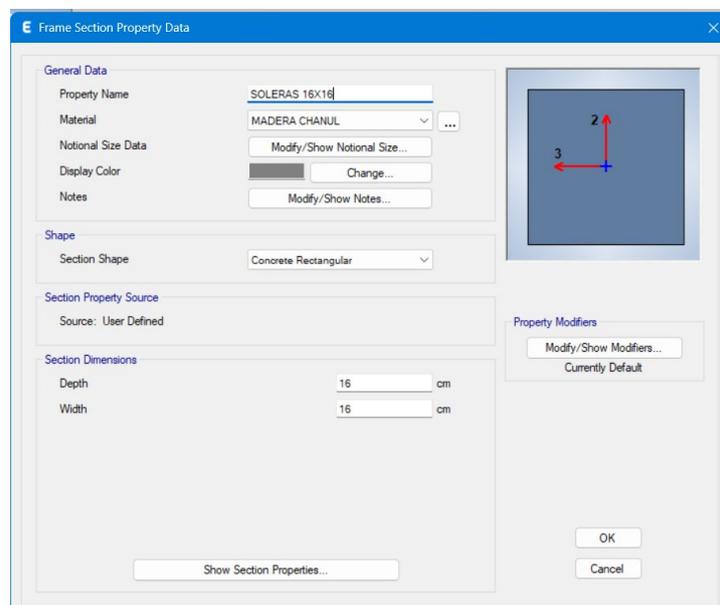
Figura 43.- Pilares de madera 20x20 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

- Soleras 16x16 cm.

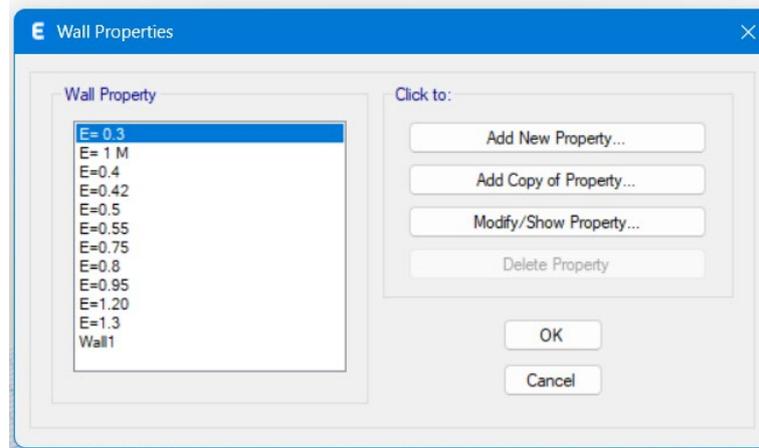
Figura 44.- Soleras 16x16 cm.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

La sección de muro “wall sections” es una definición estructural que permite la modelación de muros.

Figura 45.- Wall property.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

De acuerdo con el levantamiento in situ se pudo obtener los diferentes espesores de muros de adobe, y agruparlos de manera adecuada.

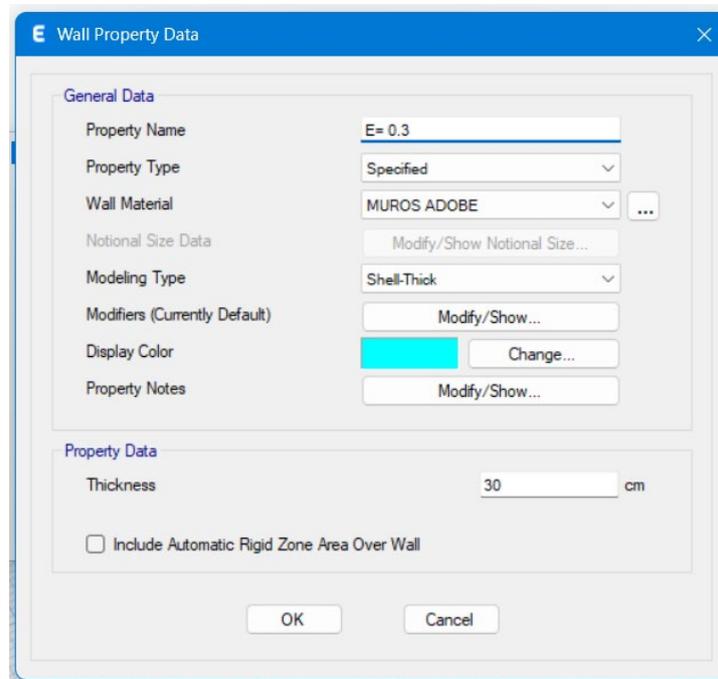
Para modelar los muros de adobe se deben analizar como elementos Shell-Thick que son especialmente útiles cuando se necesita considerar los efectos de deformación transversal (esfuerzos y deformaciones a través del espesor del elemento) y el comportamiento de cortante. (Campos, 2010)

El Shell-Thick tiene en cuenta estas deformaciones, lo cual es necesario para elementos más gruesos donde los esfuerzos de cortante son significativos. El uso permite un análisis más detallado de las tensiones internas, tanto por flexión como por cortante, a lo largo del espesor del elemento, lo que es útil cuando se espera una variación considerable de tensiones a través del espesor. (Campos, 2010)

Así mismo los elementos Shell-Thick tienen en cuenta una mayor rigidez debido a su mayor espesor y la forma en que distribuyen las cargas. Esto es particularmente útil en

elementos donde las deformaciones a través del espesor juegan un papel importante en el comportamiento general del componente. (Campos, 2010)

Figura 46.- Modeling type.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

En la ventana “Property modification factors” se modificarán los factores, teniendo en cuenta que los factores “Membrane: f_{11} , f_{22} , f_{12} ; Bending: m_{11} , m_{22} , m_{12} ; Shear: v_{13} , v_{23}) modificara la rigidez del elemento, así como a su masa y peso.

- Los factores “Membrane: f_{11} , f_{22} , f_{12} ” afectan a la rigidez de membrana. El adobe es un material que resiste bien la compresión comparada con otros esfuerzos, ya que su masa proporciona cierta rigidez. Por este motivo, algunos modeladores prefieren no reducir la rigidez axial.
- Los factores Bending: m_{11} , m_{22} , m_{12} afectan a la rigidez a la flexión. El adobe es débil ante cargas perpendiculares, lo que puede causar desprendimientos o colapsos en un sismo. Por ello, se reduce significativamente la rigidez en esta dirección.

- Los factores Shear: v13, v23 afectan a la rigidez a corte. La mampostería de adobe tiene baja capacidad de deformación ante cargas cortantes, por lo que se utiliza un modificador conservador. Este factor es clave en el análisis sísmico.

Tabla 39.- Valores de rigidez efectiva de elementos de concreto.

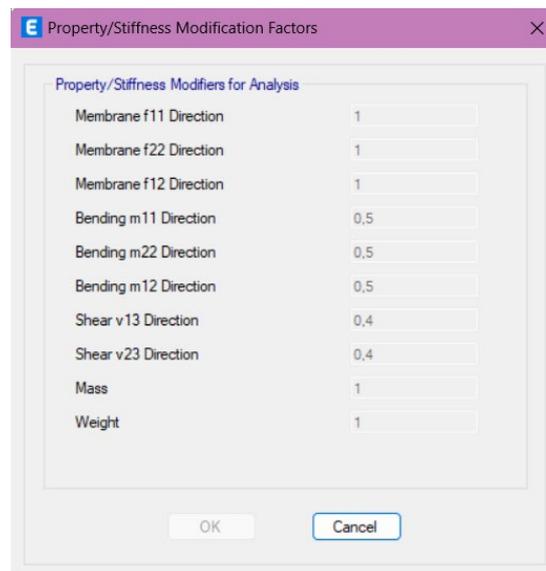
| Component | Flexural Rigidity | Shear Rigidity | Axial Rigidity |
|---|---------------------|----------------|----------------|
| Beams—nonprestressed | $0.5E_cI_g$ | $0.4E_cA_w$ | — |
| Beams—prestressed | E_cI_g | $0.4E_cA_w$ | — |
| Columns with compression due to design gravity loads $\geq 0.5 A_g f_c$ | $0.7E_cI_g$ | $0.4E_cA_w$ | E_cA_g |
| Columns with compression due to design gravity loads $\leq 0.3 A_g f_c$ or with tension | $0.5E_cI_g$ | $0.4E_cA_w$ | E_sA_s |
| Walls—uncracked (on inspection) | $0.8E_cI_g$ | $0.4E_cA_w$ | E_cA_g |
| Walls—cracked | $0.5E_cI_g$ | $0.4E_cA_w$ | E_cA_g |
| Flat Slabs—nonprestressed | See Section 6.5.4.2 | $0.4E_cA_g$ | — |
| Flat Slabs—prestressed | See Section 6.5.4.2 | $0.4E_cA_g$ | — |

Fuente: (FEMA, 2000)

Basados en la información mencionada, y a la información presentada en la tesis “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la iglesia de Pachavita- Boyaca”, figura 3-49, en donde señala la interfaz gráfica del programa con los valores modificados y empleados para el análisis. (Azüero, 2019).

Se opta por tomar los valores presentados a continuación.

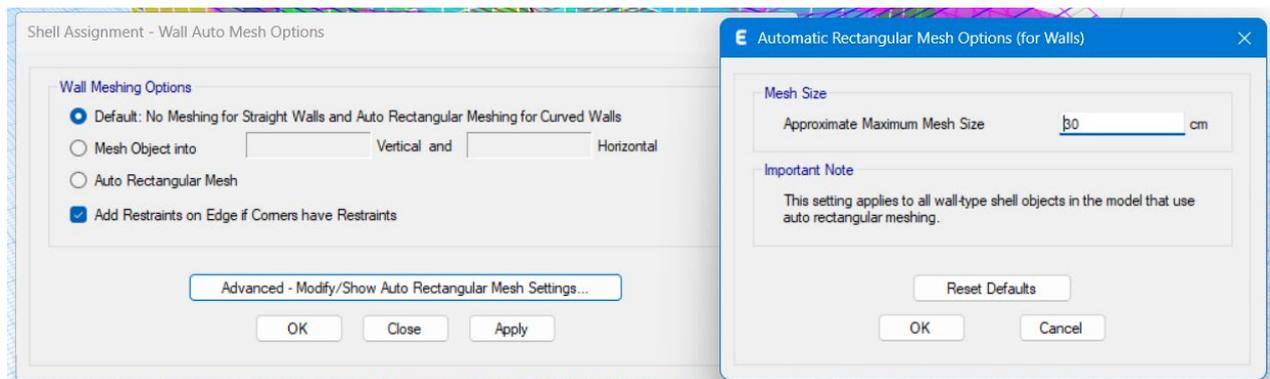
Figura 47.- Coeficientes de modificadores de rigidez.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Es necesario discretizar los muros de adobe que se van a modelar, ya que ello permite distribuir mejor las tensiones. El objetivo principal de este enfoque es dividir el muro en piezas más pequeñas que estén unidas por una serie de nodos, y luego analizarlas como elementos finitos.

Figura 48.- Discretización de muros de adobe.

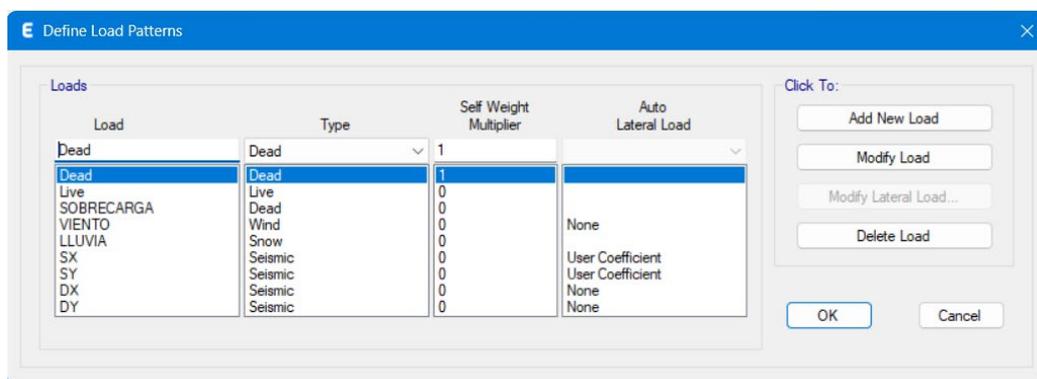


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.3. Asignación de los estados de carga

Cuando se habla de estados de carga se puede entender que son aquellas cargas que pueden causar algún daño a la estructura ya sea de manera ocasional o constante. Para la carga viva, sobrecarga, carga de viento, carga de lluvia, sismo estático, sismo dinámico, se asignan valores de cero, lo cual permite que el programa asuma los valores proporcionados manualmente, a diferencia de carga muerta, al cual se asigna un valor de uno, lo que permite que el programa determine el peso total de la estructura.

Figura 49.- Asignación de los estados de carga.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.3.1. Asignación de cargas laterales estáticas.

El coeficiente (C) y el factor (k), determinados anteriormente, se utilizan en el proceso de asignación de las cargas sísmicas. El coeficiente C representa el coeficiente basal, y el valor de k es igual a uno, lo que da lugar a una distribución que es triangular.

Figura 50.- Asignación de cargas laterales estáticas en X.

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box. In the 'Direction and Eccentricity' section, the 'X Dir + Eccentricity' checkbox is selected. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0,05. In the 'Factors' section, 'Base Shear Coefficient, C' is 1,2737 and 'Building Height Exp., K' is 1. In the 'Story Range' section, 'Top Story' is 'Story19' and 'Bottom Story' is 'Base'. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Figura 51.- Asignación de cargas laterales estáticas en Y.

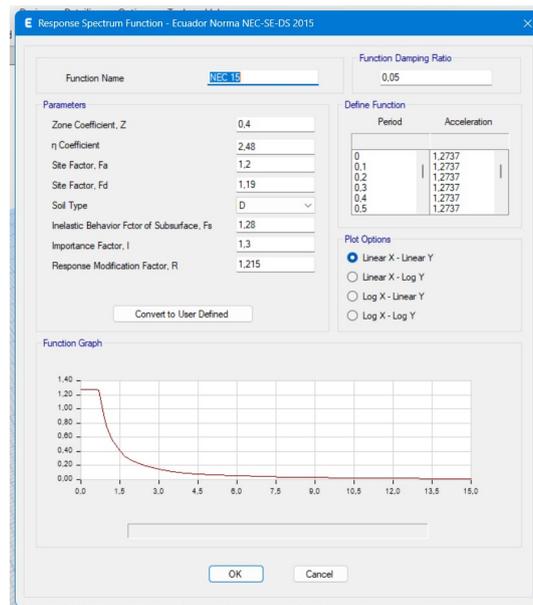
The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box. In the 'Direction and Eccentricity' section, the 'Y Dir + Eccentricity' checkbox is selected. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0,05. In the 'Factors' section, 'Base Shear Coefficient, C' is 1,2737 and 'Building Height Exp., K' is 1. In the 'Story Range' section, 'Top Story' is 'Story19' and 'Bottom Story' is 'Base'. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.3.2. Asignación de cargas laterales dinámicas (espectros).

Para el análisis dinámico se ingresó los valores obtenidos de la sección 4.2

Figura 52.- Asignación de cargas laterales dinámicas.

