

GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES CONSTRUIDAS EN MUROS EN BAHAREQUE.

CASO DE ESTUDIO CENTRO AGROEMPRESARIAL Y MINERO DEL MUNICIPIO DE SAN JACINTO – BOLIVAR

**ING.CARLOS ELIECER ARGOTE INDAPIZ
ING.CARLOS EDUARDO FORERO BUENAVENTURA**

**BOGOTA D.C
2024**



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Introducción



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Los edificios patrimoniales son un tesoro histórico que demanda atención especial en proyectos de renovación urbana. La interacción entre nuevas construcciones y estas estructuras antiguas crea un desafío único para la ingeniería. Esta propuesta ofrece una herramienta para evaluar y reforzar de manera segura estos edificios, priorizando materiales tradicionales como el adobe. La herramienta proporciona una guía práctica para ingenieros, permitiendo conservar nuestro patrimonio arquitectónico y garantizar la seguridad de quienes los visitan.

#UNA
EXPERIENCIA
DE VIDA

Objetivos

General:

Elaborar una guía para la rehabilitación estructural de edificaciones patrimoniales construidas en muros en bahareque.

Específicos:

- Identificar los patrones de diseño y construcción más comunes en las edificaciones de uso patrimonial.
- Evaluar las diferentes técnicas para determinar el estado en que se encuentran las edificaciones de uso patrimonial.
- Establecer los criterios de diseño estructural para el reforzamiento de este tipo de edificaciones y que cumplan la normatividad vigente.

Marco referencial

NSR-10 — 1

2 —

AIS 610-EP-17_2 mampostería de adobe y tapia pisada Tabla 4.3.4-1. , patrones de agrietamiento y mecanismos de colapso típicos de construcciones en tierra Tabla 6.8.1-1

3 —

evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos de la asociación colombiana de ingeniería sísmica AIS-2-7

4 —

Manual de Evaluacion y Reforzamiento Minvivienda en colombia

5 —

Enciclopedia Broto de patologias de la construccion



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Metodología del trabajo

- 1 Trabajo practico como profecionales
- 2 Consulta sobre reforzamiento de edificaciones de uso patrimonial
- 3 Criterios de evaluacion para este tipo de estructuras
- 4 Tecnicas de reformzamiento
- 5 Diseño y elaboracion de la guia

Contenido de la Guia

Inspección Visual

Esta fase incluye un examen visual exhaustivo de la estructura.

Ensayos No Destructivos

Se emplean aquí métodos de prueba que no dañan la estructura.

Ensayos Destructivos

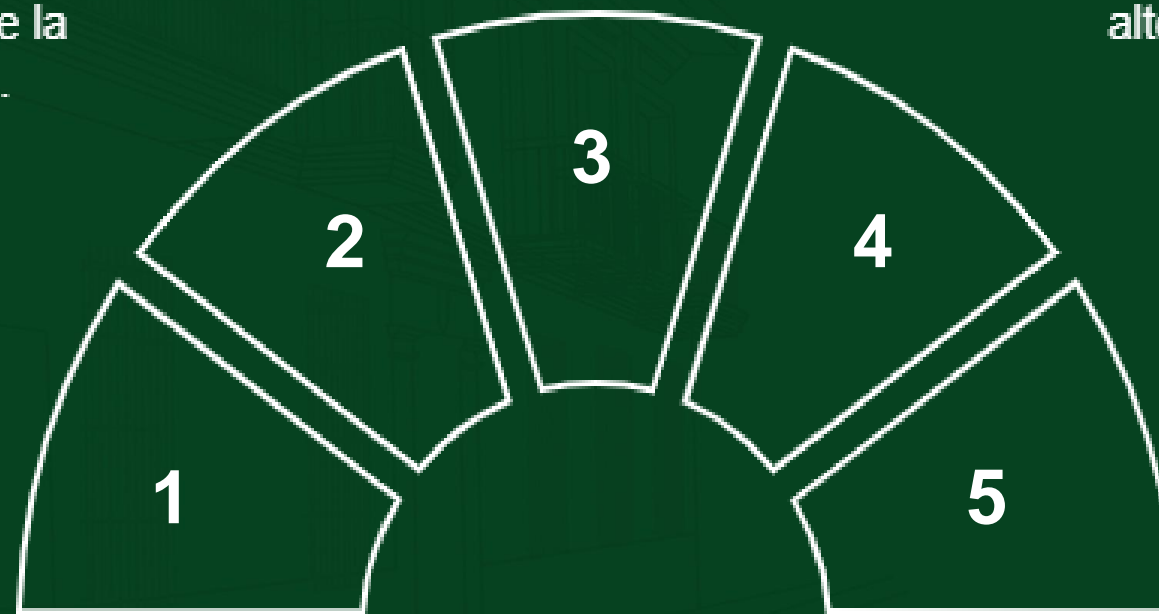
Esta fase implica pruebas que pueden alterar o dañar la estructura.

Recopilación de Información

La fase inicial implica la recopilación de todos los datos y documentación relevantes.

Análisis Estructural

La fase final implica analizar los datos para producir un informe de evaluación.



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Recopilación de Información

1

Esta fase crucial implica la recopilación de datos históricos sobre la edificación, incluyendo la fecha de construcción, el historial de ocupaciones y uso, los registros de mantenimiento y reparaciones, y los documentos de diseño y planos originales.

ETAPA 1

Finales S. XVIII Construcción de una vivienda de un piso con muros en bahareque y cubierta de paja en tipología modulo frontal y solar



IMAGEN 1 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

ETAPA 2

Construcción de vivienda de dos pisos – cambio de material en cubierta por lámina de Zinc y construcción de escaleras, Ampliación galería a solar

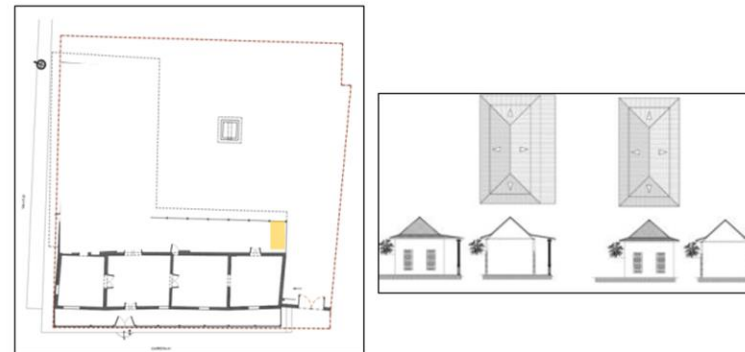


IMAGEN 2 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

ETAPA 3

En el año 1924 presenta modificaciones de Construcción de una vivienda de dos pisos con muros en bahareque y cubierta en Zinc en tipología en L, a nombre de Eusebia Arrieta

De acuerdo a la investigación en campo se logro determinar la existencia de muros en bahareque o adobe; los cuales aparecen resaltados en la siguiente imagen



IMAGEN 3 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

REPARACIONES EN PRIMER PISO (MODIFICACIONES)

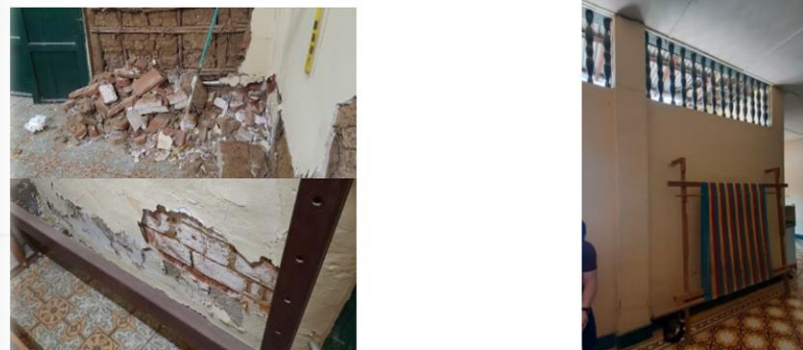


IMAGEN 9 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

REPARACIONES EN SEGUNDO PISO (MODIFICACIONES)



IMAGEN 11 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

• **ETAPA 4**

Entre los años 1950 - 2000 presenta más modificaciones y adiciones, incluso cambiando el uso de residencial (grupo de uso I) a grupo de uso III)

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

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza.**
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

IMAGEN 4 tomada de la NSR-10



IMAGEN 5 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

- Clausura de la galería interior con un muro en mampostería ■
- Volúmenes añadidos en el primer y segundo piso ■
- Construcción de la escalera sobre la crujía norte ■

Tabla A.9.2-1
Grado de desempeño mínimo requerido

Grupo de Uso	Grado de desempeño
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

A.10.1.3.2 — Cambio de uso — Cuando se modifique el uso de una edificación, aun en los casos que menciona A.10.1.3.1, entendido el cambio de uso como una modificación de acuerdo a normas urbanísticas (de residencial a multifamiliar, de alguno de ellos a comercial, entre otros), así como cambio de uno de los Grupos de Uso descritos en A.2.5.1 a otro superior dentro de ese numeral, deben evaluarse las implicaciones causadas por este cambio de uso, ante cargas verticales, fuerzas horizontales y especialmente ante efectos sísmicos.

IMAGEN 6 tomado de la NSR-10

Esta narrativa proporciona una descripción general del proyecto, sus objetivos y su alcance.