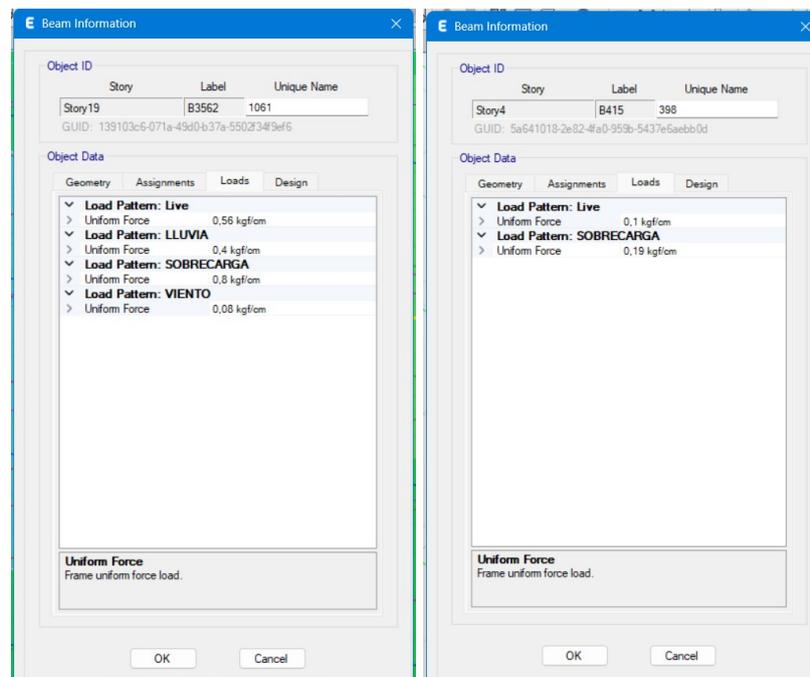


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.4. Asignación de cargas a elementos.

De acuerdo con los valores de la sección “4.1. Metraje de cargas”, se asignan los diferentes valores en los elementos estructurales como correas y vigas de entrepiso.

Figura 53.- Asignación de cargas a elementos.

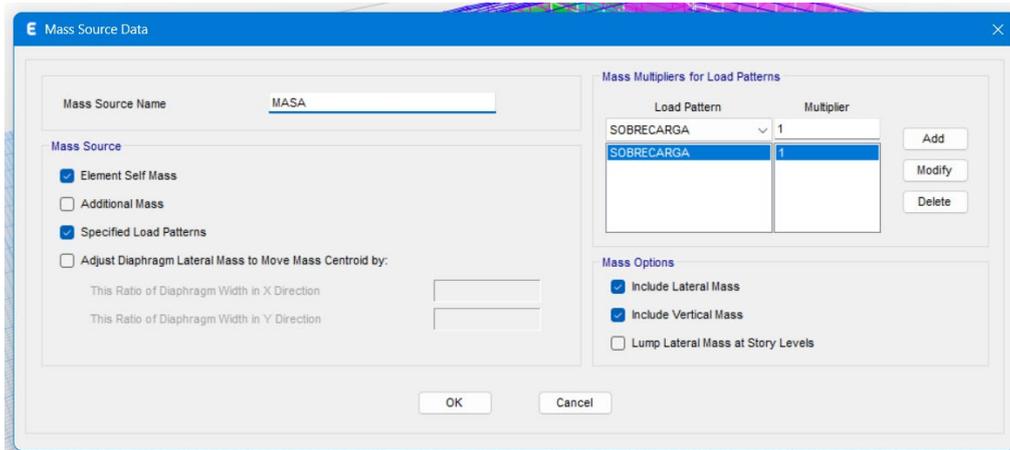


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.3.5. Consideraciones adicionales.

El valor de la fuente de la masa toma no toma en cuente el peso propio ni las masas manuales asignadas. El valor para la sobrecarga es de 1, ya que esta representa un peso de forma permanente y son valores importantes para la estabilidad de la edificación.

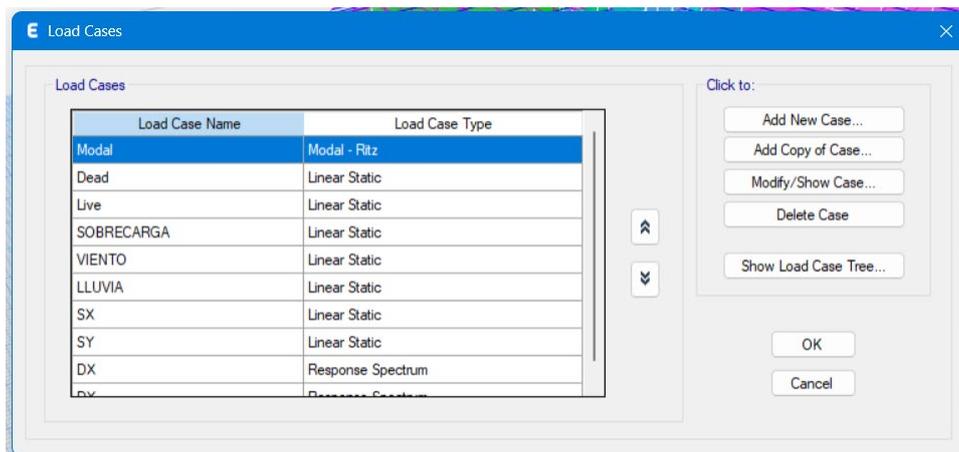
Figura 54.- Fuente de masa.

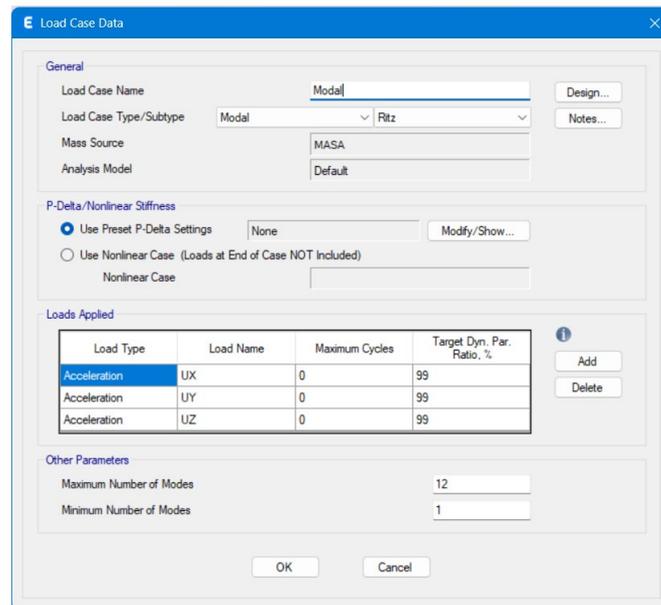


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Para los casos de sismo dinámico, se efectúa por medio de vectores Ritz, pues estos consiguen mejor participación de masa con el mismo número de nodos. (Manitio & Vasconez, 2013)

Figura 55.- Vectores de Ritz.



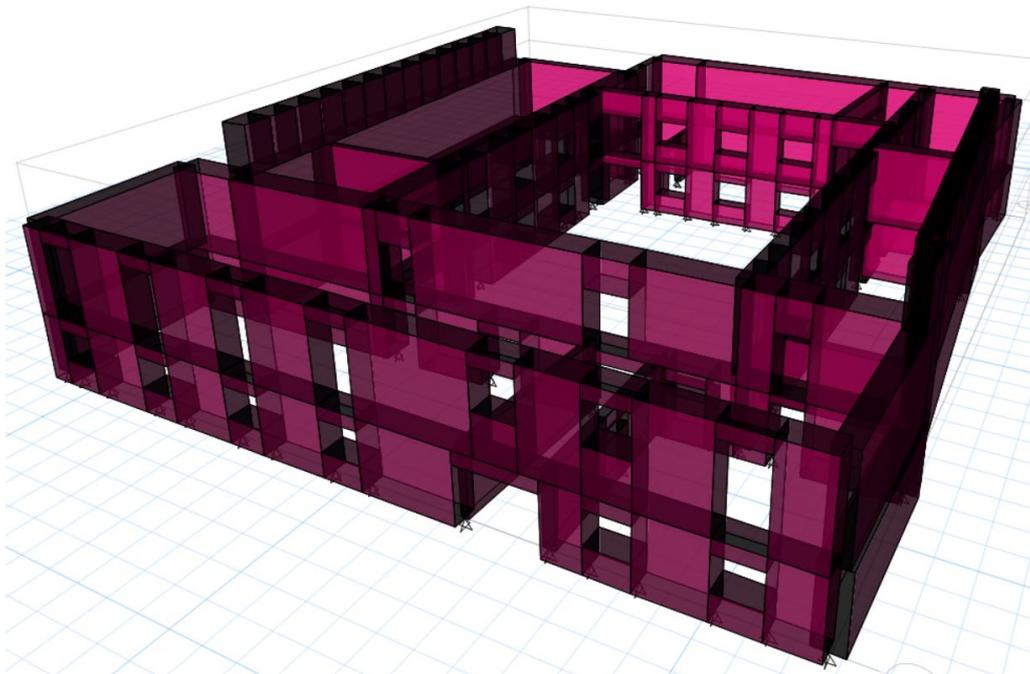


Fuente (Elaboración Propia, 2024)

4.4. Modelo reforzado-Malla electrosoldada.

A continuación, se presenta el modelo de la estructura reforzada.

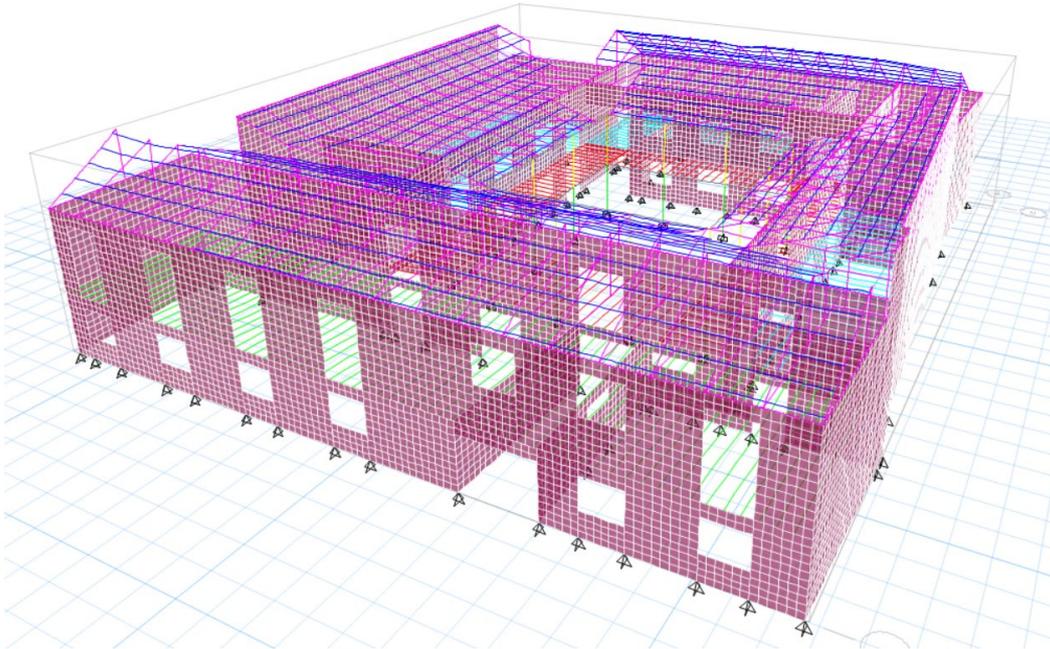
Figura 56.- Modelo de muros reforzados.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

A continuación, se presenta el modelo de la estructura reforzada discretizada.

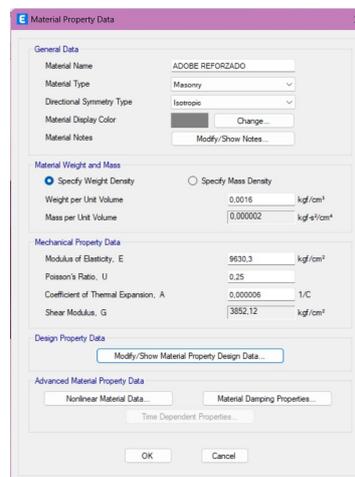
Figura 57.- Modelo reforzado con todos los elementos.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

El reforzamiento que se modela es el de malla electrosoldada y conectores en este tipo de reforzamientos el módulo de elasticidad aumenta, esto de acuerdo con un ensayo de compresión que se realizó para muros de adobe reforzados con malla electrosoldada. Es por ello por lo que se usa el módulo de elasticidad de 9630.3 kg/cm^2 . (Morocho & Obelencio, 2024)

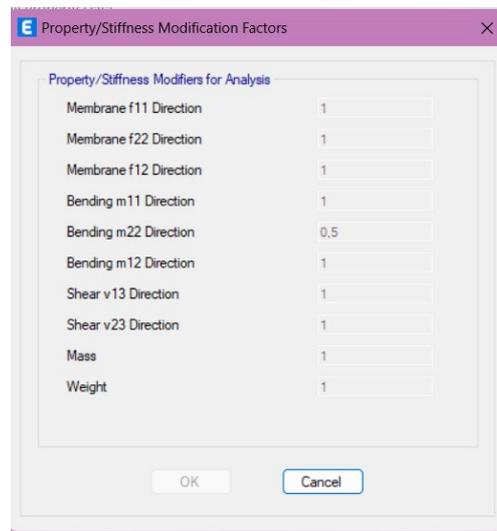
Figura 58.- Definición de las propiedades del adobe reforzado.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Así mismo fue necesario tomar en cuenta la mayor inercia que tienen en la realidad los muros reforzados, debido al espesor del adobe más el espesor del reforzamiento, se consideró este parámetro en la ventana “Property modification factors”, en donde se modificó el coeficiente “Bending m22” que es la rigidez fuera del plano a flexión, el factor vino dado de una relación de inercias, inercia de la sección de adobe más la inercia del reforzamiento modelado. (Manitio & Vasconez, 2013)

Figura 59.- Property modification factors.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

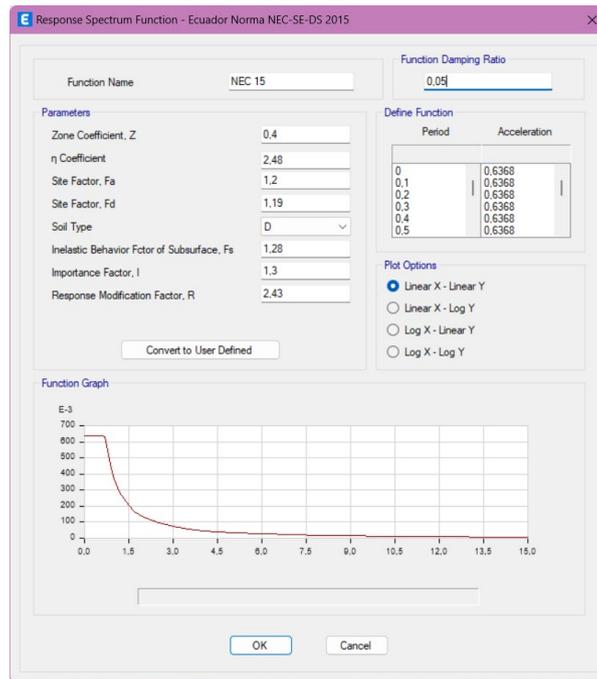
Con el reforzamiento realizado se modifica el factor de reducción (R), ya que ahora es una edificación de mampostería de adobe con reforzamiento de malla electrosoldada más mortero. Es por ello por lo que se calcula un nuevo valor de cortante basal (V). Asumiendo un valor de R igual a 3.

$$V_b = \frac{I * S_a * T_a}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

$$V_b = \frac{1.3 * 1.19}{3 * 0.9 * 0.9} * W$$

$$V_b = 0.6368 * W$$

Figura 60.- Cargas laterales de diseño- espectro reforzado.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Capítulo 5: Análisis de resultados.

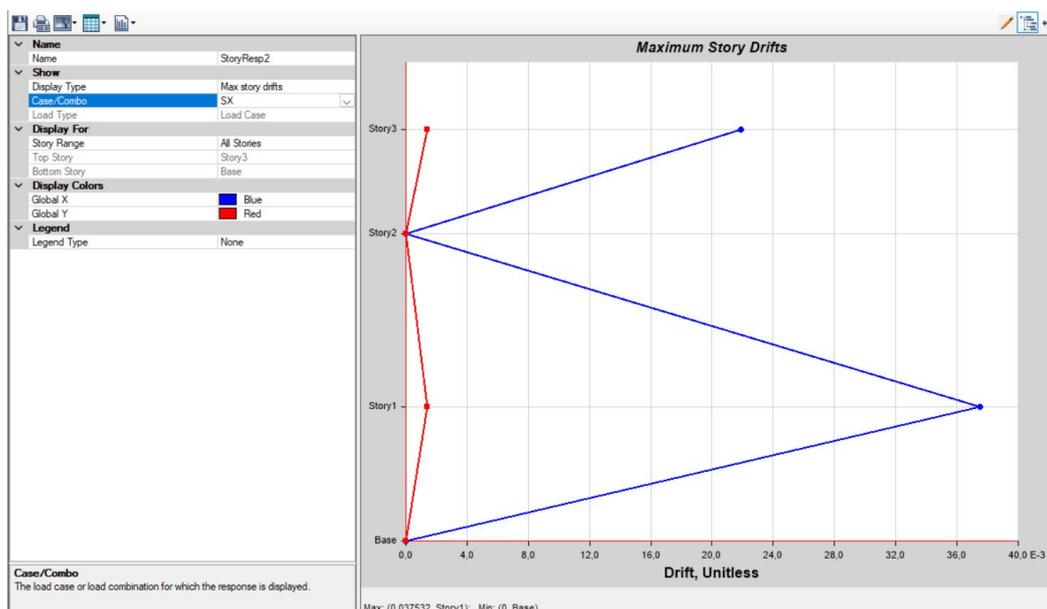
5.1. Verificaciones de modelo NO reforzado.

Una vez realizado el modelado en el software ya mencionado con anterioridad, se procede a realizar las verificaciones correspondientes.

5.1.1. Derivas de piso Sx.

Detallado en la sección 2.15.

Figura 61.- Derivas SX.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

$$\Delta i = 0.75 * R * \Delta e * 100$$

$$\Delta i = 0.75 * 1.5 * 0.037532 * 100$$

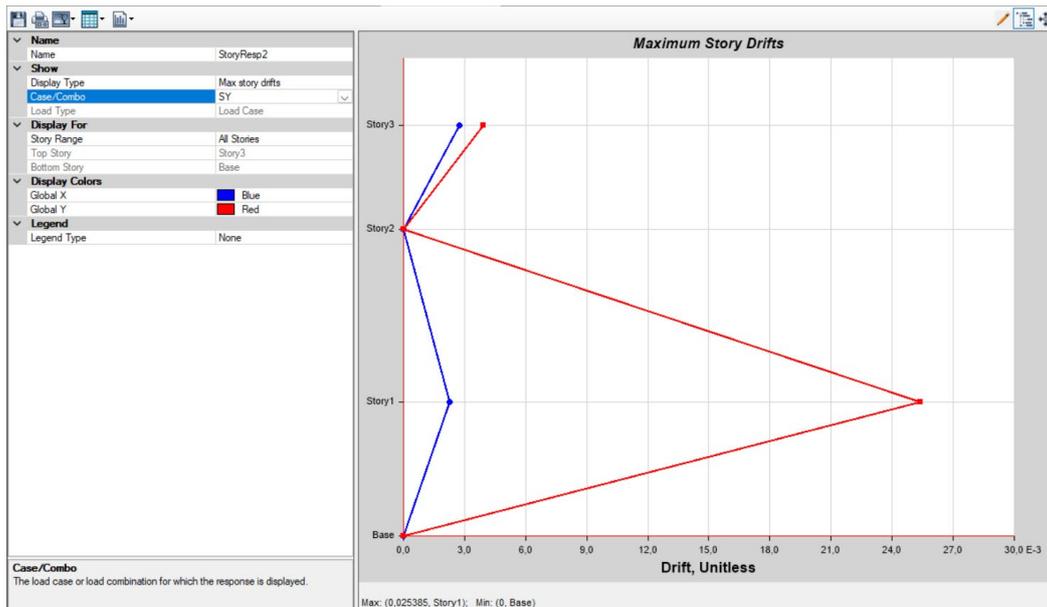
$$\Delta i = 4.22\%$$

Como se puede observar esta deriva en X es mayor al 1% establecido por la norma NEC-2015, lo cual indica que en este sentido deberá ser necesario el reforzamiento del muro.

5.1.2. Derivas de piso Sy

Detallado en la sección 2.15.

Figura 62.- Derivas SY.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

$$\Delta i = 0.75 * R * \Delta e * 100$$

$$\Delta i = 0.75 * 1.5 * 0.025385 * 100$$

$$\Delta i = 2.85\%$$

Como se puede observar esta es mayor al 1% establecido por la norma NEC-2015, lo cual indica que en este sentido deberá ser necesario el reforzamiento del muro.

5.1.3. Periodo de diseño.

Detallado en la sección 2.14.4.6.

Tabla 40.- Periodo de diseño.

| Case | Mode | Period sec | Frequency cyc/sec | CircFreq rad/sec | Eigenvalue rad ² /sec ² |
|-------|------|------------|-------------------|------------------|---|
| Modal | 1 | 0,589 | 1,698 | 10,6709 | 113,8691 |
| Modal | 2 | 0,548 | 1,824 | 11,4588 | 131,3038 |
| Modal | 3 | 0,497 | 2,012 | 12,6427 | 159,839 |
| Modal | 4 | 0,435 | 2,297 | 14,4331 | 208,3156 |
| Modal | 5 | 0,365 | 2,738 | 17,2021 | 295,911 |
| Modal | 6 | 0,321 | 3,114 | 19,566 | 382,8286 |
| Modal | 7 | 0,318 | 3,146 | 19,7657 | 390,681 |
| Modal | 8 | 0,27 | 3,704 | 23,2752 | 541,7357 |
| Modal | 9 | 0,219 | 4,558 | 28,6392 | 820,2045 |
| Modal | 10 | 0,171 | 5,848 | 36,7433 | 1350,0665 |
| Modal | 11 | 0,157 | 6,373 | 40,0427 | 1603,4199 |
| Modal | 12 | 0,088 | 11,309 | 71,0545 | 5048,7413 |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

De acuerdo al periodo de vibracion obtenido en el programa ETABS, que es de 0.585 s, se puede realizar una comprobacion la cual se detalla a continuacion.

Tabla 41.- Comprobación de periodo de diseño.

| | | |
|--------------|-------|-----------|
| TN -NEC2015= | 0,221 | seg |
| TN-ETABS= | 0,585 | seg |
| %Variación | 2,64 | Rigidizar |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

5.1.4. Participacion de modal.

En el analisis dinamico la norma indica que los nodos que se analicen deben cumplir la participacion de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales consideradas.

Tabla 42.- Participación modal.

| Case | ItemType | Item | Static % | Dynamic % |
|-------|--------------|------|----------|-----------|
| Modal | Acceleration | UX | 100 | 85,69 |
| Modal | Acceleration | UY | 100 | 87,02 |
| Modal | Acceleration | UZ | 100 | 76,69 |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

5.1.5. Primer y segundo modo traslacional.

De acuerdo con la norma Nec-15, menciona que los dos primeros modos deben ser máximo el 30% de rotación. Para lo cual se usa la siguiente ecuación:

Ecuación 10

$$\% = \frac{Rz}{\text{Max}(\text{SumUX: sumUY})} * 100$$

$$\% = \frac{0.0038}{\text{Max}(0.2404: 0.0002)} * 100$$

$$\% = 2$$

Tabla 43.- Primer y segundo modo traslacional.

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|--------|-------------|------------|-------------|--------|--------|------------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|--------|------------|
| Case | Mode | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ | SumRX | SumRY | SumRZ | Porcentaje |
| | | sec | | | | | | | | | | | | | |
| Modal | 1 | 0,589 | 0,2404 | 0,0002 | 0 | 0,2404 | 0,0002 | 0 | 0,000004467 | 0,0074 | 0,0039 | 0,000004467 | 0,0074 | 0,0039 | 2% |
| Modal | 2 | 0,548 | 0,0003 | 0,0002 | 0,00001964 | 0,2407 | 0,0005 | 0,0000199 | 0,000003723 | 0,00003922 | 0,0044 | 0,00000819 | 0,0075 | 0,0083 | 2% |
| Modal | 3 | 0,497 | 0,0002 | 0,1992 | 0,000001137 | 0,2409 | 0,1997 | 0,00002103 | 0,0025 | 0,000004976 | 0,0003 | 0,0025 | 0,0075 | 0,0086 | 0% |
| Modal | 4 | 0,435 | 0,0225 | 0,0004 | 0 | 0,2634 | 0,2 | 0,00002122 | 0,000001929 | 0,00002004 | 0,0321 | 0,0025 | 0,0075 | 0,0407 | 12% |
| Modal | 5 | 0,365 | 0,0038 | 0,0174 | 0,0000171 | 0,2672 | 0,2174 | 0,00003832 | 0,000003662 | 0,000002195 | 0,0228 | 0,0025 | 0,0075 | 0,0635 | 9% |
| Modal | 6 | 0,321 | 0,2213 | 0,0003 | 0,00003633 | 0,4885 | 0,2177 | 0,0001 | 0,000007879 | 0,0064 | 0,0002 | 0,0026 | 0,0139 | 0,0636 | 0% |
| Modal | 7 | 0,318 | 0,0116 | 0,0056 | 0,0011 | 0,5001 | 0,2233 | 0,0011 | 0,00001408 | 0,0003 | 0,0016 | 0,0026 | 0,0142 | 0,0652 | 0% |
| Modal | 8 | 0,27 | 0,0005 | 0,257 | 0,0001 | 0,5006 | 0,4803 | 0,0013 | 0,0054 | 0,00002662 | 0,0003 | 0,008 | 0,0142 | 0,0655 | 0% |
| Modal | 9 | 0,219 | 0,0002 | 0,0023 | 0,0108 | 0,5008 | 0,4826 | 0,0121 | 0,0001 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0081 | 0,0149 | 0,0662 | 0% |
| Modal | 10 | 0,171 | 0,351 | 0,0051 | 0,00000723 | 0,8518 | 0,4877 | 0,0121 | 0,00003625 | 0,0001 | 0,0168 | 0,0081 | 0,015 | 0,083 | 2% |
| Modal | 11 | 0,157 | 0,0051 | 0,3825 | 0,000003721 | 0,8569 | 0,8702 | 0,0121 | 0,0011 | 0 | 0,0002 | 0,0093 | 0,015 | 0,0832 | 0% |
| Modal | 12 | 0,088 | 0,000001689 | 0,00001047 | 0,7548 | 0,8569 | 0,8702 | 0,7669 | 0,00001392 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0093 | 0,0151 | 0,0833 | 0% |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Se puede ver que los resultados reflejan que los dos primeros nodos están cumpliendo con el porcentaje de rotación establecida.

5.1.6. Escalar cortante dinámico.

Presenta información relacionada con el cortante basal dinámico en cada nivel o piso de una estructura, especialmente relevante en el análisis sísmico. Este cortante es una medida de las fuerzas horizontales que un edificio experimenta debido a un movimiento dinámico, como un sismo, y refleja cómo estas fuerzas se distribuyen a lo largo de la altura de la edificación.

Tabla 44.- Escalar cortante dinámico.

| TABLE: Base Reactions | | | | | |
|-----------------------|-------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Output Case | Case Type | Step Type | FX | FY | FZ |
| | | | tonf | tonf | tonf |
| Dead | LinStatic | | 0 | 0 | 2456,5222 |
| Live | LinStatic | | 0 | 0 | 69,3818 |
| SOBRECARGA | LinStatic | | 0 | 0 | 101,127 |
| VIENTO | LinStatic | | 0 | 0 | 7,2674 |
| LLUVIA | LinStatic | | 0 | 0 | 36,2599 |
| SX | LinStatic | | -3115,1747 | 0 | 0 |
| SY | LinStatic | | 0 | -3115,1747 | 0 |
| DX | LinRespSpec | Max | 2492,1445 | 298,9873 | 87,1373 |
| DY | LinRespSpec | Max | 248,6621 | 2492,1801 | 247,0498 |
| UDConS1 | Combination | | 0 | 0 | 3580,7089 |
| UDConS2 | Combination | | 0 | 0 | 3198,32 |
| UDConS3 | Combination | | 0 | 0 | 3196,5768 |
| UDConS4 | Combination | | 0 | 0 | 3163,9583 |
| UDConS5 | Combination | | 0 | 0 | 3149,4234 |
| UDConS6 | Combination | | 0 | 0 | 3130,8287 |
| UDConS7 | Combination | | 0 | 0 | 3123,5613 |
| UDConS8 | Combination | | 0 | 0 | 2309,1517 |
| UDConS9 | Combination | | 0 | 0 | 2294,6169 |
| UDConS10 | Combination | | -3115,1747 | 0 | 3401,5778 |
| UDConS11 | Combination | | 3115,1747 | 0 | 3401,5778 |
| UDConS12 | Combination | | 0 | -3115,1747 | 3401,5778 |
| UDConS13 | Combination | | 0 | 3115,1747 | 3401,5778 |
| UDConS14 | Combination | | -3115,1747 | 0 | 2046,1194 |
| UDConS15 | Combination | | 3115,1747 | 0 | 2046,1194 |
| UDConS16 | Combination | | 0 | -3115,1747 | 2046,1194 |
| UDConS17 | Combination | | 0 | 3115,1747 | 2046,1194 |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Los valores D_x, D_y son menores al 80% del S_x, S_y , por eso si se escala. Se usa el factor para $X = 1.1937$; $Y = 1.1496$, estos factores vienen dada por la relación entre $\frac{\text{sismo estático}}{\text{sismo dinámico}} * 0.8$.

Ecuación 11

$$D_x = 0.80 * S_x$$

$$D_x = 0.80 * 3115.1747$$

$$D_x = 2492.14 \text{ ton}$$

Ecuación 12

$$D_y = 0.80 * S_y$$

$$D_x = 0.80 * 3115.1747$$

$$D_x = 2492.14 \text{ ton}$$

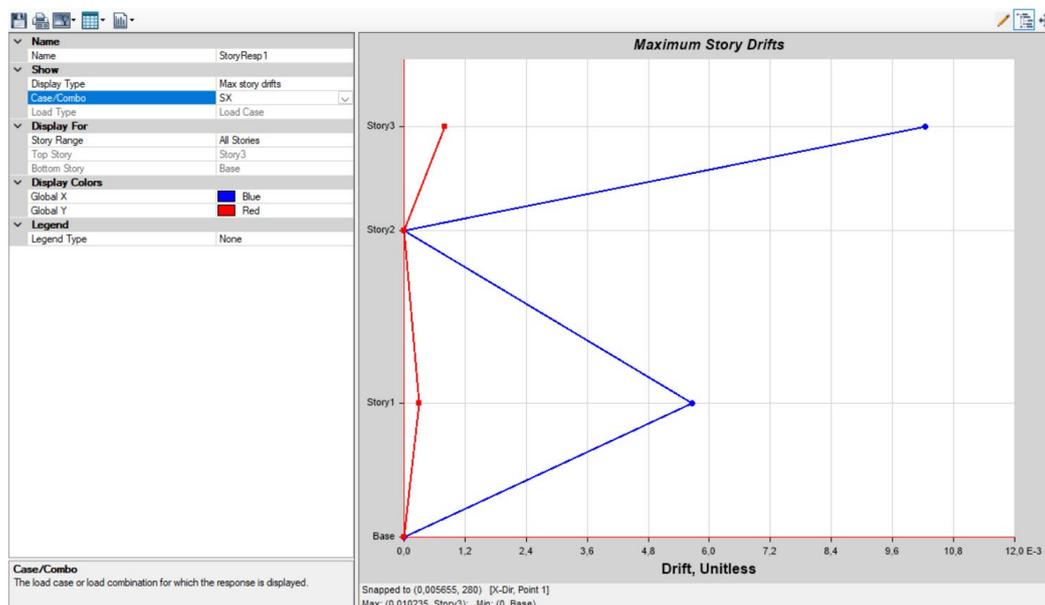
5.2. Verificaciones de modelo reforzado.