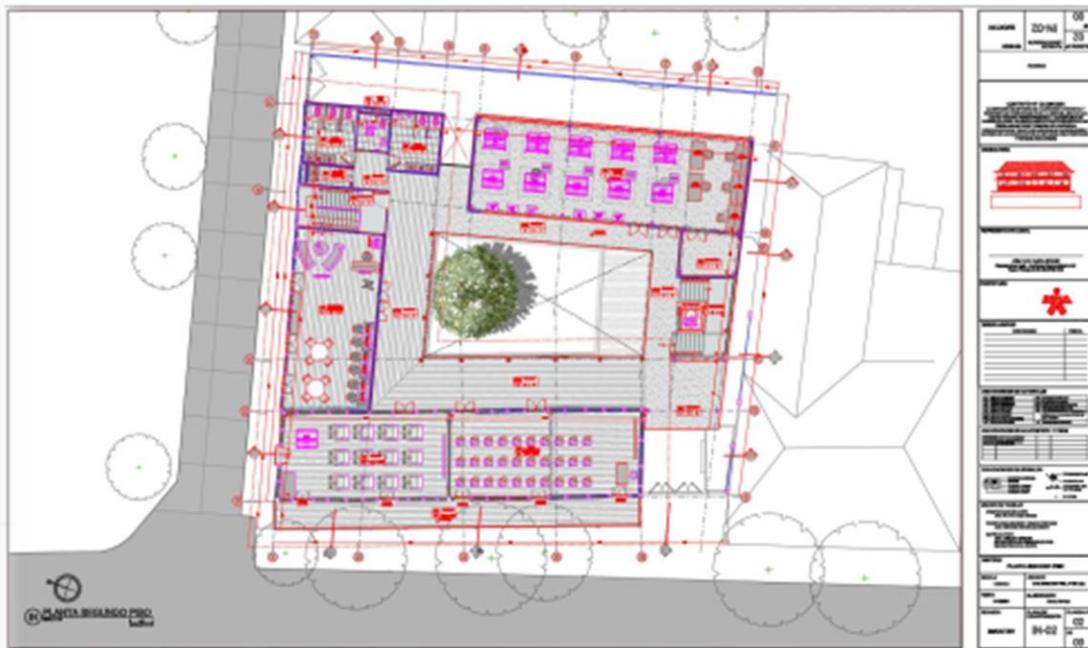
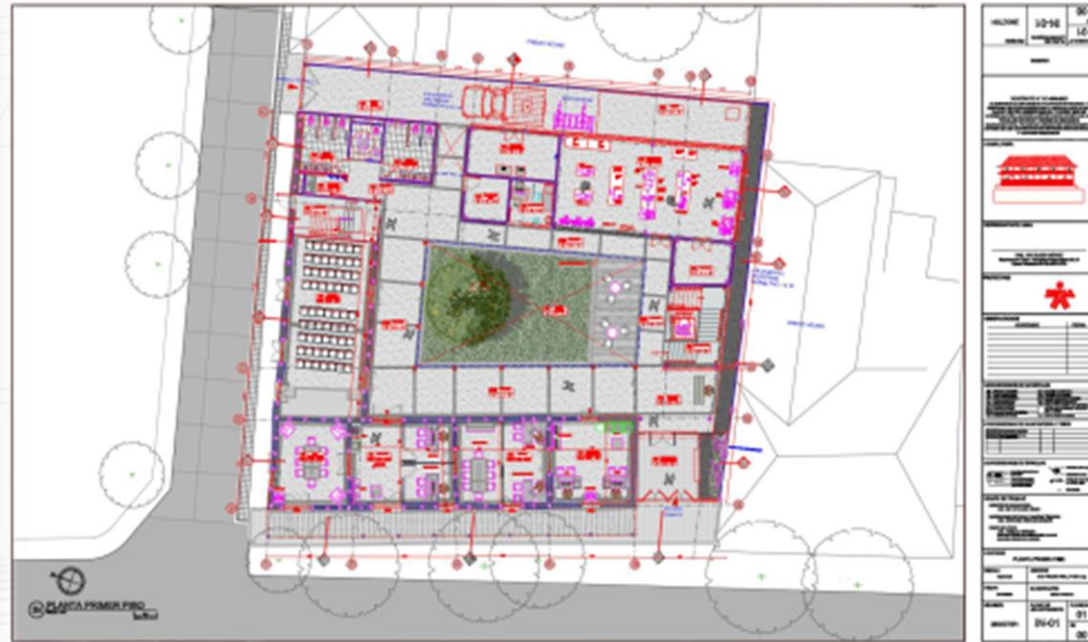


IMAGEN 12 Tomado de los planos del Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero

- ETAPA 5

Del año 2000 en adelante también se presentan nuevas modificaciones y adiciones



IMAGEN 7 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico

Nuevos volúmenes construidos en el costado sur del patio



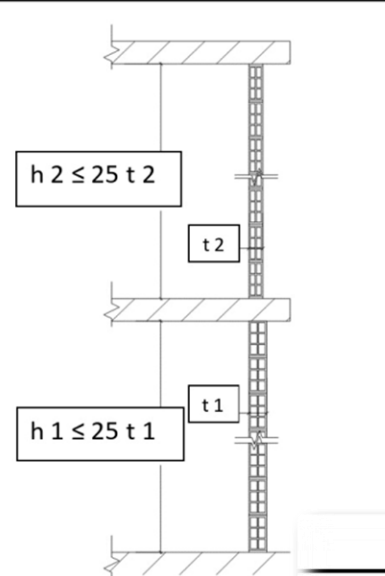
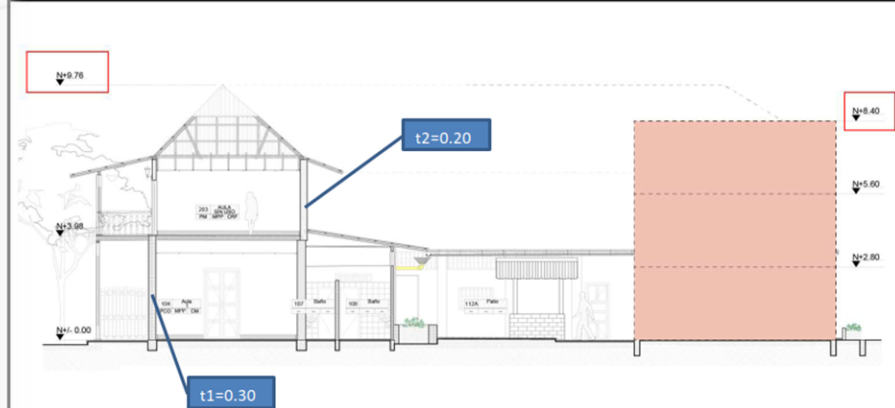
Modificación del patio interior para la circulación hacia los nuevos volúmenes



Recolección de información (Formatos de apoyo)

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN CENTRO AGROEMPRESARIAL Y MINERO
SAN JACINTO - BOLÍVAR

PLANTA ARQUITECTONICA ACTUAL



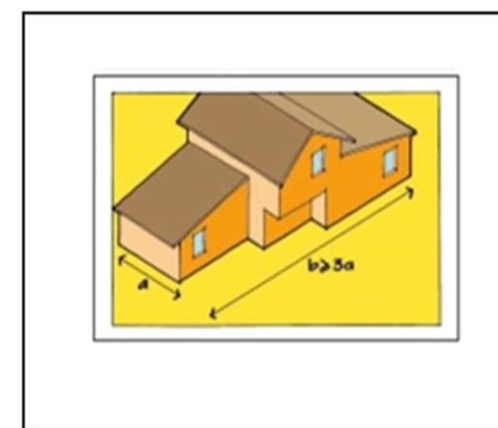
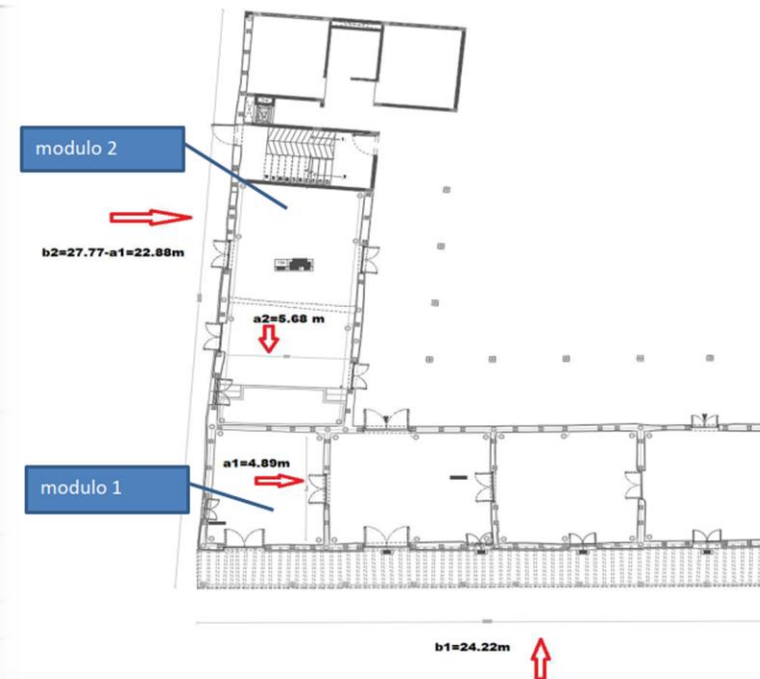
DIMENSIONES	
Altura (h)	Ancho Muro(t)
3.06	0.3
2.54	0.2
MODULO 1	
7.5	
CUMPLE	
MODULO 2	
5	
CUMPLE	
CALIFICACION	
1	

La altura total del entrepiso (h) es inferior a 25 veces (t1)

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

IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN CENTRO AGROEMPRESARIAL Y MINERO
SAN JACINTO - BOLÍVAR

PLANTA ARQUITECTONICA ACTUAL



DIMENSIONES	
Largo (b)	Ancho(a)
24.22	4.89
22.88	5.68
MODULO 1	
14.67	
NO CUMPLE	
MODULO 2	
17.04	
NO CUMPLE	
CALIFICACION	

- El largo es mayor que 3 veces el ancho
- La forma es irregular, con entradas y salidas abruptas

avaliación del grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos de la asociación colombiana de ingeniería sísmica AIS-2-7

3
Vulnerabilidad Alta

LONGITUD MINIMA MUROS DE LA EDIFICACIÓN CENTRO AGROEMPRESARIAL Y MINERO
SAN JACINTO - BOLÍVAR

PLANTA ARQUITECTONICA ACTUAL

PLANTA ARQUITECTONICA ACTUAL DIRECCION EN X



PLANTA ARQUITECTONICA ACTUAL DIRECCION EN Y



E.7.8 — LONGITUD DE MUROS EN CADA DIRECCIÓN

Para proveer un reparto uniforme de la responsabilidad para resistir las fuerzas sísmicas en el intervalo inelástico, los muros estructurales que se dispongan en cada una de las direcciones principales deben cumplir con las siguientes condiciones:

E.7.8.1 — LONGITUD MINIMA — La longitud de muros en cada dirección debe satisfacer la ecuación E.7.8-1

$$L_i \geq C_B A_p \quad (E.7.8-1)$$

En donde:

- L_i = longitud mínima total de muros continuos (en m), sin aberturas, en la dirección i
- C_B = coeficiente (en m^{-1}), especificado en la tabla E.7.8-1, en función de la aceleración espectral A_g para el sitio donde se realice la construcción, de acuerdo con A.2.3.
- A_p = área de la cubierta (en m^2), para viviendas de un piso, o para los muros del segundo piso en viviendas de dos pisos. (Puede sustituirse por $1/3 A_p$ si se utilizan materiales livianos para la cubierta, tales como fibrocemento o láminas metálicas, sin base de mortero).
- = área del entrepiso más área de la cubierta (en m^2), para los muros del primer piso en viviendas de dos pisos

Tabla E.7.8-1
Valores del coeficiente de densidad de muros de bahareque encementado, C_B

Amenaza Sísmica	A_g	C_B
Alta	0.40	0.32
	0.35	0.28
	0.30	0.24
Intermedia	0.25	0.20
	0.20	0.16
Baja	0.10	0.10