Una vez realizado el modelado reforzado en el software ya mencionado con anterioridad, se procede a realizar las verificaciones correspondientes.

5.2.1. Derivas de piso S_x .

Detallado en la sección 2.15.

Figura 63.- Derivas S_x .



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

$$\Delta i = 0.75 * R * \Delta e * 100$$

$$\Delta i = 0.75 * 3 * 0.005655 * 100$$

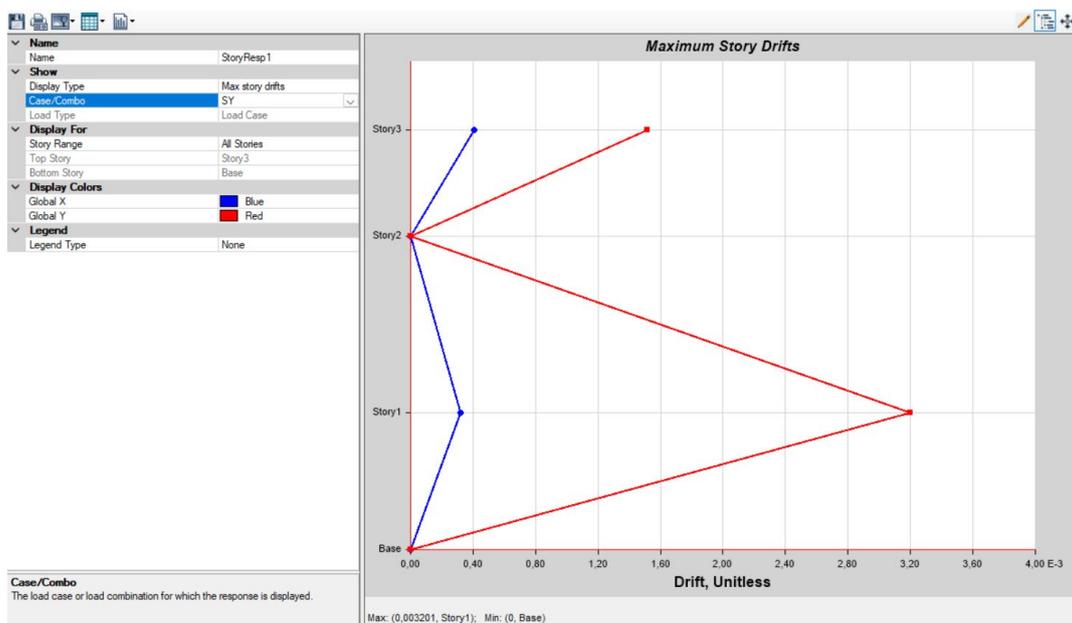
$$\Delta i = 1.27\%$$

Como se puede observar esta deriva en X es mayor al 1% establecido por la norma NEC-2015, lo cual indica que en este sentido deberá ser necesario el reforzamiento mayor del muro.

5.2.2. Derivas de piso Sy

Detallado en la sección 2.15.

Figura 64.- Derivas SY.



Fuente (Elaboración Propia, 2024)

$$\Delta i = 0.75 * R * \Delta e * 100$$

$$\Delta i = 0.75 * 3 * 0.003201 * 100$$

$$\Delta i = 0.72\%$$

Como se puede observar esta es menor al 1% establecido por la norma NEC-2015, OK.

5.2.3. Periodo de diseño.

Detallado en la sección 2.14.4.6.

Tabla 45.- Periodo de diseño.

| TABLE: Modal Periods And Frequencies | | | | | |
|--------------------------------------|------|--------|-----------|----------|------------------------------------|
| Case | Mode | Period | Frequency | CircFreq | Eigenvalue |
| | | sec | cyc/sec | rad/sec | rad ² /sec ² |
| Modal | 1 | 0,336 | 2,974 | 18,6872 | 349,2127 |
| Modal | 2 | 0,324 | 3,09 | 19,4173 | 377,0315 |
| Modal | 3 | 0,319 | 3,134 | 19,6924 | 387,7896 |
| Modal | 4 | 0,296 | 3,38 | 21,2394 | 451,1139 |
| Modal | 5 | 0,293 | 3,413 | 21,4431 | 459,807 |
| Modal | 6 | 0,273 | 3,663 | 23,0145 | 529,6656 |
| Modal | 7 | 0,267 | 3,746 | 23,5388 | 554,0754 |
| Modal | 8 | 0,26 | 3,842 | 24,1379 | 582,6396 |
| Modal | 9 | 0,247 | 4,055 | 25,4808 | 649,2702 |
| Modal | 10 | 0,211 | 4,733 | 29,7385 | 884,3794 |
| Modal | 11 | 0,208 | 4,802 | 30,1711 | 910,2963 |
| Modal | 12 | 0,172 | 5,816 | 36,5411 | 1335,2535 |
| Modal | 13 | 0,155 | 6,458 | 40,5799 | 1646,7314 |
| Modal | 14 | 0,15 | 6,659 | 41,8407 | 1750,6466 |
| Modal | 15 | 0,113 | 8,835 | 55,5114 | 3081,5148 |
| Modal | 16 | 0,112 | 8,945 | 56,2022 | 3158,6831 |
| Modal | 17 | 0,109 | 9,19 | 57,7402 | 3333,9305 |
| Modal | 18 | 0,065 | 15,432 | 96,9606 | 9401,3579 |
| Modal | 19 | 0,06 | 16,567 | 104,0954 | 10835,8493 |
| Modal | 20 | 0,04 | 25,165 | 158,1187 | 25001,5102 |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

De acuerdo al periodo de vibracion obtenido en el programa ETABS, que es de 0.336 s, se puede realizar una comprobacion la cual se detalla a continuacion.

Tabla 46.- Comprobación de periodo de diseño.

| | | |
|---------------------|--------------|------------------|
| TN -NEC2015= | 0,221 | seg |
| TN-ETABS= | 0,336 | seg |
| %Variación | 1,52 | Rigidizar |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

5.2.4. Participacion de modal.

En el analisis dinamico la norma indica que los nodos que se analicen deben cumplir la participacion de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada una de las direcciones horizontales consideradas.

Tabla 47.- Participación modal.

| TABLE: Modal Load Participation Ratios | | | | |
|--|--------------|------|--------|---------|
| Case | ItemType | Item | Static | Dynamic |
| | | | % | % |
| Modal | Acceleration | UX | 100 | 88,88 |
| Modal | Acceleration | UY | 100 | 88,06 |
| Modal | Acceleration | UZ | 100 | 76,88 |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

5.2.5. Primer y segundo modo traslacional.

De acuerdo con la norma Nec-15, menciona que los dos primeros modos deben ser máximo el 30% de rotación. Para lo cual se usa la siguiente ecuación:

Ecuación 13

$$\% = \frac{Rz}{\text{Max}(\text{SumUX: sumUY})} * 100$$

$$\% = \frac{0.000001754}{\text{Max}(0.00000277: 0.0002)} * 100$$

$$\% = 1$$

Tabla 48.- Primer y segundo modo traslacional.

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|---------------|-------------|-------------|------------|------------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|--------|------------|-------------|------------|
| Case | Mode | Period sec | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ | SumRX | SumRY | SumRZ | Porcentaje |
| Modal | 1 | 0,336 | 0,00000277 | 0,0002 | 0,0002 | 0,00000277 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0000105 | 0,000001754 | 0,0002 | 0,0000105 | 0,000001754 | 1% |
| Modal | 2 | 0,324 | 0,0004 | 0 | 0,00001473 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0002 | 0,00001876 | 0,000008767 | 0,000002235 | 0,0002 | 0,00001927 | 0,000003989 | 1% |
| Modal | 3 | 0,319 | 0,1413 | 0,0004 | 0 | 0,1416 | 0,0006 | 0,0002 | 0,00001119 | 0,0047 | 0,000006664 | 0,0002 | 0,0047 | 0,00001065 | 0% |
| Modal | 4 | 0,296 | 0,0004 | 0,0007 | 0,00004402 | 0,142 | 0,0012 | 0,0003 | 0,0001 | 0,000006332 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0047 | 0,0001 | 0% |
| Modal | 5 | 0,293 | 0,1042 | 0,000007839 | 0,0003 | 0,2462 | 0,0012 | 0,0005 | 0,00000383 | 0,0048 | 0,0126 | 0,0003 | 0,0095 | 0,0127 | 5% |
| Modal | 6 | 0,273 | 0,0057 | 0,0004 | 0,0006 | 0,252 | 0,0017 | 0,0011 | 0,0001 | 0,000001213 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0095 | 0,0129 | 0% |
| Modal | 7 | 0,267 | 0,014 | 0,0001 | 0,00004607 | 0,266 | 0,0017 | 0,0012 | 0,00002744 | 0,0031 | 0,0043 | 0,0004 | 0,0127 | 0,0172 | 2% |
| Modal | 8 | 0,26 | 0,0131 | 0,0008 | 0,0023 | 0,279 | 0,0026 | 0,0035 | 0,0001 | 0,001 | 0,0018 | 0,0005 | 0,0136 | 0,019 | 1% |
| Modal | 9 | 0,247 | 0,0001 | 0,2108 | 0,00002196 | 0,2791 | 0,2134 | 0,0035 | 0,0023 | 0,00001686 | 0,0001 | 0,0028 | 0,0136 | 0,0192 | 0% |
| Modal | 10 | 0,211 | 0,0002 | 0,0038 | 0,0001 | 0,2793 | 0,2172 | 0,0036 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0123 | 0,0028 | 0,0138 | 0,0315 | 4% |
| Modal | 11 | 0,208 | 0,0018 | 0,0004 | 0,00000309 | 0,2811 | 0,2176 | 0,0036 | 5,702E-07 | 0,0001 | 0,0103 | 0,0028 | 0,0139 | 0,0418 | 4% |
| Modal | 12 | 0,172 | 0,000002503 | 0,0022 | 0,0043 | 0,2811 | 0,2198 | 0,0079 | 0,00002961 | 0,0002 | 0,0027 | 0,0029 | 0,0141 | 0,0445 | 1% |
| Modal | 13 | 0,155 | 0,0685 | 0,0057 | 0,0002 | 0,3497 | 0,2255 | 0,0081 | 0,000008126 | 0,0001 | 0,044 | 0,0029 | 0,0142 | 0,0885 | 13% |
| Modal | 14 | 0,15 | 0,0121 | 0,0558 | 0,0003 | 0,3617 | 0,2813 | 0,0084 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0032 | 0,0147 | 0,0894 | 0% |
| Modal | 15 | 0,113 | 0,2262 | 0,0165 | 0,0023 | 0,5879 | 0,2978 | 0,0108 | 0,0001 | 0,0038 | 0,0316 | 0,0033 | 0,0185 | 0,121 | 5% |
| Modal | 16 | 0,112 | 0,0531 | 0,0225 | 0,0115 | 0,641 | 0,3204 | 0,0223 | 0,00000059 | 0,0002 | 0,004 | 0,0033 | 0,0187 | 0,125 | 1% |
| Modal | 17 | 0,109 | 0,0016 | 0,2301 | 0,003 | 0,6426 | 0,5505 | 0,0253 | 0,0103 | 0,00001699 | 0,0014 | 0,0136 | 0,0187 | 0,1263 | 0% |
| Modal | 18 | 0,065 | 0,0001 | 0,3298 | 0,0009 | 0,6427 | 0,8803 | 0,0261 | 0,00001644 | 0,0001 | 0,0006 | 0,0136 | 0,0188 | 0,1269 | 0% |
| Modal | 19 | 0,06 | 0,2461 | 0,000003881 | 0,0001 | 0,8887 | 0,8803 | 0,0262 | 0,000002163 | 0,0013 | 0,0023 | 0,0136 | 0,0201 | 0,1293 | 0% |
| Modal | 20 | 0,04 | 0,00004431 | 0,0003 | 0,7426 | 0,8888 | 0,8806 | 0,7688 | 0,0006 | 0,0004 | 0,00000778 | 0,0142 | 0,0205 | 0,1293 | 0% |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

5.2.6. Escalar cortante dinámico.

Presenta información relacionada con el cortante basal dinámico en cada nivel o piso de una estructura, especialmente relevante en el análisis sísmico. Este cortante es una medida de

las fuerzas horizontales que un edificio experimenta debido a un movimiento dinámico, como un sismo, y refleja cómo estas fuerzas se distribuyen a lo largo de la altura de la edificación.

Tabla 49.- Escalar cortante dinámico.

| TABLE: Base Reactions | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Output Case | Case Type | Step Type | FX | FY | FZ |
| | | | tonf | tonf | tonf |
| Dead | LinStatic | | 0 | 0 | 2463,494 |
| Live | LinStatic | | 0 | 0 | 69,3818 |
| SOBRECARGA | LinStatic | | 0 | 0 | 101,127 |
| VIENTO | LinStatic | | 0 | 0 | 7,2674 |
| LLUVIA | LinStatic | | 0 | 0 | 36,2599 |
| SX | LinStatic | | -1561,633 | 0 | 0 |
| SY | LinStatic | | 0 | -1561,633 | 0 |
| DX | LinRespSpec Max | | 1249,3048 | 98,218 | 70,7269 |
| DY | LinRespSpec Max | | 54,5852 | 1249,2238 | 123,132 |
| UDConS1 | Combination | | 0 | 0 | 3590,47 |
| UDConS2 | Combination | | 0 | 0 | 3206,687 |
| UDConS3 | Combination | | 0 | 0 | 3204,943 |
| UDConS4 | Combination | | 0 | 0 | 3172,325 |
| UDConS5 | Combination | | 0 | 0 | 3157,79 |
| UDConS6 | Combination | | 0 | 0 | 3139,195 |
| UDConS7 | Combination | | 0 | 0 | 3131,928 |
| UDConS8 | Combination | | 0 | 0 | 2315,427 |
| UDConS9 | Combination | | 0 | 0 | 2300,892 |
| UDConS10 | Combination | | -1561,633 | 0 | 3410,642 |
| UDConS11 | Combination | | 1561,6329 | 0 | 3410,642 |
| UDConS12 | Combination | | 0 | -1561,633 | 3410,642 |
| UDConS13 | Combination | | 0 | 1561,6329 | 3410,642 |
| UDConS14 | Combination | | -1561,633 | 0 | 2051,697 |
| UDConS15 | Combination | | 1561,6329 | 0 | 2051,697 |
| UDConS16 | Combination | | 0 | -1561,633 | 2051,697 |

Fuente (Elaboración Propia, 2024)

Los valores Dx, Dy son menores al 80% del Sx, Sy , por eso si se escala. Se usa el factor para $X = 1.3745$; $Y = 1.1464$, estos factores vienen dada por la relación entre $\frac{\text{sismo estático}}{\text{sismo dinámico}} * 0.8$.

Ecuación 14

$$Dx = 0.80 * Sx$$

$$Dx = 0.80 * 1561.633$$

$$Dx = 1249.30 \text{ ton}$$

Ecuación 15

$$Dy = 0.80 * Sy$$

$$Dy = 0.80 * 1561.633$$

$$Dy = 1249.30 \text{ ton}$$

Capítulo 6: Conclusiones.

- Mediante ensayos al adobe se pudo obtener datos sobre el esfuerzo a compresión del adobe que da un promedio de 1,235 MPa, para el esfuerzo a flexión con un valor de 0,126 MPa y para el esfuerzo a corte un valor de 1,385 kg/cm², estos datos obtenidos son indicadores de que tienen valores aceptables para adobe estructural. Teóricamente la resistencia a corte es limitada lo que puede llegar a provocar fallas al tener cargas laterales. Considerando estos casos teóricos y ensayos, se consideraron para la modelación del estado actual, diferentes modificadores de rigidez tomando en cuenta algunos parámetros como los son la rigidez axial, rigidez a flexión y rigidez a corte, para la axial se toma el valor de 1 considerando las capacidades de compresión del adobe y al tener muros que son de ancho considerable, para la rigidez a flexión se considera una valor de 0,5 esto al considerar que el adobe no trabaja de buena manera en este tipo de esfuerzo, por ultimo para la rigidez a corte se considera el valor de 0,4 ya que pese a tener un valor aceptable en el ensayo, su resistencia a corte se ve reducida por su susceptibilidad de fallas ante cargas laterales. Al aplicar estos modificadores se tiene un comportamiento que refleja características reales bajo las cargas actuantes permitiendo un análisis más preciso.
- A partir del levantamiento de información se evidenció la existencia de diferentes patologías que comprometen al estado actual de los material que conforman a la edificación, en total se pudieron observar 5 tipos de patologías repetitivas, las cual se deriva de diferentes patrones, ya sean por filtraciones, capilaridad e incluso debido al abandono del inmueble, lo cual provoca que exista desprendimiento de enlucidos, pintura y deterioro en general debido a la falta de mantenimiento, así mismo la existencia de xilófagos en madera como lo son las vigas de entrepiso y duela. Este tipo

de afecciones pueden afectar la rehabilitación ya que entre más deteriorado se encuentre mayores serán los costos.

- En función a los resultados obtenidos del modelo sin reforzamiento, se puede afirmar que existe deficiencia en su desempeño sísmico particularmente de los parámetros: periodo de diseño el cual tiene de valor 0.558 s, derivas de piso que son mayores al 3%, comportamiento modal dinámico menor al 90% y el cortante dinámico no cumple con ser al menos el 80% del cortante estático, esto demuestra que no resiste de manera
- Cuando se analizan los valores obtenidos de la modelación sin reforzamiento, se observa que existen valores de desplazamiento en los modos en UY (3=0.1992, 8=0.257 y 11=3825) y UX (1=0.2404, 6=0.2213 y 10=0.171) los cuales son valores elevados, ya que superan el 1% permitido por la norma. Esto se debe a que la estructura no tiene una distribución adecuada de masas, y la rigidez del material es pobre, lo que genera estos diferentes patrones de vibración. Esto se debe a que la estructura no es completamente estable.
- Al realizar la comparación entre los resultados del modelo sin reforzamiento y el modelo reforzado se concluye que la incorporación de malla electrosoldada, conectores y mortero al elemento adobe, ayudó a reducir las derivas de piso ya que, el refuerzo mejora la rigidez y la capacidad de resistencia de la estructura, limitando los desplazamientos laterales; según la norma “NEC-15 Peligro sísmico-diseño sismoresistente” esta no debe superar el 1%, con el modelo reforzado se obtuvo un desplazamiento en X de 1.27% y un desplazamiento en Y de 0.72%, cumpliendo así con los requerimientos establecidos, esto no pasaba con el modelo sin reforzamiento el cual superaba el 3%.
- De acuerdo con el análisis realizado el reforzamiento en los muros permite que aumente la rigidez es por ello que el factor de reducción R opta por aumentar a 3, tomando como

referencia a la Norma NEC-SE-DS-2015, para una mampostería reforzada, limitada a dos pisos, al realizar esta variación se evidencio el decremento del cortante basal a un valor de 0.6368 con respecto al primer análisis sin reforzamiento donde el factor de reducción R tiene un valor de 1.5, esto debido a que la estructura tiene una capacidad limitada para deformarse de manera inelástica, por ende el cortante basal tuvo un valor de 1.2737. Un valor mayor del factor de reducción significa un cortante basal menor.

Capítulo 6: Recomendaciones.

- Para mejorar la efectividad del análisis estructural es recomendable usar diferentes programas que realicen un análisis mediante elementos finitos, a su vez ayuda a la determinación de fuerzas, momentos y esfuerzos, además este cuenta con las herramientas necesarias para realizar una modelación real.
- Es necesario verificar los parámetros de asignación de materiales, propiedades de cada material, estados de carga, así mismo los muros deben ser discretizados ya que permite una mejor distribución de esfuerzo, lo cual es fundamental al momento de obtener resultados más acordes a la realidad.
- Se deben realizar los ensayos necesarios para obtener información que ayuden a entender las propiedades mecánicas del adobe y cómo estas afectan su desempeño estructural. Los resultados permitirán calibrar los modelos numéricos con mayor precisión y definir estrategias de refuerzo o conservación que respeten el equilibrio entre seguridad estructural y preservación patrimonial. De no ser el caso se implementarán datos existentes en diferentes normativas como lo es la Norma Peruana E 0.80.
- A partir de los resultados obtenidos en el presente caso de estudio se recomienda que, para la selección de algún tipo de refuerzo estructural, se investigue de manera previa datos históricos, arquitectónicos, etc., acerca de la edificación a intervenir de esta manera proponer un tipo adecuado de refuerzo y evitar alteraciones en la edificación.
- Para mejorar el estudio de Análisis Estructural para Rehabilitación de Edificaciones Patrimoniales, se aconseja realizar más estudios ya que actualmente nuestro país no cuenta con normativas para estructuras de adobe, lo cual genera inconvenientes al momento de querer salvaguardar este Patrimonio.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, E., & Quezada, R. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el cantón Cuenca*. . Cuenca, Ecuador.
- Amaguaña, D., & Yumbay, E. (2016). “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL NÚMERO DE MODOS DE. Quito.
- Andino, G. (s.f.). *Manual de sieño para maderas del grupo andino*. . Cartagena: Junta del acuerdo de cartagena.
- ASCE. (2017). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. United States.
- Azuero, J. (2019). *Estudio de vulnerabilidad sísmica de la iglesia Pachavita-Boyaca*". Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Calle, F. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de hormigón armado en el barrio Monjas las Orquídeas Sector 4, Provincia de Pichincha*. Quito.
- Callejas, R. (2010). *Formulación y Evaluación de un Plan Negocio*. Quito, Ecuador: McGraw Hill. doi:978-9942-03-111-2
- Campos, A. (12 de Enero de 2010). *Shell thin Thick*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/138314416/Consideraciones-Sobre-Elementos-Shell-Thin-Thick>
- Cardona, O., Yamin, L., Phillips, C., Reyes , J., Rivero , S., & Arias, R. (2010). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Quito, Ecuador: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA – AIS.
- Chacon , J., Suquillo, B., Sosa, D., & Celi , C. (2021). Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta. 43-44.

- Chicaiza, J. (2022). “*ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL HOSPITAL BÁSICO EL PUYO (HBEP), DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL EN PASTAZA (IESS)*”. Quito.
- Chicaiza, J. (2022). *ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL HOSPITAL BÁSICO EL PUYO (HBEP), DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL EN PASTAZA (IESS)*. Quito: Uisek.
- Delgado, E. (2019). *Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales*. Riobamba.
- FEMA. (2000). *PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS*. Washington.
- Huaman, E., & Neymar, C. (2018). *Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018*. Lima.
- INCP. (11 de Febrero de 2021). *Inmuebles patrimoniales de Quito son ratificados por el INPC como bienes del patrimonio cultural nacional*. Obtenido de <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/inmuebles-patrimoniales-de-quito-son-ratificados-por-el-inpc-como-bienes-del-patrimonio-cultural-nacional/>
- Kapitel19. (10 de Octubre de 2024). *Bookbaker*. Obtenido de <https://www.bookbaker.com/de/v/Arquitectura-Innovadora-America-Latina-como-Referente-Global-Patrimonio-Arquitectonico-Preservacion-y-Modernizacion/8a08caef-47d6-4e58-8660-c07c7f6661b7/19>
- Manitio, G. J., & Vasconez, S. B. (2013). *Estudio de vulnerabilidad y reforzamiento estructural de un inmueble patrimonial del distrito metropolitano de quito*. Quito.
- Ministerio de vivienda, c. y. (2017). *NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA*. Perú .

- Moran, M. (2003). *Criterios para evaluar las patologías en la construcción de tierra en zonas sísmicas*. Quito: Trama.
- Morocho, D., & Obelencio, B. (2024). *Propuesta de reforzamiento estructural de una casa patrimonial ubicada en el centro histórico de Cuenca*. Cuenca.
- NEC. (2015). *Cargas (No sísmicas)*. Quito: MIDUVI.
- NEC. (2015). *Peligro sísmico diseño sismo resistente*. Quito: Miduvi.
- Quito. (2021). *Colegio Simón Bolívar*. Obtenido de Colegio Simón Bolívar:
<https://quitoen360.com/colegio-simon-bolivar/>
- Rivera, J. (Julio de 2012). *El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales**. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/apun/v25n2/v25n2a02.pdf
- Sencico. (2020). *Norma E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA*. Lima: Publicación oficial. Obtenido de
<https://drive.google.com/file/d/1EgYXMNijXNQOjbSMotmDzXeupEgfnScb/view?pli=1>
- Vieux-Champagne. (2013). *Analyse de la vulnérabilité sismique des structures à ossature en bois avec remplissage: essais expérimentaux-modélisation numérique - calculs parasismiques*. Grenoble, Francia: HAL archives-ouvertes.fr.

Anexos

Tabla 50.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque C

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial. Bloque C. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Adobe | Fisuras y/o grietas | 5 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 20 |
| | | | Desgaste por uso | 30 |
| | | Planta Alta: Adobe | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 50 |
| 2 | Cubierta | Madera/ Teja de barro cocido. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: Tríplex. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 40 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 60 |
| | | Planta Alta: N/E. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 4 | Pisos | Planta Baja: Cerámica | Fisuras y/o grietas | 30 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 80 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 80 |
| | | Planta Alta: Duela de madera. | Fisuras y/o grietas | 60 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 90 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |

| | | | | |
|--------------|-------|--------------------------------|------------------------------|----|
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 70 |
| 5 | Vigas | Planta Baja: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | 30 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 80 |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 80 |
| | | Planta Alta: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | . |
| | | | Desgaste por uso | - |
| Observación: | | | | |

Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque C (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 51.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque D

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial. Bloque D. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Ladrillo | Fisuras y/o grietas | 5 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 40 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 40 |
| | | | Desgaste por uso | 50 |
| | | Planta Alta: Adobe | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 50 |
| 2 | Cubierta | Madera/ Teja de barro cocido. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: Hormigón. | Fisuras y/o grietas | 50 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 60 |
| | | | Manchas de pintura | 40 |

| | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|----|
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 40 | |
| | | | Desgaste por uso | 60 | |
| | | Planta Alta: N/E. | Fisuras y/o grietas | - | |
| | | | Humedad | - | |
| | | | Deterioro del material | - | |
| | | | Manchas de pintura | - | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | |
| | | | Desgaste por uso | - | |
| 4 | Pisos | Planta Baja: Duela | Fisuras y/o grietas | 30 | |
| | | | Humedad | 40 | |
| | | | Deterioro del material | 80 | |
| | | | Manchas de pintura | 10 | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | |
| | | | Desgaste por uso | 80 | |
| | | Planta Alta: Duela de madera. | Fisuras y/o grietas | 60 | |
| | | | Humedad | 40 | |
| | | | Deterioro del material | 90 | |
| | | | Manchas de pintura | 10 | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | |
| | | | Desgaste por uso | 70 | |
| | 5 | Vigas | Planta Baja: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | 30 |
| | | | | Humedad | 50 |
| Deterioro del material | | | | 75 | |
| Manchas de pintura | | | | - | |
| Desprendimiento de enlucidos | | | | - | |
| Desgaste por uso | | | | 80 | |
| Planta Alta: Madera de chanul. | | | Fisuras y/o grietas | - | |
| | | | Humedad | - | |
| | | | Deterioro del material | - | |
| | | | Manchas de pintura | - | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | . | |
| | | | Desgaste por uso | - | |
| Observación: | | | | | |

Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque D (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 52.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque E

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial. Bloque E. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Ladrillo | Fisuras y/o grietas | 15 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 60 |
| | | | Manchas de pintura | 60 |

| | | | | |
|---|------------|--------------------------------|------------------------------|-----|
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 70 |
| | | | Desgaste por uso | 75 |
| | | Planta Alta: Adobe y ladrillo. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 20 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 30 |
| 2 | Cubierta | Madera/ Teja de barro cocido. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: Tripex. | Fisuras y/o grietas | 40 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 65 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 60 |
| | | Planta Alta: N/E. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 4 | Pisos | Planta Baja: Cerámica. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 75 |
| | | | Manchas de pintura | 40 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 80 |
| | | Planta Alta: Duela de madera. | Fisuras y/o grietas | 60 |
| | | | Humedad | 40 |
| | | | Deterioro del material | 100 |
| | | | Manchas de pintura | 30 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 100 |
| 5 | Vigas | Planta Baja: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 75 |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | 80 |
| | | Planta Alta: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |

| | | | | |
|--------------|--|--|------------------------------|---|
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | . |
| | | | Desgaste por uso | - |
| Observación: | | | | |

Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque E (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 53.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque F

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial. Bloque F. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Adobe | Fisuras y/o grietas | 10 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 10 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 40 |
| | | | Desgaste por uso | 30 |
| | | Planta Alta: Adobe. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 20 |
| | | | Manchas de pintura | 50 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 40 |
| | | | Desgaste por uso | 30 |
| 2 | Cubierta | Madera/ Teja de barro cocido. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 3 | Cielo raso | Planta Baja: Yeso. | Fisuras y/o grietas | 40 |
| | | | Humedad | 50 |
| | | | Deterioro del material | 60 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 60 |
| | | Planta Alta: N/E. | Fisuras y/o grietas | - |
| | | | Humedad | - |
| | | | Deterioro del material | - |
| | | | Manchas de pintura | - |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - |
| | | | Desgaste por uso | - |
| 4 | Pisos | Planta Baja: Cerámica. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | Humedad | 50 |

| | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|----|
| 5 | Vigas | | Deterioro del material | 75 | |
| | | | Manchas de pintura | 30 | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | |
| | | | Desgaste por uso | 60 | |
| | | Planta Alta: Duela de madera. | Fisuras y/o grietas | 50 | |
| | | | Humedad | 40 | |
| | | | Deterioro del material | 90 | |
| | | | Manchas de pintura | 20 | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | |
| | | | Desgaste por uso | 90 | |
| | | | Planta Baja: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | | Humedad | 50 |
| | | Deterioro del material | | 70 | |
| | | Manchas de pintura | | - | |
| Desprendimiento de enlucidos | - | | | | |
| Desgaste por uso | 80 | | | | |
| Planta Alta: Madera de chanul. | Fisuras y/o grietas | - | | | |
| | Humedad | - | | | |
| | Deterioro del material | - | | | |
| | Manchas de pintura | - | | | |
| | Desprendimiento de enlucidos | . | | | |
| | Desgaste por uso | - | | | |
| Observación: | | | | | |

Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque F (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

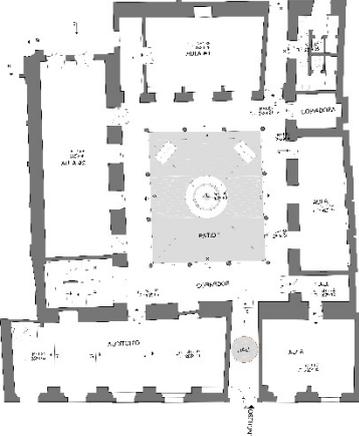
Tabla 54.- Ficha de recolección de datos Sub-bloque G