CALIFICACION

MODULO 1

2

MODULO 2

2

Lix (m) MODULO 1	CB*AP
37.42	42.62

NO CUMPLE

Lix (m) MODULO 2	CB*AP
38.77	37.71

CUMPLE

Liy (m) MODULO 1	CB*AP
22.44	42.62

NOCUMPLE

Liy (m) MODULO 2	CB*AP
34.97	37.71

NOCUMPLE

LONGITUD TOTAL DE MUROS CONTINUOS EN X (m) MODULO 1

M1	6.08	M3	2.64	8.72
M2	11.71	M4	1.03	12.74
M5	4.09	M6	2.4	6.49
M7	3.16	M8	4.01	7.17
M9	2.3	TOTAL Lix		37.42

LONGITUD TOTAL DE MUROS CONTINUOS EN Y (m) MODULO 1

M1	5.23	M3	2.01	7.24
M2	1.91	M4	1.95	3.86
M5	2.01	M7	1.93	3.94
M6	1.91	M8	5.49	7.4
		TOTAL Liy		22.44

LONGITUD TOTAL DE MUROS CONTINUOS EN X (m) MODULO 2

M10	5.68	M12	5.68	11.36
M11	5.68	M13	5.68	11.36
M14	3.28	M16	9.26	12.54
M15	3.51	TOTAL Lix		38.77

LONGITUD TOTAL DE MUROS CONTINUOS EN Y (m) MODULO 2

M9	0.95	M11	2.61	3.56
M10	1.3	M12	4.58	5.88
M13	5.45	M15	2.78	8.23
M14	2.76	M16	4.09	6.85
M17	4.35	M18	4.33	8.68
M19	1.77	TOTAL Liy		34.97

La longitud de muros en cada direccion no satisface la ecuacion E.7.8-1 de la NSR-10



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

#UNA
EXPERIENCIA
DE VIDA

Evaluación

2

Inspección Visual

La inspección visual se realiza para detectar daños visibles en la estructura, incluyendo grietas, fisuras, desprendimientos, deformaciones, y signos de humedad o plagas.