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------|
| Ubicación: | | Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial. Bloque G. | | |
| N.º | Elemento | Tipo de material | Descripción de problema | % daño |
| 1 | Paredes / Muros | Planta Baja: Adobe y Ladrillo. | Fisuras y/o grietas | 10 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 30 |
| | | Planta Alta: Adobe. | Fisuras y/o grietas | 10 |
| | | | Humedad | 30 |
| | | | Deterioro del material | 30 |
| | | | Manchas de pintura | 20 |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | 30 |
| | | | Desgaste por uso | 30 |
| 3 | Columnas | Planta Baja: Hormigón/Piedra. | Fisuras y/o grietas | 5 |
| | | | Humedad | - |

| | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------|----|
| 4 | Pisos | | Deterioro del material | - | | |
| | | | Manchas de pintura | 10 | | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | | |
| | | | Desgaste por uso | 10 | | |
| | | Planta Alta: Madera. | Fisuras y/o grietas | - | | |
| | | | Humedad | - | | |
| | | | Deterioro del material | - | | |
| | | | Manchas de pintura | - | | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | | |
| | | 4 | Pisos | Planta Baja: Baldosa de piedra. | Fisuras y/o grietas | 20 |
| | | | | | Humedad | 50 |
| | | | | | Deterioro del material | 75 |
| | | | | | Manchas de pintura | 30 |
| Desprendimiento de enlucidos | - | | | | | |
| Desgaste por uso | 60 | | | | | |
| Planta Alta: Duela de madera. | Fisuras y/o grietas | | | 50 | | |
| | Humedad | | | 40 | | |
| | Deterioro del material | | | 90 | | |
| | Manchas de pintura | | | 20 | | |
| 5 | Vigas | Planta Baja: Madera de chanul. | Desprendimiento de enlucidos | - | | |
| | | | Desgaste por uso | - | | |
| | | | Fisuras y/o grietas | - | | |
| | | | Humedad | - | | |
| | | | Deterioro del material | - | | |
| | | | Manchas de pintura | - | | |
| | | Planta Alta: Madera de chanul. | Desprendimiento de enlucidos | - | | |
| | | | Desgaste por uso | - | | |
| | | | Fisuras y/o grietas | - | | |
| | | | Humedad | - | | |
| | | | Deterioro del material | - | | |
| | | | Manchas de pintura | - | | |
| | | | Desprendimiento de enlucidos | - | | |
| Observación: | | | | | | |

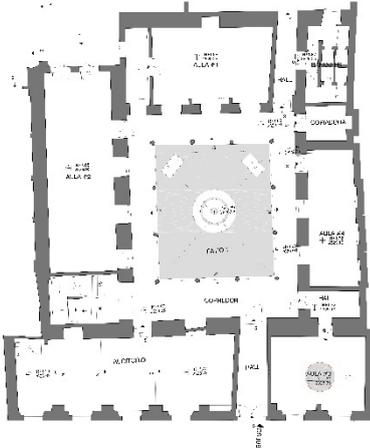
Nota: Ficha de recolección de datos Sub-bloque G (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 55.- Ficha Técnica #5

| FICHA TECNICA #5 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB005 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Hall #1 | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados completamente.</p> <p>El deterioro de los revoques y enlucidos. - especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes.</p> |
| Posibles causas: | <p>Falta de mantenimiento: La ausencia de un mantenimiento continuo y adecuado puede permitir que pequeñas patologías se agraven con el tiempo, comprometiendo la estructura y el valor patrimonial del edificio.</p> <p>La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.</p> |
| Tratamiento: | <p>En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas.</p> |

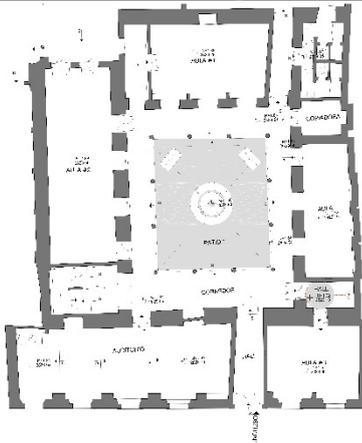
Nota: Ficha patológica #5 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 56.- Ficha Técnica #6

| FICHA TECNICA #6 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB006 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Aula #3 | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Desprendimiento de cielo raso. - se puede observar que se encuentra desprendida del techo.</p> <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados completamente.</p> <p>El deterioro de los revoques y enlucidos. - especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes.</p> |
| Posibles causas: | <p>Filtraciones: El deterioro de las cubiertas, juntas, y elementos de protección contra el agua puede llevar a filtraciones, que dañan tanto la estructura como los elementos decorativos (pinturas murales, yeserías).</p> <p>La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.</p> <p>Desgaste por uso: En edificios patrimoniales con tránsito constante, como iglesias o palacios, el desgaste de suelos y escaleras puede ser significativo.</p> |
| Tratamiento: | En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas. |

Nota: Ficha patológica #6 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

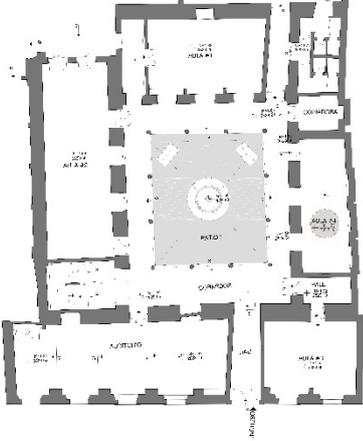
Tabla 57.- Ficha Técnica #7

| FICHA TECNICA #7 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB007 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Hall #2 | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe. Deterioro de material. - se puede observar que el cielo raso se encuentran deteriorados y con signos de humedad. |
| Posibles causas: | La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes. |
| Tratamiento: | Mejorar la ventilación para reducir la acumulación de humedad interior. Usar deshumidificadores en las áreas más afectadas para reducir los niveles de humedad en el aire. |

Nota: Ficha patológica #7 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 58.- Ficha Técnica #8

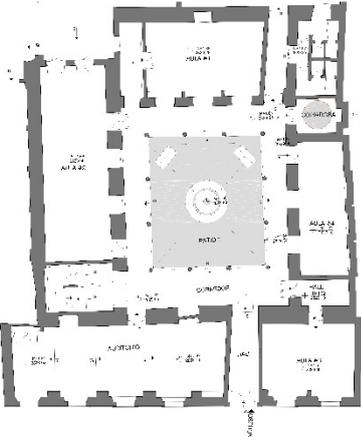
| FICHA TECNICA #8 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB008 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Aula #4 | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Descripción de la patología:</p> | <p>Desprendimiento de cielo raso. - se puede observar que se encuentra desprendida del techo.</p> <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados y desgastados completamente.</p> |
| <p>Posibles causas:</p> | <p>Desprendimiento de cielo raso: Principalmente causado por problemas de humedad, mala instalación, uso de materiales inadecuados, movimientos estructurales y falta de mantenimiento.</p> <p>Deterioro de material: Producido por la exposición a la humedad, cambios térmicos, ataques químicos, desgaste mecánico, corrosión, exposición a la intemperie y falta de protección o mantenimiento adecuado.</p> |
| <p>Tratamiento:</p> | <p>El tratamiento implica la reparación o sustitución del material afectado, la aplicación de recubrimientos protectores y el establecimiento de un mantenimiento regular para prevenir daños futuros.</p> |

Nota: Ficha patológica #8 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 59.- Ficha Técnica #9

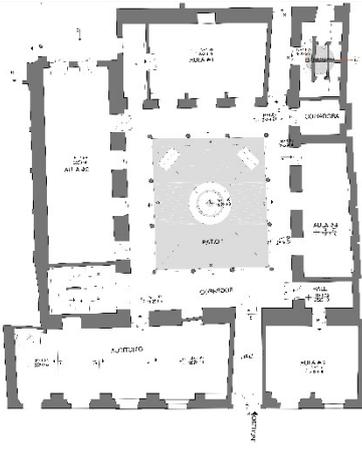
| <p align="center">FICHA TECNICA #9</p> | |
|--|--|
| <p>Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H.</p> | <p>Código: PCSB009</p> |
| <p>Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar</p> | |
| <p>Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Copiadora</p> | |
| <p>Uso actual: Sin uso</p> | <p>Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar.</p> |
| <p align="center">Fotografía</p> | <p align="center">Ubicación en plano</p> |

| | |
|---|---|
|  |  |
| Descripción de la patología: | Deterioro de material. – se puede observar que en el cielo raso existe manchas por húmedas, en las paredes se evidencia deterioro de pintura y en el piso desgaste del material. |
| Posibles causas: | Falta de mantenimiento y abandono del inmueble por varios años. |
| Tratamiento: | |

Nota: Ficha patológica #9 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

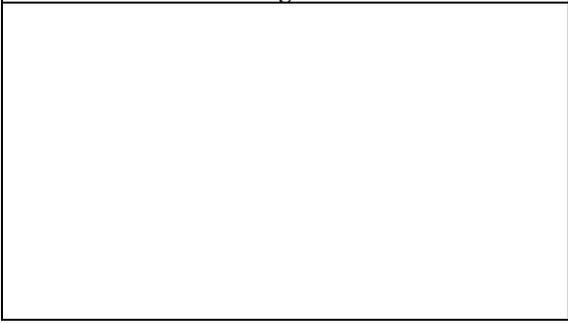
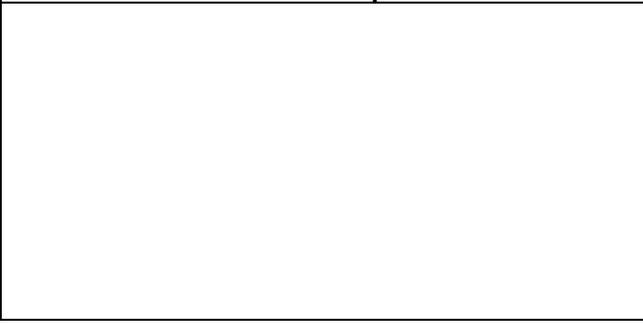
Tabla 60.- Ficha Técnica #10

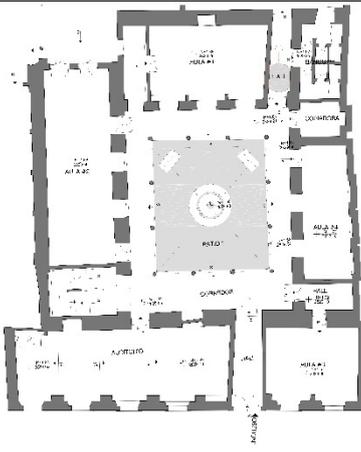
| FICHA TECNICA #10 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB010 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Baños PB | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
| | |

| | |
|---|--|
|  |  |
| Descripción de la patología: | Deterioro de material. – se puede observar que en el cielo raso existe manchas por humedad, las paredes de cubiertas de cerámica se pueden observar que tienen manchas, sarro. |
| Posibles causas: | Falta de mantenimiento y abandono del inmueble por varios años. La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes. |
| Tratamiento: | El tratamiento implica la reparación o sustitución del material afectado, la aplicación de recubrimientos protectores y el establecimiento de un mantenimiento regular para prevenir daños futuros. |

Nota: Ficha patológica #10 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 61.- Ficha técnica #11

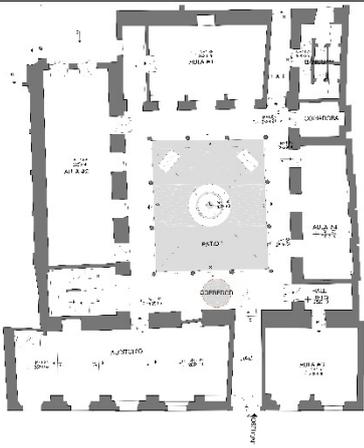
| FICHA TECNICA #11 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB011 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Hall #3. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Descripción de la patología:</p> | <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados completamente.</p> <p>El deterioro de los revoques y enlucidos. - especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes.</p> |
| <p>Posibles causas:</p> | <p>Falta de mantenimiento: La ausencia de un mantenimiento continuo y adecuado puede permitir que pequeñas patologías se agraven con el tiempo, comprometiendo la estructura y el valor patrimonial del edificio.</p> <p>La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.</p> |
| <p>Tratamiento:</p> | <p>En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas.</p> |

Nota: Ficha patológica #11 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 62.- Ficha técnica #12

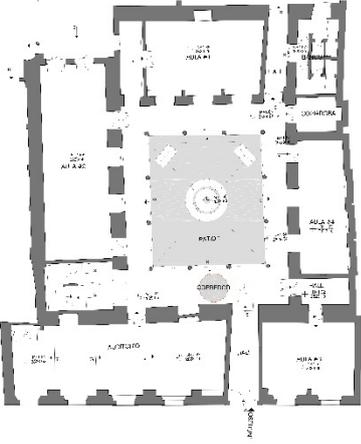
| <p align="center">FICHA TECNICA #12</p> | |
|--|--|
| <p>Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H.</p> | <p>Código: PCSB012</p> |
| <p>Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar</p> | |
| <p>Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta baja; Corredor PB.</p> | |
| <p>Uso actual: Sin uso</p> | <p>Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar.</p> |
| <p align="center">Fotografía</p> | <p align="center">Ubicación en plano</p> |
|  |  |

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>Descripción de la patología:</p> | <p>Desprendimiento de pintura en paredes y muros. - se puede observar que existe desprendimiento de pintura, enlucidos, de las mamposterías de adobe.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados completamente.</p> <p>El deterioro de los revoques y enlucidos. - especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes</p> |
| <p>Posibles causas:</p> | <p>Falta de mantenimiento: La ausencia de un mantenimiento continuo y adecuado puede permitir que pequeñas patologías se agraven con el tiempo, comprometiendo la estructura y el valor patrimonial del edificio.</p> <p>La falta de ventilación o cambios en el uso del edificio pueden provocar condensación, especialmente en interiores, dañando techos y paredes.</p> |
| <p>Tratamiento:</p> | <p>En general, los tratamientos incluyen reparar el origen del problema (por ejemplo, filtraciones de agua o mala instalación), retirar los materiales dañados y reemplazarlos con materiales adecuados, seguido de un acabado protector para prevenir futuros problemas.</p> |

Nota: Ficha patológica #12 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

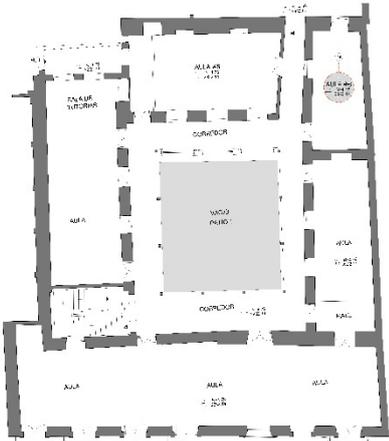
Tabla 63.- Ficha técnica #13

| FICHA TECNICA #13 | |
|--|--|
| <p>Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H.</p> | <p>Código: PCSB013</p> |
| <p>Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar</p> | |
| <p>Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Aula #5.</p> | |
| <p>Uso actual: Sin uso</p> | <p>Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar.</p> |
| <p>Fotografía</p> | <p>Ubicación en plano</p> |

| | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Descripción de la patología:</p> | <p>El deterioro de los revocos y enlucidos. - especialmente en muros exteriores, puede llevar a la pérdida de capas protectoras, dejando expuestos los materiales subyacentes. Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados completamente, adicional a eso se puede entre ver las vigas que soportan a este y se observa que estas se encuentran con xilófagos lo que provoca que estas empiecen a sufrir pudrición.</p> |
| <p>Posibles causas:</p> | <p>Falta de mantenimiento. - Debido al tiempo que paso en abandono, sufrieron diversos daños. Humedad. - al sufrir filtraciones de agua lluvia por la cubierta. Xilófagos. - al existir humedad los xilófagos y el moho son mas propensos a crecer.</p> |
| <p>Tratamiento:</p> | <p>Resanar las partes que se encuentren con faltantes de enlucidos previo a un tratamiento de humedad, adicional se realizará el retiro y colocación de nuevas vigas de madera en buen estado, previo un curado optimo, por último, la cubierta deberá ser inspeccionada mínimo una vez cada 3 meses para precautelar y evitar cualquier gotera o filtración de agua lluvia.</p> |