IMAGEN 13 tomado de informe Inspección visual fitosanitario



IMAGEN 15 tomada de informe Inspección visual fitosanitario



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

#UNA
EXPERIENCIA
DE VIDA

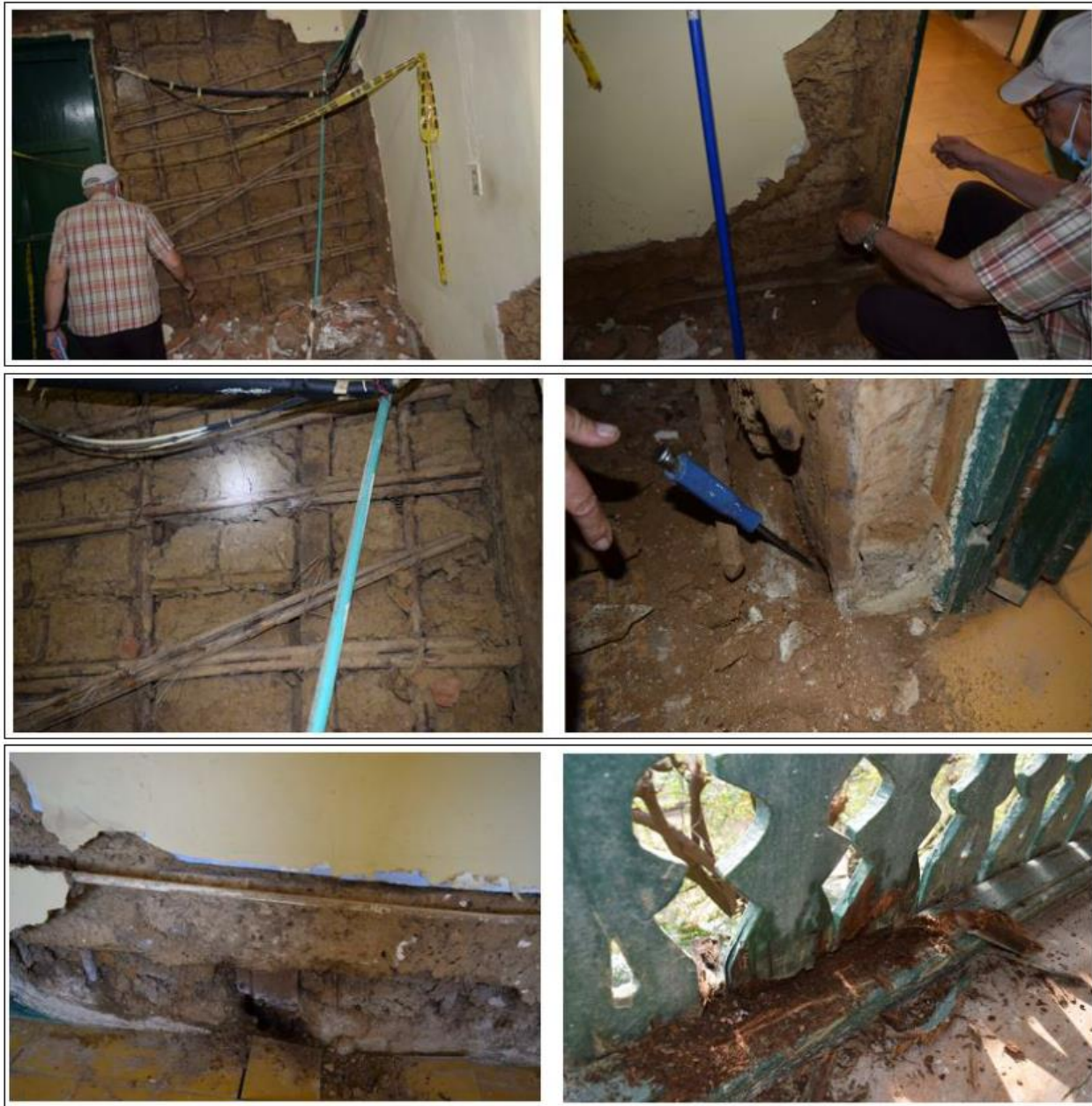


IMAGEN 16 tomado de informe Inspección visual fitosanitario

Localización de los puntos para la evaluación del estado de la cimentación

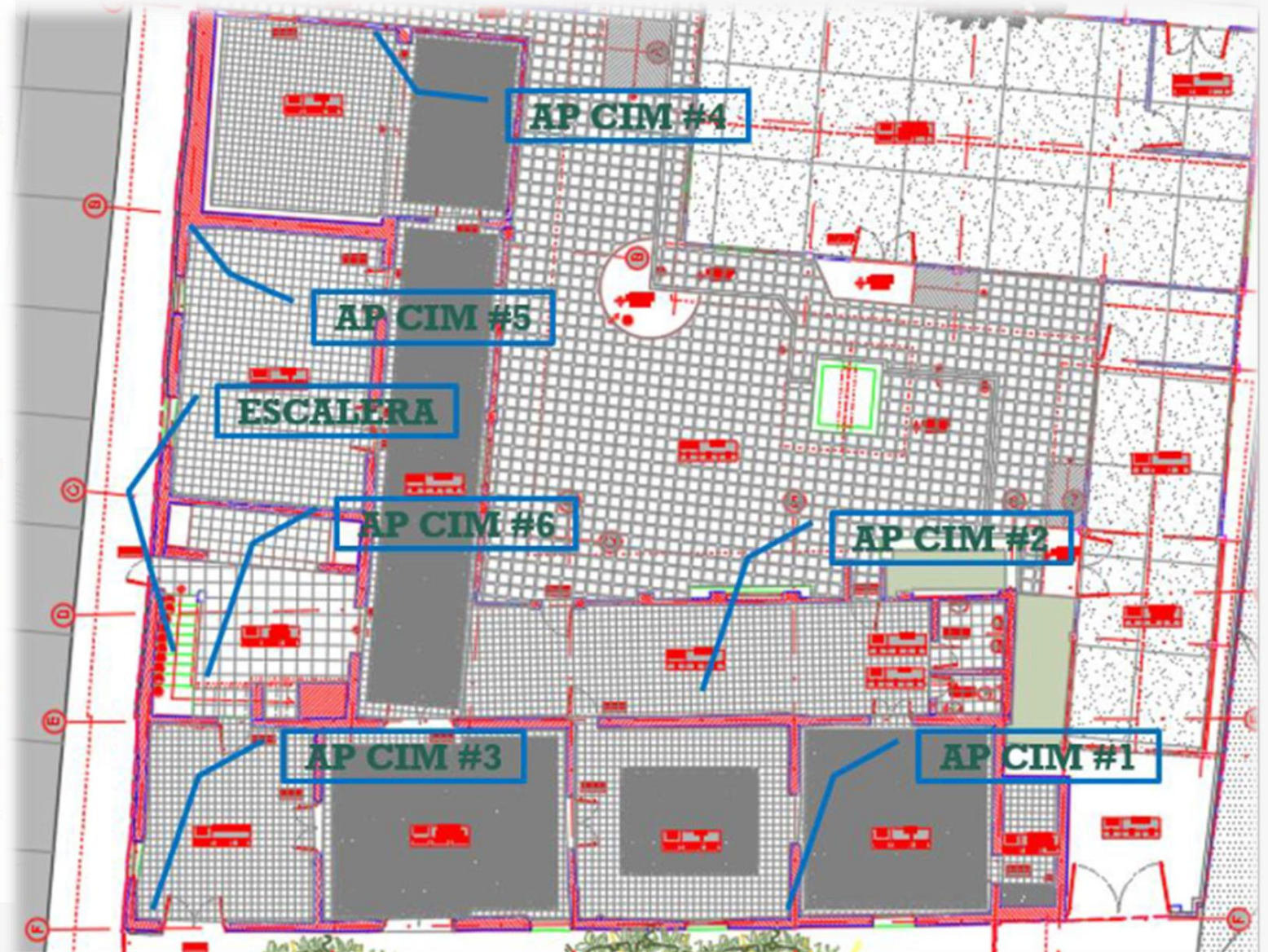


IMAGEN 17 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



AP #1

IMAGEN 18 tomada informe inspección visual ingeniero



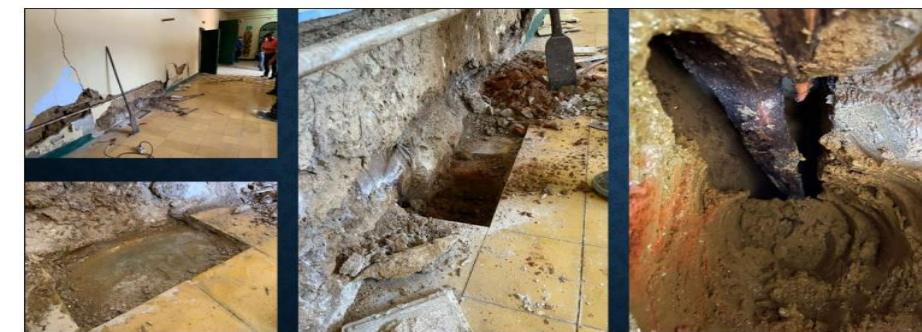
AP #3

IMAGEN 20 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



AP #5

IMAGEN 22 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



AP #2

IMAGEN 19 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



AP #4

IMAGEN 21 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



AP #6

IMAGEN 23 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

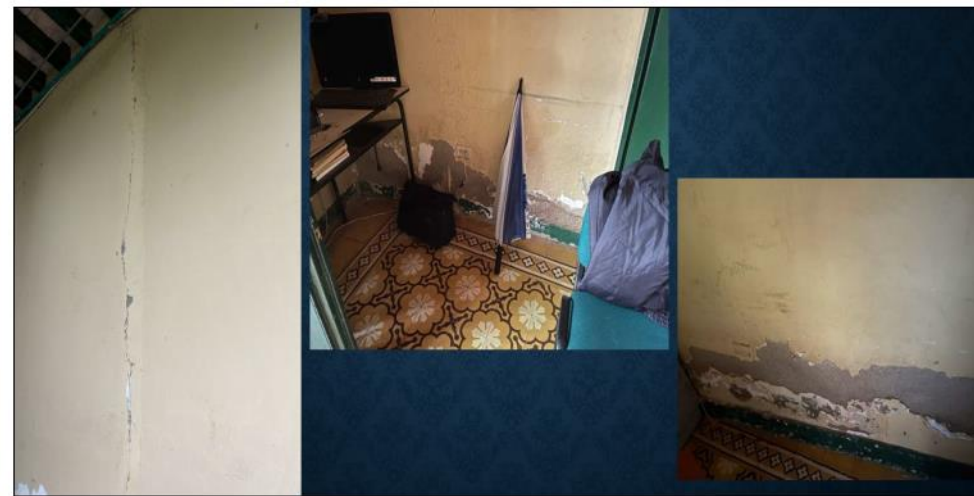


IMAGEN 25 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

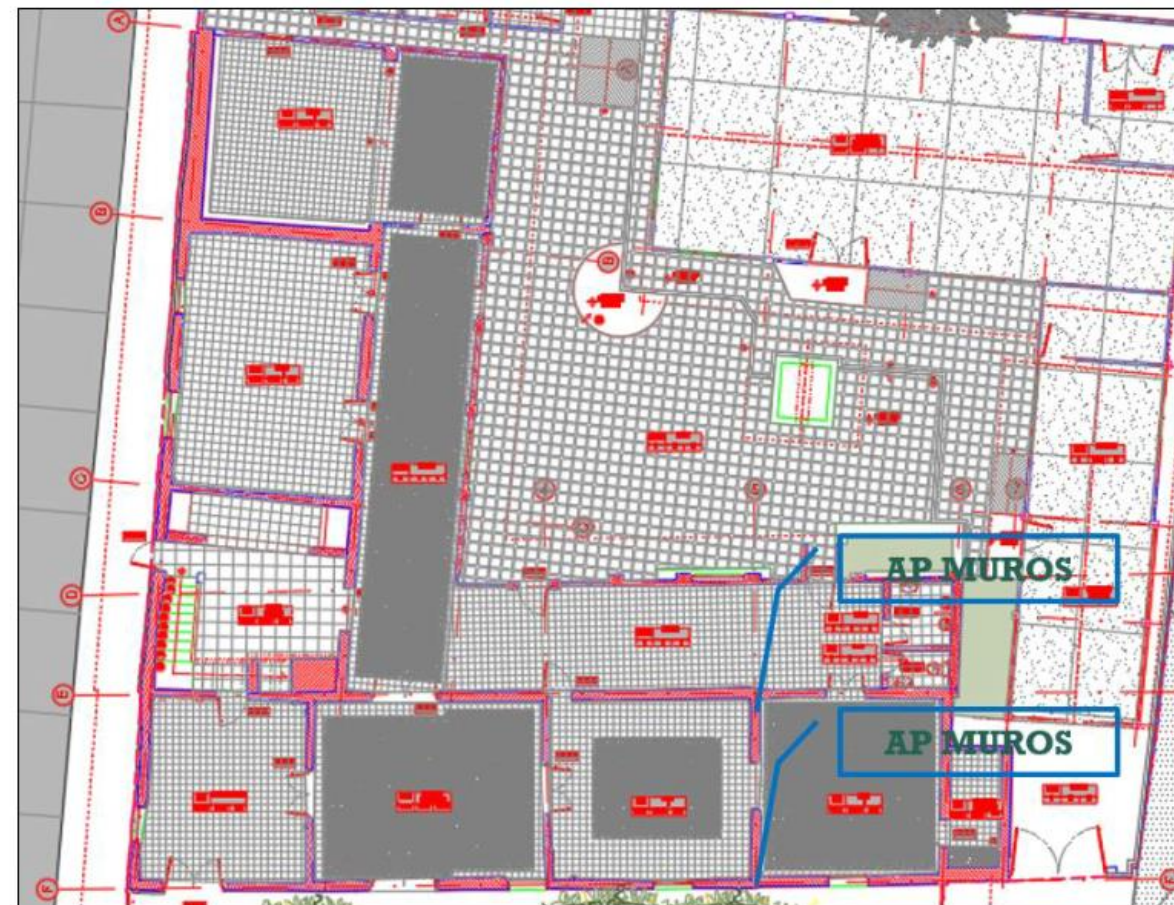


IMAGEN 26 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

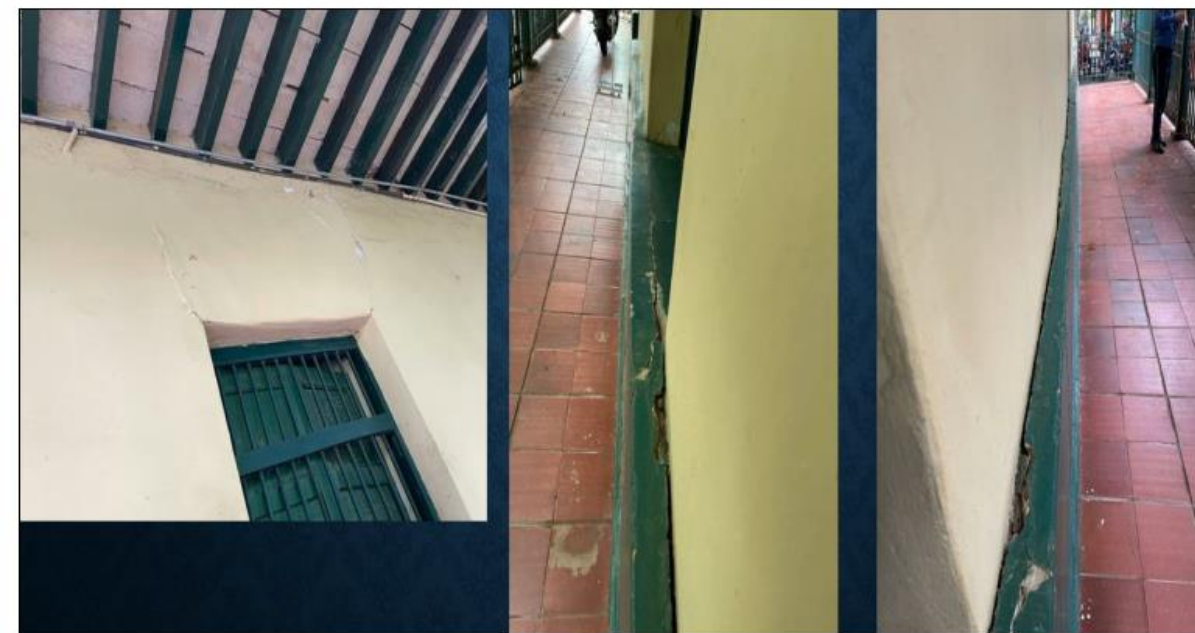


IMAGEN 24 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

#UNA
EXPERIENCIA
DE VIDA

Registro fotográfico del estado de los muros y localización de apiques en muros



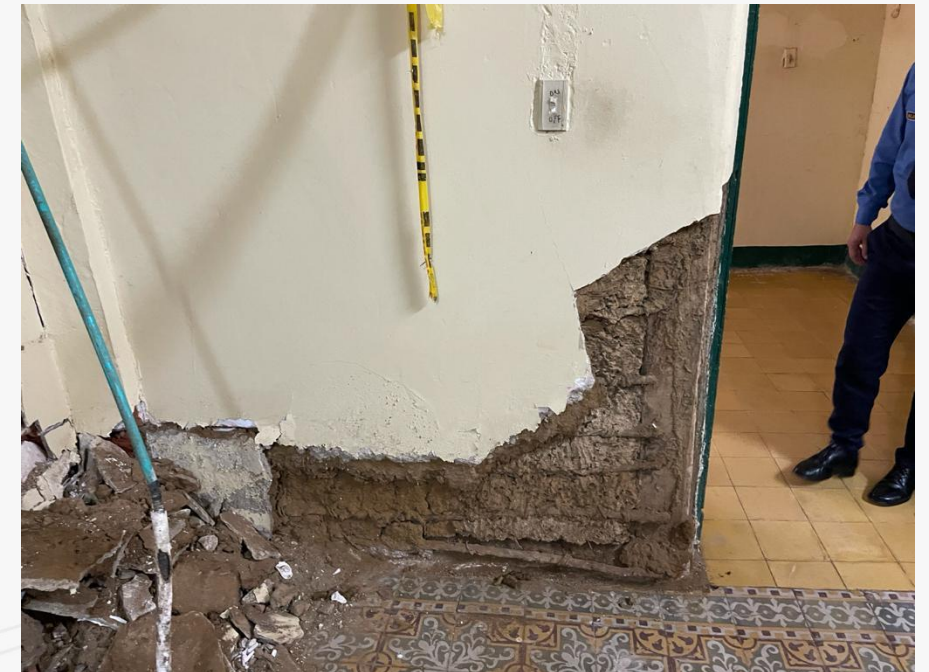
IMAGEN 27 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

IMAGEN 28 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

AP #1

AP #2

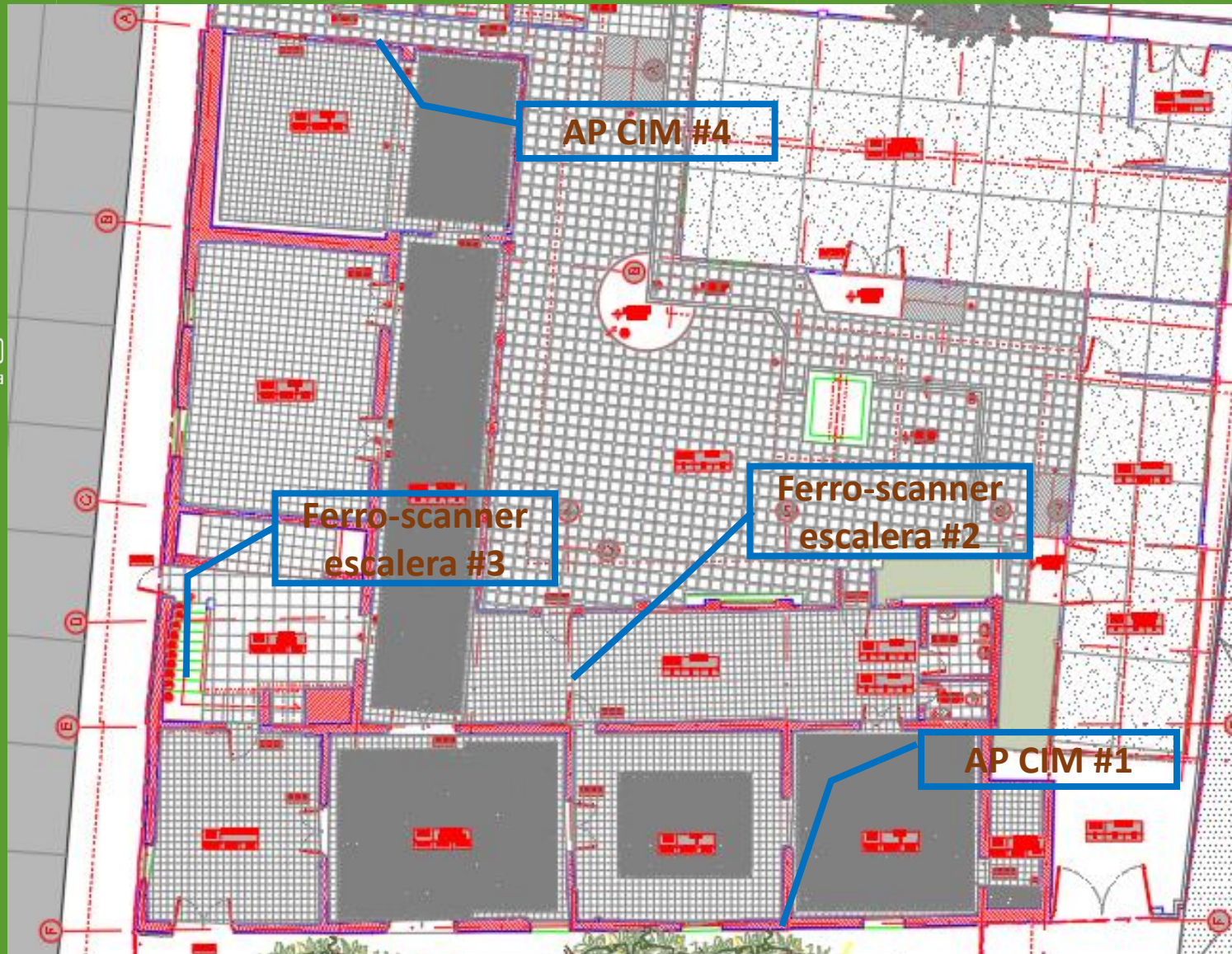
Registro fotográfico



#UNA
EXPERIENCIA
DE VIDA

Registro fotográfico que nos permite detallar el estado y condición actual de los muros

Se utilizan para evaluar la integridad de los materiales de la estructura, sin causar daño. Los métodos más comunes incluyen el ferrosceanning para detectar acero de refuerzo, el esclerómetro para medir la dureza del concreto, y la prueba de ultrasonido para determinar la presencia de vacíos o defectos.