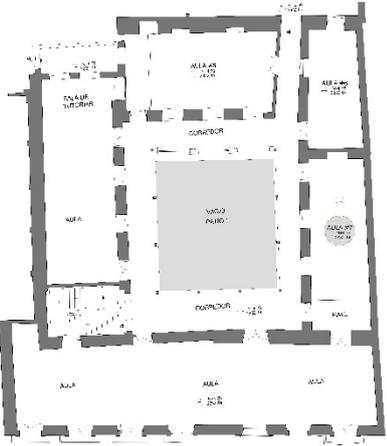
Nota: Ficha patológica #13 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 64.- Ficha técnica #14

| FICHA TECNICA #14 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB014 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Aula #6. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | Manchas en pintura y desprendimiento de enlucidos. - se puede observar que la mayor problemática de este espacio es la mampostería, que se encuentra con manchas de pintura y en ciertas partes con desprendimiento de enlucidos. |
| Posibles causas: | Falta de mantenimiento. - Debido al tiempo que paso en abandono, sufrieron diversos daños. Humedad. - al sufrir filtraciones de agua lluvia por la cubierta. |
| Tratamiento: | Resanar las partes que se encuentren con faltantes de enlucidos previo a un tratamiento de humedad, posterior se deberá limpiar la pintura con manchas con algún químico que no afecte a la mampostería y cubrir con una capa de pintura nueva. |

Nota: Ficha patológica #14 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

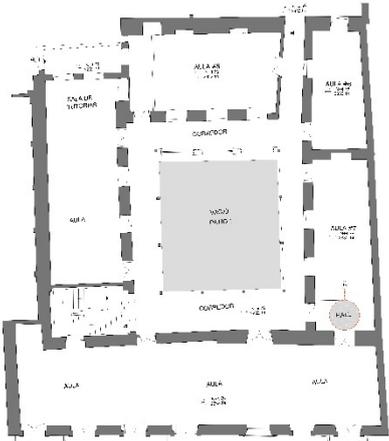
Tabla 65.- Ficha técnica #15

| FICHA TECNICA #15 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB015 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Aula #7. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Manchas en pintura y desprendimiento de enlucidos. - se puede observar que la mayor problemática de este espacio es la mampostería, que se encuentra con manchas de pintura y en ciertas partes con desprendimiento de enlucidos.</p> <p>Deterioro de material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados y con faltantes, adicional a eso se puede entre ver las vigas que soportan a la duela y se observa que estas se encuentran con xilófagos lo que provoca que estas empiecen a sufrir pudrición.</p> |

| | |
|-------------------------|--|
| Posibles causas: | Falta de mantenimiento. - Debido al tiempo que paso en abandono, sufrieron diversos daños. Humedad. - al sufrir filtraciones de agua lluvia por la cubierta. Xilófagos. - al existir humedad los xilófagos y el moho son más propensos a crecer. |
| Tratamiento: | Resanar las partes que se encuentren con faltantes de enlucidos previo a un tratamiento de humedad, posterior se deberá limpiar la pintura con manchas con algún químico que no afecte a la mampostería y cubrir con una capa de pintura nueva. |

Nota: Ficha patológica #15 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

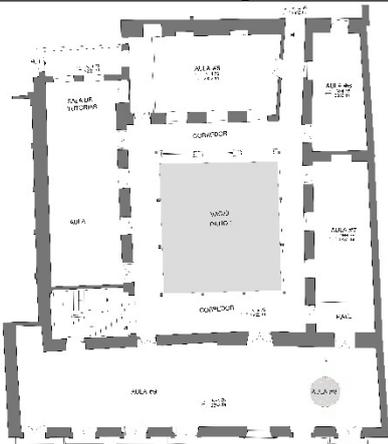
Tabla 66.- Ficha técnica #16

| FICHA TECNICA #16 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB016 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Hall #4. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | Manchas en pintura. - se puede observar que la mayor problemática de este espacio es la mampostería, que se encuentra con manchas. |

| | |
|-------------------------|---|
| Posibles causas: | Falta de ventilación. - No se encuentra un correcto aislamiento térmico debido a que no hay ventanas que ayuden con la circulación de aire. |
| Tratamiento: | Se deberá generar una ventilación, con dos rejillas metálicas o plásticas de aproximadamente 20x30 cm. |

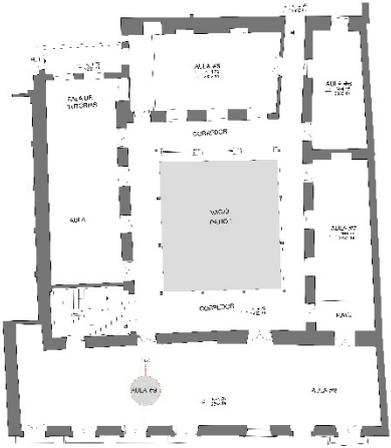
Nota: Ficha patológica #16 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 67.- Ficha técnica #17

| FICHA TECNICA #17 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB017 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Aula #8. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Manchas en pintura y desprendimiento de enlucidos. - se puede observar que la mayor problemática de este espacio es la mampostería, que se encuentra con manchas de pintura y en ciertas partes con desprendimiento de enlucidos.</p> <p>Deterioro del material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados y con faltantes, adicional a eso se puede entre ver las vigas que soportan a la duela y se observa que estas se encuentran con xilófagos lo que provoca que estas empiecen a sufrir pudrición.</p> |
| Posibles causas: | <p>Falta de ventilación. - No se encuentra un correcto aislamiento térmico debido a que no hay ventanas que ayuden con la circulación de aire.</p> <p>Humedad. - al sufrir filtraciones de agua lluvia por la cubierta.</p> |
| Tratamiento: | <p>Previo a un correcto tratamiento de la pared, se deberá resanar la parte afectad.</p> <p>Retiro y colocación de nuevas vigas de madera en buen estado, previo un curado optimo.</p> |

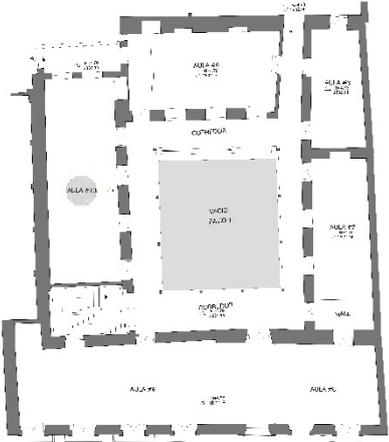
Nota: Ficha patológica #17 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 68.- Ficha técnica #18

| FICHA TECNICA #18 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB018 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Aula #9. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Manchas en pintura y desprendimiento de enlucidos. - se puede observar que la mayor problemática de este espacio es la mampostería, que se encuentra con manchas de pintura y en ciertas partes con desprendimiento de enlucidos.</p> <p>Deterioro del material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados y con faltantes en su gran mayoría, las vigas que se encuentran soportando la duela tienen problemas graves de xilófagos lo que provoca la pudrición de estos elementos estructurales.</p> |
| Posibles causas: | <p>Humedad. – debido al abandono y por el tiempo de vida del inmueble, este empezó a sufrir daños en la cubierta, lo que provocó la filtración de agua lluvia.</p> <p>Falta de mantenimiento. – al haber sido abandonada y dejada en el olvido por más de 10 años.</p> <p>Falta de ventilación. - No se encuentra un correcto aislamiento térmico debido a que no hay ventanas que ayuden con la circulación de aire, ya que estas como se observa en las fotografías fueron cerradas completamente por temas de seguridad.</p> |
| Tratamiento: | Retiro y remplazo de las vigas de madera de entrepiso previo un óptimo curado, resane de enlucidos desprendidos y pintura con manchas previo a un tratamiento de humedad. |

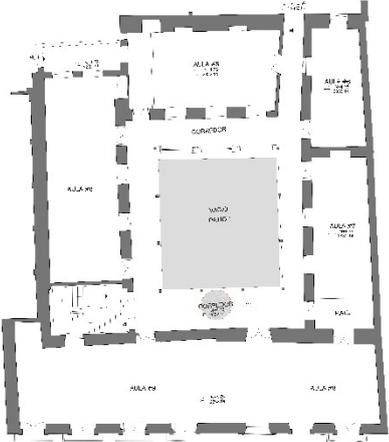
Nota: Ficha patológica #18 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 69.- Ficha técnica #19

| FICHA TECNICA #19 | |
|---|--|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB019 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Aula #10. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Manchas en pintura y desprendimiento de enlucidos. - se puede observar que la mayor problemática de este espacio es la mampostería, que se encuentra con manchas de pintura y en ciertas partes con desprendimiento de enlucidos. Adicional se observa que en la mampostería de adobe se realizó un reforzamiento estructural es por ello que el enlucido se ve claramente.</p> <p>Deterioro del material. - se puede observar que los pisos se encuentran deteriorados y con faltantes, las vigas que se encuentran soportando la duela tienen problemas graves de xilófagos lo que provoca la pudrición de estos elementos estructurales.</p> |
| Posibles causas: | <p>Humedad. – debido al abandono y por el tiempo de vida del inmueble, este empezó a sufrir daños en la cubierta, lo que provocó la filtración de agua lluvia.</p> <p>Falta de mantenimiento. – al haber sido abandonada y dejada en el olvido por más de 10 años, el inmueble no tuvo un mantenimiento continuo, ya sea este preventivo o correctivo.</p> |
| Tratamiento: | Retiro y remplazo de las vigas de madera de entpiso previo un óptimo curado, resane de enlucidos desprendidos y pintura con manchas previo a un tratamiento de humedad. |

Nota: Ficha patológica #19 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 70.- Ficha técnica #20

| FICHA TECNICA #20 | |
|---|---|
| Tema: Análisis del reforzamiento estructural para rehabilitación de edificaciones patrimoniales, aplicada al antiguo Colegio Simón Bolívar-Bloque H. | Código: PCSB020 |
| Dirección: Ubicado entre las calles Olmedo y Benalcázar | |
| Ubicación de la patología: Ubicada en el bloque H del inmueble patrimonial, planta alta; Corredor PA. | |
| Uso actual: Sin uso | Uso original: Antiguo Colegio Simón Bolívar. |
| Fotografía | Ubicación en plano |
|  |  |
| Descripción de la patología: | <p>Manchas y desprendimiento de pintura. – debido a que esta se encuentra expuesta directamente a la luz del sol y a la humedad provoca que esta sufra el desprendimiento de pintura.</p> <p>Deterioro de material. – la duela del corredor fue retirada en su gran mayoría y solo se cuenta con una angosta caminería por donde se puede circular, esto debido a que el material se encontraba podrido casi en su totalidad.</p> |
| Posibles causas: | Cambios bruscos de temperatura. – este espacio al estar expuesto a los cambios de clima ya sea lluvia y sol, provocaron el desprendimiento de la pintura y la pudrición casi completa de la duela. |
| Tratamiento: | Tratamiento de humedad en las mamposterías de adobe del corredor, posterior resane y pintura, remplazo total de la duela con una nueva y curada previamente. |

Nota: Ficha patológica #20 (Fuente: Elaboración Propia, 2024)

Tabla 71.- Ensayo a compresión de adobe.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE

INF. No. 16 - 0446
 Hoja 08 de 08

Quito, 20 de mayo de 2016

SOLICITA: ING. ALEX ALBUJA
Atención: PNUD
Dirección: Av. Amazonas 2889
PROYECTO: NUEVA CASA COMÚN DE NACIONES UNIDAS, QUITO - ECUADOR
CONTRATISTA: ARQ. LUIS LOPEZ
FISCALIZADOR: ARQ. TANNYA PICO
FECHA ENSAYO: 20 de abril de 2016
NORMA: ITINTEC 331.017

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN: 9-CA

| N.- | FECHA FABRICACIÓN | EDAD (días) | DIMENSIONES ENSAYO (cm) | | | ÁREA (cm ²) | P.ESPEC. (gr/cm ³) | CARGA | | f _o | |
|-----|-------------------|-------------|-------------------------|-------|---------|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|----------------|-------------------------|
| | | | LARGO | ANCHO | ESPESOR | | | (KN) | (Ton) | (Mpa) | (kg / cm ²) |
| 1 | *** | > 28 | 10,4 | 10,4 | 10,8 | 108,16 | 1,62 | 16,93 | 1,73 | 1,56 | 15,96 |
| 2 | *** | > 28 | 10,9 | 10,9 | 10,8 | 118,81 | 1,44 | 13,58 | 1,39 | 1,14 | 11,66 |
| 3 | *** | > 28 | 10,9 | 10,9 | 11,0 | 118,81 | 1,44 | 16,63 | 1,70 | 1,40 | 14,27 |

OBSERVACIONES: El muestreo, procedencia, la ubicación y la muestra como tal se detallan en el informe de avance adjunto.

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| f _o promedio: | 1,37 Mpa |
| | 13,96 kg / cm ² |

ING. MERCEDES VILLACÍS
 JEFE DE LABORATORIO



Tabla 72.- Ensayo a compresión de adobe.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE

INF. No. 16 - 0446
 Hoja 07 de 08

Quito, 20 de mayo de 2016

SOLICITA: ING. ALEX ALBUJA
Atención: PNUD
Dirección: Av. Amazonas 2899
PROYECTO: NUEVA CASA COMÚN DE NACIONES UNIDAS, QUITO - ECUADOR
CONTRATISTA: ARQ. LUIS LOPEZ
FISCALIZADOR: ARQ. TANNYA PICO
FECHA ENSAYO: 20 de abril de 2016
NORMAS: ITINTEC 331.017

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN: 8-CA

| N.- | FECHA FABRICACIÓN | EDAD (días) | DIMENSIONES ENSAYO (cm) | | | ÁREA (cm ²) | P.ESPEC. (gr/cm ³) | CARGA | | | f _o | |
|-----|-------------------|-------------|-------------------------|-------|---------|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|--|
| | | | LARGO | ANCHO | ESPESOR | | | (KN) | (Ton) | (Mpa) | (kg / cm ²) | |
| 1 | *** | > 28 | 10,3 | 10,2 | 10,4 | 105,06 | 1,53 | 10,77 | 1,10 | 1,02 | 10,45 | |
| 2 | *** | > 28 | 10,3 | 10,2 | 10,2 | 105,06 | 1,56 | 10,68 | 1,09 | 1,02 | 10,37 | |
| 3 | *** | > 28 | 10,4 | 10,1 | 10,2 | 105,04 | 1,52 | 9,19 | 0,94 | 0,87 | 8,92 | |

OBSERVACIONES: El muestreo, procedencia, la ubicación y la muestra como tal se detallan en el informe de avance adjunto.

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| f _o promedio: | 0,97 Mpa |
| | 9,91 kg / cm ² |

ING. MERCEDES VILLACÍS
 JEFE DE LABORATORIO



Tabla 73.- Ensayo a compresión de adobe.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE

INF. No. 16 - 0446
Hoja 06 de 08

Quito, 20 de mayo de 2016

SOLICITA: ING. ALEX ALBUJA
Atención: PNUD
Dirección: Av. Amazonas 2889
PROYECTO: NUEVA CASA COMÚN DE NACIONES UNIDAS, QUITO - ECUADOR
CONTRATISTA: ARQ. LUIS LOPEZ
FISCALIZADOR: ARQ. TANNYA PICO
FECHA ENSAYO: 20 de abril de 2016
NORMAS: ITINTEC 331.017

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN: 7-CA

| N.- | FECHA FABRICACIÓN | EDAD (días) | DIMENSIONES ENSAYO (cm) | | | ÁREA (cm ²) | P.ESPEC. (gr/cm ³) | CARGA | | f _o | |
|-----|-------------------|-------------|-------------------------|-------|---------|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|----------------|-------------------------|
| | | | LARGO | ANCHO | ESPESOR | | | (KN) | (Ton) | (Mpa) | (kg / cm ²) |
| 1 | *** | > 28 | 8,5 | 8,4 | 9,0 | 71,40 | 1,65 | 10,72 | 1,09 | 1,50 | 15,31 |
| 2 | *** | > 28 | 8,6 | 8,4 | 8,8 | 72,24 | 1,61 | 8,62 | 0,88 | 1,19 | 12,17 |
| 3 | *** | > 28 | 8,6 | 8,5 | 8,7 | 73,10 | 1,61 | 9,39 | 0,96 | 1,29 | 13,11 |
| 4 | *** | > 28 | 8,4 | 8,7 | 8,8 | 73,08 | 1,63 | 12,39 | 1,26 | 1,69 | 17,28 |
| 5 | *** | > 28 | 8,6 | 8,6 | 8,7 | 73,96 | 1,60 | 10,11 | 1,03 | 1,37 | 13,94 |
| 6 | *** | > 28 | 8,7 | 8,7 | 8,8 | 75,69 | 1,57 | 10,06 | 1,03 | 1,33 | 13,56 |

OBSERVACIONES: El muestreo, procedencia, la ubicación y la muestra como tal se detallan en el informe de avance adjunto.