AP #1

IMAGEN 29 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



AP #4

IMAGEN 30 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS

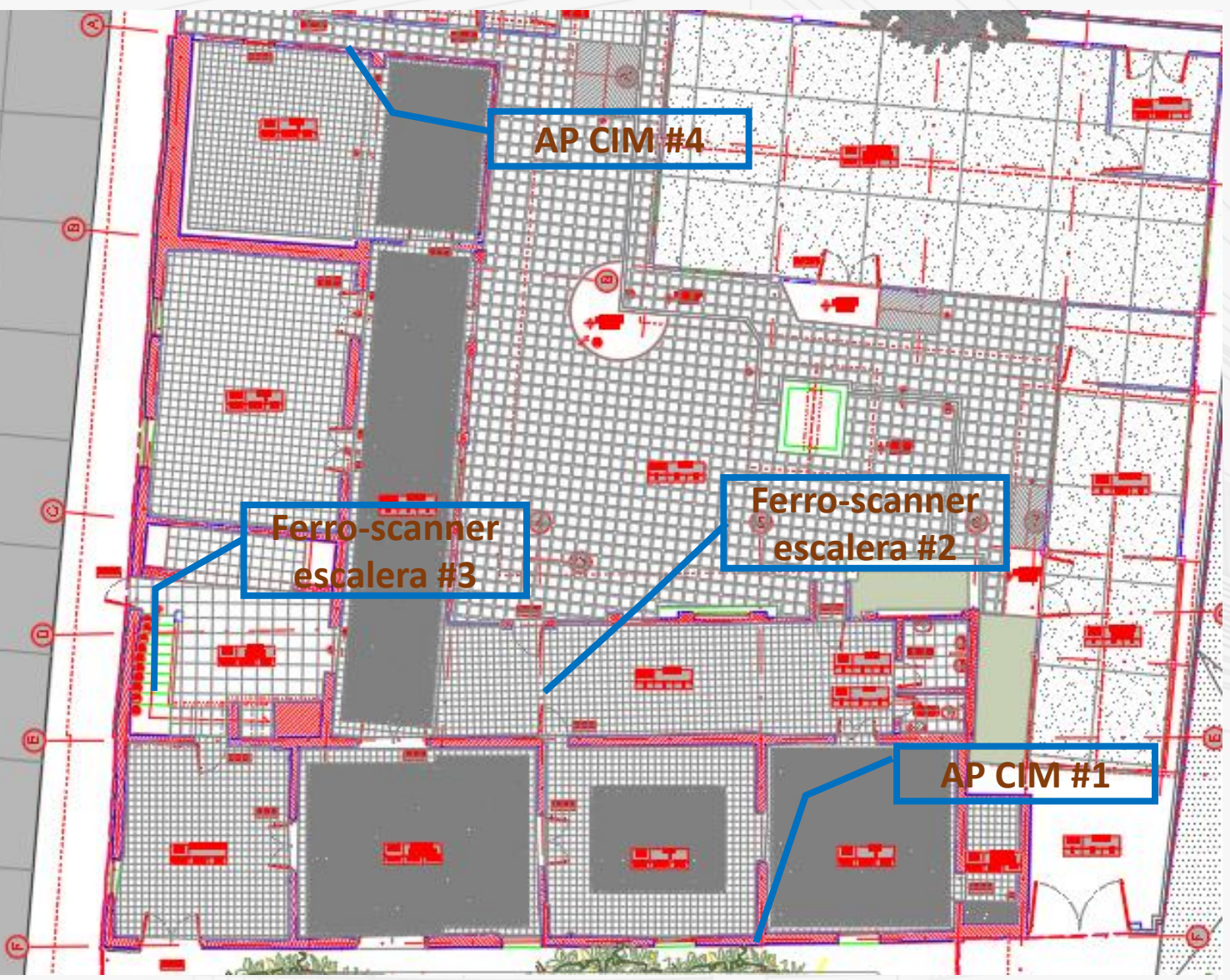


IMAGEN 32 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

Ferro-scanner escalera #2

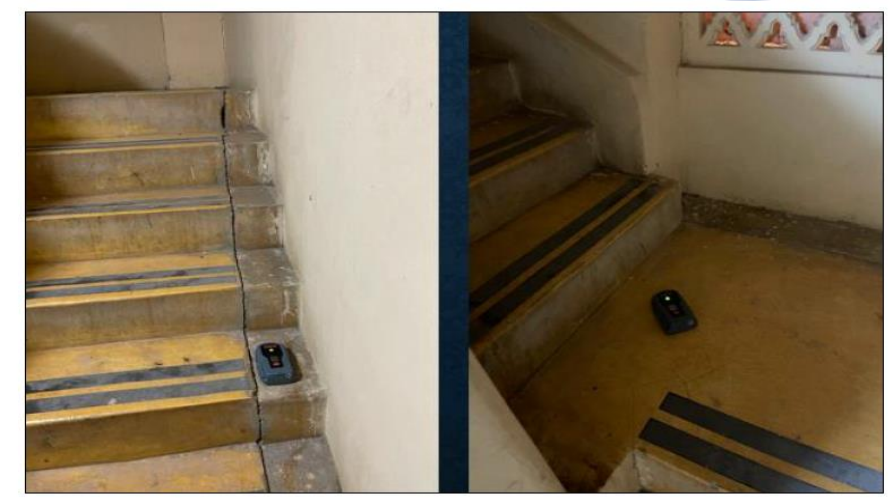


IMAGEN 31 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

Ferro-scanner escalera #3

LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS

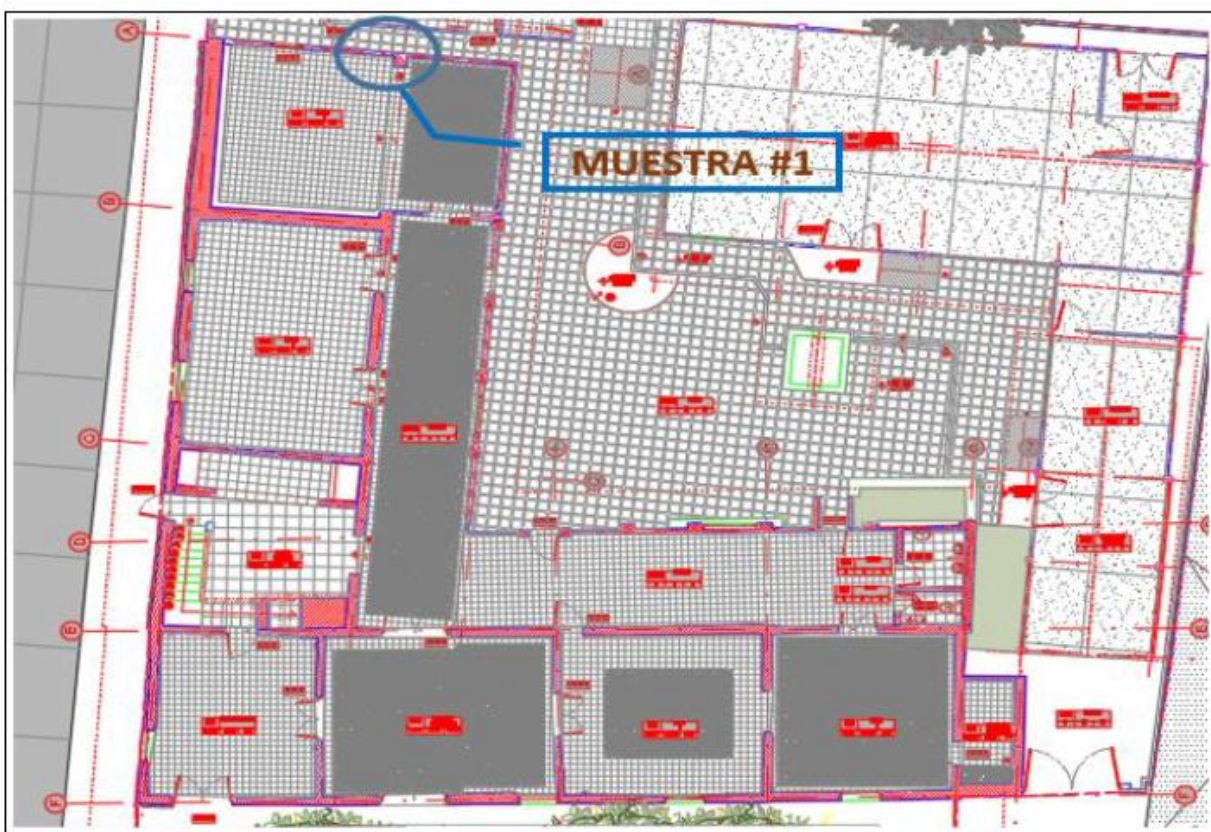


IMAGEN 34 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



IMAGEN 33 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

ELEMENTO	FECHA DE LA MUESTRA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO INDICE DE REBOTE (IR)	RESISTENCIA EN (PSI)	RESISTENCIA EN (Mpa)	LOCALIZACION	OBSERVACIONES
VIGA AEREA	10-sep	> 28	24	1885.71	13.2	EJE 4(E-D)	La resistencia a la compresión, medida en MPa, ha aumentada a un $\pm 32\%$ respecto a su valor inicial. Sin embargo, al convertirla a PSI, el resultado se encuentra por debajo de la resistencia óptima esperada y superior al obtenido en el ensayo de compresión simple.
VIGA CIMENTACION	10-sep	> 28	23	1885.71	13.2	EJE A(1-2)	

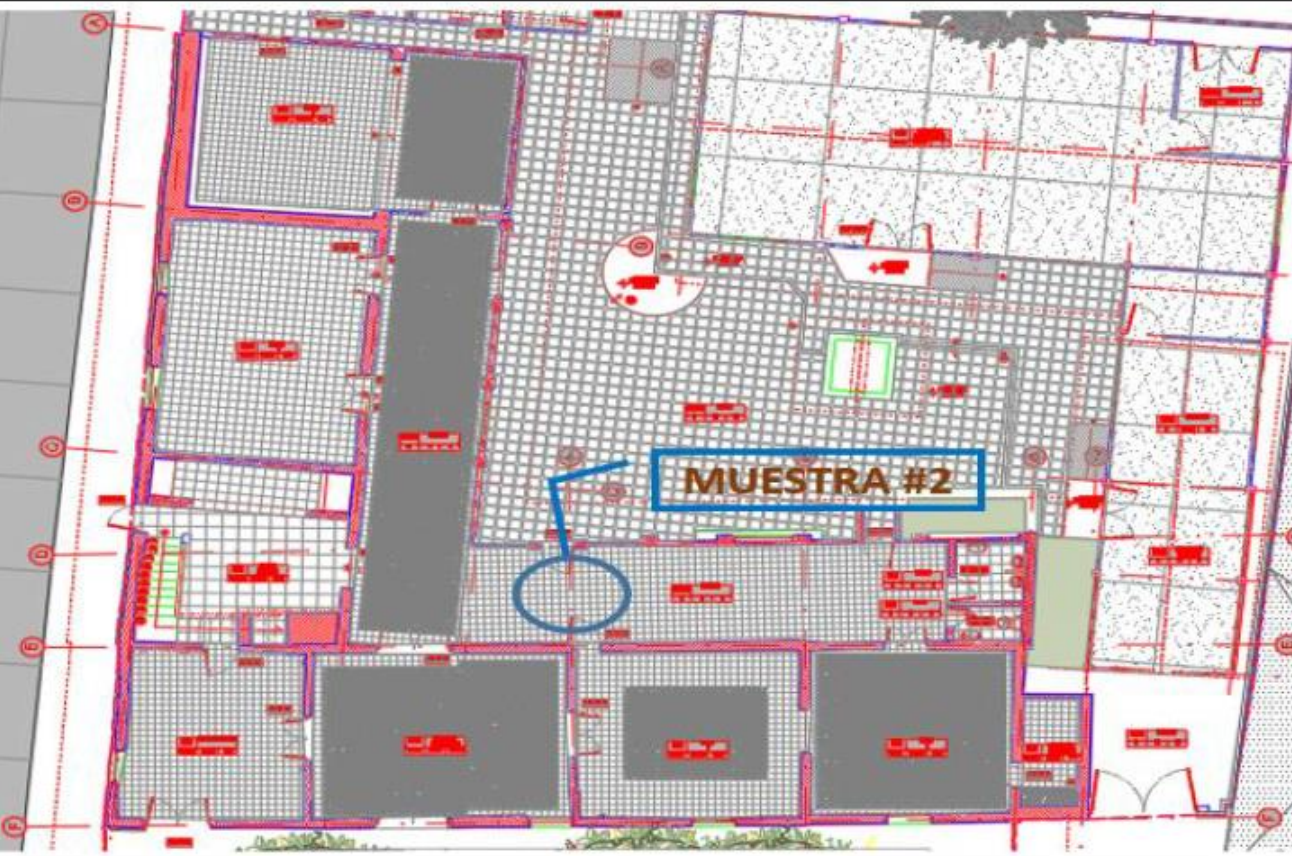


IMAGEN 35 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

IMAGEN 36 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

ELEMENTO	FECHA DE LA MUESTRA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO INDICE DE REBOTE (IR)	RESISTENCIA EN (PSI)	RESISTENCIA EN (Mpa)	LOCALIZACION	OBSERVACIONES
VIGA AEREA	10-sep	> 28	24	1885.71	13.2	EJE 4(E-D)	La resistencia a la compresión, medida en MPa, ha aumentada a un $\pm 32\%$ respecto a su valor inicial. Sin embargo, al convertirla a PSI, el resultado se encuentra por debajo de la resistencia óptima esperada y superior al obtenido en el ensayo de compresión simple.
VIGA CIMENTACION	10-sep	> 28	23	1885.71	13.2	EJE A(1-2)	

Ensayos Destructivos

4

Se realizan para obtener una muestra del material de la estructura y determinar su resistencia mecánica. La extracción de núcleos de concreto es un método común utilizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto.



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

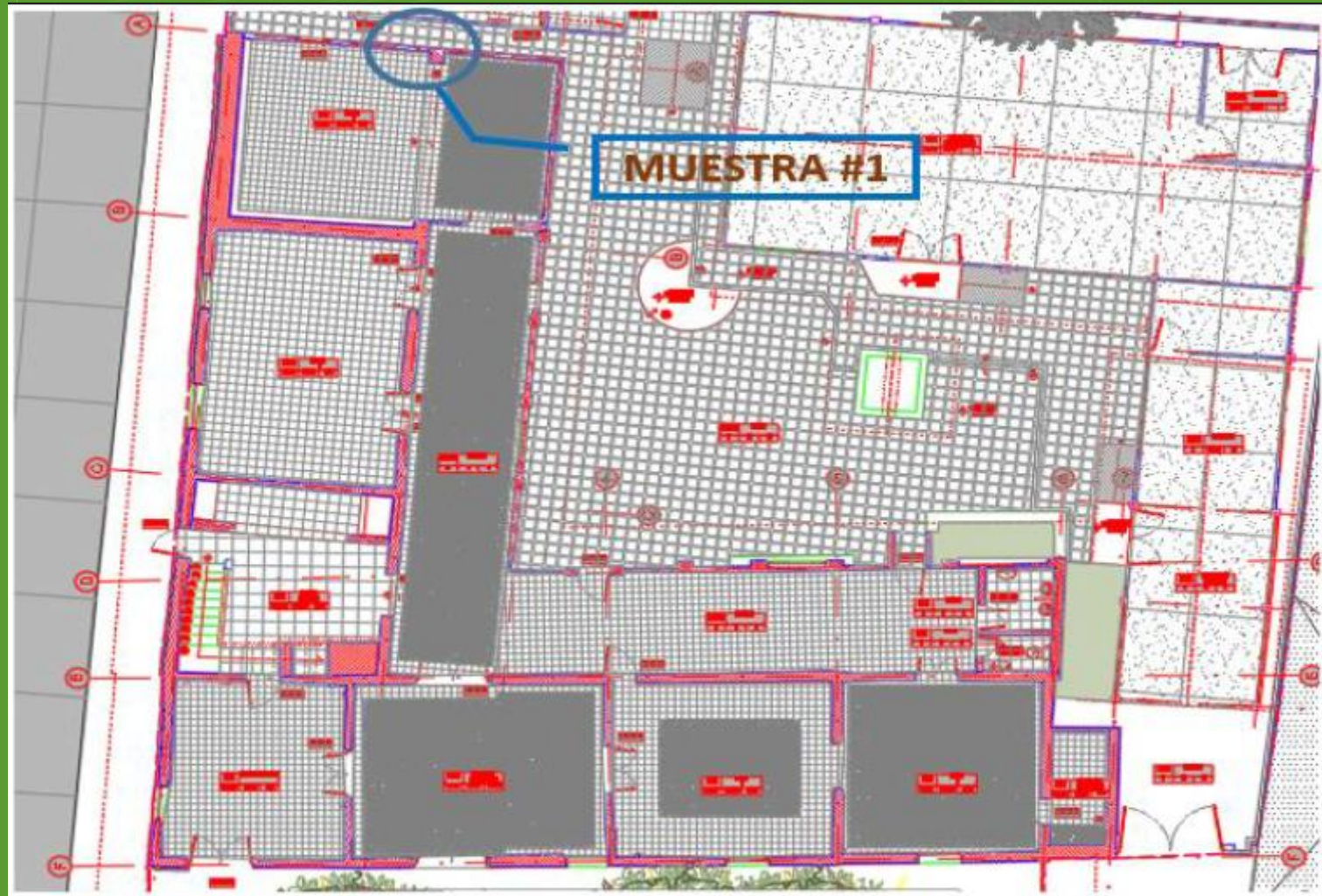


IMAGEN 37 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

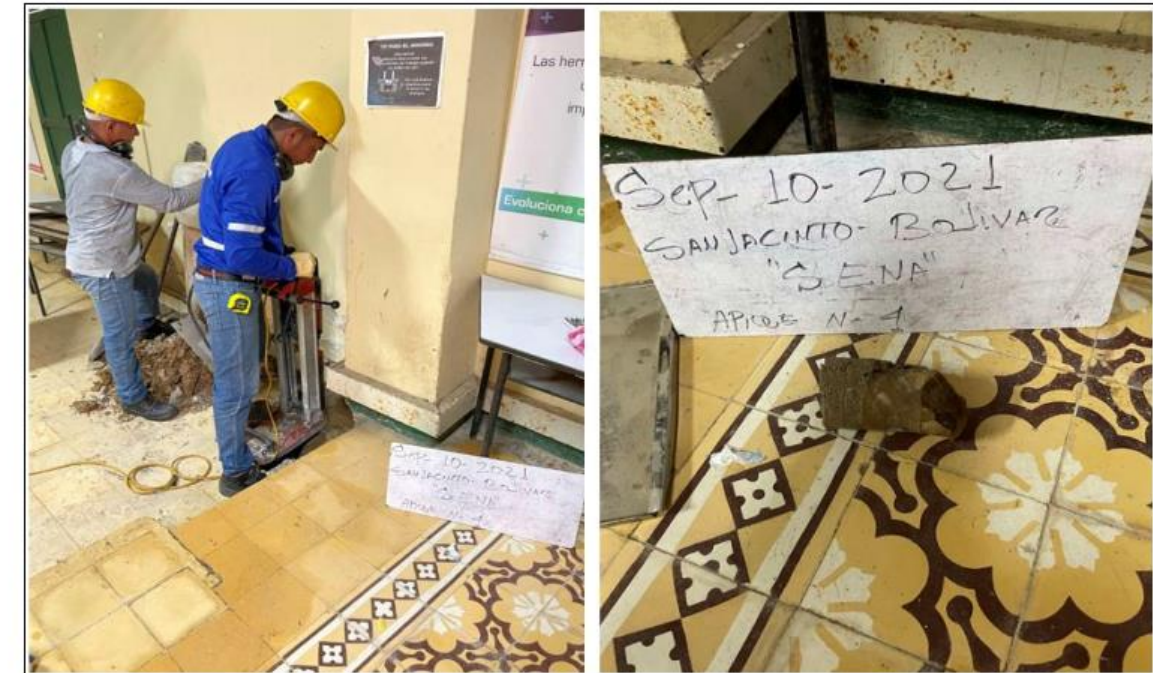


IMAGEN 38 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

EXTRACCION DE NUCLEO VIGA CIMENTACION #1

LOCALIZACIÓN DE MUESTRA



IMAGEN 40 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



IMAGEN 41 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



En la imagen se detecta la presencia de madera con espesores de 2.7 cm en ambos lados de la muestra cilíndrica

ESTRACCION DE NUCLEO VIGA DINTEL #2

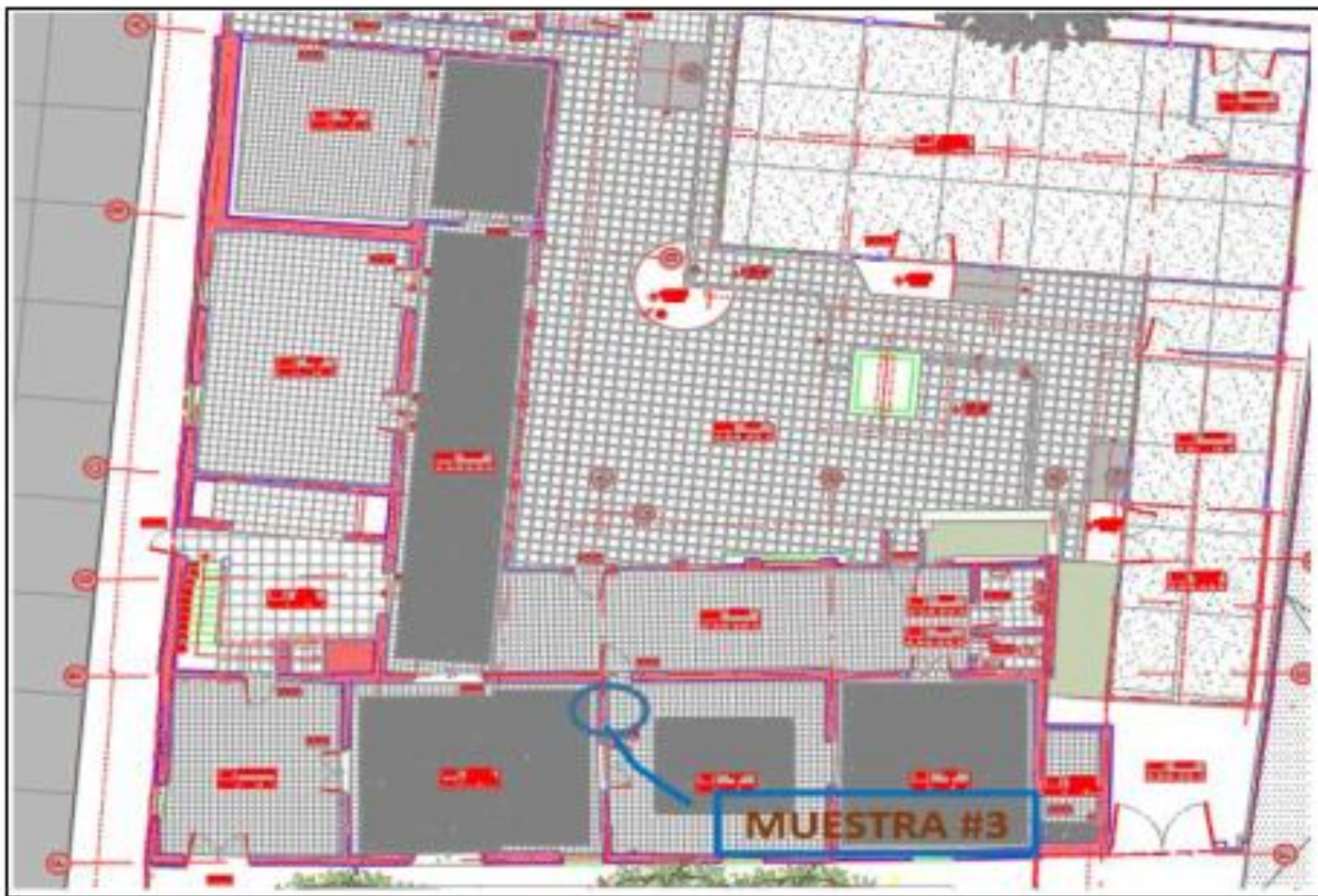


IMAGEN 43 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



IMAGEN 45 tomada informe inspección visual ingeniero estructural



IMAGEN 44 tomada informe inspección visual ingeniero estructural

EXTRACCION DE NUCLEO MURO BAHAREQUE #2

El análisis estructural se realiza para determinar las capacidades de carga de la estructura y evaluar su resistencia a las cargas gravitacionales, sísmicas y de viento. Los resultados del análisis se utilizan para diseñar las intervenciones de refuerzo necesarias.

2.5.1 Casos de cargas

2.5.2 Selección de la combinación más crítica

2.5.3 Cargas más críticas para simulación muro bahareque

2.5.4 Cargas más críticas para simulación entrepiso madera

2.5.5 Análisis de viento

2.5.6 Análisis dinámico

2.5.7 Simulación sección muro crítico en bahareque

2.5.8 Simulación vigas losa entrepiso en zona de muro crítico

2.5.9 Simulación unión viga columna en zona muro crítico



Informe de Evaluación

El informe de evaluación resume los resultados de todas las fases, incluyendo las conclusiones sobre la condición estructural de la edificación, las recomendaciones de refuerzo, y los planes de intervención.

2.6 Fase 6: Informe de evaluación

2.6.1 Memorias de cálculo vulnerabilidad sísmica

2.6.2 Ensayos laboratorios san jacinto

2.6.3 Tabla altura de la edificación

2.6.4 Tabla irregularidad en planta

2.6.5 Tabla longitud mínima muros

ESTA INFORMACION SE ENCUENTRA SOPORTADA EN LOS ANEXOS



Implementación del Análisis y Refuerzo Estructural

- Se propuso un sistema de cimentación atrincherada en aquellas zonas donde nos encontremos apoyo de cimentación alguna para los muros.



- El sistema estructural también lo componen un conjunto de columnas metálicas, las cuales estarán ancladas a las vigas de cimentación. Y cuya finalidad es contribuir al soporte de cargas de los muros en bahareque. También servirán para el soporte de la futura ampliación de la estructura.



- Las vigas de cimentación y columnas metálicas, estarán unidas entre sí a través de una losa de contrapiso de 15 cm de espesor.



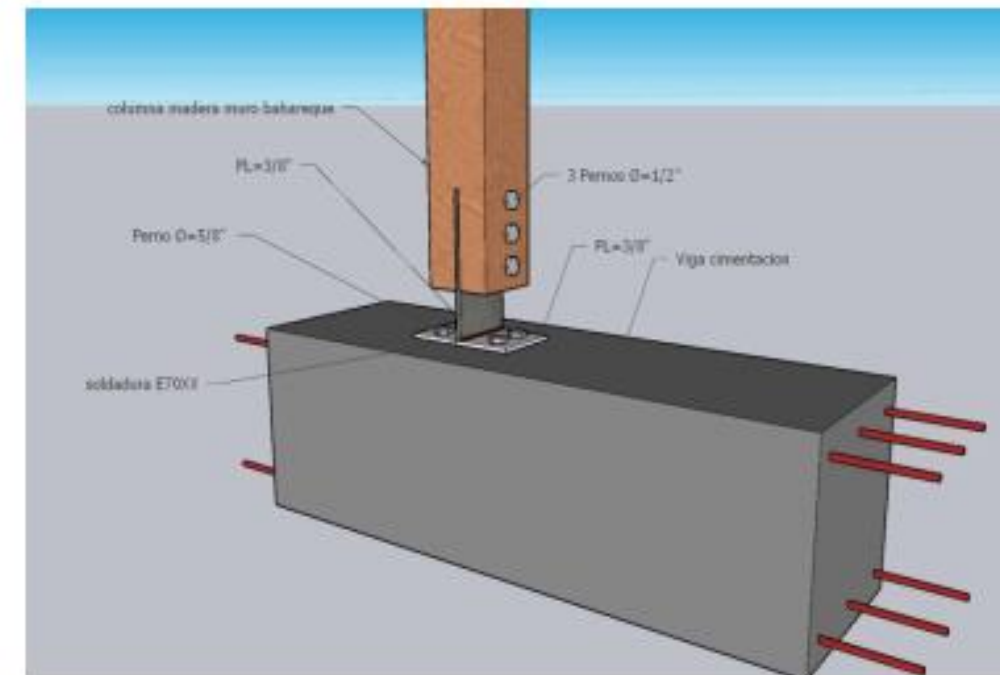
- La placa de entrepiso del piso 2, estará reforzada por un entramado de vigas metálicas que estarán ubicadas en aquellas zonas donde las luces entre columnas son más grandes; y estarán unidas a las columnas metálicas mediante articulaciones fijas y puntos de soldadura donde haya lugar.