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| f _o promedio: | 1,40 Mpa |
| | 14,23 kg / cm ² |

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Figura 65.- Gráfica de ensayo a corte directo.

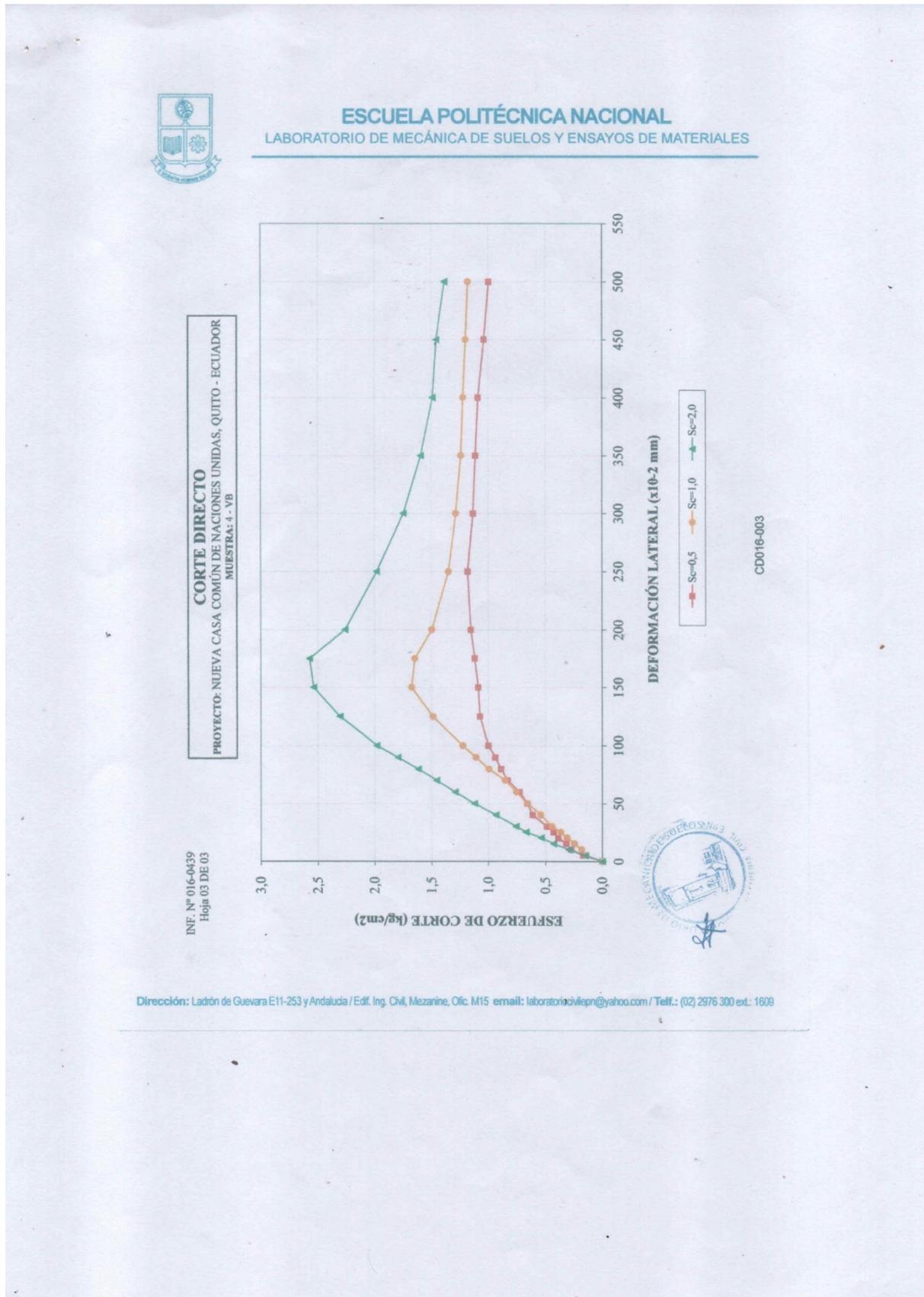


Figura 66.- Grafica de ensayo a corte directo.

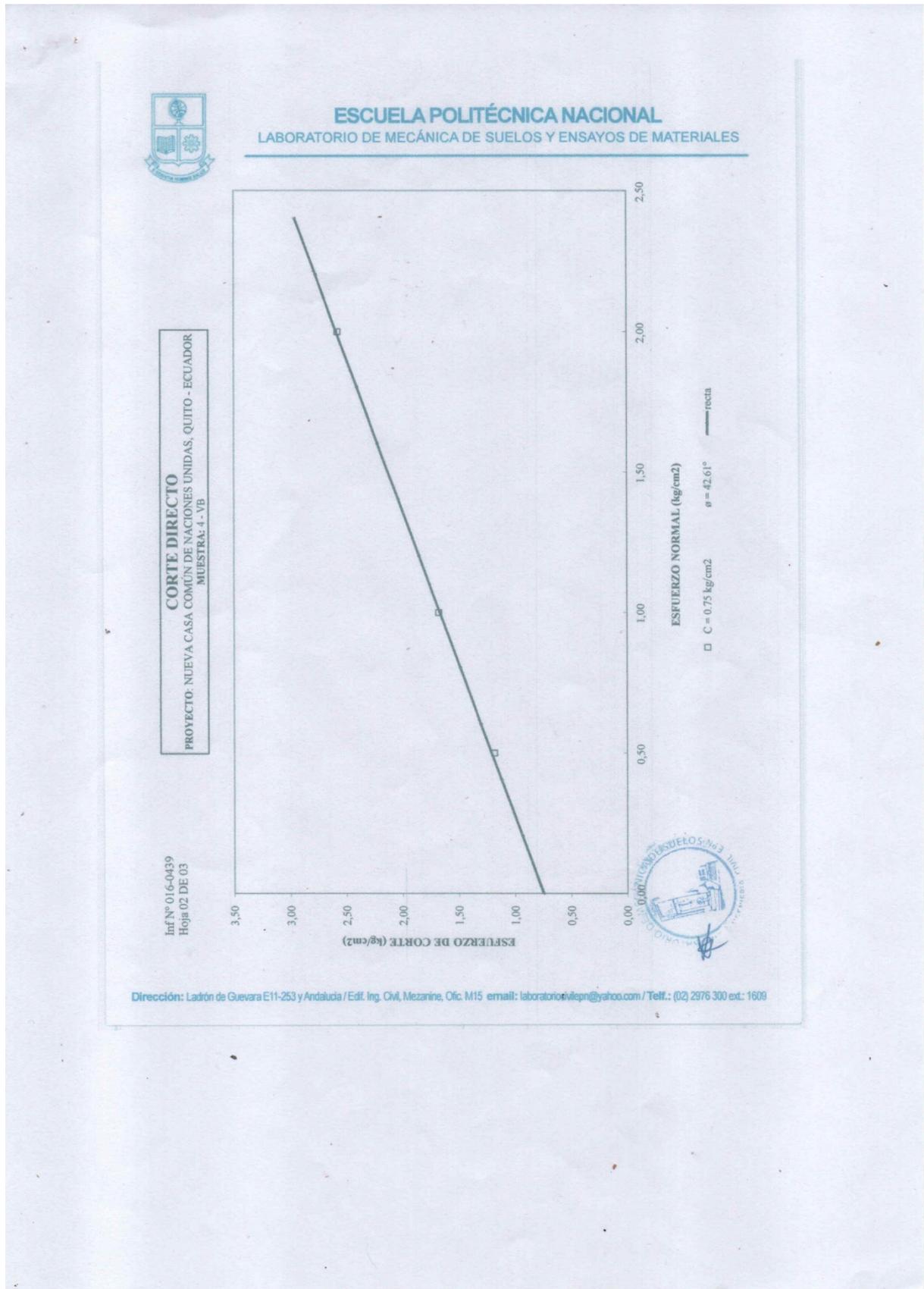


Tabla 74.- Excel de espectro de aceleración NEC-15

| ESPECTRO DE ACELERACIÓN NEC 15 | | | |
|---|--|--------------------------------------|------------|
| CALCULO DE LAS FUERZAS LATERALES DE ACUERDO AL MÉTODO ESTÁTICO | | | |
| 1. FACTOR DE ZONA SISMICA (Z) | | | |
| Zona Sísmica | QUITO | Sec 10.2 | |
| Sierra, Esmeraldas y Galápagos | | Sec 3.1.1 | |
| Z= | 0,4 | | |
| 2. TIPO DE USO DE LA EDIFICACIÓN | | | |
| Factor de Importancia: | Estructura ocupación especial | | |
| I= | 1,30 | Sec 4.1 | |
| 3. TIPO DE SUELO | | | |
| Perfil de suelo tipo= | D | Sec 3.2.1 | |
| 4. CONFIGURACION ESTRUCTURAL | | | |
| Configuración: | Porticos de hormigon con muros estructurales o diagonales rigidizadoras | | |
| Ct= | 0,055 | Sec 6.3.3 | |
| α= | 0,75 | | |
| Altura máxima de la estructura | | | |
| N° Pisos = | 2 | | |
| Altura entrepiso = | 3,4 | | |
| Altura total = | 6,4 | m | |
| 5. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN | | | |
| | $T = C_t h_n^\alpha$ | | |
| | TN -NEC2015= | 0,221 | seg |
| OJO | TN-ETABS= | 0,468 | seg |
| %Variación | 2,11 | Rigidizar | |
| 6. CALCULO DE ACELERACIÓN | | | |
| | $T_o = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$ | $T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$ | |
| | NEC 2015 | ESTUDIO DE SUELOS | |
| Fa= | 1,20 | 1,2 | |
| Fd= | 1,19 | 1,19 | |
| Fs= | 1,28 | 1,28 | |
| To= | 0,127 | 0,127 | seg |
| Tc= | 0,698 | 0,698 | seg |
| | $S_a = \eta * Z * F_a$ | PARA $0 \leq T \leq T_c$ | |
| | $S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$ | PARA $T \geq T_c$ | |
| η= | 2,48 | | |
| r= | 1,50 | | |
| Sa= | 1,1904 | Sec. 3.3.1 | |
| 7. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SÍSMICA | | | |
| | Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales). | R= | 1,5 |
| | | | Sec. 6.3.4 |
| 8. FACTOR DE IRREGULARIDAD | | | |
| 8.1. Irregularidad en Planta | | | |
| | Estructura irregular con discontinuidad apreciable | Φp= | 0,90 |

9. CALCULO DEL CORTANTE BASAL

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi_p * \phi_e} * W$$

Vx=

1,2737

t

Vy=

1,2737

t

Figura 67.- Vista de modelado 3D.

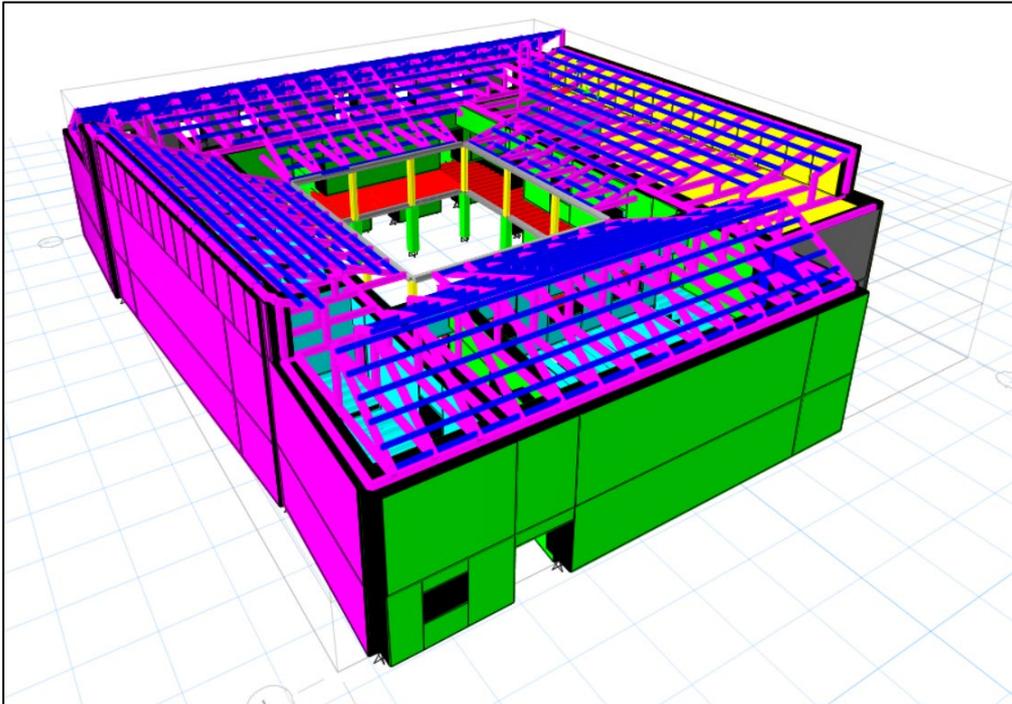


Figura 68.- Vista de modelado en 3D.

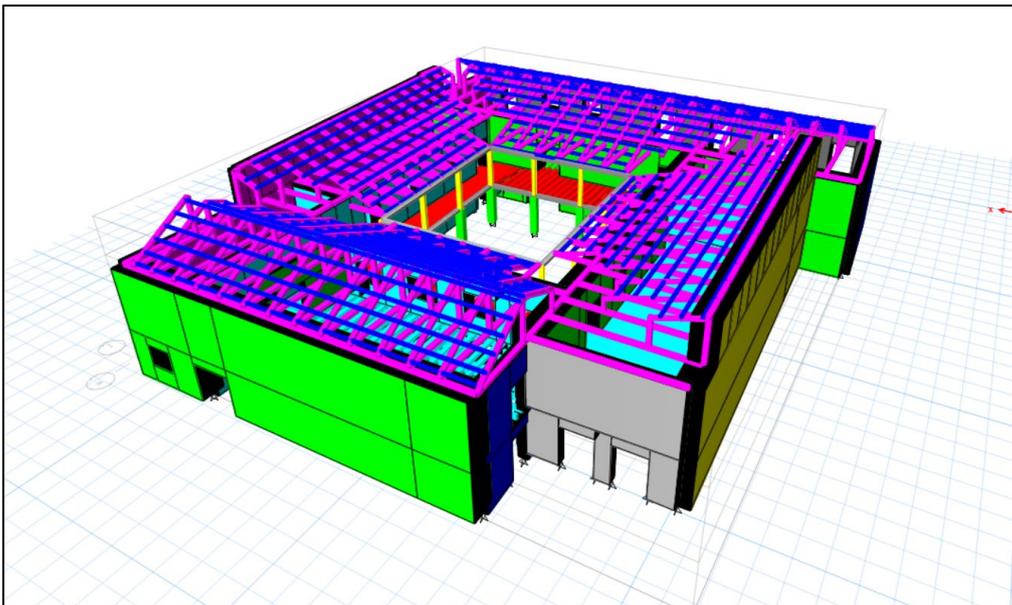


Figura 69.- Visita técnica a Antiguo Colegio Simón Bolívar.