- Según la inspección realizada en campo y a pesar de que la estructura de la cubierta se encuentra en buen estado esta no cumple los requerimientos mínimos del título J de la NSR-10 (requisitos de protección contra incendios en edificaciones) y por tal motivo se hará el cambio en su totalidad, por elementos en madera que sí cumplan con dicho requerimiento por tratarse de una estructura tipo III



- Conexión propuesta para los casos donde la columna que conforma el muro en bahareque este deteriorada o mal estado debido a que las columnas en la inspección visual estaban en contacto con el suelo y expuestas al nivel freático del mismo. en estos casos se utilizará un suplemento metálico tipo platina anclada a la viga de cimentación.





CASO DE ESTUDIO CENTRO AGROEMPRESARIAL Y MINERO DEL MUNICIPIO DE
SAN JACINTO – BOLIVAR

ING.CARLOS ELIECER ARGOTE INDAPIZ
ING.CARLOS EDUARDO FORERO BUENAVENTURA

BOGOTA D.C
2024

TABLA DE CONTENIDO

1.	PRESENTACIÓN.....	6
1.1	Un Desafío con Múltiples Facetas	6
1.2	Preservando la Identidad: El Adobe como Elemento Clave	6
1.3	Un Llamado a la Acción.....	7
1.4	Un Futuro Brillante para la Ingeniería y el Patrimonio.....	7
2.	FASES DE LA EVALUACIÓN.....	8
2.1	Fase 1: Recopilación de información.....	8
2.1.1	Fecha de construcción:.....	8
2.1.2	Historial de ocupaciones y uso:.....	8
2.1.3	Registros de mantenimiento y reparaciones:.....	12
2.1.4	Documentos de diseño y planos originales:.....	14
2.2	Fase 2: Inspección visual.....	15
2.2.1	Inspección visual fitosanitario-cubierta primer nivel	15
2.2.2	Inspección visual fitosanitario cubierta segundo nivel.....	16
2.2.3	Inspección visual fitosanitario – entresijos.....	16
2.2.4	Inspección visual fitosanitario – muros.....	17
2.2.5	Inspección visual para localizar apiques ingeniero estructural.....	18
2.2.6	Apique #1	18
2.2.7	Apique #2	19
2.2.8	Apique #3	20
2.2.9	Apique #4	20
2.2.10	Apique #5	21
2.2.11	Apique #6	21
2.2.12	grietas en muros existentes.....	22
2.2.13	localización de muros que comprometen la integridad de la edificación	23
2.2.14	Apique para verificar uniones muro bareque muro en mampostería.....	23
2.2.15	Apique para verificar uniones muro bareque muro en mampostería.....	24
2.3	Fase 3: Ensayos no destructivos	24
2.3.1	Verificación aceros de refuerzo con escáner	24
2.3.2	Apique #1	24
2.3.3	Apique #4	25
2.3.4	Ferro-scanner escalera.....	25
2.3.5	Ferro-scanner viga.....	26
2.3.6	Lecturas esclerómetro muestra #1.....	27
2.3.7	Lecturas esclerómetro muestra #2.....	28
2.4	Fase 4: Ensayos destructivos.....	29
2.4.1	Extracción de núcleos en concreto reforzado	29

2.4.2	Extracción de núcleo muestra # 1	30
2.4.3	extracción de núcleo muestra #2	32
2.4.4	extracción de núcleo muestra #3	34
2.5	Fase 5: Análisis estructural	35
2.5.1	Casos de cargas	35
2.5.2	Selección de la combinación más crítica	35
2.5.3	Cargas más críticas para simulación muro bahareque	35
2.5.4	Cargas más críticas para simulación entrepiso madera	35
2.5.5	Análisis de viento	35
2.5.6	Análisis dinámico	35
2.5.7	Simulación sección muro crítico en bahareque	35
2.5.8	Simulación vigas losa entrepiso en zona de muro crítico	35
2.5.9	Simulación unión viga columna en zona muro crítico	35
2.6	Fase 6: Informe de evaluación	35
2.6.1	Memorias de cálculo vulnerabilidad sísmica	35
2.6.2	Ensayos laboratorios san jacinto	35
2.6.3	Tabla altura de la edificación	35
2.6.4	Tabla irregularidad en planta	35
2.6.5	Tabla longitud mínima muros	35
3.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	36
3.1	Seguridad estructural:	36
3.1.1	Ventajas del apuntalamiento:	36
3.1.2	memoria justificación apuntalamiento:	37
3.1.3	memoria diseño sistema apuntalamiento:	37
3.1.4	presupuesto plan de mitigación:	37
3.2	Conservación del valor patrimonial:	38
4.	PATRONES DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO	39
4.1	Reforzamiento de elementos estructurales	39
4.2	Reforzamiento de elementos no estructurales	43
4.3	Materiales y sistemas de reforzamiento	48
5.	SINTESIS	50
6.	CONCLUSIONES	51

TABLA DE IMAGENES

IMAGEN 1	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	8
IMAGEN 2	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	9
IMAGEN 3	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	9
IMAGEN 4	tomada de la NSR-10	10
IMAGEN 5	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	10
IMAGEN 6	tomado de la NSR-10	11
IMAGEN 7	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	11
IMAGEN 8	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	12
IMAGEN 9	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	12
IMAGEN 10	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	13
IMAGEN 11	Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	13
IMAGEN 12	Tomado de los planos del Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro Agroempresarial y Minero	14
IMAGEN 13	tomado de informe Inspección visual fitosanitario	15
IMAGEN 14	tomado de informe Inspección visual fitosanitario	16
IMAGEN 15	tomada de informe Inspección visual fitosanitario	17
IMAGEN 16	tomado de informe Inspección visual fitosanitario	17
IMAGEN 17	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	18
IMAGEN 18	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	18
IMAGEN 19	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	19
IMAGEN 20	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	20
IMAGEN 21	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	20
IMAGEN 22	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	21
IMAGEN 23	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	21
IMAGEN 24	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	22
IMAGEN 25	tomada informe inspección visual ingeniero estructural	22



IMAGEN 26 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	23
IMAGEN 27 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	23
IMAGEN 28 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	24
IMAGEN 29 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	24
IMAGEN 30 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	25
IMAGEN 31 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	26
IMAGEN 32 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	27
IMAGEN 33 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	28
IMAGEN 34 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	28
IMAGEN 35 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	28
IMAGEN 36 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	29
IMAGEN 37 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	29
IMAGEN 38 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	30
IMAGEN 39 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	31
IMAGEN 40 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	31
IMAGEN 41 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	32
IMAGEN 42 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	33
IMAGEN 43 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	33
IMAGEN 44 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	34
IMAGEN 45 tomada informe inspección visual ingeniero estructural	34
IMAGEN 46 Tomado de la presentación Consultor Consorcio MOG-ARQ Centro	
Agroempresarial y Minero aparte 3 estudio histórico	38
IMAGEN 47 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	39
IMAGEN 48 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	40
IMAGEN 49 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	42
IMAGEN 50 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	42
IMAGEN 51 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	43
IMAGEN 52 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	44
IMAGEN 53 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	45
IMAGEN 54 tomado de la propuesta estructural del ingeniero diseñador	47
IMAGEN 55 tomado de las memorias de cálculo del ingeniero diseñador	48

Conclusiones

Esta guía se presenta como una herramienta fundamental para profesionales y técnicos involucrados en la restauración de edificaciones patrimoniales en bahareque, ofreciendo un marco de referencia para tomar decisiones informadas y garantizar la durabilidad de estas construcciones. Mediante la identificación de patrones constructivos, la evaluación de técnicas de diagnóstico y el establecimiento de criterios de diseño, esta guía contribuirá a la preservación del patrimonio arquitectónico construido en bahareque, promoviendo prácticas de rehabilitación sostenibles y seguras.



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

#UNA
EXPERIENCIA
DE VIDA

Recomendaciones

Ampliar y documentar los procedimientos técnicos referentes al caso de estudio **GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES CONSTRUIDAS EN MUROS EN BAHAREQUE** a través de:

1. Ejemplos prácticos: La inclusión de casos prácticos y estudios de caso permitirá ilustrar los conceptos teóricos y facilitar la aplicación de los conocimientos adquiridos.

2. Herramientas de apoyo: Se pueden desarrollar herramientas de apoyo, como fichas técnicas, guías de inspección y calculadoras sencillas, para facilitar el trabajo de los profesionales involucrados en la rehabilitación a partir de la propuesta de la **GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES CONSTRUIDAS EN MUROS EN BAHAREQUE**, propuesta en el presente proyecto.

3. Actualización continua: La **GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES CONSTRUIDAS EN MUROS EN BAHAREQUE**, propuesta en el presente proyecto debe ser actualizada periódicamente para incorporar los avances en el conocimiento y las nuevas tecnologías.

4. Viabilidad de implementar una cátedra universitaria en el plan de estudios de ingeniería civil, que forme profesionales con la capacidad técnica, idónea y práctica; abriendo un nuevo campo de su desempeño profesional, en cuanto a la restauración y reforzamiento, de estructuras y edificaciones patrimoniales, Incentivando la investigación hacia el comportamiento estructural de edificaciones patrimoniales.



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Referencias Normativas

- NSR-10 acciones sísmicas: Tabla A.3-1 a A.3-4 coeficiente de disipación de energía básico, A.3.3.8 coeficiente por ausencia de redundancia, A.3.7 y A.3.6 coeficiente de irregularidad, A.2.5.1 grupos de usos.
- NSR-10 fuerzas de viento: Título B.6
- Longitud de muros en cada dirección NSR-10 E.7.8
- Propiedades mecánicas de los materiales: madera carreto Tabla G.B.3 NSR-10
- Propiedades mecánicas de los materiales: AIS 610-EP-17_2 mampostería de adobe y tapia pisada Tabla 4.3.4-1. , patrones de agrietamiento y mecanismos de colapso típicos de construcciones en tierra Tabla 6.8.1-1
- evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos de la asociación colombiana de ingeniería sísmica AIS-2-7



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia



#UNA
EXPERIENCIA
DE **VIDA**

¡Gracias!:-